

Пол Керзон • Питер У. Макоуэн

Волшебство и вычисления



Практическое пособие
для начинающих фокусников
и программистов

DMK
P.R.C.
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Пол Керзон, Питер У. Макоуэн

ВОЛШЕБСТВО И ВЫЧИСЛЕНИЯ

**Практическое пособие для начинающих
фокусников и программистов**

Conjuring with Computation

**A MANUAL OF
MAGIC AND COMPUTING
FOR BEGINNERS**

Paul Curzon

Queen Mary University of London, UK

Peter W. McOwan

Queen Mary University of London, UK

 **World Scientific**

NEW JERSEY • LONDON • SINGAPORE • BEIJING • SHANGHAI • HONG KONG • TAIPEI • CHENNAI • TOKYO

Волшебство И Вычисления

**Практическое пособие для начинающих
фокусников и программистов**

Пол Керзон

Университет королевы Марии, Лондон, Великобритания

Питер У. Макоуэн

Университет королевы Марии, Лондон, Великобритания



Москва, 2025

УДК 004
ББК 32.97
К36

Пол Керзон, Питер У. Макоуэн

К36 Волшебство и вычисления: практическое пособие для начинающих фокусников и программистов / пер. с англ. В. И. Бахура. – М.: ДМК Пресс, 2025. – 384 с.: ил.

ISBN 978-5-93700-314-0

Эта книга призвана стать развлекательным путеводителем для молодых читателей, которые делают первые шаги в познании вычислительного мышления и искусства фокуса. Она объединяет информатику, когнитивную психологию и другие научные методы для знакомства юных читателей с основами информатики в доступной и интересной форме. Каждая из 50 глав описывает простой фокус и затем использует его в качестве отправной точки для объяснения основных концепций компьютерных вычислений. Читатели познакомятся с такими темами, как алгоритмы, представление данных, вычислительное мышление, взаимодействие человека и компьютера и кибербезопасность, а также с необычными способами использования технологий в качестве фокусов.

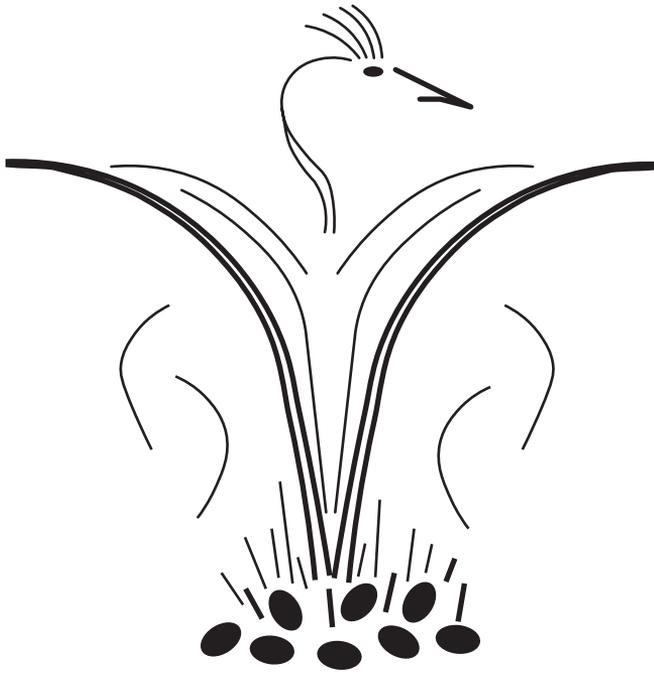
Издание предназначено широкому кругу любителей информатики, математики и интеллектуального досуга.

Эта книга посвящается моему другу и соавтору Питеру В. Макоуэну, магическому вдохновителю ее создания. Именно ему первому пришла в голову идея проведения магических выступлений с целью вдохновить детей на изучение компьютерных наук. Он же научил меня заниматься магическим искусством фокусов и вселил в меня уверенность в том, что, даже будучи полным новичком, я смогу выступить с представлениями на публике. При написании книги, в большей или меньшей степени, он наполнил ее фокусами, а я – компьютерными знаниями.

Он умер до завершения работы над этой книгой.

Без него все стало не таким радостным.

Пол Керзон



Содержание

Краткое содержание книги	10
Введение	29
Часть I. Алгоритмическое мышление.....	33
Глава 1. Незаметное манипулирование: что такое алгоритм?	34
Глава 2. Кольца Мебиуса: последовательности	41
Глава 3. Шесть магических предметов: выбор.....	46
Глава 4. Поворот ключа: повторение.....	52
Глава 5. Магия калькулятора: языки программирования.....	58
Часть II. Оценка и логическое мышление I.....	65
Глава 6. Магия волшебной книги: тестирование.....	66
Глава 7. Фокус с 21 картой: логические рассуждения и доказательства	78
Глава 8. Ментальная игра в 3-карточный Монте и ход развития мысли: кейс-метод.....	89
Часть III. Делаем так, чтобы людям было удобно	95
Глава 9. Око циклопа: не верь своим глазам	96
Глава 10. Магическое взвешивание: ваш мозг не заслуживает никакого доверия	100
Глава 11. Телепортирующийся робот: просто будь глупым	104
Часть IV. Декомпозиция и абстракция.....	111
Глава 12. Магия заготовленных картинок: абстракция	112
Глава 13. Дрессированный рис: декомпозиция и процедурная абстракция.....	118
Глава 14. Шляпа для телепортации: сокрытие деталей и подмена частей.....	125
Часть V. Процедуры и процедурная абстракция	129
Глава 15. Перемешивание сверху вниз: процедуры	130
Глава 16. Перемешивание с подменой крайних карт: уточнение процедур	134
Глава 17. Перемешивание без сдвига крайних карт: новые процедуры из прежних и слои абстракции.....	139

Глава 18. Перемешивание без сдвига верхних карт: параметры и обобщения	143
Глава 19. Перемешивание без сдвига части колоды: замена одной процедуры на другую.....	149
Глава 20. Циклический ложный сдвиг: библиотеки полезных процедур	153
Часть VI. Создание чего-то большего	157
Глава 21. Ложный выбор: интерфейсы программирования.....	158
Глава 22. Матрица принуждения: функции.....	164
Глава 23. Принудительная магия книг: вызов функций – создание большего и лучшего.....	170
Глава 24. Незаметное манипулирование (еще раз): последовательность процедур	174
Часть VII. Абстракция и представление данных	183
Глава 25. Нарисовано для вас: коды для представления данных.....	184
Глава 26. Римская математика: римские цифры.....	190
Глава 27. Лотерейный фокус: представление чисел по расположению	195
Глава 28. Карты на уме: как компьютеры представляют числа	201
Глава 29. О силе чисел: представление различных вещей с помощью чисел	207
Глава 30. Выход за пределы телесной оболочки: коды с контролем ошибок	211
Часть VIII. Взаимодействие человека и компьютера	219
Глава 31. Четыре туза: удобство использования и внимание	220
Глава 32. Сверхъестественное внушение: визуальная значимость.....	230
Глава 33. Игра с цифрами: наглядность состояния системы.....	235
Глава 34. Тройной фальшивый сдвиг: концептуальные модели и метафоры.....	240
Глава 35. Джокер в колоде: память.....	247
Глава 36. Вы телепат? Пользовательский опыт и инженерное наслаждение	254
Часть IX. Оценка и логическое мышление II	262
Глава 37. Вы телепат? (продолжение): инварианты циклов и доказательство по принципу индукции.....	263

Глава 38. Красно-черное слияние разумов: абстракция, алгебра и доказательство.....	271
Часть X. Подробнее о вычислительном мышлении.....	281
Глава 39. Часы Судного дня: обобщение	282
Глава 40. Освободите три мои карты: разделяй и властвуй.....	289
Глава 41. Уловка двойного назначения: представление данных – графы и циклы	299
Часть XI. Кибербезопасность, конфиденциальность и общество....	309
Глава 42. Понюхайте карту: стеганография	310
Глава 43. Классический ментализм: коды и шифры.....	316
Глава 44. Вызов ясновидящего: легитимные каналы.....	323
Глава 45. Повторный вызов ясновидящего: скрытые каналы и система наблюдения.....	330
Глава 46. Считывание личности с горячим шоколадом: большие данные и конфиденциальность	335
Глава 47. Маятник Шевреля: профессиональная этика	342
Часть XII. Передовые технологии	348
Глава 48. Волшебная клетка: дополненная реальность.....	349
Глава 49. Скрытная раздача и появление робота: роботы	354
Глава 50. Единственный истинный повелитель: выход под занавес и творчество.....	362
Дополнительная литература (на английском языке)	375
Благодарности	378
Предметный указатель	379

Краткое содержание книги

Глава 0. Введение

В этой книге вы не только освоите магию, но и узнаете о многочисленных связях между вычислениями и волшебством, и в конечном итоге узнаете и о магии, и о вычислениях.

Интермедия: Жан-Эжен Робер-Уден

ПАУЗА: Алан Тьюринг

Часть I. Алгоритмическое мышление

Смысл алгоритмического мышления заключается в решении проблем с помощью алгоритмов. Мы объясним суть алгоритма, расскажем о важности нотации и рассмотрим три управляющие структуры, на основе которых могут быть построены все возможные алгоритмы.

Глава 1. Незаметное манипулирование: что такое алгоритм?

Вы незаметно перекладываете карту из одной стопки в другую. Действенный фокус складывается из серии шагов, следование которым гарантирует достижение магического эффекта. Алгоритм – это тоже последовательность шагов, соблюдение которых без отклонений гарантирует достижение результата.

ПАУЗА: Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми

Глава 2. Кольца Мебиуса: последовательности

Вы разрезаете кольцо пополам, но волшебным образом получаете два сцепленных кольца.

Фокусы связаны с выполнением последовательности инструкций. Последовательности в алгоритмах (а значит, и в программах) – это основа вычислений. Последовательность – это первая ключевая управляющая структура и, соответственно, составной элемент для описания вычислений.

Интермедия: Фелисьен Треви и Гарри Блэкстон-старший

Глава 3. Шесть волшебных предметов: выбор

При выборе из шести волшебных предметов доброволец останавливает свой выбор на том, который был предугадан вами, фокусником.

Ветвление, или выбор, – когда что-то меняется в зависимости от ситуации, является второй важнейшей управляющей структурой при построении алгоритмов.

ПАУЗА: Джордж Буль

Глава 4. Поворот ключа: повторение

Доброволец выбирает карту из колоды и кладет ее обратно. Вы, фокусник, не видите ни выбора, ни замены, но все равно можете определить карту.

Повторение – это финальная разновидность структуры контроля. Благодаря последовательности, выбору и повторению у вас есть все необходимые структурные компоненты для описания потока управления любого алгоритма. Все вычисления (так сказать, фокусы) можно описать при помощи этих трех управляющих структур.

Интермедия: Пенн и Теллер

Глава 5. Магия калькулятора: языки программирования

Доброволец вводит в калькулятор длинное число на основе произвольно выбранного им более короткого. Вы демонстрируете свои способности к молниеносным вычислениям и немедленно предсказываете три числа, которые точно делятся на это число. Что еще более удивительно, результатом деления оказывается исходное число.

Основной момент в программировании и одна из составляющих вычислительного мышления – превращение возможного неточного варианта алгоритма в предельно четкие действия, не оставляющие места для сомнений. Для этого необходим точный язык с очень четкими математическими определениями.

Этим программирование отличается от магии, где применяются совершенно произвольные определения.

ПАУЗА: Грейс Хоппер

Часть II. Оценка и логическое мышление I

Мы исследуем потребность в оценке программ и фокусов, а также рассмотрим логическое мышление как основу вычислительного мышления.

Глава 6. Магия волшебных книг: тестирование

Книги о ведьмах и волшебниках пропитаны магией. Доброволец совершенно произвольно выбирает слово, а книга управляет его действиями и подводит к слову, которое было заранее предсказано вам с помощью книги.

Как можно быть уверенным, что программа (или фокус) будет работать во всех случаях? Нам нужно оценить ее на предмет корректности. Один из способов – всестороннее тестирование, однако количество необходимых тестов можно сократить с помощью простого логического мышления.

ПАУЗА: Маргарет Гамильтон

Глава 7. Фокус с 21 картой: логические рассуждения и доказательства

Доброволец произвольно выбирает одну из 21 карт, разложенных на столе. Никто не знает, какая карта была выбрана, но вы, фокусник, читаете мысли добровольца и узнаете, какая именно.

С помощью логического мышления можно доказать, что программа (или фокус) всегда будет работать при условии правильного выполнения всех действий.

ПАУЗА: Эдсгер В. Дейкстра

Глава 8. Ментальная игра в 3-карточный Монте и ход развития мысли: кейс-метод

Вы отворачиваетесь. Доброволец выбирает одну карту из трех. Карты перемешиваются. Вы оборачиваетесь, и три карты перемешиваются еще раз. Вы называете выбранную карту, несмотря на то что не видели ни выбранной карты, ни всего процесса перемешивания.

Одним из способов доказательства теорем в математике является так называемый «кейс-метод» (от англ. by cases). Этот способ

часто используется при доказательстве корректности работы алгоритмов. Каждое использование выбора становится еще одним кейсом (случаем) для проверки.

Интермедия: Боб Хаммер

Часть III. Делаем так, чтобы людям было удобно

Для разработки удобного в использовании программного обеспечения необходимо понимать людей и, в частности, ограниченные возможности нашего мозга. Хорошие специалисты по информатике должны разбираться в когнитивной психологии.

Глава 9. Око циклопа: не верь своим глазам

В этой оптической иллюзии в форме глаза центральная часть как будто выходит за пределы страницы.

Оптические иллюзии свидетельствуют о том, что нельзя верить своим глазам. Если вы что-то видите, это не значит, что так и есть на самом деле. При разработке интерфейсов нельзя полагаться на веру людей в правильность их восприятия.

Интермедия: Хадзиме Ооти и Бриджет Луиза Райли

Глава 10. Магическое взвешивание ящиков: ваш мозг не заслуживает никакого доверия

Зрители по очереди поднимают стопку из трех ящиков, но после щелчка ваших пальцев оказывается, что они поднимают только два из них, однако стопка при этом оказывается явно тяжелее. Остальным чувствам тоже не стоит доверять. Эта иллюзия свидетельствует о том, что вам не под силу определить даже тяжелое и легкое.

Интермедия: Лулу Херст

Глава 11. Телепортирующийся робот: просто будь глупым

С помощью этой волшебной головоломки вы легко заставите появиться и исчезнуть целого робота, лишь разложив пазлы и собрав их снова.

Некоторые системы настолько сложны, что мы не в состоянии воспринимать их в полном объеме. При разработке фокусов мы стремимся усложнить процесс настолько, чтобы зрители не уви-

дела происходящего на самом деле. При разработке практических систем следует избегать перенапряжения органов чувств. Будьте проще, глупцы!

Интермедия: Сэм Ллойд и Уильям Хупер

Часть IV. Декомпозиция и абстракция

В процессе изобретения новых фокусов мы можем составлять их из нескольких простых элементов. Эти элементы можно повторно использовать в других фокусах. Точно так же можно справиться с задачей написания программы путем разбиения ее на составные части, которые можно создавать по отдельности, или же просто использовать уже написанные фрагменты.

Глава 12. Магия заготовленных картинок: абстракция

Один из зрителей наугад выбирает картинку из книги с изображениями. Затем вы верно рисуете выбранную картинку, хотя сами не видели процесса выбора.

Этот фокус основан на абстракции изображений. Абстракция подразумевает упрощение чего-либо до его истинной сути. Различные вариации этого приема существуют во многих отраслях. Так, у компьютерщиков имеется множество разных версий, включая упрощенные. Однако большинство версий более техничны и точны.

ПАУЗА: Сьюзен Кэр

Глава 13. Дрессированный рис: декомпозиция и процедурная абстракция

Вы обучаете бутылку риса хватать палочку для еды и подниматься вместе с палочкой, в то время как идентичная бутылка одного из зрителей постоянно падает.

Даже простые фокусы можно описать как серию отдельных элементов, что значительно упрощает их создание и описание. Этот прием называется декомпозицией. Декомпозиция проблемы на составные элементы подобным образом является фундаментальной составной частью вычислительного мышления.

ПАУЗА: Майкл Фарадей

Глава 14. Шляпа для телепортации: сокрытие деталей и подмена частей

Это новая версия «невидимого переключивания», но в ней шляпа-телепортатор используется для перемещения карты из одной стопки в другую.

Абстракция и декомпозиция позволяют нам рассматривать различные части программы или фокуса с разной степенью детализации в разное время. Это ключевое применение подобных принципов. Они также позволяют нам менять местами различные части фокуса/программы для получения вариаций и, вполне возможно, для создания более совершенных фокусов/программ.

ПАУЗА: Жанетт Уинг

Часть V. Процедуры и процедурная абстракция

Существует множество различных видов ложных перемешиваний. Достаточно лишь произнести название того или иного вида перемешивания в качестве одного из этапов представления фокуса, чтобы фокусник смог понять его смысл и включить в фокус. Это и есть процедурная абстракция: ключевой вид абстракции, используемый компьютерщиками в процессе создания именованных, четких и самодостаточных частей кода для использования в дальнейшем. После создания они включаются в программу (или «вызываются») по названию.

Глава 15. Перетасовка сверху вниз: процедуры

Перетасовка сверху вниз – стандартный прием, который используют карточные игроки и фокусники для быстрого перемешивания колоды карт. Его можно использовать в любой момент, когда действительно необходимо перемешать карты в колоде.

Основным инструментом при выполнении декомпозиции является процедура. Здесь мы задаем субфокусу, в частности перемешиванию, название. Это позволяет просто ссылаться на это имя в любом фокусе, в котором мы хотим его использовать. Точно так же можно присвоить имя программному коду, выполняющему четко определенную задачу, и использовать его всякий раз при обращении к этому коду. Это называется вызовом процедуры, и здесь работает абстракция. Мы скрываем все подробности выполнения данного действия, просто присваивая коду имя. В этой

и последующих главах мы рассмотрим тасование в качестве суб-фокусов.

Интермедия: Перси Диаконис

*Глава 16. Перемешивание с подменой крайних карт:
уточнение процедур*

С помощью этого ложного перемешивания меняют местами карты в верхней и нижней частях колоды, при этом тасуя карты в середине колоды.

Если дать четкое описание эффекта фокуса (или программы), нам не придется беспокоиться о принципах его работы (его реализации) при разработке других фокусов (или программ), в которых этот эффект используется.

ПАУЗА: Никола Тесла

*Глава 17. Перемешивание без сдвига крайних карт:
новые процедуры из прежних и слои абстракции*

Вы перемешиваете колоду, но при этом незаметно оставляете в покое верхние и нижние карты, тасуя только те, что находятся в середине колоды.

Когда у нас есть субфокусы, или процедуры для выполнения четко определенных действий, мы можем соединить их в цепочку и получить новые, которые будут выполнять что-то совершенно другое.

Интермедия: Говард Терстон

*Глава 18. Перемешивание без сдвига верхних карт:
параметры и обобщения*

В результате этого жульнического перемешивания верхние карты в колоде остаются без изменений.

Зачастую один и тот же фокус может применяться в разных ситуациях, но результат при этом будет немного отличаться. Например, можно делать то же самое, но, в зависимости от целей фокуса, перемещать разное количество карт. Это приводит к концепции параметров: определение значений, которые необходимо подобрать для процедуры в зависимости от ситуации.

ПАУЗА: Ада Лавлейс

Глава 19. Перемешивание без сдвига части колоды: замена одной процедуры на другую

Вы тасуете карты, но зрители не знают, что около четверти карт верхней части колоды остаются неперемешанными.

Если разложить фокус на точно определенные части, можно поменять местами их равнозначные части для создания различных вариантов одного и того же фокуса, чтобы, например, улучшить его исполнение. В случае с программами, если разбить их на четко определенные фрагменты для выполнения конкретной задачи, можно подставлять различные их реализации (например, более быстрые), не затрагивая остальную часть программы. Это значит, что нам не придется думать о работе остальной части программы при внесении такого изменения.

Интермедия: Джон Невил Маскелайн

Глава 20. Циклический ложный сдвиг: библиотеки полезных процедур

Вы многократно сокращаете количество карт, но при этом сохраняете их циклическую последовательность.

Создавая коллекции родственных приемов, таких как сокращение и перетасовка, или, в случае программирования, процедур определенной тематики, мы можем выстраивать программы таким образом, чтобы действительно полезные инструкции были написаны один раз, а затем просто вызывались при необходимости.

ПАУЗА: Морис Уилкс и Дэвид Уилер

Часть VI. Создание чего-то большего

Мы уже познакомились с большинством базовых приемов для постепенного создания больших программ. В этой части мы пойдем еще дальше, применяя результаты работы одной подпрограммы для выполнения следующей.

Глава 21. Ложный выбор: интерфейсы программирования

Вы предоставляете аудитории возможность выбора из нескольких вещей, но на самом деле это никакой не выбор.

Для смешивания и сочетания различных трюков важно иметь четкое представление об их действии. Процедуры должны иметь

понятные интерфейсы, а именно точные описания конкретных действий, которые они выполняют, и случаев, когда их можно использовать. Интерфейсы помогают избежать ошибок при использовании процедур в больших программах.

ПАУЗА: Томми Флауэрс

Глава 22. Матрица принуждения: функции

Зрители случайным образом выбирают числа из таблицы с числами. В результате они складываются в предсказанное вами, фокусником, число.

Иногда задачей определенной части программы является возврат значения, например числа. Именно для этого используется матрица принуждения. Ее главная задача – вернуть определенное число. Оно само по себе может быть задачей, и фокусник волшебным образом предсказывает это число. Кроме того, матрицу также можно использовать в качестве составного элемента других фокусов.

ПАУЗА: Джон Маккарти

Глава 23. Принудительная магия книг: вызов функций – создание большего и лучшего

Сначала вы предлагаете зрителям выбрать случайное число из таблицы. Затем доброволец выбирает случайное слово на странице книги с этим номером. После этого книга приводит зрителя-добровольца к предсказанному вами новому слову, которое никто не мог знать, кроме вас.

Мы можем создавать новые фокусы из более простых путем соединения нескольких элементов фокусов в последовательности, где они передают информацию по цепочке от одного к другому. Получившийся фокус может быть гораздо более эффективным. То же самое применимо и к программам.

Интермедия: Дэвид Девант

Глава 24. Незаметное манипулирование (еще раз): последовательность процедур

Мы возвращаемся к фокусу, где вы перекладываете карту из одной стопки в другую с помощью магии.

Процедуры с параметрами позволяют нам создавать универсальные программы. Мы можем разложить их на части с параметрами и последовательно выполнять их одну за другой с теми же параметрами. Сопоставляя предварительные и последующие условия, мы можем дать краткое обоснование принципа работы всего алгоритма.

ПАУЗА: Роберт Флойд и Тони Хоар

Часть VII. Абстракция и представление данных

Мы уже познакомились с применением абстракции в управляющих структурах в форме процедур. Теперь исследуем аналогичные возможности для работы с данными: они могут иметь различные формы представления, при этом само представление может быть скрытым.

Глава 25. Нарисовано для вас: коды для представления данных

Каждый из нескольких добровольных участников рисует картинку по своему выбору. Просто глянув на эти рисунки, вы сразу определите авторство каждого из них.

Фокусы зачастую основаны на определенном способе представления информации. Выбор подходящего представления данных – основа компьютерного мышления и программирования.

Интермедия: Джозеф Ястров

Глава 26. Римская математика: римские цифры

Это скорее конкурс, чем фокус: сможет ли кто-нибудь правильно записать сумму римских цифр?

Используемые здесь римские цифры представляют собой пример представления чисел в старые времена и отличаются от используемых нами. Компьютеры тоже используют другие варианты. Существует множество способов представления одних и тех же данных.

Интермедия: Невил Маскелайн

Глава 27. Лотерейный фокус: представление чисел по расположению

Вы превращаете комнату в гигантский лотерейный автомат и разбрасываете по комнате лотерейные шары из скомканной бумаги. После выбора нескольких шаров получается число, ко-

торое не совпадает ни с чьим лотерейным номером... кроме вашего.

Мы используем систему счисления индийско-арабского происхождения. Самая удивительная ее особенность заключается в том, что цифры занимают определенную позицию в числе и их значение меняется в зависимости от позиции. Так, 2 может соответствовать 2, 20 или 200 в зависимости от ее положения. Благодаря этому большие числа становятся более компактными, а операции сложения и умножения – простыми алгоритмами.

ПАУЗА: Чарльз Бэббидж

Глава 28. Карты на уме: как компьютеры представляют числа

Четыре человека из зала сообща выбирают число и концентрируют на нем свое внимание с помощью волшебного набора карт. Вы можете мгновенно прочесть их коллективную мысль и мгновенно назвать число.

В этом фокусе используется то же представление чисел, что и в компьютерах: двоичное.

ПАУЗА: Готфрид Лейбниц

Глава 29. О силе чисел: представление различных вещей с помощью чисел

Доброволец выбирает одну из открыток. Ваш партнер-фокусник, который в это время находится вне комнаты, может немедленно назвать открытку, к которой прикоснулись.

Самые разнообразные вещи можно выразить с помощью чисел, и затем эти вещи можно перенести в цифровой мир, поскольку все эти числа, в свою очередь, могут быть представлены в двоичном виде.

Интермедия: Лука Пачоли

Глава 30. Выход за пределы телесной оболочки: коды с контролем ошибок

В передней части комнаты доброволец раскладывает колоду карт рубашкой вверх и рубашкой вниз. Если все это время вы будете находиться позади с завязанными глазами, то впоследствии сможете определить перевернутую карту.

Более продвинутое представление данных – это код с коррекцией ошибок. Такое представление данных позволяет обнаруживать и даже исправлять ошибки автоматически.

Интермедия: Тим Белл

Часть VIII. Взаимодействие человека и компьютера

Мы переходим к презентационной части фокусов и пониманию важности более глубокого понимания людей (т. е. когнитивной психологии). Говоря компьютерным языком, речь идет об удобстве применения и пользовательском опыте.

Глава 31. Четыре туза: удобство использования и внимание

Вы раздаете карты с тузами. По тому, как они легли на стол, по одной в каждую стопку, все видят, что при следующей раздаче все они окажутся в руке добровольца. Но каким-то образом вам удастся незаметно забрать их так, чтобы самому получить идеальную раздачу.

Фокусники управляют вашим вниманием, чтобы скрыть от вас моменты, раскрывающие тайну фокуса. При разработке интерфейса интерактивной компьютерной системы вам тоже необходимо управлять вниманием, но при этом следить за тем, чтобы пользователь смотрел в нужное место и видел все самое важное.

Интермедия: Густав Кун

Глава 32. Сверхъестественное внушение: визуальная значимость

Вы показываете аудитории пять карт на экране и просите всех сосредоточить внимание лишь на одной из них по своему выбору. При этом вы контролируете их все, и когда вы убираете одну карту, оказывается, что все концентрировали свое внимание на этой же карте.

То, что вы видите, зависит от места концентрации вашего внимания, а оно частично зависит от степени значимости предметов в поле зрения. Если вы хотите добиться восприятия важных вещей на экране, вам следует сделать их визуально выделяющимися.

ПАУЗА: Питер У. Макоуэн

Глава 33. Игра с цифрами: наглядность состояния системы

Один из зрителей называет 10 случайных чисел, которые вы пишете на разных листах бумаги. Доброволец выбирает одно из них случайным образом. Удивительно, но вы называете им то число на бумажке, которое они выбрали.

Залог хорошего фокуса состоит в том, что зрители теряют представление о происходящем в действительности. Они воспринимают состояние магической системы иначе, чем оно есть на самом деле. Наглядность состояния системы – важный принцип проектирования взаимодействия в программном обеспечении. Пользователям требуется постоянная обратная связь для отслеживания внутреннего состояния системы. Плохо сделанные самолеты разбиваются, а плохо написанные программы начинают показывать фокусы!

ПАУЗА: Дон Норман и Якоб Нильсен

Глава 34. Тройной фальшивый сдвиг: концептуальные модели и метафоры

Вы дважды снимаете карты, а затем снова собираете колоду. Зрители не подозревают, что все карты в колоде после их сдвига остались на своих местах.

Хороший дизайн подразумевает наличие четкой концептуальной модели, которая не оставляет у пользователя сомнений в действиях. Хороший фокус действует наоборот, запутывая происходящее и заставляя зрителей поверить, что происходит что-то иное.

Интермедия: Джей Осе

Глава 35. Джокер в колоде: память

Доброволец задумывает число и сдает это количество карт. При этом он перемещает единственного джокера на верх колоды.

Наша активная память очень ограничена. Если перегрузить ее большим объемом информации, мы начнем что-то забывать. Фокусники рассчитывают на это. Дизайнеры интерфейсов должны избегать этого.

ПАУЗА: команда Хегох PARC

Глава 36. Вы телепат? Пользовательский опыт и инженерное наслаждение

Вы проверяете одного из зрителей на наличие сверхспособностей. Сможет ли он, не видя каких-либо обозначений на картах, составить из них подходящую пару?

Удобство использования заключается в простоте применения системы. Как фокусник стремится добиться волшебного эффекта в фокусе, так и дизайнеры интерфейсов не ограничиваются простотой использования. Фокусники наглядно иллюстрируют то, как пользовательский опыт может быть встроен в систему.

Интермедия: Фэй Престо

Часть IX. Оценка и логическое мышление II

В этой части мы рассмотрим более сложные аспекты логического мышления, включая использование алгебры в реальном (и магическом) мире.

Глава 37. Вы телепат? (продолжение): инварианты циклов и доказательство по принципу индукции

Как можно быть уверенным, что наш доброволец будет обладать очевидными сверхспособностями для успешного выполнения предыдущего фокуса?

Идея инварианта цикла закладывает основу логических рассуждений о повторении.

Интермедия: Аделаида Херрманн

Глава 38. Красно-черное слияние разумов: абстракция, алгебра и доказательство

Вы можете объединить свой разум с разумом добровольца и контролировать его выбор карт, для того чтобы быть уверенным, что предсказанное вами явление подтвердится после сдачи всех карт.

Жесткие аргументы – один из способов убедить себя в работоспособности алгоритма (или фокуса), но мы можем пойти дальше и использовать для этого алгебру. Мы описываем алгоритм с помощью математики, выполняем некоторые алгебраические действия над результатом и доказываем, что тре-

буквенные характеристики соблюдаются. Это важнейший способ проверки корректности критически важного программного обеспечения.

ПАУЗА: Шафи Голдвассер

Часть X. Подробнее о вычислительном мышлении

Теперь мы рассмотрим некоторые более сложные формы и способы применения вычислительного мышления: расширенные версии обобщения, декомпозиции и представления данных.

Глава 39. Часы Судного дня: обобщение

Часы Судного дня предсказывают самый важный час в жизни человека. Любой доброволец может свободно выбрать начальное число, но часы все равно остановятся в предсказанный для него час.

Если мы разработали принцип (математику, лежащую в основе фокуса), мы можем использовать его для создания более широкого принципа, который затем может быть использован для разработки, казалось бы, совершенно разных фокусов, в основе которых лежит одна и та же математика. Аналогичным образом мы можем обобщить код, что позволит использовать его в более широком спектре ситуаций.

ПАУЗА: Джон фон Нейман

Глава 40. Освободите три мои карты: разделяй и властвуй

Три карты одной масти, выбранные добровольцем, затерялись в колоде. Вы многократно выбрасываете карты, не обнаружив их, пока в конце концов они не оказываются... самыми последними.

Декомпозиция предполагает разбиение проблемы на одну или несколько более мелких и легко решаемых задач. Разделяй и властвуй – это эффективная версия данного метода, в которой более мелкие задачи представляют собой ту же самую задачу, что и исходная (только меньшего размера). Эти меньшие задачи решаются тем же способом. Так можно создавать очень быстрые алгоритмы.

Интермедия: Алекс Элмсли

Глава 41. Уловка двойного назначения: представление данных – графы и циклы

Доброволец берет серию билетов и планирует путешествие всей своей жизни по всему миру. Несмотря на свободный выбор маршрута, вы обнаруживаете, что заранее купили именно тот билет, который нужен для возвращения из конечного пункта назначения в начальный.

Важной структурой данных является граф, а одна из самых важных проблем в информатике связана с созданием цикла (т. е. кругового маршрута) по графу. Знаменитая головоломка о мостах Кенигсберга положила начало общей идее представления графов.

Интермедия: Динамо

Часть XI. Кибербезопасность, конфиденциальность и общество

Магические фокусы и концепции кибербезопасности во многом схожи. Смысл многих фокусов заключается в получении фокусником информации, которую, по мнению зрителей, он не сможет получить. Кибербезопасность и конфиденциальность связаны с вопросами предотвращения утечки такой информации.

Глава 42. Понюхайте карту: стеганография

Доброволец выбирает карту и прижимает ее к своему телу. Он возвращает ее в колоду, но вы можете обнаружить карту по слабому запаху, оставшемуся на ней от его прикосновения.

Стеганография – это способ скрывать секретные сообщения в безобидных на первый взгляд деталях. То, что выглядит как обычное сообщение или изображение, в действительности маскирует передаваемую информацию. Эта же идея может использоваться в качестве основы фокусов, когда фокусник узнает те сведения, которые он, казалось бы, не должен знать.

ПАУЗА: сэр Фрэнсис Бэкон

Глава 43. Классический ментализм: коды и шифры

Ваш фокусник-партнер выходит из комнаты на время выбора карты.

Несмотря на его отсутствие, по возвращении он может точно назвать выбранную карту. Классические фокусы ментализма включают в себя передачу секретных кодов между участниками. Подобные коды, составленные на основе кодовых книг, лежат в основе алгоритмов обмена секретными сообщениями с давних пор, как только люди захотели обмениваться секретами.

Интермедия: Реджинальд Скот

Глава 44. Вызов ясновидящего: легитимные каналы

Из колоды выбирается карта. Вы звоните своему другу, таинственному «ясновидящему», и в ответ на вашу просьбу он называет выбранную добровольцем карту.

Для сохранения безопасности компьютерных систем выделяются отдельные зоны с разным уровнем защиты. Ничто из зоны с высоким уровнем безопасности не должно просочиться в зону с более низким уровнем. Соккрытие информации в легитимном канале (разрешенном виде связи) – это единственный способ утечки информации. Взломщики используют в своих целях именно легитимные каналы компьютерных систем. Фокусники тоже выстраивают свои трюки на утечке информации через легитимные каналы.

Интермедия: Сидни и Лесли Пиддингтон

Глава 45: Повторный вызов ясновидящего: скрытые каналы и система наблюдения

После выбора предмета из таблицы с объектами следует звонок таинственному «ясновидящему». Его соединяют по громкой связи, чтобы все было слышно. Он называет выбранный предмет.

Иногда информация просачивается по вполне официальному каналу. Другой способ – установить секретный канал: способ связи, которого не должно быть. Хакеры используют тайные каналы коммуникации в компьютерных системах. Фокусники также используют их в своих трюках.

ПАУЗА: Хеди Ламарр

*Глава 46. Считывание личности с горячим шоколадом:
большие данные и конфиденциальность*

После размешивания доброволец выпивает небольшую чашку приготовленного вами горячего шоколада. Вы считываете его личность по осадку, оставшемуся на дне чашки.

Гороскопы и некоторые тесты личности основаны на фальсификации. Крупные технологические компании полагаются на другой вид фальшивых тестов личности: они собирают как можно больше данных о тех, кто пользуется их услугами. Затем они оценивают тип личности и продают эту информацию рекламодателям или политическим партиям, которые используют это личное «знание» о вас для влияния на общественное мнение.

Интермедия: Финеас Т. Барнум

Глава 47. Маятник Шевреля: профессиональная этика

Доброволец держит маятник, сделанный из старого магического ключа. Вы задаете ему вопросы, а маятник, управляемый миром духов, поворачивается и выдает ответы.

Обычно люди используют магию для развлечения, но иногда ее применяют неэтично ради мошенничества. Точно так же вычислительные навыки могут быть использованы этично или неэтично. Многие фокусники разоблачают аферистов, рассказывая об используемых ими трюках. Некоторые хакеры, называемые «белыми», поступают аналогичным образом. Их нанимают компании для проведения атак на собственные системы для защиты от «черных» хакеров, которые могут причинить большой ущерб, намеренно или по какой-либо другой причине. Всем профессиональным компьютерщикам рекомендуется пройти курс этики.

Интермедия: Джеймс Рэнди

Часть XII. Передовые технологии

Многие магические приемы основаны на технологиях для достижения нужного эффекта. Вот лишь несколько способов, с помощью которых такие технологии в сфере компьютерных технологий стали основой для фокусов.

Глава 48. Волшебная клетка: дополненная реальность

Вы сообщаете зрителям, что феи не только существуют, но и что вы поймали одну из них в специальную клетку, выложенную плодами рябины.

«Призрак Пеппера», изобретение викторианской эпохи для театра, легло в основу как иллюзий, так и ранних версий дополненной реальности, где происходит смешение реального и виртуального миров.

Интермедия: Джон Генри Пеппер и Генри Диркс

Глава 49. Скрытная раздача и появление робота: роботы

Вы производите специальную раздачу «с другого конца света» и в конце выкладываете на стол карту, которую никто не смог угадать. Несмотря на это, как только карта будет показана зрителям, ваш помощник, робот, появится из-под стола и объявит, что он точно знал, какая это будет карта.

Финальное появление может сделать фокус особенным. Автоматы, предшественники роботов, уже давно используются в качестве реквизита для фокусов. В этом фокусе робота заставляют волшебным образом вытащить выбранную карту. Сейчас роботы используются на работе и дома, в условиях повышенной опасности и даже в качестве убийц.

ПАУЗА: Исмаил аль-Джазари

Глава 50. Единственный истинный повелитель: выход под занавес и творчество

Кто является единственным истинным королем или королевой Британии? Вы нашли давно забытый магический артефакт, который может поведать разгадку.

В завершение мы подведем итог основным связям между волшебством и вычислениями, а также расскажем о последнем фокусе (про аутентификацию).

Интермедия: Ричард Гэрриотт

Введение

Эта книга адресована тем, кто хочет научиться показывать фокусы зрителям, а заодно узнать больше о вычислениях и о пересечении знаний из области информатики с практикой фокусников.

У информатики и магии много общего. Знаменитый Артур К. Кларк однажды сказал, что хорошо отлаженные технологии подобны магии. На самом деле фокусники всегда знали об этом, а потому зачастую используют передовые достижения науки и техники для создания новых фокусов. Понимание компьютерной науки, которая находится на переднем крае технологий, имеет большое значение для фокусников с технологическим уклоном. Однако эта связь с компьютерной наукой гораздо глубже, чем просто обращение к передовым технологиям.

Популярная поговорка гласит, что в информатике компьютеров не больше, чем в астрономии телескопов. Ее суть заключается в вычислениях, то есть в работе компьютеров. Что такое вычисления? Простой ответ: это выполнение расчетов в соответствии с полученными командами. Более утонченная версия ответа сводится к манипуляциям над символами. Искусство исполнения фокусов также тесно связано с вычислениями.

Ученые-компьютерщики осваивают особый способ мышления, который называется «вычислительное мышление» (computational thinking). Этот общий навык составляет основу программирования, но он также важен и в других ситуациях. Фокусники, как выясняется, мыслят примерно так же, как и компьютерщики.

Вычислительное мышление в какой-то мере сводится к созданию точных инструкций, которые позволяют неизменно добиваться желаемого эффекта. Применительно к магическим искусствам это не относится к выполнению фокусов. Речь о роли компьютера, выполняющего инструкции программы для получения результата. Скорее, дело в изобретении новых фокусов или изменении старых для их усовершенствования, а также в поиске методов, обеспечивающих их неизменную результативность. Многие наиболее распространенные идеи компьютерной науки также тесно связаны с практикой волшебства. Мы можем многое узнать о компьютерной науке из магии, и наоборот. Именно об этом и пойдет речь в данной книге.

Все приведенные в книге фокусы – это простые и достаточно легкие в исполнении трюки, вариации которых широко известны и которые без труда можно найти в интернете или в учебниках для начинающих фокусников. Подобно тому, как информатика призвана создавать новые компьютерные системы, мы надеемся, что эти фокусы вдохновят вас на создание своих собственных. Возможно, поначалу вы будете просто дорабатывать эти фокусы под себя за счет изменения способа подачи или сочетания эффектов, но в конечном итоге вы перейдете к изобретению своих собственных, совершенно новых фокусов.

Если вы показываете фокусы зрителям в рамках магического шоу, обязательно сохраняйте свои секреты. Никогда не используйте их ни для чего другого, кроме как для развлечения (или, если вы учитель, для обучения).

Лучшие фокусы профессионалов, конечно же, по-прежнему будут озадачивать нас не меньше, чем всех остальных.

Интермедия: Жан-Эжен Робер-Уден

Жан-Эжен Робер-Гуден (Jean-Eugène Robert-Houdin, 1805–1871) стал часовщиком после неудачной попытки стать юристом, потому что постоянно отвлекался на изучение всяческих механических устройств. Заниматься фокусами он начал в качестве хобби, однако впоследствии стал величайшим иллюзионистом своего времени, впервые выдвинув идею о возведении магических шоу в ранг вершины изысканности. Для выступлений он даже снял целый театр. Однако на первом же представлении его постигла катастрофа: из-за страха появления на сцене он был близок к нервному срыву. Он даже собирался отказаться от этой затеи, но тут один из друзей заявил ему, что все это было глупой затеей. Это придало ему решимости доказать, что друг ошибается. Уверенность вернулась к нему, и в итоге он полностью изменил представление о фокусах и их восприятию. Из грязного ярмарочного представления волшебство фокусов превратилось в престижное развлечение. Он сочетал науку, инженерию и творчество, изобрел множество фокусов с применением разных устройств и активно использовал при этом новые научные открытия, такие как электричество и электромагнетизм. Он создавал и использовал в своих фокусах автоматические устройства, которые сами по себе были волшебными, такие как механическая фигурка для письма. В других фокусах они сочетались с иллюзиями, как, например, в его «Чудесном апельсиновом дереве» – машине, которая, по всей видимости, выращивала настоящие апельсины, а в самом последнем из них оказался предмет из зрительного зала, который до этого заставили исчезнуть.

ПАУЗА: Алан Тьюринг

Алан Тьюринг (Alan Turing, 1912–1954) – пожалуй, самый известный ученый-компьютерщик в мировой истории. Именно он еще до появления первого работоспособного компьютера сформулировал смысл процесса вычислений и сумел доказать, что далеко не все поддается вычислению. Его идея машины Тьюринга (Turing Machine) представляла собой вариант упрощенного до самой своей сущности компьютера еще до того, как был создан какой-либо компьютер. Он доказал, что она может выполнять любые вычисления, которые только может выполнить какой-либо компьютер. Во время Второй мировой войны он был ведущим экспертом команды, которая взломала немецкие шифры, что позволило союзникам узнать содержание их секретных сообщений. Он работал над машинами, которые были предшественниками первых компьютеров, а после войны сконструировал компьютер самостоятельно. Он был одним из первых, кто занялся развитием концепции искусственного интеллекта и разработал метод его тестирования. Сейчас он называется «Тест Тьюринга» и позволяет считать машину разумной, если мы не можем отличить ее от человека в результате опроса обоих. К сожалению, он умер молодым. Он покончил с собой, съев отравленное яблоко, из-за преследования британскими властями за принадлежность к категории геев. Его привлекли к уголовной ответственности, а затем «химически кастрировали». В 2013 году он был официально помилован. Представьте себе, каких успехов он мог бы достичь, а мы не потеряли, если бы мир был более толерантным.

Часть I

Алгоритмическое мышление

Компьютеры не могут мыслить самостоятельно. Они просто слепо следуют инструкциям. Эти инструкции всегда должны выполняться. Алгоритмическое мышление – это навык написания таких инструкций.

Глава 1

Незаметное манипулирование: что такое алгоритм?

Магия

Вы незаметно перекладываете карту из одной стопки в другую. Это может сделать даже начинающий фокусник без малейшего представления о сути данного действия.

Вычисления

Алгоритм – это набор инструкций. При точном выполнении в правильном порядке без лишних раздумий он приводит к гарантированному результату.

Фокус

Вам понадобится 15 одинаковых карт. Как вариант можно купить несколько одинаковых колод игральных карт, затем извлечь из них и использовать 15 одинаковых джокеров. Пригласите добровольца вытянуть обе руки, словно он играет на пианино, при этом все пальцы его рук, включая большие, должны касаться стола (см. рис. 1.1). Попро-

сите зрителей скандировать волшебные слова «Две карты образуют пару» каждый раз, когда вы берете пару карт.

Возьмите две карты и, пока все говорят «две карты образуют пару», положите их вместе между парой пальцев или между указательным и большим пальцами добровольца. Продолжайте делать это до тех пор, пока у вас не останется одна карта. Поместите ее между последними пальцами и скажите: «осталась одна».

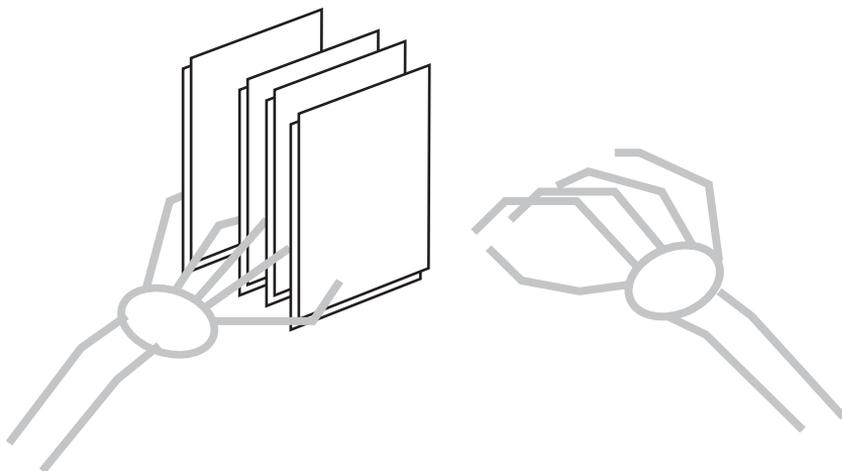


Рисунок 1.1. Пары карт раскладываются между пальцами каждой руки добровольца, последней кладется одна

Теперь возьмите первую пару обратно под скандирование зала «две карты образуют пару». Разделите их и положите на стол лицевой стороной вниз в две стопки, по одной карте из пары в каждую. По очереди возвращайте каждую пару обратно, добавляя их в стопки: по одной карте из каждой пары нужно аккуратно выложить в каждую стопку. По ходу действия все продолжают произносить магические слова. В конце остается только последняя, единственная карта. Возьмите эту карту со словами: «у нас есть одна лишняя карта». Пусть доброволец положит ее сверху на одну из стопок по своему выбору. Сдвиньте стопки рядом (в квадрат) и скажите: «теперь в этой стопке есть лишняя карта».

Объявите, что сейчас в комнате царит атмосфера волшебства и вы собираетесь произвести «невидимую манипуляцию». Дополнительная карта находится на первой стопке. Вы собираетесь незаметно переложить ее на другую. Положите руку на стопку с дополнительной картой. Потрите тыльную сторону ладони с целью «сделать карту невидимой».

Поднимите ладонь, показывая, что карта есть, но она невидима. Переместите руку к другой стопке. Постучите по ней, «чтобы карта упала». Объявите, что теперь карта переместилась в другую стопку.

В знак того, что магия сработала, возьмите стопку с дополнительной картой и отсчитайте по паре в новую стопку лицевой стороной вниз. Когда вы берете каждую пару, все по-прежнему должны произносить магические слова: «две карты образуют пару, две карты образуют пару...». Следите за тем, чтобы стопка была аккуратной. Теперь у вас есть только пары: лишняя карта исчезла! Так где же она? Возьмите другую стопку и проделайте то же самое, отделяя пары и складывая их обратно в стопку. Удивительно, но лишняя карта на месте. Она переместилась из одной стопки в другую!

Вместо раздумий о принципе действия фокуса просто следуйте пошаговым инструкциям с другом в качестве добровольца (вам может помочь приведенная далее пошаговая шпаргалка: см. «магический алгоритм» ниже). Если точно следовать всем указаниям, все обязательно получится... даже если вы не представляете, как это происходит. Вы также можете поменяться с другом и позволить ему побыть волшебником. У него тоже должно все сработать.

Как можно показывать фокус с магическим перемещением карты из одной стопки в другую и при этом не понимать, что именно произошло и как это работает?

Магический алгоритм

Вот как выглядит этот фокус, записанный в виде последовательности шагов в структурированном виде, подобно инструкциям, которые пишут компьютерщики.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) «Незаметного манипулирования» нужно:

1. Взять 15 одинаковых карт.
2. Пусть один из добровольцев положит руки на стол и согнет пальцы так, как будто играет на пианино.
3. ВЫПОЛНИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 7 РАЗ:
 - а) Сказать: «Две карты образуют пару».
 - б) Положить две карты между двумя пальцами рук добровольца, включая между указательным и большим пальцами.

4. Поместить оставшуюся одиночную карту в оставшийся свободный промежуток между пальцами.
5. ВЫПОЛНИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 7 РАЗ:
 - a) Сказать: «Две карты образуют пару».
 - b) Взять пару карт из пальцев и разделить их, положив по одной в каждую из двух стопок на столе.
6. Поручить добровольному помощнику положить последнюю карту в выбранную им стопку.
7. Положить свою руку на эту стопку, потирая тыльную сторону ладони.
8. Поднять руку и показать ладонью, что карта находится в ней, но невидима, а затем положить руку на другую стопку.
9. Похлопать по своей руке и убрать ее, сказав, что эта карта переместилась.
10. Поднять первую стопку.
11. ВЫПОЛНИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 4 РАЗА:
 - a) Добавить две карты из стопки, которую вы держите в руках, в отдельную аккуратную стопку на столе.
 - b) Сказать: «две карты образуют пару».
12. Отметить, что лишней карты больше нет.
13. Взять вторую стопку.
14. ВЫПОЛНИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 3 РАЗА:
 - a) Добавить две карты из стопки, которую вы держите в руках, в стопку на столе.
 - b) Сказать: «две карты образуют пару».
15. Подтвердить, что вы держите в руках лишнюю карту: она переместилась во вторую стопку.

Как это работает

Фокусники относят такой вид иллюзий к разряду «самодействующих». Она действует всегда, если в точности следовать всем указаниям. Она будет выполняться вне зависимости от действий добровольца, исходя из имеющегося у него выбора (в данном случае – куда бы ни была положена дополнительная карта).

Всего задействовано 15 карт. После раздачи карт парами получается две одинаковые стопки, по 7 карт в каждой. Разумеется, никто не име-

ет ни малейшего шанса пересчитать карты. Сначала обратим внимание на стопку, в которую вы положили последнюю, предположительно «лишнюю», карту. Благодаря этой карте в стопке стало 8 карт, то есть 4 пары. При попарном подсчете карт там всегда будут только пары, так что, очевидно, «лишней» карты больше нет. Кажется, что она исчезла, но на самом деле она просто дополнила пару.

В другой стопке остается 7 карт: 3 пары и одна дополнительная. При подсчете пар эта дополнительная карта, судя по всему, и есть изначальная лишняя карта. Создается впечатление, что она появилась в этом месте, но на самом деле она все время была здесь. Вы делаете вид, что она волшебным образом переместилась, при этом ничего не делая. Ничего не нужно перемещать!

Все это похоже на волшебство только потому, что вам удалось сбить всех с толку. Зрители считают, что при добавлении последней карты в стопку прибавляется еще одна нечетная карта. На самом же деле вы дополняете последнюю пару. И не имеет значения, в какую стопку они добавят последнюю карту: эта карта превратит стопку с нечетным количеством карт в стопку с четным количеством. Вы считаете карты попарно и тем самым скрываете их точное количество.

Вычислительное мышление

Алгоритмы, магия и программы

Ученые-компьютерщики придерживаются похожей концепции самостоятельно работающих трюков, которые они называют **алгоритмами (algorithms)**. Алгоритм – это набор конкретных инструкций, выполнение которых приводит к гарантированному результату. Инструкции должны учитывать все возможные сценарии, как и в случае с фокусом.

Если вы создали работающий алгоритм, вам больше не придется думать о решении поставленной задачи или о возможных способах достижения нужного результата. Вы просто безоглядно выполняете алгоритм, и все происходит в точности так, как задумано. Это как с указаниями по незаметному манипулированию: волшебный эффект невидимого перемещения карты происходит сам собой. Если вы в точности следовали инструкциям, фокус будет работать, даже если вы не имеете ни малейшего представления о его сути. Выполняя фокус, следуя инструкциям, вы действуете подобно компьютеру, выполняющему алгоритм. Если быть точнее, вы действуете как **вычислитель-**

ный агент (computational agent). Так называется что-то или кто-то, выполняющий алгоритмические инструкции точно и беспристрастно.

Компьютер не способен мыслить самостоятельно. Он может только беспрекословно следовать инструкциям (инструкции – это его **программа**). Они составлены для компьютера программистом. В результате компьютер производит вычисления. Таким образом, компьютеры можно считать вычислительными агентами. Компьютерные программы – это, по сути, алгоритмы, написанные на языке программирования (например, Python, Java или Scratch). Это языки инструкций в формате, доступном для выполнения компьютером.

В алгоритмах большое значение имеют детали. Возьмем наш фокус. Недостаточно просто сделать вид, что нужно переложить карту из одной стопки в другую. Необходимо четко описать процесс, чтобы невозможно было запутаться. Точно так же программа указывает компьютеру, как выполнить каждый малейший шаг.

Фокусники

Фокусник, который придумывает новые самостоятельно работающие фокусы, по сути, создает алгоритмы. Программист, который пишет программу, занимается тем же самым. В обоих случаях они используют навыки алгоритмического мышления: составляют последовательность шагов, которые всегда приводят к требуемому результату. При использовании алгоритмического мышления также необходимо составлять инструкции очень четко и понятно, чтобы не было путаницы при их выполнении, поскольку эти команды будут выполняться вычислительным агентом.

Программистов-экспертов, будь то мужчина или женщина, часто называют волшебниками. Они и правда такие!

ПАУЗА: Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми

Слово «алгоритм» связано с именем Мухаммада ибн Мусы аль-Хорезми (Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī, примерно 780–850 гг.). Причиной тому послужила его книга «О вычислениях с помощью индийских цифр», в которой он познакомил западный мир с порядковой системой счисления (единицы, десятки, сотни, тысячи и т. д.), которой мы пользуемся по сей день. Он описал основные алгоритмы выполнения арифметических действий с десятичными числами на «песочной доске» – емкости с песком, на которой было удобно рисовать и затирать числа. В конце концов алгоритмы из его книги позволили отказаться от использования абака (Доски с камнями или костями для счета. – *Прим. перев.*) для выполнения арифметических действий.

Глава 2

Кольца Мебиуса: **последовательности**

Магия

Вы разрезаете кольцо вдоль по центру на две части, но в итоге оказывается, что у вас по-прежнему только одно кольцо. Попробуйте еще раз, и, наконец, у вас будет два кольца, но каким-то удивительным образом они будут связаны друг с другом.

Вычисления

Существует три основных способа систематизации инструкций. Самый простой способ – это последовательность: выполнение инструкций одной за другой в установленном порядке.

Фокус

Возьмите полоску бумаги шириной около 5 см и длиной не менее 30 см (в идеале – еще длиннее) и склейте ее в петлю, но так, чтобы верх одного конца полоски был приклеен к верху другого конца (см. рис. 2.1). Это называется лентой Мебиуса (Möbius strip). Покажите ее аудитории без упоминания о перекручивании. Объявите о том, что вы разрежете эту ленту на два более тонких кольца. Посте-

пенно разрежьте ее по центру. Когда вы дойдете до самого конца, с уверенностью заявите, что теперь у вас есть два кольца. Плавно распутайте их.

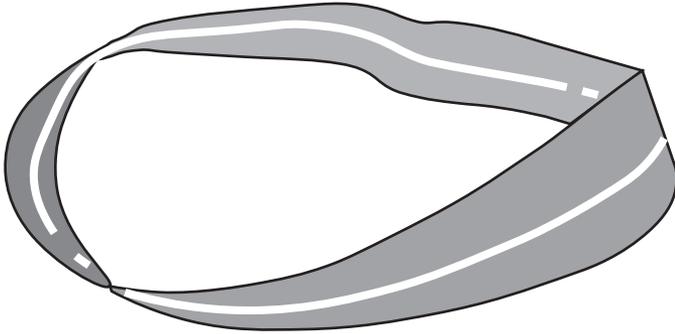


Рисунок 2.1. Лента Мебиуса. Разрежьте вдоль пунктира по центру для получения двух соединенных колец

Изобразите недоумение от того, что это по-прежнему одно кольцо, выразите вслух удивление тому, как такое вообще возможно, и объявите о новой попытке. Возьмите это новое более длинное и тонкое кольцо и аккуратно разрежьте его вдоль по центру. Скажите, что теперь у вас должно быть два кольца, и аккуратно распутайте их. Теперь с еще большим изумлением покажите зрителям, что у вас действительно два кольца, но после разрезания они каким-то образом оказались соединенными вместе.

Скажите зрителям, что в этом зале совершенно точно слишком много магии, если даже бумажные кольца способны сотворить такое чудо.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО ДО) фокуса с кольцом Мебиуса нужно:

1. Склеить ленту Мебиуса в кольцо с перекручиванием таким образом, чтобы верхняя поверхность одного конца была приклеена к верхней поверхности другого конца.
2. Объявить о том, что вы собираетесь разрезать ее на два более тонких кольца.
3. Разрезать кольцо по средней линии.
4. Удивленно продемонстрировать зрителям до сих пор единое (и теперь более длинное) кольцо.

5. Сделать повторную попытку и снова разрезать кольцо по центральной линии.
6. С еще большим удивлением показать зрителям, что теперь это два кольца, но они каким-то образом сцеплены между собой.

Как это работает

Это еще один простой самостоятельно работающий фокус, который основан на области математики под названием топология. Разрежьте ленту Мебиуса посередине, и у вас получится более длинная лента. Сделайте это еще раз, и вы получите два соединенных между собой кольца. Все это происходит вследствие того, что вы создали кольцо с единственной стороной: если провести по центру линию с помощью карандаша, эта линия в конце концов вернется к началу, пересекая обе стороны исходной ленты!

Вычислительное мышление

Алгоритм этого фокуса прост до предела, поскольку состоит всего из нескольких шагов. Есть два основных аспекта алгоритма: (1) собственно инструкции и (2) порядок их выполнения. Второй аспект известен как поток управления (*flow of control*). Именно он обеспечивает последовательность выполнения инструкций.

Алгоритм – это всего лишь последовательность инструкций, которые нужно выполнять одну за другой в указанном порядке. Пройдите каждый шаг правильно, именно один раз и в правильном порядке ...и произойдет настоящее волшебство. Такой способ объединения инструкций называется **секвенцией** (от англ. *sequencing* – последовательность). Это простейший вид управляющей структуры, которая используется для определения потока управления и порядка выполнения действий.

Секвенция отдельных команд лежит в основе других видов инструкций, которым следуют люди и компьютеры. Это и рецепты, и способы сложения чисел, и программы.

Простые программы очень похожи на описанный нами фокус. Они представляют собой последовательность инструкций, которые нужно выполнять друг за другом в заданном порядке (см. рис. 2.2). Для указания порядка выполнения шаги обозначены цифрами (1) (2) (3) и т. д.

В большинстве языков программирования для обозначения порядка выполнения инструкций просто используется запись с их последо-

вательностью на странице, поэтому нумерация шагов в таких языках не используется.

Любой компьютер или вычислительное устройство выполняет одно действие за другим в соответствии с последовательностью инструкций, написанных заранее программистом. Возьмем, к примеру, аппарат для оплаты услуг картой с пин-кодом. Он показывает вам сумму задолженности, предлагает прикоснуться к платежному устройству (карте, телефону и т. д.), а затем оповещает о выполнении платежа: таким образом выполняется последовательность инструкций, заложенных в программу.

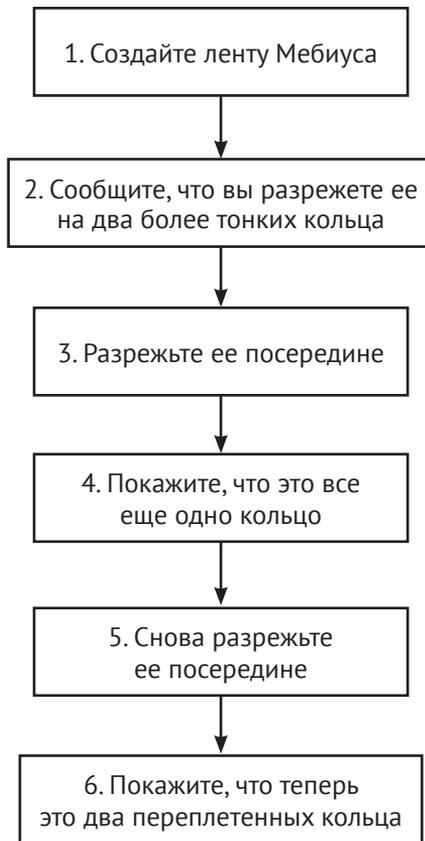


Рисунок 2.2. Последовательное исполнение инструкций фокуса с кольцами Мебиуса в виде блок-схемы

Помимо этого, существуют и другие разновидности управления потоками, которые мы используем при написании программ (и планировании магических фокусов). Как ни удивительно, но управление

потоками любого вычислительного процесса можно определить с помощью всего лишь двух основных разновидностей (о них мы расскажем в следующих двух главах).

Интермедия: Фелисьен Треви и Гарри Блэкстоун-старший

Фокус с лентами Мебиуса впервые был показан в конце XIX века французским фокусником Фелисьеном Треви (Félicien Trewéy, 1848–1920) именно как магический трюк, а не в качестве научной презентации. С тех пор вариации этого фокуса, которые часто также называют «Афганскими кольцами», исполняли многие иллюзионисты, в том числе Гарри Блэкстоун-старший (Harry Blackstone Sr., 1885–1965). Будучи одним из величайших фокусников XX века, он не только изобретал фокусы, но и придумывал хитроумные вариации уже существующих приемов. Он часто внедрял в них новейшие технологии, например распиливал женщину пополам с помощью циркулярной пилы. Одна из его наиболее известных иллюзий подразумевала использование электрической лампочки, которая парила в темноте зрительного зала, пролетая через обруч и проплывая над зрителями, оставаясь при этом светящейся. Эту лампочку разработал и изготовил для него знаменитый изобретатель электроприборов Томас Эдисон. Этот фокус стал первым в истории, который был удостоен статуса экспоната Смитсоновского музея.

Глава 3

Шесть магических предметов: **выбор**

Магия

Доброволец выбирает что-то одно из нескольких магических предметов, но потом выясняется, что его выбор был предсказан вами.

Вычисления

Другим способом определения последовательности инструкций является выбор: в зависимости от положительного или отрицательного результата прохождения определенного испытания следует выбор в пользу выполнения одного из нескольких вариантов последовательности инструкций.

Фокус

До начала демонстрации фокуса вложите в колоду карт записку с надписью: «ТЫ ВЫБЕРЕШЬ МЕНЯ». Разложите шесть различных предметов, включая колоду карт, в одну линейку на столе. Все они наделены магической связью. Например, вы можете использовать волшебную палочку, чашку с шариком под ней, колоду карт в коробке,

шелковый платок, монету и часы. В идеале все они – за исключением карт – должны быть однородными предметами, в которых невозможно спрятать записку. Карты нужно расположить в третьей позиции слева. Вы стоите по одну сторону от предметов, а зритель – по другую.

Объясните, что магические предметы становятся волшебными после их использования в магических шоу, и все эти предметы обладают особой магией, поскольку каждый из них уже неоднократно применялся в фокусах.

Попросите добровольца выбрать число от 1 до 6 и сообщить его всем присутствующим.

Выбранное добровольцем число при подсчете приводит к колоде карт. Поясните, что, поскольку вы показываете множество карточных фокусов, эти карты насыщены магией и им нравится быть выбранными. Попросите зрителей открыть колоду карт и взглянуть на то, что находится внутри, а затем предложите им прочитать записку. Еще раз повторите, насколько эти карты наполнены магией.

Как это работает

Вы действуете по-разному в зависимости от выбранного добровольцем числа (см. рис. 3.1). Какое бы число он ни назвал, вы будете считать по-разному и тем самым заставите его выбрать третий объект: колоду карт.

Если он выбрал 1, начните слева от себя и считайте буквы до третьего объекта: Р ... А ... 3, указывая на каждый предмет на каждом шаге.

Если он выбрал 2, тогда аналогично считайте буквы до третьего объекта: Д ... В ... А.

Если же он выбрал 3, просто досчитайте до третьего объекта: 1 ... 2 ... 3.

Если выбран вариант 4, попросите отсчитать 1 ... 2 ... 3 ... 4 *слева* от них (справа от вас) и закончить на 3-м предмете *слева* от вас (4-м от них).

Если выбор пал на 5, попросите их назвать буквы слова ПЯТЬ *слева* от них (справа от вас) П ... Я ... Т ... Ь и закончить на 3-м объекте *слева* от вас (4-м объекте от них).

Если они выбрали 6, то отсчитайте буквы до третьего предмета на английском языке: S ... I ... X.

Зрителям был предложен заведомо фальшивый выбор: вы не предупредили их заранее, что именно собираетесь делать с выбранным ими числом. Поскольку вы проделываете этот трюк только один

раз, вам достаточно выбрать одну из альтернатив, поэтому у них не возникнет никакой мысли о возможности выбора иного сценария в другой раз.

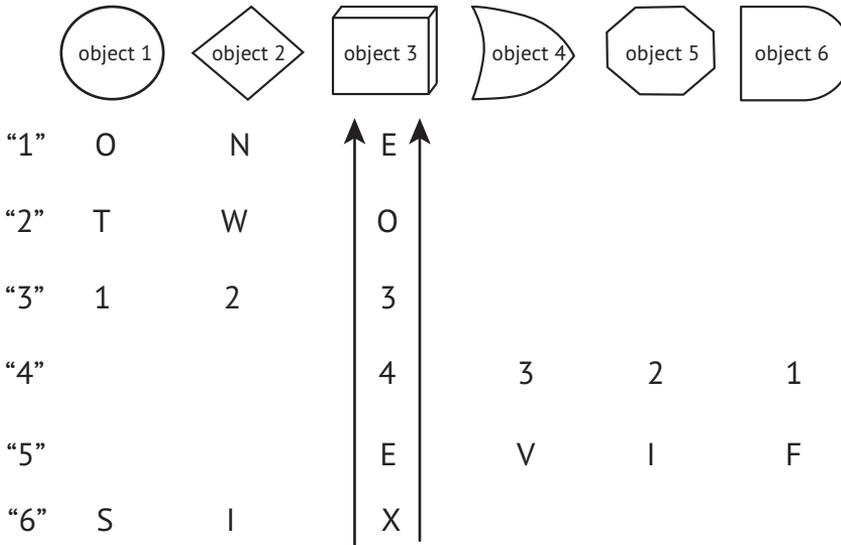


Рисунок 3.1. Независимо от выбранного числа, вы подбираете метод подсчета до третьего объекта

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса с шестью магическими предметами:

1. Поместить записку с текстом «Ты выберешь меня» в колоду карт.
2. Выложить шесть предметов в линию таким образом, чтобы колода карт находилась в позиции 3 слева от вас.
3. Пусть один из добровольцев назовет вам число от 1 до 6.
4. ЕСЛИ (IF) он скажет 1, ТОГДА (THEN)
 - a) Вы считаете до третьего объекта: Р ... А ... 3.
В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE), если он скажет 2, ТОГДА
 - b) Отсчитать до третьего объекта: Д ... В ... А.
В ИНОМ СЛУЧАЕ, если он скажет 3, ТОГДА
 - c) Вы считаете до третьего объекта: 1 ... 2 ... 3.
В ИНОМ СЛУЧАЕ, если он скажет 4, ТОГДА

- d) Они отсчитывают до третьего объекта: 1 ... 2 ... 3 ... 4 с левой стороны.
В ИНОМ СЛУЧАЕ, если они говорят 5, ТОГДА
 - e) Они отсчитывают до третьего объекта: П ... Я ... Т ... Ъ слева от них.
В ИНОМ СЛУЧАЕ, если они говорят 6, ТОГДА
 - f) Отсчитать до третьего объекта число 6 на английском языке: S ... I ... X.
5. Предложить добровольцам открыть колоду карт и прочитать сообщение.

Вычислительное мышление

Алгоритм выполнения этого фокуса вновь сводится к последовательности инструкций, поскольку шаги с 1 по 5 выполняются по очереди, но только в этот раз появляется нечто новое, а именно новая разновидность конструкции. При выполнении последовательности действительно выполняется каждая инструкция. Но здесь, в шаге 4, имеется шесть возможных вариантов инструкций (инструкции a–f). Однако при выполнении фокуса будет выполняться только одна из них. Эти инструкции являются частью более крупной структуры, которая управляет потоком: выбором (selection).

Программисты называют такую структуру **оператором IF (IF statement – оператор ЕСЛИ)**. Он объединяет инструкции по выполнению с контрольными тестами, значения которых либо **истинны (true)**, либо **ложны (false)**. Например, «они сказали 1» – это проверочный тест. Либо они сказали 1 (это истина), либо нет (это ложь). Программисты называют такие тесты **булевыми выражениями** (boolean expressions), где «булево» подразумевает «логическое» значение «истинно» или «ложно». Если результат тестирования имеет истинное значение, выполняется соответствующая инструкция, а остальные тесты и инструкции в этом блоке выбора игнорируются. Если тест дает ложный результат, эта инструкция игнорируется, и выполняется следующий тест. Какая бы инструкция в итоге ни была выполнена, после этого необходимо проигнорировать другие тесты и связанные с ними инструкции с переходом к следующей инструкции после всего оператора выбора (в данном случае это инструкция 5). Инструкция выбора – это всего лишь один оператор в последовательности пошагово выполняемых инструкций, но именно он определяет выполнение конкретного элемента из нескольких инструкций на данном этапе

(см. рис. 3.2). На практике вам нужен только простой оператор IF с опциями true и false. На его основе можно строить более сложные структуры выбора, такие как эта, где можно выбирать между множеством вариантов.

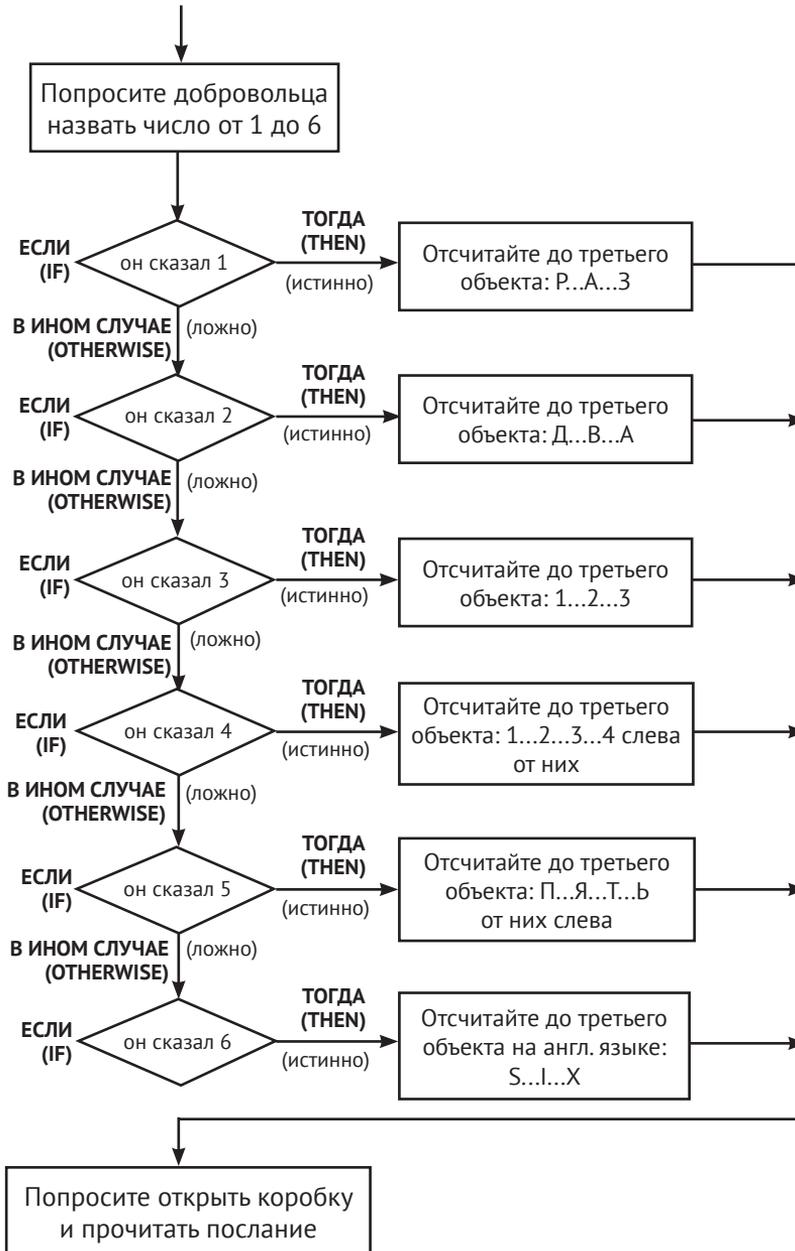


Рисунок 3.2. Поток управления оператора IF в фокусе с шестью магическими объектами

Если при использовании какого-нибудь устройства вам предоставляется возможность выбора, это означает, что где-то в коде содержится оператор IF, который написан программистом для осуществления этого выбора. Есть ли у вас выбор аватаров? Можете ли вы сами определить кнопки для выполнения действий? Или выбрать ссылки для перехода? Или вам приходится выбирать что-либо из меню? Все, что в действительности заставляет машину выполнять разные действия в каждой конкретной ситуации, на самом деле является какой-либо вариацией оператора выбора.

Выбор – это наша вторая разновидность управляющей структуры. Он позволяет получить новый вид потока управления. Чтобы научиться мыслить алгоритмически, нужно уметь разрабатывать и писать четкие инструкции с применением как последовательности, так и выбора.

ПАУЗА: Джордж Буль

Джордж Буль (George Boole, 1815–1864) был сыном сапожника и практически самоучкой. Он стал великим математиком и изобрел новый вид алгебры, который теперь называется булевой алгеброй, или булевой логикой. В конечном итоге она оказалась идеальным решением для компьютерной эры, до которой оставалось почти столетие. Вместо обработки чисел и арифметических операций эта алгебра оперирует истинными и ложными значениями и такими операциями, как И (and), Или (or) и Нет (not). Именно это необходимо для описания и анализа логических схем, из которых создаются компьютеры. Это также является основой принципов принятия решений в программах. Истинные и ложные значения в программах теперь называются булевыми. Эта идея позволила сделать шаг вперед по сравнению с древнегреческой концепцией логики, которую изначально сформулировал Аристотель, а также с концепцией применения логических рассуждений для обоснования веских аргументов.

Глава 4

Поворот ключа: **повторение**

Магия

Доброволец выбирает карту. Вы безошибочно определяете ее, хотя не видите ни саму карту, ни ее расположение в колоде.

Вычисления

Третий способ управления процессом выполнения инструкций – это повторение (repetition). Он заключается в многократном выполнении одних и тех же инструкций до тех пор, пока контрольная проверка не разрешит вам двигаться дальше. При наличии последовательности, выбора и повторения вам не понадобятся никакие другие управляющие структуры. Прочие управляющие структуры просто помогают сделать инструкции более удобными для чтения и написания.

Фокус

Попросите добровольца перетасовать колоду. Когда он вернет ее обратно, незаметно взгляните на нижнюю карту и запомните ее. Это ваша ключевая карта. Разложите колоду лицевой стороной вниз и попросите зрителей выбрать карту незаметно для вас. Скажите им, чтобы они запомнили эту карту.

Соберите колоду на столе лицевой стороной вниз. Затем попросите зрителей положить свою карту на верхнюю часть этой стопки лицом вниз. Отвернитесь и попросите их разделить колоду на две части по своему усмотрению. Затем попросите их положить нижнюю часть на верхнюю для завершения снятия колоды (см. рис. 4.1). В этот момент повернитесь к ним спиной. Сообщите, что выбранная ими карта, которая вам неизвестна, теперь находится в стопке на неизвестной вам позиции. Все это правда, но им неизвестно, что ваша ключевая карта теперь находится как раз рядом с выбранной ими картой.

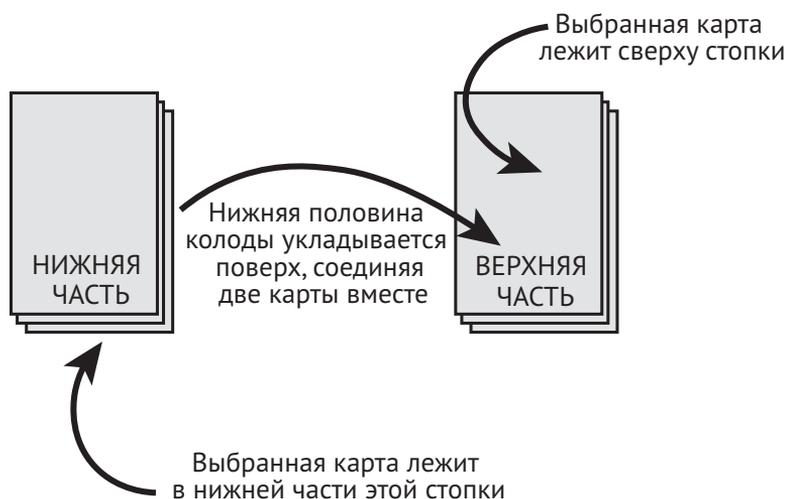


Рисунок 4.1. Положение карт во время раздачи

Начните выкладывать карты на стол одну за другой. Выкладывайте карты до тех пор, пока не дойдет очередь ключевой карты, после чего переверните еще одну карту. Объявите, что это и есть их карта.

В качестве более зрелищного варианта можно использовать прием «фокусник в беде». Сдайте три карты после выбранной, затем сделайте паузу. Уверенно объявите: «Следующая карта, которую я переверну, будет вашей».

Разумеется, они видели, что вы уже выложили карты после их карты, поэтому они решают, что вы ошиблись. И тогда, в финальной раздаче, вы не переворачиваете следующую карту в стопке, из которой вы сдаете. Вместо этого вы вытаскиваете выбранную ими карту из стопки с картами лицевой стороной вверх и переворачиваете ее.

Вы «спасаете самого себя», добавляя при этом забавный комический эффект.

Магический алгоритм

Вот алгоритм базового выступления.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «поворота ключа» нужно:

1. Один из зрителей перетасовывает колоду.
2. Вы бросаете взгляд на нижнюю карту и запоминаете ее: это ваша ключевая карта.
3. Вы раскладываете колоду лицевой стороной вниз.
4. Зритель выбирает карту и запоминает ее, но не показывает вам.
5. Вы снова собираете колоду лицевой стороной вниз.
6. Зритель кладет выбранную им карту лицевой стороной вниз на верхнюю часть колоды.
7. Вы поворачиваетесь спиной.
8. Зритель разделяет колоду на две стопки.
9. Нижняя стопка кладется сверху для завершения раздачи.
10. Вы поворачиваетесь назад и берете колоду обратно.
11. **ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР**, пока не увидите свою ключевую карту.
 - а) Выложите следующую карту на стол лицевой стороной вверх.
12. Переверните следующую карту.
13. Объявите, что эта карта была выбрана участниками.

Как это работает

При сдвиге колоды описанным способом нижняя карта в колоде оказывается непосредственно перед картой, которая находится в верхней части колоды. Таким образом, когда зрители кладут свою карту сверху, вы гарантированно обеспечиваете ее расположение после карты, которую вы запомнили.

Вычислительное мышление

Третий способ объединения инструкций в алгоритмы называется **повторением (repetition)**. Строка

ДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА...
(DO THE FOLLOWING UNTIL...)

указывает на необходимость проведения повторения. Мы называем такую инструкцию **циклом (loop)**. Существует множество разновидностей циклов, и это лишь один из них.

Сразу после этого следует **тест**, который дает либо истинное, либо ложное значение, как и в нашей инструкции выбора в предыдущей главе. В инструкции повторения вы либо видите карту (тест имеет истинный результат), либо не видите (тест имеет ложный результат). Если в момент проверки теста вы получаете истинное значение, вы переходите к следующей инструкции после цикла (в данном случае это инструкция 12). Если же тест дает ложный результат, вы остаетесь в цикле: выполняете инструкцию (11a) и разбираетесь со следующей картой. Это называется **телом цикла (body of the loop)**, и именно эта инструкция повторяется. Тело цикла не обязательно представляет собой единственную инструкцию. Оно может состоять из последовательности инструкций или даже содержать инструкции выбора либо повторения. Самое важное в цикле – это вернуться назад и повторить тест после выполнения инструкций в теле. Вполне возможно, что теперь все изменилось. Только после проверки и подтверждения истинности теста вы переходите к следующей инструкции. В противном случае вы продолжаете выполнять инструкцию в теле, а затем перепроверяете тест каждый раз по завершении работы с телом.

Алгоритмическое мышление предполагает умение создавать четкие инструкции, в которых используются все три вида управления: **последовательность, выбор и повторение**. Эти три вида процесса управления являются основой того стиля программирования, который получил название **структурированного программирования (structured programming)**.

Одним из наиболее важных достижений компьютерной науки можно считать тот факт, что если у вас есть язык программирования с использованием последовательности, выбора и повторения, он является таким же мощным, как и любой другой язык, в том смысле, что с точки зрения процесса управления любые вычисления, которые могут быть выполнены на любом другом языке, могут производиться с помощью этих инструкций. Язык, на котором можно производить любые вычисления, возможные на любом другом языке, называется **полным по Тьюрингу (Turing complete)**. Существует множество вариаций структур управления в языках, но они нужны не для усиления их возможностей, а для повышения скорости, упрощения написания и улучшения качества программ.

Циклы со счетчиком

Существуют и другие формы управляющих структур, но ни одна из них не позволяет написать алгоритм, который невозможно выполнить с помощью этих трех видов инструкций. Это всего лишь разновидности этих трех.

Для создания более интересной версии данного фокуса замените шаги 12 и 13 новыми:

14. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 4 РАЗА:
 - а) Сдайте на стол следующую карту лицевой стороной вверх.
15. Объявите, что следующая карта, которую вы перевернете, будет той, что была выбрана добровольцем.
16. Переверните карту, сданную на четыре позиции ранее, лицевой стороной вверх.

Здесь мы снова используем повторение, но несколько в иной форме. Первая строка указывает нам на наличие цикла. Это не просто тест, здесь говорится о конкретном количестве повторений инструкции в теле цикла. Строка, помеченная (а), как и раньше, является телом, поэтому инструкции необходимо повторять.

Такая разновидность цикла называется **циклом со счетчиком (counter-controlled loop)**. Разница в том, что мы заранее знаем количество повторений тела и просто делаем это нужное количество раз. Как мы уже говорили, нам не нужны никакие новые виды потоков управления, но это не так. Подобная конструкция цикла со встречным управлением не дает вам возможности сделать ничего такого, чего нельзя было бы сделать с помощью обычной инструкции повторения. Чтобы сделать эквивалент с нашим первоначальным обычным циклом, нам просто нужно добавить дополнительные инструкции для отслеживания счетчика. Наша проверка заключается в проверке отсчета до целевого числа.

Установить счетчик на 1.

ВЫПОЛНИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ ДО ТЕХ ПОР, пока счетчик не достигнет значения 5:

- а) выложить следующую карту на стол лицевой стороной вверх;
- б) добавить 1 к счетчику.

Все, что делает наша новая структура цикла со счетчиком, – это объединение основного цикла и инструкций для подсчета. Это всего

лишь сокращенный вариант описанного выше. В любом случае нам требуется отслеживать частоту сдачи карт. Без цикла со счетчиком нам пришлось бы добавлять соответствующие инструкции в явном виде. Специализированная структура цикла со счетчиком также делает наши инструкции более понятными для человека. Он сразу видит, что это цикл со счетчиком в самом начале, а не выясняет это, просматривая весь цикл. В программировании очень важно делать инструкции простыми для понимания человеком, если мы не хотим допускать ошибок.

Интермедия: Пенн и Теллер

Пенн и Теллер – это неординарный дуэт фокусников, известный совмещением жанра фокуса и комедии. Это мастера финала «фокус пошел не так», хотя их фокусы нередко заканчиваются очень жестоко (например, женщину случайно распиливают пополам во второй раз, причем, вполне вероятно, по-настоящему). Их фокусы также зачастую оформляются как раскрытие секретов действия какого-либо специализированного трюка, а потом выясняется, что в их версии все происходило совсем не так.

Пенн Джиллетт (Penn Jillette) страстно любит компьютерные технологии и интернет. В начале 1990-х годов он регулярно публиковался в компьютерных журналах, писал статьи для поисковиков, а также снялся в фильме «Хакеры». Основываясь на этом интересе, Пенн и Теллер изобрели (и в то время выдали секрет) фокус под названием «Самый дорогой фокус в мире». Дорогим он был из-за чрезвычайно новых, но теперь уже ставших привычными, передовых компьютерных технологий, лежащих в его основе.

Глава 5

Магия калькулятора: **языки программирования**

Магия

Ваш приятель вводит в калькулятор выбранное им наугад шестизначное число. Когда вы предлагаете ему три числа для деления на это число, все они делятся без остатка. И хотя вы совершенно не знали исходного числа, в итоге они вернулись к нему.

Вычисления

Разработчики вычислительной техники не просто изобретают алгоритмы, им также необходимо научиться определять формулировки с помощью определенных инструкций в конкретной нотации (то есть на том или ином языке программирования). Это подразумевает наличие множества совершенно новых профессиональных навыков работы с заданной системой условных обозначений.

Фокус

Попросите друга загадать трехзначное число. Дайте ему калькулятор или попросите его воспользоваться калькулятором на телефоне для ввода этого числа. Затем скажите, что будет удобнее получить

большее число, поэтому предложите ему ввести число еще раз, чтобы получилось шестизначное число. Сообщите ему, что вы не видели это число, но, несмотря на это, можете сотворить с ним математическое волшебство. Обратите внимание, что вероятность того, что число поделится на 11 и даст ответ в виде целого числа, очень мала. Предложите ему попробовать. Удивительно, но это получается. Еще более удивительным будет, если оно также будет делиться на 7. Предложите попробовать. И снова получается целое число, что поражает еще больше. А как насчет 13? Конечно, нельзя было случайно выбрать число, которое бы делилось и на 13! Именно так и получилось. Обратите внимание, что было бы просто невероятно, если бы теперь на экране появилось первоначальное число!

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса с волшебным калькулятором:

1. Зритель загадывает случайное трехзначное число и запоминает его.
2. Зритель дважды вводит его в калькулятор и нажимает ENTER.
3. Зритель делит его на 11 и проверяет, получилось ли у него целое число.
4. Зритель делит его на 7 и проверяет, получилось ли целое число.
5. Зритель делит его на 13 и проверяет, получилось ли целое число.
6. Вы обращаете внимание на то, что волшебным образом получилось первоначальное число.

Как это работает

Причина, из-за которой работает этот фокус, кроется в числе 1001.

Предположим, было задумано число 123. Если вы умножите его на 1000, оно превратится в 123 000. Если к этому числу прибавить исходное, то получится 123 123. Это работает с любым числом, лишь бы оно состояло из трех цифр. Попробуйте начать с 999: умножьте на 1000, а затем прибавьте 999, и вы получите 999 999. Таким образом, умножение трехзначного числа на 1000 и прибавление этого числа – это то же самое, что и превращение трехзначного числа в шестизначное, записанное дважды. Это то же самое, что и умножение на 1001, поскольку 1 в 1001 добавляет число к тому, которое получается при

умножении на 1000. Проверьте это умножением любого трехзначного числа на 1001. Таким образом, когда ваш друг дважды вводит число в калькулятор, на самом деле он просто умножает его на 1001.

Теперь попробуйте перемножить 7, 11 и 13. Ответ также будет равен 1001. Поставить одинаковые трехзначные числа рядом, а затем разделить это число на 11, потом на 7 и в конце на 13 – это то же самое, что умножить его на 1001 и затем разделить на 1001. Деление является обратной операцией по отношению к умножению (математики называют это обратной функцией), поэтому мы возвращаемся к числу, с которого начали.

Записав это в виде уравнения, мы получим факт:

$$\text{Секрет} \times 1001 \div 1001 = \text{Секрет}.$$

Это также объясняет, почему оно делится на целые числа 7, 11 и 13. Другой способ записи числа на калькуляторе выглядит так:

$$\text{Секрет} \times 11 \times 7 \times 13,$$

поскольку 1001 – это просто $11 \times 7 \times 13$. Это означает, что все три числа, которые мы используем, делятся без остатка на всю сумму, а когда мы выполняем каждое деление по очереди, мы просто списываем это число из общей суммы.

Вычислительное мышление

В основном мы используем аналогии между фокусами и вычислительными приемами для лучшего понимания сути вычислительных процессов. Однако здесь мы сосредоточимся на том, что их отличает друг от друга.

Компьютерщиков от большинства фокусников отличает одно – использование точных **нотаций**. Важной частью вычислительного мышления является умение писать инструкции предельно точно и на четко заданном языке: таком, на котором может работать компьютер. Вы должны уметь выполнять поставленные задачи с помощью только существующих команд.

Фокусники предпочитают не делиться своими трюками, а хранить их в тайне. Поэтому составление инструкций для кого-либо, кроме них самих, не является важной частью их профессиональной деятельности. Лишь фокусники, пишущие книги о магии, вынуждены беспокоиться о легком следовании инструкциям. Фокусники (как и повара) склонны использовать для написания инструкций чело-

веческие языки, такие как английский. Именно по этой причине такие инструкции порой достаточно сложно повторить, поскольку трудно добиться полной четкости формулировок на таком языке, как английский. Использование человеческого языка обычно не вызывает затруднений, однако он часто оказывается двусмысленным или недостаточно точным, и смысл не всегда понятен. Если вы никогда не готовили торты, попробуйте испечь один из них впервые по кулинарному рецепту, который вы никогда раньше не видели, и тогда поймете, о чем идет речь. Скорее всего, с первого раза у вас не получится идеального результата. Отсутствие точных формулировок в языках – причина того, что когда мы пытаемся следовать письменным инструкциям, будь то правила выполнения фокуса, ремонта проколотой шины или выпечки торта, все порой заканчивается не совсем удачно.

Компьютерные специалисты, с другой стороны, крайне заинтересованы в том, чтобы другие (как компьютеры, так и люди) могли четко следовать их инструкциям. Это значит, что в конечном итоге алгоритмы записываются в виде программы на языке программирования. На практике это означает, что они записываются с помощью только определенных команд с очень точными, четко установленными определениями. Научиться программировать – это отчасти означает глубокое понимание работы каждой отдельной команды и умение преобразовывать туманные идеи в понятные команды.

Фокусники тоже могут использовать точные языки. И действительно, алхимики – эти волшебники эпохи до появления химических наук, которые пытались превратить свинец в золото, создавали свои «заклинания» с помощью нотаций.

Магический язык для создания фокусов может включать команды, подобные приведенным на рис. 5.1.

Мы можем записать алгоритм в виде программы на нашем языке. Затем его может выполнить человек или робот-фокусник. Для этого нужно проработать не только конкретные шаги, но и все подробности. В программировании очень важно **внимание к мелочам**. Что именно вы говорите и когда? Какие числа мы можем считать «трехзначным числом»? Считается ли им 000? А как насчет 001? Наша программа четко исключает такие случаи.

1. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Задумайте трехзначное число».
2. СОХРАНИТЬ секрет (доброволец СЕКРЕТ {100 ... 999}).
3. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Возьмите этот калькулятор».

4. Передать калькулятор добровольцу.

СОХРАНИТЬ x n

Здесь число n получает имя x в оставшейся части описания фокуса

СЕКРЕТ от человека $\{n1...n2\}$

Здесь человек должен выбрать число между $n1$ и $n2$, сохранив его в тайне. Он выбирает число

РАЗДЕЛИТЬ n

Это означает, что человек с калькулятором должен разделить число на дисплее на n , оставить результат на дисплее и назвать его. Здесь n – целое число

ВВЕСТИ n

Здесь человек с калькулятором должен ввести в него число n

ПЕРЕДАТЬ человеку объект.

Это означает передать человеку предмет

СКАЗАТЬ человеку s .

Это означает, что человек должен произнести s вслух

В примере выше объект – это магический реквизит из числа {палочка, шляпа, шелковый платок и калькулятор}, а человек – из числа {волонтер, фокусник} n , $n1$ и $n2$ – это целые числа. Они могут быть именем числа, действительным числом или операцией (например, SECRET) для его получения.

Рисунок 5.1. Фрагмент языка для фокусников

5. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Введите число, которое вы придумали, чтобы оно появилось на экране».
6. ВВЕСТИ секрет.
7. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Давайте превратим его в более длинное шестизначное число. Введите еще раз задуманное вами число, чтобы оно появилось на экране дважды. Я не видел этого числа, поэтому не имею ни малейшего представления о нем. Несмотря на это, я могу проделать с ним математическое волшебство».
8. ВВЕСТИ секрет.
9. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Вероятность деления числа на 11 с целочисленным результатом очень мала. Проверьте, насколько вы удачливы!»
10. РАЗДЕЛИТЬ НА 11.

11. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Удивительно! Так и есть! Было бы более удивительно, если бы оно также делилось на 7. Почему бы не попробовать».
12. РАЗДЕЛИТЬ НА 7.
13. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Целое число. Это ошеломляет. Каковы шансы! Давайте попробуем еще раз. Как насчет 13? Ведь не могли же вы случайно выбрать число, которое делилось бы и на него!»
14. РАЗДЕЛИТЬ НА 13.
15. Фокуснику СКАЗАТЬ: «Ух ты! Оно тоже делится без остатка! И что самое невероятное, вы вернулись к исходному числу! Это математическая магия!»

Чтобы научиться писать подобные программы, нужны дополнительные навыки, помимо обычного составления алгоритмов для компьютеров. Первый – это умение составлять инструкции из конкретного набора четко определенных доступных команд. Другими словами, программист должен уметь адаптировать желаемые результаты в соответствии с доступными возможностями. Это основной навык программирования. Кроме того, им также необходима способность очень точно продумывать детали: например, нужно ли вам думать о том, является 000 трехзначным числом или нет? Если вы пишете программу, то нужно.

Большинство языков программирования **универсальны**, то есть на этом языке можно написать программу для любых возможных вычислений. Однако одно и то же действие может быть выполнено разными способами. В зависимости от поставленной задачи (и разработанного алгоритмического решения) алгоритм в его исходном виде может быть напрямую преобразован в язык программирования... или же нет. Если да, то после получения алгоритма написать программу будет относительно просто. В другой ситуации используемые в алгоритме конструкции оказываются слишком непохожими на те, что имеются в языке. Например, у нас не было возможности напрямую задать «трехзначное число», поэтому нам пришлось определить необходимый диапазон. Это одна из причин существования большого количества языков. Разные языки созданы для упрощения поиска решений для разных типов задач. Выберите язык, подходящий для конкретной задачи, и ваша работа в качестве программиста значительно упростится.

Основной причиной использования языков программирования является возможность простого перевода инструкций в формат, при-

годный для машинного исполнения. Однако создание программ – это нечто большее. Не менее важно, чтобы их читали и люди; многие программисты уделяют этому слишком мало внимания. Большие программы пишутся коллективно, и каждый член команды должен без особых усилий понимать код других. Кроме того, однажды написанные программы необходимо постоянно поддерживать, то есть модифицировать в случае обнаружения ошибок или необходимости выполнения новых задач. Это означает, что программирование – это не только написание работающего кода, но и создание его в максимально понятном для человека виде.

В остальной части этой книги мы будем использовать менее формальную нотацию псевдокода, которую мы использовали в первых фокусах. В ней смешаны английский язык и условные обозначения, и ее цель – быть более удобной для чтения. Компьютерщики зачастую используют нотации **псевдокода** для разработки алгоритмов и фрагментов кода, и это очень важно для написания окончательного кода. Такая нотация менее точна, чем исполняемый код, но с ней легче работать при переходе от первоначальных представлений о принципах работы программы к конкретным подробностям.

ПАУЗА: Грейс Хоппер

Многие люди способствовали развитию языков программирования, но Грейс Хоппер (Grace Hopper, 1906–1992), которая дослужилась до звания вице-адмирала ВМС США, внесла в это дело крупнейший вклад. По сути, она изобрела идею языка высокого уровня, который позволяет написать одну программу и затем запустить ее на множестве различных типов компьютеров. До нее программистам приходилось писать код на специальных низкоуровневых инструкциях той машины, на которой он должен был работать. Ее идея сводилась к переходу к языкам программирования на основе английского языка, а специальные программы, называемые компиляторами, могли бы переводить их в инструкции для различных типов компьютеров. Она также популяризировала слово «баг» (bug) для обозначения ошибок в программировании, после того как обнаружила в компьютере мертвого мотылька, который оказался причиной его неработоспособности: он намертво застрял в устройстве.

Часть II

Оценка и логическое мышление I

Создание правильного алгоритма, будь то алгоритм фокуса или программы, предполагает умение мыслить точно и логически. Ошибиться в деталях очень легко. С другой стороны, необходимо иметь возможность проверки правильности алгоритма. Всегда ли он будет выполнять правильные действия?

Глава 6

Магия волшебной книги: **тестирование**

Магия

Вы продемонстрируете, что сознанием людей способны управлять книги о магии. Доброволец по собственному желанию выбирает слово, а затем позволяет словам книги беспорядочно перескакивать с места на место, пока они не остановятся на последнем слове. Удивительно, но вы поместили это слово в запечатанный конверт, который доброволец держал в руках все это время.

Вычисления

В программах нередко встречаются баги и мелкие ошибки, из-за которых они порой работают неправильно. Хорошая программа будет работать в любой ситуации, и чтобы гарантировать это, мы обязательно должны заниматься активным поиском недочетов. Одним из способов сделать это, называемым тестированием, является многократный запуск программы и проверка ее работоспособности во всех случаях. Однако с помощью логических рассуждений мы можем добиться большего.

Фокус

Для начала вам понадобится экземпляр книги с пьесой Шекспира «Макбет»¹. Вы можете купить доступную версию в книжном магазине. (В конце этой главы мы расскажем о том, как создать свою собственную версию этого фокуса с помощью уже имеющейся у вас книги.)

Напишите слово «HEATH»² на листе бумаги и положите его в конверт, прикрепленный к планшету с зажимами для заметок (клипборду). Поместите поверх конверта лист бумаги с начальными строками шекспировского «Макбета», записанными, как показано на рис. 6.1. Они взяты из знаменитой первой сцены, где встречаются три ведьмы. Нарисуйте пунктирную линию после первого предложения. Выделите последнюю часть цитаты жирным шрифтом, как показано на рисунке (или напишите ее красным). Проследите, чтобы не было орфографических ошибок или пропущенных слов.

When shall we three meet again : Когда сойдемся мы втроем
In thunder, lightning, or in rain? : Дождь будет, молния иль гром?

When the hurlyburly's done, : Как прекратится кавардак
When the battle's lost and won. : И повержен будет враг.
That will be ere the set of sun. : Прежде чем наступит мрак.
Where the place? : Где встреча?

Upon the heath. : Вереск этот.

There to meet with Macbeth. : Там встретим мы Макбета.

I come, Graymalkin! : Иду, Мурлыка!

Рисунок 6.1. Первые строки «Макбета», записанные специально для фокуса

А теперь фокус. Дайте добровольцу клипборд и ручку. Другому участнику дайте экземпляр книги «Макбет».

Напомните зрителям, что позже по ходу пьесы ведьмы встречаются с Макбетом и предсказывают ему будущее в роли короля. Но слова, прочитанные вслух снова и снова, приобретают свою собственную магию. «Макбета» читают часто, поэтому слова пьесы могут управ-

¹ Перевод фрагмента на русский язык по источнику: *Шекспир В.* Трагедия о Макбете / пер. А. Д. Радловой // *Шекспир В.* Полн. собр. соч.: в 8 т. / под ред. С. С. Динамова, А. А. Смирнова. М.; Л.: Academia, 1936. Т. 5. 638 с. С. 341–450. – *Прим. перев.*

² Вереск. – *Прим. перев.*

лять сознанием человека и таким образом воплощать в жизнь другие предсказания.

Попросите человека с книгой прочитать начальные строки, а первый доброволец проверит, что слова в его клипборде в точности совпадают со словами ведьм.

Попросите добровольца положить руку на книгу и «обратиться к ее магической силе». Затем попросите его выбрать наугад слово из первого предложения цитаты (до первой пунктирной линии), которое произносит первая ведьма. Это должно быть одно из слов:

When shall we three meet again / In thunder, lightning, or in rain?

«Когда сойдемся мы втроем, / Дождь будет, молния иль гром?»

Выбранное слово нужно обвести в кружок и сообщить его всем присутствующим. Например, если выбрано слово «three» (втроем), именно это слово нужно обвести и огласить.

Теперь объясните, что нужно дать книге возможность управлять ими. Доброволец будет переходить от слова к слову, руководствуясь только магией самих слов. Он остановится только по окончании переходов на слове, выделенном жирным шрифтом (после второй пунктирной линии). Именно это выделенное слово и станет последним выбором.

Для этого нужно подсчитать количество букв в первоначально выбранном слове. Затем нужно сделать переходы вперед на число *слов* по количеству букв в исходном слове и остановиться на новом слове. Доброволец обводит его кружком. Например, если изначально было выбрано слово «three» (втроем), в нем пять букв. Тогда следует продвинуться на пять слов вперед и остановиться на слове «lightning» (молния), которое следует обвести в кружок. Попросите добровольца проделать это со своим словом. Дважды проверьте, чтобы не было ошибок.

Доброволец делает это несколько раз, переходя от слова к слову, каждый раз подсчитывая количество букв в новом слове и продвигаясь на это расстояние. Пунктуацию следует игнорировать. Также не следует обращать внимания на режиссерские замечания в книге – именно поэтому вы предоставили версию текста лишь с произносимыми словами.

Пусть доброволец продолжает двигаться дальше, пока не доберется до первого выделенного шрифтом слова. Проверяйте каждый шаг вместе с ним и зрителями. Участники должны назвать финальное сло-

во, выделенное жирным шрифтом. Попросите их подтвердить, что это был их собственный добровольный выбор слова и что они не имели ни малейшего представления о том, какое выделенное шрифтом слово они выберут. Никто не знал.

Напоследок объясните, что результат вы смогли заранее предсказать с помощью магии, заключенной в книге. Сообщите, что в клипборде под листом, на котором они делали записи, лежит конверт. Им нужно открыть его и прочитать текст. Как по волшебству оказывается, что написанное слово – это то самое, выделенное жирным шрифтом, на котором они в итоге остановились!

Магический алгоритм

Для **ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса** «Магия волшебной книги»:

Перед выполнением фокуса

1. Напишите слово HEATH на листе бумаги.
2. Поместите его в конверт.
3. Положите конверт на буфер обмена.
4. Накройте его листом бумаги со словами из «Макбета», написанными точно так, как было показано выше.

Процесс выполнения фокуса

5. Один доброволец читает слова из книги, а второй участник с клипбордом в руках сверяет их с текстом.
6. Доброволец с клипбордом выбирает и обводит кружком слово из первого предложения.
7. **ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА** последнее обведенное слово не будет выделено жирным шрифтом.
 - a) Доброволец подсчитывает, сколько букв в последнем обведенном слове.
 - b) Доброволец переходит вперед на такое же количество слов.
 - c) Доброволец обводит новое слово.
8. Доброволец произносит выбранное им слово, выделенное жирным шрифтом.
9. Объявите всем о своем предсказании в конверте.
10. Доброволец открывает конверт с предсказанным словом.

Как это работает

Какое бы слово из первого предложения они ни выбрали, ваше предсказание обязательно окажется верным (само собой разумеется). Каждое слово в первом предложении ведет к одному и тому же слову, выделенному жирным шрифтом. К вопросу о том, почему это работает, мы вернемся после анализа методов вычислительного мышления.

Более мощная магия?

Теперь вы знаете этот фокус и можете сделать его сами, даже если (пока) не понимаете принцип его работы. Если вы начнете со слов из «*Макбета*», это всегда сработает. На практике это выглядит еще более загадочно. Это сработает практически с любой книгой о ведьмах, волшебниках или магии, хотя для каждой из них нужно будет подобрать свое слово для предсказания. Попробуйте сделать это со словами из начала другой книги: «*Волшебник страны Оз*» (*The Wonderful Wizard of Oz*). Не верьте мне, что я подскажу вам слова. Найдите свой экземпляр. В этой книге, если вы выберете слово из первого предложения, вы всегда в итоге придете к слову «FOUR» (четыре).

Хотите больше доказательств? Попробуйте выбрать другую волшебную книгу: «*Кот в шляпе*» (*The Cat in the Hat*) писателя Доктора Сьюза (Dr Seuss). В ней рассказывается о волшебном коте. Выберите слово из первого предложения. Я могу с уверенностью сказать, что вы остановитесь на слове «SAT» (сидели).

Это волшебство намного более сильное. Оно подходит практически к любому тексту, хотя в некоторых книгах предложение, которое нужно выделить жирным шрифтом, расположено дальше, чем в других.

Заговор?

Неужели это действительно какая-то мощная, глубокая магия? Или существует тайный заговор авторов, которые веками договаривались писать свои книги специально для таких вот фокусов? Нет. Это простое, хотя и очень необычное свойство слов в книгах. Это еще один «самостоятельно срабатывающий эффект», еще один алгоритм. Он будет работать всегда, если выполнять все шаги, какую бы книгу вы ни выбрали.

Вычислительное мышление

Время для тестирования

Я утверждал, что этот трюк всегда срabатывает для этого отрывка из «Макбета». Достаточно ли вы мне доверяете, чтобы самому опробовать этот фокус на публике? Как вы можете быть уверены, что он всегда срabатывает? Что ж, можно было бы опробовать его на практике несколько раз. Убедит ли это вас? Даст ли это вам достаточно доказательств? А что, если они выберут не проверенное вами слово? Вы понятия не имеете, срabотает ли этот способ в такой ситуации. Если ваше предсказание окажется неверным, это будет выглядеть довольно нелепо.

Пусть это и покажется немного скучным, но вам следует удостоверить, что все возможные альтернативные слова действительно подходят. Чтобы стать хорошим фокусником или хорошим компьютерщиком, нужно обладать огромным терпением! Тщательные проверки и **внимание к мелочам** очень, очень важны. Пропустите хоть один шаг, и все может пойти наперекосяк. Программисты называют такую проверку программ **тестированием (testing)**. На тестирование программ у них уходит больше времени, чем на их написание. Тестирование – это один из видов проверки программы: определение ее работоспособности.

Мы хотим быть уверены в том, что действительно протестировали все возможные варианты. Самый простой способ достичь этого в случае с нашим фокусом – начать с первого слова, проверить, работает ли оно, затем перейти к следующему, проверить его, и так далее, пока все слова в первом предложении не будут проверены. Это означает, что для «Макбета» необходимо выполнить 12 тестов, поскольку существует 12 возможных начальных слов. Для других книг в зависимости от длины первого предложения потребуется выполнить большее или меньшее количество тестов.

И вновь обратимся к алгоритмическому мышлению: описанное только что выше представляет собой алгоритм проверки срabотывания нашего фокуса. Поскольку у нас имеется алгоритм, мы можем использовать его для проверки фокуса и даже написать на его основе программу, а не делать это вручную. Попробуйте, если вы умеете писать программы. Если нет, тогда попробуйте проверить вручную: всегда ли фокус действительно срabотывает для «Макбета», «Волшебника страны Оз» и «Кота в шляпе».

Ленивый мудрец работает меньше

Если немного поразмыслить, то вполне можно придумать несколько более эффективный алгоритм с меньшими затратами усилий на проверку. Вот как это делается. Обведите в кружок каждое слово, к которому вы пришли в процессе проверки путей каждого слова. Затем, если вы попали на обведенное слово из предыдущего теста, прекратите проверку и перейдите к новому начальному слову. Теперь вы знаете, что путь от этого слова уже проверен.

На рис. 6.2 показан результат такой проверки каждого слова из первого предложения в «Макбете» на английском языке. Мы добавили стрелки с указанием перехода к каждому слову, чтобы видеть возможные варианты. Помните, что проверять нужно только переходы от слов в первом предложении, поскольку выбрать можно только их.

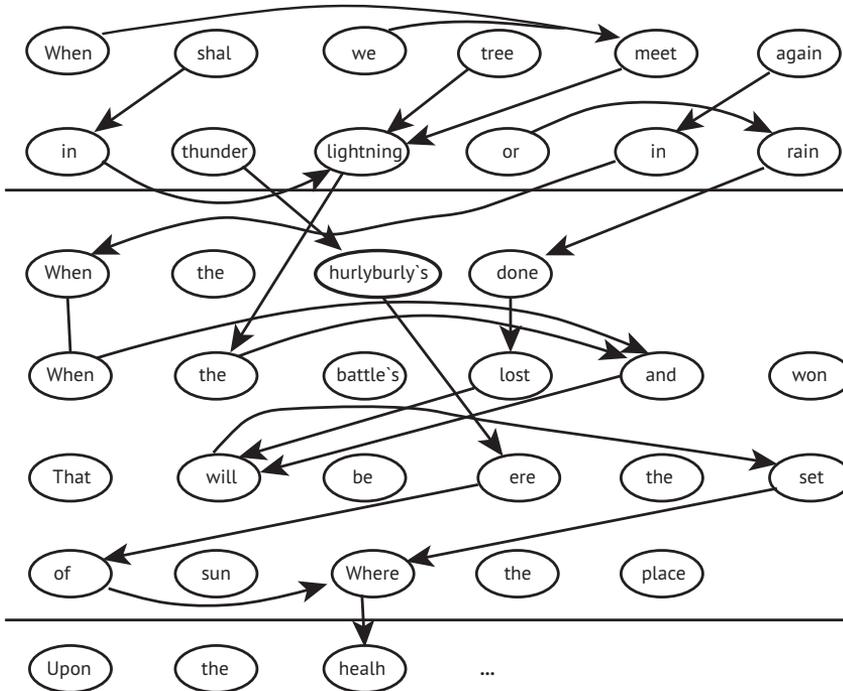


Рисунок 6.2. Пути продвижения в книге «Макбет» на языке оригинала

Проверяя, например, слово «when» (когда), мы переходим к слову «meet» (сойдемся), а затем к слову «lightning» (молния). Когда наступит очередь проверки этих слов, нам больше не придется ничего делать, ведь после проверки фокуса с «когда» мы уже проверили и другие слова: они следуют по тому же самому пути.

Немного логики, и мы сократили количество путей, которые нам нужно проверить, с 12 до 7, что почти вдвое сокращает объем работы. Некоторые из этих путей короче, а значит, и быстрее. Возможно, вы найдете способ еще больше сократить количество путей для проверки?

При проверке следует быть очень внимательным. Очень легко ошибиться при подсчете. Если сделать такую ошибку, то в один прекрасный день окажется, что ваш фокус не срабатывает. Поэтому лучше лишний раз перепроверить правильность своих действий. Нарисованные стрелки немного облегчают эту задачу. Вам просто нужно убедиться, что у каждого слова есть стрелка и каждая стрелка перемещается на нужную дистанцию.

Почему это работает?

Но почему же это работает? Задумайтесь о том, что будет в этом первом предложении, когда пути некоторых слов, таких как «когда», «сойдемся» и «молния», сойдутся. После соединения эти пути больше не расходятся. Любое короткое слово в этом первом предложении просто соединится с другим доступным для выбора словом. В итоге все они приведут к одному и тому же слову, выделенному жирным шрифтом. Лишь несколько слов, в основном в конце предложения или же совсем длинные, сразу переходят ко второму предложению. На самом деле из первого предложения переходят только четыре слова: «гром», «молния», «в» и «дождь». То, что казалось добровольцу 12 вариантами, на самом деле представляет собой лишь четыре варианта дальнейших действий: только четыре пути пересекают первую пунктирную линию. Подобное можно проделать с любой книгой. Длинные первые предложения могут показаться такими, будто они предлагают гораздо больше вариантов, но на самом деле лишь несколько слов преодолют первую пунктирную линию и выйдут из первого предложения отдельными путями. Как только мы выходим за пределы пунктирной линии, новых путей не возникает. С этого момента нам не нужно проверять каждое слово, а только те, на которые мы можем попасть с одного из существующих путей.

Так что же будет с этими четырьмя вариантами развития событий в случае с «Макбетом»? Будет ли это по-прежнему означать, что есть четыре возможных выделенных жирным слова для завершения? А вот и нет. По мере прохождения этих путей в конечном итоге два пути по счастливой случайности приходят к одному и тому же слову. Затем эти два пути сливаются и с тех пор идут вместе. Теперь на одну возможную версию конечного слова становится меньше. Именно это и про-

исходит на схеме для «*Макбета*». Чем дальше, тем больше вероятность того, что все пути в конце концов встретятся и придут к одному и тому же слову, выделенному жирным шрифтом. В случае с «*Макбетом*» все они встречаются через 31 слово от начала. Если пройти достаточно много, то практически наверняка все пути соединятся, какой бы ни была выбранная книга. Возможно, вам просто придется сдвинуть выделенное жирным предложение чуть назад.

Алгоритм создания собственного фокуса с книгой

Для создания версии фокуса для вашей любимой книги скопируйте ее начало. Нарисуйте начальную линию после первого предложения. Затем проверьте все пути от слов первого предложения. Найдите самое первое слово, на котором все они встречаются (если встречаются). Финишная линия – конец этого предложения. Выделите следующее предложение жирным шрифтом. Вашим словом для предсказания будет то, на которое перейдет единственный путь в этом предложении жирным шрифтом. Для пущей надежности перепроверьте, что все слова из первого предложения действительно ведут вас к цели!

Баги

Программисты именуют ошибки **багами (bugs)**, а их выявление – **отладкой (debugging)**. Так что при перепроверке своей версии фокуса, если вы нашли неработающее слово (и поэтому изменили выделенное жирным предложение для исправления), вы, по сути, занимаетесь отладкой своей версии фокуса.

Слово «баг» до использования в программировании употреблялось для обозначения ошибки, а в программировании прижилось предположительно из-за того, что причиной одного из первых сбоев в работе компьютера была не ошибка программиста, а настоящий жучок¹, а точнее мотылек, застрявший в одном из переключателей! Мотылек застрял в ноутбуке Грейс Хоппер, одной из первых программисток, и это слово потом прижилось.

Все книги?

Работает ли фокус со всеми существующими книгами? Как это проверить? Пришлось бы поочередно просматривать каждую книгу и проверять пути для каждой из них, как в «*Макбете*». Если бы мы нашли хоть один неработающий, в этой книге появилось бы свидетельство

¹ Bug – буквально «жук». – Прим. перев.

ство того, что это работает НЕ всегда. Однако каждый раз, проверяя новую книгу, в которой это срabатывает, мы ничего не доказываем наверняка в отношении всех книг. Нам придется и дальше продолжать тестирование, чтобы удостовериться, что метод работает и для следующей книги, и для следующей...

Для доказательства того, что фокус работает для каждой книги (если он работает), нам пришлось бы проверить все когда-либо написанные книги. Это займет целую вечность! Будем надеяться, что это работает не всегда! Тут нужно немного поразмышлять логически.

Если это работает не всегда, нужно придумать, как написать книгу так, чтобы хотя бы два пути не соединялись. Если два слова имеют одинаковую длину, то и переходить они будут на одинаковое расстояние друг от друга. Если так будет продолжаться, их пути никогда не сойдутся. Так что если у нас есть книга, которая полностью и до конца написана примерно в таком стиле, как описано в примере ниже, то этот фокус не срabотает¹.

The dog saw the rat,	Собака увидела крысу,
but the cat ate him.	но кошка слопала ее.
The dog was sad for the rat...	Собака грустила по крысе...

Здесь все слова состоят из трех букв, так что в итоге мы сразу получаем только три пути. Однако эти пути просто перемещаются вместе, никогда не соединяясь. Проверьте это. Если все слова в книге имеют одинаковую длину, фокус не сойдется ни с одним словом, как бы далеко вы ни зашли. Таким образом, даже не проверяя ни одной реальной книги, мы выяснили, что для некоторых книг этот фокус может не срabотать. (Хотя мы все еще не знаем, написал ли кто-нибудь такую книгу.)

Используя аналогичные рассуждения, мы также можем выяснить, что будет способствовать быстрому решению этой задачи. Например, если в книге много коротких слов, но они разной длины: скажем, из 2, 3 и 4 букв.

Избегаем катастроф

Точно так же, как мы вначале проверяем фокус по всем возможным параметрам для подтверждения его работоспособности, программисты снова и снова тестируют свои программы для проверки их функционирования вне зависимости от ситуации.

¹ В англоязычном тексте. – Прим. перев.

Когда компьютерная программа, например ваша любимая игра, дает сбой, это значит, что вы только что столкнулись с ситуацией, не проверенной программистами. Это их вина, не ваша. Написать сложное программное обеспечение без ошибок практически невозможно. Почему? Реальные программы могут насчитывать миллионы инструкций, и для их правильной работы требуется идеальная внимательность к деталям в сочетании с логическим мышлением. Для программиста совершить ошибку достаточно просто, и в программе окажется баг.

Специалисты по тестированию не всегда способны обнаружить все проблемы, поскольку существует слишком много возможных вариантов, которые требуют проверки. На практике тестирование настоящего программного обеспечения больше напоминает проверку работы фокуса для всех книг в мире, чем проверку успешного действия с «Макбетом» или «*Волшебником страны Оз*». Проверять необходимо миллионы, миллиарды и более возможных вариантов, и сделать это за разумное время просто невозможно. Вместо этого программисты зачастую тестируют только то, что, как они надеются, является достаточно удачным вариантом. Затем они скрещивают пальцы и уповают на успех. Именно поэтому программы постоянно обновляются с «исправлениями ошибок». Настоящее тестирование начинается с того момента, когда миллионы людей начинают пользоваться программой и обнаруживают ошибки. Таким образом, разработчики используют своих потребителей в качестве команды тестирования.

Тестирование – это важная часть любого анализа, и специалисты по тестированию должны проводить его с максимальной тщательностью. Но для поиска проблем в действительно сложных программах одного тестирования недостаточно. Существует слишком много возможных ситуаций, которые необходимо проверить. Есть также проблемы, которые тестирование обнаружить не в состоянии.

Необходимы более эффективные решения.

В особенно критичных системах программисты используют и другие **методы оценки**. Как и в случае с нашим фокусом, они прибегают к логическому мышлению для определения параметров тестирования, стараясь охватить если не все, то хотя бы все возможные ситуации.

И фокусники, и программисты должны удостовериться в **неизменной** работоспособности своих алгоритмов, как с помощью тестирования, так и с помощью логического мышления или того и другого. Это требует большого терпения, аккуратности и внимания к деталям.

ПАУЗА: Маргарет Гамильтон

Тестирование – это важнейшая сторона программной инженерии, которая подразумевает, что программы не просто пишут, а именно проектируют. Маргарет Гамильтон (Margaret Hamilton) – одна из ключевых фигур в истории процесса превращения программирования из ремесла в инженерную дисциплину. Она была в составе команды, разрабатывавшей код для командного модуля во время высадки «Аполлона» на Луну, и в конечном итоге возглавила ее. Именно Гамильтон является автором идеи сквозного тестирования, когда вся система проверяется в реальных условиях. Среди других ее новаторских разработок – дисплей приоритетной сигнализации, который был предусмотрен для решения проблемы с перегрузкой компьютера и его неспособностью выполнить поставленные задачи. Когда на дисплее появлялись предупреждения, предполагалось, что Базз Олдрин должен был досчитать до 5, прежде чем нажимать какую-либо кнопку, чтобы компьютер смог справиться с ситуацией. Предусмотрительность Гамильтон действительно помогла избежать срыва высадки на Луну за 3 минуты до приземления.

Глава 7

Фокус с 21 картой: **логические рассуждения и доказательства**

Магия

Доброволец выбирает карту и во время исполнения фокуса не думает ни о чем, кроме этой карты. Вы демонстрируете способность читать мысли добровольца и называете выбранную им карту, хотя он никому не говорил о своем выборе.

Вычисления

В реальности программы слишком сложны, чтобы проверить все их возможности за разумный промежуток времени. В качестве вспомогательного метода можно использовать логические рассуждения, чтобы без проведения каких-либо испытаний привести убедительные аргументы или доказательства причин, по которым программа или конкретный алгоритм всегда работает. Оба способа помогают повысить степень уверенности в корректности работы программы.

Фокус

Попросите добровольца подумать о карте. Вы собираетесь прочесть его мысли и узнать, какая это карта. Объясните, что на протяжении всего фокуса он должен думать об одной и той же карте. Для начала вам понадобятся карты для выбора.

Перемешайте колоду карт, а затем разложите 21 карту лицевой стороной вверх на три стопки по семь карт. Выкладываете по одной в каждый ряд, затем возвращаетесь к первой стопке и так далее, проверяя, чтобы все карты были видны.

Попросите добровольца втайне от вас выбрать любую из этих 21 карт и думать только об этой карте и ни о чем другом. Объясните, что если он будет думать о чем-то другом, хихикать или смеяться, то прочитать его мысли будет очень сложно. Подойдите к нему и сосредоточенно уставьтесь на его лоб, призывая его не хихикать. Если он все же начнет смеяться или ухмыляться, скажите, что это все испортило. Но в любом случае объявите, что сейчас он, похоже, думает о чем-то другом, и это сильно мешает. Вам придется попробовать еще раз. Попросите его указать на ряд с его картой, не называя ее. Соберите карты и раздайте их снова для второй попытки.

Собрав карты, распределите их по трем стопкам, а стопку, на которую указал доброволец, поместите в середину. Затем снова разложите карты таким же образом в три равные группы по рядам.

Поскольку вы не смогли прочитать его мысли со стороны лица, а лицевая сторона черепа, в конце концов, довольно плотная, попробуйте на этот раз со спины. Напомните добровольцу, что ему нельзя двигаться и тем более хихикать, а нужно думать только о своей карте. В это время встаньте за его спиной и сфокусируйтесь на его затылке.

И снова объясните, что происходит что-то не то: возможно, доброволец пошевелился или захихикал, или же кто-то другой издает посторонний шум. Скажите, что у вас почти получилось: вы думаете, что на этот раз удалось правильно определить цвет. Вам нужна еще одна попытка.

Снова попросите его найти свою карту и сказать только вам, в какой стопке она находится. Соберите карты точно так же, как и раньше, небрежно положив новую стопку с выбранной картой между двумя другими, и разложите их в третий раз.

Поскольку мысли через голову очевидно не смогли пройти и в этот раз, попробуйте со стороны уха. Пусть он вновь думает о той же карте, а вы пристально вглядывайтесь в его ухо сбоку. На этот раз вы объ-

являете об успешном результате: читать мысли через уши намного проще, но, предположим, вы просто хотите провести триангуляцию и проверить под другим углом.

Пусть доброволец укажет стопку с выбранной им картой, затем соберите карты таким же образом, чтобы нужная стопка оказалась в центре, и снова разложите их по рядам в последний раз.

Теперь перейдите на другую сторону и взгляните на другое ухо. Объявите, что да, у вас получилось, и подойдите к стопке карт. Уставившись на них, скажите, что теперь вам осталось только отыскать нужную. Переверните всю первую стопку, говоря, что среди них нет искомой, и уточните у добровольца, правы ли вы в данный момент. Затем переверните последнюю стопку: среди них также нет нужной. Осталась средняя стопка. Переверните большинство из карт в ней и сделайте паузу, вернитесь назад и переверните три нижние. Скажите, что искомой среди них нет, затем быстро переверните три верхние, оставив только среднюю карту лицевой стороной вверх. Объявите, что это карта, выбранная добровольцем, и попросите его подтвердить вашу правоту.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО ДО) фокуса с 21 картой:

1. Перетасуйте колоду карт.
2. Раздайте 21 карту по очереди, чтобы получилось три группы по семь карт и чтобы все карты были видны.
3. Попросите добровольца тайком выбрать одну карту из 21 и запомнить ее.
4. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 3 РАЗА:
 - а) Попросите добровольца думать только о своей карте и ни о чем другом.
 - б) Сделайте вид, что читаете мысли добровольца, но предупредите, что пока не совсем их понимаете.
 - в) Попросите его указать на стопку с выбранной им картой.
 - д) Соберите все карты, поместив группу с выбранной картой между двумя другими.
 - е) Снова раздайте карты, раскладывая их по одной в три разные группы.

5. Раздайте карты в последний раз.
6. Попросите добровольца продолжать думать о своей карте и ни о чем другом.
7. Сделайте вид, что читаете его мысли.
8. Покажите, что выбранная им карта находится в центре средней группы.

Как это работает

В этом фокусе есть два важных этапа. Карты всегда нужно раскладывать по группам. Кроме того, нужно всегда брать ту стопку, на которую указывает доброволец, и затем класть ее между двумя другими стопками. Сделайте это, и выбранная карта гарантированно окажется средней картой средней группы карт после четвертой раздачи.

Прежде чем читать дальше, попробуйте понять, почему это работает. Возможно, стоит попытаться сделать это несколько раз. Разумеется, никто не может читать мысли. Мы просто следуем инструкциям: каждый раз одним и тем же. Похоже, это никогда не подведет (конечно, при условии что доброволец будет думать об одной и той же карте на протяжении всего процесса и не станет обманывать о той группе, в которой она лежит). Чтобы довериться магии в такой степени, дабы проделать фокус с живой аудиторией, нужно быть абсолютно уверенным в его *безупречной* работоспособности.

Вычислительное мышление

Один из способов убедиться в этом – проделать фокус несколько раз: все протестировать. Убедит ли это вас? Попробуйте. А что будет в следующий раз, когда вы проделаете этот фокус? Будут ли действовать его правила и тогда? Как много тестирований будет достаточно для полной уверенности?

Вы можете проверить все возможные варианты начала фокуса и проследить, чем это закончится. Именно так мы поступили с фокусом «Волшебная книга». Там это выглядело несколько скучновато, но вполне осуществимо, поскольку проверить нужно было всего 12 различных вариантов. Какая ситуация вероятна в этом случае? В колоде 52 карты, и любые из них в количестве 21 могут быть использованы в любом порядке. Нам пришлось бы проверить все эти варианты. То есть нужно перебрать 9 809 042 663 139 505 407 817 600 204 800 000 возможных вариантов. Это слишком много для выполнения одного

фокуса. Для каждого из них нам нужно проверить ситуацию, когда доброволец выбирает любую одну из 21 карты. И так 21 раз, чтобы полностью исчерпать все варианты. Это очень много тестирований. В конце концов вам придется остановиться. Или все же есть лучший способ?

Что ж, как и в случае с книжным фокусом, можно прибегнуть к простым логическим рассуждениям. В этом случае это крайне необходимо. Возможно, вы сами уже разобрались с этой задачей. На самом деле нам не нужно делать все эти перестановки, поскольку для фокуса имеет значение не то, что изображено на карте. Важно только то, где эта карта находится в самом начале. Фокус будет срабатывать всегда, если из каждой начальной позиции, как бы ни располагались карты, выбранная карта окажется в середине. Если вдуматься, это означает, что на самом деле нам нужно провести всего 21 тестирование, по одному на каждое возможное место для начального расположения выбранной карты. На самом деле вполне достаточно проделать этот фокус 21 раз для проверки каждого из возможных вариантов (если у вас есть свободный час и вы внимательно следите за проверяемыми позициями).

Докажите это!

Однако можно добиться и большего. На самом деле я точно *знаю*, что это срабатывает всегда, без каких-либо проверок. Я доказал это (так что теперь могу спокойно спать по ночам перед своим магическим шоу). Немного логики и обоснования, и я смогу быть абсолютно уверен, что правила верны для всех 21 вариантов без каких-либо проверок.

Этот фокус срабатывает благодаря тому, что, положив стопку с выбранной картой в середину двух других стопок и повторно раздав карты, вы тем самым устанавливаете ограничение на количество возможных вариантов дальнейшего размещения карты. Давайте разберемся в этом пошагово.

После раздачи номер 1: после первой раздачи карт на три группы выбранная карта может оказаться где угодно, но, когда мы собираем указанную группу, она попадает в среднюю стопку из семи карт. Почему? Потому что мы положили эту стопку (какой бы она ни была) в середину двух других. Теперь есть только семь позиций, на которых она может находиться в этой стопке (позиции 8–14 на рис. 7.1). На этот момент карты пронумерованы по

позициям 1–21. Здесь стопки изображены таким образом, будто они все еще разложены. В процессе показа фокуса на этом этапе они будут расположены именно в таком порядке. Выбранная карта в итоге окажется в собранной колоде на одной из позиций 8–14.

1	8	15
2	9	16
3	10	17
4	11	18
5	12	19
6	13	20
7	14	21

Рисунок 7.1. Положение карт после перемещения указанной группы в первый раз

После раздачи номер 2: вы разложили карты на три новые группы. Куда переходят те семь карт (под номерами 8–14) из выбранной средней стопки? Они оказываются в средних позициях каждой стопки (см. рис. 7.2). Теперь выбранная карта должна оказаться на одной из этих семи позиций. Эти позиции – четвертая или пятая карта первой группы, третья, четвертая или пятая карта средней группы либо третья или четвертая карта последней группы. Вы просите добровольца указать группу и снова помещаете эту стопку между двумя другими. Где бы ни находились семь карт, они перемещаются в среднюю стопку. Теперь они должны быть одной из средних трех карт в середине этой стопки (как показано стрелками на рис. 7.2). Аналогичным образом следует действовать, если она была в одной из других стопок. Если выбранная стопка находится не в центре, то после собирания стопок они будут перемещены на одну из позиций: 8, 11 или 14.

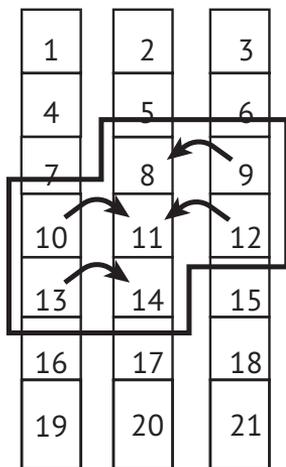


Рисунок 7.2. Положение карт после второй раздачи

После раздачи номер 3: после этой раздачи выбранная карта обязательно оказывается средней картой первой, средней или последней стопки (см. рис. 7.3). Почему? Она была в числе трех средних карт средней стопки. При раздаче по группам все они выкладываются одна за другой, по одной в каждую группу. Когда в этот раз вам называют группу с выбранной картой, вы уже точно знаете, где она находится. Тем не менее когда вы собираете стопки, какой бы из трех она ни была, она перемещается в середину (как показано стрелками на рис. 7.3).

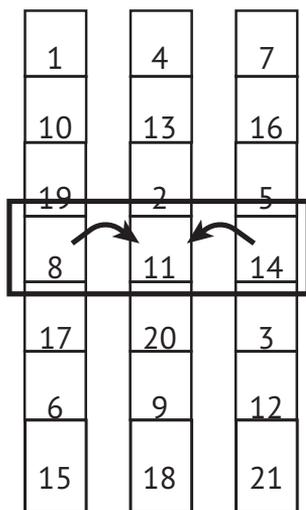


Рисунок 7.3. Положение карт после третьей сдачи.

При перемещении выбранной стопки посередине выбранная карта окажется на позиции 11

После раздачи номер 4: после этой раздачи выбранная карта просто перемещается на позицию средней карты средней стопки (см. рис. 7.4), что на самом деле делается только ради усиления нужного эффекта.

1	10	19
8	17	6
15	4	13
2	11	20
9	18	7
16	5	14
3	12	21

Рисунок 7.4. Положение карт после четвертой раздачи. Выбранная карта остается в средней позиции после сдачи по группам. В итоге она оказывается в позиции 11

Мы только что привели убедительные (как мы надеемся) аргументы в пользу того, что этот фокус, или, по сути, алгоритм в его основе, всегда срабатывает. Именно так выглядят математические доказательства: убедительные аргументы без тени сомнений при условии тщательного выполнения всех пунктов. Здесь мы просто подтверждали работоспособность фокуса, но этим мы также показали, что способны доказать правильность работы алгоритмов в более общем случае. Компьютерные программы основаны на алгоритмах. Поэтому мы можем сделать то же самое и для программ, чтобы доказать их работоспособность аналогичным образом. Ведь очень важно, чтобы программы тоже работали в любой ситуации.

Тестирование против доказательств

Обычно программисты убеждаются в работоспособности программы с помощью тестирования, то есть многократной ее апробации. Проверять каждый вариант для программы было бы еще менее практичным занятием, чем в случае с нашим фокусом. Для любой

реальной программы существует гораздо больше возможностей для тестирования. Вместо этого тестируется максимальное количество возможных вариантов. Если они каждый раз выполняются, значит, вы можете предположить (и надеяться!), что они будут работать и в неопробованных вами случаях. Для улучшения ситуации, как это сделали мы, специалисты по тестированию используют логические рассуждения, сокращая число вариантов для тестирования ради достижения большей уверенности в их работоспособности. Тем не менее в случае с настоящими программами это приводит к тому, что количество тестов превышает возможности, которые позволили бы добиться полной уверенности.

Приведенное нами доказательство предлагает альтернативу этой трудоемкой работе. Если доказательство лишено недостатков, оно подтверждает работоспособность фокуса (или программы) независимо от сочетания комбинаций, и вам не нужно проверять любую из них. На практике, конечно, лучше проводить большое количество тестирований, поскольку в доказательствах, как и в программах, могут быть ошибки. Однако если вы действительно хотите укрепить свою уверенность в работоспособности вашего фокуса (или программы), попытайтесь доказать это!

Доказательства и новые версии фокусов

Преимущества метода доказательств заключаются в том, что они позволяют вам по-настоящему углубиться в понимание принципов работы того или иного фокуса. Как только вы поймете суть работы этого механизма, вы сможете попробовать изменить некоторые элементы его представления. До тех пор, пока вы будете уверены, что это не отразится на правильности доказательства, или сможете адаптировать доказательство вместе с фокусом, он будет по-прежнему работоспособен.

На примере этого фокуса из его доказательства мы понимаем, что порядок карт в выбранной стопке изменяться не должен. Однако две другие стопки могут быть отдельно перетасованы до их объединения. Добавление этого шага не влияет на доказательство. Пока выбранная стопка находится между двумя другими стопками из семи карт, порядок остальных карт роли не играет. Доказательство показывает нам то, что может помешать выполнению фокуса, а что не мешает. Вероятно, теперь, имея представление о правилах, вы сможете придумать свои собственные фокусы.

Сбой в работе телефонов, аварии ракет

В играх баги лишь раздражают, но есть множество ситуаций, когда они могут вызвать действительно серьезные проблемы. Например, когда вы достаете телефон для вызова экстренных служб, вам не хотелось бы обнаружить его разряженным из-за программной ошибки. Так случилось 15 января 1990 года в США: сбой затронул 70 млн телефонных звонков. Инженеры телефонной компании AT&T обновили программу подключения, благодаря которой каждый телефон соединяется с тем, на который он звонит. Во всех 114 центрах коммутации был изменен код. Новая версия содержала ошибку, и все они перестали работать корректно. Ошибка была допущена всего лишь в нескольких строках кода из миллионов, и изменившие их программисты не проверили все возможные варианты. AT&T потеряла \$1 млрд, поскольку клиенты ушли к конкурентам.

Космический аппарат NASA «Маринер-1» был запущен в 1962 году. Ему предстояло пролететь рядом с Венерой. Он долетел лишь до Атлантического океана. В программе не хватало дефиса, который нужно было поставить обязательно: ошибка простая, но смертельно опасная в компьютерном языке. Тестирование проблемы не выявило. Программа полета неверно рассчитала траекторию ракеты, и она потеряла управление. Ракета была вынуждена произвести самоуничтожение, чтобы не вызвать еще больших проблем. Полет длился 290 секунд.

Создание ракеты Ariane 5 заняло 10 лет и обошлось в \$500 млн. В 1996 году она взорвалась через 40 секунд после старта и уничтожила груз в виде спутника. Этот грандиозный сбой программного обеспечения был вызван попыткой втиснуть слишком большое число в память компьютера, отведенную для меньших чисел. По мере ускорения ракеты и увеличения числа в ее памяти не осталось места для сохранения скорости. Это привело к отклонению ракеты от курса, ее разлому и последующему взрыву. Специалисты по тестированию упустили эту критическую ошибку, поэтому никто не заметил ее до тех пор, пока не стало слишком поздно, хотя 40 секунд полета – это достаточно много для ее обнаружения!

Подобные катастрофы из-за ошибок показывают необходимость применения максимального количества способов предотвращения их появления в критически важном программном обеспечении. Можно с уверенностью сказать, что все программное обеспечение должно подвергаться более тщательной оценке. Если вы хотите избежать неудач на сцене, сделайте все возможное для гарантии работоспособности ваших фокусов.

ПАУЗА: Эдсгер В. Дейкстра

Голландский ученый-компьютерщик Эдсгер Дейкстра (Edsger Dijkstra, 1930–2002), помимо множества выдающихся достижений в развитии компьютерной науки на ранних этапах, совершил революцию в подходе программистов к написанию программ в 1960-х годах. Он предложил идею структурированного программирования (Structured Programming), которая привела к пересмотру принципов разработки языков программирования. Это стиль программирования, который помогает улучшить качество программ за счет облегчения процесса их корректного написания. Он подразумевает систематическое использование определенных управляющих структур, таких как выбор и повторение, что позволяет избежать «спагетти-кода», в котором управление основано на операциях перемещения (jump) или перехода (goto). Так код становится более простым в написании и более понятным для понимания.

Глава 8

Ментальная игра в 3-карточный Монте и ход развития мысли: кейс-метод

Магия

Доброволец выбирает одну карту из трех, затем перемещает карты по кругу, при этом вы должны повернуться спиной к нему. После дополнительного перемешивания трех карт вы все еще можете назвать выбранную им карту.

Вычисления

Одна из форм логических построений – рассуждения на основе случаев. Это предполагает определенную разновидность декомпозиции: разбиение аргумента на несколько случаев, которые в совокупности являются доказательством всей конструкции. Разумеется, этот метод используется при принятии решений в программе, например в инструкциях выбора. Для каждого пути в коде предусмотрен один случай.

Фокус

Трехкарточная игра «Монте», или «Найди даму»¹, достаточно часто применяется для мошенничества. В игре используют три карты, из которых одна может быть, например, королевой красной масти. Карты меняют местами, а зритель пытается определить королеву, обычно безуспешно. Несмотря на то что эту игру можно подстроить с помощью ловкости рук, мы представляем вам вариацию фокуса «Ментальный Монте», которая превращает ее скорее в фокус, нежели в жульничество.

Положите на стол три карты лицевой стороной вверх и попросите добровольца *мысленно* запомнить расположение одной из них. Вы поворачиваетесь спиной и просите добровольца показать зрителям выбранную им карту. Затем просите его молча поменять местами две *другие* карты, которые он не выбирал. Потом пусть он перевернет все три карты лицевой стороной вниз. Когда вы повернетесь обратно, попросите добровольца поменять местами пары карт в ряду из трех столько раз, сколько захочет, и таким образом он смешает уже и без того перемешанные карты. Затем вы переворачиваете карты обратно. Даже после такого многократного перемещения вы сможете прочитывать мысли добровольца и определить выбранную им карту.

Теперь у вас есть общая идея, а как насчет альтернативного варианта представления? Вы можете показать этот фокус с тремя железнодорожными билетами на три разных направления. Если у вас нет билетов, просто напишите три пункта назначения на трех одинаковых карточках. В этой презентации вы можете рассказать о смене места назначения и о долгих сложных путешествиях на поезде. Это служит убедительным аргументом в пользу переворачивания билетов лицевой стороной вниз. Кроме того, можно сделать эффектную концовку, когда вы объявите название загаданного путешествия.

Как это работает

Суть этого фокуса заключается в том, что в самом начале вы запоминаете карту, находящуюся посередине из трех, когда они лежат лицевой стороной вверх. Когда вы повернетесь обратно, вам нужно будет следить за положением карты, лежащей лицевой стороной вниз по центру, и отслеживать ее перемещение в процессе перемены местами. Когда процесс перемещения закончится, вы перевернете ту карту, за которой наблюдали.

¹ Мы также знаем ее как «наперстки с тремя картами». – Прим. перев.

Здесь может быть несколько вариантов. Если перевернутая карта – это изначально запомненная вами карта, то вы безошибочно объявляете ее выбранной. Если это не та карта, то выбранной картой не является ни она, ни та, которую вы запомнили. Переверните остальные и объявите, что это другая карта (та, которую вы не отследили и не запомнили).

Чтобы разобраться в этом алгоритме, нам понадобится немного логического мышления...

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Ментальный Монте»:

1. Положите на стол три разные карты лицевой стороной вверх.
2. Запомните среднюю карту.
3. Доброволец выбирает одну карту и запоминает ее положение.
4. Переверните все три карты лицевой стороной вниз.
5. Повернитесь спиной.
6. Доброволец указывает на свою карту зрителям.
7. Доброволец меняет две не выбранные им карты местами.
8. Доброволец переворачивает все карты лицевой стороной вниз.
9. Повернитесь обратно.
10. Доброволец несколько раз меняет пары карт, а вы незаметно отслеживаете положение средней карты.
11. Переверните отслеживаемую карту.
12. ЕСЛИ (IF) карта, которую вы отследили (перевернули), является запомненной картой,

ТОГДА (THEN)

- а) Объявите, что перевернутая карта – это карта, выбранная добровольцем.

В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE)

- б) Переверните остальные карты и объявите, что третья карта (не та, которую вы запомнили, и не та, которую вы перевернули первой) – это карта, выбранная добровольцем.

Вычислительное мышление

Чтобы убедиться в постоянном срабатывании этого фокуса с применением логических рассуждений, нам нужно рассмотреть все возможные случаи, которые могут произойти. В алгоритме есть оператор выбора, то есть вы делаете что-то другое в зависимости от выбранной для переворачивания карты. Этот оператор IF дает нам два случая для рассмотрения. Случай, когда карта, перевернутая первой, окажется той самой запомненной, и случай, когда это не так. Поэтому мы должны проанализировать оба этих случая.

Случай THEN

Если карта, которую вы перевернули, является запомненной, а значит, все еще отслеживаемой, то логика подсказывает, что доброволец не перекладывал среднюю карту, когда вы стояли спиной к нему. Если бы он ее переложил, то, когда вы повернулись, она бы уже не лежала посередине и не была бы той, которую вы потом отслеживали. Он должен был поменять местами две крайние карты. Однако ему было предложено поменять местами те карты, которые он не выбирал, поэтому его первоначальный выбор пал на среднюю карту.

Случай OTHERWISE

Если карта, которую вы отследили из середины и перевернули, не та, которую вы запомнили, то ее должен был поменять доброволец из середины, пока вы стояли к нему спиной. Если бы ее не поменяли местами, она все равно была бы по центру и, следовательно, была бы той, что вы отслеживали. Поскольку невыбранные карты поменялись местами, карта, которую вы перевернули, не была выбранной. Выбранной картой должна быть одна из двух других карт.

Изначально запомненная карта находилась в середине. Как уже было замечено, она должна была быть переложена из середины. Следовательно, она также не могла быть выбранной картой, иначе ее оставили бы в центре, пока вы стояли к ней спиной. Тогда ее можно было бы отследить, и она оказалась бы той, которую вы перевернули. Но этого не произошло, поэтому она просто была перемещена при изначальном сдвиге.

Это значит, что выбранная карта – та, которую не поменяли местами, пока вы были повернуты спиной, обязательно будет другой: незапомненной и неотслеживаемой.

У вас уже закружилась голова? Возможно, для лучшего понимания этой второй ситуации нужно рассмотреть наглядный пример. Предположим, что в начале игры лежат карты 1, 2 и 3, в этом порядке. Средняя карта – карта 2, и вы ее запомнили. Предположим, когда вы повернулись спиной, ваш доброволец выбирает карту 3. Это означает, что он поменяет местами карты 1 и 2, получив новый порядок 2, 1 и 3. См. рис. 8.1.

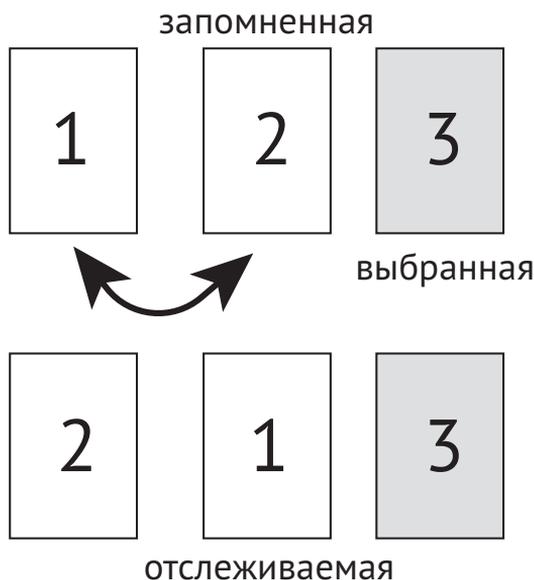


Рисунок 8.1. При выборе третьей карты две другие меняются местами: запомненная и отслеживаемая

Вы поворачиваетесь обратно и следите за средней картой, то есть картой 1. Вы отслеживаете ее положение в процессе изменения мест последующих пар карт. Вы переворачиваете карту 1, где бы она ни оказалась, так как это отслеживаемая вами карта. Это не запомненная вами карта (2), поэтому их, видимо, поменяли местами, чтобы ни одна из них не оказалась выбранной. Таким образом, выбранная добровольцем карта не является ни той, которую вы запомнили (2), ни той, которую вы только что перевернули (1). Это наверняка карта 3.

Поскольку эта ситуация симметрична, те же самые рассуждения применимы, если вместо этого была выбрана карта 1. На этот раз он меняет местами карты 2 и 3, образуя порядок 1, 3 и 2, и поскольку она находится посередине, когда вы поворачиваетесь обратно, вы отслеживаете и в итоге переворачиваете карту 3. И вновь выбранная добро-

вольцем карта не является ни запомненной (2), ни перевернутой (3). Это наверняка карта 1 (см. рис. 8.2).

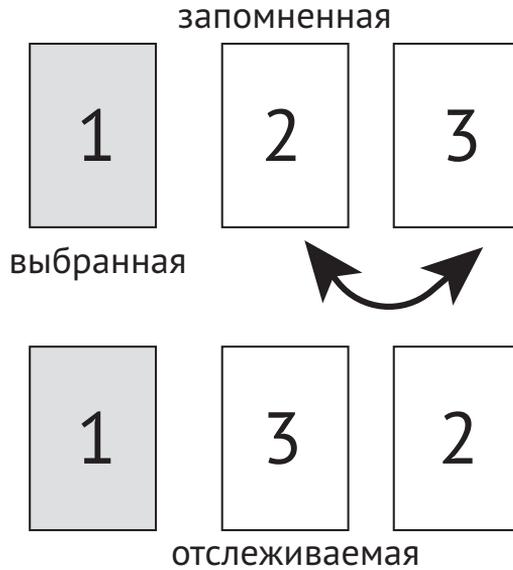


Рисунок 8.2. При выборе первой карты две другие меняются местами: запомненная и перевернутая

В целом наши логические размышления сводятся к принципу доказательства по случаям (proof by cases), когда на каждую возможность, возникающую из оператора IF, приходится по одному варианту. Этот принцип является основой логического мышления для алгоритмов с использованием выбора. Вам следует рассмотреть каждый из случаев. Строение алгоритма описывает структуру логического анализа, который вам необходимо провести.

Интермедия: Боб Хаммер

Фокус «Ментальный Монте» был придуман великим Бобом Хаммером (Bob Hummer, 1906–1981), талантливым фокусником, который выступал в Чикаго и его окрестностях. Он придумал множество фокусов, в том числе с математическим уклоном. Математик Мартин Гарднер включил некоторые из них в свои публикации о математических фокусах и головоломках.

Часть III

Делаем так, чтобы людям было удобно

Для разработки удобного в использовании программного обеспечения необходимо понимать людей и, в частности, ограниченные возможности нашего мозга. Великие компьютерные специалисты должны разбираться в когнитивной психологии.

Глава 9

Око циклопа: **не верь своим глазам**

Магия

Пристально всмотритесь в изображение глаза циклопа, и по волшебству он начнет двигаться. Не смотрите слишком долго, иначе вы навсегда останетесь в ловушке его взгляда!

Вычисления

При создании программ нужно учитывать ограничения нашего мозга, которые могут привести к совершению ошибок. Необходимо разрабатывать программу (и особенно ее интерфейс) таким образом, чтобы она учитывала эти ограничения. Если не принимать во внимание такие ограничения, получится некачественное программное обеспечение.

Фокус

Этот фокус выполняется буквально в несколько шагов: предупредите всех, что им не следует смотреть слишком долго, иначе они навсегда окажутся в ловушке взгляда циклопа. Попросите их посмотреть на изображение глаза циклопа (рис. 9.1) и при этом медленно двигать головой из стороны в сторону. Каждый, кто посмотрит на него, об-

наружит, что центральная часть глаза начинает зависать и перемещаться. Глаз циклопа был создан Келли Берроуз на основе иллюзии, придуманной японским художником Хадзиме Ооти и описанной в его книге «Японское оптическое и геометрическое искусство».

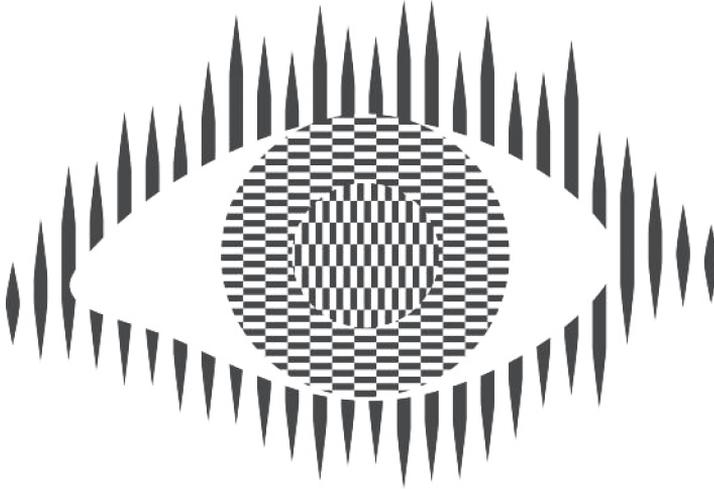


Рисунок 9.1. Око циклопа авторства Келли Берроуз

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) иллюзии «Око циклопа»:

1. Предупредите всех, что не стоит вглядываться слишком долго, иначе они навсегда останутся в плену взгляда циклопа.
2. Зрители рассматривают изображение глаза.
3. Зрители плавно двигают головой из стороны в сторону.

Как это работает

Как и в случае с другими оптическими иллюзиями, это всего лишь трюк с вашим мозгом. Мозг оказывается обманутым, потому что он пытается по отдельности разобраться с горизонтальными и вертикальными узорами. Когда ваши глаза двигаются, то кажется, что разные узоры совершают разные действия, поэтому ваш мозг принимает это за истину, предполагая, что они движутся отдельно.

Здесь также присутствует еще одна иллюзия, хотя, возможно, мы воспринимаем ее как нечто само собой разумеющееся. Мы наблюдаем

внешнюю форму белка глаза, хотя на самом деле никакой линии нет. Наш мозг дорисовывает форму глаза, словно там есть какой-то контур.

Подобные оптические иллюзии возникают из-за того, что для обработки огромного количества данных, поступающих через глаза, наш мозг вынужден прибегать к упрощающим допущениям. Существуют определенные заложенные в нас правила, которые мы не можем выключить, и именно на них направлено воздействие иллюзий. По сути, это говорит о том, что мы не видим мир таким, какой он есть на самом деле. Мы словно живем в «Матрице» из одноименного фильма, воспринимая вымышленную версию мира. Однако такой моделью видимого мира нас «кормит» не какая-то инопланетная система, а подсознание нашего собственного мозга.

Вычислительное мышление

Это первый признак того, что для разработки полезного программного обеспечения вам потребуется гораздо больше, чем просто логическое, алгоритмическое мышление. Вам необходимо понимать принципы работы нашего мозга и, в частности, его ограничения. Как мы увидим далее, некоторые из ограничений и упрощений, которые допускает наш мозг, указывают на то, что мы с большой вероятностью будем совершать ошибки при использовании некачественного программного обеспечения. При разработке программ необходимо учитывать эти ограничения в процессе проектирования **пользовательских интерфейсов** (то есть видимых компонентов, с которыми взаимодействуют пользователи). Хорошему специалисту по вычислительной технике также необходимо разбираться в людях. В большинстве современных программ предусмотрен какой-либо **графический пользовательский интерфейс** для облегчения выполнения задач с учетом ограничений нашего мозга. Интерфейс может быть хорошо продуманным и простым в использовании или плохо продуманным, что значительно усложняет работу и приводит к вероятности возникновения ошибок.

Интермедия: Хадзиме Ооти и Бриджет Райли

Ключевая иллюзия в фокусе «Око циклопа» была опубликована в 1977 году в книге «Японское оптическое и геометрическое искусство» японского художника Хадзиме Ооти (Hajime Ōuchi). Книга создавалась в качестве источника идей для иллюстраторов. Иллюзия была отмечена и изучена исследователями визуального восприятия, хотя прошло почти 40 лет, прежде чем они смогли найти ее автора. Она следует традиции оп-арта (Op Art, искусство на основе оптических иллюзий). Этой художницей, ставшей первопроходцем в данном виде искусства, была Бриджет Райли (Bridget Riley). Она прославилась в 1960-х годах своими черно-белыми геометрическими работами, которые создавали иллюзию форм и движения. На эксперименты с искусством с применением оптических иллюзий ее вдохновили картины Серата (Seurat) в стиле пуантилизма, где используются небольшие цветные круги в форме пикселей.

Глава 10

Магическое взвешивание: **ваш мозг не заслуживает никакого доверия**

Магия

Щелкнув пальцами, вы делаете коробки значительно тяжелее, чем они были мгновение назад.

Вычисления

Ограничения нашего мозга связаны не только с нашим зрением, но и с другими органами чувств. Использование комбинированного программного обеспечения с применением других органов чувств может облегчить работу с программой, и в первую очередь для людей с ограниченными возможностями. Однако разработчики программ должны принимать во внимание все ограничения используемых органов чувств.

Фокус

Прежде всего возьмите три пустые пачки из-под игральных карт. Среднюю наполните монетами, чтобы прибавить ей вес, и салфетками, чтобы монеты не звенели.

Положите три пачки на стол стопкой, а тяжелую разместите в середине (см. рис. 10.1). Попросите добровольца поднять сразу все, чтобы прочувствовать тяжесть стопки, а затем пусть опустит их обратно.

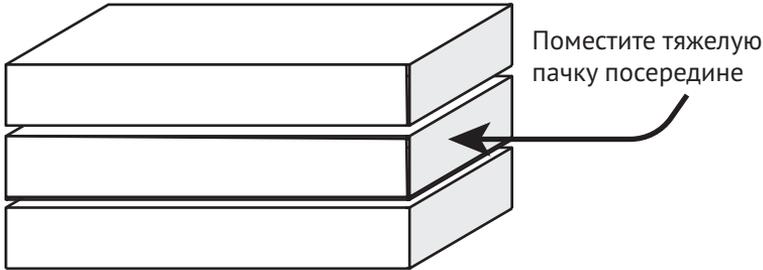


Рисунок 10.1. Вначале нужно поднять все три пачки, затем только две верхние

Теперь объясните, что вы можете изменить их вес по одному щелчку пальцами. Щелкните пальцами и попросите добровольца поднять только две верхние пачки. Они мгновенно станут тяжелее, чем три.

Как три пачки могут быть легче, чем две?

Повторите этот фокус с разными людьми по очереди.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса с магическим взвешиванием пачек:

Перед началом фокуса

1. Наполните одну пачку монетами и салфетками.
2. Положите пачки в стопку на столе таким образом, чтобы тяжелая оказалась в центре.

Собственно фокус

3. Доброволец поднимает все три пачки вместе для проверки их тяжести.
4. Доброволец ставит их обратно на стол.
5. По щелчку ваших пальцев вы сообщаете, что их вес изменился.
6. Доброволец берет в руки только две верхние пачки.
7. Попросите его подтвердить, что эти пачки кажутся ему более тяжелыми, чем все три.

Как это работает

Все это происходит в нашем сознании. Это похоже на оптическую иллюзию, но только она осязательная, а не зрительная. Опять же, обманываются именно те кратчайшие пути, которые наш мозг использует для восприятия окружающего мира. Это один из множества примеров иллюзий с размерами и весом. Психологи до сих пор не могут точно определить причины возникновения таких иллюзий.

Вычислительное мышление

Иллюзии могут быть связаны со всеми нашими органами чувств, а не только со зрением, хотя и по схожим причинам. Приходится признать, что наш мозг имеет ограничения при обработке поступающей извне информации. Это важно учитывать при разработке мультимодальных интерфейсов с использованием различных органов чувств. Например, компьютеры все чаще встраиваются в физические объекты, так что управление этими объектами в реальном мире превращается в незримый компьютерный интерфейс. Признание ограничений нашего мозга имеет отношение не только к способам разработки графических (зрительных) пользовательских интерфейсов.

Интермедия: Лулу Херст

Девушка-фокусница Лулу Херст (Lulu Hurst, 1869–1950) была известна своими фокусами, в которых она демонстрировала свою невероятную суперсилу. Она утверждала, что обрела ее, подобно супергерою, во время грозы. В одном из фокусов, чтобы показать, как легко она может преодолеть огромный вес, она попросила сразу нескольких мужчин сесть в одно кресло и попробовала удержать его. Затем она демонстрировала, что, несмотря на огромный вес и все их усилия, она может легко сдвинуть кресло с места. Все ее подвиги были основаны на научных принципах. Она завершила свои выступления в возрасте 16 лет.

Глава 11

Телепортирующийся робот: **просто будь глупым**

Магия

Заставьте робота появляться и исчезать из головы у всех на глазах.

Вычисления

Принципы проектирования интерфейсов – это правила, которым следуют разработчики для достижения максимального удобства при использовании программ. Одно из самых простых правил – это простота интерфейса. Чем больше элементов управления, таких как кнопки и выпадающие меню, тем сложнее пользоваться системой. Один из возможных способов сохранения простоты – не допускать нагромождения функций. Вместо добавления всех мыслимых и немыслимых функций старайтесь обеспечить поддержку ключевых процессов и простоту их выполнения.

Фокус

Загрузите копию «волшебной мозаики» (см. рис. 11.1) с сайта <https://conjuringwithcomputation.wordpress.com/wp-content/uploads/2022/05/teleportingrobotdownload.pdf>.

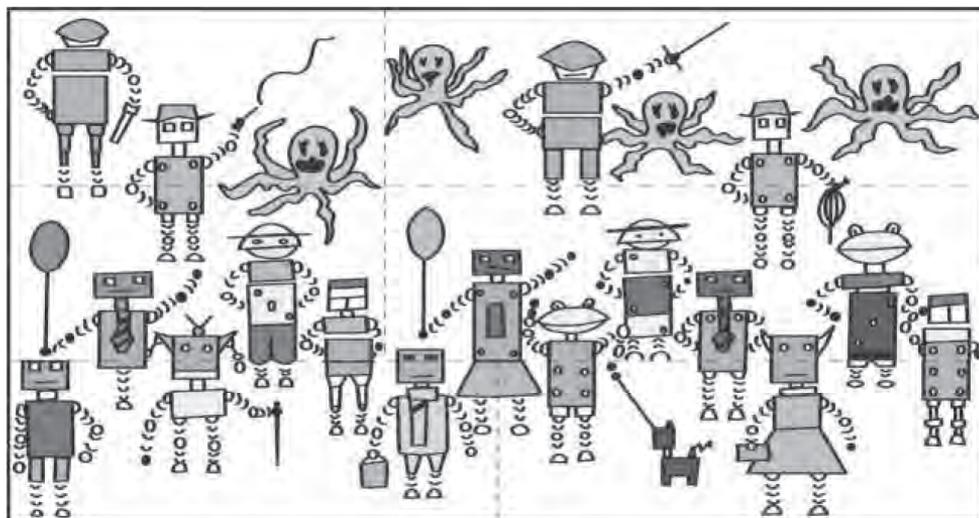


Рисунок 11.1. Волшебная головоломка «Телепортирующийся робот»

Вырежьте шесть частей головоломки по пунктирным линиям. Завершите пазл, поместив короткую деталь с серым роботом в левый верхний угол, как показано в исходном материале. Вместе со зрителями пересчитайте роботов вслух, чтобы все согласились, что их 17. Есть также робот-собака и несколько монстров шестиногов (они похожи на осьминогов, только с шестью конечностями).

Теперь перемешайте фрагменты, а затем перестройте пазл, но в этот раз разместите первый короткий элемент пазла с серым роботом в правом верхнем углу. Остальные части по-прежнему подходят друг к другу, но в разных позициях. Вы собираете его заново, поменяв местами фрагменты двух верхних уровней. Пока вы перемешиваете фрагменты и перестраиваете картинку, объясняйте, как нужно следить за роботами. Как и в случае с WALL-E, у них есть склонность исчезать по своим собственным маршрутам по мере совершенствования своего собственного интеллекта.

Теперь вместе со зрителями снова пересчитайте роботов. К всеобщему удивлению, теперь их всего 16. Семнадцатый исчез бесследно. Поинтересуйтесь, который робот исчез и куда он подевался. Он просто потерялся? Его съел шестиног или он телепортировался?

Когда все убедятся, что роботов 16, перемешайте фрагменты и разложите их в прежнем порядке. Пусть все увидят, что роботов снова 17. Задача состоит в том, чтобы выяснить, какой робот исчез и как это произошло.

Если зрители заметят, что вы перестроили пазл по-другому, укажите, что это ничего не объясняет. Это те же самые детали с теми же самыми головами и телами. Это просто роботы для переработки, которые меняют свои части местами, а не выбрасывают их. Как можно исчезнуть только из-за перестановки частей?

Если кто-то будет утверждать, что исчезает определенный робот, то попросите его приложить палец к двум частям робота, передвинуть детали, указывая на те же две части, и он увидит, что обе части все еще на месте. Это свидетельствует о том, что его робот не может быть исчезнувшим. Как вообще может исчезнуть какая-либо часть картинки из физической головоломки?!

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Телепортирующийся робот»:

1. Соберите пазл с серым роботом в левом верхнем углу.
2. Посчитайте роботов вслух вместе со зрителями.
3. Обратите внимание, что их 17.
4. Перемешайте фрагменты, затем восстановите пазл, на этот раз с зеленым монстром в левом верхнем углу.
5. Посчитайте роботов вслух вместе со зрителями.
6. Обратите внимание, что их 16.
7. Спросите, который робот исчез и как это произошло.

Как это работает

Такое происходит из-за ограничений, связанных с особенностями обработки увиденного нашим мозгом. Взгляните на полностью собранный пазл. Там явно 17 роботов. Если собрать его иначе, то их определенно будет только 16.

Вы обманули самого себя!

Ошибка!!! Вычислить невозможно!

Этот трюк настолько эффективен, что вы не сможете заметить исчезновение робота, даже когда поймете суть происходящего. Шансов вычислить исчезнувшего робота практически нет. Это не один робот. В этом процессе участвуют все.

Если вам предстоит решить сложную задачу, по возможности стоит ее упростить. Например, вы могли заметить, что четыре верхних ро-

бота всегда остаются на месте, без каких-либо изменений. Они просто меняют позицию. Это означает, что они не участвуют в процессе. Вы можете убрать верхний уровень фрагментов, и фокус все равно работает (только с 12 и 13 роботами вместо 16 и 17). Попробуйте. Теперь задача немного упростилась.

Как это работает? Первоначальные 13 роботов немного короче, чем 12, и это очень просто не заметить. Части каждого из первоначальных роботов используются в других для создания ряда новых, более крупных роботов. Каждый из исходных роботов теряет небольшую часть (скажем, часть головы) и обретает новую версию (более крупную голову) от другого робота. Первый робот – тот, что крайний слева. Изначально он полностью находится на нижнем слое пазла, но когда части перемещаются, у него появляется дополнительный элемент головы сверху. Этот элемент достался ему от другого робота, который лишился этого небольшого фрагмента головы, но взамен получил более крупный элемент. По мере перемещения от робота к роботу отрезаемые части перемещаются все ниже по телу. В конце концов, последний робот в этой последовательности (тот, что над собакой) целиком начинается со средней части, и при перемещении он оставляет зазор позади. Он также становится выше, соединяясь с ногами нижнего элемента. Все 13 роботов, расположенных вдоль нижней части, сжались в 12 новых более высоких роботов.

Мы можем еще больше упростить этот процесс для понимания происходящего, заменив роботов линиями и расположив их так, чтобы они менялись местами с соседними линиями. Посмотрите на изображение линий на рис. 11.2. Передвиньте верхнюю часть так, чтобы каждая линия соединялась с нижней частью следующей и становилась при этом длиннее. У вас останется на одну линию меньше.

Слева есть пять вертикальных линий. Теперь представьте, что вы разрезаете эти линии по черной диагональной линии и сдвигаете верхний треугольник на одно место. В результате у вас получится четыре линии, как справа (нарисуйте несколько параллельных линий и посмотрите). Куда делась лишняя линия? Не может же она просто исчезнуть? Нет, происходящее гораздо проще заметить: все финальные линии стали немного длиннее. Недостающая линия просто объединилась с частью другой. Остаток этой другой линии объединился с частью еще одной и т. д.

В данном случае разница в длине линий стала более очевидной благодаря использованию нескольких строк и увеличению различий. Почему бы нам не показать это на роботах? Что ж, люди не очень

хорошо справляются с точной оценкой небольших различий в длине на глаз. Новые роботы выглядят «примерно так же», как и раньше. «Примерно» – да, но точно так же – нет! Вот почему мы изобрели измерительные линейки!

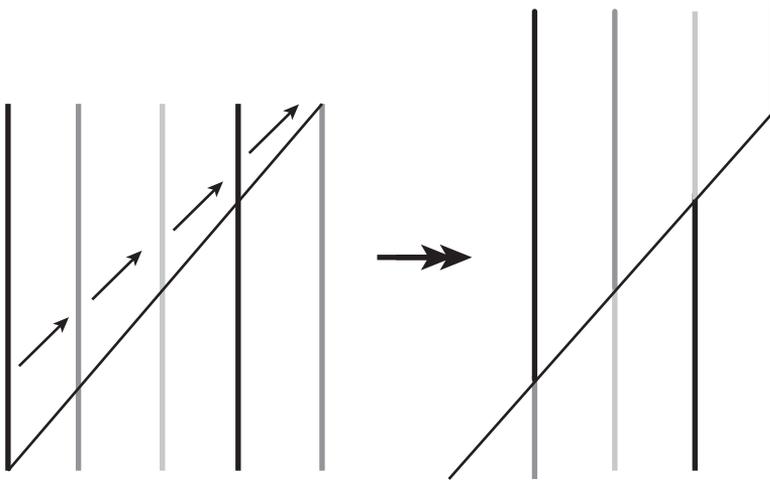


Рисунок 11.2. Упрощенная версия эффекта в фокусе с волшебной головоломкой

Конструкция пазла с роботами более мудреная, чем линии. Вместо простого расположения роботов по порядку, когда достаточно сдвинуть верхнюю часть для увеличения высоты остальных роботов, в дизайне головоломки слишком много деталей, а также сплетение исчезающих элементов в разных частях картинке. Они сбивают с толку наш мозг, и это затрудняет восприятие всей картины, даже если вы уже понимаете, что происходит на самом деле.

Презентация играет важную роль

Магия – это не только алгоритмы, не только самостоятельно работающая система. Вам также необходимо верно ее преподнести.

Магия = алгоритм + презентация.

Даже самый искусный фокус может потерять свою магическую силу без хорошей презентации. Две версии фокуса, одна с линиями, другая с роботами, работают по одному и тому же принципу. Именно благодаря презентации в одном случае просто невозможно разглядеть происходящее, в то время как в другом это не составляет труда. В нашем случае это происходит за счет усложнения картинке. Происходит слишком много всего, чтобы мозг успевал все это охватить.

Фокусники во многом полагаются на понимание принципов работы нашего мозга и, в частности, на понимание его ошибок. Они опираются на понимание когнитивной психологии: науки о наших мыслительных процессах. Ключевой момент заключается в ограниченности ресурсов нашего мозга. Например, мы можем внимательно следить только за одним местом и запоминать лишь несколько вещей одновременно.

Вычислительное мышление

Презентация играет важную роль

Компьютерные науки и особенно процесс написания программ – это не только алгоритмы. Вам, как и фокуснику, важно уметь правильно преподнести информацию.

Программное обеспечение = алгоритм + презентация.

Разница в том, что фокусник добивается того, чтобы вся аудитория одновременно совершила одну и ту же ошибку, в то время как при работе с программами никто не должен допускать ошибок, и мы рассчитываем на простоту использования программ. Компьютерные специалисты должны разбираться в той же когнитивной сфере, что и фокусники, только использовать ее в противоположном ключе.

Например, представьте себе пульт дистанционного управления для телевизора. Он очень сложный, с большим количеством кнопок. Если кто-то случайно нажмет на кнопку выключения звука, то потом бывает довольно сложно найти нужную кнопку для его включения, если только вы не пользуетесь им очень часто. Наш мозг не в состоянии воспринять слишком много информации.

Для создания удобных интерфейсов дизайнеры следуют принципам проектирования. Наш фокус с телепортирующимся роботом и проблемы пользователей с пультами дистанционного управления привели к появлению принципа дизайна **KISS: Keep It Simple Stupid** (англ. «**Делай проще, тупица**»)! Наиболее удобные интерфейсы, которыми легче всего пользоваться, зачастую крайне просты. Они предназначены для выполнения одной задачи за раз и делают это эффективно. Действия, которые нужно выполнить в любой момент времени, всегда очевидны. Очень важно избегать **переизбытка функций**.

Вместо создания программ, которые будут делать все для всех, сосредоточьте внимание на разработке интерфейса для облегчения выполнения ключевых задач, необходимых определенной группе людей.

Если другие люди хотят выполнять совершенно другие задачи, для них разрабатывается другой интерфейс.

Причина, по которой многие пользователи уверены в своей неспособности пользоваться компьютерами и другими гаджетами, заключается не в их глупости. Причина в том, что разработчики программного обеспечения или устройств недостаточно хорошо подумали о пользователях. Они сделали программы, которые больше похожи на фокусы, чем на полезные инструменты: ими сложно пользоваться и легко допустить ошибку. Если вы станете программистом или дизайнером интерфейсов, позаботьтесь о простоте использования своих разработок, чтобы никто не совершал ошибок. Убедитесь, что они не похожи на фокусы.

Интермедия: Сэм Ллойд и Уильям Хупер

Фокус с телепортирующимся роботом основан на очень старой математической задаче. В очень простой версии она встречается в «Московских головоломках» (1972) Бориса А. Кордемского, где нужно добиться исчезновения линии. Еще более ранняя и известная версия описана Сэмом Ллойдом (Sam Lloyd, 1841–1911), великим изобретателем многих математических головоломок, хотя эту загадку придумал не он. Еще более ранняя версия описана Уильямом Хупером (William Hooper) в книге, опубликованной еще в 1794 году. Она предполагала разрезание банкнот. В ней приводился способ разрезать девять банкнот на 18 частей. Затем их снова соединяли вместе, чтобы получилось 10 банкнот. Современные банкноты всегда оформлены таким образом, чтобы этот фокус не срабатывал!

Часть IV

Декомпозиция и абстракция

В процессе изобретения новых фокусов мы можем создавать их из множества простых элементов. Такие элементы можно использовать многократно в других фокусах. Точно так же мы можем справиться с задачей написания программы, разбив ее на части для отдельной проработки или просто используя уже написанные ранее фрагменты.

Глава 12

Магия заготовленных картинок; абстракция

Магия

Считывая мысленный образ в голове зрителя, вы можете нарисовать картинку, выбранную им случайным образом из альбома изображений.

Вычисления

Абстракция – это процесс упрощения чего-либо. Специалисты по вычислительной технике часто используют абстракции как для облегчения понимания сложных программ, так и для упрощения их написания. Похожие идеи можно использовать и в фокусах.

Фокус

Вы передаете зрителям для ознакомления небольшой блокнот. В нем на пронумерованных страницах вы описали ряд случайных предметов, которые явились вам «во сне». Зрители подтверждают, что на каждой странице действительно записаны разные предметы, не связанные между собой. Теперь задача заключается в выборе одного из них.

Для гарантии случайного выбора вы используете колоду карт. Для начала разложите карты и изобразите произвольное перемешивание. Затем один из добровольцев сдвигает карты. После сдвига он складывает значения двух нижних карт из колоды. Объясните участникам, что валет будет равен 11 очкам, королева – 12, а король – 13. Они незаметно записывают это число. Затем зритель переносит блокнот в другой конец комнаты и открывает страницу с номером, заданным секретным числом его случайно выбранных карт. Потом он закрывает глаза и визуализирует предмет, описанный на этой странице.

На другой стороне комнаты вы, фокусник, делаете в блокноте набросок своего мысленного образа того предмета, о котором думает зритель. Затем зритель сообщает, о каком предмете идет речь на случайно выбранной странице. Вы разворачиваете блокнот и демонстрируете, что смогли правильно прочесть мысли зрителя на расстоянии и нарисовать этот предмет.

Как это работает

В основе подобного эффекта заложены два отдельных элемента: математическая методика под названием «стопка 14/15», используемая для нумерации страниц, и собственно блокнот.

Для создания стопки (перед выполнением фокуса) необходимо предварительно извлечь из обычной колоды карт туз червей и туз пик. На тот факт, что в этой колоде всего 50 карт, а не все 52, никто не будет обращать внимания. Теперь вам нужно аккуратно разложить оставшиеся карты в следующем порядке (здесь символом С обозначены трефы, D – бубны, H – черви и S – пики). Символом А отмечены тузы, К – короли, Q – дамы, J – валеты. В итоге бубновая семерка должна оказаться в самом низу колоды, при этом все карты должны располагаться лицевой стороной вниз.

7C 8C 6D 9S 5C 10H 4D JS 3C QS 2D KS AC KH 2H QC 3D JH 4S
10C 5D 9C 6S 8S 7S 8D 6H 9H 5H 10D 4C JD 3S QH 2S KD AD KC
2C QD 3H JC 4H 10S 5S 9D 6C 8H 7H 7D

Такой порядок специально создан для гарантии того, что любая смежная пара карт, включая последнюю и первую, в сумме дает либо 14, либо 15 очков. При снятии колоды циклический порядок не меняется, он просто начинается с другой позиции. Таким образом, когда доброволец снимает и перекладывает карты в одной колоде, две нижние карты в получившейся колоде все равно будут в сумме давать либо 14, либо 15.

Теперь у вас есть возможность использовать произвольное снятие колоды для принудительного перехода на страницу 14 или 15. Вам остается найти способ решения проблемы с наличием двух возможных исходов. Именно здесь на помощь приходит способ, с помощью которого вы оформляете блокнот и делаете предсказания.

В блокноте для предсказаний вы рисуете большой круг, а в его центре – круг поменьше (см. рис. 12.1). Благодаря такому предсказанию и его простому виду вы можете заявить, что он обозначает любую из двух вещей, которые вы разместите на страницах 14 и 15. Придумайте названия предметов на страницах 14 и 15 этого блокнота, опираясь на свое воображение. Например, можно написать «пончик», «автомобильная шина» или «иллюминатор». Это подразумевает для вас страховку независимо от любого из двух значений, которые использует зритель.

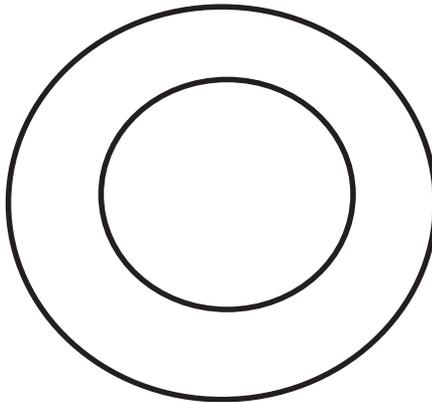


Рисунок 12.1. Ваш рисунок

Помните, что зритель сообщит вам о своем выборе до того, как вы покажете свое предсказание, поэтому вы всегда успеете подготовить убедительные аргументы о том, как полученные вами мысленные образы заставили вас приблизительно, но безошибочно нарисовать правильный ответ на загаданный вариант. Если бы вы действительно могли читать мысли, это было бы непросто, поэтому тот факт, что вы не смогли посыпать сахарной пудрой тот самый загаданный пончик, будет вам прощен.

Используйте для этого фокуса недорогой блокнот со спиральным переплетом, так как это позволит легко перелистывать страницы, ведь вам нужно создать иллюзию свободы выбора. Соответственно, заполните блокнот большим количеством произвольных и не связанных

между собой вещей для пущей убедительности. Разумеется, в нем должно быть намного больше, чем 15 вещей. Пишите названия четкими заглавными буквами, чтобы их было легко прочесть, и помечайте страницы в одном и том же месте внизу, так как по ним легче найти номер нужной страницы. Важно убедиться, что для каждого предмета используется отдельный лист бумаги. Не пишите предметы на соседних страницах, чтобы у зрителей не возникло опасений, потому что так они могут увидеть, что результаты на страницах 14 и 15 могут соответствовать вашему предсказанию.

У этого фокуса есть множество альтернативных вариантов. Например, вы можете использовать всемирно известные достопримечательности, либо написав их названия, либо создав альбом с фотографиями известных мест. Тогда ваше предсказание может представлять собой перевернутую букву V с направленным вверх острием и линией под ним для обозначения земли. Тогда достопримечательности на страницах 14 и 15 могут быть Эйфелевой башней и Эверестом. И то, и другое можно аргументированно представить в вашем предсказании. Придумайте свою версию: проявите креативность!

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса с картинками:

До начала фокуса

1. Возьмите блокнот со спиральным переплетом и пронумеруйте каждую вторую страницу в нижнем углу, начиная с 1 и заканчивая как минимум 35.
2. На страницах 14 и 15 напишите слова ПОНЧИК (DOUGHNUT) и АВТОМОБИЛЬНАЯ ШИНА (CAR TYRE) соответственно заглавными буквами.
3. На каждой другой пронумерованной странице напишите существительные крупными заглавными буквами.
4. Возьмите колоду карт, отбросьте туз червей и туз пик.
5. Разложите оставшиеся карты в следующем порядке: 7C 8C 6D 9S 5C 10H 4D JS 3C QS 2D KS AC KH 2H QC 3D JH 4S 10C 5D 9C 6S 8S 7S 8D 6H 9H 5H 10D 4C JD 3S QH 2S KD AD KC 2C QD 3H JC 4H 10S 5S 9D 6C 8H 7H 7D, где C, D, S и H означают соответственно трефы, бубны, пики и черви, а A, J, Q и K – соответственно туз, валет, королева и король.

Собственно фокус

6. Попросите добровольца снять колоду, завершив снятие расположением нижней части колоды на верхней.
7. Пусть доброволец возьмет две нижние карты и суммирует их номиналы, запомнив общее количество очков.
8. Дайте ему блокнот.
9. Доброволец идет в другой конец комнаты, находит страницу с запомненным номером и безмолвно прочитывает слово на странице с этим номером.
10. Доброволец закрывает глаза и визуализирует предмет, указанный на выбранной странице. В это время вы делаете вид, что сосредоточились на его мыслях, и сообщаете ему, что нарисуете объект, который появится в его мыслях.
11. Нарисуйте в своем блокноте два концентрических круга.
12. Доброволец сообщает вам загаданное им слово.
13. Покажите ему свой рисунок и поясните, что вы нарисовали именно тот объект, о котором он подумал.

Вычислительное мышление

Наброски – это **абстракция**, упрощенная версия реального объекта. Ваше предсказание – это еще более упрощенная его версия. Абстракция – это упрощенная версия реальных вещей, но сохраняющая при этом их сущность. Абстракция (как и рисунок) избавляется от подробностей. Хорошая абстракция исключает только те подробности, которые действительно не нужны для решения поставленной задачи.

Компьютерные специалисты широко используют абстракцию, хотя их версии очень точны, и мы более подробно рассмотрим их в последующих главах. Пока же думайте об абстракции как о способе скрыть или отбросить детали, которые не нужны для решения задачи (пончик все равно можно распознать как пончик, даже без сахарной посыпки).

Наиболее важные разновидности абстракции, которые мы рассмотрим, имеют отношение непосредственно к инструкциям программ, однако специалисты по вычислительной технике используют такой вид нарисованной абстракции в определенной ситуации: для **иконки**. Иконки – это маленькие картинки, которые используются для обозначения программ. Изображение – это упрощенная картинка, отражающая суть или назначение программы. Например, в большинстве

пользовательских графических интерфейсов мусорная корзина символизирует операцию удаления. Перетащите файл на изображение мусорной корзины, и он будет удален. Иконки – это очень упрощенные версии представляемых ими объектов, но для эффективной работы они должны передавать основные моменты и быть мгновенно узнаваемыми. Лучшие из них – это действительно хорошие наглядные абстракции.

Фокус, напротив, опирается на слабую абстракцию в том смысле, что пара кругов может представлять в блокноте два различных определенных существительных (хотя для своей цели заставить фокус работать – это идеальная абстракция). Для графических пользовательских интерфейсов нужны гораздо более понятные абстракции, нежели подобная. Если есть вероятность перепутать значение иконки с другими, это неудачная иконка. В этом смысле многие современные иконки весьма неоднозначны. Абстракции действительно приводят к потере информации, но хорошая абстракция точно не упустит ничего важного!

ПАУЗА: Сьюзен Кэр

Сьюзен Кэр (Susan Kare) входила в состав команды, работавшей в Apple над созданием первого пользовательского графического интерфейса. Она придумала первые иконки, и ее творчество и идеи сыграли ключевую роль в успехе Apple как в те времена, так и впоследствии. Не имея за плечами непосредственного опыта работы в стиле пиксель-арт, она черпала вдохновение в пиксельном искусстве прошлого: пуантилизме Серата, вышивке и мозаике. Несмотря на очень маленький размер иконок, они были простыми и понятными, в соответствии с ее дизайнерскими правилами: «смысл, запоминаемость и ясность». Занимаясь разработкой шрифтов и иконок, она определяла язык визуального дизайна Apple.

Глава 13

Дрессированный рис: **декомпозиция и процедурная абстракция**

Магия

Вы тренируете рис таким образом, что, в отличие от обычного, он умеет хвататься за палочки для еды.

Вычисления

Программы длиной в миллионы строк практически невозможно написать без использования способов упрощения задачи. Самый простой способ – использование декомпозиции: разбиение большой сложной программы на множество маленьких содержательных частей, которые можно рассматривать в качестве самостоятельных задач (то есть мини-программ) для отдельного решения. Эти разделенные фрагменты называются процедурами. Если дать каждой из них свое название, то в дальнейшем мы сможем обращаться к ним, просто называя их имена.

Фокус

Для этого фокуса вам понадобятся две небольшие пластиковые бутылки для напитков с узким горлышком, палочки для еды и еще не отваренный длиннозерный рис.

Перед началом фокуса вы должны подготовить бутылки, наполнив их длиннозерным рисом. Наполните рисом первую бутылку и оставьте ее как есть. Проткните ее палочкой для еды, палочка должна войти, а затем легко выйти (рис. 13.1).



Рисунок 13.1. Бутылки с рисом заполнены, палочка для еды вставлена

После наполнения рисом второй бутылки несколько раз постучите ею по столу, чтобы рисовые зернышки плотно прилегали друг к другу. При этом сверху образуется дополнительное свободное пространство. Продолжайте добавлять рис до заполнения бутылки. Когда рис больше не помещается, попробуйте протолкнуть в него палочку для еды. Это будет труднее, чем в случае с первой бутылкой. Если она действительно готова, то при попытке поднять палочку вся бутылка должна приподняться и зависнуть на палочке. Если нет, продолжайте постукивать по бутылке для дальнейшей утрамбовки риса.

Уберите палочки, теперь все готово.

Переходим к выступлению. Объясните, что вы обнаружили сорт риса, который способен удерживать предметы. Покажите две бутылки и объясните, что в первой бутылке находится обычный рис, а во второй – дрессированный.

Поместите палочку для еды в первую бутылку и продемонстрируйте, что бутылка не захватывает палочку. Разрешите кому-нибудь из

зрителей проверить это. Теперь опустите палочку во вторую бутылку и, приблизив к ней рот, шепчите ей снова и снова: «хватай палочку, хватай палочку...». Затем медленно поднимите палочку и продемонстрируйте, как рис схватывает палочку и вместе с ней поднимается бутылка.

Магический алгоритм

Перед вами фокус в виде последовательности шагов, структурированный подобно предыдущим фокусам. Однако отличие от прежних инструкций в том, что здесь при составлении (или декомпозиции) всего фокуса мы разбили его на два дополнительных более мелких этапа.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Дрессированный рис»:

1. СДЕЛАЙТЕ (DO) дрессированный рис.
2. СДЕЛАЙТЕ (DO) выступление с дрессированным рисом.

Для подготовки ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Дрессированный рис»:

{Это нужно сделать до выступления}

1. Наполните рисом две небольшие пластиковые бутылки для напитков.
2. Возьмите одну из бутылок.
3. СДЕЛАЙТЕ (DO)
 - а) Слегка постучите бутылкой по столу, чтобы рис утрамбовался.
 - б) Если освободится место, наполните его рисом.
 - в) Вставьте палочку в рис.
 - г) Попробуйте поднять бутылку палочкой.
 - е) Уберите палочку.
4. ПОВТОРЯЙТЕ ОПИСАННОЕ ВЫШЕ ДО ТЕХ ПОР (REPEAT THE ABOVE UNTIL), пока палочка не останется на месте при поднятии бутылки.

СДЕЛАЙТЕ (DO) выступление «Дрессированный рис»:

1. Объявите, что вы обнаружили сорт разумного риса, который вы выдрессировали.
2. Достаньте первую (неутрамбованную) бутылку, объяснив, что это обычный рис.

3. Поместите в рис палочку для еды.
4. Попробуйте поднять бутылку только с помощью палочки. У вас не получится.
5. Достаньте вторую (утрамбованную) бутылку, объяснив, что в ней находится дрессированный рис.
6. Прошепчите второй бутылке.
7. Вставьте палочку во вторую бутылку.
8. Поднимите палочку и бутылку.

Как это работает

Секрет этого фокуса заключается в законах физики и, в частности, в силе трения. В первой бутылке рис лежит неплотно, поэтому зерна легко проскальзывают относительно друг друга. Во второй, поскольку они плотно прижаты друг к другу и к краю бутылки, трение между зернами риса и между зернами риса и палочкой для еды увеличивается. Этой силы трения вполне достаточно для удерживания палочки.

Вычислительное мышление

В этом случае мы разложили алгоритм на две части: подготовка и выполнение. На самом деле мы уже делали это в неформальной форме в предыдущих фокусах, правда, не называя части и не приводя отдельных явных указаний о порядке их выполнения. Декомпозиция – это всего лишь идея разделения алгоритма на меньшие, более простые в управлении фрагменты.

Здесь мы используем **декомпозицию** и версию **абстракции** для программистов (обращение к частям по имени) исключительно в качестве метода организации процесса написания алгоритма. Это делается для упрощения понимания инструкций человеком (фокусником или программистом).

При написании больших программ этот момент имеет огромное значение. Написание программ – это составление инструкций, которым следуют компьютеры. Создание *хороших* программ также подразумевает простоту их понимания человеком, так что и вам стоит соблюдать эти правила! Если этого не делать, то в программах, скорее всего, будет много ошибок, и в случае необходимости внесения изменений в программу сделать это будет гораздо сложнее.

Декомпозиция программы на смысловые фрагменты – один из важ-

нейших способов сделать ее более понятной для человека. Зачастую программы или даже отдельные алгоритмы имеют загрузочную (установочную) область, где происходит процесс накопления или упорядочивания данных, за которой следует область, непосредственно в которой происходит выполнение работы. Как правило, это удачный пример декомпозиции программы. Обе эти компоненты выполняют четко определенные задачи. Чего вам не захочется делать, так это производить декомпозицию создаваемой вами программы на произвольные части, каждая из которых в отдельности не имеет особого смысла.

Есть три важных аспекта нашего подхода. Первый – это **декомпозиция** алгоритма на отдельные фрагменты. Второй – присвоение этим фрагментам уникального имени, которое можно использовать для указания, когда следует выполнять эти инструкции. И последний аспект – использование этого имени вместо фактических подробных инструкций, когда нужно их выполнить. Эти моменты в совокупности дают еще один ключевой инструмент в наборе методов вычислительного мышления – **абстрагирование**, или сокращение подробностей. Ранее мы рассматривали абстракцию в рисунках. Здесь мы применяем более техничную разновидность абстракции. Подобное именование отдельных фрагментов алгоритма называется **процедурной абстракцией (procedural abstraction)**. Она подразумевает использование названия вместо группы подробных инструкций (при этом подробности инструкций скрываются за названием). Такие группы инструкций называются **процедурами (procedures)**. Подробнее о процедурной абстракции будет рассказано в последующих главах.

Магическое отступление

Помимо процесса подготовки, фокусники могут рассматривать выполнение сложных фокусов в виде процесса декомпозиции на три части¹:

- **обязательство (Pledge)** определяет сцену, придавая эффекту смысл;
- **поворот (Turn)** дает возможность показать фокус, ведя зрителей за собой;

¹ Так назвал их писатель Кристофер Прист (Christopher Priest) в своем романе «Престиж» (1995).

- **престиж (Prestige)** заключается в раскрытии изюминки в конце, которая приводит в восторг!

К примеру, мы можем разложить представление «дрессированный рис» следующим образом:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Дрессированный рис»:

1. СДЕЛАЙТЕ (DO) обязательство «дрессированный рис».
2. СДЕЛАЙТЕ (DO) поворот «дрессированный рис».
3. СДЕЛАЙТЕ (DO) престиж «дрессированный рис».

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) обязательства «дрессированный рис»:

1. Объявите, что вы открыли сорт разумного риса, который удалось выдрессировать.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) поворота «дрессированный рис»:

1. Достаньте первую (неутрамбованную) бутылку, объяснив, что в ней обычный рис.
2. Поместите палочку в рис.
3. Попробуйте поднять бутылку только с помощью палочки. У вас не получится.
4. Достаньте вторую (утрамбованную) бутылку, объяснив, что в ней находится дрессированный рис.
5. Прошепчите второй бутылке.
6. Вставьте палочку во вторую бутылку.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) престижа «дрессированный рис»:

1. Поднимите палочку и бутылку.

Если вы будете работать со стандартной структурой, стандартной декомпозицией, вы повысите вероятность того, что ваш фокус будет казаться магическим. Например, если пропустить обязательство в приведенном выше примере, фокус будет выглядеть менее эффектно, хотя его механическая структура все равно сработает. Если вы придумываете свои собственные фокусы, обязательно убедитесь, что в них есть обязательство, поворот и престиж!

ПАУЗА: Майкл Фарадей

Ученый-самоучка и изобретатель Майкл Фарадей (Michael Faraday, 1791–1867) был автором вдохновляющих рождественских научных лекций при Королевском институте, которые и сегодня продолжают проводить для детей. Он лично прочитал 19 из них. Он показал, что науку можно преподавать для широкой публики в развлекательной форме. Он был критиком спиритизма и спиритических сеансов, а также проводил научные эксперименты на предмет определения способов создания спиритических эффектов. Как ученый он достиг больших успехов во многих областях, включая химию, физику и науку об окружающей среде, но больше всего он известен своими работами в области электромагнетизма, в том числе такими изобретениями, как динамо-машина, которая в конечном итоге привела к повсеместному использованию электричества.

Глава 14

Шляпа для телепортации: **сокрытие деталей и подмена частей**

Магия

Мы разработали новую версию фокуса «Незаметное манипулирование», заменив манипулирование на телепортацию с помощью шляпы.

Вычисления

Декомпозиция в сочетании с процедурной абстракцией позволяет нам создавать большие программы из небольших. Как только процедура составлена, мы можем забыть о подробностях ее реализации. Это также означает, что впоследствии мы можем полностью изменить способ выполнения того или иного шага без последствий для остального использующего его кода.

Фокус

Этот фокус точно такой же, как и «Незаметное манипулирование» (глава 1), за исключением того, что вы заменяете новыми шагами те, где вы делали вид, что перекладываете карту из одной стопки в

другую. Вместо этого вы «перемещаете» карту с помощью своей волшебной шляпы, в которой карта исчезает и появляется вновь.

В момент перемещения карты разместите шляпу над стопкой с лишней картой. Постучите по ней своей волшебной палочкой и произнесите волшебные слова. Переместите шляпу на другую стопку, еще раз коснитесь ее волшебной палочкой и снова произнесите волшебные слова.

Магический алгоритм

Одним из этапов предыдущей версии фокуса «Незаметное манипулирование» было симулирование перемещения карты из одной стопки в другую (на самом деле никакого перемещения не требовалось). Его алгоритм можно разбить на части следующим образом:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) притворного перекладывания карты из одной стопки в другую:

1. Поместите руку над стопкой с лишней картой.
2. Потрите тыльную сторону этой руки.
3. Поднимите руку, показывая ладонь, прежде чем положить ее над другой стопкой.
4. Постучите по ладони и уберите ее, сказав, что карта переместилась.

Затем этот прием используется в качестве одного из этапов (этап 4):

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «Незаметного манипулирования»:

1. Раздайте 15 карт попарно, оставив одну.
2. Возьмите пары обратно, разделив их на две стопки.
3. Пусть один из добровольцев выберет, в какую стопку положить лишнюю карту.
4. Сделайте вид, что перекладываете карту из одной кучи в другую.
5. Покажите, что дополнительная карта волшебным образом переместилась между стопками.

Теперь мы можем создать свою собственную интерпретацию фокуса (без незаметного манипулирования), просто изменив инструкции этой единственной процедуры. При этом приведенные выше инструкции менять не требуется.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) притворного перемещения карты между стопками:

1. Поместите шляпу над первой стопкой.
2. Постучите по ней своей волшебной палочкой, произнося «Абра-кадабра».
3. Переместите шляпу, чтобы накрыть вторую стопку.
4. Постучите по ней своей волшебной палочкой, произнося «Абра-кадабра».
5. Скажите, что карта переместилась.

Остальная часть фокуса при этом остается неизменной, поэтому инструкции менять не требуется. Именно так создаются новые фокусы: каждый фокусник создает свою версию. Не копируйте чужое, делайте свою версию, и делайте ее намного лучше!

Как это работает

Механика фокуса точно такая же, как и раньше. На самом деле мы просто изменили подачу одного фрагмента. Это не меняет принципа работы фокуса. Измененный шаг действует точно так же, как и исходный (ничего не происходит с картами, но зрители должны поверить, что происходит что-то совершенно другое).

Вычислительное мышление

Мы использовали **процедурную абстракцию** (присвоение названия группе инструкций) для упрощения замены **новой реализации** одного из шагов, то есть одной из **процедур**. Важно, что основные инструкции при этом остаются неизменными. Пока новый шаг оказывает тот же эффект, что и старый, ничего больше не меняется.

То же самое касается и программ. Если ее разделить на процедуры, можно выбрать любую из них и изменить принцип ее работы, не меняя при этом ее сути. Остальная часть программы гарантированно будет работать без каких-либо изменений, кроме инструкций в этой единственной процедуре.

Использование процедур делает программу гораздо более удобной в **обслуживании**. Она легче поддается усовершенствованию. Изменить реализацию этой части программы несложно, так как при этом не придется беспокоиться об остальных частях программы. Мы точно

знаем, что больше ничего менять не требуется. Это может потребоваться, например, для повышения быстродействия критически важной части или уменьшения объема занимаемого места в памяти.

Более того, если процедуры используются многократно, усовершенствование процедуры приводит к улучшению ее работы во всех тех местах, где она используется в программе, без дополнительных усилий: нам не потребуется выискивать все используемые ею места, поскольку никакие изменения там не понадобятся.

ПАУЗА: Жаннет Уинг

Будучи ученым-компьютерщиком и одновременно экспертом по боевым искусствам, Жаннет Уинг (Jeannette Wing) преимущественно специализируется в области математических языков спецификаций, позволяющих предельно точно определять задачи программного обеспечения. Однако самым большим ее достижением является развитие идеи вычислительного мышления (computational thinking) как основного набора общих навыков, которым должны учиться и учатся компьютерщики. Впервые этот термин был введен Сеймуром Пейпертом (Seymour Papert) гораздо раньше, но именно она вдохнула в него жизненную энергию. Она утверждала, что подобные навыки и образ мышления пригодятся людям и в повседневной жизни, а не только при написании программ, и поэтому им следует обучать каждого. В результате, когда в школьные программы по всему миру стали включать информатику и программирование, в их основу легло вычислительное мышление. Студенты дали ей прозвище «Леди Дракон» (Dragon Lady) за ее строгий стиль преподавания. Это прозвище стало для нее еще более подходящим, когда она начала заниматься боевыми искусствами.

Часть V

Процедуры и процедурная абстракция

Существует множество разновидностей фальшивой перетасовки карт и подобных вполне очевидных магических приемов, которые производят определенный эффект. Достаточно назвать один из таких шагов, чтобы фокусник понял, о чем идет речь, и смог использовать его в качестве элемента своего фокуса.

Примерно так же выглядит процедурная абстракция, когда для повторного использования в многочисленных программах создаются понятные самодостаточные фрагменты кода. После их создания они могут быть интегрированы в любую исполняемую программу (или «вызваны») с помощью команды, в которой просто указано их название.

Мы представляем вашему вниманию несколько вариантов перетасовок и сдвигов карт. Во время некоторых из них вы действительно смешиваете колоду; в других вы только делаете вид, что перетасовываете ее, но на самом деле оставляете без изменений либо всю колоду, либо какую-то значимую ее часть.

Глава 15

Перемешивание сверху вниз: **процедуры**

Магия

При таком способе перемешивания карт они действительно располагаются в случайном порядке.

Вычисления

Когда мы сталкиваемся с важной задачей, к которой будут часто обращаться наши инструкции, необходимо оформить инструкции для этой задачи в виде процедуры, дать ей название и обращаться к ней как к инструкции (вызывать процедуру) в то время, когда нам требуется выполнить эту задачу.

Как правильно перетасовывать карты

Перемешивание карт сверху вниз – это широко распространенный и достаточно эффективный способ перетасовки. Колода находится в одной руке (правой, если вы правша, и левой, если левша) между большим и безымянным пальцами, а карты перекадываются в другую руку, при этом большой палец другой руки отделяет небольшую часть карт от исходной колоды. Эти небольшие части укладываются поверх новой колоды, которая формируется во второй руке. Так повторяется

до тех пор, пока все карты из первой руки не будут перемешаны в колоду во второй руке. Затем все повторяется несколько раз, пока карты не будут основательно перетасованы.

Это вполне допустимый способ перетасовки, и карты действительно перемешиваются. Впрочем, как мы покажем далее, существуют разнообразные приемы, при которых части колоды остаются на нужных местах, но процесс при этом выглядит как настоящая перетасовка.

Если вы раньше не тасовали карты вручную, немного попрактикуйтесь, и когда у вас это будет получаться достаточно хорошо, можно приступить к более хитрым приемам.

Магический алгоритм

Чтобы добиться более тщательной перетасовки, этот алгоритм можно повторить множество раз.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перемешивания сверху вниз:

1. Держите колоду в одной руке между большим и указательным пальцами.
2. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА все карты не окажутся в другой руке.
 - а) Большим пальцем другой руки снимите небольшую группу карт сверху колоды в первой руке и переложите ее сверху в колоду во второй руке.
3. Переложите карты обратно в первую руку.

Вычислительное мышление

Перекалывание карт сверху вниз – это в целом эффективный карточный алгоритм. Вы можете использовать его в различных фокусах, где порядок карт с самого начала не имеет значения. Однако не хотелось бы объяснять его в инструкциях к фокусам каждый раз, когда он понадобится. Вместо этого в описании на английском языке мы можем просто сказать: «Start by shuffling the cards» (Начните с перетасовки карт). Если говорить более точно и четко, первый шаг алгоритма фокуса может быть следующим:

1. СДЕЛАЙТЕ (DO) перетасовку сверху вниз.

Мы предполагаем, что инструкции о выполнении этого процесса находятся где-то в другом месте, вполне доступном (возможно, в голове фокусника).

Когда мы первоначально составляем инструкции, мы **определяем** процедуру: записываем **определение процедуры**. В данной книге перетасовка сверху вниз определена как «магический алгоритм» этой части. Это позволяет нам ссылаться на него, и вы, читатель, теперь точно знаете, что мы имеем в виду при каждом упоминании о его использовании!

В самом определении нигде не указывается, что необходимо выполнить этот фокус прямо сейчас (хотя, конечно, вам может быть интересно попрактиковаться и проверить его эффективность сразу). Это не фокус сам по себе. В других разделах вам будет предложено сделать это при необходимости с помощью инструкции, подобной инструкции DO выше, в качестве части реального фокуса. Именно в этот момент происходит выполнение инструкции. Программисты называют это **вызовом процедуры (procedure call)**.

Здесь декомпозиция и абстракция вновь используются в тесной связке. Мы выделили часть инструкций и дали им собственное название. Отличие от предыдущих случаев заключается в том, что мы разложили наш фокус на составные части и получили полезную процедуру, которая будет использоваться снова и снова во многих фокусах, а возможно, даже несколько раз в одном и том же фокусе. Таким образом, польза от этого гораздо больше, чем просто систематизация одного фокуса. Одним махом мы получили процедуру декомпозиции, которую можно использовать в фокусах, о которых мы еще даже не задумывались. Если мы придумываем новый фокус и нам нужна перетасовка, больше не придется беспокоиться о способе ее выполнения. Не нужно думать об *алгоритме* перетасовки, достаточно знать, *что* он делает: перемешивает карты.

Это действительно очень важный способ использования декомпозиции и процедурной абстракции. Когда вы определяете способ декомпозиции, один из важных вопросов, который следует задать, – это «Могу ли я в этом случае создать универсальную процедуру?». Если можете, то это, скорее всего, хорошая декомпозиция. Классические «библиотечные» процедуры, подобные этой, часто предоставляются в готовом виде для включения в ваши программы в качестве заранее определенных процедур. В качестве примера можно привести код для поиска в списке данных, сортировки данных по возрастанию, вывода сообщения на экран, чтения данных с клавиатуры, записи

в файл и т. д. В программах эти приемы используются повсеместно. Большинство языков содержат множество библиотек с заранее созданными, заведомо определенными процедурами. Подобно нашей перетасовке, инструкции можно записать один раз, убедиться в их неизменной работоспособности, а затем сослаться на них по имени в последующих программах, написанных нами или другими людьми. При написании использующих их инструкций нам больше не придется ломать голову над особенностями работы этого кода, нам просто нужно знать, что именно он делает, чтобы это соответствовало нашим актуальным нуждам.

Интермедия: Перси Диаконис

Профессиональный фокусник Перси Диаконис (Persi Diaconis) испытывал страсть к разоблачению мошеннических игр в казино. Это подтолкнуло его к углубленному изучению математики, в изучении которой он поклялся себе когда-нибудь преуспеть, после того как бросил школу. Теперь он профессор математики и статистики в Стэнфордском университете, где проводит исследования случайных явлений, таких как подбрасывание монет и тасование игральные карт. Вместе с коллегой-математиком Дэвидом Байером (David Bayer) он смог доказать, что для рандомизации колоды карт необходимо всего семь перетасовок путем сдвигания колоды и последующего их совмещения с чередованием карт.

Глава 16

Перемешивание с подменной крайних карт: **уточнение процедур**

Магия

При таком способе перемешивания пары карт сверху и снизу колоды остаются на своих местах, просто поменявшись местами.

Вычисления

Очень важно четко понимать принцип действия каждой процедуры, чтобы было понятно, когда ее использовать. Для этого можно использовать комментарии на английском языке или математику. Необходимо знать, что именно она делает и какие исходные предположения должны быть сделаны до вызова процедуры, чтобы процедура работала корректно.

Фокус

Возьмите колоду в правую руку, как в случае обычной перетасовки. Снимите верхнюю карту как одиночную, положив ее в свободную руку (рис. 16.1(а)), затем приступайте к обычному снятию групп карт из колоды в стандартной манере перетасовки и кладите их на карту

перед первой снятой картой. Продолжайте делать это до тех пор, пока не дойдете до конца колоды. На этом этапе снимайте по очереди несколько последних карт. Обратите внимание на самую последнюю карту (рис. 16.1(b)).

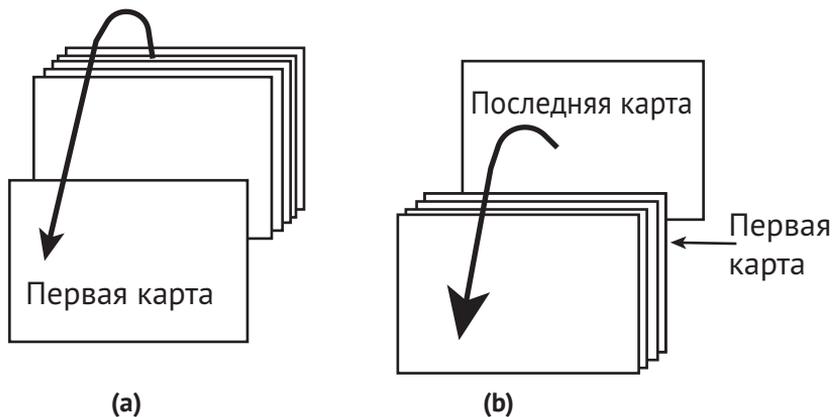


Рисунок 16.1. Перетасовка с подменой крайних карт: (а) снимите одну верхнюю карту, положите на нее остальную часть колоды; (б) выполнив обычную перетасовку средней части колоды, оставьте последнюю карту на месте, чтобы на последнем этапе переложить ее сверху.

Магический алгоритм

Мы добавляем **спецификацию** к этому алгоритму. В фигурных скобках мы указываем условие выполнения алгоритма на начальном этапе. В конце мы также указываем, что станет истиной после завершения работы алгоритма.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перетасовки с подменой крайних карт:

{Ничего не предполагается}

1. Возьмите колоду карт в одну руку между большим и указательными пальцами.
2. Переложите верхнюю карту в другую руку.
3. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА не дойдете до конца колоды.
 - а) Большим пальцем другой руки переложите небольшую группу карт сверху тех, что находятся в первой руке, в верхнюю часть стопки, образующейся во второй руке.

4. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА все карты не окажутся во второй руке.
 - а) Отложите одну карту большим пальцем второй руки поверх стопки, образовавшейся в этой руке.

{Первая и последняя карты поменялись местами}

Как это работает

На первом этапе верхняя карта переместилась в самый низ. Снятие последней карты со стопки отдельно означает, что последняя карта, которая изначально была нижней, теперь лежит сверху. Карты в середине были немного перемешаны. Пара из верхней и нижней карт по-прежнему находится сверху и снизу, просто поменялась местами.

Вычислительное мышление

Важным свойством хорошо написанных процедур является то, что они имеют ясную и четкую **спецификацию**. То есть вы можете легко и точно определить, что именно они делают (а не как они это делают). Например, алгоритм этой перетасовки гарантирует, что независимо от первоначального расположения карт в колоде первая и последняя карты поменяются местами. Это спецификация алгоритма. В отношении других карт никаких гарантий не предоставляется. Этот момент остается неопределенным.

Спецификации состоят из двух частей. **Предусловие (precondition)**, то есть то, что должно быть истинным до выполнения процедуры, для того чтобы она выполнялась, и **постусловие (postcondition)**, то есть то, что будет истинным после ее выполнения. В данном случае предусловие заключается в том, что карты могут располагаться в любом порядке (хотя случается, что интересующие вас карты находятся на первой и последней позициях). Постусловие заключается в том, что эти две карты поменялись местами.

В предусловии оговаривается, что именно должно быть истинным для его выполнения. Мы указали, что истинным может быть все, что угодно, написав «Ничего не предполагается». Компьютерные специалисты указывают это, просто написав «true» («истина»), утверждая тем самым, что все, что имеет значение, – это «истина должна быть истиной» (true must be true), а это всегда так и есть, поэтому никаких ограничений не накладывается!

Однако детали имеют значение, и на самом деле здесь, возможно, имеется предварительное условие. В алгоритме мы ссылались на колоду карт, и неявное предположение состоит в том, что это обычная колода. Перетасовка работает с любыми картами, так что если бы мы хотели явно учесть это обстоятельство, то в качестве предварительного условия следовало бы указать, что в колоде должно быть не менее двух карт. Тогда предусловие может быть таким.

{Колода карт содержит не менее двух карт}

Однако выполнение этого действия с двумя картами не выглядело бы особо магическим, так что на самом деле число в предусловии должно быть побольше для достижения магического эффекта.

При написании программ не менее важно иметь четкое представление о предусловиях и постусловиях процедуры. Действия процедуры также должны быть описаны простым и понятным английским языком. Если это не сделано, то, скорее всего, процедура была продумана недостаточно хорошо. Например, процедура может определить позицию заданного числа в списке. Предварительным условием может быть то, что список чисел должен быть расположен в порядке возрастания. Однако английский язык недостаточно точен для написания спецификаций, так же как он недостаточно точен для написания программ.

Хорошо продуманные языки программирования, которые используются для написания критически важного кода, дают возможность формального изложения спецификаций в программе в виде так называемых **утверждений (assertions)**. Вместо того чтобы писать их просто по-английски, как в случае с другими элементами языка, они создаются на специальном языке с точными значениями.

Для задач магического фокуса мы также можем дать более сложное постусловие, в котором будет указана цель с точки зрения того, во что верят зрители:

{Первая и последняя карты поменялись местами И (AND) зрители верят, что карты в колоде расположены в случайном порядке}

Разумеется, мы не можем с уверенностью говорить о том, во что верят зрители, поэтому такие утверждения не являются математически проверяемыми данными, так же, как и расположение карт. Тем не менее если наша цель – уточнить замысел фокуса, в этом есть определенный смысл. На самом деле спецификации убеждений используются для построения алгоритмов, называемых протоколами безопасности,

где задачей является проверка отсутствия у хакера доступа к секрету (например, паролю) при выполнении алгоритма.

ПАУЗА: Никола Тесла

Никола Тесла (Nikola Tesla, 1856–1943) был не только изобретателем технических устройств на основе электричества и электромагнетизма, но также шоуменом. Он устраивал публичные демонстрации своих идей и изобретений. Одна из таких демонстраций, проведенная в 1890-х годах, была посвящена беспроводному управлению освещением, когда он зажег свет на другой стороне сцены. С таким же успехом это могло быть продемонстрировано в виде магического шоу! Он предсказал, что подобные системы могут быть использованы для беспроводной связи, и создал первую в мире лодку с беспроводным управлением.

Однако наибольшую известность ему принесли изобретения, позволившие реализовать на практике технологию переменного тока (в противоположность постоянному току). Сейчас переменный ток используется для передачи электроэнергии на большие расстояния. Его индукционный двигатель переменного тока работает с использованием вращающегося магнитного поля. Для иллюстрации этой идеи он разработал демонстрацию «Колумбово яйцо». Он использовал магнитное поле, чтобы заставить гигантское яйцо из меди подняться и вращаться на своей оси.

Тесла фигурирует в качестве одного из персонажей фильма Кристофера Нолана о фокусниках-конкурентах «Престиж» (The Prestige). Его сыграл Дэвид Боуи, которого выбрали по той причине, что на эту роль нужен был кто-то «необычайно харизматичный». Рок-звезда Боуи, между прочим, также является изобретателем и соавтором одной из первых программ, которая помогала творческим людям сочинять тексты песен.

Глава 17

Перемешивание без сдвига крайних карт: **новые процедуры из прежних и слои абстракции**

Магия

В результате такой перетасовки пара карт, расположенных сверху и снизу колоды, остается на своих местах.

Вычисления

После создания в целом полезных процедур и проверки их работоспособности можно приступить к созданию новых процедур на их основе. Вы создаете новый надежный код на основе существующего надежного кода, а не разрабатываете все с нуля.

Фокус

В этом фокусе вы просто дважды проделываете перетасовку с подменной крайних карт.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перемешивания без сдвига крайних карт:

{У вас обычная колода карт}

1. Произведите перетасовку с подменой крайних карт.
2. Произведите перетасовку с подменой крайних карт.

{Колода перетасовывается, но первая и последняя карты остаются на прежних местах}

Как это работает

Как и в случае с однократной перетасовкой с подменой крайних карт, верхняя и нижняя карты меняются местами, однако при двукратной перетасовке они возвращаются в исходное положение. Карты между ними меняют свое положение.

Вычислительное мышление

После создания процедуры мы можем использовать ее так же, как если бы она была базовой, простой инструкцией данного языка. В частности, мы можем создавать новые полезные процедуры из более простых, как показано здесь.

Мы создаем новую фальшивую перетасовку на основе исходной, но теперь она действует несколько иначе (первая и последняя карты остаются на месте). Мы создаем **уровни абстракции (layers of abstraction)**. Сначала создаем примитивные процедуры. В дальнейшем нам больше не придется беспокоиться о принципах их работы при разработке более сложных процедур. Пока мы знаем, что наша базовая фальшивая перетасовка меняет местами первую и последнюю карты, нам не важно, как это происходит. Этого знания достаточно для уверенности в том, что если сделать это дважды, то первая и последняя карты останутся на своих местах. Теперь, будучи точно уверенными в работе нашей новой перетасовки, мы можем использовать ее при разработке новых фокусов, не заботясь о деталях исходного базового или нового составного шага, который на самом деле выполняется при создании нового фокуса. Подробности более низких уровней процедур скрыты в инструкциях более поздних (см. рис. 17.1).

Такое наложение процедурных абстракций – ключ к созданию по-настоящему больших программ, которые действительно работают. Без этого подробности быстро становятся слишком сложными и не помогают избежать ошибок.

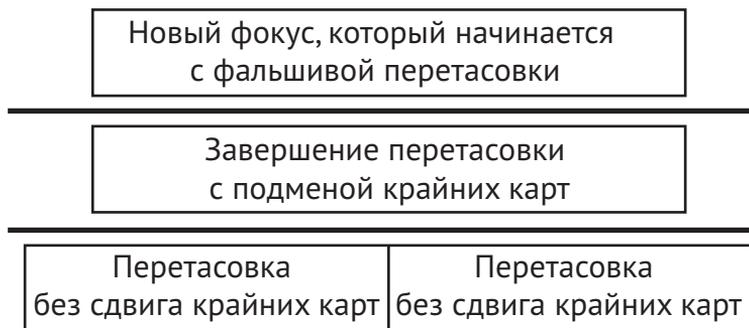


Рисунок 17.1. Создание новых компонентов из существующих на основе слоев абстракции

По-настоящему хорошо спроектированные программы формируются из множества примитивных процедур. Из них создается более сложный комплекс примитивов, а затем из них – еще более сложный и т. д. Группы таких примитивов помещаются в библиотеки, чтобы их можно было включить в любую нуждающуюся в них программу.

Разумеется, речь – о процессе *разработки* новых фокусов (и программ). Конечно же, вам понадобятся некоторые подробности для практического выполнения фокуса с использованием подобного приема, и эти подробности уже есть в соответствующих именованных инструкциях, если они вам вдруг понадобятся. Например, при отработке фокуса из этой книги, где требуется выполнить фальшивое перемешивание, вы просто переходите на нужную страницу по каждому шагу, а по окончании возвращаетесь обратно.

Вместе с тем такая многоуровневая декомпозиция, пожалуй, оказывает существенную помощь и в изучении фокусов. Сначала вы можете освоить базовую технику фальшивой перетасовки. Только когда вы в совершенстве овладеете этим приемом и он «загрузится» в ваш мозг, вы сможете приступить к отработке более сложной версии, где он используется дважды. Таким образом, подобная разновидность абстракции, этот фокус вычислительного мышления, полезен для тех, кто *следует инструкциям*, а не только при написании программ или разработке этих инструкций.

Интермедия: Говард Терстон

Говард Терстон (Howard Thurston, 1869–1936) был одним из величайших фокусников конца XIX – начала XX века. Он провозгласил себя «королем карт», исходя из своего искусного мастерства в карточных фокусах. В их числе – появление и исчезновение карт на кончиках пальцев, а также фокус, в котором выбранные зрителями карты поочередно поднимаются на вершину колоды, размещенной внутри бокала. В детстве он был скорее мелким уличным жуликом и аферистом, чем это можно предположить по его утонченной внешности впоследствии. Он путешествовал из города в город, скрываясь в товарных поездах. Он пробовал стать жокеем, работал в цирке и едва не стал служителем церкви. В конце концов он полностью изменил свою жизнь благодаря обучению карточным фокусам по магической книге и долгим часам практики, после чего стал настоящим мастером карточной магии. Он также учился фокусам у других, но с помощью своих навыков и творческого подхода превращал их в «шедевры». Несмотря на репутацию мастера карточных фокусов, в конечном итоге его шоу были очень масштабными и нуждались в грузовиках с оборудованием для создания сложных иллюзий.

Глава 18

Перемешивание без сдвига верхних карт: **параметры и обобщения**

Магия

При таком способе перетасовки верхние карты в колоде остаются на месте.

Вычисления

Рассмотренные нами процедуры присваивают коду, выполняющему одну задачу, свое название. Параметры позволяют одной процедуре выполнять целый ряд связанных между собой задач за счет указания информации, которая позволяет изменить ситуацию в самом начале. Они дают возможность обобщить процедуру, то есть применять ее в самых разнообразных ситуациях, а не только в какой-то одной особенной.

Фокус

Возьмите колоду, как при стандартной перетасовке. Однако при этом прижмите согнутый второй палец руки, держащей карты, к тыльной стороне колоды. Переложите стопку карт сверху в другую руку, как

при обычной перетасовке. Убедитесь, что в этой первой стопке есть все карты, которые вы хотите в итоге оставить на месте.

Продолжайте тасовать, но при этом, перекладывая вторую группу в другую руку, возьмите первые карты с нижней стороны исходной колоды, зажав их между большим и остальными пальцами.

Теперь в вашей первой руке есть две группы карт: остатки колоды, а за ними – те, которые вы отделили первыми, поставив между ними второй палец. Новая небольшая стопка, которую вы отделили второй, находится в другой руке.

Прижмите кончик второго пальца, который теперь находится между исходной последней картой и исходной первой картой, к исходной верхней карте. Этим пальцем вы удерживаете бывшие ранее верхними карты на месте в нижней части колоды в вашей первой руке. Продолжайте обычное извлечение карт из колоды стандартным способом перетасовки. Когда вы переложите карты из нижней части исходной колоды в другую руку, у вас останется группа карт, которая была сверху. Переложите их спереди, как будто они все это время находились в нижней части колоды.

Как это работает

Первые карты, которые вы снимаете с верхней части колоды, во время перетасовки остаются на заднем плане. В конце они снова оказываются сверху. Таким образом, это гарантирует, что к концу перетасовки эти карты все еще находятся вверху колоды. Отделив большее количество карт, чем то, которое вы хотите оставить на своем месте, вы можете гарантировать, что в результате перетасовки останется определенное количество карт. Вы можете повторять эту перетасовку столько раз, сколько захотите, но всегда снимая вначале одинаковое количество карт.

Магический алгоритм

Этот алгоритм можно применять многократно для более тщательной перетасовки.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перетасовки без сдвига верхних карт, где количество карт, которые должны остаться на месте, равно n :

$\{n < 20\}$

1. Удерживайте колоду карт в одной руке между большим и остальными пальцами.
2. Прижмите второй палец этой руки к тыльной (то есть нижней) стороне колоды.
3. Отделите группу из более чем n карт с верхней стороны колоды в этой руке и переложите их в другую руку.
4. Переложите оставшуюся часть колоды вперед, отделите вторую группу карт спереди во вторую руку, одновременно прижимая средний палец к верхней карте начальной группы.
5. Снимите оставшуюся часть колоды, придерживая изначальное карты сзади, оставив только вторую группу.
6. Делайте это до тех пор, пока во второй руке не окажутся все карты, кроме тех, что удерживаются сзади.
 - а) Отделите небольшую группу карт с верхней части изначальное колоды и переложите ее в верхнюю часть стопки, образовавшейся в другой руке.
7. Переложите оставшиеся карты из первой руки поверх тех, что находятся в другой руке.
8. Возьмите колоду в первую руку.

{Колода перетасована, но положение по крайней мере первых n карт не изменилось}

Вычислительное мышление

Эту процедуру можно использовать в самых разных ситуациях, не только для предыдущей фальшивой перетасовки. Эта перетасовка далеко не всегда выполняется одинаково. В некоторых фокусах может потребоваться оставить на месте только верхнюю карту. В других может понадобиться оставить только первый десяток.

Мы ввели в процедуру число n , которое используется для указания количества карт, которые следует оставить на месте в начале колоды. Число n может означать различные фактические числа в зависимости от потребности конкретного фокуса. Это – **параметризованная декомпозиция (parameterised decomposition)**. Мы создали описание общей версии перетасовки, в которой при ее применении в фокусе мы указываем количество оставляемых карт с помощью **параметра n** .

В нашем алгоритме параметр n – это количество карт, которые нужно оставить на месте. Обратите внимание, что у нас есть предвари-

тельное условие, чтобы n было меньше 20 ($n < 20$). По сути, это говорит о том, что не стоит полагаться на такую перетасовку с целью оставить на месте почти половину или большую часть колоды. Если попробовать, это, конечно, сработает, но наверняка будет выглядеть не очень убедительно. Для получения эффективного результата следите за тем, чтобы количество оставляемых карт не превышало 20.

В реальном фокусе с использованием этой перетасовки мы могли бы дать неформальное описание, например

(!) «Сделайте (DO) фальшивую перетасовку, оставив 10 верхних карт на месте».

Число 10 в данном случае является значением параметра n для использования перетасовки в этом конкретном фокусе.

В нашей немного более формальной нотации для обозначения того же самого мы бы написали:

(1) Сделай (DO) фальшивую перетасовку С (WITH) количеством карт, которые останутся на месте 10.

Здесь число 10 называется **актуальным параметром (actual parameter)**, поскольку оно дает реальное значение для использования. В разных фокусах (то есть при использовании процедуры) это число (то есть фактический параметр) будет разным. Переменная n называется **формальным параметром (formal parameter)**. Формальный параметр n – это просто имя, используемое в качестве обозначения для каждого значения n , которое может нам понадобиться. Разумеется, чтобы фокус сработал, вам необходимо попрактиковаться в определении правильного количества используемых карт. При продолжительной практике вы сможете делать это безошибочно. Для большинства же обычных людей это будет лишь приблизительный результат, так что лучше перестраховаться и оставить больше карт, чем нужно.

Идея работы с параметрами является одной из ключевых в программировании. Реальные программы состоят из множества процедур, каждая из которых получает параметры аналогичным образом. Параметры повышают общую эффективность процедуры. Например, если у нас есть процедура для вывода на печать вдвое увеличенной таблицы, то в коде мы можем заменить 2 на формальный параметр n . Тогда процедура сможет распечатать таблицу с произвольным масштабом простым указанием другого фактического параметра.

Так мы представляем важную для вычислительного мышления идею **обобщения (generalisation)**. После того как мы написали программу

или процедуру для решения конкретной задачи, полезно сделать ее обобщение: заставить ее быть полезной для максимально широкого диапазона ситуаций. Один из способов добиться этого – добавить параметры в процедуры.

Когда я впервые столкнулся с фальшивой перетасовкой, то воспринял ее исключительно как простой способ оставить верхнюю карту на месте. Это очень полезно, но в случае обобщения такой перетасовки можно будет оставить в верхней части колоды большее количество карт. Благодаря обобщению исходной перетасовки, как я ее понимал, она пригодилась в большем количестве фокусов.

Мне не нужно изобретать новые фальшивые перетасовки для фокусов, в которых требуется оставить больше карт на месте. Точно так же, используя обобщенные процедуры, мы экономим на последующей оптимизации процесса создания кода.

ПАУЗА: Ада Лавлейс

Графиня, дочь поэта лорда Байрона, Ада Лавлейс (Ada Lovelace, 1815–1852) нередко упоминается как первый программист благодаря ее работе над алгоритмами для предложенных Чарльзом Бэббиджем (Charles Babbage) вычислительных машин викторианской эпохи. Его «Аналитическая машина» (Analytical Engine) стала бы первым компьютером общего назначения, если бы ее создание было завершено. Однако на самом деле она не писала программ, в немалой степени потому, что для машины Бэббиджа не был разработан язык программирования. Она лишь разработала последовательности состояний, через которые должна была пройти машина для выполнения определенных алгоритмов, и при этом обнаружила ошибку в алгоритме самого Бэббиджа. Сегодня программисты в процессе изучения кода используют ту же идею для поиска ошибок в программах с помощью логического мышления. Самым большим достижением Ады, пожалуй, можно считать утверждение, что в один прекрасный день компьютеры смогут взять на себя выполнение творческих задач, в частности сочинение музыки, в то время как Бэббидж представлял себе компьютер всего лишь в виде усовершенствованного счетного устройства для выполнения арифметических действий. Она же смогла осознать, что поскольку компьютеры работают с символами, они смогут оперировать не только числами.

Глава 19

Перемешивание без сдвига части колоды: **замена одной процедуры на другую**

Магия

В результате такой фальшивой перетасовки первая четверть колоды остается без изменений.

Вычисления

Если две процедуры выполняют одно и то же действие, то можно поменять одну на другую, и все остальное по-прежнему будет работать. Это позволяет вносить небольшие изменения без необходимости менять или проверять весь остальной код.

Фокус

Возьмите собранную колоду как для перетасовки сверху вниз. Вам необходимо добиться того, чтобы верхняя часть колоды (скажем, 13 верхних карт) осталась на месте. Во время первой части перетасовки снимите большую часть карт сверху, причем больше того количества,

которое вы хотите оставить на месте. Поместите следующую стопку карт, которую вы снимаете сверху, немного сбоку. Маги называют это боковым перемешиванием. Оставшиеся карты перетасуйте небольшими стопками, выполняя обычную убедительную процедуру ручной перетасовки.

Осталось только сдвинуть карты, что вы и делаете, поднимая часть с вашей сохраненной стопкой карт с тыльной стороны колоды. Это легко сделать, потому что она находится сбоку от остальных. Переместите эту секцию в верхнюю часть колоды (рис. 19.1).

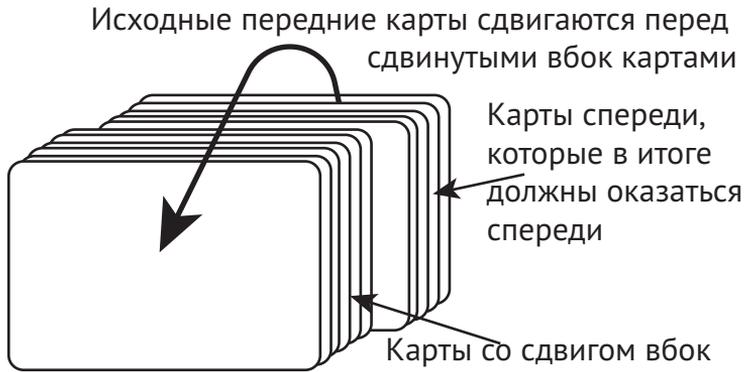


Рисунок 19.1. При боковой перетасовке нужно сначала переложить верхнюю часть в другую руку, затем положить последующие карты немного сбоку. В конце начальные карты возвращаются вперед

Практикуйтесь до тех пор, пока это не будет выглядеть как правдоподобная перетасовка и окончательное снятие, в то время как на самом деле вы удерживаете нужную вам часть карт вверху колоды.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перетасовки без сдвига части колоды с количеством карт, которые должны остаться на месте, n :

$\{n < 20\}$

1. Удерживайте колоду карт в одной руке между большим и остальными пальцами.
2. Снимите сверху большую стопку карт (больше n) и переложите их в другую руку.

3. Возьмите вторую меньшую стопку карт с верха оставшихся в первой руке, но переложите их немного в сторону в другую руку поверх первой стопки карт.
4. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА все карты не окажутся в другой руке.
 - а) Большим пальцем снимите небольшую стопку карт сверху оставшихся в первой руке. Переложите их поверх стопки, образовавшейся в другой руке.
5. Положите карты на стол.
6. Снимите колоду по месту сдвинутых в сторону карт.
7. Переложите прежнюю нижнюю часть колоды поверх другой стопки.

{Колода перетасована, но положение по крайней мере первых n карт осталось неизменным}

Как это работает

Сдвинутые вбок карты были первыми в колоде, и после окончательного сдвига они вновь оказались сверху без изменений.

Вычислительное мышление

Спецификация этого фокуса идентична предыдущей фальшивой перетасовке без сдвига верхних карт. Это означает, что любой фокус с использованием такой фальшивой перетасовки может быть заменен этим, и он будет точно так же эффективен. Вы можете использовать этот трюк, например, по причине того, что в одном шоу вы делаете два фокуса, которые начинаются с одной и той же фальшивой перетасовки. Поэтому замена одного варианта на другой внесет больше разнообразия. Или, возможно, у вас лучше выходит один из вариантов, потому что вы больше его отрабатывали, и тогда во время важнейшего выступления вы меняете его на другой. Или один из них выполняется быстрее, а у вас ограниченное время на выполнение фокуса. Или для выполнения сдвига карт вам нужен стол, а фокус выполняется без него...

Это еще один немаловажный способ использования **процедурной абстракции**. Она позволяет модифицировать алгоритмы, фокусы и программы таким образом, что это гарантированно не влияет на их алгоритмическую реализацию.

В программах может возникнуть потребность заменить процедуру новой версией, более быстрой или использующей меньше памяти, или той, которая только что появилась в новой стандартной библиотеке, разработанной для удобства сопровождения всей программы (как мы увидим в следующей главе).

Интермедия: Джон Невил Маскелайн

Джон Невил Маскелайн (John Nevil Maskelyne, 1839–1917) был одним из величайших иллюзионистов викторианской эпохи. Помимо множества различных фокусов, он изобрел изначальную версию трюка с левитацией, когда человек будто парит над землей. В его книге «Жулики: полный обзор тайн мошенничества в азартных играх» (*Sharps and Flats: A Complete Revelation of the Secrets of Cheating at Games of Chance and Skill*, 1894) содержится исчерпывающая информация о трюках карточных мошенников и о том, как они обманывают игроков в карты. Он также является основателем Оккультного комитета – группы по разоблачению мошенников, заявляющих о наличии у них сверхъестественных способностей. В ответ на его разоблачения спиритуалист Альфред Рассел Уоллес (Alfred Russel Wallace. Прославился тем, что независимо от Чарльза Дарвина пришел к выводу, что эволюция протекает путем естественного отбора) лишь заявил, что Маскелайн сам обладает сверхъестественными способностями. Маскелайн также изобрел устройство для платного туалета, где для отпирания двери использовался пенни, и в конечном счете именно он является автором фразы «потратить пенни», которая означала посещение туалета.

Глава 20

Циклический ложный сдвиг: **библиотеки полезных процедур**

Магия

В результате такого сдвига циклический порядок в колоде остается неизменным, лишь начинается с другой точки цикла.

Вычисления

Программисты собирают подобные процедуры, например необходимые для работы с одной структурой данных, в так называемые библиотеки.

Фокус

Разверните карты веером и попросите зрителя прикоснуться к обратной стороне одной из них. Сдвиньте колоду в этом месте, переложив верхнюю половину вниз. Повторяйте эту процедуру так долго, как захочет зритель, чтобы «тщательно перемешать их».

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) циклического ложного сдвига:

{Ничего не предполагается}

1. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА зритель не будет доволен тем, что карты тщательно перемешаны.
 - а) Разверните карты веером.
 - б) Попросите зрителя указать на одну из карт.
 - с) Разделите колоду в этом месте, положив верхнюю часть вниз.

{Колода выглядит перетасованной, но циклический порядок карт остается неизменным, хотя и начинается с другой точки цикла}

Как это работает

На самом деле это всего лишь серия обычных сдвигов колоды. Сдвиг колоды не меняет циклический порядок карт. Вы можете делать это сколько угодно раз, и цикл будет тем же самым, просто начнется с другой точки. Чтобы понять это, представьте себе карты, разложенные по кругу, до сдвига и после него. До и после сдвига круг тот же самый, только с поворотом (см. рис. 20.1). Те же карты следуют друг за другом, как и раньше. Вы можете делать это столько раз, сколько захотите, а цикл все равно сохранится. Если каждый раз раскладывать колоду веером, то происходящее будет менее очевидно, чем если бы вы просто многократно сдвигали колоду. Вы также можете пригласить к участию множество зрителей, и тогда решение о порядке «перетасовки» колоды будет приниматься сообща.

Вычислительное мышление

Приемы из этого раздела – полезные компоненты для создания множества разнообразных фокусов. Любой опытный иллюзионист формирует свой собственный репертуар таких приемов, к которым он может прибегать по мере необходимости, придумывая новые фокусы или разрабатывая собственные версии старых. Ложная перетасовка в начале фокуса, когда карты находятся в известном положении или порядке, отвлекает внимание зрителей от того, что происходит на самом деле.

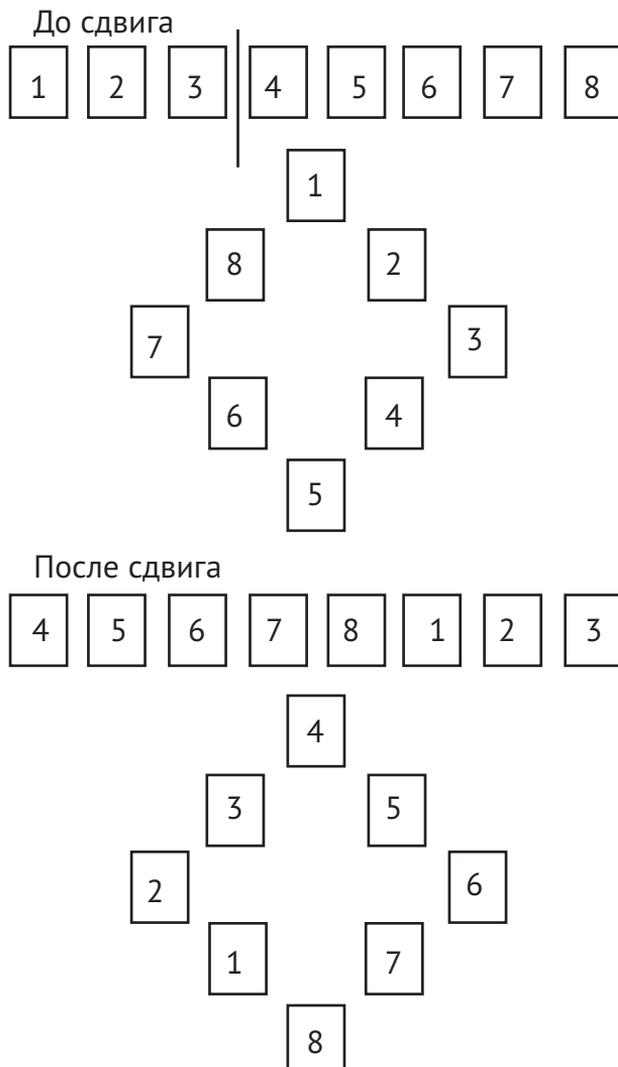


Рисунок 20.1. Карты колоды, разложенные по кругу до и после сдвига. Циклический порядок остается неизменным

В программировании есть подобная идея создания библиотек. Называя ее «библиотекой», вы на самом деле используете дизайнерскую метафору по аналогии с книжной библиотекой для создания у людей образа организованной коллекции. Здесь мы в одном месте собираем полезные схожие магические приемы: репертуар фокусника, состоящий из сдвигов и перетасовок, для создания библиотеки «Сдвиги и перетасовки». В программировании используются библиотеки полезных операций, которые можно выполнять над одной структурой

данных, например библиотека операций со списками, в которой есть все необходимое для управления списками элементов, или библиотека операций со строками символов (словами, предложениями и т. д.).

Вместо составления подробного описания всех процедур на каждый случай их востребованности с приведением полного алгоритма каждого фокуса или программы мы можем просто **приложить** библиотеку и отметить их доступность. Если мы пишем серию руководств по магии для описания всех наших фокусов, мы можем написать одну книгу только о сдвигах и перетасовках и ссылаться на нее при каждом их упоминании. Тогда нам не придется рассказывать о каждом из них, и мы не будем писать инструкции, например по циклическому ложному сдвигу, в каждой книге.

Такой принцип организации позволяет нам эффективно использовать **процедурную абстракцию** и **декомпозицию**, сокращая объем работы и действительно делая наши инструкции более понятными.

ПАУЗА: Морис Уилкс и Дэвид Уилер

Морис Уилкс (Maurice Wilkes, 1913–2010) и его коллеги создали в Кембриджском университете один из первых цифровых компьютеров – EDSAC. Он сразу же стал востребован исследователями. В своих научных изысканиях EDSAC использовали три группы лауреатов Нобелевской премии – по химии, физике и медицине. На нем была создана первая в мире компьютерная игра: программа «крестики-нолики». Уилкс совместно с членом команды EDSAC Дэвидом Уилером (David Wheeler, 1927–2004) создал библиотеку полезных процедур, которые можно было включить в любую программу. Они хранились на бумажных лентах в картотеке, а их описания (спецификация или интерфейс) размещались в библиотечном каталоге. В нем содержались подробные сведения о предназначении каждой процедуры, а также о порядке их вызова. Сегодня мы бы назвали этот каталог спецификацией интерфейса прикладного программирования, или спецификацией API (Application Programming Interface).

Часть VI

Создание чего-то большого

Мы уже познакомились с основными приемами разработки, которые помогают нам создавать большие программы шаг за шагом. В этом разделе мы для начала расскажем о значимости четкого описания действий процедур, затем попробуем проследить процесс передачи результатов от одной процедуры или фокуса к следующему и применим эти приемы на примере уже знакомого нам фокуса.

Глава 21

Ложный выбор: интерфейсы программирования

Магия

Ложный выбор – это способ заставить зрителя поверить, что он сам выбрал одну из трех вещей, в то время как на самом деле выбор был сделан вами.

Вычисления

Чтобы процедуры можно было использовать в больших программах без ошибок, им необходимо иметь понятные интерфейсы, то есть спецификации или описания того, что именно они делают и когда их можно применять.

Фокус

Предположим, имеется три объекта, и вы хотели бы оставить один из них, скажем третий. Это могут быть, например, три стопки карт или три коробки, в одной из которых спрятан сюрприз. Попросите добровольца указать на один из предметов. Если он укажет на тот, который вы хотите оставить, скажите: «Хорошо, мы оставим этот». Два других предмета вы убираете.

Если же доброволец укажет на один из тех, которые вы хотите убрать, скажите: «Хорошо, мы уберем этот». Вы убираете его. В таком случае у вас остается еще один объект, который необходимо убрать. Теперь вы заполните определенное время подходящей к ситуации историей, чтобы все забыли об изначальном действии. Затем вы просите участников указать на один из двух оставшихся предметов. На какой бы предмет они ни указали, вы убираете тот, который хотите убрать, и оставляете другой, произнося подходящую фразу для обоснования этого, как описано выше (см. рис. 21.1).



Рисунок 21.1. Если (а) указан желаемый объект, выбор сделан. В противном случае (b, c) вы отбрасываете указанный предмет и повторяете ложный выбор

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) ложного выбора с выбранным объектом n :

{Три объекта разложены на столе. Вы хотите, чтобы из трех объектов был выбран объект n , где $n = 1, 2$ или 3 }

1. Попросите добровольца указать на один из предметов.
2. **ЕСЛИ (IF)** он укажет на объект n ,

ТОГДА (THEN)

- a) Скажите: «Хорошо. Вы выбрали этот объект».
- b) Отбросьте два других.

В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE)

- a) Скажите: «Хорошо. Мы убираем его».
- b) Уберите указанный предмет.
- c) Поговорите о чем-то другом, чтобы дать им время забыть ваши действия.
- d) Попросите добровольца указать на один из оставшихся двух предметов.
- e) **ЕСЛИ (IF)** он укажет на объект n ,

ТОГДА (THEN)

- i. Скажите: «Хорошо, вы выбрали этот предмет».
- ii. Уберите другой объект.

В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE)

- i. Скажите: «ОК. Мы убираем его».
- ii. Уберите предмет, на который указывают.
- iii. Скажите: «У нас остался вот этот», указывая на оставшийся объект, n .

{Остался объект n }

Как это работает

Убедитесь, что вы говорите «укажите», а не «выберите», когда просите сделать выбор, так как это нейтральная формулировка, которая не предполагает никаких определенных действий, которые вы предпримете по их указанию. Поскольку вы не сообщали добровольцу, что именно вы собираетесь сделать с предметом, на который он указал, и

использовали такой нейтральный язык, ему не покажется странным, что вы уберете его или оставите. Так как вы продельваете этот фокус впервые, никто даже не догадывается, что существует какой-то альтернативный вариант действий.

Вычислительное мышление

Не только сдвиги и перетасовки карт могут быть использованы для усовершенствования различных фокусов. Здесь мы привели пример полезного ложного выбора. Аналогичным образом можно написать множество различных процедур, которые будут храниться в библиотеках и использоваться в случае необходимости. Здесь мы имеем дело со способом принуждения к определенному выбору, при этом он выглядит как свободный выбор. Другим примером является «матрица принуждения», описанная в следующей главе. Таким образом, можно составить отдельную коллекцию, или «библиотеку», алгоритмов ложного выбора.

Каждый такой отдельный мини-фокус, или библиотечная процедура, создаваемая нами, предполагает наличие понятного **интерфейса** в том смысле, что он должен быть продуман до мелочей, и тогда можно четко определить ситуацию для его применения с однозначным и четким эффектом. В этом случае нам будет легко дать точное описание (т. е. спецификацию) для случаев, когда она может быть использована, и каким будет эффект. Например:

Ложный выбор может использоваться в случаях наличия трех предметов (или групп предметов), когда вы хотите оставить только один конкретный предмет из трех.

После осуществления ложного выбора вы остаетесь с тем из трех предметов, который и хотели, но зрители уверены, что выбор сделал один из них.

Мы позаботились о том, чтобы у всех описанных здесь вариантов сдвига, перетасовки и ложного выбора были понятные интерфейсы. Например, интерфейс для циклического ложного сдвига (глава 20) выглядит следующим образом:

Циклический ложный сдвиг – это фальшивая перетасовка, которую можно выполнить в любой момент, если точный порядок карт не имеет значения, а важен только циклический порядок. При этом порядок карт в цикле остается неизменным, меняется только начальная позиция.

Подобные спецификации в программах часто записывают в виде **комментариев** (примечаний для читателя) перед фактическим кодом.

Однако использование английского языка для этих целей порой может оказаться проблематичным, поскольку его трудно назвать достаточно точным. Это наводит на мысль о **языках спецификаций на основе логики** (**logic-based specification languages**), где для создания спецификации используется математика. Например, с помощью математики можно точно указать, что количество карт должно быть менее 20. По сути, мы делали подобное при составлении некоторых более простых предусловий, таких как $\{n < 20\}$, в наших предыдущих алгоритмах фальшивой перетасовки. Аналогичным образом мы могли бы написать спецификации вроде «циклический порядок остается неизменным» с помощью логики. Написание математических спецификаций очень похоже на написание программ, поскольку для выражения своих намерений мы используем строго определенную и точную нотацию. Разница в том, что вместо указания того, как что-то делается в программе, мы просто описываем конечный результат: *что* должно получиться или произойти. В идеале лучше всего использовать комбинацию английского языка и логики, чтобы быть одновременно точным (логика) и простым для понимания в общих чертах (английский).

Составление математических спецификаций для описания программных интерфейсов очень важно в тех случаях, когда код критически важен с точки зрения безопасности. Мы не будем вдаваться в подробности составления полностью математических и логических спецификаций, поскольку это заняло бы отдельную книгу.

ПАУЗА: Томми Флауэрс

Томми Флауэрс (Tommy Flowers, 1905–1998) до сих пор остается невоспетым героем истории изобретения компьютеров. Он работал в британском Главном почтовом управлении и занимался созданием электронных телефонных станций. К нему обратились за помощью Алан Тьюринг и другие сотрудники Блетчли-парка, которые работали над созданием машин для быстрого взлома немецких шифров. В частности, он помогал создавать машины для взлома сообщений, отправляемых немецким командованием с помощью шифра, который был еще сложнее, чем знаменитая «Энигма». Флауэрс придумал концепцию Colossus – первый в мире программируемый цифровой компьютер. В нем применялись клапаны, которые в то время использовали в телефонных системах. Другие члены команды были настроены скептически, поэтому он разрабатывал свои проекты самостоятельно, еще на почте, на собственные средства. В итоге его аппарат Colossus был использован в Блетчли-парке и позволил взломать одно из самых важных сообщений войны. Из него следовало, что Гитлер не верил в возможность высадки в Нормандии, поэтому не прислал подкрепления. Зная об этом, генерал Эйзенхауэр приказал провести «День Д» буквально на следующий день, что изменило ход войны. Поскольку после войны работа в Блетчли-парке держалась в секрете, никто не знал о вкладе Флауэрса в течение 30 лет.

Глава 22

Матрица принуждения: **функции**

Магия

Матрица принуждения заставляет добровольца всегда выбирать одно и то же число из таблицы, несмотря на наличие у него нескольких возможных вариантов.

Вычисления

Ранее мы уже использовали декомпозицию для создания процедур, которые обеспечивают простое выполнение работы. Их разновидностью является функция. Задача функции – выдать ответ, например число или структуру данных. Этот ответ будет использован в программе в дальнейшем. Мы также рассмотрим предварительную обработку данных: упорядочивание данных перед началом работы, с последующим использованием результата в программе.

Фокус

Вы составляете таблицу из «случайных» чисел. Это можно сделать разными способами: разложить верхние карты из колоды в квадрат 4×4 , написать числа 1–25 в квадрате 5×5 (1, 2, 3, 4, 5, ...) или просто взять заготовленную заранее таблицу со «случайными» числами.

По очереди несколько зрителей выбирают число из таблицы. Выбранное число они обводят кружком. Затем они зачеркивают другие числа в той же строке и в том же столбце, что и выбранное ими число.

Теперь у вас есть ряд случайно выбранных чисел в обведенных кружках. Вы складываете их для определения итогового случайного числа. Выполняя эту процедуру в качестве самостоятельного фокуса, вы показываете, что итоговый результат – это число, которое вы ранее запечатали в конверте (или предсказали другим творческим методом по вашему выбору). В качестве альтернативы можно использовать навязанное вами число, которое послужит основой для какого-нибудь другого главного фокуса (как, например, в следующей главе).

Магический алгоритм (часть I)

**Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Матрица принуждения»
С (WITH) матрицей f :**

1. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА все числа в матрице f не будут обведены или зачеркнуты.
 - a) Попросите кого-нибудь из зрителей выбрать и обвести кружком число, которое еще не было обведено или зачеркнуто.
 - b) Вычеркните все остальные числа в том же ряду, что и обведенное число.
 - c) Вычеркните все остальные числа в том же столбце, что и обведенное число.
2. Сложите обведенные числа, чтобы получить сумму n .
3. ПОЛУЧИТЕ (RETURN) число n .

Как это работает

Для постановки этого фокуса вам сначала нужно определиться с числом, которое вы хотите загадать и принудительно загадать, и размером таблицы, которую вы намерены использовать. Допустим, число, которое вы собираетесь загадать, равно 127, и вы хотите использовать таблицу размером 5×5 . В этой таблице 5 строк и 5 столбцов. Для каждой строки и каждого столбца вам нужно «начальное» число, поэтому в данном случае вам нужно $5 + 5$, то есть 10 «начальных» чисел. Придумайте любые 10 чисел, которые в сумме дают одинаковое число для принудительного результата (например,

$0 + 48 + 12 + 3 + 7 + 13 + 1 + 2 + 37 + 4 = 127$). Запишите первые 5 стартовых чисел по сторонам таблицы 5×5 , а остальные 5 чисел расположите сверху. Теперь для каждой позиции в реальной таблице прибавьте число, стоящее в начале строки, к числу, стоящему в верхней части столбца, и запишите ответ в этой ячейке.

Итак, (а) вы задаете начальные числа, обозначающие строки и столбцы, которые в сумме дают число для принудительного результата, 127. (б) Вы заполняете числа, складывая начальные числа из строк и столбцов. (с) Окончательная матрица принуждения получается путем удаления начальной строки и столбца. Таким образом, с приведенными выше начальными числами вы получаете таблицу, показанную на рис. 22.1.

	13	1	2	37	4
0					
48					
12					
3					
7					

(a)

	13	1	2	37	4
0	13	1	2	37	4
48	61	49	50	85	52
12	25	13	14	49	16
3	16	4	5	40	7
7	20	8	9	44	11

(b)

13	1	2	37	4
61	49	50	85	52
25	13	14	49	16
16	4	5	40	7
20	8	9	44	11

(c)

Рисунок 22.1. Создание матрицы принуждения

Удаление начальных чисел позволяет составить итоговую матрицу принуждения, которая и будет использоваться в фокусе для принуждения к числу 127.

Теперь сделайте описанный выше фокус с этой матрицей, и результатом будет число 127. Вы можете использовать этот фокус для получения любого нужного вам числа, если начнете с другого начального числа для принуждения и добавите к нему новые начальные числа.

Число принуждения, связанное с таблицей из чисел 1–25, равно 65. Попробуйте создать его сами с помощью начальных чисел: 0, 5, 10, 15, 20, 1, 2, 3, 4, 5. Если вы повторите этот фокус с полученной матрицей принуждения, вы всегда получите число 65.

Аналогично, чтобы получить число 20, можно использовать таблицу 4×4 с начальными числами: 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4. Попробуйте сами и посмотрите, какая матрица принуждения получится в итоге. Поскольку все эти числа меньше 10, вы могли бы создать эту матрицу, разложив игральные карты в квадрат (поместив нужные карты в правильном порядке в верхней части колоды) и даже используя фальшивую перетасовку, например фальшивую перетасовку без сдвига верхних карт

(глава 18), чтобы создать впечатление, что вы перетасовали колоду, но при этом оставляя эти карты на месте. Используйте свое воображение и придумывайте более креативные способы создания таблицы!

Почему это работает? Каждая позиция – это сумма значений начальных чисел строки и столбца. Когда вы вычеркиваете все остальное в этой строке и в этом столбце, вы вычеркиваете все остальные шансы выбрать эти два начальных числа. Это означает, что каждый выбор дает вам два начальных числа, которые до сих пор не были использованы, чтобы добавить их к итоговой сумме. В конце концов, после выбора всех чисел вы получите все начальные числа, представленные в выбранных числах и участвующие в суммировании.

Магический алгоритм (часть II)

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Матрица принуждения» размера n и с числом принуждения f :

1. Выберите $2 \times n$ чисел, которые в сумме дают f .
2. Запишите первые n из этих чисел вертикально по краю, а другие n – по верху таблицы n на n . Это начальные числа строки и столбца.
3. ДЛЯ КАЖДОЙ (FOR EACH) позиции в таблице
 - а) Добавьте начальное число строки к начальному числу столбца.
 - б) Запишите итог в этой позиции таблицы.
4. Сделайте аккуратную копию таблицы без начальных чисел. Это ваша матрица форсирования.
5. ПОЛУЧИТЕ (RETURN) итоговую матрицу принуждения.

Вычислительное мышление

До сих пор мы занимались декомпозицией фокусов (и программ) на процедуры, цель которых – выполнение определенной задачи. Здесь же мы рассматриваем один из возможных вариантов. Вместо простого выполнения задачи мы делаем декомпозицию функций по частям, цель которых – получить конечный результат (например, вычисленное число или полученную таблицу). Мы называем их **функциями (functions)**, а не процедурами, поскольку их целью зачастую является расчет математической функции. И функции, и процедуры иногда на-

зывают **подпрограммами** (**subroutines**), и все три термина нередко взаимозаменяемы, а в некоторых ситуациях их также называют **методами** (**methods**), что может запутать еще больше.

В данном случае у нас есть две функции. Есть функция, задача которой состоит в построении и получении матрицы принуждения. Затем, как часть настоящего фокуса, мы используем матрицу принуждения для получения (**возврата** – **return**) числа. Это число принуждения используется позже в следующей части фокуса.

Однако здесь происходит еще кое-что важное. Речь об идее **предварительной обработки данных** (**preprocessing data**). Нечто подобное нередко делают и фокусники. Они загодя изготавливают какой-либо реквизит, например матрицу принуждения. Им нужно сделать это только единожды, после чего они могут использовать его снова и снова, каждый раз, когда хотят показать фокус.

Аналогично поступают программисты, когда пишут код для подготовки **структуры данных**, с помощью которой можно быстро выполнить определенные задачи. Хорошим примером может служить подготовка структуры данных для быстрого поиска. Мы **ищем** одни и те же данные снова и снова, поэтому имеет смысл потратить некоторое время на подготовку данных для ускорения данного процесса. Именно этим и занимаются компании, которые специализируются на создании поисковых систем. Когда вы вводите запрос в поисковую систему, она не просматривает и не проверяет каждую страницу в интернете за эту долю секунды. Она проверяет заранее подготовленную структуру данных, которая хранится у компании, предлагающей поисковые системы; на основе этой структуры, прошедшей предварительную обработку, их поисковые программы находят веб-страницы, которые их боты ранее обнаружили на просторах интернета.

Это в точности такая же концепция, как в старом бумажном телефонном справочнике (или указателе в книге, например в этой). Кто-то один раз потратил время на организацию (в данном случае сортировку) данных в алфавитном порядке (для создания структуры данных сортированного списка). Эта работа была проделана единожды, чтобы впоследствии можно было быстро выполнить множество последующих поисков телефонных номеров (или страниц).

ПАУЗА: Джон Маккарти

Джон Маккарти (John McCarthy, 1927–2011) известен как один из основоположников технологии искусственного интеллекта и создатель первого функционального языка программирования LISP. Именно этот язык предпочитали первые программисты, которые работали над созданием искусственного интеллекта и пытались создавать программы с интеллектом. Идея заключается в том, что такие программы полностью формируются из математических функций. Это делает их очень точными с математической точки зрения и удобными для анализа. Это позволило использовать идеи математика Лоренцо Черча (Lorenzo Church), создавшего логику на основе функций, для создания языка программирования. Его логика продемонстрировала пределы возможностей компьютерных вычислений, подобно «машинам Тьюринга» Алана Тьюринга: что компьютер может сделать и чего не может. Джон Маккарти был убежденным сторонником свободы слова и полагал, что у компьютеров могли бы быть свои убеждения. Он написал сатирический рассказ «Робот и ребенок» об обществе будущего, где роботам запрещено быть похожими на людей или программно испытывать эмоции. Он предсказал тренд на моментальное получение новостей посредством социальных сетей, что повлечет за собой публикацию миллионами людей своих мнений о новостях по мере их появления.

Глава 23

Принудительная магия книг:

ВЫЗОВ ФУНКЦИЙ – СОЗДАНИЕ БОЛЬШЕГО И ЛУЧШЕГО

Магия

Случайным образом выбирается число. Зритель обращается к странице книги с этим номером. Выбранная страница волшебным образом приводит его к слову. Как само слово, так и страница, на которой оно находится, совершенно случайны: никто не мог его предугадать... Но вы смогли.

Вычисления

После декомпозиции программы на функции и написания самих функций они дают ответы, которые передаются следующей процедуре или функции в последовательности.

Фокус

Этот фокус всего лишь объединяет фокус с принудительной матрицей и волшебную магию книг (глава 6), чтобы добавить дополнительный уровень таинственности.

Перед началом фокуса найдите интересную страницу (скажем, 127) в выбранной вами книге (возможно, в «Волшебнике страны Оз») и определите предсказанное слово на этой странице, как в «Магии волшебной книги» из главы 6. Затем создайте соответствующую матрицу принуждения (скажем, размером 5×5) для номера страницы, то есть для числа 127. Запишите слово для предсказания с этой страницы и поместите его в конверт, который будет готов к оглашению в конце.

При выполнении фокуса используйте матрицу принуждения для выбора страницы в книге, якобы наугад, но на самом деле известной вам заранее. Затем используйте эту страницу для выполнения фокуса «Волшебная книга». В итоге из книги вы узнаете слово, которое станет вашим окончательным предсказанием. Попросите кого-нибудь открыть конверт, чтобы убедиться, что вы предсказали именно это слово.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) принудительной магии с книгой b , принудительной матрицей размера n , принудительным числом $p1$:

1. ПУСТЬ (LET) f БУДЕТ ЗНАЧЕНИЕМ (BE THE VALUE), ПОЛУЧЕННЫМ В ИТОГЕ (RETURNED BY DOING)
Создание матрицы принуждения C (WITH) размером n , числом принуждения $p1$.
2. ПУСТЬ (LET) $p2$ БУДЕТ ЗНАЧЕНИЕМ (BE THE VALUE), ПОЛУЧЕННЫМ В ИТОГЕ (RETURNED BY DOING)
Использование матрицы принуждения C (WITH) числом принуждения f .
3. СДЕЛАЙТЕ (DO) «Волшебную книгу» с книгой b , страницей $p2$.

Обратите внимание, что поскольку матрица принуждения возвращает заранее известное нам число, мы выполняем второй шаг только в целях представления, а не для получения нового числа: $p1$ и $p2$ – это одни и те же числа. Здесь мы исходили из того, что предварительно написали параметризованную версию «Магии волшебной книги», рассчитанную на заданную страницу в выбранной книге.

Как это работает

Это комбинация двух фокусов, каждый из которых гарантированно приводит к результату, причем один из них ведет к другому. Если вы правильно понимаете принцип работы каждого из них (см. главы 6

и 22), то очевидно, что комбинированный трюк сработает непременно.

Вычислительное мышление

Для создания большого и более совершенного фокуса необходимо объединить два фокуса, один из которых передает результат другому. Программисты делают то же самое, соединяя в цепочку несколько имеющихся функций, которые выполняют отдельные действия. Первая служит входным каналом для следующей. Программы часто декомпозируют подобным образом с использованием структуры, схожей с приведенным выше алгоритмом. Первая **функция возвращает** значение или структуру данных, которую она вычисляет (например, матрицу). Это значение передается следующей функции в качестве **параметра**. Вторая функция, в свою очередь, берет это значение и вычисляет с его помощью что-то другое (например, номер страницы). Она возвращает это значение для использования в следующей функции и т. д.

В приведенном выше примере матрица принуждения, f , является результатом работы функции, которая формирует ее. Далее она становится фактическим параметром (то есть переданным значением) для функции, которая задает инструкции по использованию матрицы форсирования. Аналогично обстоят дела с номером страницы. Это результат, полученный при использовании матрицы принуждения, а затем полученное значение номера страницы передается собственно фокусу «Магия волшебной книги».

Здесь также показано, что для создания более совершенного фокуса не обязательно совмещать только простые элементы фокуса, такие как перетасовка. Иногда можно объединить совершенно разные фокусы, которые сами по себе являются достаточно эффективными, чтобы получить куда более мощные фокусы.

Аналогичным образом можно строить и более сложные программы, объединяя между собой функции, которые уже приносят пользу и применяются в виде самостоятельных программ – и таким образом передают результаты работы одной в другую. Процедуры также служат для выполнения каких-либо действий над результатами, вычисленными до этого момента последовательностью функций. Например, процедура может использоваться для вывода результатов выполнения функции на экран. Выстраивая все более длинные последовательности, можно создавать более сложные программы.

Интермедия: Дэвид Девант

Дэвид Девант (David Devant, 1868–1941), которого называют величайшим фокусником XX века, был известен своими фокусами с элементами юмора, благодаря которому они были гораздо более зрелищными, чем собственно иллюзия. Будучи первым президентом Магического круга (Magic Circle, британская организация профессиональных иллюзионистов и фокусников. – *Прим. перев.*), он уделял особое внимание качеству выступлений и однажды поставил на место заносчивого молодого фокусника, который хвастался количеством известных ему фокусов. Он сказал, что знает всего несколько фокусов, но самое главное, что он умеет делать их очень хорошо. Однажды на улице к нему пристал пациент психиатрической больницы, который требовал, чтобы он заставлял появляться монеты из воздуха. Девант развлекал его, пока не пришли люди из больницы и не забрали пациента. Он был увлечен новыми технологиями и после изобретения кинематографа стал одним из первых, кто отправился в турне по стране с демонстрацией фильмов. Было снято несколько фильмов с его участием, в которых он показывал фокусы, в том числе вытаскивал кроликов из шляпы.

Глава 24

Незаметное манипулирование (еще раз): последовательность процедур

Магия

Мы возвращаемся к «Незаметному манипулированию» и «Шляпе для телепортации», чтобы взглянуть на них по-новому.

Вычисления

Процедуры с параметрами позволяют нам создавать обобщенные программы. Мы можем производить их декомпозицию на параметризованные части и выполнять их одну за другой с использованием одних и тех же параметров. Сопоставляя предусловия и постусловия, мы можем сформулировать в общих чертах принцип работы всего алгоритма, не задумываясь о функционировании его отдельных частей.

Фокус

В этой главе мы вновь рассмотрим фокус «Незаметное манипулирование» из главы 1 и его вариацию из главы 14, «Шляпа для телепорта-

ции». При этом мы соберем воедино некоторые из идей, рассмотренных нами до этого момента.

Вычислительное мышление

Мы разработали первоначальный фокус «Незаметное манипулирование» как единый алгоритм, который вообще не подвергался декомпозиции. Затем в «Шляпе для телепортации» мы убедились, что с помощью незначительной декомпозиции можно легко вставить новую часть с аналогичным эффектом. Здесь мы собираемся показать, как можно провести дальнейшую декомпозицию на множество процедур, но при этом использовать параметры для более обобщенного вида. Мы также используем спецификации для разъяснения предназначения каждой части. Таким образом, мы закладываем основы принципов построения больших программ.

Обобщение фокуса

Прежде всего как мы можем обобщить фокус? Количество используемых в фокусе карт может стать параметром, поскольку теоретически оно может меняться. Наша основная команда (вызов процедуры) для выполнения фокуса выглядит так:

СДЕЛАТЬ (DO) «Незаметное манипулирование» с 15 картами.

Теперь наше определение фокуса включает параметр:

СДЕЛАТЬ (DO) «Незаметное манипулирование» С (WITH)
 n картами:

Сработает ли это для произвольного количества карт? Прежде чем читать дальше, попробуйте выяснить, для какого числа карт это действительно будет работать.

Очевидно, что это сработает не для всех чисел, поскольку для появления эффекта перемещения из одной стопки в другую должна быть дополнительная карта. Это означает, что число карт, которое мы называем n , должно быть нечетным. Это не сработает ни с 14, ни с 16 картами. Мы можем уточнить это с помощью следующего утверждения, используемого в качестве предварительного условия:

{Есть n карт И (AND) n нечетное число}

Однако этого недостаточно. На самом деле это не подходит для произвольного нечетного количества карт. Когда вы делите карты

на две стопки, перед тем как положить последнюю карту, вам нужны две одинаковые стопки с несколькими парами, но с одной лишней в каждой (поэтому на этом этапе обе должны содержать нечетное количество карт). Затем нужно положить одну дополнительную карту в одну из двух стопок. Пятнадцать карт подойдут, потому что они делятся на 7 и 7 карт (обе стопки с нечетным количеством карт), а последняя карта образует 8 карт в одной из стопок. В каждой конечной стопке есть 3 пары, плюс одна дополнительная карта в каждой, чтобы получилось 7, а затем последняя «дополнительная карта», которую нужно положить в одну из двух стопок. Поскольку у вас две стопки с нечетным числом карт, эта «лишняя карта» исчезает в новой паре, в какую бы стопку она ни попала.

Тринадцать карт не подходят, потому что они делятся на 6 и 7 карт: 3 пары в каждой стопке и одна лишняя. Шесть пар образуют две стопки по 6, и теперь, на какую бы стопку вы ни положили «лишнюю карту», она не может образовать пару, поэтому не будет исчезать.

Когда мы убираем лишнюю карту (то есть имеем $n - 1$ карт), нам понадобятся две стопки с нечетным числом карт. Значит, это число ($n - 1$) карт должно делиться на 2, и при делении пополам полученное число карт должно быть нечетным. Это дает нам новый признак числа n , который выглядит так:

$$\{(n - 1) \div 2 \text{ является нечетным}\}$$

Объединяя это с тем фактом, что само n также должно быть нечетным, мы получаем предварительное условие для фокуса:

$$\{\text{Есть } n \text{ карт И (AND) } n \text{ нечетное число И (AND) } (n - 1) \div 2 \text{ нечетное число}\}$$

В этом условии сообщается, что фокус гарантированно сработает только в том случае, если все эти три утверждения будут истинными. Мы можем рассматривать это как инструкцию к выполнению, которая, по сути, пресекает наши попытки выполнить фокус, если окажется, что у нас неправильное количество карт. В этом случае нам снова придется начинать с правильного числа. Именно по этой причине я всегда пересчитываю карты, чтобы дважды убедиться в выполнении этого пред условия перед выполнением данного фокуса.

В нашей новой версии инструкции верхнего уровня теперь представлен только краткий обзор фокуса. К концу фокуса должна появиться карта, которая должна перемещаться по стопкам.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «Незаметного манипулирования» С (WITH) n картами:

{Есть n карт И (AND) n нечетное число И (AND)
($n - 1$) \div 2 нечетное число}

1. ВЫПОЛНИТЬ (DO) Сдать карты попарно, оставив по одной карте С (WITH) n картами.
2. ВЫПОЛНИТЬ (DO) Переместить карты обратно в пары, разделив пары на две стопки С (WITH) n картами.
3. ВЫПОЛНИТЬ (DO) Положить лишнюю карту.
4. ВЫПОЛНИТЬ (DO) Сделать вид, что вы перемещаете карту из одной стопки в другую.
5. ВЫПОЛНИТЬ (DO) Показать, что дополнительная карта волшебным образом переместила стопки С (WITH) n картами.

{Дополнительная карта, по всей видимости, переставила стопки}

Мы все еще можем получить подробную информацию о конкретных действиях, которые необходимо выполнить в определенный момент, просмотрев отдельные инструкции для каждого шага. Однако здесь дается общий обзор, не загроможденный деталями.

Цепочка утверждений

Нам все еще предстоит написать подробные инструкции для каждого шага в виде отдельной процедуры. У каждой из них могут быть собственные предусловия и постусловия, указывающие на характер их действий. Фактическая запись этих утверждений в процедурах поможет нам убедиться в том, что весь фокус будет работать, ДО того, как мы начнем разбираться с подробностями. В последовательности инструкций каждое постусловие должно совпадать с предусловием следующего шага. Если этого не происходит, скорее всего, мы используем неправильный шаг. Первый вызов процедуры должен обеспечить выполнение предусловия второго, а второй должен сделать то же самое для третьего. Таким образом, получается цепочка обоснований, как показано на рис. 24.1.

Первым действием в алгоритме станет распределение пар с сохранением одной. Для него действует то же предусловие, что и для всего алгоритма: в начале для обоих шагов должно быть одно и то же значение. Первый шаг обеспечивает, что по его завершении (его постусловие):

{Имеется нечетное количество пар карт, сданных с одной лишней картой, в сумме n карт}

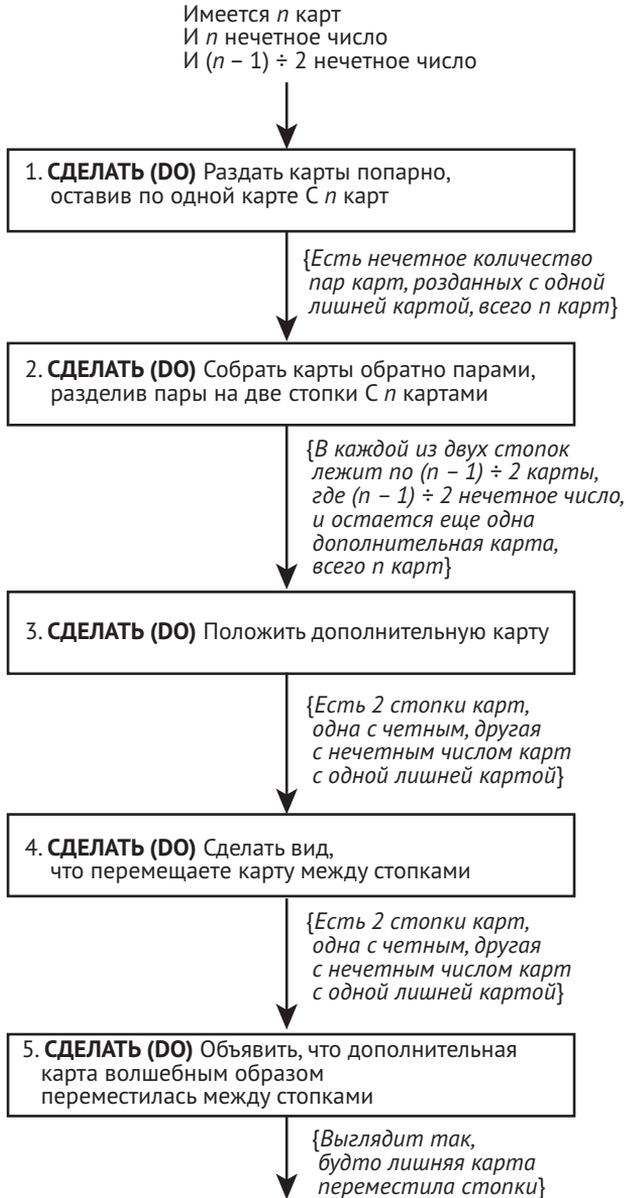


Рисунок 24.1. Объединение процедур с помощью соответствующих предусловий и постусловий

Именно это и является предусловием следующей процедуры. Таким образом, наши предусловия и постусловия пошагово предоставляют нам логический аргумент относительно того, почему фокус будет работать как единое целое. Аргумент выглядит примерно так:

Если мы начинаем с нужного количества карт и составляем две стопки с нечетным числом карт и одной дополнительной картой (то есть n – нечетное и (AND) $(n - 1) \div 2$ – нечетное...

тогда при их попарной раздаче...

Имеется нечетное количество пар карт, сданных с одной лишней картой, всего n карт.

После их возврата на место остаются две стопки, в каждой из которых по...

и т. д.

Запись инструкций для каждого шага в виде процедур

Теперь у нас есть четкая спецификация для каждого шага. Если каждый шаг соответствует своей спецификации, то из наших логических рассуждений мы можем сделать вывод, что весь фокус сработает. Теперь мы подробно описываем каждый из этих основных шагов, составляя определения процедур и отдельно удостоверяясь, что каждая из них гарантирует выполнение постусловия, если предусловие истинно.

Отдельные шаги – это просто группы инструкций на основе инструкций нашей первоначальной версии алгоритма, только с параметрами, использующими n , а не фиксированное число 15, как в исходном варианте. Это означает, что, например, количество раздач карт также выражается через n :

СДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ (DO THE FOLLOWING) $(n - 1) \div 2$ РАЗА...

где $(n - 1) \div 2$ – это просто количество имеющихся пар, если всего у нас n карт.

Итого

Таким образом, мы написали инструкции для основной версии фокуса, которая будет работать с любым необходимым количеством карт, как и указано. Мы провели декомпозицию на ряд основных шагов и использовали предусловия и постусловия для этих шагов, чтобы в общих чертах аргументировать принцип их работы. И наконец, мы подробно расписали эти декомпозированные инструкции. Если мы сможем привести убедительные аргументы в пользу того, что каждая из них соответствует своей спецификации, тогда наш суммарный аргумент подтвердит, что весь фокус сработает.

Магический алгоритм

СДЕЛАТЬ (DO) «Незаметное манипулирование» с 15 картами.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «Незаметного манипулирования» С (WITH) n картами:

*{Имеется n карт И (AND) n нечетное число И (AND)
($n - 1$) ÷ 2 нечетное число}.*

1. СДЕЛАТЬ (DO) Раздать карты попарно, оставив по одной с n карт.
2. СДЕЛАТЬ (DO) Собрать карты попарно, разделив пары на две стопки С (WITH) n картами.
3. СДЕЛАТЬ (DO) Положить дополнительную карту.
4. СДЕЛАТЬ (DO) Сделать вид, что перемещаете карту между стопками.
5. СДЕЛАТЬ (DO) Показать, что дополнительная карта волшебным образом переместила стопки.

{Дополнительная карта, как кажется, переместила стопки}

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) раздачи карт попарно с одной оставшейся картой С (WITH) n картами:

*{Имеется n карт И (AND) n нечетное число И (AND)
($n - 1$) ÷ 2 нечетное число}*

1. СДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ (DO THE FOLLOWING) ($n - 1$) ÷ 2 РАЗА.
 - а) Разложить 2 карты по парам.
 - б) Объявить: «Две карты составляют пару».
2. Положить одну дополнительную карту в стопку.

{Сдано нечетное количество пар карт с одной дополнительной картой в отдельности, всего n карт}

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) перемещения карт обратно по парам с разделением пары на две стопки С (WITH) n картами:

{Имеется нечетное количество пар карт, сданных с одной дополнительной картой, в сумме n карт}

1. СДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ (DO THE FOLLOWING) ($n - 1$) ÷ 2 РАЗА.

- a) Взять пару и разделить на две стопки.
- b) Объявить: «Две карты составляют пару».

{В двух стопках по $(n - 1) \div 2$ карт, где $(n - 1) \div 2$ – нечетное число, еще одна дополнительная карта, которую еще предстоит положить, всего n карт}

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) размещения дополнительной карты:

{Имеется 2 стопки по $(n - 1) \div 2$ карт в каждой, где $(n - 1) \div 2$ нечетное число, с одной дополнительной картой, которую еще предстоит положить, всего n карт}

1. Попросить добровольца выбрать одну из двух стопок, куда он положит лишнюю карту.
2. Он размещает карту в этой стопке.

{Имеется 2 стопки карт, в одной четное количество карт, в другой нечетное количество карт с одной лишней картой}

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) симуляции перемещения карты между стопками:

{Имеются 2 стопки карт, в одной из которых четное количество карт, в другой нечетное количество карт с одной дополнительной картой}

1. Положить руку на стопку с дополнительной картой.
2. Потереть тыльную сторону этой руки.
3. Поднять руку, показывая ладонь, прежде чем разместить ее над другой стопкой.
4. Постучать по ладони и убрать ее, сказав, что карта переместилась.

{Имеются 2 стопки карт, одна с четным количеством карт, другая с нечетным количеством карт и одной дополнительной картой}.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) подтверждения того, что дополнительная карта волшебным образом переместила стопки:

{Имеются 2 стопки карт, одна с четным числом карт, другая с нечетным числом карт и одной дополнительной картой}

1. Взять первую стопку (в которую была положена «лишняя» карта).

2. ДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА у вас не останется ни одной карты.
 - а) Добавить 2 карты из стопки, которую вы держите в руках, в стопку на столе.
 - б) Произнести: «Две карты составляют пару».
3. Взять вторую стопку (в которую НЕ была положена «лишняя» карта).
4. ДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА у вас не останется одна карта.
 - а) Добавить 2 карты из стопки, которую вы держите в руках, в стопку на столе.
 - б) Произнести: «Две карты составляют пару».
5. Показать, что в вашей руке осталась еще одна карта. Лишняя карта была во второй стопке.
{Карта, как кажется, переместилась в другую стопку}

ПАУЗА: Роберт Флойд и Тони Хоар

Роберт «Даблю» Флойд (Robert W. Floyd, 1936–2001) изучал в университете гуманитарные науки, а Тони Хоар (Tony Hoare) специализировался на истории классики и философии. И оба они впоследствии прославились как великие ученые в области компьютерных технологий. Наибольший вклад Флойда связан с идеей использования утверждений, связанных с узлами в блок-схемах программ, как способа подтверждения их корректной работы. Эти идеи были развиты Тони Хоаром, который разработал логику программирования: набор правил, которые можно использовать для обоснования конкретных действий программы и их соответствия математическому описанию того, что она при этом должна выполнять (ее спецификации). Вместе они стали основоположниками в области автоматической верификации программ, что имеет жизненно важное значение для критически важных для безопасности программ: там, где ошибки могут стать смертельно опасными. Оба они сделали множество других полезных достижений в области компьютерных наук за время своей жизни – от изобретения важнейших алгоритмов до создания языков программирования.

Часть VII

Абстракция и представление данных

Мы уже рассматривали применение абстракции к порядку выполнения инструкций в виде процедур. Теперь исследуем аналогичные идеи с данными: абстракцию данных. Данные могут иметь различные представления, которые являются абстрактными версиями реально сохраненных данных. Мы рассмотрим вопрос о том, что значит скрывать базовое представление данных.

Глава 25

Нарисовано для вас: **коды для представления данных**

Магия

Каждый из четырех человек нарисовал свою картинку на листе бумаги. Рисунки перемешались, но вы можете определить каждого автора по его работе.

Вычисления

Фокусы часто опираются на представление информации определенным образом. Выбор подходящего представления данных – основа вычислительного мышления и программирования.

Фокус

Вырвите нижнюю половину листа бумаги из блокнота формата А4. Сложите этот лист пополам, затем еще раз пополам и разделите его на четвертинки по сгибам. Раздайте по листку каждому из четырех друзей, которых вы попросили встать в ряд. Затем дайте каждому одинаковый карандаш и попросите их незаметно нарисовать простую

картинку на своем листе бумаги. Вы можете дать им книгу, чтобы они смогли положить на нее листок во время рисования. Каждый может нарисовать что угодно. Затем попросите каждого скомкать свой рисунок в шарик и положить его в небольшой пакет, в котором они будут тщательно перемешаны.

Вы объявляете, что можете распознавать людей по их рисункам. Вы также способны распознать личность по языку тела (за которым вы наблюдали). Сейчас вы проведете психологическое чтение их рисунков и сопоставите каждый с нарисовавшим его человеком.

Вы по очереди вынимаете скомканные листы бумаги, разворачиваете их и с помощью психологического чтения рисунка правильно определяете того человека, который его нарисовал!

Как это работает

Казалось бы, просто разорвать половину листа на четыре части – вполне нейтральное действие, но на самом деле в этом кроется весь секрет. На кусочках бумаги закодирована информация.

Если вы посмотрите на эти четыре кусочка бумаги, вырванные из блокнота таким образом, то увидите, что каждый из них похож на другой, но на самом деле слегка отличается (см. рис. 25.1).

- Правая нижняя четверть имеет два ровных, чистых края – это исходный угол листа из блокнота, с которого вы начали. Это *единственная* часть, у которой есть два таких ровных, чистых края.
- Левая нижняя часть имеет только один ровный край (от нижнего края исходного листа), но этот край длинный (около 10 см, если вы взяли бумагу формата А4).
- Правая верхняя часть также имеет только один ровный край (со стороны исходного листа бумаги), но он короче (около 7 см, если вы использовали бумагу формата А4).
- Левая верхняя четверть вообще не имеет ровных краев. Она разорвана по всему периметру, так как взята из середины исходного листа бумаги.

Если раздать бумажные квадраты в указанном порядке, каждый человек получит идентифицируемый кусочек бумаги. Вместо разглядывания рисунков вы можете просто отыскать разные листочки бумаги.

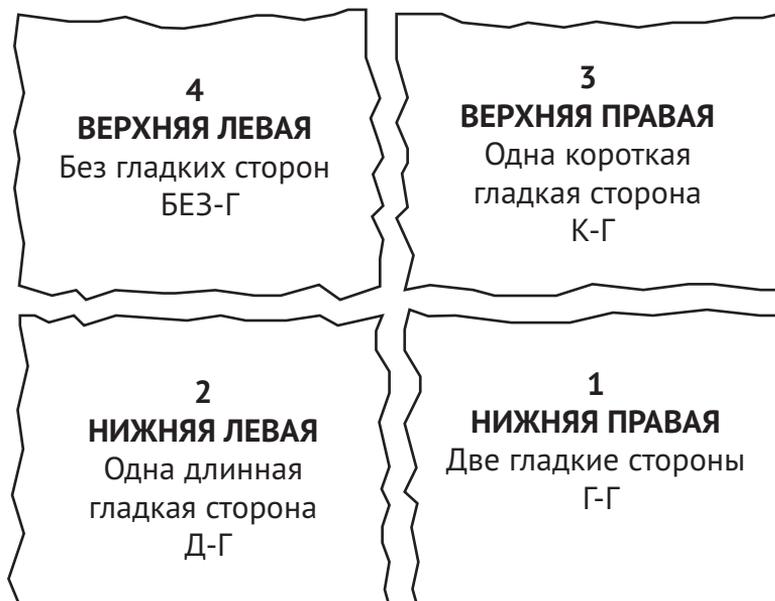


Рисунок 25.1. Нижняя половина листа бумаги, вырванного из блокнота.
Каждая сторона отличается краями

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «Нарисовано для вас»:

1. Попросите четырех участников встать в линию и дайте каждому по одинаковому карандашу.
2. Вырвите нижнюю половину листа бумаги из блокнота формата А4.
3. Сложите этот лист пополам, затем еще раз пополам и разорвите его на четвертинки в местах сгибов.
4. Раздайте каждому участнику по кусочку в последовательности, в которой они были оторваны:
 - Участник 1 – правая нижняя четверть;
 - Участник 2 – левая нижняя четверть;
 - Участник 3 – верхняя правая четверть;
 - Участник 4 – верхняя левая четверть.
5. Попросите их незаметно для вас нарисовать на своем листке бумаги простую картинку по собственному выбору.

6. Скомкайте листки бумаги в шарики и положите их в небольшой пакет.
7. Перемешайте бумажные шарики в пакете.
8. Объявите, что вы можете определить личности людей по их рисункам.
9. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 4 РАЗА (DO THE FOLLOWING 4 TIMES).
 - a) Достаньте рисунок.
 - b) Разверните его.
 - c) ЕСЛИ (IF) у листка бумаги есть два ровных края.
ТОГДА (THEN) объявите, что рисунок сделал Участник 1.
ЕСЛИ (IF) у листка бумаги есть один длинный ровный край.
ТОГДА (THEN) объявите, что рисунок сделал Участник 2.
ЕСЛИ (IF) у листка бумаги есть один короткий ровный край.
ТОГДА (THEN) объявите, что рисунок сделал Участник 3.
ЕСЛИ (IF) у листка бумаги нет ровных краев.
ТОГДА (THEN) объявите, что рисунок сделал Участник 4.

Вычислительное мышление

Значительная часть вычислительного мышления связана с поиском наилучшего способа **представления информации (represent information)** для облегчения выполнения поставленной задачи. В западных культурах для представления информации используются такие символы, как А и 1, объединенные в слова и числа, но в мире существует множество различных способов представления одной и той же информации. Во многих восточных культурах используются символы, обозначающие слова. В Южной Америке для обозначения чисел и даже, возможно, слов когда-то использовались связки узелков, называемые «кипу»...

Правильный выбор способа представления имеет большое значение. Этот фокус основан на выборе представления для четырех различных вещей (четыре человека или, что эквивалентно, четыре числа, обозначающих их позиции). Это представление должно быть удобным для вас, фокусника, но совершенно незаметным для зрителей. Аудитория просто воспринимает четыре кусочка бумаги как одинаковые. Однако фокусник с помощью способа их разрывания строит свое соб-

ственное тайное представление важной информации. Для иллюзиониста понимание этого представления – все равно что написать на уголках: Участник 1, Участник 2, Участник 3 и Участник 4.

Чтобы облегчить запоминание, можно пойти еще дальше и сформулировать представление в словах. В виде кода, где Г обозначает гладкую сторону, Д длинную, К короткую и БЕЗ отсутствие гладких сторон: (1) Г-Г, (2) Д-Г, (3) К-Г и (4) БЕЗ-Г. Если запомнить код в таком порядке, то запомнить, что к кому относится, будет еще проще.

Процесс упростится еще больше, когда вы выстроите участников в линию, а не разрешите им стоять произвольно. Таким образом, вы задаете им физический порядок (их положение теперь представлено в виде числа). Их порядок совпадает с тем, который вы запомнили для листков бумаги. Вы упорядочиваете представляемую ими информацию, расставляя их в ряд. Организация информации (ее структура и представление) облегчает выполнение задачи. Организация информации в наиболее удобной форме – вот что такое представление данных.

Перед началом работы над кодом программисты обычно выбирают методику упорядочивания данных. Например, если сначала отсортировать имена в алфавитном порядке, то потом поиск заданного имени будет происходить гораздо быстрее. При этом можно использовать быстрые алгоритмы поиска. Именно по этой причине словари и указатель книги строятся в алфавитном порядке, как и старомодные телефонные справочники. Поисковые системы упорядочивают информацию со страниц сайтов еще до начала поиска, что дает им возможность за доли секунды перебрать все веб-страницы в мире и выдать список релевантных.

Выберите правильный способ организации информации для решения конкретной задачи, и она может быть легкой или трудной, вне зависимости от того, кто выполняет вычисления – компьютер или человек.

Представление данных

В этом примере мы воспринимаем людей как числа и как свойства листков бумаги, а также, в конечном счете, как кодовые слова для запоминания. Таким образом, существует четыре различных представления одной и той же информации (см. рис. 25.2). На самом деле на рисунках есть и пятое, которое, согласно заявлению фокусника, представляет личность каждого человека, но на практике оно остается без внимания.

Номер участника	Позиция	Физические свойства бумаги	Код
Первый участник	1	Две гладкие стороны	(Г-Г)
Второй участник	2	Одна длинная гладкая сторона	(Д-Г)
Третий участник	3	Одна короткая гладкая сторона	(К-Г)
Четвертый участник	4	Без гладких сторон	(БЕЗ-Г)

Рисунок 25.2. Способ представления информации об участниках на бумаге для фокуса «Нарисовано для вас»

Интермедия: Джозеф Ястров

Психометрия – это вид ментального действия, в ходе которого люди якобы способны считывать личность по различным объектам. Психометрия была широко разрекламирована Джозефом Бьюкененом в середине 1800-х годов в качестве революционного научного метода. Американский психолог-экспериментатор Джозеф Ястров (Joseph Jastrow, 1863–1944), построивший карьеру на применении научных методов для отделения истины от заблуждений, осудил эту идею как бредовую. Никаких научных доказательств за ней не числится. Однако общая идея была воплощена в очень многих популярных фокусах музыкальных салонов. В одном из популярных вариантов исполнитель определял имя усопшего человека из набора случайных имен, предложенных зрителями. Один из способов сделать это заключается в том, чтобы первый человек написал имя покойника на своем листе бумаги, а трое других написали имена живых людей на своих. Затем выполняется описанный выше фокус. Несмотря на то что психометрия считается полной бессмыслицей, обличавший ее Ястров был настоящим ученым, который в процессе своей научной деятельности открыл и популяризировал множество оптических иллюзий.

Глава 26

Римская математика: римские цифры

Магия

Для решения этой задачи зрители должны провести математические вычисления с римскими цифрами и получить их сумму.

Вычисления

Способ представления чисел влияет на сложность или легкость выполнения различных задач. Сложение и вычитание с помощью римских цифр довольно просты, а вот умножение и деление намного сложнее. Выбирая способ представления данных, важно продумать все возможные дальнейшие действия с ними.

Фокус

Объясните участникам, что это скорее задача, чем фокус. Спросите друга, знает ли он римские цифры. Напомните, что римские цифры – это просто иной способ записи чисел, который, однако, делает выполнение некоторых математических действий сложнее, чем привычный нам. Римляне использовали I для обозначения единицы, V для пяти, X для 10, считая I, II, III, IV, V, VI, VII и т. д. Предложите зрителям следующее: «Давайте займемся римской математикой...»

Медленно напишите на листке начало суммы римскими цифрами, произнося каждое число после его написания, чтобы удостовериться, что они следующие:

$$II + II = IV$$

«Два... плюс... два... равно... четыре»

$$II + IV =$$

«Два... плюс... четыре... равно...»

Затем напишите римскую цифру, обозначающую 9 (IX), сказав «Это явно неправильная математика с использованием римских цифр»:

$$II + IV = IX$$

Наконец, поставьте задачу: «задача такова: можно ли добавить всего одну линию, чтобы стороны стали равны?»

Дайте им несколько минут на попытку и, если у них не получится, покажите им ответ (если у них получится, похвалите за блестящую работу!

Как это работает

Решение заключается в том, чтобы вписать S перед IX, чтобы получилась правильная сумма.

$$II + IV = SIX^1$$

Отметьте, что вы не говорили, что они обязаны использовать прямую линию! Вы также не указывали, что они должны придерживаться римских цифр.

Волшебный алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) задания «Римская математика»:

1. Объясните, как обозначаются числа римскими цифрами.
2. Напишите $II + II = IV$, одновременно произнося «Два... плюс... два... равно... четыре».
3. Напишите $II + IV =$, одновременно произнося «Два... плюс... четыре... равно...».
4. Дополните сумму, написав IX для получения $II + IV = IX$.

¹ ШЕСТЬ на англ. языке. – Прим. перев.

5. Произнесите: «Это совершенно неправильная математика с использованием римских цифр».
6. Произнесите: «Задача такова: можно ли добавить всего одну линию, чтобы две стороны стали равны?»
7. Дайте им несколько минут на решение этой задачи.
8. Напишите букву «S» перед IX, чтобы получилась сумма.
9. Скажите: «Я не говорил, что вы должны использовать прямую линию!»

Вычислительное мышление

Когда мы представляем себе числа, мы обычно думаем об их записи цифрами, но это всего лишь представление: один из способов их записи. Существует множество различных способов записи чисел. Древние цивилизации использовали простые счетные знаки: весьма непосредственное представление с одной отметиной на каждое количество подсчитываемых вещей. Если у вас 12 коз, то вы бы записали 12 линий.

|||||||

Такое представление называется **унарным** (unary). Оно подходит для небольших чисел, но для более крупных становится гораздо сложнее уследить за количеством знаков.

Первая попытка улучшения – повысить наглядность групп из пяти чисел путем их группировки, например превратить каждую пятую строку в столбик. Такое представление называется подсчетом (tallying).

||| ||| ||

Так легче отслеживать их количество, поскольку вы всегда можете пересчитать все пятерки. Сложение двух чисел с представлением в виде подсчета для небольших чисел также выполняется довольно легко, поскольку вы просто объединяете два списка подсчетов, а затем раскладываете все лишние числа в группы по пять. Такой способ работает хорошо еще и с учетом ограничений работы нашего мозга. Разбросайте на столе некоторое количество монет. Если их меньше 5 или около того, вы, вероятно, сможете определить их количество с первого взгляда. Если же их больше, то вам придется посчитать их количество. Наш мозг хорошо воспринимает только маленькие числа,

Интермедия: Невил Маскелайн

Невил Маскелайн (Nevil Maskelyne, 1863–1924) вырос в семье известного фокусника Джона Невила Маскелайна. Став впоследствии также знаменитым иллюзионистом, он использовал в своих фокусах новые коммуникационные технологии. Когда беспроводной телеграф Гульельмо Маркони (т. е. радио), казалось, вот-вот вытеснит телеграфный кабель, одна из кабельных компаний наняла Маскелайна для слежки за Маркони и прослушивания всех его передач. Маскелайн не ограничился этим: он публично опроверг утверждения Маркони о том, что радио – это конфиденциальная связь и ее невозможно взломать. Он открыл собственную радиостанцию в Лондоне и использовал ее с целью сорвать торжественную публичную демонстрацию технологии Маркони в Королевском институте. Он отправил собственное сообщение, которое было принято демонстрационными приемниками раньше, чем сообщение Маркони. В его фальшивых сообщениях Маркони подвергался насмешкам.

Глава 27

Лотерейный фокус: **представление чисел по расположению**

Магия

Каждый участник выбирает счастливый номер лотереи. Затем вы превращаете зал в лотерейный автомат, где каждый желающий запускает в него лотерейные шары. Случайным образом выбираются три числа и суммируются, а затем мы смотрим, есть ли у кого-нибудь счастливый лотерейный билет. Победителем, конечно же, становитесь вы, фокусник.

Вычисления

Мы используем индийско-арабскую систему счисления. Самое удивительное здесь то, что значение цифр меняется в зависимости от их положения в числе, так что 2 может означать два, двадцать или двести в зависимости от позиции. Такая система позволяет сделать большие числа более компактными, а также упростить такие операции, как сложение и умножение. Кроме того, это упрощает построение алгоритмов.

Фокус

Перед началом фокуса напишите числа 3, 4 и 8 на одинаковых листах красной бумаги, числа 1, 5 и 9 – на желтой, а числа 2, 6 и 7 – на синей. По секрету напишите число 1665 на листке бумаги, похожем на лотерейный билет, и положите его в запечатанный конверт.

Объясните зрителям, что вы будете разыгрывать лотерею, но в роли лотерейного автомата будет выступать вся аудитория. Каждый должен записать свое счастливое 4-значное число на листке бумаги и положить его в конверт. Это будет их лотерейный билет. Поднимите свой конверт и скажите, что вы тоже участвуете в игре и что в конверте находится ваш лотерейный билет. Прикрепите его к стене, чтобы все могли его видеть, с помощью клейкой ленты или каким-либо другим способом, который не повредит стену.

Сначала вам нужно выбрать случайным образом порядок цветов, которые будут определять очередность извлечения шаров из лотерейного автомата. Пусть один из добровольцев определит порядок трех цветов (красного, желтого и синего), которые будут использоваться в случайном порядке. Запишите цвета в выбранном порядке на доске с перекидными листами.

Поясните, что вы собираетесь сделать лотерейные шары из свернутой цветной бумаги, чтобы они могли разлетаться по комнате, никого не задевая. Покажите зрителям листы бумаги с цифрами. Объясните, что это и будут лотерейные шары, отметив, что, как и в лотерее, они цветные и снабжены цифрами. Вы использовали три цвета и числа от 1 до 9.

Затем попросите добровольца скатать каждый листок бумаги в шарик и бросить его в зрительный зал. Зрители должны подбрасывать бумажные шарики так, словно они попали в лотерейный автомат.

Далее переходите к порядку выбора цветов и попросите добровольца вытащить один шарик первого цвета. Разверните его и узнайте его номер. Напишите его под своим цветом. Сделайте то же самое со следующим цветом, а затем с третьим. Объясните, что у вас есть первое трехзначное случайное число, но вы собираетесь сделать это три раза и сложить все числа вместе, чтобы использовать все шары. Повторите этот процесс с тем же порядком цветов для получения второго трехзначного числа и, наконец, третьего. Теперь у вас есть три трехзначных числа (см. рис. 27.1). Здесь изображена запись на доске, если бы цвета выбирались в следующем порядке: синий, затем желтый, потом красный. Шары берутся в случайном порядке следующим

образом: синий 6, желтый 9, красный 3, синий 2, желтый 5, красный 8, синий 7, желтый 1 и красный 4. Затем полученные числа 693, 258 и 714 складываются на калькуляторе для получения суммы. Таким образом, получается окончательный выигрышный номер лотереи, 1665.

СИНИЙ	ЖЕЛТЫЙ	КРАСНЫЙ
6	9	3
2	5	8
7	1	4

Рисунок 27.1. Вариант записи номеров лотереи по цветам

Дайте добровольцу калькулятор и попросите его сложить три числа. Затем, перейдя к следующему листу на доске с перекидными листами, напишите итоговое число и обведите его. Объявите, что это выигрышный номер, и спросите, выиграл ли кто-нибудь. Затем попросите добровольца открыть конверт, чтобы достать лотерейный билет и зачитать ваш номер. Вы действительно выбрали выигрышный номер – 1665!

Как это работает

Выбор порядка цветов придает процессу видимость случайности, но на самом деле он ничего не меняет. Давайте рассмотрим только один цвет, красный. Здесь три числа, 3, 4 и 8. В какую бы позицию ни был помещен красный цвет, эти три числа всегда будут находиться в одном и том же столбце, поскольку именно там записаны красные числа. Это значит, что даже если изменить порядок их выбора, они всегда будут суммироваться (а в сумме получится 15). Три числа на других цветных листах бумаги также всегда будут суммироваться, в каком бы порядке ни вытягивались шары. Желтые числа 1, 5 и 9 также будут сложены и дадут 15. Аналогично синие числа 2, 6 и 7 будут сложены вместе и тоже дадут 15.

Это значит, что в каком бы порядке ни были выбраны шары, три столбца чисел будут складываться в 15. Вы всегда будете складывать 15, 150 и 1500, поскольку каждое число представляет собой отдельный десятичный знак и увеличивается по сравнению с предыдущим значением в 10 раз. В итоге 1500, 150 и 15 дают в сумме 1665 – число, которое вы написали на своем лотерейном билете.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) фокуса с лотереей:

1. Напишите числа 3, 4 и 8 каждое на красном листе бумаги формата А4.
2. Напишите числа 1, 5 и 9 каждое на желтом листе бумаги формата А4.
3. Напишите числа 2, 6 и 7 каждое на синем листе бумаги формата А4.
4. Напишите число 1665 на белом листе бумаги, оформленном как лотерейный билет.
5. Запечататайте белый лист бумаги в конверт.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) лотерейного фокуса:

1. Пусть все присутствующие напишут на бумаге свое счастливое 4-значное число и запечатают его в конверт.
2. Поднимите свой конверт, отметив, что в нем находится ваш номер лотереи, и приклейте его к стене.
3. Попросите добровольца определить порядок цветов, по которым он будет вытягивать шары из лотерейного автомата: красный, желтый и синий.
4. Запишите цвета в выбранном порядке на перекидном листе.
5. Попросите добровольца свернуть 9 цветных листов бумаги и по очереди забросить их в зрительный зал.
6. Зрители бросают шары, как будто это шары в лотерейном автомате.
7. ПРОДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 9 РАЗ (DO THE FOLLOWING 9 TIMES).
 - a) Объявите следующий цвет в порядке очереди, как написано на доске.
 - b) Попросите добровольца выбрать бумажный шар этого цвета из тех, что есть в зале.
 - c) Пусть доброволец развернет шар и объявит номер.
 - d) Запишите число на доске в столбик под соответствующим цветом.
8. Попросите добровольца сложить три трехзначных числа под этими цветами с помощью калькулятора.
9. Перейдите к следующему листу на перекидной доске, пусть доброволец напишет там общее число и обведет его в кружок.

10. Объявите, что это число является выигрышным.
11. Попросите всех, у кого есть выигрышный билет, забрать приз.
12. Попросите добровольца открыть ваш конверт, чтобы показать ваш выигравший билет.

Вычислительное мышление

Этот фокус основан на использовании **индийско-арабской системы счисления**. Она была изобретена индийскими математиками в первые столетия до нашей эры, а на Запад ее привезли арабские ученые и торговцы. Самая важная и удивительная особенность индийско-арабской системы счисления заключается в том, что цифры в числе занимают определенную позицию. В отличие от римских цифр (где, например, X означает 10 в любом месте), их значение меняется в зависимости от места расположения. Например, в индийско-арабской системе 2 может означать 2, 20, 200 и т. д., в зависимости от ее позиции в числе. Это важнейшая часть фокуса, благодаря которой он успешно срабатывает. Цифры располагаются на своих местах, обозначенных соответствующим цветом, поэтому все они объединяются для последующего суммирования.

Такое представление делает большие числа очень компактными и занимает мало места в памяти компьютера. Оно также позволяет относительно легко манипулировать числами: с его помощью можно создавать сравнительно простые алгоритмы, подобные тем, что мы изучаем в начальной школе. В частности, с их помощью легко считать и выполнять такие действия, как сложение и умножение. Умножать гораздо проще, чем в случае с римскими цифрами. Выбор представления делает задачи проще или сложнее.

В этом и заключается основная суть правильного выбора представления данных, будь то числа или другие виды информации: вам необходимо упростить выполнение основных операций. Применительно к компьютерам это чаще всего означает, что вы стремитесь создать быстрые алгоритмы, хотя иногда гораздо важнее использовать как можно меньше памяти, а порой вам просто нужно, чтобы алгоритм был простым и точным.

ПАУЗА: Чарльз Бэббидж

Чарльз Бэббидж (Charles Babbage, 1791–1871) является автором первого компьютера, «Аналитического механизма» (Analytical Engine), хотя на самом деле ему так и не удалось его построить. Это был механический компьютер с использованием перфорированных карт на основе ткацкого станка Жаккарда с автоматическими программами на перфокартах. Компьютер мог работать на паровом ходу, а данные для хранения находились в последовательности зубчатых колес. В отличие от современных компьютеров, данные в нем должны были храниться в виде десятичных чисел в соответствии с расположением колес, то есть с использованием индийско-арабского представления чисел. Подобные колеса использовались в его более раннем и простом устройстве «Дифференциальный механизм (Difference Engine)», прототип которого удалось построить. Бэббиджа трудно назвать приверженцем любой машинной техники: он так ненавидел шарманки (или как минимум людей, играющих на них на улице), что даже пытался добиться принятия парламентского акта, объявляющего их вне закона. Система на основе конструкции шарманки вошла в состав концепции его «Аналитического механизма».

Глава 28

Карты на уме: **как компьютеры представляют числа**

Магия

Четыре добровольца сообща выбирают число и сосредотачиваются на нем, в этом им помогает ваш набор магических карточек. Несмотря на то что они держат это число в тайне, вам удастся прочесть их коллективный разум и назвать их секретное число.

Вычисления

Цифровые компьютеры не работают с используемой нами десятичной системой, вместо этого они оперируют другой системой обозначений, называемой двоичной. Двоичная система также является основным представлением, благодаря которому действуют различные фокусы.

Фокус

Попросите четырех добровольцев помочь в эксперименте по чтению мыслей. Дайте им список из 15 чисел и попросите их сообща выбрать одно, не сообщая вам его значения. Затем дайте каждому по карточке,

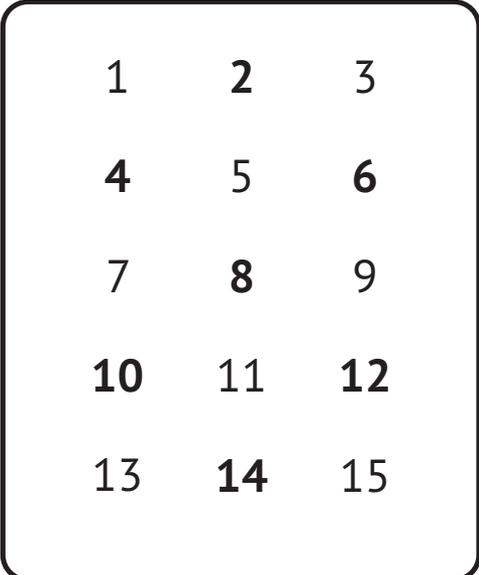
на которой попеременно написаны цифры и буквы. Пусть они встанут в ряд лицом к вам, а карточки будут скрыты от вашего взгляда. Каждый из них должен проверить, нет ли на его карточке совместно выбранного числа. Если есть, то они должны закрыть глаза и усиленно думать только об этом числе.

Те, у кого в руках карта без этого числа, выбирают вместо него одну из букв на своей карте и смотрят на нее, думая только об этой букве. Вы же должны заявить, что таким образом им не удастся сбить вас с толку. Когда все сосредоточатся, вы закроете глаза, хорошенько подумаете, потом сможете уловить мысли о секретном числе и объявить его!

Как это работает

Вам понадобится набор из 5 карточек, представленных на рис. 28.1 и 28.2. Вы можете скачать их с сайта <https://conjuringwithcomputation.wordpress.com>, распечатать и наклеить на карточку или написать свои собственные с теми же цифрами и буквами.

Сначала вы даете четверем добровольцам карточки с числами от 1 до 15, чтобы они их рассмотрели (рис. 28.1). Все вместе они выбирают одно число и держат его в секрете. Затем вы даете им 4 специальные карточки с цифрами и буквами, по одной на каждого, в порядке, показанном на рис. 28.2.



1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15

Рисунок 28.1. Карточки с цифрами от 1 до 15 для фокуса «Карты на уме»

<p>Карта 4 (Код 8)</p> <table style="width: 100%; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <tr><td>8</td><td>М</td><td>9</td></tr> <tr><td>L</td><td>10</td><td>H</td></tr> <tr><td>11</td><td>T</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>D</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> </table>	8	М	9	L	10	H	11	T	12	13	D	14	15			<p>Карта 3 (Код 4)</p> <table style="width: 100%; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <tr><td>4</td><td>S</td><td>5</td></tr> <tr><td>K</td><td>6</td><td>E</td></tr> <tr><td>7</td><td>U</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>N</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> </table>	4	S	5	K	6	E	7	U	12	13	N	14	15			<p>Карта 2 (Код 2)</p> <table style="width: 100%; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <tr><td>2</td><td>Y</td><td>3</td></tr> <tr><td>A</td><td>6</td><td>T</td></tr> <tr><td>7</td><td>X</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>L</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> </table>	2	Y	3	A	6	T	7	X	10	11	L	14	15			<p>Карта 1 (Код 1)</p> <table style="width: 100%; border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <tr><td>1</td><td>P</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>5</td><td>Q</td></tr> <tr><td>7</td><td>F</td><td>9</td></tr> <tr><td>11</td><td>G</td><td>13</td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	P	3	B	5	Q	7	F	9	11	G	13	15		
8	М	9																																																													
L	10	H																																																													
11	T	12																																																													
13	D	14																																																													
15																																																															
4	S	5																																																													
K	6	E																																																													
7	U	12																																																													
13	N	14																																																													
15																																																															
2	Y	3																																																													
A	6	T																																																													
7	X	10																																																													
11	L	14																																																													
15																																																															
1	P	3																																																													
B	5	Q																																																													
7	F	9																																																													
11	G	13																																																													
15																																																															

Рисунок 28.2. 4 карточки, которые нужно раздать для фокуса «Карты на уме»

Эти карточки необычны тем, что числа на каждой из них тщательно подобраны. Мысленно представляйте их как карту 8, карту 4, карту 2 и карту 1. Это числа в левом верхнем углу карты. Поставьте добровольцев в ряд и раздайте карты в таком порядке, чтобы у человека справа от вас была карта 1, а у человека слева – карта 8.

Теперь попросите тех, у кого на карточке указано совместно выбранное число, закрыть глаза. Сложите номера карточек тех, кто закрыл глаза, и это будет их секретное число. Например, если глаза закрыли обладатели карточек 1 и 8, а два других добровольца смотрят на свою карточку с открытыми глазами, то сложите 1 и 8 и объявите, что они думают о числе 9. Если же у участников с карточками 2, 4 и 8 глаза закрыты, то секретное число будет $2 + 4 + 8$, то есть 14. Все очень просто. Вам не нужно уметь читать мысли, просто сложите числа степени 2.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Карты на уме»:

1. Раздайте четверем добровольцам карточки с цифрами от 1 до 15 (рис. 28.1).
2. Попросите их совместно выбрать одно число, не называя его вам.
3. Пусть они встанут в линию лицом к вам.
4. Дайте каждому по карточке, на которой попеременно записаны цифры и буквы в том порядке, как показано на рис. 28.2: карточка 1 – справа, карточка 8 – слева.
5. Скажите им, чтобы они не показывали вам свои карточки и чтобы каждый из них посмотрел, есть ли на его карточке совместно выбранное число.

6. ЕСЛИ (IF) выбранное число находится на их карточке.
ТОГДА (THEN) они должны закрыть глаза и думать только об этом числе.
В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE) они должны выбрать букву на своей карточке и думать только о ней, чтобы не запутать вас.
7. Вы называете число, суммируя номера карточек участников с закрытыми глазами для получения результата.
8. Озвучьте это число как секретное.

Вычислительное мышление

Секрет этого фокуса с чтением мыслей заключается в **двоичном (binary)** представлении чисел. На рис. 28.3 приведены числа от 1 до 15 в их двоичной версии. Это способ записи чисел с помощью последовательностей 1 и 0. Двоичная позиционная система счисления работает так же, как десятичная, но в ней всего два символа: 0 и 1 вместо 10, а позиции увеличиваются в степени 2 (1, 2, 4, 8, ...) вместо степени 10 (1, 10, 100, 1000, ...).

	8	4	2	1	
1	0	0	0	1	= 0 + 0 + 0 + 1
2	0	0	1	0	= 0 + 0 + 2 + 0
3	0	0	1	1	= 0 + 0 + 2 + 1
4	0	1	0	0	= 0 + 4 + 0 + 0
5	0	1	0	1	= 0 + 4 + 0 + 1
6	0	1	1	0	= 0 + 4 + 2 + 0
7	0	1	1	1	= 0 + 4 + 2 + 1
8	1	0	0	0	= 8 + 0 + 0 + 0
9	1	0	0	1	= 8 + 0 + 0 + 1
10	1	0	1	0	= 8 + 0 + 2 + 0
11	1	0	1	1	= 8 + 0 + 2 + 1
12	1	1	0	0	= 8 + 4 + 0 + 0
13	1	1	0	1	= 8 + 4 + 0 + 1
14	1	1	1	0	= 8 + 4 + 2 + 0
15	1	1	1	1	= 8 + 4 + 2 + 1

Рисунок 28.3. Числа от 1 до 15 в двоичном представлении и в виде сложения степеней 2, соответствующих позициям единиц

Чтобы вычислить значение числа как в десятичной, так и в двоичной системе, достаточно умножить число в столбце на заголовок столбца, а затем суммировать полученные значения. В десятичной системе счисления заголовки столбцов равны 10 (так как в ней 10 символов). В двоичной системе счисления заголовки столбцов равны 2 (так как в них 2 символа).

Это означает, что 1 в двоичном числе 10 означает 2, 1 в двоичном числе 100 означает 4, а 1 в двоичном числе 1000 означает 8. Так же, как число 1204 в десятичной системе счисления означает $1 \times 1000 + 2 \times 100 + 0 \times 10 + 4 \times 1$, двоичное число 1101 означает $1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$ (таким образом, получается 13, так как $8 + 4 + 1 = 13$).

Вы можете использовать любые две различные вещи для представления этих 1 и 0, поскольку это всего лишь произвольные символы. В этом фокусе открытые глаза обозначают 0, а закрытые – 1. Секретное число прописывается в двоичном виде глазами четырех человек. Вам достаточно просто прочитать двоичный код, чтобы узнать выбранное число.

Это происходит потому, что на карточках изображены только те числа, которые в двоичной системе счисления имеют 1 в соответствующей позиции. На карточке 1, например, записаны все нечетные числа, поскольку в двоичной системе все нечетные числа содержат 1 в первой позиции (столбец единиц). Посмотрите на рис. 28.3 и обратите внимание, что в первом столбце есть 1 для чисел 1, 3, 5, ...

Аналогично на карточке 8, самой левой, написаны числа от 8 до 15, поскольку в двоичной системе эти числа содержат 1 в четвертой позиции (столбец восьмерок).

Предлагая участникам закрыть глаза при наличии числа на карточке, вы негласно указываете, что нужно закрыть глаза при наличии 1 в двоичном числе в вашей позиции. Добровольцы представляют выбранное ими двоичное число. Сложение чисел степени 2, с закрытыми глазами или без, является способом узнать истинное представление двоичного числа.

На самом деле вам не нужно запоминать таблицу на рис. 28.3, чтобы определить, какое десятичное число обозначает двоичное число. Можно просто произвести вычисления, чтобы вычислить, о каком числе думают ваши добровольцы. Мы поместили числа 8, 4, 2 и 1 над столбцами, и вы должны представить себе человека на каждой позиции, соответствующей этому числу. Затем вы просто суммируете номера столбцов для получения секретного числа. Если в каком-то

столбце в двоичном числе стоит 1 (глаза закрыты), то этот номер столбца добавляется к общему числу.

Для компьютеров двоичное представление чисел подходит гораздо лучше, нежели десятичное. В фокусе 1 и 0 представлены в виде закрытых или открытых глаз. В компьютере это просто различные электрические сигналы: например, высокое и низкое напряжение на проводах или включение либо выключение переходов у транзисторов. Эти двоичные сигналы легко хранятся в компьютере и легко передаются из одного места в другое, то есть двоичные числа можно перемещать в нужное для выполнения вычислений место. Кроме того, существуют очень быстрые алгоритмы для выполнения арифметических действий, и для компьютеров несложно создать специализированное оборудование для выполнения таких вычислений. Все это делает двоичную систему идеальным вариантом представления чисел в компьютере. Поэтому все данные в конечном итоге хранятся в компьютерах в виде двоичных 1 и 0, а не в виде десятичных чисел.

ПАУЗА: Готфрид Лейбниц

Немецкий философ и математик Готфрид Лейбниц (Gottfried Leibniz, 1646–1716) среди прочего исследовал возможности использования двоичных чисел еще в XVII веке. В частности, он был очарован символами в китайском тексте IX века (версия «И Цзинь»), из которого следует, что двоичные числа существовали задолго до их западного использования. Форма двоичной арифметики использовалась еще раньше в Древнем Египте. Лейбниц разработал математику, лежащую в основе двоичной системы. Он также был выдающимся специалистом в области логики и сформулировал основы формальной логики, которая служит основой для логических рассуждений. Он занимался разработкой машин для выполнения вычислений и даже придумал машину с управлением перфокартами и двоичными числами, обозначенными шариками, задолго до Чарльза Бэббиджа, который разработал свою машину с управлением перфокартами.

Глава 29

О силе чисел: **представление различных вещей с помощью чисел**

Магия

Пока ваш приглашенный фокусник находится вне аудитории, из предложенного набора выбирают одну открытку. Несмотря на отсутствие фокусника в этот момент, он может быстро определить ту открытку, к которой прикоснулись.

Вычисления

Самые разнообразные объекты могут быть представлены в виде чисел, и тогда их можно перенести в цифровой мир, поскольку эти числа, в свою очередь, можно выразить в двоичной форме.

Фокус

Объясните, что ваш приглашенный фокусник обладает чрезвычайно развитой способностью к наблюдению и сможет определить, что кто-то прикасался к какому-либо предмету, например к одной из разложенных на столе девяти открыток. Пусть он выйдет из помещения, а затем, облачившись в перчатки, возьмите открытки и перетасуйте их.

Разложите их на столе в виде приблизительной таблицы три на три и попросите добровольца выбрать одну из них прикосновением. После этого он должен запомнить свою открытку.

Соберите открытки и снова перетасуйте их, а затем положите обратно на стол, по-прежнему в перчатках. Вызовите своего партнера-фокусника. Тотчас, просто взглянув на открытки, он сможет показать ту, к которой прикасались.

Как это работает

Вы заранее договариваетесь о числе от 1 до 9 для каждой из открыток. Вы оба запоминаете эти числа для каждой из них. Чтобы облегчить задачу, можно выбрать открытки с разным количеством объектов: например, на открытке с цифрой 1 изображен один маяк, а на открытке с цифрой 3 – три чайки на заднем плане и т. д.

Когда ваш партнер входит в комнату, вы встаете лицом к нему и небрежно складываете руки вместе, касаясь при этом друг друга определенным количеством пальцев. Если вы сделаете это в тот момент, когда ваш напарник войдет в комнату, оповещая о своем прибытии, зрители, скорее всего, будут смотреть на дверь, а не на вас, поэтому вероятность того, что они заметят или заподозрят движение ваших рук, будет еще меньше.

Вместо маркировки открыток (если вам трудно запомнить) можно сообщить положение выбранной открытки в виде пары чисел, дающих координаты x и y с помощью пальцев, которых вы коснетесь на каждой руке. Так, если карта находится в левом нижнем углу, вы коснетесь одного пальца на каждой руке. Если в левом верхнем углу, коснитесь одним пальцем трех пальцев.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО ДО) приготовлений к фокусу «Сила чисел»:

1. Выберите 9 открыток с разными картинками.
2. Договоритесь с партнером о числе для каждой картинке.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО ДО) фокуса «Сила чисел»:

1. Объясните, что ваш партнер-фокусник обладает повышенными сенсорными способностями и может определить предмет, к которому прикоснулись.

2. Ваш партнер-фокусник выходит из помещения.
3. Наденьте перчатки и разложите открытки на столе в виде примерной таблицы 3×3 .
4. Попросите добровольца выбрать одну из открыток прикосновением к ней, после чего все запоминают выбранную карту.
5. Возьмите открытки и перетасуйте их.
6. Разложите их обратно в примерную таблицу 3×3 .
7. Пригласите фокусника-партнера вернуться.
8. Прикоснитесь к нему пальцами в количестве, равном номеру выбранной открытки, чтобы ваш партнер смог ее определить.
9. Ваш партнер берет карту, соответствующую этому номеру, и сообщает, что именно к ней кто-то прикасался.

Вычислительное мышление

Мы располагаем различными способами представления чисел в двоичном виде, но при этом сами числа могут быть использованы для представления других вещей: открыток и изображений на них самым простым способом прямо в нашем фокусе. То же самое можно сделать применительно к музыке, изображениям, деньгам... практически ко всему. Эта идея является основой цифрового мира.

Изображения не обязательно могут быть представлены лишь с помощью подсчета объектов на них. Фактическое изображение можно превратить в числа, которые в деталях его опишут. Для этого существует множество способов. Один из них, называемый **векторной графикой (vector graphics)**, заключается в описании каждой линии или фигуры на изображении с помощью ее размеров и положения. Другой, называемый **растровой графикой (raster graphics или bitmap graphics)**, предполагает разбиение изображения на небольшие квадраты с присвоением номера каждому квадрату.

Для этого нужно сначала представить цвета в виде чисел. Один из простых способов сделать это заключается в том, чтобы присвоить каждому цвету на изображении одно число: красный – 1, оранжевый – 2, желтый – 3 и т. д. Затем необходимо разделить изображение на множество маленьких квадратов и отметить основной цвет этого квадрата. Обозначьте этот квадрат (или **пиксель = pixel**) номером данного цвета. Таким образом, список чисел для всех этих пикселей и является представлением картинка. Каждое число, в свою очередь, может быть представлено в двоичном виде и затем сохранено на ком-

пьютере или передано по сети. Если отправить список чисел в двоичном виде через интернет или телефонную сеть кому-то другому, он получит возможность воссоздать копию этого изображения.

Если изображение, музыкальное произведение, фильм или книгу можно представить в виде чисел, то они также могут быть преобразованы в цифровой объект. Затем этот объект можно копировать, передавать, транслировать... всего лишь копируя, передавая, транслируя... те самые числа.

Интермедия: Лука Пачоли

Старейшая из известных книг с описанием карточных фокусов, *De viribus quantitatis*, или «О силе чисел», включает в себя вариацию одноименного фокуса. Эту книгу о математических трюках написал Лука Пачоли (Luca Pacioli, приблизительно 1447–1517) примерно в 1500 году. В ней предлагалось обучить фокусника «угадывать», к какой карте прикоснулся человек, даже если его в это время не было в комнате, заранее договорившись о числах в привязке к карточкам. Как и многие современные иллюзионисты, Пачоли хотел продемонстрировать, что зачастую эффекты, причисляемые к разряду магических, на самом деле являются фокусами. Пачоли был близким другом художника и инженера Леонардо да Винчи и учил его математике уже в зрелом возрасте. Леонардо пришел к выводу, что математика может помочь ему достичь лучшего художественного и научного понимания окружающего мира. Единственные опубликованные иллюстрации Леонардо (трехмерные фигуры) предназначались для еще одной книги Пачоли.

Глава 30

Выход за пределы телесной оболочки: **коды с контролем ошибок**

Магия

Один из зрителей переворачивает одну карту в карточной решетке. Вам завязывают глаза, и вы, покинув свое тело и наблюдая за происходящим с высоты, можете сразу назвать перевернутую карту, как только вернетесь и снимите повязку с глаз.

Вычисления

Для передачи данных по сети компьютеры используют специальные представления информации. Коды с контролем (исправлением) ошибок – это такие способы представления, хранения и передачи данных, которые позволяют компьютеру при повреждении части данных не только определить факт их изменения, но и исправить его. При этом компьютер может сделать это даже при отсутствии информации об исходных данных.

Фокус

Для этого фокуса вам понадобится фокусник-партнер. Объясните зрителям, что вы можете выходить из своего тела и видеть то, что иначе было бы невозможно заметить. Вы отходите в конец зала, где добро-

волец завязывает вам глаза. Попросите его проверить повязку, чтобы убедиться в отсутствии обмана. Он остается с вами на протяжении всего фокуса, чтобы «охранять ваше тело» и следить за тем, чтобы глаза оставались завязанными. Вы объясняете, что ваша душа вот-вот покинет вашу телесную оболочку и в этот момент ваше тело обмякает.

После того как вам завязали глаза и «душа покинула тело», ваш партнер по фокусу перетасовывает колоду карт. Затем доброволец раскладывает их в квадрат 4×4 . Некоторые карты выкладываются лицевой стороной вверх, а некоторые лицевой стороной вниз в произвольном порядке. Ваш напарник предлагает усложнить задание и увеличить квадрат до 5×5 , добавляя в него наугад дополнительные карты.

Вам завязывают глаза, и вы прислоняетесь к стене в дальнем конце зала спиной к происходящему. Ваша душа, разумеется, уже покинула ваше тело и взлетела к потолку, чтобы вы могли наблюдать за происходящим сверху. Ее цель – наблюдать за происходящим в квадрате с картами. Далее еще один доброволец выбирает любую карту из решетки и переворачивает ее. Никто при этом не произносит ни слова. У вас по-прежнему завязаны глаза. Вы можете узнать о перевернутой карте только в том случае, если ваш дух действительно парит над вами и наблюдает. Партнер предлагает вам вернуться в свое тело, что вы и выполняете. Возвращаясь, вы бьетесь о стену из-за слишком быстрого возвращения. Поскольку вы находились под потолком вверх ногами, по возвращении у вас немного кружится голова, поэтому вас может немного пошатывать. Вернитесь и посмотрите на карточный квадрат. Вам сложно определить, в какой стороне находится квадрат, ведь вы находились вверх ногами, поэтому вы пытаетесь это сделать. Вы крутите головой в разные стороны, пока наконец не указываете на перевернутую карту!

Как это работает

Секрет заключается в том дополнительном ряду и столбце карт, которые ваш партнер добавил якобы наугад (см. рис. 30.1). На самом деле это не случайность. Кроме того, это не усложняет, а облегчает вашу задачу. Ваш напарник подсчитывает количество карт лицевой стороной вниз в каждом ряду. Если это число нечетное, то есть лицевой стороной вниз оказались либо 1, либо 3 карты, он выкладывает новую карту лицевой стороной вниз. После добавления этой карты в ряду остается четное количество карт (2 или 4) лицевой стороной вниз. Если число карт лицевой стороной вниз в ряду уже четное (0, 2 или 4), то вместо

них кладут новую карту лицевой стороной вверх. Это также позволяет оставить число четным. На рис. 30.1 показан (а) первоначальный расклад карт, часть из которых лицевой стороной вверх (белые), часть лицевой стороной вниз (серые); (b) дополнительные карты, выложенные в ряды и столбцы, что приводит к четному количеству карт лицевой стороной вниз; (c) если одна из них перевернута, ее можно определить по ряду и столбцу с нечетным количеством карт, лежащих лицевой стороной вниз (серых).

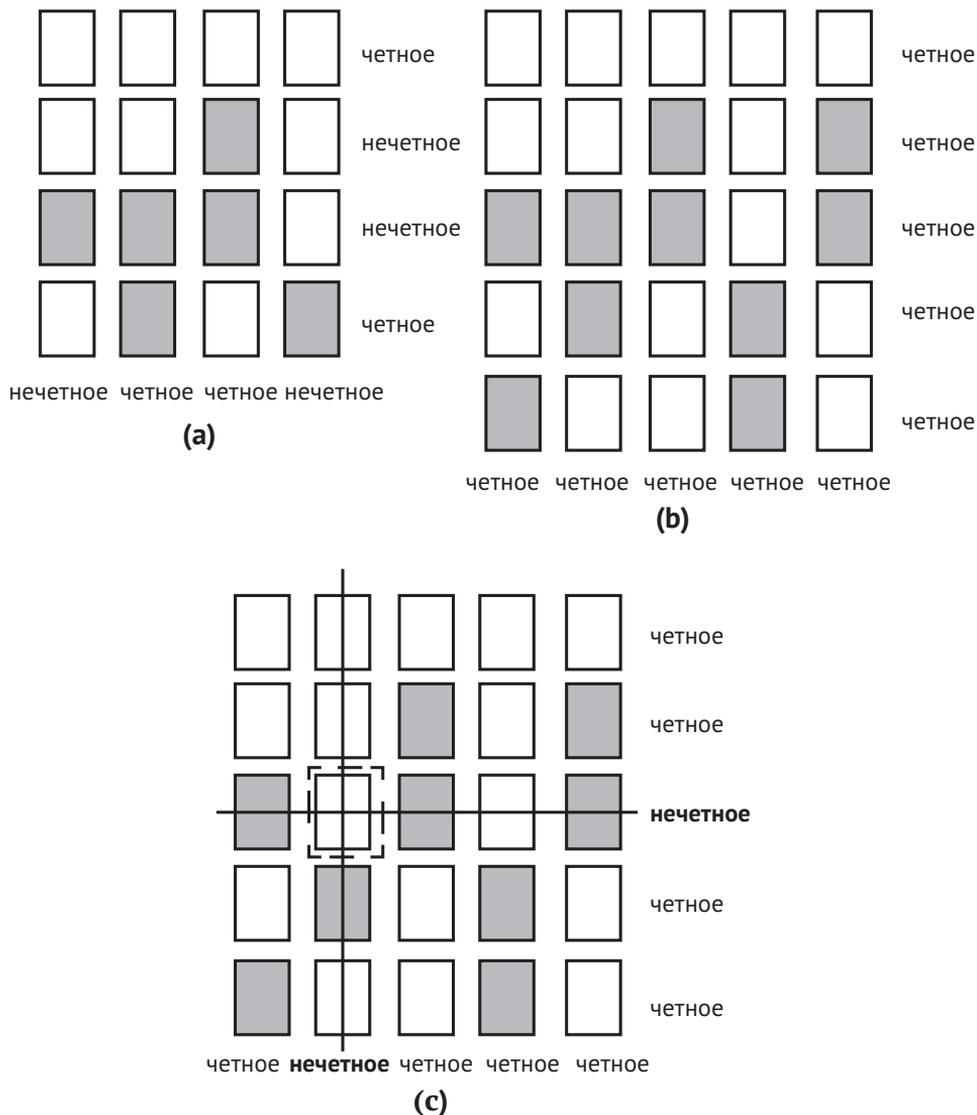


Рисунок 30.1. Расклад карт для фокуса с выходом из телесной оболочки

После того как они сделают это для всех рядов, в каждом из них будет четное количество карт, лежащих лицевой стороной вниз.

Затем необходимо добавить карты в нижнюю часть столбцов и сделать это точно таким же образом, чтобы в итоге во всех столбцах оказалось четное количество карт лицевой стороной вниз, включая последнюю карту в углу. Это позволяет гарантировать, что дополнительный столбец карт, который будет выложен в каждом ряду, также окажется с четным количеством карт лицевой стороной вниз.

Теперь можно с легкостью определить карту, которая была перевернута, поскольку было изменено положение только одной карты. Теперь в ряду с перевернутой картой будет нечетное количество карт лицевой стороной вниз. Аналогично в столбце с перевернутой картой также будет нечетное количество карт лицевой стороной вниз. Это происходит потому, что в каждом случае перевернута одна карта, либо лицевой стороной вверх, либо наоборот. Переворачивание одной карты в любую сторону приводит к нарушению четного порядка, но только в одном ряду и в одном столбце.

Перевернутая карта находится там, где пересекаются ряд и столбец с нечетным количеством карт.

Разумеется, фокус одинаково хорошо срабатывает при любом размере квадрата карт. Это не обязательно должен быть квадрат 5×5 .

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса с выходом из телесной оболочки:

1. Расскажите зрителям, что вы можете выходить из своего тела, и тогда ваше духовное «я» наблюдает за происходящим.
2. Вам завязывают глаза в задней части зала, и вы «покидаете свое тело».
3. Ваш партнер перетасовывает колоду карт.
4. Доброволец раскладывает их в квадрат 4×4 , выкладывая карты лицевой стороной вверх или вниз в произвольном порядке.
5. Ваш партнер предлагает сделать квадрат еще больше, чтобы усложнить задачу.
6. ДЛЯ (FOR) каждого ряда карт в квадрате
 - а) ЕСЛИ (IF) в ряду нечетное количество карт лицевой стороной вниз,

ТОГДА (THEN) ваш партнер добавляет карту лицевой стороной вниз в конец ряда.

В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE) ваш напарник выкладывает в конце ряда дополнительную карту лицевой стороной вверх.

7. ДЛЯ (FOR) каждого столбца карт в квадрате
 - а) ЕСЛИ (IF) в столбце нечетное количество карт лицевой стороной вниз,

ТОГДА (THEN) ваш напарник добавляет карту лицевой стороной вниз в конец столбца.

В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE) ваш партнер выкладывает в конце столбца дополнительную карту лицевой стороной вверх.
8. Второй доброволец берет карту и переворачивает ее.
9. Ваш напарник предлагает вам вернуться в свое тело и снять повязку с глаз.
10. Вы снимаете повязку с глаз и выходите вперед, чтобы посмотреть на квадрат из карт.
11. Обратите внимание участников на то, что вы не видели его до переворота карты, поэтому не имеете представления о том, какую карту они перевернули.
12. Определите ряд с нечетным количеством карт лицевой стороной вниз.
13. Определите столбец с нечетным количеством карт лицевой стороной вниз.
14. Возьмите карту на пересечении этих ряда и столбца и заявите, что это и есть перевернутая карта.

Вычислительное мышление

В данном случае мы используем более совершенный вид представления данных, который называется **кодом с контролем ошибок (Error Checking Code)**. Он позволяет обнаружить допущенные ошибки, а для некоторых кодов, таких как этот, еще и исправить их. Если код может исправить ошибку, как в данном случае, его называют **кодом с коррекцией ошибок (Error Correcting Code)**.

В компьютере все данные хранятся в виде двоичных битов: последовательностей нулей и единиц. В таком же виде передаются данные. Если вы передаете музыку в потоковом режиме, она представлена в

виде длинного потока чисел, но каждое из этих чисел представляет собой последовательность нулей и единиц. Эти биты с легкостью могут быть повреждены при передаче сигнала: космическими лучами или другими электрическими помехами на пути прохождения. Если биты меняются в результате всех этих помех, то полученная вами музыка окажется искаженной. Для некоторых видов данных всего одно изменение может сделать сообщение совершенно бессмысленным. Необходимо найти способ решить эту проблему. Вместо защиты сообщений при их передаче по сети код с коррекцией ошибок позволяет нам исправлять проблемы уже в момент получения данных.

Вместо размышлений о картах, разложенных лицевой стороной вверх и вниз, лучше подумайте о двоичных 1 и 0. Квадрат из карт может с тем же успехом означать 16 **бит** (16 единиц или нулей) компьютерных данных. Возьмите 16 бит и расположите их в квадрате, а затем добавьте дополнительные биты, чтобы в каждой строке и столбце было четное количество единиц. Компьютерные специалисты называют эти дополнения **битами четности (parity bits)**. Теперь у вас есть немного более длинное сообщение из 25 бит, которое можно отправить взамен исходных 16.

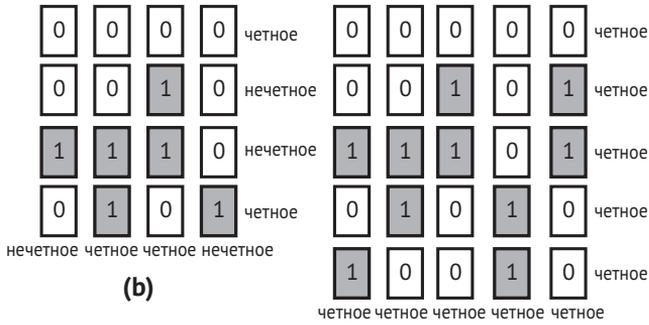
На другом конце принимающий сообщение компьютер может разложить эти 25 бит в квадрат и проверить правильность всех битов четности. Если в какой-либо строке или столбце есть нечетное значение, значит, бит был поврежден. Если ошибка допущена в одной строке и одном столбце, то перевернутый бит можно определить так же, как и в фокусе, и просто вернуть ошибку в исходное состояние (см. рис. 30.2). На этом рисунке: (а) сообщение, которое нужно отправить; (b) биты, выложенные в квадрат; (c) добавление битов четности в каждую строку или столбец; (d) длинное сообщение отправлено; (e) получена версия сообщения с перевернутым 12-м битом; (f) полученные биты раскладываются в квадрат, и определяется испорченный бит; (g) итоговое сообщение принимается после исправления.

Если перевернуто более одного бита, получатель, по крайней мере в некоторых случаях, также будет знать о повреждении данных и сможет запросить их повторную отправку. Если вам нужно отправить больше данных, чем 16 бит, можно просто разбить их на пакеты и добавить биты четности к каждому. Принимающая сторона проверяет каждый из них по очереди. Разумеется, блоки могут быть и больше 16 бит, если это число является возведенным в квадрат. Оптимальный размер блоков зависит от вероятности повреждения битов.

(a)

0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Сообщение для отправки



(d)

0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

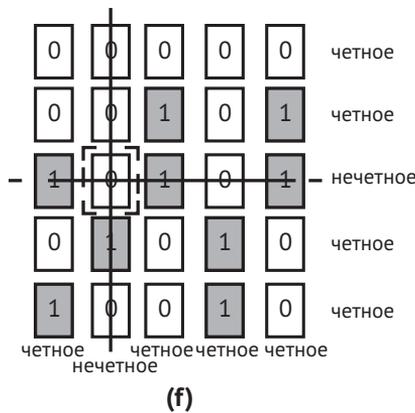
Более длинное фактически отправленное сообщение

(e)

0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Более длинное фактически полученное сообщение с перевернутым 12-м битом



(g)

0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Фактически полученное сообщение после коррекции

Рисунок 30.2. Передача данных с коррекцией ошибок

Этот код с коррекцией ошибок довольно прост. Существуют гораздо более эффективные представления, которые могут быть использованы как для обнаружения, так и для исправления нескольких поврежденных битов в данных. Если бы не использование фокуса с четностью, все цифровые данные, передаваемые через интернет, включая текстовые сообщения, веб-сайты, электронную почту или потоковую музыку и фильмы, были бы полны ошибок. С учетом той роли, которую цифровые данные играют в нашей жизни, это весьма важный фокус.

Интермедия: Тим Белл

Фокус «Выход из телесной оболочки» – это разновидность приёма, который изобрел новозеландский компьютерный исследователь Тим Белл (Tim Bell). Он был пионером идеи использования фокусов для иллюстрации сложных идей в области компьютерных наук. Вместе с другими фокусами, играми и упражнениями он использовал этот фокус, чтобы вдохновить детей младшего школьного возраста на изучение информатики в рамках своей программы «CS Unplugged». Это самый ранний из известных нам примеров, когда фокус был специально создан для обучения информатике, а именно кодам с коррекцией ошибок.

Часть VIII

Взаимодействие человека и компьютера

Теперь мы вернемся к вопросу представления фокусов и важности умения понимать людей (то есть когнитивной психологии) при разработке компьютерных систем. В компьютерной терминологии эта презентационная сторона называется взаимодействием человека и компьютера, или интерактивным дизайном. Речь идет о создании удобных программ («юзабилити») и обеспечении качественного взаимодействия с пользователем.

Глава 31

Четыре туза: **удобство использования и внимание**

Магия

Зрители пытаются уследить за расположением тузов в карточной игре. Человек, у которого в руках точно были все тузы, оказывается ни с чем. Вместо этого все они оказываются у вас, фокусника.

Вычисления

Чтобы пользователи не совершали ошибок при работе с программами, разработчики ПО должны делать их удобными в обращении. Программистам необходимо учитывать наши ограниченные возможности. Одним из таких ограничений является фокусировка нашего внимания. Чтобы помочь нам избежать ошибок и оправиться от них, программы должны активно направлять наше внимание.

Фокус

Вызовите добровольца и попросите всех остальных собраться вокруг стола. Объясните, что этот фокус о том, почему никогда не стоит играть в азартные игры, и уж точно не с фокусниками или специалистами по

компьютерам. Положите четыре туза из колоды карт на стол лицевой стороной вверх, чтобы образовались четыре стопки. Добавьте три случайные обычные карты лицевой стороной вниз поверх каждого туза, демонстрируя их зрителям (см. рис. 31.1).

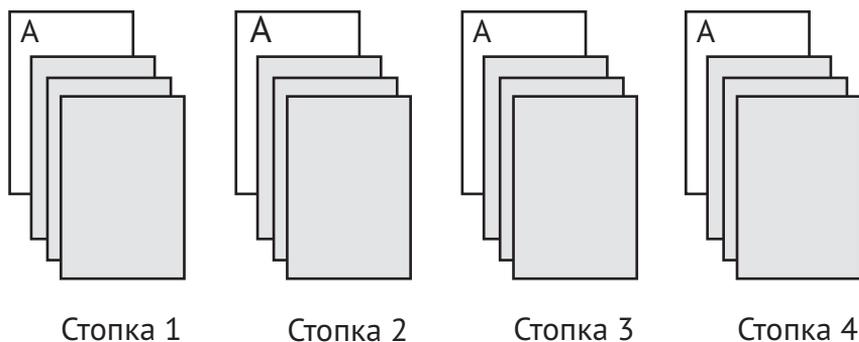


Рисунок 31.1. Исходное положение четырех тузов

Объясните, что четыре стопки вы сделали для наглядности. Все должны представить, что игра только что состоялась и карты выпали именно так, а вы случайно заметили расположение тузов. В этой игре побеждает тот, у кого окажется больше всего тузов. Это означает, что тот, кто может следить за тем, куда выпадают тузы, будет иметь преимущество и будет знать, когда оставаться в игре, а когда выходить из нее, когда играть по-крупному, а когда не играть вообще. Поэтому каждый должен постоянно следить за местонахождением тузов.

Вы переворачиваете каждого туза лицевой стороной вниз, оставляя его на самом низу своей стопки, и собираете все четыре стопки по порядку. Обратите внимание, что если дилер не перетасовывает карты, то вы точно знаете, где находятся тузы и куда они попадут при следующей раздаче. Это каждая четвертая карта в колоде, поэтому при раздаче четырех новых раскладов все четыре туза окажутся вместе в четвертой стопке. У этого человека будет самая лучшая раздача. Начните сдавать карты для иллюстрации этого. Считайте: «1, 2, 3 и туз» по мере выкладывания карт на стол лицевой стороной вниз. Сдав туза, остановитесь и, указав на туза следующей картой из колоды, попросите добровольца показать зрителям, что это действительно туз, чтобы все убедились в вашей правоте и в том, что этот человек действительно получил туза. Попросите оставить туза на столе лицевой стороной вверх, чтобы все видели, что именно здесь оказываются тузы. Продолжайте раздавать остальные карты, считая «1, 2, 3 и туз», чтобы акцентировать внимание на тузах в четвертой стопке.

Обратите внимание, что у четвертого человека (добровольца) есть все тузы, поэтому он выиграет. Если бы это была азартная игра, он мог бы сделать большую ставку. Он мог бы повышать ставки до тех пор, пока кто-нибудь готов был бы с ним играть, ведь он не может остаться в проигрыше.

После этого из игры выбывают двое, возможно, потому что, как и мы, они знают местонахождение тузов, а возможно, просто не могут позволить себе потерять такую сумму денег. Третья рука – ваша, так что вы тоже должны выбыть из игры, если у вас есть хоть капля здравого смысла.

В этой игре любой участник может поменяться картами с другим по своему желанию. Тот, у кого все тузы, откажется, так как это ухудшит его положение. Вы, фокусник, меняетесь картами. Возьмите перевернутый туз со дна четвертой стопки и поменяйте его с нижней картой своей стопки, перевернув при этом другую карту в знак того, что здесь нет никакого обмана. Обратите внимание, что у вас появился туз, но другой игрок все равно выигрывает, так как у него осталось три туза, и при этом укажите на три туза, лежащие лицевой стороной вниз. Скажите всем, что вы действительно не можете выиграть, поэтому вам следует сдаться. Вместо этого вы собираетесь украсть эти тузы, пока все будут смотреть за вами.

Скажите им, чтобы они не сводили глаз с четвертой стопки. Вы заставите их всех отвернуться именно в тот момент, когда вы украдете тузов. На счет «три» хлопните в ладоши перед лицом добровольца.

Спросите, видел ли кто-нибудь, как вы похитили тузов?!

Обратите внимание, что у добровольца определенно было три туза и выигрышная позиция, но теперь... переверните стопку добровольца... тузов больше нет. Все деньги, потраченные на азартные игры, пропали! Куда же делись тузы? Переверните свою стопку и покажите, что все тузы теперь у вас. Вы действительно похитили их незаметно для всех.

Вот почему никогда не стоит играть в азартные игры, и уж точно не с фокусниками или компьютерными экспертами!

Как это работает

Секрет этого фокуса заключается в применении ложного указания, заставляющего всю аудиторию пропустить что-то важное, хотя это как раз и должно быть видно. Когда доброволец показывает зрителям туза, происходит ложное перенаправление. Вы указали на эту

карту с целью переключить их внимание на нее, а доброволец помогает удержать внимание зрителей, переворачивая ее и показывая, что это туз.

Так что же нужно сделать, чтобы они все пропустили? Вы используете карту в своих руках и указываете на туза. Когда вы перестаете указывать, вы перекладываете эту карту обратно в другую руку, где у вас находится колода. Вы опускаете эту карту в нижнюю часть колоды и сдвигаете верхнюю карту на ее место. К тому моменту, когда внимание зрителей вновь обращается к вам, вы, совершенно неожиданно для них, держите уже другую карту. Что еще более важно, поскольку предыдущая верхняя карта теперь находится внизу, следующий туз теперь находится всего в трех картах от верхней, а не в четырех. Это означает, что при дальнейшей раздаче карт следующий туз попадет в третью стопку, а не в четвертую, как все ожидали. Третий туз по-прежнему находится на расстоянии четырех карт, поэтому он также попадет в эту третью стопку, как и последний туз. Лишь туз, показанный зрителям, действительно находится в четвертой стопке. Остальные с самого начала лежат в третьей, но зрители об этом не подозревают.

Когда впоследствии вы меняете нижнюю карту из третьей стопки на карту из четвертой, вы перемещаете этого одинокого туза к остальным. Все, что происходит с этого момента, является лишь спектаклем, маскирующим уже произошедшее.

Этот фокус можно усовершенствовать, совместив его с ложным выбором (глава 21). Чтобы не выбирать две стопки для сброса самому, дайте такую возможность добровольцу. Убедившись, что четвертая стопка с тузами находится у него, попросите его указать на одну из трех других. Если он укажет на третью, скажите, что эта раздача будет вашей, а две другие стопки выбывают. Если же нет, то скажите, что выпадает именно та стопка, на которую он указал. Затем, используя временное ложное перенаправление, вы какое-то время рассуждаете о чем-то другом (например, о необходимости выбыть из игры всем, кто отследил тузов, а не только одному человеку). Это делается для того, чтобы люди быстрее забыли о произошедшем. Затем попросите их указать на одну из двух оставшихся стопок. Опять же, на какую бы стопку они ни указали, убедитесь, что останется именно третья стопка, а вторая стопка будет изъята. Таким образом, тузы окажутся в этой стопке, что будет выглядеть гораздо более магическим, и, следовательно, будет казаться менее вероятным, что ложное перенаправление произошло именно тогда, когда оно произошло.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (ТО PREPARE) фокуса «Четыре туза»:

1. Достаньте из обычной колоды карт четыре туза и 12 других случайных карт.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Четыре туза»:

1. Разложите 4 туза на столе лицевой стороной вверх.
2. Положите 3 другие случайные карты лицевой стороной вниз поверх каждого туза.
3. Попросите добровольца выйти вперед и встать возле четвертой стопки.
4. Объясните зрителям, что в этой игре побеждает тот, у кого больше всего тузов.
5. Соберите все четыре стопки карт по одной, формируя новую колоду, не перемешивая.
6. Обратите внимание, что тузы – это каждая четвертая карта в новой объединенной стопке.
7. Объясните, что если вы сейчас раздадите карты, все тузы окажутся вместе в четвертой стопке и что сейчас вы раздадите карты для демонстрации этого.
8. Раздайте первые четыре карты в четыре стопки со словами «1, 2, 3 и туз».
9. Указывая на туза следующей картой, попросите добровольца перевернуть ее, чтобы показать всем, что это именно туз.
10. Когда доброволец продемонстрирует туза, положите карту, на которую вы указывали, на дно стопки в своей руке.
11. Вытащите верхнюю карту из колоды.
12. Попросите добровольца оставить туза лицевой стороной вверх, чтобы все видели, что именно туда попадут тузы.
13. Продолжайте раздавать карты из первой стопки, приговаривая «1, 2, 3 и туз. 1, 2, 3 и туз. 1, 2, 3 и туз».
14. Укажите, что у добровольца все тузы, поэтому он выиграет.
15. СДЕЛАЙТЕ (DO) ложный выбор СО (WITH) стопкой 3 (заставляя добровольца поверить в то, что у него есть свободный выбор в отношении того, какая из первых трех стопок останется, но заставляя его при этом выбрать именно третью).

16. Скажите, что оставшаяся (третья) стопка – это ваша раздача и вам следовало бы выйти из игры, но вместо этого вы собираетесь украсть тузов.
17. Предложите правило, согласно которому любой, кто остался на этом этапе, может поменяться картами с другим соперником. Вы так и сделаете, а доброволец с тузами не станет, поскольку это может только ухудшить его положение.
18. Переверните нижнюю карту третьей стопки и поменяйте ее с тузом, лежащим в четвертой стопке.
19. Обратите внимание, что у добровольца по-прежнему больше тузов, поэтому он все равно выиграет, но ему следует внимательно следить за этими тузами, так как теперь вы заставите его моргнуть и после этого похитите карты.
20. Досчитайте до трех, затем громко хлопните перед лицом добровольца.
21. Спросите, видел ли кто-нибудь, как вы украли тузов.
22. Переверните четвертую стопку, чтобы показать, что тузы исчезли.
23. Переверните третью стопку, чтобы показать, что теперь у вас есть все тузы.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

Как и все остальные фокусы, этот включает в себя ряд обязательных для выполнения шагов. В его основе заложен алгоритм. Тем не менее здесь также используются ложные указания и некоторая ловкость рук. Зрители увидят далеко не все. Презентация играет важную роль во всех фокусах, если они действительно должны казаться магическими. В данном случае она играет ключевую роль.

Ложное указание свидетельствует о том, что наше внимание сосредоточено на чем-то одном, и когда мы концентрируем внимание на какой-то области, мы не замечаем того, что находится неподалеку. Указание – очень сильный социальный сигнал, и всем любопытно удостовериться, что этой картой является туз, поэтому все смотрят на карту. Для многих зрителей в этот момент руки иллюзиониста не только были видны, но и находились в поле их зрения, по крайней мере на периферии. Они смотрели в верном направлении, но все

равно не видели подмены карты. Их внимание было перенесено на карту и одновременно сконцентрировано на ней. Когда наше внимание приковано к какому-то одному объекту, мы не замечаем других вещей, даже близко расположенных.

Люди постоянно совершают ошибки, и не всегда по причине своей глупости или невнимательности. Наши когнитивные ресурсы ограничены, например, единственным центром внимания. Подобные фокусы свидетельствуют о том, что можно разработать систему таким образом, чтобы все совершали одну и ту же ошибку концентрации внимания одновременно. Фокусники подстраивают систему таким образом, чтобы мы смотрели не в ту сторону и упускали что-то важное. Хорошие **дизайнеры пользовательских интерфейсов (user interface designers)** могут использовать тот же принцип понимания когнитивных технологий, чтобы заставить людей смотреть в нужное место и в нужное время. Благодаря хорошему дизайну с учетом наших ограничений, подобно фокусникам, разработчики способны помогать людям *избегать* ошибок или исправлять их последствия.

Программирование – это не только создание работающих программ. Речь также о **простоте их использования**. Компьютерные специалисты называют процесс разработки программ с учетом удобства их использования термином «юзабилити» (**usability**). Многие программисты создают программы с учетом собственных, а не реальных пользовательских потребностей, и в результате эти программы оказываются значительно менее удобными, чем хотелось бы. В конце концов, программист прекрасно понимает принцип работы программы. А пользователи – нет. Многие программы и их функции настолько сложны в использовании, что ими никогда не пользуются. Сделать программу простой в использовании – значит разобраться в особенностях работы нашего мозга, его сильных и слабых сторонах.

Хорошие программисты стремятся узнать, делают ли люди ошибки при работе с их программами, и стараются устранить эти проблемы. Когда пользователи допускают ошибки при работе с их программой, хорошие программисты всегда задаются вопросом: «Как я могу улучшить ее, чтобы больше никто не повторил эту ошибку? А если не могу, то как построить программу таким образом, чтобы они сразу догадались о допущенной ошибке и поняли, как ее устранить?»

Некоторые проблемы с «юзабилити» и возникающие в результате ошибки просто раздражают, например закрытие программы вместо ее свертывания, из-за чего ее приходится открывать снова. Другие могут привести к потере времени, например если забыть сохранить

результаты домашней работы, на которую были потрачены многие часы. Иногда последствия ошибки невозможно исправить: например, если вы завели будильник, но не заметили, что звук выключен, и пропустили собеседование. В других ситуациях последствия могут быть связаны с жизнью и смертью. В больницах сейчас полным-полно компьютерных приборов для лечения или поддержания жизни. Кто-то составил программу для каждого из них. Кто-то разработал **интерфейс взаимодействия** (interaction design – дизайн использования программы пользователями) и сделал ее либо легкой в использовании, либо, наоборот, простой в допущении ошибок, а скорее всего, она оказалась где-то посередине. Если медсестра случайно введет в инфузионный дозатор – аппарат, закачивающий в пациента жизненно важные лекарства, 10-кратную дозу, эта ошибка может привести к его смерти. Высокие дозы замечательных в обычных условиях лекарств часто оказываются токсичными.

Во всех перечисленных выше случаях избежать врачебных ошибок можно с помощью специальных разработок, которые предотвращают возникновение проблем или по крайней мере делают их гораздо менее вероятными, а также облегчают их выявление и исправление. Текстовые редакторы позволяют сохранять документы чуть ли не через несколько нажатий клавиш, а не оставлять это на ваше усмотрение. Будильник может обнаружить отключение громкости и предупредить вас, что установленный сигнал не будет иметь эффекта, а также предложить устранить проблему до завершения настройки. Инфузионный дозатор может определять безопасный диапазон дозировок каждого препарата и предупреждать вводящего его специалиста о возможных ошибках.

Мысли о возможных причинах, по которым медсестра может неосознанно ввести неправильную дозу лекарства, возвращают нас к нашему фокусу. Есть множество возможных причин, но одна из них заключается в концентрации внимания медсестры на конкретном объекте. Если медсестра набирает цифры на клавиатуре в стиле калькулятора, ее внимание должно быть сосредоточено на пальцах, чтобы понимать, что она делает, а не на экране, чтобы увидеть свою ошибку. После завершения ввода ее взгляд, скорее всего, обратится к кнопке «Пуск». Возможно, мы сможем использовать прием фокусников и привлечь ее внимание к дисплею, чтобы он мигал, а медсестра смогла проверить правильность действий. Еще лучше использовать другой способ набора, чтобы внимание медсестры не отвлекалось от экрана во время ввода цифр. Один из таких способов – вводить числа с по-

мощью системы курсоров. Например, у вас может быть две кнопки, которые перемещают курсор влево и вправо от одной цифры к другой, и еще две – для изменения значения в большую или меньшую сторону. Как только курсор оказывается в нужном месте, внимание человека переключается не на кнопки, а на экран, где он наблюдает за изменением цифр.

Управлять вниманием людей для программиста так же принципиально важно, как и для фокусника.

Компьютеры служат для решения человеческих проблем. Если люди будут использовать создаваемые программы, эти программы должны быть созданы с учетом удобства их использования. Они должны быть просты в использовании, несмотря на ограничения нашего мозга. Программисты должны позаботиться о создании таких программ, где ошибки не только трудно совершить, но и легко исправить.

Фокусники придумывают магические системы так, чтобы все зрители одновременно совершали одну и ту же ошибку. Компьютерные специалисты обязаны разрабатывать компьютерные системы так, чтобы никто не совершал ошибок, если они хотят сделать свои системы удобными и безопасными. Для этого можно использовать те же приемы, ту же когнитивную психологию. Вместо отвлечения внимания человека от важных вещей разработчикам программ необходимо использовать такое же понимание когнитивной психологии, чтобы направлять внимание пользователя на важные вещи в нужный момент. Эти приемы предполагают понимание не только людей, но и технологий. И у фокусов, и у программ есть две одинаковые важные части, как показано на рис. 31.2: секретный прием и презентация ... алгоритм и дизайн взаимодействия.



Рисунок 31.2. Магические трюки и программы состоят из одних и тех же базовых компонентов

Интермедия: Густав Кун

Густав Кун (Gustav Kuhn), психолог из Голдсмитского университета в Лондоне, специализируется на исследованиях в области искусства магии. Он изучает магические технологии и, в частности, использовал технологию слежения за глазами, которая позволяет определить, куда смотрят люди, для изучения вопроса о концентрации внимания зрителей во время просмотра фокуса. Он пришел к выводу, что перенаправление внимания гораздо сложнее, чем простая задача заставить людей смотреть не в том направлении. Наши глаза могут быть направлены непосредственно на что-либо, но при этом мы можем совершенно не видеть этого.

Глава 32

Сверхъестественное внушение: **ВИЗУАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Магия

Вы показываете на экране пять игровых карт и просите каждого зрителя выбрать одну, на которой остановился его взгляд. Затем вы демонстрируете карты, убрав одну: ту, которую, по вашему мнению, выбрало большинство. Когда вы спрашиваете, оказывается, что КАЖДЫЙ выбрал удаленную карту.

Вычисления

Увиденное зависит от того, на чем вы фокусируете свое внимание, а концентрация внимания отчасти зависит от того, насколько выделяются те или иные предметы в поле зрения. Если вы хотите, чтобы на экране можно было увидеть что-то важное, необходимо сделать это более зрительно значимым.

Фокус

Вы объявляете, что намерены провести эксперимент по изучению силы внушения. В то время как любой фокусник может заставить одного добровольца из аудитории выбрать нужную ему карту, с помо-

щью искусного внушения вы попытаетесь заставить выбрать нужную вам карту максимальное количество людей в зале. Вы попытаетесь обратить внимание всех присутствующих на одну и ту же карту. Объясните, что ваши попытки требуют глубокого понимания работы мозга, когнитивной психологии.

Вы объясняете, что будете демонстрировать на экране слайд с пятью игральными картами, и предлагаете каждому выбрать одну из них. Они могут выбрать любую: возможно, крайнюю, либо среднюю, либо между ними, возможно, слева или справа. Без лишних раздумий они должны перевести взгляд на одну из них, а затем смотреть только на нее. Это будет их выбор. Когда выбор сделан, необходимо встать и оставаться в этом положении.

Вы показываете всем присутствующим на экране слайд с пятью картами и напоминаете, что нужно выбрать первую, на которой остановится их взгляд, и глядеть строго на нее, а затем встать. Когда все встанут, вы переключаете экран на слайд с чистой страницей и объявляете всем, что они должны думать о своей карте и только о ней. Они должны полностью сконцентрироваться на ней. Затем вы вновь раскладываете карты, но убираете одну из них – ту, что вы хотели предложить всем выбрать. Вы объявляете участникам, что если они выбрали удаленную карту, то им следует сесть. Обратите их внимание на то, что при выборе из пяти карт вы можете ожидать, что присядет каждый пятый из аудитории, если бы вы не обладали способностью к внушению. Если бы их было меньше, то получилось бы обратное тому, что вы задумали. Больше – и ваши способности к внушению сработали в некоторой степени.

Теперь вы показываете новый слайд с четырьмя оставшимися картами, без той, которую вы заставляли их выбрать. Садятся все!

Как это работает

Это очень простой фокус. Он заключается в том, что вы всего лишь заменяете ВСЕ карты на набор из четырех похожих карт. У каждого исчезла его карта, поэтому все садятся на свои места. Чтобы фокус сработал, вам нужно использовать карты без особых отличий: никаких придворных фигур или тузов. Пусть это будут семерки, восьмерки и девятки похожих красных и черных мастей, а затем поменяйте их на другие карты, также похожие на семерки, восьмерки и девятки красных и черных мастей. Это дает гарантию, что невыбранные карты будут не слишком бросаться в глаза.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (ТО PREPARE) «Сверхъестественного внушения»:

1. Создайте три слайда: один с пятью картами в линию, другой с четырьмя похожими, но РАЗНЫМИ картами в другом порядке. Между ними должен быть пустой слайд. Среди карт должны быть семерки, восьмерки и девятки красных и черных мастей.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) «Сверхъестественного внушения»:

1. Объясните, что вы собираетесь использовать свои способности внушения, чтобы заставить как можно больше зрителей выбрать одну и ту же карту. Расскажите о возможных вариантах в зависимости от ситуации.
2. Покажите слайд с изображением пяти карт.
3. Попросите всех выбрать одну карту, на которую первым упадет их взгляд, и сосредоточиться только на ней, а после выбора встать.
4. Когда все встанут, замените слайд на пустой.
5. Объясните, что вы собираетесь убрать карту, которую, по вашему мнению, выбрало большинство зрителей, благодаря вашей способности внушать. Если убранный вами карточка – та, которую они выбрали, они должны присесть.
6. Замените слайд на тот, где представлены четыре разные карты.
7. Объясните, когда все сядут, что вы не просто управляли несколькими участниками, вы управляли всем залом, и в этом заключается удивительная сила внушения.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

В основе этого фокуса лежит идея о том, как заставить человека зафиксировать взгляд на определенном предмете, а не на другом. В этом и заключается суть визуального привлечения внимания, но работает оно совсем не так, как заявлено в этом фокусе. Здесь нет ничего общего с внушением. Трюк связан с тонкими визуальными подсказками, которые притягивают взгляд к одним предметам вместо других. Разумеется, секрет фокуса заключается в способе обмана, а не в при-

вязке к направлению взгляда.

Однако фокус отчасти основывается на одной интересной особенности работы мозга, когда люди не обращают внимания на едва заметное изменение набора однотипных карт на другие однотипные карты. Это срабатывает только потому, что некоторые вещи более заметны, более выразительны визуально, чем другие. Именно поэтому мы используем семерки, восьмерки и девятки, ведь они выделяются гораздо меньше, чем придворные фигуры и тузы. Необходимы такие, которые не очень сильно привлекают внимание.

Как мы уже убедились, наши глаза больше обращают внимание на одни участки сцены, чем на другие, и если наше внимание сфокусировано, мы не можем замечать другие предметы. Так на что же обращают внимание наши глаза? Так, например, их притягивают области с высокой контрастностью. На таких участках изображения точки становятся визуально более заметными.

Это играет огромную роль при разработке интерфейсов, так как команда дизайнеров может использовать этот эффект для привлечения внимания людей к нужным местам в нужное время. Тем самым разработчик интерфейса может способствовать тому, чтобы пользователи не пропускали важные моменты. Потратив 20 минут на выбор товаров на сайте магазина, вы в последнюю очередь хотели бы лишиться возможности купить их, потому что не можете найти кнопку оформления заказа! Именно на нее и должен немедленно упасть ваш взгляд.

ПАУЗА: Питер У. Макоуэн

Питер У. Макоуэн (Peter W. McOwan, 1962–2019), один из авторов этой книги до своей кончины, был фокусником-любителем, но при этом профессиональным компьютерным исследователем. Его научные изыскания были посвящены вычислениям в сфере биологии и, в частности, изучению особенностей восприятия мира людьми и животными. Он и его команда, включая Милана Верму и Хамита Сойела, разработали системы искусственного интеллекта на основе изучения возможностей нашей зрительной системы. Инструменты, созданные на основе его работ, сегодня используются в самых разных областях, в том числе в маркетинге, например для определения привлекательности рекламы для наших глаз. Он также был страстным сторонником вовлечения общественности в научную деятельность и одним из пионеров в использовании фокусов для приобщения к компьютерным наукам.

Глава 33

Игра с цифрами: **НАГЛЯДНОСТЬ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ**

Магия

Один из зрителей называет 10 случайных чисел. Вы записываете их на клочках бумаги, перемешиваете и раскладываете лицевой стороной вниз, а доброволец выбирает одно из них. Каким-то образом вам удастся узнать выбранное им число.

Вычисления

Очень важно, чтобы при разработке компьютерной системы не возникало «сюрпризов автоматизации», когда пользователь утрачивает представление о внутреннем состоянии системы. Важным принципом разработки взаимодействия для этого является «видимость состояния системы». Это подразумевает гарантию визуального отображения для пользователя основных параметров внутреннего состояния компьютерной системы. Благодаря этому ему не придется мысленно отслеживать эти моменты, что снижает вероятность возникновения соответствующих ошибок.

Фокус

Проделайте этот фокус за обеденным столом, причем совершенно спонтанно. Возьмите лист чистой бумаги, который совершенно случайно оказался у вас в кармане, и разорвите его на 16 частей. Попросите кого-нибудь из сидящих за столом назвать наугад 16 чисел, которые вы напишете на этих листках бумаги. Перемешайте бумажки так, чтобы они тщательно перемешались. Затем разложите их на столе на две кучки лицевой стороной вниз. Попросите кого-нибудь указать на одну из них, чтобы исключить половину возможных вариантов и оставить только восемь листков бумаги. Теперь разложите их на столе лицевой стороной вниз и попросите третьего участника выбрать один из листков и взглянуть на него, не сообщая никому, что на нем изображено. Объясните, что вы можете определить загаданное число по мимике лица, которая появляется при взгляде на объект. Вы сообщаете всем участникам, какой номер, по вашему мнению, он выбрал. Участник показывает всем выбранный им номер. Вы угадали.

Как это работает

Зрители не догадываются, что вы не пишете каждое названное ими число, а пишете на каждой бумажке первое названное ими число.

Все числа на бумажках одинаковые, поэтому, разумеется, вы знаете предсказанное ими число. Это выглядит как волшебство только потому, что зрители просто уверены, что вы записываете числа в соответствии с их словами.

Для более простой версии вы можете не разбивать листки бумаги на две кучки. Это лишь привлечет больше зрителей и внесет дополнительную путаницу в происходящее.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) игры с цифрами:

1. Разорвите лист бумаги на 16 равных частей.
2. ПОВТОРИТЕ 16 РАЗ (REPEAT 16 TIMES).
 - a) Попросите добровольца назвать случайное число.
 - b) Запишите первое названное им число на одном из листков бумаги.
 - c) Положите его на стол в стопку лицевой стороной вниз.

3. Перемешайте листы бумаги так, чтобы они все время оставались лицевой стороной вниз.
4. Разделите листы бумаги на две стопки.
5. Попросите второго добровольца выбрать стопку.
6. Разложите листы бумаги из этой стопки лицевой стороной вниз.
7. Попросите третьего добровольца выбрать один листок бумаги из стопки и посмотреть на него.
8. Объявите, что по мимике его лица вы можете предсказать число, написанное на выбранном им листке бумаги.
9. Назовите число, которое вы написали на каждом листе бумаги.
10. Попросите добровольца показать всем, что вы оказались правы.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

Многие карточные фокусы работают до определенной степени лишь благодаря тому, что вы не видите толком, что именно изображено на картах. Этот фокус как раз на эту тему. Если бы зрители могли видеть цифры, это было бы совсем не так волшебно. Хорошие фокусы сопровождаются сюрпризами!

Все фокусы предполагают создание иллюзионистом такой ситуации, когда зрители одновременно совершают одну и ту же ошибку. Как правило, ошибка частично заключается в упущении из виду скрытых объектов, таких как карты, разложенные лицевой стороной вниз, или листки бумаги. В этом фокусе, если бы все написанные числа были видны и было бы понятно, что на них написано, результат никого бы не удивил. Именно отсутствие возможности увидеть цифры на листках бумаги и делает фокус таким волшебным. Когда в конце концов удается предсказать правильное число, возникает чувство восторга, которого вы и добиваетесь.

Разработчики интерактивных систем добиваются противоположного эффекта. Вместо стремления к потере пользователями информации о внутреннем состоянии путем сокрытия информации вам нужно дать им достаточное количество обратной связи с данными о внутреннем состоянии, чтобы они не запутались. Пользователи должны иметь возможность отслеживать внутренние изменения системы для принятия правильных решений о своих дальнейших действиях.

Это подводит нас к действительно важному принципу разработки взаимодействия, связанному с отображением состояния системы. Мы не хотим, чтобы пользователи наших компьютерных систем с удивлением обнаружили, что состояние системы совершенно не соответствует их ожиданиям. Представьте себе, что это происходит с летчиком, управляющим самолетом. Заходя на посадку, он вдруг неожиданно понимает, что снижается настолько круто, что может врезаться в склон холма, в то время как он думал, что самолет настроен на небольшой угол снижения. Подобные вещи называются **«сюрпризом автоматике» (automation surprise)**. Они опасны, потому что в результате могут произойти ужасные события.

Приведенный выше сценарий с самолетом действительно имел место с трагическими последствиями. Пассажирский самолет A320 врезался в склон холма при посадке в аэропорту Страсбурга в 1992 году. Причиной аварии оказалась ошибка пилотов, которые не смогли определить режим работы автопилота. Они ввели цифры для управления снижением, полагая, что вводят небольшой угол снижения в 3,3 градуса. На самом деле они давали команду самолету снижаться на 3300 футов каждую минуту. Они не догадывались об этом до последних секунд перед столкновением самолета со склоном холма. Так выглядит худшее проявление сюрприза автоматике. Погибло 87 человек. Выжили только шестеро.

Как предотвратить сюрпризы автоматизации? В процессе использования системы мы мысленно отслеживаем ее действия и внутреннее состояние, в котором, как нам кажется, она находится. Сюрпризы автоматизации происходят из-за потери контроля, когда предполагаемое состояние отличается от фактического. Если мы обеспечим постоянное наглядное отображение значимых процессов внутреннего состояния, тогда это мысленное отслеживание станет менее важным. Вместо этого мы можем просто наблюдать за изменениями по мере их возникновения. Авиакатастрофа в Страсбурге отчасти произошла из-за отсутствия наглядной информации: режим работы автопилота и текущий угол снижения были важны, но плохо различимы. В результате конструкция кабины пилотов была изменена таким образом, чтобы эти сведения были хорошо различимы. Конечно, было бы лучше, если бы для улучшения ситуации не пришлось пройти через катастрофу. Безусловно, если информации будет слишком много, то самая важная может потеряться среди остального. Важнейшая часть процесса разработки интерфейса заключается в том, чтобы определить критически важную информацию для реше-

ния конкретных задач и найти способы обеспечить ее наглядность в нужный момент.

ПАУЗА: Дон Норман и Якоб Нильсен

Многими технологиями пользоваться гораздо сложнее, чем хотелось бы. Дон Норман (Don Norman) и Якоб Нильсен (Jakob Nielsen) были двумя величайшими пионерами в области решения этой проблемы. Норман ввел идею разработки, ориентированной на пользователя, а Нильсен предложил связанную с ней идею юзабилити-инжиниринга. Обе концепции направлены на акцентирование основного внимания на людях и их ограничениях при создании компьютерных систем. Более чем кто-либо другой они продвигали мысль о том, что при хорошем дизайне и соответствующих инженерных методах программное обеспечение и устройства можно сделать намного проще в использовании... если только программисты действительно будут учитывать ограниченные возможности людей. В случае Нормана его идеи основывались на его эклектичном опыте инженера-электронщика и психолога, а также дизайнера. Его книга «Дизайн повседневных вещей» (1988), пожалуй, является одной из наиболее авторитетных в этой области и, безусловно, должна быть прочитана всеми специалистами по компьютерным технологиям. Норман и Нильсен разработали практические принципы, рекомендации, правила и методы оценки, которые позволяют сделать программу более удобной в использовании. Объединившись, они основали консалтинговую компанию, которая оказывает помощь в повышении удобства использования технологий.

Глава 34

Тройной фальшивый сдвиг: **концептуальные модели и метафоры**

Магия

В результате этих фальшивых сдвигов карт вся колода остается нетронутой.

Вычисления

Один из способов упростить использование интерактивных систем – это создать для них четкую и простую «концептуальную модель». Принцип их работы должен быть очевиден. Для этого можно использовать дизайнерскую метафору: вы напоминаете пользователям о каком-то реальном навыке, который они уже освоили, а затем предлагаете им взаимодействовать с компьютерной системой аналогичным образом. С другой стороны, если используемая метафора не соответствует фактическому оформлению, пользоваться системой станет очень сложно.

Фокус

Положите на стол колоду карт (стопка 1). Теперь снимите верхнюю треть или примерно треть от нее и положите эти карты справа. Назовите эти карты стопкой 2. Теперь снимите половину оставшихся карт

из стопки 1 и положите их справа от стопки 2. Назовем ее стопкой 3. Теперь остается только выдержать паузу, а затем снова собрать колоду. Положите стопку 2 на стопку 3, а затем поместите эту объединенную стопку на карты из стопки 1 (см. рис. 34.1).

Для зрителей это выглядит как честная серия сдвигов карт, но если вы попытаете проделать это с колодой, то обнаружите, что в итоге карты в ней располагаются точно в том же порядке, что и в самом начале.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) тройного фальшивого сдвига:

{Без предположений}

Допустим, на столе есть три позиции, которые мы назовем Позиция 1, Позиция 2 и Позиция 3.

1. Положите колоду на стол в позицию 1.
2. Снимите примерно треть карт сверху, чтобы создать вторую стопку в позиции 2.
3. Снимите половину оставшейся первой стопки в позиции 1, чтобы сделать третью стопку в позиции 3.
4. Выдержите паузу.
5. Поместите вторую стопку из позиции 2 на третью стопку в позиции 3.
6. Переместите всю новую третью стопку из позиции 3 на первую стопку в позиции 1.

{Порядок карт в колоде не изменился}

Как это работает

Вы только что сбили зрителей с толку. Все, что для этого нужно сделать, – это сложить стопки в порядке, отличном от последовательности их разборки! Зрители предполагают, что серия сдвигов карт будет честной. Поскольку мы складываем стопки в порядке, отличном от последовательности их разборки, можно запросто упустить из виду подробности происходящего, а именно положить каждую треть поверх той, на которой она лежала в начале. Пауза в середине также добавляет небольшую временную дезориентацию.

Фокусник намеренно проецирует неверное представление о принципах мироустройства. Каждый, кто хоть раз играл в карты, даже не задумываясь, понимает, что если сдвинуть карты в колоды, то они располагаются в другом порядке.

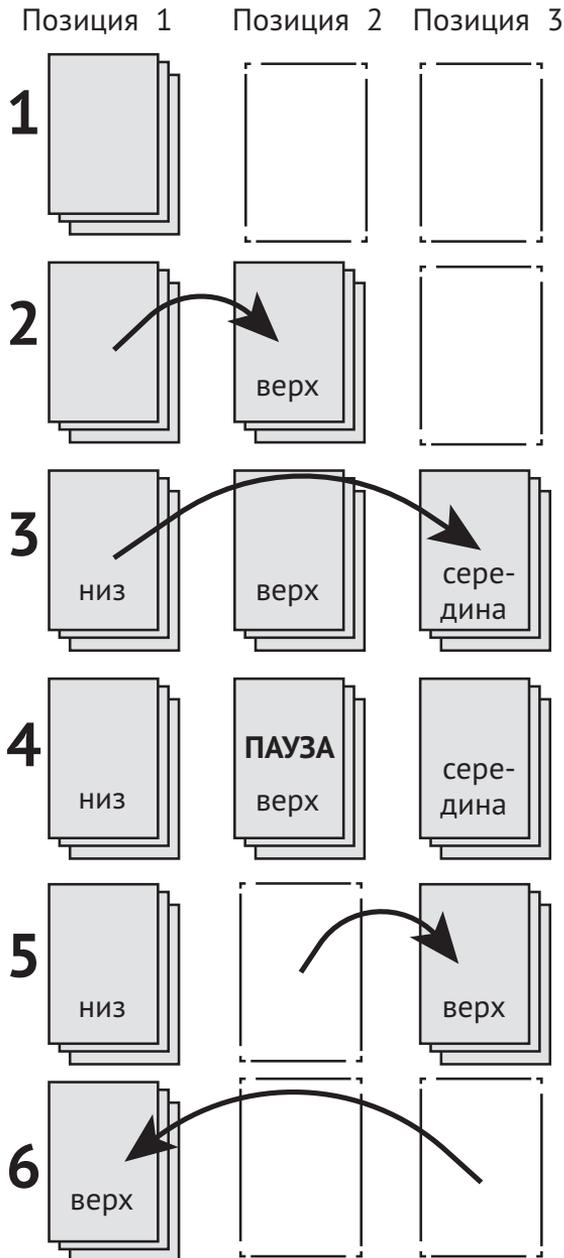


Рисунок 34.1. Этапы тройного фальшивого сдвига

Это распространенный способ добиться непредсказуемости раздаваемых карт. Каждая часть сдвига соответствует схеме настоящего съема карт. Вы убрали часть колоды и положили часть колоды сверху. Снимая колоду, вы устанавливаете ожидание, и вместо концентрации на деталях происходящего наш мозг начинает использовать сложившуюся модель окружающего мира для прогноза дальнейших событий.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

В процессе построения системы взаимодействия человека и компьютера нам, как и во многих других ситуациях, приходится поступать в точности до наоборот. Как и во время исполнения фокуса, нам очень сложно контролировать внутреннее состояние программы при изменениях, даже если эти изменения достаточно просты. Дизайн интерфейса в представленном нам виде (также известный как **образ системы**) приводит к возникновению определенных ожиданий, или **концептуальной модели** его работы. В фокусах представленный образ системы имеет четкие границы. Далее мы не отслеживаем все подробности, а используем это упрощенное представление, чтобы определить наиболее вероятные варианты развития событий. Если модель, которую мы создаем в своей голове (так называемая **пользовательская модель**), не совпадает с реальной моделью разработчиков, то есть не совпадает с реальными характеристиками системы (так называемая **модель дизайна**), мы можем допустить ошибку в определении ее состояния.

В этом фокусе мы устанавливаем **системный образ** так, чтобы зритель мог построить **пользовательскую модель** выполнения честных сдвигов колоды. Однако в реальности эта **модель дизайна** сводится к раскладке колоды по частям и ее последующей укладке в том же порядке, а не в каком-либо другом.

Программист имеет очень подробное представление о принципах работы программируемой им системы, поэтому ему зачастую очень трудно понять причины, по которым другие могут запутаться. Благодаря своим глубоким знаниям для программиста действительно совершенно очевиден принцип работы системы и порядок выполнения задач. Их личная пользовательская модель совпадает с моделью дизайна и не формируется на основе образа системы.

Пользовательский интерфейс программы (проецирующий образ системы) отображает лишь неполную версию происходящего. В от-

личие от программиста, пользователь может ориентироваться только на эти данные. Основываясь на своем прошлом опыте и на видимой части интерфейса, пользователь формирует мысленную модель ожидаемого функционирования системы и необходимых действий. Эти ожидания могут совпадать или не совпадать с реалиями действующей системы. Если это точная версия системного поведения, то она облегчит работу пользователя с системой. Однако если она не совсем корректна, это может привести к неверным предположениям о дальнейших действиях при использовании системы.

Например, если вы много раз встречали в общественных туалетах сушилки для рук с большой кнопкой активации, то при виде новой сушилки для рук вы сформируете пользовательскую модель, предполагающую нажатие кнопки. Если вместо кнопки вы увидите что-то, похожее на кнопку, то это укрепит вашу пользовательскую модель. Вы, вероятнее всего, нажмете ее без раздумий. Такое может с большой вероятностью произойти, даже если на сушилке будет надпись: «НЕ НАЖИМАТЬ: подставить руки под сушилку для активации».

Фокусники настраивают системные образы своей магической системы таким образом, чтобы у зрителей формировалась ошибочная ментальная модель происходящего. Именно это и происходит в случае с этими сдвигами колоды. Все уже видели, как люди сдвигают колоды карт и знают, что это один из способов перемешать колоду и выложить наверх случайные карты. Первые сдвиги выглядят именно так, а складывание колоды выглядит как результат последовательности честных сдвигов. Представленный фокусником системный образ заставляет зрителей сформировать пользовательскую модель якобы случайного расположения карт в колоде. Они не следят за подробностями, а просто уверены, что понимают происходящее.

Программисты и разработчики интерфейсов делают все наоборот. Неудачный дизайн работает как фокус, заставляя пользователя формировать ошибочную ментальную модель, а качественный дизайн помогает ему сформировать правильную ментальную модель: например, сушилки для рук, срабатывающие от датчиков, не должны иметь ничего, похожего на кнопку, что лишь укрепит неправильную ментальную модель. Еще лучше, если они будут выглядеть совершенно не так, а в идеале и вовсе будут обладать очевидной визуальной подсказкой для правильного расположения рук. Те же соображения применимы и к интерфейсам сложного программного обеспечения.

Метафоры дизайна

Один из способов помочь пользователям скорее сформировать правильную ментальную модель – придать элементам управления форму каких-либо хорошо знакомых реальных вещей. Например, в программе для рисования может быть предложен выбор цветов, которые будут выглядеть как палитра художника. Для изменения цвета пользователь перемещает свою виртуальную кисть, «окуная» ее в нужную краску на палитре.

Это и есть **дизайнерская метафора (design metaphor)**, которая дает пользователю возможность понять принцип работы системы. Действия, необходимые для выполнения задачи, такие как выбор цвета, совпадают с действиями в реальном мире в момент погружения кисти в краску. Принцип проектирования взаимодействия сводится к тому, что если система выглядит как что-то знакомое, то и вести она себя должна так же. Если это выглядит как палитра художника, то и поступать с ней нужно как с палитрой художника. ...Иначе это приведет к беспорядку.

Еще один пример: метафора мусорного ведра используется на рабочих столах многих компьютеров, и вы, разумеется, понимаете, что помещенные туда файлы считаются «мусором» и подлежат удалению. Однако они не удаляются сразу. Это происходит только позже, когда мы очищаем корзину. Мы ожидаем этого, и если система работает именно так, то мы, само собой, осознаем правильный порядок действий. Конечно, в компьютере нет настоящего мусорного ведра, это всего лишь метафора. Если бы вместо сброса ненужного в виртуальную урну оно сразу же удалялось, то пользователи наверняка бы ошибались чаще. Для такой ситуации нужна другая метафора: возможно, метафора шредера. Когда мы измельчаем вещи, мы рассчитываем избавиться от них немедленно. Именно то, что мы видим (иконки), используемый язык и ответная реакция формируют такое ожидание.

Точно так же и иллюзионист создает метафору сдвига колоды, и мы пользуемся ею как концептуальной моделью во время показа фокуса. Мы берем эту метафору за основу для оценки происходящего. Результат настолько близок к нашим ожиданиям, что не вызывает никаких подозрений. Мы знаем, что происходит. Однако проектная модель, то есть происходящее на самом деле, отличается. Как и рассчитывает фокусник, наши ожидания приводят нас к ошибке, и мы не замечаем, что колода осталась неизменной.

Когда мы разрабатываем и проверяем вычислительные системы, мы не желаем запутывать людей, а потому должны принимать во

внимание подобные ожидания. Необходимо продумать дизайн интерфейса таким образом, чтобы концептуальная модель пользователя совпадала с моделью дизайна. Также необходимо убедиться в эффективности нашего решения, протестировав разработанный интерфейс на реальных пользователях, чтобы удостовериться, что они действительно понимают метафору и она настраивает на правильные ожидания.

Фокусник использует метафоры с целью запутать нас, чтобы мы не понимали происходящего в действительности. Хорошие специалисты по проектированию взаимодействия используют их наоборот, помогая избежать путаницы и тем самым упрощая использование интерфейсов.

Интермедия: Джей Осе

Авторство этого фальшивого сдвига приписывают фокуснику Джейу Осе (Jay Ose, 1911–1967). Он отлично справлялся с показом карточных фокусов на близком расстоянии и был консультантом в различных фильмах с участием карточных шулеров и мошенников, в том числе в фильме Стива Маккуина «Цинциннати Кид». Он снялся в коротком документальном фильме о его создании, продемонстрировав свое мастерство обращения с картами. В 1960-е годы он также снимался в других фильмах и телешоу, в том числе в эпизоде сериала «Миссия невыполнима».

Глава 35

Джокер в колоде: **ПАМЯТЬ**

Магия

Этот фокус связан с поиском нарушителей спокойствия (то есть джокеров) в аудитории и их перемещением в начало класса. Доброволец загадывает число, раздает соответствующее количество карт и удивительным образом поднимает наверх единственного джокера в колоде.

Вычисления

Идеальной памятью не обладает никто. Мы все что-то забываем, особенно на короткое время, поскольку наша ограниченная оперативная память может очень быстро заполниться. Забвение чего-то уже известного нам, что нужно сделать в будущем, является особенно распространенной проблемой, особенно в стрессовых ситуациях. Разработчики интерфейсов должны помнить об ограничениях нашей памяти и следить за тем, чтобы интерфейс заставлял нас запоминать вещи только в том случае, если без этого не обойтись.

Фокус

Объявите аудитории, что учителя должны уметь распознавать нарушителей спокойствия – любителей пошутить в классе. Вы покажете им

тест для будущих учителей, который поможет им определить, умеют ли они контролировать толпу. Тестируемый будет использовать свой природный дар выявлять проблемы до их возникновения. Ему предстоит попытаться найти джокера в колоде. Доброволец задумывает число, скажем от 2 до 8, и называет его. Вы перетасовываете колоду, а затем объясняете, что нужно сделать. Вы вслух отсчитываете заданное количество карт 1, 2, 3... с верхней части колоды и выкладываете их на стол лицевой стороной вниз. Когда заданное количество карт будет сдано, переверните последнюю сданную карту и назовите ее. Положите карты на стол и передайте добровольцу всю колоду. Напомните, что нужно найти джокера, который символизирует озорника, готового устроить неприятности. Добровольцу необходимо доставить джокера в переднюю часть класса (то есть в верхнюю часть колоды), где вы сможете его заметить до того, как он успеет натворить неприятностей. При этом вы перемешиваете всю колоду.

Теперь доброволец выполняет ваши указания, отсчитывая карты, 1, 2, 3... до названного им числа. Перед сдачей верхней карты заберите у него остальные несданные карты и разложите их на столе лицевой стороной вверх, отметив, что джокеров среди них нет. Вытащите несколько одиночных карт и произнесите вслух их названия, чтобы продемонстрировать, что это не джокеры. Напомните всем, что вы перетасовали колоду. Теперь доброволец может проверить, удалось ли ему найти джокера, для чего ему нужно просто перевернуть верхнюю карту из сданной им стопки. Удивительно, но именно перевернутая карта и есть джокер!

Несмотря на статус одиночки во всей группе, нарушителя спокойствия без проблем удалось вывести на передний план. Благодаря этому навыку доброволец способен справиться с толпой, а в классе он будет просто незаменим.

Как это работает

Чтобы фокус сработал, перед выступлением вам достаточно поместить джокера поверх перетасованной колоды. Каждый раз, когда вы перетасовываете карты во время фокуса, вы выполняете фальшивую перетасовку, которая оставляет верхние карты без движения и одновременно создает видимость перемешивания карт (например, как в «перемешивании без сдвига верхних карт» главы 18).

Когда вы будете отсчитывать карты на столе, делайте это непринужденно, чтобы зрители ничего не заподозрили: вы просто показываете

им дальнейшие действия. Джокер находится в верхней части колоды. При фальшивой перетасовке он там и остается. Предположим, участник выбирает число 4, тогда в ходе демонстрации вы кладете на стол 4 карты лицевой стороной вниз. Джокер теперь находится в самом низу этих карт, так что в данном случае он четвертый сверху. Вы помещаете карты обратно на верхнюю часть колоды, так что теперь это четвертая карта во всей колоде. Аналогичная ситуация происходит при любом выбранном числе (см. рис. 35.1). При фальшивой перетасовке верхние карты остаются без движения, поэтому, поскольку участников попросили выбрать небольшое число, перетасовка должна оставить их карты в том же верхнем положении. Вы передаете им колоду, и теперь они проделывают то же самое, что и вы. Однако теперь, отсчитав четыре карты, они фактически возвращают четвертую карту (джокера) на самый верх. Именно эта карта впоследствии будет перевернута. Какое бы число ни выбрали, их действия в точности повторяют сделанное вами в обратном порядке.

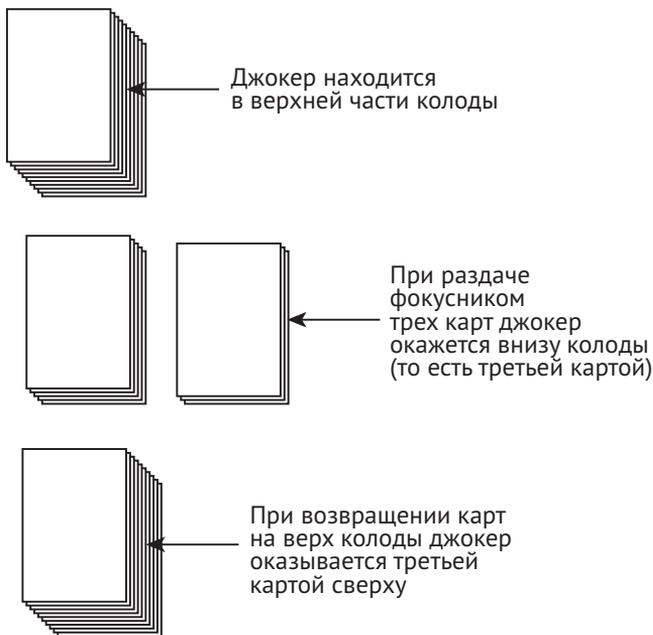


Рисунок 35.1. Если доброволец выберет номер 3, то джокер окажется на третьей позиции

Ваши дополнительные реплики между вашей раздачей и их раздачей, а также между их раздачей и последующим выявлением джокера очень важны. Это отвлекает внимание зрителей от сдачи карт и от

самой колоды. Кроме того, на помощь также приходит временная задержка, поскольку в сочетании со всеми вашими дополнительными действиями это увеличивает шансы зрителей забыть все подробности ваших действий в самом начале. Это и есть перенаправление времени. Если вы не уверены в эффективности своих фальшивых перетасовок, оставьте их: фокус все равно работает, если у вас есть перенаправление времени, просто он будет немного менее зрелищным.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) фокуса «джокер в колоде»:

1. Положите джокер лицевой стороной вниз на верхнюю часть перетасованной пачки.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «джокер в колоде»:

1. Объясните, что это испытание на способность находить нарушителей спокойствия.
2. Попросите добровольца выбрать небольшое число, от 2 до 8, и назвать его всем.
3. СДЕЛАЙТЕ (DO) фальшивую перетасовку, оставив на месте 8 верхних карт.
4. Покажите добровольцу, что он должен проделать, выкладывая на стол выбранное им число карт.
5. Переверните последнюю сданную карту и назовите ее, отметив, что они пытаются найти джокера и поднять его наверх, затем положите сданные карты обратно на стол лицевой стороной вниз.
6. СДЕЛАЙТЕ (DO) фальшивую перетасовку, оставив на месте 8 верхних карт.
7. Уделите время разговору о необходимости держать нарушителей спокойствия рядом с собой.
8. Отдайте колоду добровольцу.
9. Пусть он отсчитает выбранное им количество карт.
10. Переверните остатки колоды и покажите, что в ней нет джокеров.
11. Попросите перевернуть верхнюю карту из сданной стопки.
12. Обратите внимание на то, что джокер оказался на самом вер-ху перетасованной колоды, поэтому у них отлично получается определять нарушителей спокойствия.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

При выполнении этого фокуса мы полагаемся на нашу несовершенную память. Аудитория в это время не понимает всей значимости процесса подсчета карт. Вы рассчитываете, что к тому времени, когда они смогут осмыслить произошедшее, они уже полностью позабудут о ваших действиях. Это достигается сочетанием перенаправления времени и предложения зрителям подумать о чем-то постороннем.

Будучи разработчиком интерфейсов, вы должны учитывать человеческие недостатки, а недостатков у нас много, и поэтому мы часто допускаем ошибки. Как уже было отмечено, мы не умеем концентрировать внимание в достаточной степени. У нас также весьма ограничена оперативная память: лишь небольшой и неизменный объем кратковременной памяти. Многие виды совершаемых нами ошибок связаны с несовершенством нашей кратковременной памяти.

Возьмем, к примеру, фары автомобиля. Очень часто водители выходят из машины и забывают их выключить. В результате такой забывчивости можно запросто разрядить автомобильный аккумулятор. Почему это происходит настолько часто? Водитель включил фары и знал, что они включены. Он знал, что их нужно выключить перед выходом из машины. Некоторые водители, возможно, и раньше совершали такую ошибку, которая заканчивалась плачевно, то есть той самой разрядкой аккумулятора. И все же они забывают. Они полагаются на свою оперативную память и пытаются все запомнить, но затем происходит длительная задержка при вождении. Вождение предполагает концентрацию на множестве других задач, которые переполняют оперативную память. В конце концов они оказались в пункте назначения, достигли своей цели, и теперь нужно думать о новых задачах: например, встретиться с семьей или приступить к работе. А такой маленький шаг, как выключение света, остался невыполненным!

Такая человеческая ошибка называется **потенциальной ошибкой памяти (prospective memory error)**: вы точно знаете, что вам нужно что-то сделать в будущем, но забываете об этом, когда приходит время. В данном случае забытой оказалась задача по поддержанию порядка, которую можно было выполнить только после достижения цели. Вы не можете выключить фары, пока не приедете! Вам когда-нибудь приходилось искать что-то в спальне и при этом забыть выключить свет после ухода? Вашей целью было заполучить искомое. Выключить свет – это всего лишь задача по наведению порядка. Эксперименты

показали, что именно такая разновидность потенциальной ошибки памяти происходит при переполнении оперативной памяти человека. Чем больше краткосрочных задач вам приходится запоминать, тем выше вероятность совершить подобную ошибку. От этого никто не застрахован. Каждый может ошибиться, если нужно запомнить слишком много информации, хотя у некоторых людей эта способность развита лучше, чем у других.

Люди совершают подобные ошибки в самых различных ситуациях, не только со светом фар, а в том числе и при использовании компьютерных систем. Эти ошибки следует рассматривать не как человеческий фактор, а как проблему, возникшую по вине разработчика системы. Некоторые простые изменения в конструкции могут значительно снизить вероятность таких ошибок, а иногда и вовсе сделать их невозможными. Очень простой пример – конструкция банкоматов. В банкоматах, которые выдают деньги до возврата карты, люди просто обречены на подобную ошибку. Цель человека – получить деньги, поэтому возврат карты становится для него второстепенной задачей. Если же банкомат требует сначала извлечь карту, то вероятность забыть ее уменьшается, поскольку это означает остаться без тех денег, ради которых человек пришел. Забыть деньги тоже возможно, но менее вероятно, так как они являются основной целью использования банкомата.

В некоторых подобных ситуациях, например при оплате картой в супермаркете или автосервисе, проблема может быть устранена в случае сканирования карты, а не ее передачи другому человеку. В этом случае вероятность того, что вам забудут ее вернуть, полностью исключается, поскольку она вообще не отдается в чужие руки.

Существует множество причин возникновения проблем из-за плохой памяти при неудачном дизайне. Другой распространенный источник проблем связан с прерыванием человека на середине выполнения задачи. При попытке продолжить выполнение задачи он, скорее всего, либо повторит последний шаг (забыв о нем), либо пропустит его, так как будет думать, что выполнил его, хотя на самом деле только подумал о нем. Разработчики интерфейсов помогают избежать подобных проблем за счет четкого отображения в интерфейсе последовательности шагов и информации о этапах выполнения работы.

ПАУЗА: команда Xerox PARC

Одним из наиболее значительных достижений в деле облегчения работы на компьютере стал графический интерфейс пользователя (Graphical User Interface, GUI). Его появление значительно изменило ситуацию по множеству причин, но в первую очередь он избавил пользователей от необходимости запоминать непонятные команды для выполнения задач. Вместо ввода команд пользователи могут просто нажимать на знакомые им предметы и, например, перетаскивать их («перетаскивать и бросать»). Созданием первого графического интерфейса занималась многочисленная команда специалистов из Xerox PARC. В нее входили Алан Кей (Alan Kay), Ларри Теслер (Larry Tesler, 1945–2020), Дэвид Смит (David Smith), Кларенс Эллис (Clarence Ellis, 1943–2014) и Дэн Ингаллс (Dan Ingalls). Все они внесли значительный вклад в развитие компании и в дальнейшем занимались другими интересными проектами. Например, Кларенс Эллис продолжил работу над ранними версиями документов с общим доступом, которые можно редактировать сразу нескольким пользователям (как сейчас принято в Google Docs), Дэвид Смит придумал иконки (картинки, на которые можно нажимать для запуска программ) и способ программирования роботов с помощью демонстрации действий, Ларри Теслер придумал идею вырезать и вставлять (cut and paste) в качестве способа копирования и позже помог улучшить веб-сайты для шопинга, а Дэн Ингаллс придумал всплывающие меню. Алан Кей, помимо работы над первым графическим интерфейсом, внес огромный вклад в развитие объектно ориентированных языков программирования: в них программы рассматриваются как набор объектов, посылающих друг другу сообщения, а не как кулинарные рецепты, которые нужно выполнять.

Глава 36

Вы телепат?

Пользовательский опыт и инженерное наслаждение

Магия

Вы проверяете экстрасенсорные способности добровольца и показываете, что он обладает огромной силой. Он успешно сопоставляет пары карт, которые были перепутаны, хотя все это время карты лежали лицевой стороной вниз.

Вычисления

В идеальном случае вы хотели бы сделать свое программное обеспечение не просто удобным для использования, но чтобы пользователи получали удовольствие от работы с ним. Чтобы добиться хорошего впечатления, необходимо его создать.

Фокус

Для начала вам понадобятся два набора одинаковых карт. Для этого можно использовать любые карты, которые можно сложить в пары. Отличным выбором для этого станут карты Зенера¹. Эти карты можно

¹ Колода карт с пятью рисунками, созданная психологом Карлом Зенером для изучения паранормальных способностей. – *Прим. перев.*

купить в магазинах реквизита для фокусов. Они отличаются друг от друга рисунком: круг, крест, волнистые линии, квадрат и звезда. Однако вы можете проделать этот фокус с картами «Счастливое семейство» или игральными картами при наличии двух одинаковых колод. В данном случае мы будем использовать последний вариант. Вам также понадобятся четыре «магических жетона». Подойдет что угодно, что выглядит хоть немного по-волшебному: драгоценные камни, игрушечные кристаллы, жетоны или просто монеты.

Заранее возьмите пять карт: если вы используете обычные карты, то это будут туз, король, дама, валет и десятка, – и перетасуйте их. Затем возьмите еще один набор таких же карт и расположите их в том же порядке. Положите одну стопку из пяти карт на другую. Так, например, если первые пять карт лежат в последовательности: король, 10, валет, туз и дама, то полная последовательность будет выглядеть так: король, 10, валет, туз, дама, король, 10, валет, туз и дама.

Сделайте циклический фальшивый сдвиг (глава 20) и покажите добровольцу из аудитории карты лицевой стороной вверх, разложенные в ваших руках таким образом, чтобы он увидел сочетание различных карт. Затем, чтобы перемешать карты, переверните их лицевой стороной вниз и попросите добровольца указать на карту. В этот момент разделите пачку, положив верхнюю часть вниз. Продолжайте делать это до тех пор, пока не убедитесь, что карты перемешаны. Если фокус проводится в формате магии на близком расстоянии среди людей, собравшихся вокруг стола, вы можете попросить прикоснуться к картам разных людей.

Затем раздайте пять верхних карт по одной в стопку на столе. Оставшиеся несданные карты положите во вторую стопку рядом с ними.

Скажите добровольцу, что теперь, когда карты перемешаны, он должен попытаться отыскать две одинаковые карты, не видя ни одной из них. Это позволит доказать наличие или отсутствие у него экстрасенсорных либо магических способностей. Объясните, что у него есть четыре волшебных жетона, чтобы направить свои силы в нужное русло. Каждый из них дает возможность сделать свой ход. Чтобы сделать ход, нужно взять верхнюю карту из одной из стопок и положить ее снизу той же стопки. Он может положить все четыре жетона на одну стопку и ни одного на другую; по два на каждую или три на одну и один на другую. Это только его выбор, но при этом он должен помнить, что его цель – получить пару одинаковых карт. На каждой стопке будет сде-

лано то количество ходов, которое соответствует количеству жетонов на ней. Таким образом, именно доброволец определяет ход, выкладывая волшебные жетоны на стопки. Как только жетоны разложены, вы делаете соответствующее количество «ходов» на каждой стопке. «Ход» заключается в перемещении карты из верхней части стопки в нижнюю. Если в стопке лежит три жетона, вы перемещаете три карты сверху вниз по одной (см. рис. 36.1).



Рисунок 36.1. Жетоны в двух стопках, их число всегда на один меньше, чем карт в каждой стопке

Затем снимите верхнюю карту из каждой стопки и положите их в одну стопку. Положите сверху один из магических жетонов, чтобы показать, что они выбыли из игры. Не важно, что это за карты, главное, чтобы они были одинаковыми.

Теперь в каждой стопке по четыре карты. Дайте добровольцу три оставшихся жетона для повторения процесса. Когда все ходы будут сделаны, снова уберите две верхние карты из стопок, положив на них по жетону, как и раньше. Теперь в каждой стопке осталось по три карты и два жетона. Повторите все сначала и снова уберите верхнюю карту из обеих стопок. В результате в каждой стопке останется по две карты и один волшебный жетон. Это последний шанс справиться с задачей. Остался один ход, и одна карта может все изменить. Он выбирает, куда положить жетон, вы делаете последний ход, и две верхние карты из каждой стопки отбрасываются.

Теперь самое время раскрыть две последние одиночные карты, оставшиеся на столе. Никто не видел их на протяжении всего процесса, они были перемешаны в самом начале, а выбор количества переложённых карт был полностью за добровольцем. Снова спросите у добровольца, обладает ли он экстрасенсорными способностями. Попросите зрителей аплодировать, если карты совпадут, и громко охать, если нет. Переверните одну карту, задав вопрос, будет ли она

совпадать с другой, а затем переверните последнюю карту. Они совпали!

Доброволец сам выбирал карты для удаления, поэтому именно его тайные экстрасенсорные способности обеспечили полное совпадение в конце. Дайте ему время перевести дух, а затем скажите, что если вы нашли человека с магическими способностями, то обязательно нужно проверить, насколько они сильны. Выкладывая по одной паре за раз, эффектно продемонстрируйте, что все пары карт, которые он убрал, тоже совпали!

Обратите внимание, что ему следует больше не отрицать свои способности, пойти и купить костюм супергероя и начать использовать свои силы на благо человечества!

Волшебный алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) фокуса «Вы телепат?»:

1. Возьмите туза, короля, даму, валета и десятку одной масти из двух одинаковых колод карт.
2. Перемешайте пять карт из первой колоды.
3. Разложите пять карт из другой колоды в том же порядке.
4. Положите один комплект из пяти карт поверх другого.
5. Положите на стол четыре «волшебных жетона» (например, драгоценные камни).

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Вы телепат?»:

1. Разложите карты лицевой стороной вверх, чтобы продемонстрировать их смешение.
2. Попросите добровольца выйти вперед.
3. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА доброволец не убедится, что карты достаточно перемешаны.
 - а) Сделайте циклический ложный сдвиг.
4. Выложите на стол пять верхних карт по одной.
5. Остальные пять карт сложите стопкой рядом с ними на столе.
6. Объясните, что доброволец, не видя карт, должен использовать все свои экстрасенсорные способности, чтобы в конце у него осталось две одинаковые карты.

7. Дайте ему четыре «волшебных» жетона.
8. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ ЧЕТЫРЕ РАЗА (DO THE FOLLOWING FOUR TIMES).
 - a) Попросите добровольца положить каждый жетон на ту или иную стопку, чтобы руководить вашими действиями.
 - b) Переместите количество карт, равное количеству жетонов на каждой стопке, по одной сверху вниз этой стопки.
 - c) Снимите верхнюю карту с каждой стопки и отложите их в сторону вместе с одним из жетонов, лежащих сверху.
 - d) Верните все оставшиеся жетоны добровольцу.
9. Переверните две оставшиеся карты, чтобы выяснить, действительно ли доброволец обладает экстрасенсорными способностями! Сорвите аплодисменты.
10. Укажите, что, обнаружив человека с экстрасенсорными способностями, стоит проверить их могущество.
11. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ ЧЕТЫРЕ РАЗА (DO THE FOLLOWING FOUR TIMES).
 - a) Переверните одну из оставшихся пар, отложенных во время фокуса, чтобы показать, что они совпадают.
12. Предложите добровольцу перестать отрицать свои способности, купить костюм супергероя и начать использовать свои силы на благо человечества!

Как это работает

Фокус работает благодаря комбинации стартового порядка, способа перемешивания карт, способа их размещения на столе в начале игры, а также за счет того, что всегда остается на один жетон меньше, чем количество карт в каждой стопке.

Сначала карты выкладываются в стопку по пять карт, за которой следуют те же пять карт. Затем карты перемешиваются с помощью циклического ложного сдвига (см. главу 20). Каждый раз, когда вы сдвигаете стопку в нужный момент, вы просто переставляете порядок следования карт. В любой момент времени за пятью картами следуют те же пять карт, что и вначале. Просто последовательность начинается с другой карты. Однако важен именно циклический порядок, и он остается неизменным.

Далее вы выкладываете на стол первые пять карт. Очень важно, что при этом меняется их очередность. Оставшиеся карты выкладываются прямо на стол. Их порядок остается неизменным. Это означает, что в двух стопках лежат одни и те же пять карт, но в измененном порядке.

В итоге у нас всегда на один магический жетон меньше, чем карт в каждой стопке. Получается, что если карты разложены по порядку (идентичная последовательность, только с измененным порядком), то, как бы вы ни распределяли жетоны между стопками, в итоге всегда на вершине стопки окажется пара одинаковых карт. Эта пара совпадающих карт и есть та пара, которая отбрасывается. Подробности того, почему так происходит, мы оставим для следующей главы (а пока попробуйте разобраться с этим самостоятельно). Здесь важно то, что в каждом раунде вы гарантированно отбрасываете две одинаковые карты. Это означает, что финальная пара тоже обязательно совпадет, и это позволит вам заставить зрителей врасплох со своим финальным трюком.

Вычислительное мышление (в сочетании с психологией)

Этот фокус демонстрирует, что вы можете спроектировать систему особым образом, чтобы усилить эффект восхищения. В нем используется довольно простой принцип. Установите уровень ожиданий. Оправдайте эти ожидания. Затем пойдите дальше и сделайте что-то неожиданное (но заслуживающее одобрения).

В этом случае зрители почти наверняка ожидали совпадения двух последних карт. Это не было бы волшебством, если бы они не совпали. Хотя это и вызывает интерес, потому что трудно объяснить происходящее, но все же это отнюдь не сюрприз. Однако мало кто ожидал совпадения всех карт, так как это кажется очень маловероятным, и вы совсем не подразумевали, что это произойдет, так что это уже сюрприз. Если случайное совпадение двух карт кажется маловероятным, то совпадение всех карт, по сравнению с этим, является удивительным и приводит к большему восхищению.

Точно так же, как мы можем встроить эту идею в эффект от фокуса, мы можем встроить ее в эффект от применения программного обеспечения. Инженерное восхищение, таким образом, является частью более широкого аспекта разработки и оценки программного

обеспечения: **пользовательского опыта (user experience)**. Пользовательский опыт заключается в стимулировании подходящих эмоций у ваших пользователей.

Почему это имеет значение? Если, например, речь идет о сайте для покупок, это действительно важно, поскольку вы стремитесь добиться лояльности клиентов. Предположим, человек с ограниченными возможностями купил в интернете билет на концерт, но обнаружил, что ему нужно изменить дату. Он надеется справиться с этой задачей, хотя и боится не справиться, но допускает, что это будет нелегко, и рассчитывает оплатить дополнительный сбор и получить новое место для инвалидов. Такое уже случалось с ним прежде. Он заходит на сайт и сразу же видит понятный способ замены билетов. Система очень удобна и проста в использовании. Это обеспечивает положительный опыт. Однако это еще и работа с его эмоциями. Раньше он переживал (эмоция), что не справится с задачей или что это может быть невозможно, а теперь почувствовал облегчение. Еще лучше и удивительнее то, что программа автоматически забронировала место для инвалида на новую дату, а ему не пришлось даже упоминать об этом. Наконец, он обнаруживает, что все это не только очень легко делается, но и четко сказано, что никакой дополнительной оплаты за это не взимается. Он в восторге, с восторгом рассказывает об этом сайте и обещает в будущем всегда пользоваться этим сайтом.

Один из самых эффективных способов доставить удовольствие – разработать нечто такое, о чем люди и не подозревали, но внезапно оно им понадобилось. Чтобы восторг длился долго, он должен удовлетворять какую-то действительно важную потребность. Например, я купил дозатор для мыла по просьбе моего тогда еще 5-летнего ребенка, которому понравился мультяшный рисунок на этикетке. После покупки мы обнаружили, что это не обычный дозатор для мыла, а интерактивный. Он хихикал при каждом нажатии на кнопку для подачи мыла. Это само по себе было восхитительно с первого раза. Но что действительно порадовало меня в дальнейшем, так это отсутствие необходимости ворчать по поводу мытья рук, поскольку мой 5-летний ребенок сам охотно моет руки. Это принесло мне ожидаемый результат, но, что удивительно, впоследствии оказалось намного лучше, и я получил то, в чем нуждался, сам того не осознавая.

Поиск таких потребностей требует большого жизненного опыта. Однако очень важно хорошо знать людей, для которых вы разрабатываете дизайн. Вы должны разобраться в их нереализованных потреб-

ностях. Вместо предвзятого представления о потребностях необходимо разобраться в их жизни. Например, если вам поручено разработать продукт для семьи, то в разговоре с родителями может выясниться, что проблемой является приучение детей к самостоятельному мытью рук. Это и есть потребность, которая становится целью разработки. Придумайте хорошее решение, и вы получите значительное преимущество перед конкурентами, особенно если покупатели будут в восторге от решения сложной проблемы.

Интермедия: Фэй Престо

Такие самостоятельно работающие фокусы, как этот, очень хорошо подходят для магии крупным планом, когда действие происходит не на сцене, удаленной от зрителей, а где угодно, в том числе на улице. Зрители собираются рядом и наблюдают за происходящим со всех сторон. Если зрители будут наблюдать издалека, а им разрешат подойти поближе, это улучшит их впечатления от фокуса. Вовлечение всех желающих в исполнение фокуса – это тоже отличный способ увеличить наслаждение от его просмотра. Фэй Престо (Fay Presto) считается одним из инициаторов революции в магии крупного плана: она выступала с фокусами в барах и ресторанах, а не на театральных подмостках. Она также выступала в одном из лондонских пабов. Самый известный ее фокус с перемещением бутылки по столу был признан одним из 50 лучших фокусов всех времен.

Часть IX

Оценка и логическое мышление II

Теперь мы рассмотрим более сложные логические приемы и программы, включая использование алгебры в реальных условиях.

Глава 37

Вы телепат? (продолжение): **ИНВАРИАНТЫ ЦИКЛОВ И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПО ПРИНЦИПУ ИНДУКЦИИ**

Магия

Мы возвращаемся к фокусу с доказательствами наличия у зрителя супергеройских способностей и доказываем, что он будет работать всегда.

Вычисления

В доказательстве корректности работы циклов идея инварианта цикла служит основой логических построений: рассуждений по принципу индукции.

Фокус

Вместо демонстрации нового фокуса мы вернемся к предыдущему («Вы телепат?», глава 36) и разберемся, почему он работает всегда. Фокус состоит из нескольких частей, но главная из них – повторное размещение жетонов. Ниже мы приводим главную часть алгоритма, на которой мы теперь сосредоточимся. В первой части фокуса задается предварительное условие: на столе лежат две стопки по пять карт

в каждой, лицевой стороной вниз, в каждой из которых лежат одинаковые карты, но в разном порядке. В конце этой части алгоритма выполняется постусловие, согласно которому все пары карт совпадают.

Магический алгоритм

{На столе лежат две стопки по пять карт в каждой, лицевой стороной вниз, в каждой из них одинаковые карты, но в обратном порядке}

1. Дайте добровольцу четыре «магических жетона».
2. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ ЧЕТЫРЕ РАЗА (DO THE FOLLOWING FOUR TIMES).
 - a) Попросите добровольца положить каждый жетон на ту или иную стопку для управления вашими действиями.
 - b) Переместите сверху вниз количество карт, равное количеству жетонов на каждой стопке, по одной в каждую стопку.
 - c) Снимите верхнюю карту с каждой стопки и отложите их в сторону, а один из жетонов положите сверху.
 - d) Верните все оставшиеся жетоны добровольцу.

{Каждая пара карт совпадает}

Как это работает

Фокус срабатывает благодаря тому, что каждый раунд выкладывания жетонов, перемещения карт и сброса пары верхних карт гарантирует, что сброшенная пара окажется одинаковой. Мы утверждаем это, но как убедиться, что это всегда срабатывает? Необходимо приложить немного логических размышлений. Они будут основываться на так называемых **инвариантах цикла (loop invariant)** и форме рассуждений, которую математики называют **индуктивным доказательством (inductive proof)**.

Вычислительное мышление

Инварианты циклов помогают оценить корректность циклов. Это свойства, которые всегда должны быть истинными в одной и той же точке инструкций цикла, как правило, в начале. Это свойство сохра-

няется каждый раз, когда инструкции цикла выполняются и возвращаются в эту точку. Ситуация меняется под действием инструкций в цикле таким образом, что это свойство временно не выполняется, но затем восстанавливается, чтобы снова стать истинным. Мы используем это свойство как способ подтверждения того, что в конце выполняется связанное с ним нужное свойство. В нашем фокусе это заключительное свойство сводится к совпадению всех пар. Именно это требование обеспечивает выполнение цикла. Для его обеспечения требуется несколько более сложное свойство инвариантности цикла.

Смысл **индуктивных рассуждений** в данном контексте заключается в том, что если мы можем доказать три утверждения об инвариантности цикла, то можно быть уверенным в работоспособности алгоритма. Мы должны доказать три следующих утверждения:

- А. Свойство инвариантности цикла истинно в начале работы, и
- В. ЕСЛИ (IF) оно истинно в начале тела цикла, ТОГДА (THEN) оно всегда будет истинным после однократного выполнения инструкций тела цикла, и
- С. ЕСЛИ (IF) оно истинно в конце цикла, ТОГДА (THEN) финальное постусловие выполняется и алгоритм работает.

Этот способ доказательства называют математической индукцией (mathematical induction), и он представляет собой логическое рассуждение для доказательства того, что алгоритм с повторениями всегда будет работать.

Индуктивные рассуждения работают подобно бумажной связке, в которой каждое звено идентично, так же как инвариант цикла всегда остается неизменным. По отдельности это не поможет продвинуться далеко, но если соединить множество звеньев в цепочку, можно оказаться на другом конце комнаты, куда вы пытались попасть, а расстояние может быть любым. Первое звено в цепочке означает, что свойство изначально истинно (утверждение А выше). Это похоже на закрепление цепочки на стене. Добавьте звено с помощью рассуждения о его истинности (утверждение В), и вы убедитесь в истинности свойства после прохождения одного цикла, на одно звено дальше. Примените утверждение В еще раз, добавив еще одно звено, и вы убедитесь в истинности этого свойства после двух циклов. Продолжайте применять утверждение В, добавляя новые звенья необходимое количество раз, и вы убедитесь, что оно всегда истинно: вы преодолели комнату! Утверждение С просто проверяет, что вы пришли с последним добавленным звеном в нужное место (прикрепив цепочку к

противоположной стене!). Оно свидетельствует о работоспособности алгоритма и возникновении магического эффекта.

Инвариант цикла для нашего фокуса

Если мы намерены использовать эту концепцию для доказательства неизменной работоспособности нашего фокуса, сначала нам нужно определить инвариант цикла. Что всегда верно для нашего фокуса при возвращении в начало цикла? Фактическое количество карт меняется, как и количество жетонов, поэтому они не относятся к инварианту. Однако мы знаем несколько неизменных фактов, которые могут сформировать наш инвариант цикла:

- (I) Обе стопки содержат одинаковое количество карт.
- (II) Количество жетонов на один меньше, чем количество карт в каждой стопке.
- (III) Все (пока) отброшенные пары карт одинаковы.
- (IV) Карты в каждой стопке идентичны, за исключением того, что расположены в обратном порядке.

Доказательство истинности инварианта цикла до цикла

Первая часть наших логических рассуждений (доказательство утверждения А) заключается в доказательстве истинности этого свойства при первом входе в цикл. В этом можно легко убедиться, рассмотрев по очереди каждый факт (I)–(IV).

Мы начали с 10 карт и разделили их на две равные стопки по пять карт в каждой. Это означает, что факт (I) является истинным.

Мы дали добровольцу четыре жетона. Это на один меньше, чем количество карт, которое только что было равно пяти, поэтому (II) также верно.

В начале игры нет ни одной выброшенной пары, поэтому факт (III) является истинным автоматически.

Факт (IV) также гарантирован в начале игры благодаря подбору и фальшивой перетасовке. В начале выкладываются пять карт в определенном порядке, а затем следующие пять карт в том же порядке. В результате ложного циклического сдвига это свойство остается неизменным все время. Затем мы разложили первые пять карт на столе по одной таким образом, чтобы первая оказалась внизу, вторая поверх нее и т. д. Таким образом мы изменили очередность их расположения. Наконец, мы положили остальные пять карт, не меняя их порядок.

Следовательно, как и требовалось, факт (IV) является истинным как раз перед входом в цикл.

Все отдельные факты, которые мы включили в наши инварианты (I)–(IV), должны быть изначально истинными, поэтому наш инвариант выполняется в самом начале, непосредственно перед первым выкладыванием жетонов добровольцем. Первое звено в нашей цепочке рассуждений установлено.

Доказательство сохранения истинности инварианта цикла

Следующий шаг (доказательство утверждения В) заключается в том, чтобы убедиться, что способ размещения жетонов и способ перемещения карт обеспечивает инвариантность нашего цикла, в конечном счете остающегося неизменным (даже если он временно нарушается) при повторении шагов, даже когда карты и жетоны отбрасываются. Рассмотрим снова каждый факт по очереди.

В конце каждого раунда мы отбрасываем по одной карте из каждой стопки, и хотя в обеих стопках становится меньше карт, в обеих стопках остается столько же карт, сколько было в каждой из них изначально. Наш первый факт (I) по-прежнему остается истинным.

Остается ли истинным и факт (II)? Мы отбросили по одной карте из каждой стопки, но вместе с ними отбросили и жетон. Это означает, что в (II) количество жетонов все еще на один меньше, чем количество карт в каждой стопке, как и в начале цикла.

Факт (III) немного сложнее и является сутью фокуса. Он снова основан на условии, что жетонов всегда на один меньше, чем карт в каждой стопке. У добровольца есть свободный выбор при размещении жетонов, поэтому можно рассмотреть несколько случаев. Давайте сначала разберем только один случай, а затем посмотрим, сможем ли мы понять смысл происходящего в целом.

Если все жетоны лежат на одной стопке, то другая остается без изменений. Ее верхняя карта будет той, которая отбрасывается. Соответствующая карта окажется в нижней части другой стопки. Но поскольку жетонов на один меньше, чем карт, а все остальные жетоны лежат на другой стопке, мы переложим все карты, кроме последней, вниз и оставим нижнюю карту сверху, чтобы ее сбросить. Две сбрасываемые карты соответствуют друг другу, как и должно быть.

Теперь предположим, что все жетоны, кроме одного, лежат на одной стопке, а последний жетон – на другой стопке. Из стопки с одной картой мы переместим карту вниз, а вторую карту этой стопки отбросим.

Она соответствует второй снизу карте другой стопки. Однако у нас на два жетона меньше, чем карт в другой стопке, поэтому мы пере-
кладываем вниз все карты, кроме двух, оставляя вторую снизу карту
наверху, чтобы отбросить ее. И снова отброшенная пара соответствует
друг другу.

Аналогичные рассуждения применимы и в каждом другом случае,
которые мы рассматриваем по очереди. Мы перемещаемся на одну
позицию вниз по первой стопке, но также на одну позицию вниз по
другой, поэтому всегда приходим к тем же двум соответствующим
картам благодаря свойству обратного порядка.

Это рассуждение работает независимо от количества карт и рас-
положения жетонов. Это работает до тех пор, пока жетонов на один
меньше, чем карт, и карты располагаются в обратном порядке. Дру-
гие наши факты свидетельствуют о том, что оба утверждения верны.
На самом деле все, что мы только что представили, является нефор-
мальной версией другого индуктивного доказательства. Возможно,
вы сможете сформулировать его более четко в виде трех условий после
прочтения остальной части доказательства.

Для факта (IV) нам нужно удостовериться, что карты расположены
в обратном порядке по отношению к другой стопке. Прежде всего мы
понимаем, что перемещение карты сверху вниз сохраняет цикличе-
ский порядок. Все, что он делает, – это меняет начальную точку в дан-
ной последовательности таким образом, чтобы сверху и снизу каждой
стопки находилась разная карта. Оставляем ли мы одну и ту же карту
в верхней части одной стопки и нижней части другой в зависимости
от количества сделанных ходов?

Здесь используются рассуждения, аналогичные приведенным выше.
Снова рассмотрим случай, когда все жетоны сначала помещаются на
одну стопку. При этом одна стопка остается без изменений. В другой
стопке карты циклически меняются местами, и нижняя карта оказы-
вается наверху. Это означает, что новая нижняя карта теперь совпа-
дает со второй картой другой стопки. Однако затем мы убираем обе
верхние карты, в результате чего нижняя карта одной из них совпа-
дает с верхней картой другой, но в остальном очередность остается
прежней, как и требуется. То же самое происходит и при любом дру-
гом расположении жетонов по той же причине, что и в предыдущем
случае, поскольку мы всегда циклически меняем верхние карты на
соответствующие.

В итоге мы только что убедились, что если наше свойство инвари-
антности цикла было истинным в начале раунда размещения жетонов,

то оно будет истинным и в следующем раунде размещения жетонов.

Доказательство истинности свойства инвариантности цикла в самом конце подтверждает работоспособность нашего фокуса

Наконец, нам нужно доказать, что в завершение фокуса при условии выполнения инварианта цикла наш магический эффект сработает: все пары совпадут. Часть инварианта, которую мы показывали на протяжении всего фокуса, заключается в совпадении всех отброшенных на данный момент пар. В конце мы отбросили все пары, кроме последней, поэтому осталось проверить только их. Но поскольку мы начали с двух наборов из пяти одинаковых карт, то в случае совпадения всех остальных эти последние две должны быть одинаковыми, так как ничего другого быть не может. Наш инвариант гарантирует совпадение всех пар в финале.

Наша цепочка рассуждений привела нас к желаемому выводу. Мы доказали, что этот фокус всегда работает. На самом деле наше доказательство совершенно не зависит от фактического количества карт, поэтому технически фокус будет работать (и доказательство применимо) вне зависимости от количества карт в начале.

Как ни странно, но неизменное свойство – это ключ к пониманию процесса повторных вычислений, который позволяет добиться неизменности работы алгоритма. Чтобы действительно научиться программировать с помощью циклов и быть уверенным в правильности кода, вам нужно проводить подобные логические рассуждения при каждом создании цикла.

Интермедия: Аделаида Херрманн

Ошибочный стереотип фокусника или компьютерщика является мужским. В обоих примерах многие женщины лидировали в каждой из этих областей еще на заре развития компьютерной техники и сценического искусства магии. Аделаида Херрманн (Adelaide Herrmann, 1853–1932) начинала свою карьеру как фокусник и выступала вместе со своим мужем Александром, но при этом была отнюдь не обычным стереотипом симпатичной ассистентки. Она вносила свой собственный вклад во многие фокусы, и ей уделяли равное внимание. После смерти мужа она еще четверть века продолжала выступать с собственными магическими шоу, получив титул «королевы магии». Она была ярким примером для подражания и вдохновляла других женщин на занятия фокусами. Ее самая грандиозная иллюзия под названием «Ноев ковчег» включала огромное шествие животных, которые волшебным образом появлялись из ковчега, залитого водой для обозначения потопа. Она также известна как исполнительница очень опасного номера, который до этого был уделом исключительно мужчин: она стояла перед расстрельной командой и ловила их пули в блюдо.

Глава 38

Красно-черное слияние разумов: **абстракция, алгебра и доказательство**

Магия

Вы объединяете свой разум с разумом добровольца и предсказываете факт о необычайной последовательности выпадения карт красных и черных мастей.

Вычисления

Строгая аргументация – один из способов убедить себя в эффективности фокуса или программы, но можно пойти дальше и использовать для этого алгебру. Мы описываем фокус или программу с помощью математики, проделываем с получившейся «математической моделью» определенные алгебраические операции и подтверждаем выполнение требуемых условий. Такой подход является важнейшим способом проверки корректности работы критически важного программного обеспечения.

Фокус

Попросите добровольца принять участие в слиянии разумов. Перемешайте полную колоду из 52 карт с помощью обычной перетасовки (глава 15). Разложите карты на две равные стопки и передайте одну стопку с картами лицевой стороной вниз добровольцу, а другую оставьте себе. Доброволец не должен смотреть на свои карты, а вы переверните свою стопку лицевой стороной вверх. Теперь скажите, что вы начинаете слияние своего разума с разумом добровольца. Вы будете контролировать его действия, даже если он будет думать, что принимает собственные решения.

Выберите наугад несколько карт ЧЕРНЫХ мастей из своей стопки и положите их в стопку перед собой лицевой стороной вверх, сказав, сколько карт ЧЕРНЫХ мастей вы выбрали. Попросите добровольца (не глядя!) выбрать такое же количество карт из верхней, средней или нижней части своей стопки. Пусть делает то, что ему кажется правильным, поскольку это работает слияние разумов! Затем он должен положить выбранные карты лицевой стороной вниз в новую стопку перед вашей стопкой карт ЧЕРНЫХ мастей. Объясните, что эта стопка будет находиться под влиянием вашей ЧЕРНОЙ стопки.

Теперь повторите этот процесс заново, но при этом выберите из стопки в своей руке случайное количество карт КРАСНЫХ мастей и положите их рядом с черной стопкой в новую стопку лицевой стороной вверх. Сообщите добровольцу количество выбранных вами карт КРАСНЫХ мастей. Снова попросите добровольца наугад выбрать такое же количество карт из любой своей стопки. Он должен положить их перед вашей стопкой КРАСНЫХ карт. Объясните, что эта новая стопка будет подвержена влиянию вашей КРАСНОЙ стопки.

Повторяйте этот процесс, чередуя выбор ЧЕРНЫХ карт с выбором КРАСНЫХ карт, пока у вас не закончатся карты. Если все сделано правильно, то у добровольца карты закончатся одновременно с вами.

Теперь на столе лежат (см. рис. 38.1):

- **стопка 1:** стопка КРАСНЫХ карт лицевой стороной вверх;
- **стопка 2:** стопка ЧЕРНЫХ карт лицевой стороной вверх;
- **стопка 3:** стопка карт лицевой стороной вниз перед КРАСНОЙ стопкой с тем же количеством карт лицевой стороной вниз, которые выбрал доброволец под действием гипноза;
- **стопка 4:** стопка карт лицевой стороной вниз перед стопкой ЧЕРНЫХ карт с тем же количеством карт лицевой стороной вниз, которые выбрал доброволец под действием гипноза.

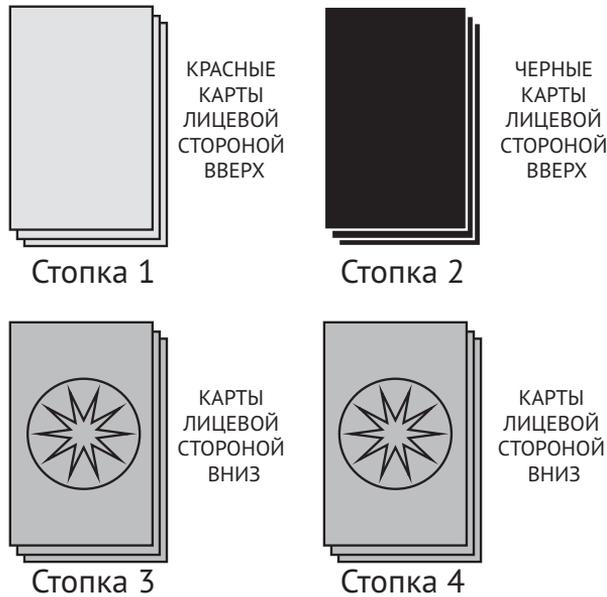


Рисунок 38.1. Четыре итоговые стопки

Напомните присутствующим, что ваше слияние разумов повлияло на выбор случайных карт добровольцем, и вы можете это доказать. Несмотря на перетасовку колоды и случайный выбор карт добровольцем, вы с помощью слияния разумов убедились, что он выложил точно такое же количество красных карт перед вашей красной стопкой, как и черных карт перед вашей черной стопкой.

Попросите добровольца сначала взять со стола свою стопку карт лицевой стороной вниз перед вашей КРАСНОЙ стопкой и посчитать вслух количество КРАСНЫХ карт в ней. Затем попросите его взять свои карты лицевой стороной вниз перед вашей ЧЕРНОЙ стопкой и аналогичным образом посчитать вслух количество ЧЕРНЫХ карт.

В результате слияния разумов вы заставили добровольца выбрать столько же КРАСНЫХ карт из своей КРАСНОЙ стопки, сколько и ЧЕРНЫХ карт из своей ЧЕРНОЙ стопки. Не хватило бы одной карты, и ничего бы не получилось!

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Красно-черное слияние разумов»:

1. Перетасуйте полную колоду из 52 карт.

2. Попросите добровольца принять участие в слиянии разумов.
3. Разложите карты на две равные стопки и передайте одну из них добровольцу лицевой стороной вниз, а другую оставьте себе.
4. Переверните свою стопку лицевой стороной вверх.
5. Скажите, что вы начинаете процесс слияния вашего разума с разумом добровольца.
Вы будете контролировать его действия, даже если он считает, что принимает собственные решения.
6. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА не останется ни одной карты.
 - a) Выберите наугад из своей стопки несколько карт либо ЧЕРНЫХ, либо КРАСНЫХ мастей.
 - b) Положите их перед собой в одну из двух стопок в зависимости от цвета лицевой стороной вверх и скажите, сколько карт вы выбрали.
 - c) Доброволец не глядя выбирает такое же количество карт, выбирая их из любой своей стопки.
 - d) Доброволец выкладывает выбранные им карты в стопку перед стопкой, в которую вы выложили свои.
7. Напомните всем, что ваше слияние разумов повлияло на выбор случайных карт добровольцем, и вы можете это доказать. Стопка была перетасована, и доброволец выбирал карты наугад, но ваше слияние разумов привело к тому, что он положил столько же красных карт перед вашей красной стопкой, сколько и черных карт перед вашей черной стопкой.
8. Доброволец подсчитывает количество КРАСНЫХ карт в стопке перед вашей красной стопкой.
9. Доброволец подсчитывает количество ЧЕРНЫХ карт в стопке перед вашей черной стопкой.
10. Вы обращаете внимание на то, что, как и предполагалось, их количество одинаково.

Как это работает

Разумеется, это не слияние разумов. Это всего лишь вычисления и математика. Фокус работает самостоятельно. Как обычно, если вы будете соблюдать последовательность действий, он обязательно сра-

ботает, потому что за всеми этими действиями добровольца стоит математика. Мы можем даже доказать это...

Вычислительное мышление

Как же убедиться, что этот фокус всегда работает? Вместо многократного тестирования или проведения неформальных, но логических рассуждений мы обратимся к алгебре.

Первый шаг – создать **математическую модель** этого фокуса. Под этим мы подразумеваем лишь его математическое описание. Для этого необходимо **абстрагироваться**: сосредоточиться только на важной информации о фокусе и игнорировать все второстепенное. Математическая модель – это всего лишь абстракция интересующей нас части окружающего мира. В этом фокусе речь идет о количестве карт красного и черного цветов. Фактические номиналы и масти карт не играют никакой роли. Мы можем игнорировать их (абстрагироваться от этих деталей) и просто сосредоточиться на количестве карт каждого цвета в каждой стопке.

Разумеется, мы понятия не имеем, сколько красных или черных карт оказалось в той или иной стопке в результате перетасовки. Мы не можем назвать никаких чисел, кроме того факта, что в конце концов в стопке перевернутых красных карт нет черных, а в стопке перевернутых черных нет красных. Вместо этого мы просто даем название неизвестному количеству красных и черных карт в каждой стопке. Затем мы обращаемся к этим числам по их названию и совершенно не беспокоимся о фактических значениях. Эти значения (количество карт в каждой стопке) будут разными при каждом выполнении фокуса. В математике эти наименования называются переменными (*variables*), хотя в данном случае это слово имеет несколько иное значение, чем те переменные, о которых говорят программисты, однако идея присвоения названий значениям довольно схожа.

Сначала мы дадим названия количеству красных и черных карт в каждой из четырех стопок. Сперва рассмотрим стопку 1 (ваша перевернутая **КРАСНАЯ** стопка). Количество красных карт в ней мы назовем **RED1**, а количество черных – **BLACK1**. Количество красных и черных карт в стопке 2 (ваша стопка **BLACK** с перевернутыми картами) будем называть **RED2** и **BLACK2** соответственно. Аналогично мы будем считать, что в стопке 3 с картами лицевой стороной вниз содержится **RED3** красных и **BLACK3** черных карт. Стопка 4 с картами лицевой стороной вниз содержит красные **RED4** и черные **BLACK4** карты (см. рис. 38.2).

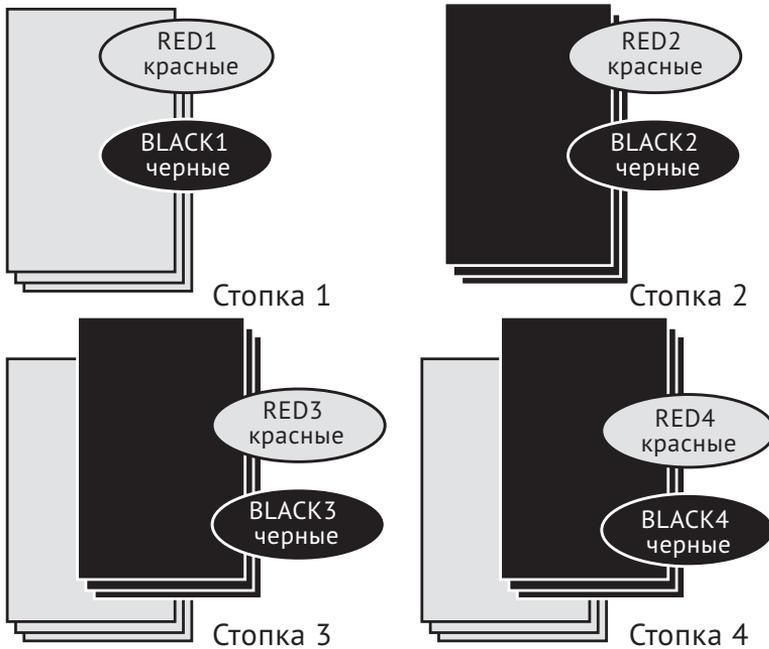


Рисунок 38.2. Четыре стопки с названиями, данными по количеству красных и черных карт в каждой из них

Логическое мышление: факты

Следующая задача сводится к логическому рассуждению и выяснению известных нам фактов для превращения их в математические уравнения фокуса.

Прежде всего мы знаем, что в стопке 1 нет черных карт, так как вы кладываете туда только красные. В стопке 2 также нет красных карт, поскольку вы кладываете туда только черные. Это дает нам два факта.

Факт 1: BLACK1 = 0

Факт 2: RED2 = 0

Также мы знаем, что была использована полная колода из 52 карт. В ней 26 красных карт и 26 черных карт. Если сложить все красные карты в четырех стопках, то получится 26. Мы можем записать это в виде уравнения, используя названия RED1, RED2, RED3 и RED4 для различных наборов красных карт в каждой стопке, как показано на рис. 38.2. То же самое мы можем сделать и для черных карт. Здесь необходимо использовать названия, потому что мы не знаем реальных чисел.

Факт 3: $RED1 + RED2 + RED3 + RED4 = 26$

Факт 4: $BLACK1 + BLACK2 + BLACK3 + BLACK4 = 26$

Разумеется, мы можем использовать наши первые два факта о двух числах для упрощения фактов 3 и 4. Факты 1 и 2 говорят, что мы можем заменить RED2 на 0, а BLACK1 на 0, поскольку они одинаковые.

Это приводит к новым фактам:

Факт 5: $RED1 + RED3 + RED4 = 26$

Факт 6: $BLACK2 + BLACK3 + BLACK4 = 26$

Мы также знаем еще кое-что о числах. Всякий раз, когда мы выкладываем некоторое количество карт в красную стопку, мы помещаем точно такое же количество карт в лежащую перед ней стопку карт лицевой стороной вниз. Это означает, что в обеих стопках всегда одинаковое количество карт, хотя мы даже не представляем, что это за число, и оно каждый раз разное. Однако с помощью названий, которые мы дали каждому числу, мы снова можем превратить это в факт. Количество карт в КРАСНОЙ стопке 1 (RED1) равно количеству карт, лежащих лицевой стороной вниз перед ней в стопке 3. Стопка 3 состоит из красных карт RED3 и черных карт BLACK3. Это означает, что вместе RED3 и BLACK3 должны быть равны RED1.

Факт 7: $RED1 = RED3 + BLACK3$

Аналогичным образом мы получаем факт о картах в стопках 2 и 4.

Факт 8: $BLACK2 = RED4 + BLACK4$

Логическое мышление: немного строгих рассуждений

Последние четыре факта суммируют все самое важное о картах из нашего фокуса. Это и есть математическая модель фокуса.

Как и в случае с первыми двумя фактами, когда мы заменили BLACK1 на 0, а RED2 на 0, теперь можно провести аналогичные логические рассуждения с подстановкой тех данных о RED1 и BLACK2, которые мы получили из фактов 7 и 8.

Мы заменяем RED1 в факте 5 на RED3 + BLACK3, поскольку они имеют одинаковое значение. Точно так же мы заменяем BLACK2 на RED4 + BLACK4 в факте 6. Наши новые версии этих фактов таковы:

Факт 9: $(RED3 + BLACK3) + RED3 + RED4 = 26$

Факт 10: $(RED4 + BLACK4) + BLACK3 + BLACK4 = 26$

Теперь у нас есть две разные величины, которые, как мы знаем, равны 26, поэтому левые стороны обоих знаков равенства равны друг другу. Комбинируя факты 9 и 10, мы получаем:

$$\text{Факт 11: RED3} + \text{BLACK3} + \text{RED3} + \text{RED4} \\ = \text{RED4} + \text{BLACK4} + \text{BLACK3} + \text{BLACK4}$$

Казалось бы, все становится только сложнее и сложнее, но теперь мы можем приступить к упрощению. С обеих сторон этого уравнения есть RED4, поэтому они взаимно аннулируются. Если мы вычтем RED4 из обеих сторон (при этом обе стороны останутся равными), то получим

$$\text{Факт 12: RED3} + \text{BLACK3} + \text{RED3} = \text{BLACK4} + \text{BLACK3} + \text{BLACK4}$$

Аналогично BLACK3 присутствует с обеих сторон, поэтому его можно аннулировать.

$$\text{Факт 13: RED3} + \text{RED3} = \text{BLACK4} + \text{BLACK4}$$

У нас есть два множества RED3 на одной стороне и два множества BLACK4 на другой. Это можно записать так:

$$\text{Факт 14: } 2 \times \text{RED3} = 2 \times \text{BLACK4}$$

Наконец, разделив обе стороны на два, мы получим очень простой факт, который гарантированно будет истинным, поскольку он математически обоснован нашими исходными фактами.

$$\text{Факт 15: RED3} = \text{BLACK4}$$

Это означает, что число RED3 всегда будет равно числу BLACK4 в финале фокуса.

Вернемся в реальный мир

Все это хорошо, но что это дает на практике? Нам придется вернуться из математического мира переменных в реальный мир со стопками карт. Что на самом деле представляют собой эти переменные? RED3 и BLACK4 – на самом деле просто названия, обозначающие количество карт определенных цветов в стопках карт лицевой стороной вниз. RED3 – это количество красных карт в стопке красного цвета, стопке 3. BLACK4 – количество черных карт лицевой стороной вниз в стопке с черными картами, стопке 4.

С помощью алгебры мы доказали, что количество красных карт в стопке 3 гарантированно совпадает с количеством черных карт в

стопке 4 в конце фокуса. Именно это мы и ожидаем от фокуса... потому что это гарантировано алгоритмом, которому мы следовали.

Верификация программ

Если мы можем доказать, что фокус всегда работает, то аналогичным образом можно доказать работоспособность программы. Мы используем абстракцию для создания математической модели функционирования программы. Затем мы используем алгебру для подтверждения свойств этой модели. Эти свойства говорят нам о фактах, связанных с работой программы в реальных условиях. Это и называется **верификацией программы (program verification)**. Например, мы можем доказать, что если программа управления медицинским прибором настроена на подачу фиксированного количества миллиграммов лекарства в течение фиксированного количества времени, то именно так она и будет действовать всегда, вне зависимости от реальных цифр.

Когда жизнь людей зависит от стабильной работы программы, нет ничего хорошего в ее тестировании и в 99 % уверенности того, что она никого не убьет, особенно если ею пользуются миллионы людей. Доказательства позволяют нам убедиться в том, что программа действительно будет работать всегда (равно как и доказать, что наши фокусы на самом деле работают).

ПАУЗА: Шафи Голдвассер

Шафи Голдвассер (Shafi Goldwasser) специализируется на использовании математики и методов доказательств, которые повышают безопасность и конфиденциальность компьютеров. Она исследует настолько сложные проблемы, что компьютерам для их решения потребовались бы миллиарды и миллиарды лет. Именно на таких задачах основано шифрование, используемое для защиты компьютерных систем. Вместе с коллегами Сильвио Микали (Silvio Micali) и Чарльзом Рэкоффом (Charles Rackoff) она придумала идею доказательств с нулевым разглашением знаний (zero knowledge proofs). Это разновидность доказательств, которые на первый взгляд кажутся невозможными: для их реализации потребовалось бы настоящее волшебство. Идея заключается в том, что человек (или компьютер) может подтвердить, что ему известна некоторая секретная информация, и при этом сохранить эту информацию в тайне. Они не раскрывают этот секрет даже тому человеку (или компьютеру), которому они доказывают его наличие. Это как пароль, который позволяет вам войти в компьютер, но при этом вам не нужно вводить пароль. Вы доказываете, что знаете его, не раскрывая его даже компьютеру, выполняющему проверку.

Часть X

Подробнее О ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ МЫШЛЕНИИ

Вычислительное мышление – это совокупность отдельных навыков, которые мы рассматривали на протяжении всей книги, включая декомпозицию, абстрагирование, обобщение, выбор подходящих представлений и логическое мышление. В этом разделе мы рассмотрим некоторые более продвинутые методы вычислительного мышления на их основе.

Глава 39

Часы Судного дня: **обобщение**

Магия

Часы Судного дня предсказывают самый важный час в вашем будущем. Даже несмотря на возможность свободного выбора отсчета, часовая стрелка остановится в назначенный час.

Вычисления

Абстрагируясь от подробностей до тех пор, пока мы не доберемся до самой сути фокуса или алгоритма, то есть до его наиболее обобщенной версии, мы сможем впоследствии создавать из нее новые фокусы или алгоритмы.

Фокус

Прежде чем приступить к выполнению этого фокуса, вам нужно создать большой циферблат часов с цифрами от 1 до 12. Сделайте для часов одну подвижную часовую стрелку и нарисуйте неподвижную минутную стрелку, указывающую на 12 (см. рис. 39.1). Также вам необходимо нарисовать на листе бумаги вторую, меньшую версию часов, только с цифрой 1 в положении «1 час» и с неподвижной часовой стрелкой, указывающей на 1 (см. рис. 39.2). Это и есть ваше предсказание. Поместите его в конверт, прикрепив к тыльной стороне боль-

ших часов. Поместите стрелку больших часов на 12, и все готово для выполнения фокуса.

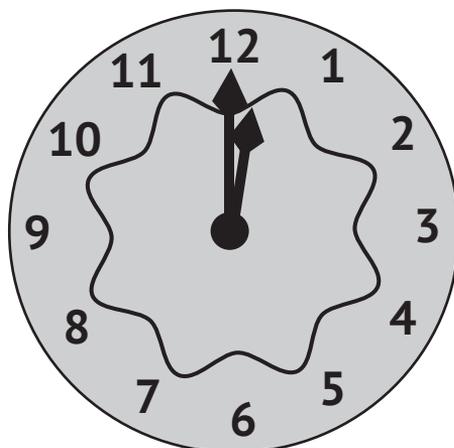


Рисунок 39.1. Часы Судного дня. Минутная стрелка неподвижна, часовая движется

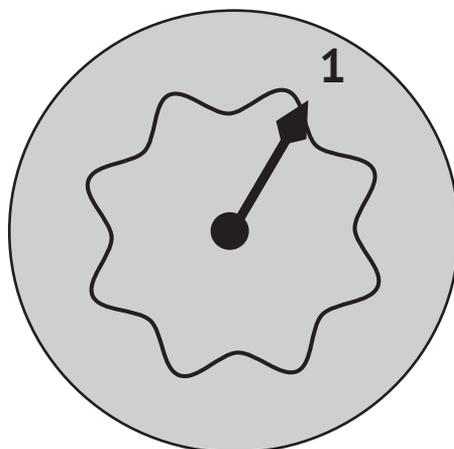


Рисунок 39.2. Ваше предсказание времени остановки часов Судного дня

Объясните, что вы сделали «часы Судного дня». Они могут предсказать час, который будет самым важным для кого-либо в будущем. Это может быть час, когда он вступит в брак, когда родится его первый ребенок, а может быть, час его смерти. Кто знает? Но точно можно сказать, что в будущем наступит час, который будет действительно важен в жизни этого человека.

Для начала пригласите добровольца. Объясните, что с помощью часов вы найдете тот час в будущем, который будет наиболее важен

лично для него. Для этого потребуется лишь несколько оборотов часовой стрелки, пока она снова не перейдет через отметку 12. Попросите его выбрать число от 1 до 12. Запишите его в виде слова на английском языке (так, если он выбрал 2, напишите T-W-O). Пусть он передвинет стрелку часов на одну позицию по кругу на каждую букву в выбранном им слове. Например, если выбрано «TWO», то нужно переместить стрелку часов на три позиции вперед. Скажите ему, что он будет использовать слова с цифрами, чтобы трижды перевести стрелку вперед. Теперь они будут находиться в новом положении на часах и на новом числе. Это позволяет использовать новое слово для дальнейшего отсчета. Повторите то же самое с этим словом. Затем все повторяется в последний раз уже на новом значении времени, и тогда часы останавливаются на этой отметке.

На какой бы позиции они ни остановились, объявите, что его персональные часы остановились именно в это время. Укажите, что это был его собственный добровольный выбор изначального числа. Теперь объясните, что для демонстрации возможностей часов вы уже воспользовались ими для предсказания. Переверните часы, чтобы открыть конверт с вашим предсказанием. Попросите добровольца открыть конверт и прочесть предсказание о его судьбоносном часе. Удивительно, но результат совпадает с показаниями его часов. Такова мощь часов Судного дня!

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) «часов Судного дня»:

1. Подготовьте циферблат с цифрами от 1 до 12 для обозначения часов, с одной подвижной часовой стрелкой и с одной неподвижной минутной стрелкой, указывающей на 12.
2. Установите часовую стрелку часов на 12.
3. Для предсказания подготовьте циферблат с неподвижной часовой стрелкой, указывающей на цифру 1.
4. Поместите предсказание в конверт и прикрепите его к тыльной стороне циферблата.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «часов Судного дня»:

1. Доброволец выбирает число от 1 до 12: один из часов дня.
2. Запишите его в виде слова.

3. СДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ ТРИ РАЗА (DO THE FOLLOWING THREE TIMES).
 - a) Доброволец переводит стрелку на один час по часовой стрелке на каждую букву в заданном слове.
 - b) Запишите в виде слова час, на котором остановилась стрелка часов.
4. Объявите последний час, на котором остановились часы.
5. Доброволец открывает конверт, чтобы узнать ваше предсказание.

Как это работает

Этот фокус основан на том же свойстве случайности длины слов, что и фокус «Магия волшебной книги» из главы 6. В данном случае это означает, что за три шага все 12 доступных для выбора чисел приведут вас в одно и то же место. Длина слов на самом деле не очень сильно варьируется (В английском языке. – *Прим. перев.*). Все слова в названиях часов в английском языке имеют длину от 3 до 6 букв (см. рис. 39.3). Поскольку мы используем именно длину слова, а не само слово, это означает, что исходные 12 чисел, из которых можно свободно выбирать, на самом деле дают только четыре возможности: длину 3, 4, 5 или 6.

СЛОВО	ONE (ОДИН)	TWO (ДВА)	THREE (ТРИ)	FOUR (ЧЕТЫРЕ)	FIVE (ПЯТЬ)	SIX (ШЕСТЬ)
ДЛИНА	3	3	5	4	4	3

СЛОВО	SEVEN (СЕМЬ)	EIGHT (ВОСЕМЬ)	NINE (ДЕВЯТЬ)	TEN (ДЕСЯТЬ)	ELEVEN (ОДИННАДЦАТЬ)	TWELVE (ДВЕНАДЦАТЬ)
ДЛИНА	5	5	4	3	6	6

Рисунок 39.3. Длины слов в английском языке, соответствующие числам на циферблате часов

Поскольку мы всегда начинаем с 12, то после отсчета первого слова есть только четыре возможных места, где мы могли бы оказаться после первого шага: часы от 3 до 6 (см. рис. 39.4). Длительность THREE (три) равна 5, а длительность FOUR (четыре), расположенной через один шаг после нее, только 4 буквам, поэтому они обе приведут вас

в одно и то же место: час 8. Длительности FIVE (пять) и SIX (шесть) имеют ту же закономерность, и обе приведут вас в положение часа 9. Теперь, после двух шагов, у вас есть только два возможных места. Эти позиции, 8 и 9, имеют тот же шаблон длины, что и предыдущие, но вторая из них на одну букву меньше, чем первая. Поэтому они обе переходят в одно и то же место: 1. Таким образом, после трех шагов все варианты, как ни странно, приводят к одной и той же позиции. Это и есть ваше предсказание.

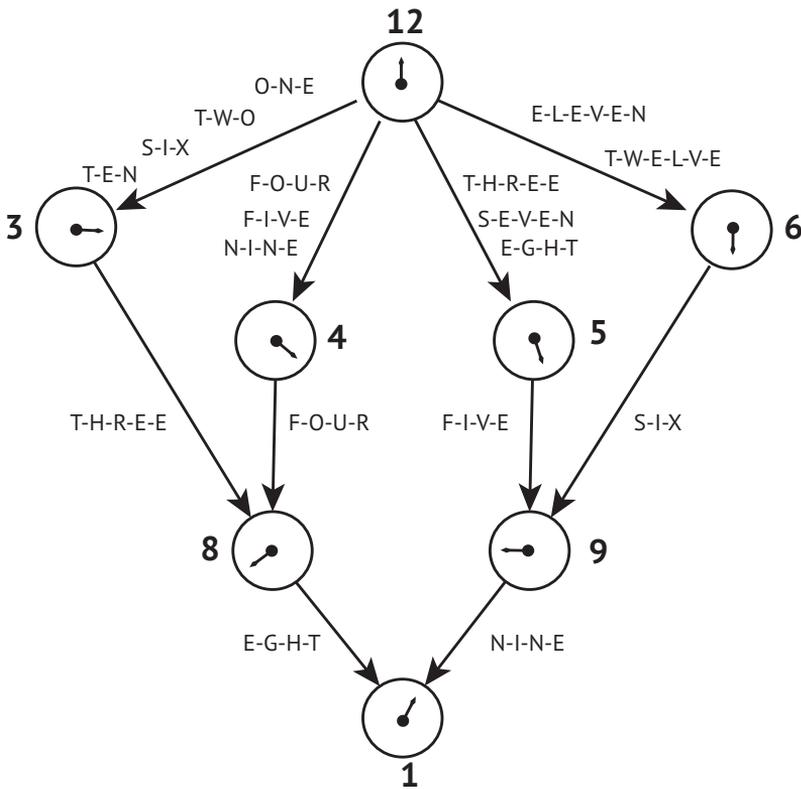


Рисунок 39.4. Возможные пути изменения хода часов

Вместо указания добровольцу остановиться на третьем шаге можно также предложить ему остановиться сразу после прохождения 12 шагов, что будет равнозначно.

Вычислительное мышление

Как только вы поймете основной принцип фокуса, вы сможете использовать его в качестве основы для создания различных новых

трюков. В этом фокусе используется точно такой же принцип, как и в «Магии волшебной книги» (глава 6). Только вместо слов из книги здесь мы просто используем слова для обозначения цифр на часах.

Если вы придумали фокус, подобный «Магии волшебной книги», сведите его к основному принципу (абстрагируясь от деталей), и вы получите обобщенную версию алгоритма. Затем вы можете создать новый фокус с новым контекстом. На рис. 39.5 представлена обобщенная версия двух наших вариантов этого фокуса. Это просто описание математического принципа, заложенного в этот фокус в качестве алгоритма.

- 1. Доброволец выбирает исходную точку в ряду слов**
- 2. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА (DO THE FOLLOWING UNTIL) не окажетесь за заданной точкой, за ней все пути пересекаются:**
 - а) сосчитайте буквы в слове**
 - б) отсчитайте столько же слов**
- 3. Огласите конечное слово, на котором оказался доброволец**
- 4. Покажите предсказание слова, на котором он оказался**

Рисунок 39.5. Обобщенная версия «Часов Судного дня» и «Магии волшебной книги»

Программисты довольно часто прибегают к подобным обобщениям. Вместо создания кода или алгоритма только для одной конкретной цели мы можем обобщить его и применять во многих других ситуациях вместо решения проблемы новым способом.

Если мы разработали код для поиска имен в упорядоченном по алфавиту списке имен (например, в телефонном онлайн-справочнике), мы можем обобщить его и использовать для поиска другого текста с алфавитным порядком. Мы можем обобщить его еще больше и модифицировать код таким образом, чтобы его можно было использовать для поиска других данных с определенным порядком следования (например, чисел в порядке возрастания). Версии с более широким обобщением имеют более широкое применение и представляют собой более абстрактные версии исходного специфического кода. Все они основаны на одном и том же математическом принципе, как и в случае с нашим фокусом.

ПАУЗА: Джон фон Нейман

Специалистам по вычислительной технике Джон фон Нейман (John von Neumann, 1903–1957), один из основателей вычислительной науки, больше всего известен благодаря своей работе с описанием базовой структуры компьютера. Сейчас эта структура известна как архитектура фон Неймана, и большинство современных компьютеров построены на ее основе. Архитектура описывает компьютер как устройство, состоящее из блока обработки для выполнения вычислений и блока управления для контроля за выполнением инструкций. Данные и программы хранятся в единой памяти компьютера. Фактически эта концепция опирается на идеи Дж. Преспера Эккерта (J. Presper Eckert) и Джона Маучли (John Mauchly), которые использовали ее для создания компьютера ENIAC. Вклад фон Неймана в развитие этой технологии был весьма значительным и включал выдвинутое им совместно с Германом Голдстином (Herman Goldstine) предложение использовать утверждения для обозначения свойств, которые сохраняются в той или иной точке программы. Он был физиком и математиком, работавшим над Манхэттенским проектом по созданию первой ядерной бомбы. Он также высказал концепцию взаимного гарантированного уничтожения, утверждая, что ядерное оружие никогда не будет использоваться в войне, если обе стороны будут уверены, что в случае его применения погибнут все.

Глава 40

Освободите три мои карты: **разделяй и властвуй**

Магия

Три карты одного достоинства, выбранные добровольцем, затерялись в колоде. После многократного отбрасывания карт без каких-либо намеков на выбранные они в конце концов обнаруживаются в числе последних.

Вычисления

Декомпозиция предполагает разбиение проблемы на более мелкие задачи, которые проще поддаются решению. Игра «Разделяй и властвуй» является одной из таких эффективных версий, когда меньшие задачи похожи на исходную (только меньшего размера). Эти более мелкие задачи решаются тем же способом. Так можно разрабатывать очень быстрые алгоритмы.

Фокус

Для этого вам понадобится целая и перетасованная колода из 52 карт. Попросите добровольца найти и снять три карты одного достоинства, например три дамы. Пусть он покажет их зрителям, но не вам. Все должны запомнить эти три карты.

Возьмите обратно колоду без этих карт, перетасуйте их, а затем небрежно разложите на три стопки. В стопках должно быть 10, 15 и 15

карт. Выкладывать группы по три карты за раз очень легко. Первая стопка с 10 картами – это три группы по три карты с одной дополнительной. Стопка из 15 карт – это просто пять групп по три карты. У вас в руке останется девять карт, но зрители об этом не догадываются, поскольку выглядит это так, будто вы только что разложили три случайные стопки. Отложите эти оставшиеся девять карт в сторону.

Три выбранные карты кладутся в три «случайные» стопки и «теряются», но особым образом (см. рис. 40.1). Первая карта попадает в стопку с 10 картами. Затем попросите зрителя снять часть карт из соседней стопки с 15 картами и положить их поверх выбранной карты, спрятав ее.

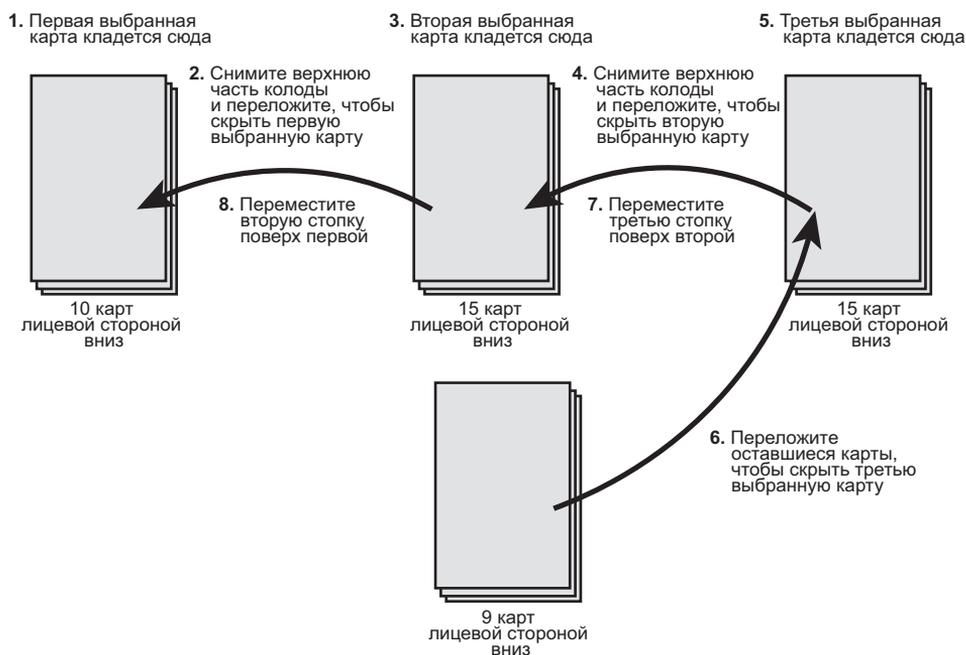


Рисунок 40.1. Три выбранные карты теряются в стопке

Следующая выбранная карта кладется поверх стопки, с которой только что снимали карты. И снова, положив выбранную карту сверху, они прячут ее, помещая сверху часть карт из оставшейся стопки в 15 карт.

Последняя выбранная карта кладется на эту последнюю стопку, а вы затем выкладываете сверху стопку из девяти карт.

Затем соберите колоду, начиная с последней стопки, на которую вы положили девять карт. Положите эту стопку поверх соседней, а потом положите эту большую стопку поверх оставшейся стопки. Подровняйте карты, чтобы ни одна не выступала из колоды.

А теперь напомните зрителям предысторию: вы сделали три случайные стопки, и каждая из выбранных карт была положена в одну стопку и спрятана под случайной стопкой карт из другой стопки, так что никто не представляет себе, где находятся те или иные выбранные карты... Но теперь вам предстоит попытаться найти их и высвободить из колоды.

Раздайте карты на две стопки. Начните с того, что разложите две стопки по две карты лицевой стороной вниз, чередуя левую, правую, левую и правую. Затем остановитесь и скажите, что на самом деле вам следует сделать фокус более рискованным, сдав одну из стопок лицевой стороной вверх. Соберите со стола четыре карты лицевой стороной вниз и положите их в самый низ стопки. В этой пробной раздаче вы только что переложили четыре карты сверху вниз, но при этом создали дополнительное напряжение.

Начните снова, сдав карту лицевой стороной вверх. Затем сдайте следующую лицевой стороной вниз, сообщив зрителям, что фокус закончится, если любая из трех выбранных карт окажется в стопке лицевой стороной вверх. Проойдитесь таким образом по всей колоде. Выбранные карты не появятся.

Отложите стопку с картами лицевой стороной вверх, возьмите стопку с картами лицевой стороной вниз и снова проойдитесь по ней: первая карта лицевой стороной вверх, следующая – лицевой стороной вниз и т. д. И снова ни одной выбранной карты не обнаружится. Повторяйте эту процедуру, каждый раз сдавая первую карту лицевой стороной вверх, до тех пор, пока в стопке с картами лицевой стороной вниз не останется только три карты. Попросите напомнить названия трех выбранных карт. Перевернув последние три карты, вы обнаружите все три эти карты!

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Три мои карты»:

1. СДЕЛАТЬ (DO) подготовку колоды.
2. СДЕЛАТЬ (DO) пробную раздачу.
3. СДЕЛАТЬ (DO) раздачу.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) подготовки колоды:

1. Доброволец подбирает и извлекает три одинаковые карты из перетасованной колоды.
2. Он показывает их зрителям.
3. Перетасуйте оставшиеся карты.
4. Разложите оставшиеся карты в стопки по 9 карт, 15 карт и 15 карт лицевой стороной вниз.
5. Отложите оставшиеся карты в сторону.
6. Доброволец кладет одну из трех своих карт на первую стопку из девяти карт.
7. Доброволец снимает верхнюю часть следующей стопки и кладет эти карты поверх выбранной карты.
8. Доброволец кладет вторую из трех карт поверх средней стопки.
9. Доброволец снимает верхнюю часть последней стопки и кладет эти карты поверх второй выбранной карты.
10. Доброволец кладет свою последнюю карту поверх последней стопки.
11. Вы кладете последнюю стопку карт, которую вы отложили в сторону, поверх этой карты.
12. Положите третью стопку поверх второй, чтобы получилась вторая стопка большего размера.
13. Поместите эту большую вторую стопку поверх первой, чтобы получилась новая полная колода карт.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) пробной раздачи:

1. Раздайте четыре карты в две стопки лицевой стороной вниз.
2. Скажите: «давайте сделаем игру более рискованной. Пусть одна стопка будет лицевой стороной вверх».
3. Соберите четыре сданные карты и положите их в нижнюю часть колоды.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) раздачи:

1. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 4 РАЗА (DO THE FOLLOWING 4 TIMES).
 - а) Возьмите оставшиеся карты.
 - б) ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА не останется карт.

- i. Выложите одну карту лицевой стороной вверх.
 - ii. Сдайте карту лицевой стороной вниз.
 - c) Сбросьте карты лицевой стороной вверх.
2. Переверните три оставшиеся карты лицевой стороной вниз, чтобы показать изначально выбранные карты.

Как это работает

Вы начали с четырех стопок по 10, 15, 15 и 9. Первая карта легла на позицию 11. Затем сверху было добавлено несколько следующих 15 карт. Это, казалось бы, должно было внести некоторую случайность, но на самом деле не имело никакого значения, поскольку оставшиеся карты впоследствии просто выкладывались обратно. Это означает, что на самом деле было ровно 15 карт, которые отделяли первую секретную карту от следующей секретной карты, когда она была добавлена поверх второй стопки. То же самое повторилось и со следующей стопкой, то есть еще 15 карт отделяли вторую и третью секретные карты и, наконец, еще девять были положены сверху.

В этот момент секретные карты, которые, казалось бы, спрятаны случайным образом, находятся на определенных позициях сверху: позиции 10, 26 и 42. Однако в ходе фальстарта мы фактически перемещаем четыре верхние карты сверху вниз. Это сдвигает все карты на четыре позиции вверх. Таким образом, когда вы начинаете реальную раздачу, секретные карты находятся на позициях 6, 22 и 38 от верхней.

Вся эта суеда на самом деле является способом получить перетасованную колоду карт, но оставить три секретные карты на этих фиксированных позициях, чтобы зрители считали их спрятанными наугад.

Почему именно эти позиции? На самом деле при каждой раздаче отфильтровывается каждая вторая карта. Однако при этом изменяется порядок. Таким образом, получается, что если повторять эту процедуру несколько раз, то в итоге вы получите именно те карты, которые были на позициях 6, 22 и 38. Понять это можно путем анализа происходящего...

Мы начинаем с карт в следующем порядке, где просто отмечаем их начальные позиции:

1, 2, 3, 4, ..., 50, 51, 52.

В первой раздаче мы начинаем с выкладывания карты лицевой стороной вверх, а поскольку в конечном итоге мы выбрасываем карты лицевой стороной вверх, мы выбрасываем каждую вторую карту, на-

чиная с карты 1. Это означает, что мы сбросим все нечетные карты. При этом мы меняем порядок, получая новую стопку:

52, 50, 48, 46, ..., 8, 6, 4, 2.

Продельваем это еще раз, снова убираем нынешние первые, третьи, пятые и так далее карты. В результате после перевертывания остаются карты, которые изначально находились на позициях:

2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50.

В следующем раунде сдачи извлекается каждая вторая карта и снова переворачивается, в результате чего остаются:

46, 38, 30, 22, 14, 6.

Наконец, убрав каждую вторую карту в последний раз, мы получаем карты, которые изначально находились на позициях:

6, 22 и 38.

Именно на этих позициях находились секретные карты до начала раздачи, благодаря чему фокус гарантированно работает.

Вычислительное мышление

Суть этого фокуса заключается в финальной серии раздач, где мы регулярно убираем каждую вторую карту. Этот процесс гарантирует получение в итоге трех заданных карт. Если пойти еще дальше, то мы гарантированно получим одну карту. Этот магический алгоритм связан с важным принципом декомпозиции, который называется «разделяй и властвуй». Он используется для разработки быстрых алгоритмов.

Данный фокус можно представить в качестве алгоритма поиска выбранных карт. Иначе говоря, речь о том, как отбросить все карты, кроме выбранных.

Мы добиваемся этого, отбрасывая половину карт при каждой раздаче. Чтобы добраться до трех секретных карт, требуется всего четыре раздачи. У этого способа есть еще одна интересная особенность. В начале игры вы держите в руках колоду карт и рассчитываете остаться с секретными картами. Сделав одну раздачу и выбросив половину карт, вы оказываетесь в той же ситуации: у вас на руках колода карт, и вы хотите, чтобы у вас остались секретные карты, поэтому вы снова делаете то же самое. В результате вы остаетесь в том же положении...

и снова делаете то же самое. С каждым разом меняется только количество карт в колоде, которая, таким образом, становится все меньше.

Это особый способ декомпозиции задачи. Она была разложена на меньшую, более простую версию *той же* проблемы, а не просто создала меньшую, но другую задачу. Поскольку это та же самая задача, мы можем разложить ее снова точно таким же образом и продолжать делать это до тех пор, пока она не станет тривиально простой версией исходной задачи. В фокусе эта тривиальная версия заключается в поиске трех карт и в том, что мы держим в руках колоду из трех карт (тривиально!). Этот процесс называется **рекурсией (recursion)**. На самом деле, с вычислительной точки зрения, это просто вариант **повторения (repetition)**, поскольку он предполагает повторение одних и тех же вычислений снова и снова. Это основа принципа **рекурсивного решения проблем (recursive problem solving)**: найти способ решить проблему за счет ее декомпозиции на более мелкие варианты самой себя.

Решение задачи «разделяй и властвуй»

Рекурсивное решение проблем позволяет сформулировать еще более важную идею декомпозиции, которая называется **решением задач по принципу «разделяй и властвуй» (divide and conquer problem solving)**. Вместо нахождения немного уменьшенной версии проблемы необходимо найти способ разбить проблему на идентичные задачи, размер которых в разы меньше исходного. Это может включать в себя преобразование задачи в одну меньшую задачу, составляющую долю от исходной, или две похожие задачи, составляющие половину размера, или три варианта, составляющие треть размера, и т. д. Поскольку задача остается той же самой, только значительно меньшего размера, мы можем решать возникшие задачи тем же самым способом.

Решение задач по принципу «разделяй и властвуй» является очень обобщенным способом разработки очень быстрых алгоритмов.

В данном случае все происходит примерно так же. При каждом выполнении задачи мы избавляемся не от нескольких карт, а от половины карт. В результате каждого прохода мы получаем единственную версию эквивалентной задачи, вдвое меньшую по размеру за счет отбрасывания половины карт. Мы очень быстро (по крайней мере по числу раздач оставшейся колоды) приходим к искомым трем картам.

Сам по себе этот фокус не особо наглядно раскрывает возможности принципа «разделяй и властвуй», потому что на самом деле мы тратим много времени на разбор каждой карты. Вариация этого алгорит-

ма фактически является основой настоящего алгоритма «разделяй и властвуй», в котором каждая вторая карта удаляется за один прием. Он использовался в ранних компьютерах для обработки перфокарт – одного из ранних способов хранения данных.

Чтобы оценить реальную эффективность алгоритма «разделяй и властвуй», возьмите колоду перетасованных карт и разложите их по порядку. Как? Существует множество различных способов (т. е. алгоритмов) сделать это. Один из них, например, заключается в поиске первой карты (туза червей), затем следующей (двойки червей) и т. д. Это очень медленно. Вы сканируете оставшуюся пачку, в среднем просматривая каждую карту до середины, 51 раз. Скорее всего, вы проверите разные отдельные карты более 1000 раз.

Второй способ заключается в поиске карт в колоде путем их распределения по стопкам (как в фокусе), но по одной стопке для каждой масти – червей, пик, трэф и бубен. На это потребуется одно сканирование. Теперь у нас осталось четыре версии одной и той же задачи, размер каждой из которых составляет четверть от общего. У нас есть начало принципа «разделяй и властвуй»! Но для его реализации мы должны иметь возможность повторить то же самое. Мы должны поочередно пройти по каждой стопке и разделить их на четыре стопки, оставляя для каждой задачу сортировки. Это несложно: стопка от туза до 3, стопка от 4 до 7, стопка от 8 до 10 и стопка для карт с придворными. В каждой из них по три или четыре карты. Теперь возьмем одну из этих стопок и повторим то же самое с тремя или четырьмя стопками, от самой маленькой до самой большой, но на этот раз в итоге получаем стопки по одной карте. Это очень простая сортировка! Стопка из одной карты полностью отсортирована. Теперь мы кладем эти четыре карты друг на друга в порядке расположения стопок и получаем четыре отсортированные карты. Переходим к следующей стопке из четырех карт и сортируем ее таким же образом. Ее можно положить поверх первой и т. д. В конечном итоге мы рассортировали все черви. Переходим к пикам и делаем то же самое и т. д. для каждой масти.

Мы отсортировали каждую стопку, используя тот же общий метод «разделяй и властвуй». Разделите ее на четыре стопки и отсортируйте их таким же образом. После сортировки сложите их обратно, чтобы получилась большая отсортированная стопка. Возьмите колоду карт и попробуйте.

Скорее всего, это покажется слишком медленным, но на самом деле все происходит гораздо быстрее, поскольку вместо многократного

просмотра всех карт мы разбиваем их на все более мелкие стопки. Ключевым моментом является переход к одной карте всего за три этапа. По сути, это означает, что вместо сканирования всей колоды 51 раз мы делаем это только три раза: один раз для разделения на масти, один раз для разделения на группы по четыре карты и один раз для разделения на отдельные карты. Таким образом, этот способ значительно быстрее и предполагает сканирование карт всего несколько сотен раз вместо более тысячи.

Поразрядная сортировка

Представьте, что у вас не 52 карты, а 5000 карт (или, говоря о проблеме, с которой я неоднократно сталкивался в прошлом, это скрипты экзаменов, которые нуждаются в сортировке). На каждой из них написано четырехзначное число, например 1234, и вам нужно отсортировать их в порядке возрастания этого числа. Мы можем использовать точно такую же методику, но с разными цифрами для упорядочивания каждого сканирования. При первом сканировании разложите карты в 10 стопок по наибольшей (тысячной) цифре. Затем возьмем одну из этих стопок и разделим их по разряду сотен. Потом сделайте то же самое с каждой стопкой для разряда десятков и, наконец, для единиц. На этом этапе у нас есть стопки одного скрипта, причем стопки расположены по порядку, так что можно просто сложить их друг на друга. Затем мы переходим к следующей стопке и т. д. Это называется поразрядной сортировкой (*radix sorting*). Это всего лишь одно из множества возможных решений задачи «разделяй и властвуй» для сортировки данных по порядку.

Интермедия: Алекс Элсли

Фокус «Три мои карты» является вариацией знаменитого эффектного номера, придуманного фокусником Алексом Элсли (Alex Elmsley, 1929–2006). Он получил образование в Кембриджском университете, где изучал математику и физику, а затем работал в качестве патентного агента, а после этого – компьютерным программистом. Существует очень много вариаций, построенных на основе этого принципа: еще одна разновидность этого эффекта описана в главе 49. Он также изобрел ряд других карточных фокусов и опубликовал работу о математических расчетах, лежащих в основе процесса перетасовки карт.

Глава 41

Уловка двойного назначения: **представление данных – графы и циклы**

Магия

Зрители строят маршрут путешествия по всему миру. Они планируют его, выстраивая очередность билетов. Несмотря на свободу выбора любого маршрута, по его завершении обнаруживается, что билеты куплены с опережением. Примечательно, что они возвращаются в выбранный ими пункт назначения из того места, в котором в итоге оказались.

Вычисления

Графы – это важное представление данных, используемое для организации хранения и работы с ними, когда необходимо определить связи между различными фрагментами данных. Кроме того, графы используются для логических рассуждений о необходимости создания алгоритма для выполнения определенных задач.

Фокус

Прежде чем приступить к выполнению фокуса, необходимо создать серию билетов. Есть две разновидности такого рода документов: авиабилеты и бронирование отелей. В авиабилетах указываются на-

чальный и конечный пункты назначения рейсов, а в бронировании отелей – только название города (см. рис. 41.1).

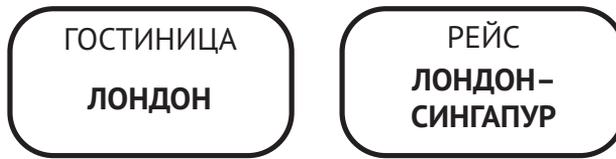


Рисунок 41.1. Примеры документов для бронирования отелей и авиаперелетов

Полный список рейсов и пунктов назначения выглядит следующим образом:

Места в гостиницах:

Лондон, Сингапур, Нью-Йорк, Дели, Сидней, Санкт-Петербург, Пекин

Авиабилеты:

Лондон–Сингапур	Нью-Йорк–Лондон
Нью-Йорк–Сингапур	Дели–Лондон
Дели–Сингапур	Дели–Сингапур
Дели–Нью-Йорк	Сидней–Лондон
Сидней–Лондон	Сидней–Сингапур
Сидней–Нью-Йорк	Сидней–Нью-Йорк
Сидней–Дели	Санкт-Петербург–Лондон
Санкт-Петербург–Лондон	Санкт-Петербург–Сингапур
Санкт-Петербург–Нью-Йорк	Санкт-Петербург–Дели
Санкт-Петербург–Сидней	Санкт-Петербург–Лондон
Пекин–Сингапур	Пекин–Нью-Йорк
Пекин–Дели	Пекин–Сидней
Пекин–Санкт-Петербург	

Итак, вам нужно найти семь городов с авиабилетами для каждой пары и гостиницей для каждого города, поэтому вы можете использовать любой город. Положите один из авиабилетов в конверт, и можно начинать выполнение фокуса.

Отдайте конверт с выбранным билетом одному из зрителей, чтобы он присмотрел за ним. Скажите, что в нем находится специальный премиальный билет. Попросите другого добровольца воспользоваться остальными билетами (авиабилеты и гостиницы) для составления маршрута по всему миру. Он должен выстроить их в линию и показать планируемый маршрут. Объясните, что совершенно не важно, где начинается и где заканчивается маршрут. Билеты можно использовать для перелета в любом направлении. Каждый билет необходимо использовать только один раз. Добровольцу нужно сопоставить на-

чальный и конечный города в смежных билетах, поскольку они также должны всегда прибывать и отправляться из одного и того же города: никаких сухопутных переходов между городами! Гостиничные путевки можно использовать в любое время пребывания в городе, хотя остановиться в гостинице каждого города можно только один раз. В остальное время они просто путешествуют транзитом по другим городам.

После составления маршрута объясните, что у добровольца есть полная свобода выбора последовательности расположения билетов, в том числе места начала и окончания путешествия. Пусть он запишет начальный и конечный пункты назначения для всеобщего обозрения. Обратите внимание на то, что будет немного досадно совершить кругосветное путешествие и не закончить его в месте отправления. К счастью, вы подумали об этом за них. Пусть зритель, который хранит конверт, покажет ваш заранее купленный билет. Удивительно, но этот билет соединяет начальный и конечный пункты маршрута добровольца. Билет позволит завершить его персональное кругосветное путешествие.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) к фокусу «Двойное назначение»:

1. Создайте полный комплект билетов в семь городов, который включает семь гостиничных путевок и 25 авиабилетов, по одному между каждой парой городов.
2. Поместите один авиабилет в конверт с пометкой «специальный премиальный билет».

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Двойное назначение»:

1. Отдайте конверт с премиальным билетом добровольцу.
2. Второй доброволец выстраивает из остальных билетов свой маршрут, пересекающий весь мир таким образом, чтобы начальный и конечный пункты назначения каждой пары соседних билетов совпадали.
3. Доброволец пишет свои конечные начальные и конечные пункты назначения для всего путешествия для всеобщего обозрения.
4. Вы говорите: «У вас был свободный выбор маршрута, и было бы обидно не вернуться к началу путешествия. К счастью, я об этом подумал».

5. Первый доброволец открывает конверт с особенным билетом и убеждается, что это как раз тот билет, который нужен для возвращения в исходную точку.

Как это работает

Альтернативный способ демонстрации этого фокуса – использование набора домино. Фокус основан на малоизвестном математическом факте о полном наборе костяшек домино. Вы можете расположить все кости домино по кругу, совместив цифры на них, и эта линия обязательно соединится, образовав полный **цикл** с совпадением всех соседних костей домино. Фактический порядок расположения костяшек может меняться, но при наличии полного набора вы всегда сумеете выстроить цепочку, которая будет соединяться сама с собой. Билеты в этом фокусе соответствуют костям домино. Билет, соединяющий каждую пару пунктов назначения (рейсов), похож на обычные кости домино с разными цифрами. Билет в отель соответствует «дублю», то есть кости с двумя одинаковыми цифрами.

Исходя из этого, нетрудно догадаться о принципе работы этого фокуса. Вы убрали один авиабилет и тем самым устранили из цикла одно звено. Доброволец не заметит отсутствия одного звена, но если ему предложить собрать все билеты в единую цепочку, то в конце ее не будет хватать звена, соединяющего ее с началом. Когда билет будет предъявлен, вы просто завершите цикл. Пункты назначения совпадут с вашим предсказанием.

Теперь вы знаете принцип действия и, конечно, можете сделать обобщение по своему усмотрению, переложив эту базовую идею на фокус с предсказаниями с использованием собственного цикла данных. Например, вместо определения мест назначения или двух цифр на костях домино одним из атрибутов вашей фигуры может быть цвет, а другим, к примеру, буква. Или на фигуре может быть только текст, например имя певца с одной из его песен для музыкального топ-40. Главное – убедиться, что в самом начале вы запишете весь цикл на бумаге и лишь потом будете переносить цифры, буквы, песни или что-то еще на отдельные фигуры.

Вычислительное мышление

Мы уже говорили, что это свойство присуще костяшкам домино, но почему это свойство сохраняется? С точки зрения специалиста по компьютерным технологиям, это проблема графа (graph problem).

Графы – это представление данных в виде абстракции реальных вещей. Они облегчают вычисления, моделирование и анализ исходных объектов (будь то домино или полеты). Дорожные сети, коммуникационные сети, социальные сети (и домино) можно представить в виде графа. В этой книге мы уже использовали представления данных в виде графов для объяснения фокусов (см., например, рис. 39.4 в главе 39 «Часы Судного дня»). Граф состоит из точек, или узлов (nodes), которые можно назвать локациями, и линий, или ребер (edges), которые соединяют эти локации. Таким образом, наши города можно представить узлами графа, а билеты или рейсы, связывающие их, – ребрами. Узлы не обязательно должны быть реальными объектами. Каждое число в наборе домино (от 0 до 6) может быть представлено узлом. Тогда каждая кость домино в наборе будет представлена ребром, соединяющим два разных числа или число с самим собой.

Теперь поговорим о том, почему наш фокус работает, на примере более простой версии с тремя городами: Лондон, Сингапур и Нью-Йорк. В этом случае у нас есть шесть билетов.

Гостиницы:

Лондон, Сингапур, Нью-Йорк

Авиарейсы:

Лондон–Сингапур

Лондон–Нью-Йорк

Сингапур–Нью-Йорк

Если нарисовать их в виде графа, мы получим более четкое представление о происходящем (рис. 41.2). Гостиницы просто нарисованы как ребра от какого-либо места к себе.

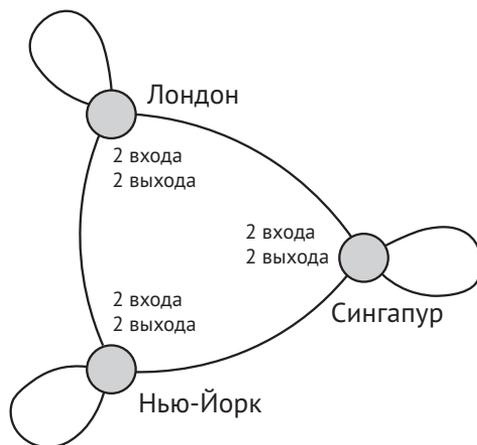


Рисунок 41.2. Граф представления билетов с тремя городами

Каждый узел имеет два ребра, ведущих в него, и два, ведущих от него. Здесь явно прослеживается цикл. Удаление любого рейса разорвет цикл, и концы цепочки будут соответствовать этому рейсу. Фокус сработает (хотя и не будет выглядеть так уж волшебным).

Однако если мы добавим еще один город с гостиницей и рейсом из него в каждый другой город, то все станет не так (см. рис. 41.3). Теперь билеты выглядят следующим образом.

Гостиницы:

Лондон, Сингапур, Нью-Йорк, Дели

Авиарейсы:

Лондон–Сингапур
Дели–Лондон

Лондон–Нью-Йорк
Дели–Сингапур

Сингапур–Нью-Йорк
Дели–Нью-Йорк

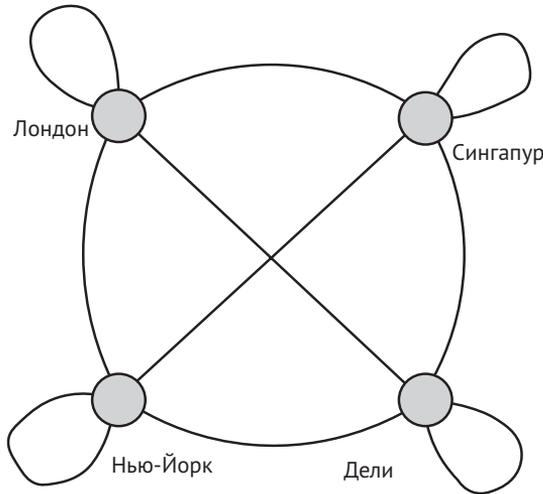


Рисунок 41.3. Граф представления билетов с четырьмя городами

Получается, что создать цикл с четырьмя городами невозможно (попробуйте сами!). Добавим еще один город и повторим попытку, прежде чем читать дальше.

При добавлении нового города, его гостиницы и авиарейсов из него во все остальные города возникает некая закономерность. Для некоторых городов можно создать цикл (3, 5 и 7 городов). Для некоторых это невозможно (4, 6 и 8 городов).

Мосты Кенигсберга

Сейчас мы отвлечемся и отправимся к истокам зарождения концепции графа. На дворе 1736 год, и Леонард Эйлер (Leonhard Euler) уже

нашел решение головоломки о прусском городе Кенигсберге¹. Через центр города протекает река Преголя². На реке есть острова, соединенные мостами с обоими берегами (см. рис. 41.4). Головоломка требует от туриста найти способ провести пешеходную экскурсию по городу, пересекая каждый мост ровно один раз. Мы рассмотрим вариант, в котором вы также должны вернуться в исходное положение.

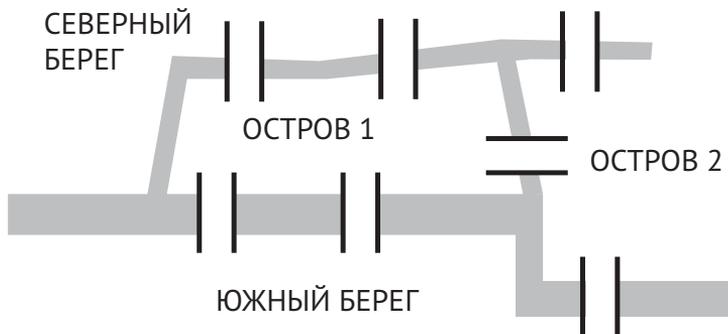


Рисунок 41.4. Карта мостов Кенигсберга

Эйлер решил, что можно упростить задачу (это всегда хорошая идея), нарисовав берега и каждый остров в виде окружностей, а мосты между ними – в виде линий (рис. 41.5). Он придумал абстракцию графа. Говоря языком информатики, это представление данных или структура данных, но очень обобщенная. Упрощение до графа позволило Эйлеру увидеть ответ на поставленную задачу. Наша проблема превратилась в вопрос о том, можно ли найти в графе цикл и пройти по каждому ребру (мостам) ровно один раз, вернувшись к началу. Он сделал обобщение проблемы до задачи о графах.

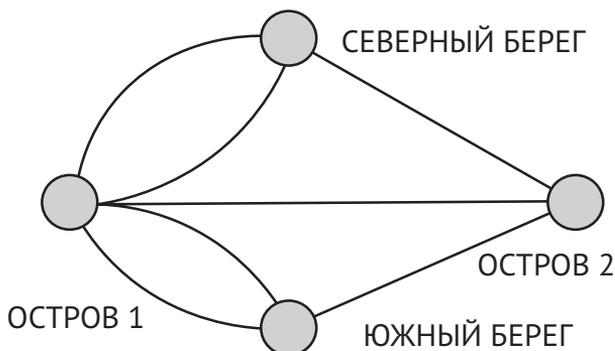


Рисунок 41.5. Мосты Кенигсберга в виде графа

¹ Ныне город Калининград в России. – Прим. ред.

² Ранее Прегель. – Прим. ред.

Эйлер обнаружил, что существует простой и общий способ определить, возможны или нет подобные маршруты в любом графе. Посмотрите на любой узел. Чтобы цикл проходил через него, каждый маршрут (ребро) в нем должен иметь другой маршрут (другое ребро) вне его. Ребра графа в каждом узле должны соединяться в пары. Если в узле четное количество ребер, это возможно. Если в узле нечетное количество ребер, ничего не получится. В этом невозможном случае одно ребро всегда останется незадействованным. Это будет вход без выхода для продолжения цикла (см. рис. 41.6). Для цикла с посещением всех узлов это правило должно быть применимо ко всем узлам: все узлы должны иметь четное количество ребер.

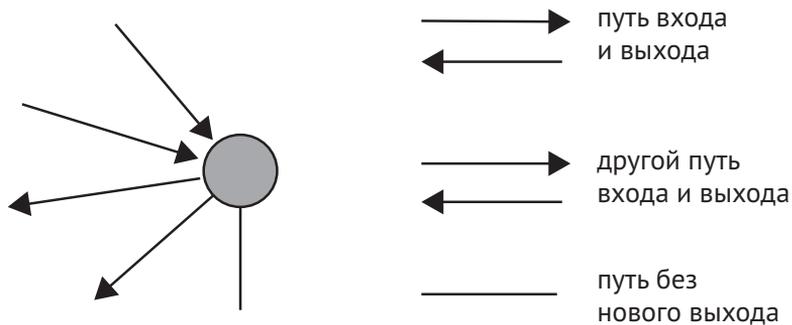


Рисунок 41.6. Четное число ребер

В графе с мостами Кенигсберга все узлы имеют нечетное число ребер (три или пять), ведущих в них. Поэтому, согласно теореме Эйлера, цикл невозможен. Не существует алгоритма путешествия по всем мостам, по всем островам и обратно к началу. Это невозможно сделать даже без возвращения к началу, что и доказал Эйлер с помощью аналогичных рассуждений.

Вернемся к волшебству

Мы можем применить те же логические рассуждения к любому графу. В том числе и к графу нашего фокуса. Если мы посмотрим на граф фокуса с тремя городами, то каждый город связан с двумя другими городами и с самим собой. Если на время забыть о гостиничных ребрах, которые приходят и уходят из одного узла, то в каждом узле есть ребро входа и ребро выхода: четное число. Налицо очевидный цикл. Добавление гостиничных ссылок не меняет ситуацию, потому что хотя каждая гостиничная ссылка является одним ребром, она считается как пара: ребро входа и выхода.

Когда мы добавляем город и получаем четыре города, мы добавляем новое ребро в каждый узел, связывая его с новым городом. Теперь у каждого узла пять ребер вместо четырех (как на рис. 41.3). Это нечетное число, поэтому, применив теорему Эйлера, мы сразу узнаем об отсутствии цикла. В реальном фокусе использовалось семь городов, что означает восемь ребер в каждом узле (шесть для связи с каждым другим городом и гостиница со входом и выходом). Это четное число ребер, следовательно, в этом случае имеет место цикл.

Что произойдет, если мы удалим один рейс, как в фокусе? Мы удаляем одно ребро. Теперь в узлах этих двух городов на одно ребро меньше. Осталось два узла с нечетным числом ребер, поэтому любая цепочка связей должна начинаться и заканчиваться в этих узлах. Мы уже говорили, что билет, извлеченный фокусником, не должен быть гостиничным. Теперь становится понятно, почему. Если мы удаляем гостиницу, мы удаляем две связи из одного узла. Он остается четным, и все равно будет полный цикл, который доброволец может начать и закончить в любом месте.

Домино

Как мы уже выяснили, этот прием работает и с домино вместо билетов. Следуя аналогичным рассуждениям, можно построить граф для возможностей с домино. Получаются точно такие же графы, так что все наши логические рассуждения работают точно так же и для версии с домино, при условии использования полного набора домино со всеми вариантами костей от 0 до 6. Попробуйте сами.

Интермедия: Динамо

Иллюзионист Динамо (настоящее имя Стивен Фрейн – Steven Frayne) озадачил публику во время своего телешоу с помощью одного из вариантов этого фокуса. Сам он вырос в неблагополучном районе Брэдфорда. Его дедушка научил его первому фокусу – как казаться крупнее, чтобы другие дети не задирали. Он принадлежит к первому поколению интернет-фокусников: публикация в интернете видеороликов с его уличными фокусами способствовала старту его карьеры. Его сценический псевдоним был придуман в честь изобретенного Фарадеем аппарата для производства электричества. Во время выступления, когда он был еще подростком, один из зрителей воскликнул, что Фрейн похож на динамо-машину. Выступление проходило в рамках празднования столетия легендарного фокусника Гудини.

Часть XI

Кибербезопасность, конфиденциальность и общество

Шпионы и хакеры используют как легитимные (легальные), так и скрытые каналы компьютерных систем: это способы утечки информации из системы, о которых никто не подозревает. Аналогичным образом иллюзионисты создают фокусы с использованием таких каналов – способов утечки информации из магической системы к фокуснику без ведома зрителей. Фокусники зачастую притворяются, что знают о нас невероятные сведения, а некоторые шарлатаны используют фокусы для мошенничества. Технологии действительно лишают нас конфиденциальности и нередко пользуются полученной информацией не по назначению. Профессиональные навыки и технологии следует использовать во благо, а не во вред, поэтому соблюдение профессиональной этики имеет большое значение.

Глава 42

Понюхайте карту: **стеганография**

Магия

Доброволец выбирает карту и держит ее у сердца, запоминая ее. Затем он кладет ее обратно в середину колоды карт, пока вы смотрите в сторону. Вы перебираете всю колоду, приносясь к обратной стороне карт, пока не найдете выбранную добровольцем по оставленному запаху.

Вычисления

Стеганография – это способ сокрытия секретных сообщений в безобидных на первый взгляд вещах. То, что выглядит как обычное сообщение или изображение, скрывает реальную суть послания.

Фокус

Вы тщательно перетасовываете колоду карт при помощи обычной перетасовки руками (глава 15) на глазах у зрителей. Затем вы раскрываете колоду веером и просите добровольца выбрать карту. Он вытаскивает ее, рассматривает и прижимает к сердцу на несколько мгновений, стараясь запомнить. Затем вы передаете ему колоду, чтобы он вложил ее обратно на случайное место. Вы снова перетасо-

вывааете колоду, а затем, развернув ее лицевой стороной к зрителям, перебираете карты по нескольку штук сразу, принюхиваясь к обратной стороне в поисках запаха конкретной карты. С триумфом вы вытаскиваете нужную карту.

Как это работает

Для этого фокуса вам понадобится специальная колода, на обратной стороне карт которой есть рисунок или узор с несимметричным расположением. Обычные колоды карт имеют симметричные узоры, но можно приобрести сувенирную колоду карт с картинками или другим несимметричным узором. В магазинах магических товаров также продаются карты с узорами, которые на первый взгляд выглядят симметричными, но на самом деле немного отличаются по углам.

До начала фокуса нужно убедиться, что все карты расположены одинаково. Затем, когда зритель берет карту и прижимает ее к сердцу, вы незаметно переворачиваете колоду в своих руках. Когда вы возвращаете карту на место, она оказывается единственной перевернутой картой. Перебирая карты, якобы принюхиваясь к ним, вы на самом деле разыскиваете ту единственную перевернутую карту (рис. 42.1). Обнаружив эту карту, положите остальную часть колоды на стол аккуратной стопкой лицевой стороной вверх, чтобы никто не заметил происходящего, и держите выбранную карту обратной стороной к себе.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) к фокусу «Понюхайте карту»:

1. Возьмите колоду карт с несимметричным рисунком на обороте и расположите их все одинаковым образом.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Понюхайте карту»:

1. Перетасуйте колоду карт.
2. Разверните колоду веером.
3. Доброволец выбирает карту.
4. Он смотрит на свою карту, показывает ее зрителям, запоминает ее и прижимает к сердцу.
5. Вы переворачиваете колоду.

6. Доброволец вставляет карту обратно в середину колоды.
7. Перетасуйте колоду карт.
8. Держите колоду лицевой стороной карт к зрителям.
9. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР (DO THE FOLLOWING UNTIL), ПОКА не дойдете до карты, развернутой не той стороной:
 - а) Посмотрите на обратную сторону карты, чтобы убедиться, что она развернута правильно.
 - б) Понюхайте обратную сторону верхней карты.
 - с) ЕСЛИ (IF) верхняя карта не перевернута.
10. ТОГДА (THEN) переложите ее вниз.
11. Положите колоду на стол лицевой стороной вверх и аккуратно разложите ее, кроме верхней карты.
12. Предъявите верхнюю карту в качестве выбранной добровольцем.

Вычислительное мышление

Стеганография (steganography) является способом сохранения тайны сообщения, а в более общем случае – информации, путем ее сокрытия в каком-либо другом безобидном объекте. Смысл заключается в том, чтобы никто не догадался, что это секретное сообщение. В одной из самых ранних версий, пришедшей из Древней Греции, сообщение было вытатуировано на выбритой голове гонца. Прежде чем создать послание, нужно было дождаться, пока волосы отрастут. Шотландская королева Мария также использовала стеганографию. Она прославилась тем, что прятала сообщения в бочках с элем во время домашнего ареста.

Информация может быть скрыта в безобидных на первый взгляд сообщениях самыми разными способами. Различные узоры на изображении могут означать разные буквы, а едва заметное различие в написании букв может означать 1 и 0, и тогда сообщение будет храниться в двоичном виде (см. главу 28). Различные группы 1 и 0 могут означать разные буквы в секретном сообщении. Мастер шпионского дела эпохи Тюдоров, сэр Фрэнсис Бэкон, придумал оригинальную версию подобного вида стеганографии. В его версии для двух двоичных символов использовались заглавные и строчные буквы, а в письме, судя по всему, речь шла о чем-то совершенно другом.

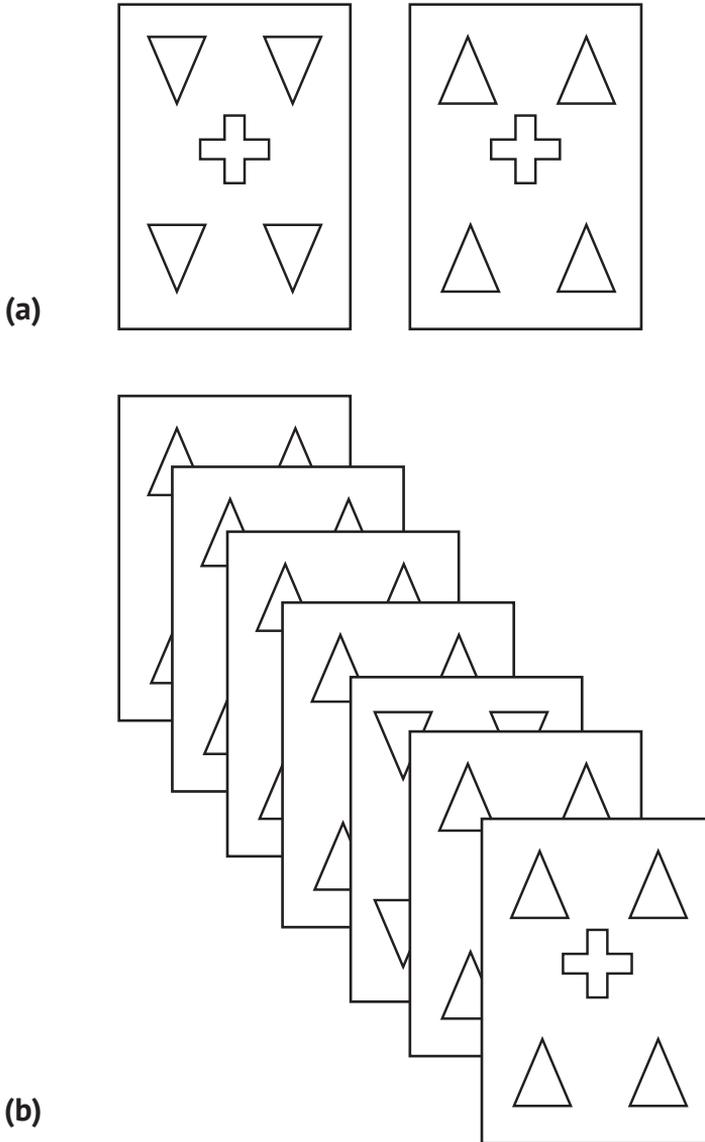


Рисунок 42.1. (a) Карты с несимметричным рисунком выглядят иначе при перевороте, (b) что позволяет быстро найти единственную перевернутую

В этом фокусе один бит двоичной информации (одна единица или ноль) был сохранен в изображении на обратной стороне каждой карты, в зависимости от ее расположения. Правильно расположенная карта (0) означает «я не являюсь выбранной». Неправильный вариант (1) означал «я – выбранная карта».

Подобным образом в колоде карт можно разместить еще больше информации. Например, возьмите колоду карт и поверните каждую карту в правильную сторону (что означает 0) или в неправильную (что означает 1), чтобы прописать двоичное послание через всю колоду. Каждая группа из пяти карт будет представлять букву алфавита от 00001, что означает А, до 11010, что означает Z. Отправьте эту пачку карт кому-то якобы в подарок, но на самом деле причиной будет ваше послание. Само собой, в одной колоде карт таким образом можно сохранить только 10-буквенное послание.

В век компьютерных технологий существует множество способов маскировки сообщений. Один из них – фотография. Цифровые изображения всегда хранятся в двоичном виде, поэтому в них можно спрятать двоичный код. Изображение разбивается на сетку крошечных квадратиков, которые называют пикселями (см. главу 29), и цвет каждого из них хранится в виде двоичного кода. Чем больше двоичных битов используется для каждого пикселя, тем больше цветов в нем можно задействовать.

Теперь представьте себе изображение пляжа с голубым небом и рассеянными облаками. На изображении неба, скорее всего, используются два оттенка синего: более насыщенный и менее насыщенный. Предположим, разность между двоичной версией двух цветов составляет один двоичный бит. Если этот бит равен нулю, то используется более светлый синий цвет. Если единице, то используется более темный синий. Сообщение можно спрятать с помощью настройки синего цвета определенных пикселей (возможно, каждого 10-го пикселя) в соответствии с двоичной версией сохраняемого сообщения. Если изображение имеет высокое разрешение и в каждом ряду расположены тысячи пикселей, такую операцию будет трудно обнаружить, если только вы не будете знать о ней, и в результате можно сохранить достаточно длинное сообщение. Безусловно, двоичный код может обозначать что угодно, поэтому скрытым может оказаться даже другое изображение меньшего размера, записанное в виде меняющихся единиц и нулей.

ПАУЗА: сэра Фрэнсис Бэкон

Философ эпохи Тюдоров, сэра Фрэнсис Бэкон (Sir Francis Bacon, 1561–1626), наиболее известен как основоположник метода научного познания. Он также был мастером шпионского дела эпохи Тюдоров. Он изобрел форму стеганографии, где впервые была использована двоичная система кодирования букв. Каждая буква в сообщении была представлена последовательностью из пяти «А» или «В». Затем их скрывали в послании, которое, по всей видимости, было посвящено чему-то совершенно другому, а вместо А и В использовались другие символы. Он использовал один шрифт для букв А и другой шрифт для букв В. Еще один простой вариант заключается в использовании заглавных букв для А и строчных для В. Это также иллюстрирует возможность использования любых символов для обозначения нулей и единиц в двоичной системе.

Глава 43

Классический ментализм: **коды и шифры**

Магия

На время выбора карты один из двух фокусников выходит из помещения. Когда он возвращается, то сразу же называет выбранную карту.

Вычисления

Криптография – технология использования кодов и шифров для передачи сообщений в нечитаемом виде, составляет основу компьютерной безопасности. Она используется на протяжении тысячелетий правительствами, военными и шпионами для сохранения своих секретов. В настоящее время благодаря криптографии банки пересылают цифровые деньги по всему миру, а мы защищаем документы, чаты и видеозвонки, а также предотвращаем вторжение посторонних в наши компьютеры.

Фокус

В этом фокусе принимают участие два фокусника. Один находится среди зрителей, а второй, «принимающий фокусник», покидает помещение. Открывается новая колода карт. Один из зрителей выбирает карту из этой колоды. Выбранная карта помещается обратно в колоду.

Колода возвращается в упаковку и кладется на стол. Принимающего фокусника приглашают вернуться. По возвращении он сразу же называет выбранную карту.

Как это работает

Секрет этого фокуса находится на столе. После выбора карты колода и ее упаковочная коробочка выкладываются на стол в положении, которое определяется выбранной картой. Два фокусника заранее договариваются о секретном коде для определения места размещения упаковки, например см. рис. 43.1:

- Если упаковка лежит лицевой стороной вверх и ее откидная крышка закрыта: трефы.
- Если упаковка лежит лицевой стороной вверх и ее откидная крышка открыта: пики.
- Если упаковка лежит лицевой стороной вниз и ее откидная крышка закрыта: бубны.
- Если упаковка лежит лицевой стороной вниз и ее откидная крышка открыта: черви.



Рисунок 43.1. Масть определяется по расположению коробочки и откидной крышки

С мастями разобрались. Теперь перейдем к номиналам. Исполнители фокуса заранее договариваются о разбивке карточного стола на ментальные зоны. По горизонтали у вас есть верхний, центральный и нижний ряды стола, а также крайняя правая, средняя правая, средняя левая и крайняя левая колонки. Итого 3×4 уникальные позиции. У вас есть 12 локаций для 12 из 13 значений карт. Туз – верхний крайний

левый. Двойка – верхняя-средняя-левая и т. д. (см. рис. 43.2). Фокусник кладет колоду карт в заранее оговоренное положение, упаковку лицевой стороной вверх или нет, с закрытой или открытой откидной крышкой в зависимости от ситуации (см. рис. 43.3). Здесь упаковка в верхнем ряду, крайняя справа (4) и лицевой стороной вверх, крышка открыта (ПИКИ), поэтому означенная карта – это четверка пик.

ВЕРХНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ЛЕВАЯ ТУЗ	ВЕРХНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ЛЕВАЯ 2	ВЕРХНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ПРАВАЯ 3	ВЕРХНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ПРАВАЯ 4
СРЕДНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ЛЕВАЯ 5	СРЕДНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ЛЕВАЯ 6	СРЕДНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ПРАВАЯ 7	СРЕДНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ПРАВАЯ 8
НИЖНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ЛЕВАЯ 9	НИЖНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ЛЕВАЯ 10	НИЖНИЙ РЯД СРЕДНЯЯ ПРАВАЯ ВАЛЕТ	ВЕРХНИЙ РЯД КРАЙНЯЯ ПРАВАЯ ДАМА

Рисунок 43.2. Разбиение стола на ментальные области

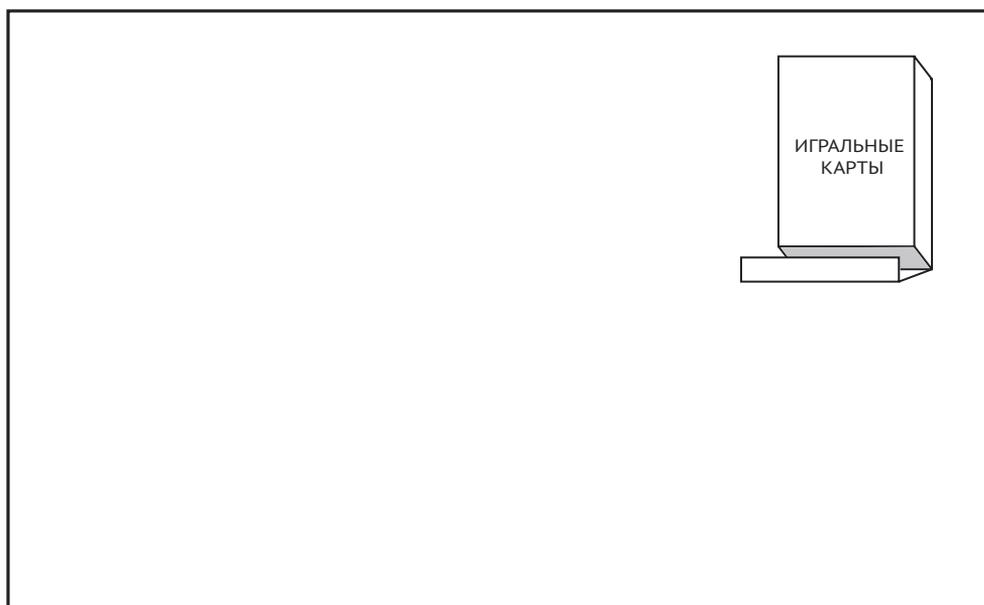


Рис. 43.3. Определение загаданной четверки пик

Как же быть с 13-м вариантом? В этом случае это король. Если карта не является королем (чаще всего), вы оставляете колоду карт на столе. Если это король, попросите добровольца вытянуть руку горизонтально и положите на нее упаковку с колодой. Попросите его сосредоточиться на выбранной карте, не отрывая взгляда от колоды.

Магический алгоритм

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Классический ментализм»:

1. Принимающий выходит из комнаты.
2. Вскрывается новая колода карт.
3. Доброволец выбирает карту и показывает ее зрителям и фокуснику.
4. Он возвращает карту обратно в колоду.
5. Вы возвращаете колоду в упаковку.
6. Сориентируйте упаковку по масти для кодирования масти в зависимости от направленности.
7. Расположите упаковку по месту с помощью кода номинала для кодирования номинала по месту расположения.
8. Пригласите принимающего обратно.
9. Принимающий определяет масть по таблице кодов мастей для декодирования.
10. Принимающий определяет номинал по таблице кодов номинала для декодирования.
11. Принимающий называет номинал и масть.

Для кодирования считывайте кодовые таблицы слева направо. Для декодирования считывайте кодовые таблицы справа налево.

Таблица кодов мастей:

ТРЕФЫ: лицевой стороной вверх крышкой вверх.
 ПИКИ: лицевой стороной вверх – крышка открыта.
 БУБНЫ: лицевой стороной вниз – крышка закрыта.
 ЧЕРВИ: лицевой стороной вниз – крышка открыта.

Таблица кодов номинала:

ТУЗ: верхний-крайний-левый.
 ДВОЙКА: верхний-средний-левый.
 ТРОЙКА: верхний-средний-правый.
 ЧЕТВЕРКА: верхний-крайний-правый.

ПЯТЕРКА: средний-дальний-левый.
ШЕСТЕРКА: средний-средний-левый.
СЕМЕРКА: средний-средний-правый.
ВОСЬМЕРКА: средний-крайний-правый.
ДЕВЯТКА: нижний-крайний-левый.
ДЕСЯТКА: нижний-средний-левый.
ВАЛЕТ: нижний-средний-правый.
ДАМА: нижний-крайний-правый.
КОРОЛЬ: рука.

Вычислительное мышление

В этом фокусе снова используется стеганография. Однако здесь также присутствует секретный код. В простой версии стеганографии сообщение просто скрывают (например, отрачивают на нем волосы или прячут письмо в водонепроницаемом пакете внутри бочки с элем). В более сложных вариантах, как в предыдущем и этом фокусах, информация преобразуется в другой вид, который также скрыт с помощью секретного кода.

Код (code) – это всего лишь алгоритм, который преобразует информацию из одной формы в другую. При **кодировании (encoding)** информация преобразуется, а при **декодировании (decoding)** возвращается в исходную форму (см. главу 25). Закодированная информация может быть представлена в любой форме, как в устной, так и в письменной, в виде жестов или неявной в виде каких-либо предметов. Декодированная форма информации также может быть любой. Например, семафор кодирует письменные или устные фразы в форме положения рук человека, держащего флажки. Секретный код подразумевает его тайное использование. Только некоторые люди знают секрет и владеют кодом.

В одном из предыдущих фокусов «Понюхайте карту» мы закодировали часть информации простым способом с помощью ориентации карты. В этом фокусе мы снова используем код, но более сложный, с большим количеством информации: это подробности о каждой из 52 карт. Отдельные коды используются для масти и для номинала карты. Подобные коды лежат в основе самых разных ментальных фокусов. Они кажутся магическими только потому, что одновременно секретны и скрыты. Например, в шоу, где фокусник берет у зрителя предмет, а его партнер с завязанными глазами должен его назвать, подсказку можно сформулировать разными выражениями: «это часы», «это зеркало» и так далее...

Компьютерные специалисты также используют разнообразные способы шифрования для более удобного хранения и передачи информации. Большинство подобных систем шифрования не являются секретными, поэтому не обеспечивают надежной защиты информации. Однако секретные коды использовались для защиты информации на протяжении всей истории человечества. Эту технологию называют **криптографией (cryptography)**. Даже при перехвате сообщения противник не сможет его прочитать без расшифровки. Однако он сможет определить что-то полезное для себя уже по факту закодированного формата и по адресам отправителя и получателя. Фокусники используют шифры именно таким образом, обычно в сочетании со стеганографией, для сокрытия факта передачи информации. Во многих фокусах, описанных в этой книге, информация так или иначе зашифрована и замаскирована.

Слово «код» в общепринятом значении означает любой вид секретного сообщения. В криптографии оно означает особый вид алгоритма шифрования, когда слову или фразе в сообщении соответствует кодовое слово, символ или фраза. Упоминание в разговоре кодового слова «феникс» может означать «атака на рассвете», в то время как «стервятник» будет означать «атака отменена». Именно так и работает наш фокус. Слову «трефы» присваивается кодовое значение «лицевой стороной вверх – крышкой вверх – открыта», которое затем переводится в соответствующее физическое положение: упаковка кладется лицевой стороной вверх с открытой крышкой. Чего мы не делаем, так это не присваиваем отдельным буквам Т-Р-Е-Ф-Ы собственное кодовое слово и не пытаемся произнести их по буквам. Во время Второй мировой войны в качестве кодов использовались языки коренных американцев, поскольку мало кто владел ими. Слова из языка навахо использовались в качестве кодовых слов для обозначения их эквивалента в английском языке.

Шифр, напротив, оперирует отдельными буквами (или слогами). В простом шифре каждая буква преобразуется в новый символ или символы для шифрования сообщения. В современной криптографии обычно используются шифры, а не коды, поскольку они обладают большей универсальностью. Простой пример – шифр Цезаря, используемый со времен Римской империи. Каждая буква алфавита заменяется буквой, расположенной на три места ранее в алфавите. Сегодня сложные шифры используются в самых разных сферах: от защиты документов с помощью пароля до обеспечения безопасности при обмене мгновенными сообщениями и надежной передачи денег между банками и предприятиями через интернет.

Интермедия: Реджинальд Скот

Первой английской книгой с подробным описанием колдовских приемов стала работа «Разоблачение колдовства» (The Discoverie of Witchcraft), написанная членом парламента Реджинальдом Скотом (Reginald Scot, ок. 1538–1599) и опубликованная в 1584 году. Главной целью его книги являлось аргументированное доказательство того, что ведьм не существует. Это происходило в разгар периода охоты на ведьм, в ходе которой по всей стране преследовались тысячи невинных женщин. В разделе, посвященном колдовству, он пытался развенчать шарлатанов. В нем рассказывалось о способе тайного общения с помощью кода с единомышленником через закрытую дверь. Сообщник должен был сообщить, разложены ли монеты в кучу или в виде креста, используя простой код: разница между его словами «что это?» и «что тут?». В книге также приводился фокус с фиктивным отрубанием собственной головы. Считается, что Шекспир вдохновлялся этой книгой при создании образа ведьм в «Макбете».

Глава 44

Вызов ясновидящего: **ЛЕГИТИМНЫЕ КАНАЛЫ**

Магия

Ваш друг выбирает карту из обычной колоды карт. Вы звоните таинственному «ясновидящему». Он сможет назвать выбранную карту.

Вычисления

Для защиты компьютерной системы существуют отдельные участки с разным уровнем безопасности. Ничто из области с высоким уровнем безопасности не должно просочиться в область с более низким уровнем безопасности. Соккрытие информации (стеганография) в легитимном канале (допустимом способе связи) может привести к односторонней утечке информации. Хакеры часто прибегают к использованию легитимных каналов в компьютерных системах. Фокусники также строят свои хитрости с их использованием.

Фокус

Этот фокус можно провести с аудиторией или просто с другом. Вы объявляете, что знаете удивительного человека под именем «ясновидящий», который может делать удивительные вещи, и при необхо-

димости вы можете попросить его продемонстрировать свои способности. Закройте все двери и шторы в аудитории, чтобы посторонние не могли заглянуть внутрь. Затем попросите друга (или добровольца) выбрать любую карту из перевернутой колоды, чтобы все, включая вас, могли увидеть выбранную карту. Затем позвоните ясновидящему. Когда вам ответят, просто скажите: «Мне звонит ясновидящий». Выслушав его, вы говорите: «Спасибо». После паузы, во время которой вы ничего не говорите, вы наконец произносите: «Позвольте мне передать вам трубку». Вы передаете телефон другу/добровольцу (и/или включаете громкую связь, чтобы присутствующие все слышали) и просите его сказать «Привет» ясновидящему, а затем выслушать. Он разговаривает с ясновидящим. Несмотря на то что ясновидящего нет в помещении, он не имеет никакой возможности узнать о произошедшем, а вы ничего не сказали ему о выбранной карте, он совершенно неожиданно называет вашему другу выбранную карту... и оказывается прав.

Как это работает

Во время первого звонка ваш сообщник, ясновидящий, просто называет масти карт, говоря: «трефы... пики... бубны... черви». Вы говорите: «спасибо», когда они доходят до масти выбранной карты (которую видели вы, но не он). Ваш подставной помощник-ясновидящий теперь знает масть и начинает перечислять номиналы, от туза до короля. Вы вновь храните молчание до того момента, пока он не дойдет до выбранной карты, и тогда вы произносите: «позвольте мне передать вам трубку». На рис. 44.1 показан пример передачи сообщения о пятерке пик.

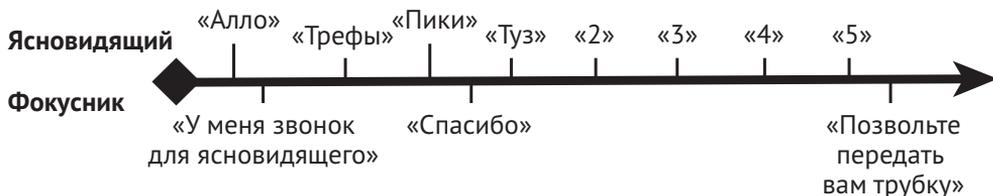


Рисунок 44.1. Передача данных о пятерке пик ясновидящему

Теперь ваш сообщник знает и масть, и номинал. Теперь он знает выбранную карту и может удивить выбравшего ее человека, немедленно назвав ее масть и номинал.

Магический алгоритм

Этот фокус основан на двух алгоритмах, которые работают вместе и позволяют передавать информацию.

Первый алгоритм для получающего информацию ясновидящего:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Вызов ясновидящего» ясновидящий должен:

1. Ответить на телефонный звонок.
2. ЕСЛИ (IF) звонящий говорит: «У меня звонок для ясновидящего», ТОГДА (THEN)
 - a) Медленно перечислить масти: «Трефы, пики, бубны, черви», прекратив перечисление, когда собеседник скажет «Спасибо», и записав последнюю названную масть.
 - b) Медленно перечислить номинал карт: «Туз, двойка... дама, король», прекратив перечисление, когда собеседник скажет: «Позвольте мне передать вам трубку», записав последний названный номинал.
 - c) Услышав от второго человека «Здравствуйте», сказать: «Ваша карта...» – и назвать масть и номинал.

Второй алгоритм для фокусника:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Вызов ясновидящего»:

1. Поведать другу о ясновидящем.
2. Закрыть двери и задернуть шторы, чтобы обеспечить безопасность помещения.
3. Предложить другу выбрать карту и показать ее вам.
4. Позвонить ясновидящему (человеку, который согласился следовать первому алгоритму).
5. Сказать: «У меня звонок для ясновидящего».
6. Слушать перечисление мастей до произнесения масти выбранной карты и тут же сказать «Спасибо».
7. Слушать перечисление номиналов до произнесения номинала выбранной карты и тут же сказать: «Позвольте мне передать вам трубку».
8. Передать телефон другу, попросить его сказать «Алло», а затем слушать, что скажет ясновидящий.

9. Друг говорит «Алло» и слушает, как ясновидящий называет его карту.

Вычислительное мышление

Для выполнения этого фокуса необходимо общее понимание принципа выполнения двух алгоритмов. Подобная пара алгоритмов для передачи информации называется **коммуникационным протоколом (communication protocol)**. И хотя вы, казалось бы, ничего не сообщаете о карте (и фактически говорите одно и то же каждый раз при выполнении фокуса), вы все же передаете информацию своему партнеру. Но не тем, *что* произносите, а *когда* это произносите. Информация передается посредством вашего молчания!

В защищенных компьютерах используются **защищенные операционные системы (secure operating systems)**: программы управления компьютером, которые не допускают утечки информации. Например, такой компьютер может иметь разделение на зоны повышенной секретности «Top Secret» и минимальной секретности «Unclassified». Сверхсекретная информация хранится в зонах повышенной секретности, доступ к которым имеют только избранные. В то же время все остальные имеют доступ к «несекретным» областям, где хранятся исключительно материалы неконфиденциального характера.

Поэтому в нашем фокусе воспринимайте помещение, в котором находитесь вы, фокусник и ваш друг, как сверхсекретную зону. Именно там находится выбранная карта. Вы оба находитесь в этом помещении, поэтому знаете секретную информацию о выбранной карте. Ясновидящий, напротив, находится в совершенно другом месте. Он находится в незасекреченной зоне.

Важная часть обстановки фокуса заключается в том, что ясновидящий не должен видеть информацию (карту), которая находится в сверхсекретной зоне. Это очевидно, поскольку его нет в этом помещении, он лишь разговаривает по телефону, а вы успели закрыть все двери и шторы. Ваш помощник не может заглянуть внутрь! Назовем это ФАКТ 1.

Легитимные каналы

Единственным способом передачи информации из сверхсекретной зоны в несекретную является телефон. Этот способ специалисты по компьютерам назвали бы **легитимным каналом связи (Legitimate Communication Channel)**: он встроен в систему. Однако он отслежи-

вается; доброволец и зрители слышат все, что вы говорите, поэтому они, судя по всему, тоже слышат всю информацию из этой зоны. Подумайте об этом как о ФАКТЕ 2. Вы, очевидно, не можете передавать информацию (однако вы можете!).

Чтобы фокус казался волшебным, зрителям нужно придерживаться обоих фактов. Фокус работает, потому что у вас есть секретный, не поддающийся раскрытию способ незаметно передать данные о карте: секретная пара алгоритмов позволяет передать сверхсекретную информацию из сверхсекретной зоны и сохранить ее в несекретной зоне! При этом используется легитимный канал телефонного звонка, но в тайном виде (так используется стеганография, см. главу 42).

Защищенные компьютерные системы разделены на области с разными уровнями безопасности, как наша сверхсекретная и несекретная области, и в защищенные системы заложены два важных правила, которые совпадают с двумя фактами в основе нашего фокуса:

1. Пользователи, которые находятся в зонах с более низким уровнем безопасности (например, в несекретной зоне), не должны иметь возможности читать информацию в зонах с более высоким уровнем безопасности (в сверхсекретной зоне).
2. Пользователь с доступом к сверхсекретной зоне не должен иметь возможности передать информацию (случайно или по злому умыслу) в несекретную зону. Система безопасности должна препятствовать этому. Однако некоторым людям может быть присвоен статус доверенных лиц: они могут передавать информацию, но им доверяют не делать этого с информацией, которая не должна быть передана.

В этом случае фокусник выступает в роли **доверенного лица (Trusted Person)**. На самом деле он может передать информацию, но все его слова контролируются, поэтому создается впечатление, что зрители узнают, если он это сделает. Дефект безопасности в данном случае заключается в отсутствии контроля за содержанием сказанного другим человеком.

Типичные сценарии шпионажа и разоблачения, когда доверенное лицо внутри организации передает информацию, работают именно таким образом. Например, Эдвард Сноуден (Edward Snowden) в 2013 году получил, скопировал и передал журналистам сотни тысяч секретных документов США. Эти документы раскрыли общественности масштабы шпионажа со стороны США в нарушение американской конституции.

Сноуден унес эту информацию с собой, что можно сравнить с фокусником, который покидает помещение после того, как увидел карту (не очень волшебю). В этом фокусе мы используем стеганографию для сокрытия информации, просочившейся на виду у всех через легитимный канал. Сообщение о выбранной карте передается в обычном разговоре. Для передачи информации важен не смысл сказанного, а выбор времени для этого.

В действительности в более сложном варианте фокуса иллюзионист и ясновидящий могли бы передавать информацию без произнесения ясновидящим каких-либо слов, а просто засекая время между словами фокусника. Это сработает при условии, что пара заранее договорилась о временных паузах для каждой масти и значения номинала. Так, пауза в 5 секунд от слов «У меня звонок для ясновидящего» до слова «Спасибо» могла бы означать трефы. Пауза в 10 секунд означает пики и т. д. Тогда весь разговор может осуществляться по громкой связи, но информация все равно будет передана.

Временные параметры могут также использоваться программой для скрытной передачи данных из защищенной сети. Например, информация может быть передана в зависимости от времени отправки сообщения, а не от его содержимого. Кроме того, информация может передаваться в зависимости от наличия или отсутствия определенного зашифрованного файла. Эти файлы невозможно прочитать, но они все равно могут передавать информацию, поскольку программа внутри сети может создавать и удалять файлы с целью обмена данными. Сделать систему по-настоящему безопасной на самом деле довольно сложно!

Интермедия: Сидни и Лесли Пиддингтон

В 1950-х годах австралийская пара Сидни и Лесли Пиддингтон (Sydney and Lesley Piddington) покорила мир развлечений. Они озадачивали публику, приводили в недоумение и развлекали. Создавалось впечатление, что они способны общаться между собой телепатически на огромных расстояниях. Все началось во время Второй мировой войны, когда Сидни (1918–1991) оказался в плену. Для поддержания боевого духа он придумал представление, в котором «читал мысли» других солдат. Позже, когда он женился на Лесли (1925–2016), вместе они усовершенствовали этот номер, который в одночасье стал сенсацией и собрал 20-миллионную аудиторию на радио BBC.

Они передавали друг другу случайно выбранные слушателями слова и предметы, при этом Лесли могла находиться в кружившем над землей самолете, а Сидни в бассейне в водолазном колоколе. До сих пор их секрет остается неизвестен, хотя многие пытались в нем разобраться. Вполне возможно, они использовали скрытый передатчик. Все-таки в то время это была довольно новая технология. Или, возможно, они использовали свою собственную версию древнего фокуса с ментализмом: код для передачи информации, спрятанный на виду у всех.

Сидни сильно заикался, и некоторые предполагали, что информацию передавали не столько его слова, сколько паузы, которые он делал между ними. Использование временных интервалов и тишины для кодирования информации может показаться довольно странным, но этот прием можно с успехом применять как в фокусах, так и в области шпионажа, и его уже предлагали использовать, например, для маскировки сообщений в видеозвонках.

Глава 45

Повторный вызов ясновидящего: **скрытые каналы и система наблюдения**

Магия

Вновь вызывается «ясновидящий». На этот раз он способен точно определить предмет из стола, заполненного различными предметами. Один из предметов был выбран одним из зрителей, хотя звонок проводился по громкой связи и все прекрасно слышали все произнесенные слова.

Вычисления

Еще один способ, с помощью которого хакеры наносят вред, – это создание скрытых каналов: способов связи, которых не должно быть. Иллюзионисты также используют скрытые каналы для создания фокусов.

Как выполнить фокус

Расскажите (как и в предыдущем фокусе), что вы знаете человека с удивительными способностями, которого зовут «ясновидящий»,

и вы собираетесь попросить его провести демонстрацию. Разложите на столе различные повседневные предметы, возможно, позаимствованные у разных зрителей, а также несколько предоставленных вами магических предметов: ручку, часы, монету, шелковый платок, волшебную палочку, шляпу, колоду карт и т. д. Закройте шторы и двери, чтобы никто не мог заглянуть внутрь.

Пусть один из зрителей рассмотрит предметы, выберет один, возьмет его в руки и покажет аудитории, а затем попросит всех зрителей сосредоточенно думать только об этом предмете.

Затем вы звоните ясновидящему по громкой связи. И когда он ответит, вы просто произнесите: «У меня звонок для ясновидящего». Он отвечает таинственным голосом (возможно, прикрывая телефон платком): «Это я». Затем вы спрашиваете: «Со мной группа людей, которые думают об одном предмете. Можете ли вы назвать этот предмет?» После нескольких секунд молчания ясновидящий правильно называет этот предмет.

Как это работает

Вы устанавливаете небольшую, но при этом достаточно хорошо спрятанную веб-камеру в помещении, чтобы она обеспечивала четкий обзор предметов на столе или места, где будет стоять доброволец с выбранным предметом (возможно, сквозь занавес со стороны сцены). Веб-камера ведет прямую трансляцию изображения для человека на другом конце линии. Для этого достаточно установить видеозвонок с компьютера, на котором установлена веб-камера. Ясновидящий смотрит представление по видеосвязи (с выключенным звуком!) и поэтому видит выбранный предмет.

Во времена, когда видеозвонки через интернет были в новинку, известные фокусники широко использовали подобные технологические приемы. Поскольку сейчас такие средства видеонаблюдения распространены повсеместно, превращение этого фокуса в магическое шоу в наши дни полностью зависит от ваших навыков проведения представлений, отвлекающих зрителей от размышлений о реальной возможности этого!

Магический алгоритм

В этом фокусе вновь задействованы два совместно работающих алгоритма для передачи информации.

Первый, для получающего информацию ясновидящего:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Повторный вызов ясновидящего» ясновидящий должен:

1. Наблюдать за ходом трансляции видео, пока доброволец не выберет предмет.
2. Ответить на звонок.
3. Произнести загадочным голосом: «Это я».
4. Выдержать паузу.
5. Назвать выбранный предмет.

Второй алгоритм, которому следует фокусник:

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Повторный вызов ясновидящего» фокусник должен:

1. Рассказать зрителям о «ясновидящем».
2. Закрыть двери и задернуть шторы, чтобы обеспечить безопасность помещения.
3. Разложить на столе множество обычных и магических предметов.
4. Попросить добровольца выбрать предмет и показать его зрителям.
5. Попросить всех зрителей сосредоточиться на этом предмете, думая только о нем.
6. Позвонить «ясновидящему» (тому, кто согласился следовать первому алгоритму) с включенной громкой связью.
7. Произнести: «У меня звонок для ясновидящего».
8. Произнести: «Со мной группа людей, которые думают об одном предмете. Можете ли вы назвать этот предмет?»
9. Выслушать ответ и поблагодарить, подтвердив правильность ответа.

Вычислительное мышление

Скрытые каналы

Этот фокус напоминает предыдущий, хотя и выполнен другим высокотехнологичным способом: с помощью скрытой веб-камеры, которая установлена в помещении и позволяет ясновидящему наблю-

дать за происходящим. Чтобы фокус сработал, присутствие скрытой камеры должно быть неведомо зрителям (в отличие от телефонной связи, о существовании которой все знают). Телефонная связь с ясно-видящим – это вполне легитимный канал. В этом фокусе, напротив, мы используем **скрытый канал**: способ связи, который не должен существовать и о котором не знает никто, кроме тех, кто им пользуется.

Хакеры тоже создают скрытые каналы для получения информации. Например, если вы посетите сомнительный сайт и позволите ему запустить код на вашем телефоне или компьютере, то он может вставить неизвестную вам программу (**троянского коня**). Она записывает и отправляет хакеру подробную информацию, например обо всех ваших нажатиях клавиш, или дает ему возможность включить микрофон или камеру вашего телефона, для того чтобы он мог видеть или слышать ваши действия. Это был бы скрытый канал утечки информации с вашего компьютера или телефона на компьютер хакера, как это происходит с веб-камерой в этой альтернативной версии фокуса.

Сообщество слежки

Фокус строится на использовании камер видеонаблюдения. Сегодня оно стало повсеместным во многих развитых странах. Если вы прогуливаетесь по центру такого города, как Лондон, то вы увидите, что повсюду на зданиях установлены камеры. За вами фактически постоянно наблюдают. Когда вы едете по автомагистрали, ваш номерной знак постоянно регистрируется. Когда вы перемещаетесь куда-либо, ваш телефон сохраняет информацию о вашем местоположении, поскольку вы подключаетесь к различным мобильным базовым станциям. Это пример того, как технология используется в благих целях, но может быть запросто использована не по назначению, как отдельными людьми, например маньяками, так и компаниями или государственными структурами. Совсем недавно компании, продающие государствам инструменты для взлома, представили им возможности для получения контроля над телефоном абонента, включая микрофон и камеру, чтобы они могли видеть и слышать абсолютно все. Предполагается, что эта технология используется только для поддержания правопорядка в рамках закона, однако ее уже неоднократно применяли для слежки за политическими противниками государств с репрессивной политикой, честными журналистами, адвокатами и т. д., причем совершенно неэтичными способами.

Частная жизнь больше не может восприниматься как нечто само собой разумеющееся.

ПАУЗА: Хеди Ламарр

Голливудская актриса Хеди Ламарр (Hedy Lamarr, 1914–2000) была суперзвездой киноиндустрии и сыграла такие роли, как Елена Троянская, Жанна д'Арк и Делайла. Она была не только красавицей, но еще и настоящим изобретателем. Работая вместе с композитором Джорджем Антейлом в начале Второй мировой войны, она изобрела способ наведения радиоуправляемых торпед на цель. В то время эту идею проигнорировали, но сейчас она стала одной из ключевых функций беспроводной связи. Сейчас мы называем это «скачкообразной перестройкой частоты»: идея заключается в том, что вместо отправки управляющих сигналов на одной частоте эта частота постоянно меняется. Лишь передатчик и приемник имеют представление о следующей частоте перехода (в конструкции Хеди Ламарр она была записана на перфоленге для механического фортепиано). Это затрудняло как перехват радиосигналов, так и их глушение: именно то, что было необходимо для торпед, когда они были приняты на вооружение.

Глава 46

Считывание личности с горячим шоколадом: большие данные и конфиденциальность

Магия

Вы наливаете в кружку горячий шоколад. Человек, чью личность вы будете считывать, перемешивает его пять раз, а затем выпивает. Вы вглядываетесь в оставшийся после шоколада осадок и по нему читаете личность добровольца.

Вычисления

Технологические компании собирают данные о каждом пользователе их сервисов для последующего использования этой информации в целях продажи рекламы и предоставления целевых услуг. Они составляют очень подробное описание каждого человека, его личности и образа жизни. Их цель – узнать вас лучше, чем вы знаете себя сами.

Фокус

Вы объясняете, что некоторые гадалки могут прочесть человека, заглянув в хрустальный шар, другие смотрят на остатки чая. Однако

вы, посвятивший столько времени изучению шоколада, можете определить личность человека по его остаткам в чашке. Вы наливаете в маленькую чашку горячий шоколад. Испытуемый перемешивает его пять раз, а затем выпивает. Почему пять раз? Пятерка – это особое магическое число, обозначение пятиугольников и пентаграмм. Когда он допьет, вы посмотрите в пустую кружку на оставшийся на дне недопитый шоколадный осадок.

Через несколько минут вы расскажете ему что-нибудь о его характере:

Временами вы слишком критичны к себе, но при этом сильно стремитесь к тому, чтобы другие вас ценили. Иногда вы очень уверены в себе, но бывают моменты, когда вы чувствуете себя менее уверенно. Вы часто беспокоитесь о правильности принятых решений, поэтому некоторые вещи, которые вы пытаетесь сделать, не дают результата. Вы любите разнообразие и не любите терпеть, когда вам мешают что-то делать из-за установленных другими правил. Иногда вы общительны, но порой бываете гораздо более замкнутым. Иногда вы приходите к выводу, что не стоит слишком много раскрываться перед другими. В целом вы независимый интеллеktуал, который не верит всему услышанному без каких-либо доказательств. В большинстве случаев вы можете преодолеть недостатки своей личности.

Попросите его оценить точность вашего описания и то, узнает ли он себя.

Как это работает

Вы просто произносите одно и то же, независимо от личности человека и состояния остатков шоколада на дне кружки, но при этом время от времени тычете пальцем в остатки шоколада, будто он раскрывает новые факты.

Эффект, используемый в этом фокусе, называется эффектом Барнума–Форера в честь шоумена Финеаса Т. Барнума и психолога Бертрама Р. Форера. Его нередко практикуют астрологи и гадалки.

Предсказание личности изобилует теми же утверждениями, что и в гороскопах, которые принято называть утверждениями Барнума. Эти утверждения представляют собой вариации высказываний из классического эксперимента психолога Бертрама Р. Форера, который и продемонстрировал данный эффект. В 1948 году он провел среди

своих студентов «психологический тест», а затем дал каждому студенту, по его утверждению, индивидуальный анализ его личности по результатам этого теста. Он попросил их оценить эти результаты, и они оценили их в среднем более чем на 4 балла по шкале от 0 до 5. Это означало, что каждый из них посчитал их очень точным описанием своей личности. На самом деле он предоставил каждому из них идентичный результат по одним и тем же утверждениям, которые он взял из книги по астрологии.

Утверждения Барнума – это очень обобщенные высказывания, которые звучат специфично, но с которыми согласятся многие люди. Человек может вкладывать в них свой собственный смысл, сопоставляя их с тем, во что он сам верит. Некоторые из утверждений включают фразы вроде «временами» или «иногда», что позволяет определенно применить их в отношении любого человека. И хотя в целом это должны быть преимущественно положительные характеристики (поскольку люди с большей вероятностью согласятся с положительными высказываниями о себе), в них также смешиваются положительные и отрицательные утверждения об одном и том же: например, «иногда вы уверены в себе, а иногда нет», что просто не может не быть правдой, хотя и сказано в более пространной манере. Не менее важно, чтобы человек верил, что эта характеристика относится именно к нему, и доверял авторитету специалиста, выполняющего этот тест.

Волшебный алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) «считывания личности»:

1. Выучите наизусть несколько высказываний Барнума, подобных приведенным в этой главе.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) «чтения личности»:

1. Предложите собеседнику прочитать его личность по остаткам шоколада в кружке с горячим шоколадом.
2. Приготовьте для него кружку горячего шоколада.
3. Пусть он пять раз перемешает напиток.
4. Он выпивает горячий шоколад.
5. Вы всматриваетесь в шоколадный осадок.
6. Вы «описываете его личность», глядя в кружку и периодически

тыча в осадок чайной ложкой, и произносите ряд высказываний Барнума.

7. Попросите его оценить вашу правоту по шкале от 1 до 5, где 5 означает полную достоверность.

Вычислительное мышление

Гадалки давно используют этот вид мошеннических предсказаний для выманивания денег у доверчивых людей. Репрессивные политические режимы также издавна составляют информационные досье на своих граждан, чтобы иметь представление о возможных противниках. Хакеры и мошенники тоже используют **социальную инженерию** для получения личной информации, притворяясь людьми, которыми они не являются, и выпрашивая пароли и данные кредитных карт. Фокусники же используют версию, в которой они просто интересуются информацией для ментализма и спиритизма. Один из вариантов предполагает сбор информации о зрителях до начала шоу с целью придать предсказаниям большую реалистичность.

Сегодня технологии позволяют выполнять такие действия в массовом масштабе. Мы беспечно предоставляем технологическим компаниям множество сведений о себе в обмен на их услуги, и это позволяет им узнавать о нас много нового и предугадывать наше поведение. По тому, как мы следим за другими людьми в социальных сетях, а также по нашим «лайкам» можно довольно точно определить, например, нашу этническую принадлежность и пол, а также вероятность нашего выбора при голосовании. Компании также собирают историю ваших посещений, информацию о предпочтениях в музыке и фильмах, о покупках или намерениях купить. Технологические компании продают эти данные маркетинговым компаниям, которые затем составляют очень подробные описания каждого из нас, исходя из всего массива собранной и обобщенной информации. Это уже не утверждения Барнума, а точные предположения об очень интимных аспектах вашей личности: интересах, привычках и образе жизни.

Вся информация, которая когда-то была конфиденциальной, может быть использована как во благо, так и во вред. Ее можно задействовать для повышения уровня жизненного комфорта, но также и для манипуляции нами. Рекламодатели используют эту информацию с целью продать потенциально ненужные вещи, политические партии распространяют с ее помощью сообщения о своей поддержке значимых для вас вещей с целью изменения результатов вашего голосования.

Различные компании используют ее для продвижения рекламных кампаний с целью улучшить свой имидж или для изменения вашего мнения по важным для себя вопросам. Правительства используют ее для продвижения своих посланий и изменения мнения жителей других стран в свою пользу, а также для подрыва демократии. Некоторые правительства используют ее для идентификации потенциальных оппозиционеров.

Для этого используется технология обработки больших данных (big data). Собираются схожие данные о большом количестве людей, и по ним выявляются общие закономерности. Чем больше данных собрано, тем более детальные закономерности можно выявить. Для определения закономерностей и их последующего практического применения используются алгоритмы машинного обучения (Machine Learning). Это алгоритмы системы искусственного интеллекта, отчасти созданные по аналогии с принципами работы нашего мозга, но на самом деле они просто выискивают закономерности в огромном массиве данных. Затем они находят совпадения с этими закономерностями в новых данных, например о новом человеке, и на основе найденных взаимосвязей формируют выводы об этом человеке.

Так, было установлено, что люди, которые смотрят определенные новостные каналы и следят за определенными людьми в социальных сетях, объединяются в группы со сторонниками мнения о вреде абортов, а также с избирателями, которые голосуют определенным образом. Если оказывается, что новый человек смотрит этот канал и следит за теми же людьми, то можно предположить, что он также убежден во вреде абортов и голосует аналогичным образом. Если отправить этим людям сообщения о том, что кандидат на выборах выступает за аборты (независимо от факта), то это может способствовать изменению результатов голосования. В то же время другой группе людей, которые, судя по просмотренным передачам, интересуются экологией, рассылаются сообщения о том, что продвигаемого политика волнуют вопросы экологии (независимо от того, правда это или нет).

Эффективность прогнозов возрастает в сочетании с фактическими данными о чем-либо, что компания намерена предугадать. Многие люди предоставляют эти данные в свободном доступе: например, в своем профиле в социальной сети они могут сообщить факты о себе и изложить свои убеждения относительно окружающей среды. Эти достоверные данные могут быть использованы в качестве источника для прогнозирования частной информации о других людях. Одна из уловок заключается в использовании фиктивных «опросов», в ходе

которых у людей запрашивается специфическая информация. Эта достоверная информация позволяет привязать шаблоны к определенным убеждениям и чертам характера. Затем она может быть использована для прогноза схожести данных о других людях, попавших в одну группу с этими людьми, по другим выявленным параметрам этой группы. Таким образом, система выдает схожую информацию о множестве людей, которые отказываются заполнять опросники и предпочитают сохранять свою частную жизнь. Эта свобода частной жизни фактически отнимается у них по выбору других людей.

Подобные манипуляции с сообщениями могут быть полезны в тех случаях, когда они, например, помогают узнать истинные убеждения продвигаемых политиков. С другой стороны, если это используется для распространения лжи и полуправды, такое манипулирование подрывает демократию.

Компьютерные технологии важны не только в контексте развития техники, но и в контексте ее роли в обществе. Новые технологии не только меняют наши привычки, но также могут полностью изменить привычный образ жизни, как в лучшую, так и в худшую сторону. Понимание влияния изменений на общество имеет большое значение, и в основе этого также лежит понимание и стремление использовать технологии на благо, а не только для личной выгоды.

Интермедия: Финеас Т. Барнум

Высказывания, используемые в фокусе «Считывание личности с горячим шоколадом», известны как «высказывания Барнума», поскольку именно их использовал шоумен Финеас Т. Барнум (Phineas T. Barnum, 1810–1891). Он охотно прибегал к эффектам и фокусам для развлечения публики. При этом он всячески стремился разоблачать мошенников, которые использовали те же приемы для настоящего обмана людей. В их число входили мошенники, которые пытались убедить других в своих «экстрасенсорных» способностях или в том, что они могут «говорить с мертвыми», и использовали эти приемы для вытягивания денег из близких родственников недавно умерших. Он дал показания в суде по делу одного мошенника, который использовал фотографии с призрачными изображениями умерших членов семьи на заднем плане. Барнум заплатил фотографу за создание своей фотографии с призрачным Авраамом Линкольном на заднем плане для демонстрации возможности легкой подделки спиритических фотографий. Это произошло задолго до появления таких компьютерных программ, как Photoshop, благодаря которым любой желающий может создавать подобные фальсификации изображений.

Глава 47

Маятник Шевреля: **профессиональная этика**

Магия

Доброволец держит маятник над кругом с надписями: «ДА» и «НЕТ». С помощью маятника он «разговаривает с миром духов» и задает вопросы о своем будущем.

Вычисления

Профессиональная этика имеет очень большое значение для всех специалистов в области вычислительной техники. Человек с навыками вычислительного мышления и компьютерными знаниями может использовать их во благо или во вред: например, как черный хакер, взламывающий системы ради кражи данных, или как белый хакер, помогающий защищать конфиденциальность людей. Большие данные могут использоваться для шпионажа за людьми или для улучшения их жизни. Этичное поведение крайне важно.

Фокус

В процессе проведения магического шоу найдите добровольца, который допускает мысль о существовании мира духов. Скажите ему, что он примет участие в спиритическом сеансе и будет общаться со сверхъестественным духом викторианской эпохи по имени Алиса,

с которым вы установили контакт. Вы знаете, что Алиса предпочитает общаться подобным образом и любит говорить об отношениях, будь то прошлое, настоящее или будущее.

Дайте добровольцу простой маятник, который сделан из большого тяжелого старинного ключа и подвешен на конце шнура длиной 40 сантиметров. Объясните, что ключ такой старый, так долго был связан с людьми и их судьбами, что превратился в связующее звено с миром духов. Попросите добровольца подержать его над большим кругом, разделенным на четверти, где в двух противоположных четвертях написано «ДА», а в двух других – «НЕТ» (см. рис. 47.1).

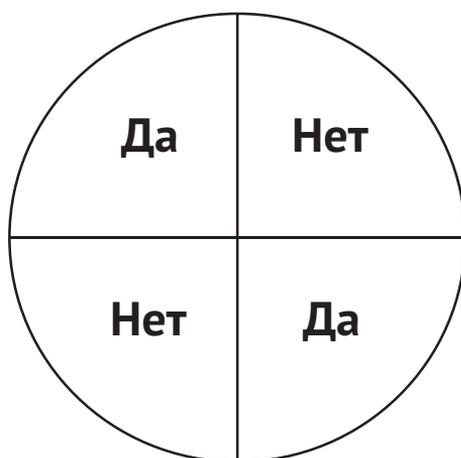


Рисунок 47.1. Сигнальный диск для маятника Шевреля

Возможно, вы захотите украсить его рунами или изображениями на тему потусторонней жизни. Доброволец при этом должен стоять, держа руку вытянутой прямо и без опоры. Он должен удерживать ее таким образом, чтобы она находилась прямо над серединой круга. Попросите добровольца постоянно концентрировать внимание на маятнике, но при этом не пытаться его сознательно перемещать. Пусть это сделает Алиса через него.

Затем вы задаете ряд вопросов, начиная со слов:

Алиса, ты здесь? ... Мы хотим пообщаться, готова ли ты ответить на наш вопрос?

После этого задайте первый вопрос. Если после некоторого ожидания маятник начнет качаться в сторону «да» или «нет», объявите полученный ответ. Затем попросите держащего маятник человека

(или его друзей) придумать для Алисы другие вопросы, на которые они хотели бы получить ответ о прошлых, настоящих или будущих отношениях. Если они не против вмешательства духов, сообщите им, тогда маятник будет совершать колебания и даст ответы на вопросы.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (ТО PREPARE) фокуса «Маятник Шевреля»:

1. Сделайте маятник, привязав старый ключ к концу шнура длиной 40 сантиметров.
2. Нарисуйте мишень в форме круга, разделенного на четверти, где на одной паре противоположных четвертей написано «ДА», а на другой «НЕТ».

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (ТО DO) фокуса «Маятник Шевреля»:

1. Доброволец держит маятник на вытянутой руке точно над центром мишени.
2. Попросите его сосредоточиться на маятнике, но не двигать его самостоятельно.
3. Попросите добровольца задать вопрос Алисе с допустимой формой ответа «ДА/НЕТ» о прошлом, настоящем или будущем.
4. ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА (DO THE FOLLOWING UNTIL) у зрителей не закончатся вопросы:
 - a) Произнесите: «Алиса, ты здесь? ... Мы хотим пообщаться, готова ли ты ответить на наш вопрос?»
 - b) Повторите вопрос.
 - c) Следите за движением маятника, которое свидетельствует о контакте Алисы с добровольцем.
 - d) ЕСЛИ (IF) маятник качается,
 - e) ТОГДА (THEN) объявите указанный ответ,
 - f) В ИНОМ СЛУЧАЕ (OTHERWISE) объявите, что вам придется принять это как «Необъяснимо... даже духи не могут этого рассказать».
 - g) Спросите зрителей, хотят ли они узнать больше, и если да, то назовите еще один вопрос с формой ответа «ДА/НЕТ», на который они хотели бы получить ответ Алисы о прошлом, настоящем или будущем.

Как это работает

Эта иллюзия основана на эффекте, называемом **идеомоторной реакцией** (**ideomotor response**) и названном в честь французского ученого Мишеля Эжена Шевреля (Michel Eugene Chevreul), который проводил опыты по изучению этого феномена в 1830-х годах. Этот же эффект вызывает перемещение столов и спиритических досок на спиритических сеансах. Это происходит потому, что мысли могут приводить к подсознательным физическим колебаниям. К примеру, при мысли о чем-то вкусном, например о шоколаде, рот увлажняется (по крайней мере у меня). В этом фокусе обдумывание вопросов приводит к совсем незначительным перемещениям руки человека, держащего маятник. А маятник усиливает эти движения, особенно если рука движется вперед-назад, что соответствует собственной частоте колебаний маятника (которая зависит от его длины). Наблюдение за маятником усиливает эффект, поскольку человек, который напряженно думает о раскачивании маятника в ту или иную сторону, способен подсознательно инициировать соответствующие движения.

Вычислительное мышление

Хотя такой фокус прекрасно подходит для магического шоу с явной целью просто развлечься, было бы неэтично использовать его для реальных заявлений о возможности общения с умершими родственниками других людей, поскольку вы не можете этого сделать. Еще более неэтично брать за это деньги.

Спиритизм приобрел широкую популярность в викторианскую эпоху, когда стали устраивать спиритические сеансы для желающих пообщаться с умершими. Хотя некоторые из них, возможно, действительно верили, что помогают людям разговаривать с их усопшими родственниками, большинство из подобных организаторов были всего лишь мошенниками, которые неэтично наживались на тех, кто утратил близких. Их целью было выманить у них деньги при помощи своих лживых утверждений. Некоторые люди используют те же фокусы, что и иллюзионисты, по самым разным неэтичным причинам: чтобы обмануть в азартных играх, чтобы заявить об исцелении верой и чтобы выманить у людей их средства.

Большинство фокусников придают большое значение соблюдению этических норм. Они четко осознают, что их деятельность носит исключительно развлекательный характер. Некоторые из них прилага-

ют максимум усилий для разоблачения мошенников, которые используют иллюзии и фокусы из этой книги для обмана людей, выдавая их за нечто большее, чем просто трюки из шоу фокусников.

Профессиональная этика также имеет большое значение для компьютерных специалистов. Человек с навыками работы с компьютером может использовать их как во благо, так и во вред, и поэтому так важно соблюдать этические нормы. Как фокусники могут использовать свои навыки для создания трюков, представляя их под видом других вещей для запутывания людей, так и программисты могут создавать программы, которые под видом одного являются чем-то другим. Такие вредоносные программы разрабатываются и используются хакерами, чтобы, например, похищать информацию в целях наживы, выкрадывать чьи-то персональные данные с целью обмана или блокировать доступ к компьютерам ради получения выкупа. Сами по себе компьютерные навыки не являются чем-то плохим, проблема в способе их использования. Фокусник, который берет деньги со зрителей за просмотр его шоу и явно представляет его как вечер развлечений, не то же самое, что человек, использующий свои трюки для убеждения людей в том, что он общается с богами или призраками, и поэтому берет деньги в качестве сбора «на богоугодные дела» или для «разговора с умершими близкими». Точно так же люди с навыками взлома могут использовать их как во благо, так и во вред. Например, некоторые компании нанимают «**белых хакеров**» для поиска проблем в своих системах безопасности для повышения их надежности. Они используют те же навыки, что и плохие хакеры, и тоже зарабатывают деньги, но этичным способом.

Интермедия: Джеймс Рэнди

Иллюзионист Джеймс Рэнди (James Randi, 1928–2020) прославился своими расследованиями мошеннических заявлений. Он доказал, что множество людей, заявлявших о наличии у них сверхъестественных способностей, на самом деле всего лишь пользовались трюками фокусников. Он также продемонстрировал недостатки научно-исследовательских проектов, которые якобы изучали паранормальные явления. Он наглядно показал, как каждое новое утверждение о паранормальных способностях можно с легкостью провести с помощью различных фокусов.

Часть XII

Передовые технологии

Основное внимание мы уделили взаимосвязи между фокусами и компьютерными технологиями, а не устройствами. Однако в истории фокусов есть много примеров использования новейших устройств на базе последних научных или инженерных достижений.

Глава 48

Волшебная клетка: **дополненная реальность**

Магия

Вы показываете зрителям фею, которую вы заперли в волшебной клетке.

Вычисления

Виртуальная реальность предполагает создание онлайн-миров, в которых люди могут перемещаться в виде цифровых версий самих себя. Дополненная реальность предполагает наложение виртуальных элементов на реальный мир, что позволяет перемещаться одновременно по реальному и виртуальному мирам, а несуществующие вещи при этом выглядят как настоящие. Области применения дополненной реальности простираются от игр до головных дисплеев в боевых самолетах.

Фокус

Вы должны объяснить, что феи существуют и вы поймали одну из них в специальную клетку, выложенную рябиной, которая является для фей непреодолимой преградой. Вы открываете свою волшебную клетку. В ней летает очень сильно рассерженная фея, которую все могут наблюдать через окошко в клетке!

Как это работает

Эта иллюзия основана на викторианской сценической постановке под названием «**Призрак Пеппера**». В оригинальном номере между зрителями и сценой располагался большой лист стекла под углом 45 градусов. На сцене некоторые актеры вели себя как обычно. Другие располагались на тележках, стоящих на полу, вне поля зрения, но со стороны зрителей. Когда же на них светили мощным сценическим прожектором, они появлялись (и исчезали) на сцене в виде призрачных фигур. Так происходит по той причине, что отраженный от них свет попадает на стекло и далее направляется на зрителей, создавая эффект присутствия актеров на сцене.

В действительности стекло выступает в роли полупрозрачного зеркала. Через него может проходить рассеянный свет, но при этом свет снизу отражается под углом 45 градусов и тоже идет к зрителю. Поскольку наш мозг воспринимает освещение как прямолинейный эффект, отраженное изображение выглядит так, будто оно находится перед задней стенкой. Ночью вы можете увидеть более слабую версию того же эффекта, просто выглянув в окно. Вы видите отражение комнаты, наложенное на вид из окна, наряду с освещенными уличными объектами.

Ловушка для феи

Чтобы создать свою собственную (миниатюрную) версию иллюзии, вам нужно сделать свою собственную копию «призрака Пеппера» – клетку для фей. Для создания самой феи вам понадобится смартфон с анимацией феи. Разумеется, это не обязательно должна быть именно фея, вы можете «поймать в ловушку» любое существо, анимацию которого сможете найти или создать. Вы даже можете снять своего брата или сестру в темной комнате при свете лампы (если вы предпочитаете в своем рассказе уменьшать и заманивать в ловушку раздражающих вас братьев и сестер). Если у вас нет анимации или фильма, вы можете просто использовать фотографию на телефоне (и объяснить, что фея заперта в ловушке в застывшем состоянии). Использование телефона гарантирует ярко освещенное изображение, эквивалентное по яркости сценическому прожектору первоначального эффекта, что очень важно для успеха фокуса.

Изготовление клетки для феи

Покрасьте внутреннюю поверхность небольшой прочной картонной коробки в черный матовый цвет. В идеале она должна быть до-

статочной большой, чтобы в нее поместился смартфон на подставке. Вырежьте с одной стороны (крышка коробки) большой прямоугольник, оставив ободок по всему периметру. Это и будет окошко, сквозь которое зрители смогут увидеть вашу пойманную фею. Если хотите еще большего сходства с клеткой, можете добавить прутья.

Теперь вырежьте из жесткого оргстекла (перспекс, плексигласс, который можно приобрести в магазине товаров для дома или рукоделия) такой лист, чтобы он помещался в коробку по диагонали под углом 45 градусов. Верхняя часть листа должна быть обращена к зрителям и находиться над отверстием в коробке, а нижняя часть должна прилегать к задней стенке коробки. Лист разделяет коробку на две части по диагонали. Зрители могут видеть заднюю стенку коробки через окошко и через прозрачное оргстекло (рис. 48.1).

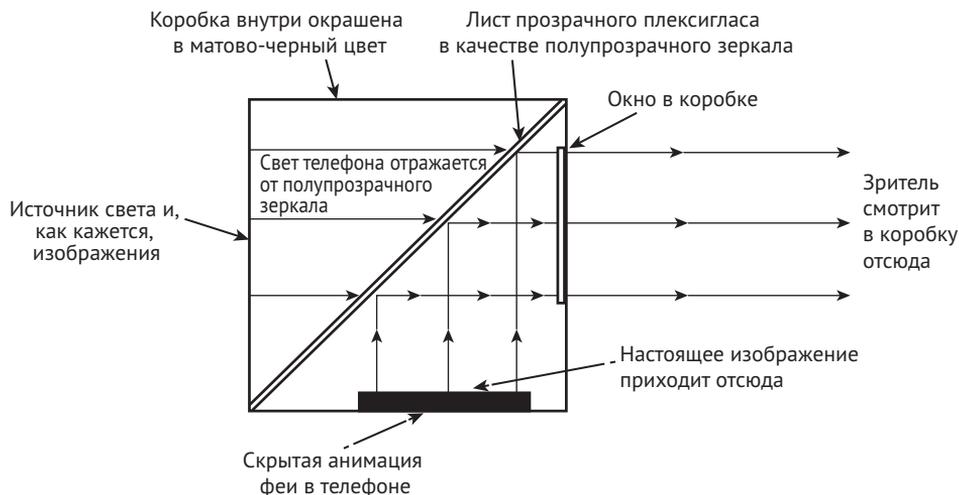


Рисунок 48.1. Устройство для иллюзии «Призрак Пеппера»

Теперь к секретной части. Вы кладете свой смартфон (в идеале он должен быть черным или прикрытым, чтобы был виден только экран) на дно коробки, под оргстекло. Он должен воспроизводить анимацию с изображением феи в режиме цикла. Сам телефон должен находиться вне поля видимости зрителей, которые наблюдают за задней стенкой коробки через окошко. Нависающая планка в нижней части окна поможет скрыть смартфон от тех, кто смотрит на него спереди.

Если воспроизвести анимацию с рассерженной феей на черном фоне, то свет от нее будет отражаться от оргстекла, и создается впечатление, что она летит внутри клетки, попав в ловушку. Изображение

со смартфона как будто парит в центре коробки. Для более сложного варианта можно поместить за оргстеклом такой реквизит, как миниатюрная кровать. Это позволит создать впечатление, что фея находится в темнице. Экспериментируйте, чтобы выбрать наиболее подходящий вариант.

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) клетки для феи:

1. Создайте или подберите анимацию с изображением существа, которое вы якобы заманили в клетку, например разгневанной феи.
2. Приготовьте коробку «Призрак Пеппера» и поместите на ее дно смартфон с проигрыванием анимации в цикле.
3. Накройте коробку тканью.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (DO DO) иллюзии «Клетка феи»:

1. Скажите зрителям, что вы заперли фею в специальной волшебной коробке.
2. Снимите ткань, чтобы показать коробку.
3. Позвольте зрителям по очереди посмотреть на фею через окошко.

Вычислительное мышление

По сути, такая же иллюзия, как и «Призрак Пеппера», используется в наголовных дисплеях (head-up displays), когда виртуальный компьютерный экран накладывается на изображение реального мира. Например, спутниковая навигация моего автомобиля проецирует стрелки, которые проплывают перед машиной во время движения. Стрелки появляются на нужной глубине, поэтому я могу смотреть на них, не отрывая внимания от дороги. У пилотов истребителей есть более сложные версии для просмотра информации в окне кабины. Виртуальная группа Gorillaz выступала, казалось бы, прямо на сцене, взаимодействуя с реальными исполнителями, такими как Мадонна, подобным же образом. В музеях также можно увидеть такую иллюзию, когда призрачные персонажи появляются в диорамах и рассказывают вам о прошлом.

Подобная идея совмещения реального и виртуального миров лежит в основе **дополненной реальности (augmented reality)**, хотя современные версии могут использовать другие технологии для до-

стижения того же эффекта. Программисты сегодня могут не только создавать целые виртуальные миры, но и накладывать виртуальный мир на реальный с помощью программ, которые объединяют живую картинку с созданной на компьютере. Еще один способ – умные очки, позволяющие видеть реальный мир, но при этом программисты накладывают на линзы образы, например «Призрака Пеппера», и таким образом создается впечатление присутствия этого объекта в реальном мире.

Интермедия: Джон Генри Пеппер и Генри Диркс

Первое появление «Призрака Пеппера» на сцене в канун Рождества 1862 года ошеломило зрителей. Призрачная фигура появилась вместе с актерами из воздуха, взаимодействовала с другими, более реальными персонажами, а затем в одно мгновение исчезла. Это было больше, чем просто волшебство: это было чудо. Это было настолько удивительно, что некоторые спиритуалисты были уверены, что Джон Генри Пеппер (John Henry Pepper, 1821–1900) открыл способ вызывать духов. Это был не спиритический сеанс, когда призрачные эффекты происходят в затемненной комнате. Не нужен был и виртуальный мир компьютера (их тогда еще не существовало!). Это происходило на ярко освещенной сцене у всех на глазах... Иллюзионисты тоже бывают учеными и инженерами. Они используют новые изобретения, а также создают их сами. Часто они патентуют свои идеи, а не держат их в секрете. Ученый Пеппер, житель Восточного Лондона, изобрел свой эффект совместно с Генри Дирксом (Henry Dircks, 1806–1873), инженером из Ливерпуля. Они запатентовали «Призрак Пеппера» в 1863 году в качестве эффекта для использования в театре. Однако первоначально он был изобретен гораздо раньше: Джамбаттиста делла Порта (Giambattista della Porta, 1535–1615) описал его в своей книге «Magia Naturalis», написанной в XVI веке на итальянском языке.

Глава 49

Скрытная раздача и появление робота: роботы

Магия

Удачное разоблачение может превратить фокус в нечто большее, а еще это тот самый случай, когда можно творчески повеселиться. В данном случае, несмотря на широкий выбор вариантов для раздачи у добровольца, специальная скрытная раздача приводит к выбору никем не предсказанной карты. Как выясняется, карта была «вынуждена» лечь под стол под магическим воздействием вашего робота-ассистента.

Вычисления

Роботы долгое время оставались темой из области научной фантастики, но теперь они стали привычной реальностью. Промышленные роботы трудятся на производственных линиях, строят автомобили, любой желающий может купить робот-пылесос для уборки дома на время своего отсутствия. Специалисты по робототехнике создают таких роботов, которые могут подражать любым видам жизни, используя «мягкотелых» роботов; это больше не твердые металлические машины из научно-фантастических романов.

Фокус

Вы объясняете, что собираетесь показать особую магическую раздачу карт под названием «вниз-под»¹, которой вас научил австралийский фокусник (или европейский, если вы, например, из Австралии или Новой Зеландии). Вы перетасовываете колоду карт, а затем раскладываете карты в линию на столе лицевой стороной вверх. Обратите внимание присутствующих на то, что это обычная колода карт. Заявив, что с таким количеством карт раздача займет слишком много времени, попросите добровольца указать на карту «где-то посередине» разложенной колоды, а затем отбросить половину колоды начиная от этой позиции. Заметьте, что это был его собственный добровольный выбор относительно отбрасываемых карт.

Возьмите оставшиеся карты и снова сложите их в колоду. Объясните, что сейчас вы собираетесь сделать специальную раздачу «вниз-под», в результате которой у вас останется единственная выбранная карта, которую никто не смог бы предугадать. Придерживая в руках колоду с картами лицевой стороной вниз, разложите карты на две стопки, говоря «вниз», когда кладете карту в первую стопку, лицевой стороной вниз, и «под», когда кладете следующую во вторую стопку, лицевой стороной вверх. Когда все карты будут сданы, отбросьте стопку с картами лицевой стороной вниз. Объясните, что теперь зрители сами должны догадаться, почему вы хотели взять меньше карт, ведь это очень медленная игра. Раздайте все оставшиеся карты из стопки «под» в две стопки таким же образом, повторяя нараспев «под-под-под-под»... до тех пор, пока в неразобранной «нижней» стопке не останется только одна перевернутая карта.

Объявите, что это и есть последняя выбранная карта, которую никто не сможет предсказать. Поднимите карту и покажите ее всем. Еще раз обратите внимание на то, что доброволец мог свободно выбирать способ деления колоды, и переверните стопку выброшенных карт, показывая зрителям несколько верхних карт. Обратите внимание, что если бы колода была разделена еще раз, то была бы выбрана другая карта.

Наконец, вы объясняете, что эта раздача называется «раздача под столом» не только из-за манеры проведения раздачи, но и потому, что на конечный результат влияет все, что находится под столом, и в ходе всего фокуса ваш ассистент находился под столом, держа в руках

¹ Игра слов на английском языке в выражении Down-Under Deal, на жаргоне «раздача с другого конца света». – *Прим. перев.*

определенную карту в попытке повлиять на конечный выбор. Вы просите своего помощника показать эту карту... и в этот момент под скатертью, накинутой на стол, появляется робот и поднимает большую карту, чтобы показать ее всем. Она такая же, как и последняя карта, оставшаяся на столе. Выбранная карта была магически определена влиянием карты, которую ваш робот-помощник держал под столом во время исполнения фокуса.

Как это работает

Перед началом фокуса положите карту, которую вы собираетесь предсказать (например, восьмерку червей), на 16-ю позицию от верха колоды. Поместите идентичную карту в захват робота и поместите его под стол. Спрячьте кнопку для активации робота в удобном для нажатия месте, например на заднем крае стола.

В самом начале нужно просто перетасовать карты с помощью перемешивания без сдвига верхних карт (глава 18). При этом верхние примерно 20 карт останутся на прежнем месте, а 16-я карта будет лежать на прежнем месте. Если вы не уверены, что сможете сделать это успешно, то можете пропустить начальную перетасовку.

Математика этого фокуса является упрощенной версией той, что используется в фокусе «Освободите три мои карты» из главы 40. Многократно сбрасывая каждую вторую карту, вы в итоге оказываетесь с картой на определенной позиции. Если у вас 52 карты, то позиции 1–52 выглядят следующим образом:

$$1, 2, 3, 4, \dots, 50, 51, 52.$$

Сначала мы разделим колоду где-то посередине. Важно, чтобы разделение произошло где-то между 16-й и 32-й картами, оставив 16-ю, но отбросив 32-ю. Если доброволец указал примерно на середину, то вы окажетесь в этом диапазоне. Таким образом, после отбрасывания части колоды мы получаем следующие карты:

$$1, 2, 3, 4, \dots, 14, 16, 18, \dots, 30, 31.$$

Точно последняя карта неизвестна, но вышеописанное – худший вариант, который только может произойти. Обратите внимание, что критически важная 16-я карта по-прежнему находится в 16-й позиции сверху колоды.

Сложите карты нечетных позиций в одну стопку (лицевой стороной вниз), а карты четных позиций в другую (лицевой стороной вверх).

Отбросьте стопку с картами нечетных позиций, лежащими лицевой стороной вниз. Останутся только карты четных позиций:

2, 4, 6, 8, ..., 14, 16, 18, ..., 30.

Повторите это, чтобы после второй раздачи остались:

4, 8, ..., 12, 16, 20, ..., 28.

и еще раз, чтобы остались:

8, 16, 24.

В последней раздаче из них убираются нечетные карты (первая и последняя), остается только подложенная 16-я карта:

16.

Финальный элемент разоблачения может улучшить или разрушить фокус, поэтому вы можете привнести в него свой собственный творческий потенциал и наложить личный отпечаток на уже известный трюк. Мы выступали с разными вариантами разоблачения для этого фокуса на различных шоу и магических семинарах. Мое (Пола) любимое разоблачение было любезно заснято (для Питера) разработчиком игр и фокусником Ричардом Гэрриоттом. В ролике показано, как Ричард находит ту же карту, что и оставшаяся в финале на столе, зарытой в снег во время путешествия на Северный полюс.

В XIX веке французский часовщик и фокусник Робер Гуден придумал эту версию разоблачения для своего знаменитого фокуса «Чудесное апельсиновое дерево». В нем удивительное разоблачение происходит с помощью автомата – сложного механического устройства. Автоматы часто создавались для имитации живой природы. Такие автоматы появились еще во времена древних египтян и греков.

Его фокус под названием «Чудесное апельсиновое дерево» подразумевал уничтожение носового платка, после чего платок вновь появлялся в целостности и сохранности. В фокусе участвовал автомат, изображавший дерево, которое сначала было совершенно голым, но затем на нем выросли настоящие апельсины, и в последнем из них при разрезании можно было обнаружить платок (см. версию фокуса в фильме «Иллюзионист»). Робер-Гуден часто встраивал автоматы в свои фокусы, размывая границы между наукой, иллюзией и технологиями. Действительно ли это было сделано машиной или это была часть иллюзии? Возможно, самым известным случаем размывания границы между машиной и иллюзией стал «Механический турок»

Вольфганга фон Кемпелена, созданный в XVIII веке. Он был представлен как машина, способная обыграть человека в шахматы, но на самом деле это был обман: все это было иллюзией. Конечно, в наши дни вычислительная наука превзошла магию, и шахматные компьютеры легко обыгрывают лучших шахматистов планеты. И то, что поражало зрителей XVIII века и могло работать только благодаря иллюзии, теперь стало обыденным.

Современным эквивалентом применения автоматов в фокусах может стать использование роботов, как в этом фокусе. Возможно, вы сможете построить управляемого компьютером робота с таким же художественным вкусом, как у Роберта Гудена, чтобы сделать еще более удивительное зрелище, или придумать фокусы, где роботы станут неотъемлемой частью иллюзии.

Магический алгоритм

Для ПОДГОТОВКИ (TO PREPARE) к фокусу «Скрытная раздача и появление робота»:

1. Положите конкретную карту на 16-ю позицию с верха перетасованной колоды карт.
2. Поместите большую версию той же карты в захват робота, управляемого скрытой кнопкой в дальней части стола.
3. Поместите робота с картой под стол, скрытый от зрителей скатертью.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) фокуса «Скрытная раздача и появление робота»:

1. Сделайте фальшивую перетасовку без сдвига верхних карт.
2. Разложите карты на столе лицевой стороной вверх.
3. Попросите добровольца указать на карту где-то посередине.
4. Разделите колоду в этом месте.
5. Выбросьте половину из нижней части колоды, а оставшиеся карты соберите в колоду.
6. ВЫПОЛНИТЕ (DO) раздачу «вниз-под».
7. Покажите последнюю карту зрителям.
8. Обратите внимание на то, что у добровольца был свободный выбор и в итоге вы могли получить любую карту.

9. Скажите, что это называется «раздача вниз-под» не только из-за схемы «вниз-под», но и потому, что объекты под столом могут контролировать происходящее на столе. Ваш ассистент, который на протяжении всего фокуса находился под столом и держал в руках контрольную карту, сейчас это докажет.
10. Нажмите кнопку, чтобы робот выдвинулся из-под стола с соответствующей картой.

Для ВЫПОЛНЕНИЯ (TO DO) раздачи «вниз-под»:

1. ВЫПОЛНИТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ 4 РАЗА (DO THE FOLLOWING 4 TIMES):
 - a) Возьмите оставшиеся карты.
 - b) ДЕЛАЙТЕ СЛЕДУЮЩЕЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА (DO THE FOLLOWING UNTIL) все карты не будут сданы:
 - i. Выложите карту лицевой стороной вниз и скажите «вниз».
 - ii. Сдайте карту лицом вверх, сказав «под».
 - c) Отбросьте карты, лежащие лицевой стороной вниз.

Вычислительное мышление

Автоматы Робера Гудена для имитации живой природы иногда представлялись волшебными сами по себе: как может машина делать такое? В более сложных фокусах другие автоматы использовались в сочетании с иллюзией. Учитывая давнюю страсть человечества к созданию машин, имитирующих жизнь, вполне естественно, что после появления компьютеров нам захотелось наделить эти машинные мозги еще и телами.

В научно-фантастических произведениях **роботы** часто выглядят либо как машины, либо как гуманоиды, а иногда и то, и другое. Современная робототехника намного разнообразнее. Настоящие роботы бывают самых разных форм и размеров. Хотя многие из используемых сегодня роботов очень похожи на механические устройства с функциональными формами: они работают на заводах по производству автомобилей, собирают на складах купленные в интернете товары или передвигаются по полу и пылесосят ковры. Многие из них, как и автоматы, имитируют жизнь. Исследователи создали роботов, похожих на тараканов и блох, роботов в форме рыб, змей, осьминогов и т. д., и это лишь несколько примеров. Животным приходится соот-

ветствовать различным условиям среды обитания, поэтому они научились находить элегантные решения самых разнообразных задач, гораздо более эффективные, чем разработанные человеком. Это привело к развитию **вычислений на основе биологических принципов**, в том числе в области робототехники. Как автоматы имитируют множество различных форм жизни, так и роботы имитируют жизнь. Если вам нужен робот, способный передвигаться по труднопроходимой местности, то создание вариации автомобиля или человека может оказаться не самым лучшим решением. Животные перемещаются по местности, к которой они приспособлены, с помощью множества гораздо более эффективных способов, чем наши транспортные средства. Вспомните, например, козлов на скалах или гиббонов, скачущих по деревьям. Если вам нужно передвигаться по воде, есть пример рыб, которые гораздо более маневренны, чем корабли и подводные лодки. Если вам нужна машина, которая может пробираться в ограниченном пространстве, просто обратите внимание на осьминога, который продвигает такие фокусы, которые были бы просто открытием для многих иллюзионистов, если бы такое мог выполнить помощник-человек. Животные предлагают множество совершенно разных решений таких проблем, как перемещение с места на место, поэтому изучение их опыта может привести к созданию оригинальных инженерных решений.

Одним из направлений робототехники на основе биологических технологий является разработка так называемых **пластичных (мягких) роботов**. Суть этого направления заключается в создании гибких, а не жестко фиксированных роботов, которые могут менять форму и размер. Благодаря этому они могут быть более гибкими и безопасными для человека, чем стереотипные металлические роботы. Существует множество источников вдохновения для мягкой робототехники, включая осьминогов, пауков и растения. Так, для изменения своей формы растения используют переменное давление жидкости в клетках, которое зависит, например, от уровня освещенности. Подобный механизм позволяет им ориентироваться на солнце. Мягкие роботы могут использовать аналогичные системы для перемещения с помощью мягких материалов.

Исследователи копируют не только форму животных, но и их манеру поведения. Например, **технология роевых вычислений (swarm computing)** нацелена на копирование движения птиц, которые летают в огромных кружащихся стаях, каждая из которых следует простым правилам для сохранения целостности группы. Подобным образом могут действовать рои беспилотных летательных аппаратов

(дронов) для полного охвата наблюдаемой территории. Еще более футуристическая идея заключается в использовании стай крошечных микроскопических роботов, которые будут вводиться в организм и, объединившись в стаи, атаковать раковые клетки.

Другие исследователи занимаются изучением различных сфер применения биороботов, создавая роботов-актеров и стендап-комиков для изучения исполнительского искусства. Но и здесь Робер Гуден был первым, когда создал автомат для выполнения фокуса с чашками и шариками. Роботы с компьютерным интеллектом общего назначения и высокой ловкостью движений, а также с возможностью программирования мастерства выступления открывают возможности для создания гибких роботов-фокусников, способных выполнять широкий спектр различных трюков. Компьютерный мозг позволит роботу-фокуснику выполнять даже такие приемы, на которые не способен ни один человек. Однако для создания волшебного эффекта им потребуется умение создавать иллюзии.

Копируя и черпая вдохновение у животных, компьютерные специалисты находят инновационные способы решения сложных задач. Хотя подражание машинам, возможно, уже не кажется волшебством, мы все равно считаем такие устройства и их способности удивительными. При наличии творческих способностей можно также сочетать роботов с иллюзиями и создавать замечательные фокусы. А может быть, вместо изобретения роботизированных фокусов вам будет интереснее заставить робота-фокусника делать это за вас.

ПАУЗА: Исмаил аль-Джазари

Исмаил аль-Джазари (Ismail al-Jazari, ок. 1136–1206) был мусульманским ученым, который жил в Месопотамии в XII веке и прославился, среди прочего, своими человекоподобными автоматами. Именно из-за них его называют отцом робототехники, поскольку ему было интересно создавать такие машины для практического использования. Древние греки, напротив, в большей степени интересовались автоматами в качестве игрушек и для развлечения. В числе изобретений Аль-Джазари был робот-официант, который подавал напитки, и робот-помощник для ритуального мытья рук.

Глава 50

Единственный истинный повелитель: **ВЫХОД ПОД ЗАНАВЕС И ТВОРЧЕСТВО**

Магия

В завершение мы покажем последний фокус. Являетесь ли вы единственным истинным сувереном Британских островов: сможете ли вы извлечь Экскалибур из наковальни?

Вычисления

Мы сделаем небольшой экскурс по основным темам книги, а также изучим еще одну последнюю взаимосвязь с вычислениями: как вы можете быть уверены, что кто-то является тем, за кого себя выдает?

Фокус

Расскажите историю волшебного меча Экскалибура, вложенного в наковальню на вершине камня из легенды о короле Артуре. Мерлин предсказал, что только истинный правитель Британии, происходящий от рода самого Утера Пендрагона, сможет вытащить меч из наковаль-

ни. Магическое испытание Мерлина подтвердило, что законным королем по праву является юноша Артур.

Объясните, что вы нашли новый Экскалибур – меч в наковальне. Отодвиньте занавески, чтобы показать меч, торчащий из наковальни, с табличкой, гласящей, что только наследник Утера Пендрагона, а значит, единственный истинный государь Британских островов, сможет извлечь меч из наковальни.

Позвольте всем, кто хочет продемонстрировать свою силу, попытаться вытащить меч из наковальни. Когда у них не получится, принесите извинения за то, что они явно особы не королевских кровей. Когда все желающие потерпят неудачу, скажите, что, возможно, вам тоже стоит попробовать. Не прилагая никаких усилий, вы освобождаете меч. Провозгласите себя наследником трона. Если кто-то настроен скептически, верните меч на место и дайте им попробовать еще раз.

Магический алгоритм

1. Расскажите историю о мече в наковальне и о том, что вы нашли Экскалибур.
2. Продемонстрируйте вновь найденный меч в наковальне.
3. Позвольте добровольцам попытаться вытащить Экскалибур из наковальни (они не смогут этого сделать).
4. Объясните, что это указывает на то, что они не являются членами королевской семьи, не являются истинными государями Британских островов.
5. Возьмите Экскалибур в руки и вытащите его из наковальни.
6. С удивлением посмотрите на него и заявите, что вы, должно быть, настоящий король/королева Британии.
7. Верните меч на место и позвольте всем желающим попытаться извлечь его еще раз.

Как это работает

Мы предоставим вам возможность самостоятельно разобраться в сути этого фокуса, хотя для его создания потребуются изобретательность, трудолюбие и множество инженерных и вычислительных навыков.

Вычислительное мышление

Алгоритмы

Эта книга раскрывает многочисленные взаимосвязи между фокусами и вычислениями. Самостоятельно работающие фокусы – это, по сути, **алгоритмы** для выполнения фокусов. И то, и другое – это последовательность шагов, точное следование которым гарантирует получение результата. В действительности некоторые полезные вычислительные алгоритмы лежат в основе реальных фокусов, например коды проверки ошибок и алгоритмы поиска. Зрелищность добавляется лишь для усиления эффекта от работы алгоритма, чтобы он казался волшебным. И магия, и алгоритмы в конечном счете строятся на основе математики. Выдумывание фокусов и создание алгоритмов, то есть написание программ, включает в себя одни и те же базовые навыки **алгоритмического мышления**. Это умение создавать последовательности шагов и следить за тем, чтобы они всегда работали, а также записывать их в определенной точной нотации. Это требует **логического мышления** и **внимания к деталям**. И фокусники, и программисты должны убедиться в работоспособности этих шагов, а для этого необходимы навыки **экспертизы**. В обоих случаях **тестирование** (простая многократная проверка) обычно дополняется **строгой аргументацией** и **доказательствами**. Это базовые навыки **вычислительного мышления**.

Декомпозиция, абстрагирование и обобщение

Навыки передового вычислительного мышления нужны и программистам, и фокусникам. Программисты производят **декомпозицию** написанных ими программ на именованные, многократно используемые и обобщенные фрагменты. Они создают **обобщенные** версии фрагментов для последующего использования в различных случаях и собирают более крупные программы из небольших именованных частей, которые, как они уже убедились, отлично работают.

Точно так же фокусники присваивают названия простым эффектам, которые они используют в фокусах, и выстраивают фокусы путем объединения различных имеющихся компонентов для получения более мощных эффектов. Чтобы создать свою собственную версию фокуса, они разбирают его до базового принципа действия и выстраивают его заново с использованием новых способов выполнения различных трюков. Поэтому и программисты, и фокусники полагаются на **декомпозицию, абстрагирование и обобщение**.

Представление данных

Еще один важный аспект разработки программного обеспечения связан с правильным выбором **представления данных**: как организована информация? Это необходимо сделать таким образом, чтобы было удобно выполнять задачу. Это также играет важную роль во многих фокусах: различные формы отображения используются в качестве основы для организации информации в фокусах. Будь то организация колоды карт в порядке, необходимом для выполнения фокуса, способ кодирования информации с помощью реквизита или передача информации между фокусником и ассистентами – способ представления информации является ключевым моментом во многих фокусах.

В программировании при выборе представления ключевыми факторами являются простота выполнения операций, скорость их выполнения и эффективность использования пространства для хранения данных. В случае с фокусами все обстоит примерно так же. Вам нужно такое представление, чтобы фокус был легко выполнен или по крайней мере возможен, учитывая ограничения по времени и способности фокусника выполнить его безупречно. Однако еще одним важным моментом является выбор представления, которое затрудняет восприятие зрителями жизненно важной информации о механизме работы фокуса.

Вычисления и процесс познания

Одна из точек зрения на процесс познания, нашу способность мыслить, заключается в том, что это всего лишь вычислительная деятельность. Наш мозг – это **биологическая вычислительная машина**. Вычисления – это операции с **символами**, которым в дальнейшем придается значение. Символами могут быть самые разные вещи, включая физические объекты, например карты в колоде, которым мы придаем значение. Символы могут существовать как в компьютере, так и в окружающем мире. Это основная взаимосвязь между фокусами и вычислениями – в обоих случаях речь о работе с символами, так что фокусы – это всего лишь вычисления с целью создания удивительных и развлекательных эффектов.

Это перекликается с идеями Эдвина Хатчинса о «познании в естественной среде». Мы расширяем свои когнитивные способности путем создания физической системы символов в окружающем мире. Мы используем культурные артефакты для расширения наших когнитивных способностей, например памяти, и для перевода информации в новые формы представления, облегчающие выполнение задач. Молитвен-

ные четки помогают нам считать, список покупок помогает запоминать, счеты (абак) помогают выполнять арифметические действия, а список поворотов помогает ориентироваться в пункте назначения. Такой взгляд на процесс познания и вычислений подразумевает использование культурных и информационных артефактов, символов в окружающем мире, для того чтобы усложнить, а не облегчить процесс мышления: гораздо сложнее разобраться в сути происходящих манипуляций с символами, будь то информация в голове человека или мир в виде карт, монет или других предметов.

Психология и взаимодействие человека с компьютером

Фокусы – это нечто большее, чем просто пошаговый процесс. Они предполагают создание системы, в которой все зрители совершают одну и ту же ошибку в одно и то же время. Это требует глубокого понимания **когнитивной психологии** и **социальной психологии**: влияния ресурсов внимания, ограничений памяти, социального контекста и т. д. Фокусники делают все возможное, чтобы допущенные зрителями ошибки оставались незамеченными до финального разоблачения. Создание **полезных** и **удобных** программ предполагает подобное понимание психологии, однако использовать ее нужно таким образом, чтобы никто из пользователей не совершал ошибок, а если и ошибался, то сразу же замечал и исправлял их. Для этого применяются приемы, аналогичные методам фокусников, только с противоположной целью: например, необходимо управлять вниманием, чтобы все смотрели в нужное время в нужное место, а не в противоположном направлении.

Это позволяет установить прямую связь между фокусами и созданием **дизайна взаимодействия**, а также изучением процесса **взаимодействия человека и компьютера**. При изучении вопросов взаимодействия человека и компьютера используется психология, которая помогает сформулировать **принципы проектирования** для создания **удобных** компьютерных систем на основе пользовательских поведенческих моделей в процессе выполнения задач. Мы действуем, исходя из **целей**, создавая планы действий, которым затем пытаемся следовать для выполнения задач, опираясь при этом на **сигнальные символы** интерфейса. Мы следим за соблюдением плана с помощью **обратной связи**, предоставляемой системой. Это позволяет сформулировать такие принципы проектирования, как использование и донесение до пользователей четких **концептуальных моделей** работы систем, обеспечение наглядности показателей состояния системы,

чтобы они могли отслеживать выполнение задач, давать четкую **обратную связь**, быть **последовательными** и т. д.

Фокусники же просто переворачивают эти принципы проектирования с ног на голову. Вместо предотвращения путаницы они создают ее, заставляя аудиторию утратить понимание произошедшего и происходящего: используют концептуальные модели для запутывания, а не для разъяснения, скрывают критические аспекты состояния системы, чтобы отследить происходящее было невозможно, дают недостоверную обратную связь, делают все не так, как предполагалось, и т. д.

Инженерия пользовательского опыта схожа как в фокусах, так и в вычислениях. При использовании компьютерных программ восхищение возникает тогда, когда все оказывается на удивление простым. В фокусе восторг тоже возникает от сюрпризов, но уже из-за того, что человек потерял нить действий, так что раскрытие оказывается сюрпризом! Хороший дизайн системы, будь то вычисления или фокусы, включает в себя создание соответствующих впечатлений.

Вычислительные агенты и практика

Помимо противоположных способов использования психологии, есть и другие различия между написанием программ и созданием фокусов. У специалистов по вычислительной технике есть понятие **вычислительного агента (computational agent)**: это нечто, слепое и безукоризненно выполняющее инструкции, не задумывающееся о своих действиях. Вычислительные агенты добиваются результата, бездумно следуя алгоритму и не допуская никаких импровизаций. Компьютеры как раз являются идеальным примером таких вычислительных агентов.

При исполнении фокусов иллюзионисты действуют как вычислительные агенты: они также лишь выполняют последовательность действий. После отработки фокусов им не требуется импровизация. Необходимо предусмотреть все возможные варианты. Новичок может следовать по шагам самостоятельно работающего фокуса без раздумий, совершенно не понимая принципа его действия, и при этом добиться нужного эффекта. Однако для идеального прохождения этапов фокуса иллюзионистам нужно много и упорно тренироваться. Некоторые фокусы, даже несмотря на простые этапы, требуют огромной практики для достижения необходимого уровня ловкости и синхронности, будь то подбрасывание монетки или идеальная перетасовка карт. Компьютерам, разумеется, не требуется практика для выполнения программ, они просто следуют инструкциям.

Точные языки

В отличие от фокусников, компьютеры выполняют инструкции на **языке программирования** – точном математическом языке. В программировании большая часть действий состоит в составлении шагов с использованием структур, доступных в используемом языке.

Фокусники не так сильно зависят от специальных языков, поэтому важный этап программирования – написание инструкций на математически точном языке – здесь отсутствует. Люди придумывают фокусы с помощью пояснений на естественном языке и при необходимости самостоятельно заполняют необходимые пробелы. Если бы робот мог превратиться в иллюзиониста, то фокусы для него пришлось бы излагать на подходящем точном языке. Альтернативный вариант – машине понадобится интеллект уровня человека, но в конечном итоге он все равно будет следовать инструкциям, изложенным на точном языке, только не для фокусов, а для интеллекта.

Масштабы

Существует также огромная разница в масштабах фокусов и программ. Программы могут насчитывать миллионы строк кода, миллионы шагов, в то время как даже самый сложный фокус, скорее всего, будет состоять из десятков или сотен шагов; в конце концов, вы же не хотите утомить зрителей в ожидании развязки фокуса! Приемы **вычислительного мышления**, которые в простейшей форме используются в фокусах, чрезвычайно важны для управления сложными большими программами.

Мастерство шоумена

Мастерство шоумена имеет огромное значение в искусстве показа фокусов, но не в такой степени в компьютерных технологиях. Это умение увлечь и развеселить аудиторию, втянуть ее в создаваемый вами мир. Это больше, чем просто следование основному алгоритму фокуса. Речь идет о форме подачи информации: о том, как фокус переплетается с историей, и далее о способе подачи этой истории, о хронометраже, об интриге. Благодаря мастерству шоумена исполнение фокуса приобретает особый характер.

В компьютерной сфере эквивалентом такого мастерства может быть дизайн **пользовательского восприятия (user experience, UX)**. Сходство с мастерством шоумена – лишь один из его аспектов. Схожие методики могут заинтересовать людей в программах, которые предназначены для развлечений, например в играх. Пользователи

программного обеспечения ожидают получить приятный, развлекательный опыт, подобный эффекту фокуса. По этой причине учебные программы часто делают **похожими на игры (геймифицируют)**: пытаются сделать их интересными, чтобы детям хотелось пользоваться ими снова и снова, а не просто заниматься рутинной. Как и фокусники, инженеры-программисты тоже стремятся вызывать чувство восторга. В конце концов, если сайт или приложение для покупок доставляет удовольствие, вы с большей вероятностью вернетесь туда и будете покупать еще.

Однако проектирование пользовательского восприятия – это нечто большее, чем просто мастерство шоумена. Все зависит от конкретной задачи. Для некоторых программ хорошие впечатления связаны с возможностью быстро и легко выполнить работу с минимальным количеством хлопот; программа должна быть очень простой в использовании, не вызывая разочарования. Хорошим впечатлением может быть даже то, что вы и не замечаете процесса взаимодействия с программой. Например, чтобы открыть машину, я просто хватаю ручку двери, она распознает меня и автоматически отпирается. Это гораздо лучше, чем копать в карманах в поисках ключей.

Безопасность и конфиденциальность

Есть много общего между **кибербезопасностью** и разнообразными магическими фокусами. Одна из главных целей кибербезопасности – предотвратить **утечку информации**, предоставляя доступ к ресурсам только определенным людям и нередко заботясь о том, чтобы никто даже не догадывался об их существовании. Многие фокусы из области ментализма используют **секретные коды** для передачи информации между фокусником и ассистентом как по известным **легитимным каналам**, так и по скрытым **тайным каналам**. Техники **стеганографии** позволяют скрыть сам факт передачи какой-либо информации между фокусниками.

В некоторых фокусах иллюзионист занимается активным сбором информации о зрителях. В других он просто делает вид, что все знает. Информацию о людях теперь можно получить из самых разных источников, а технологии больших данных дают возможность потерять **конфиденциальность**, если достаточно большое количество людей, даже незнакомых, предоставят о себе соответствующие сведения. Несомненно, подобные технологии могут стать основой и для новых фокусов.

Наука и техника

Фокусники всегда находились на переднем крае науки и техники: более глубокое понимание физики, машиностроения или электроники, нежели у их аудитории, может послужить основой для фокуса, если эффект сочетается с иллюзией. Отчасти это и послужило толчком к наступлению золотого века магии и иллюзий, начиная с викторианской эпохи и заканчивая началом XX века. Например, в «Призраке Пеппера» была использована простая физика света; фокусы с автоматами включали в себя сложную механику, а сейчас существует множество возможностей для создания фокусов на основе электронных приборов.

Компьютерные устройства открывают еще больше новых возможностей. Иногда фокусники опережают события, а не просто следуют за наукой и техникой. Например, в настоящее время актуальна тема **носимых компьютеров**, когда электронные приспособления встраиваются в одежду, но фокусники занимаются этим уже многие годы. Какие фокусы можно представить с помощью электроники, будь то скрытые элементы управления, датчики или дисплеи, встроенные в вашу сценическую одежду? Что вы можете сделать с помощью **нательных сетей**, которые используют человека как единое целое для передачи сигналов между различными устройствами для определения вещей, к которым вы прикасаетесь? Как насчет кнопок для управления предметами, смонтированными в кожу, или **интерфейсов мозг-компьютер**, которые могут улавливать простые мысли человека и передавать их компьютеру. Фокусник, опережающий развитие математики, науки и технологий, всегда может придумать новые фокусы и новые способы выполнения старых, которые обескураживают и забавляют.

Творчество

Быть иллюзионистом, изобретать новые фокусы и добавлять новые трюки в старые – это не только умение быть на высоте технологий, но и способность к **творчеству**. Компьютерные науки – не менее интересный креативный вид деятельности. Более того, некоторые специалисты по компьютерным технологиям пошли дальше и рассматривают творчество в качестве предмета изучения с помощью алгоритмов. **Машинное творчество** – компьютерные программы для создания стихов, шуток, песен, рассказов, фильмов и т. д. – представляет собой одну из основных областей исследований в этой области.

Машины уже давно создают для выполнения фокусов, но в будущем они также смогут разрабатывать новые. Исследователи начали

изучать этот вопрос с помощью программ **искусственного интеллекта**, которые позволяют создать самую необычную версию фокуса. Доктор Говард Уильямс разработал программу на основе модели эволюции, которая смогла составить свою собственную версию фокуса с головоломкой: трюк с телепортирующимся роботом (глава 11). Программа использовала алгоритм, получивший название «**генетический алгоритм**» (**genetic algorithm**), для «выведения» все более совершенных версий фокуса путем отбора наиболее эффективных, что позволило исследовать гораздо больше возможностей, чем это мог бы сделать любой фокусник-человек. Истинные компьютерные фокусники пока существуют лишь в будущем, но в один прекрасный день они смогут изобрести свои собственные совершенно новые фокусы.

Решение проблемы аутентификации

Если вы хотите стать иллюзионистом, придумывающим новые эффекты и механизмы, вам не помешает пристально приглядываться к новостям в области науки, информатики, электронной техники и современных технологий. Оттачивайте свое мастерство в создании приспособлений, как это делали многие фокусники на протяжении веков. Образцом применения такого подхода был Робер Гуден, но чтобы фокус стал действительно невероятным, нужно уметь сочетать творческий подход с элементарными эффектами, что у него получалось на ура.

Например, один из вариантов фокуса с Экскалибуром основан на оригинальной версии фокуса «Легкий и тяжелый сундук» Робера Гудена. Он создал волшебную шкатулку, которая, по его словам, была идеальным способом предотвратить кражу, так как лишала энергии даже самых сильных людей, пытавшихся ее открыть. Тем не менее шкатулка не сможет повлиять на ребенка, и он сможет открыть ее при желании. Самые сильные добровольцы из зрителей пытались открыть шкатулку, но никто так и не смог. Когда все сдались, ее с легкостью открыл ребенок из числа зрителей. Как такое возможно? В то время, сравнительно недавно, был открыт электромагнетизм. Если пропустить электрический ток через катушку с проводом, создается магнитное поле. Оберните виток проволоки вокруг железного прута, и он станет сильным магнитом. Чем больше витков провода намотано вокруг прута, тем сильнее магнит. Однако стоит отключить электричество, и магнит тоже выключится. Достаточно щелкнуть выключателем, чтобы мощные электромагниты, удерживающие железную шкатулку на столе, включались и выключались.

Современный вариант мог бы придать этому фокусу дополнительные эффекты, и, несомненно, Роберт Гуден сделал бы это, если бы жил в XXI веке. Говоря языком компьютерных технологий, роль Экскалибура в мифе заключалась в определении личности человека, державшего его в руках: был он истинным государем Британии или нет? Если да, тогда и только тогда ему разрешалось извлечь его из наковальни. Экскалибур был всего лишь устройством для **аутентификации**. Сегодня можно обойтись без секретного выключателя и использовать современные технологии аутентификации. Для этого были придуманы самые разные приспособления, так что выбирайте на свой вкус! Ключи и пароли в этой ситуации не работают, но **замки без ключа**, например, как сейчас на многих автомобилях, позволяют открыть дверь, просто взявшись за дверную ручку, если в кармане есть электронный ключ. Датчики в ручке запускают компьютер автомобиля для проверки приближения ключа к замку. Спрятанный ключ передает по радио код (аналог пароля). Если код распознан, дверь разблокируется.

Альтернативный подход – **биометрия**. Биометрическая аутентификация использует уникальные особенности людей, например их отпечатки пальцев, для проверки их личности и наличия у них необходимых прав доступа. На моем ноутбуке есть такая подушечка пальца, к которой я могу просто прикоснуться и разблокировать его, не набирая пароль.

Мой планшет, напротив, использует систему **распознавания лиц**. Он разрешает мне войти, потому что распознает уникальные черты моего лица, как это делают некоторые системы ускоренного паспортного контроля в аэропортах для быстрого прохождения иммиграционного контроля. Еще одной альтернативой может служить **голосовая аутентификация**, когда уникальные особенности вашего голоса помогают вас идентифицировать. (Такие системы могли бы пригодиться и для того, чтобы волшебные слова действительно срабатывали!)

Любой из этих способов (и не только) может быть использован для того, чтобы фокус сработал с вами и только с вами, как в случае с Экскалибуром. Тем не менее как только технология получает широкое распространение, ее уже не так просто использовать в фокусе. Необходимо отвлечь внимание от происходящего, чтобы это по-прежнему казалось волшебством. Частично это можно сделать с помощью включения фокуса в какую-нибудь историю (например, о поиске законного короля или королевы Британии). Еще одним способом является совмещение с другими иллюзиями, чтобы очевидные пути казались

невозможными. Именно здесь и проявляется творческая инициатива. Все в ваших руках.

Интермедия: Ричард Гэрриотт

Ричард Гэрриотт (Richard Garriott) сколотил свое состояние в качестве программиста и разработчика игр, создавая массовые многопользовательские ролевые онлайн-игры (термин, который он сам и придумал). Он также увлекается искусством показа фокусов и является астронавтом. В 2008 году он посетил Международную космическую станцию и в условиях низкой гравитации из космоса провел первое в истории магическое шоу, которое транслировалось на Землю. В науке и технике всегда есть новые горизонты, а вместе с ними и новые горизонты для искусства демонстрации фокусов.

Изобретайте свои собственные способы подачи фокусов, придумывайте новые версии старых и создавайте совершенно новые фокусы с опорой на собственные знания и навыки в области математики, науки, техники и особенно вычислительной техники.

Дополнительная литература (на английском языке)

Найти ресурсы для использования фокусов из этой книги можно на сайте <https://conjuringwithcomputation.wordpress.com>.

Множество других материалов по магии и компьютерным наукам можно найти на сайте <http://www.cs4fn.org/magic/>.

Ресурсы по магическим вычислениям для учителей можно найти на сайте <https://teachinglondoncomputing.org/magic/>.

История магии и волшебников

1. *Hiding the Elephant*, Jim Steinmeyer, Arrow Books, 2005.
And that's renaissance magic..., Lucy McDonald, *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/world/2007/apr/10/italy.books>, 10 Apr 2007.
2. *Magic: 1400s–1950s*, Noel Daniel (Ed.), Taschen.
3. *Famous Female Magicians Through the Ages*, Katherine Mills, <https://www.katherinemills.co.uk/blog/most-famous-femalemagicians-of-all-time>.
4. *David Copperfield's History of Magic*, David Copperfield, Richard Wiseman and David Britland, Simon and Shuster, 2021.
5. *The Discoverie of Witchcraft*, Reginald Scott, 1886. Available from <https://archive.org/details/discoverieofwitc00scot/>.
6. Dot-dash-diss: The gentleman hacker's 1903 lulz, Paul Marks, *New Scientist* issue 2844, 2011. <https://www.newscientist.com/article/mg21228440-700-dot-dash-dissthe-gentleman-hackers-1903-lulz/>.
7. Wikipedia. www.wikipedia.com.

Самодельствующие волшебные фокусы

1. *Self-working Card Tricks*, Karl Fulves, Dover, 1976.
2. *Self-working Mental Magic*, Karl Fulves, Dover, 1979.
3. *Self-working Table Magic*, Karl Fulves, Dover, 1981.
4. *Self-working Number Magic*, Karl Fulves, Dover, 1983.

Основные магические фокусы

1. *Magic and Showmanship, a Handbook for Conjurers*, Henning Nelms, Dover, 1969.

2. *Martin Gardner's Table Magic*, Martin Gardner, Dover, 1998.
3. *Encyclopedia of Impromptu Card Forces*, 2nd Edition, Lewis Jones, 2004.

Оптические иллюзии и искусство «оп-арт»

1. *Japanese Optical and Geometrical Art*, Hajime Ōuchi, Dover Pictorial Archive, 2000 (original edition 1977).
2. *Bridget Riley*, accompaniment to exhibitions of Riley's work, National Galleries of Scotland, Hayward Gallery, 2019.

Магия и математика

1. *Mathematics, Magic and Mystery*, Martin Gardner, Dover, 1956.
2. *Mathematical Magic*, William Simon, Dover, 1964.
3. *Magical Mathematics*, Persi Diaconis and Ron Graham, Princeton University Press, 2012.

Магия и компьютерная наука

1. *The Magic of Computer Science*, Paul Curzon and Peter W. McOwan, Queen Mary University of London, 2008.
2. *The Magic of Computer Science II*, Now We Have Your Attention, Paul Curzon, Peter W. McOwan and Jonathan Black, Queen Mary University of London, 2009.
3. *The Magic of Computer Science III*, Magic Meets Mistakes, Machines and Medicine, Paul Curzon and Peter W. McOwan, Queen Mary University of London, 2015.

Информатика без электричества

1. *CS Unplugged*. Tim Bell, Ian Witten and Michael Fellows (founders). <https://www.csunplugged.org/>.
2. *Teaching London Computing*, Paul Curzon, Peter W. McOwan and William Marsh (founders). <https://teachinglondoncomputing.org/>.

Компьютерная наука

1. *The Power of Computational Thinking: Games, Magic and Puzzles to Help You Become a Computational Thinker*, Paul Curzon and Peter W. McOwan, World Scientific, 2017.

Взаимодействие человека и компьютера, познание и вычисления

1. *Cognition in the Wild*, Edwin Hutchins, MIT Press, 1995.
2. *The Design of Everyday Things*, Donald Norman, MIT Press, 1998.

Фильмы о магии

1. *The Prestige*, directed by Christopher Nolan, 2006.

2. *The Illusionist*, directed by Neil Burger, 2006.
3. *Now You See Me*, directed by Louis Leterrier, 2013.

Романы о магии

1. *The Prestige*, Christopher Priest, Simon and Schuster, 1995.
2. *Carter Beats the Devil*, Glen David Gold, Sceptre, 2001.

Благодарности

Благодарю свою семью за то, что терпит мои постоянные исчезновения ради написания книг, и особенно Дэниела за его интерес к моему увлечению магией. Сэма Стейна – за его консультации по первым главам. Огромное спасибо всем сотрудникам World Scientific, особенно Рошель Крончек за то, что нашла нас. Джонатан Блэк, Джейн Уэйт и Джо Броуди работали над проектом cs4fn, в то время как мы создавали первоначальные магические концепции. Я также хотел бы поблагодарить всех, кто поддерживал проект cs4fn в Лондонском университете королевы Марии и в других странах с момента его создания, и особенно Исследовательский совет по инженерным и физическим наукам (Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC), который предоставил основное финансирование для проекта cs4fn. Мы также разрабатывали многие концепции взаимосвязи магии и интерактивного дизайна в рамках финансируемого EPSRC исследовательского проекта CHI+MED, посвященного разработке более безопасных медицинских устройств. Среди других крупных спонсоров нашей работы по привлечению общественности можно назвать Google и мэра Лондона. «Око циклопа» было создано Келли Берроуз по проекту Питера, а исходную иллюзию предоставил Хаджиме Ооти в свободном доступе для использования дизайнерами. Келли также была автором дизайна нашего журнала cs4fn. Пол нарисовал телепортирующегося робота. Википедия оказала неоценимую помощь в написании книги и особенно в изучении и проверке фактов о биографии ученых и магов. Тим Белл обратил внимание на некоторые мои ошибки. Питер подготовил большинство фокусов, основываясь на своем многолетнем опыте изучения магии. Я также благодарен Джейн Макоуэн и остальным членам семьи Питера за их энтузиазм и поддержку в процессе работы над этой книгой и за передачу его коллекции магических книг; некоторые из моих любимых и тех, которые я нашел наиболее полезными для изучения магии и ее истории, включены в эту книгу наряду с теми, которые, как мне известно, были любимыми книгами Питера. Несомненно, Питер включил бы в книгу и другие издания, которые я пропустил, поэтому приношу свои извинения за возможные упущения.

Предметный указатель

A

A320, 238
Apple, 117
Ariane, 87

C

Спецификация API, 156

E

EDSAC, 156
ENIAC, 288

J

Java, 39

K

KISS (принцип дизайна), 109

P

Python, 39

S

Scratch, 39

X

Xerox PARC, 253

A

Абак, 40, 366
Абстрагирование, 122
Абстракция, 14, 111, 112, 116, 118, 121, 129, 139, 183, 275, 303, 364
Абстракция графа, 305
Абстракция процедурная, 14, 15, 132
Авиакатастрофа, 238
Автомат, 31, 357, 360, 370
Автоматика, сюрпризы, 235, 238
Автоматическая верификация программ, 182
Ада Лавлейс, 148
Аделаида Херрманн, 270
Актуальный параметр, 146
Алан Тьюринг, 32, 163
Алгебра, 271, 275

Алгоритм, 34, 38, 54, 63, 71, 85, 92, 108, 121, 156, 175, 199, 265, 287, 296, 320, 321, 364, 368

Алгоритм генетический, 371

Алгоритм ИИ, 339

Алгоритмические инструкции, 39

Алгоритмическое мышление, 10, 98, 364

Алгоритм карточный, 131

Алгоритм магический, 42, 48, 54, 59, 69, 80, 91, 97, 101, 106, 115, 120, 126, 131, 132, 135, 140, 144, 150, 154, 160, 165, 167, 171, 180, 186, 191, 198, 203, 208, 214, 224, 232, 236, 241, 250, 257, 264, 273, 284, 291, 294, 301, 311, 319, 325, 331, 337, 344, 358, 363

Алгоритм машинного обучения, 339

Алгоритм поиска, 132, 168, 188, 287, 294, 364

Алгоритм, спецификация, 136

Алгоритм фокуса, 225

Алекс Элмсли, 298

Алхимик, 61

Аналитическая машина, 148

Аналитический механизм, 200

Аполлон, 77

Аргументация, 85, 115, 271, 364

Аргумент, доказательство, 322

Аргумент логический, 51, 78, 178

Аргумент, разбиение, 89

Аристотель, 51

Арифметика, 40, 51, 148, 193, 206, 366

Архитектура фон Неймана, 288

Аутентификация, 371

Аутентификация биометрическая, 372

Аутентификация голосовая, 372

Аутентификация по отпечатку пальца, 372

Аутентификация с распознаванием лиц, 372

Б

Баг, 64, 66, 74, 87

Базз Олдрин, 77

Банкомат, 252

Безопасность, 182, 280, 316, 321

Бертрам Р. Форер, 336

Библиотека, 132, 141, 152, 153, 155, 161

Биологическая вычислительная машина, 365

Биологические технологии, 360

Биометрия, 372

Боб Хаммер, 94

Большие данные, 339, 369

Борис А. Кордемский, 110

Бриджет Луиза Райли, 99
 Булева алгебра, 51
 Булево выражение, 49

В

Векторная графика, 209
 Верификация программ, 279
 Взаимодействие человека и компьютера, 219, 243, 366
 Взаимодействие человека и компьютера, дизайн, 366
 Взаимодействие человека и компьютера,
 психология, 366
 Видеонаблюдение, 331, 333
 Видимость состояния системы, 235
 Визуальное восприятие, 99
 Визуальное отображение, 235
 Визуальный дизайн, 117
 Виртуальный мир, 349
 Внимание, 220, 223, 225, 228, 232, 251, 366
 Внимание к деталям, 364
 Внутреннее состояние, 235, 237, 243
 Вольфганг фон Кемпелен, 358
 всплывающее меню, 253
 Выбор, 49
 Вызов, процедуры, 132, 156, 177
 Вызов, функции, 168
 Выпадающее меню, 104
 Высокоуровневый язык программирования, 64
 Вычисления на основе биологических принципов, 360
 Вычислительное мышление, 29, 128, 364, 368
 Вычислительный агент, 39, 367

Г

Гарри Блэкстоун-старший, 45
 Геймификация, 369
 Генри Диркс, 353
 Герман Голдстин, 288
 Говард Терстон, 142
 Готфрид Лейбниц, 206
 Граф, 299, 303
 Графический пользовательский интерфейс, 98
 Граф, проблема, 302
 Граф, ребра, 303
 Граф, узлы, 303
 Грейс Хоппер, 64
 Гудини, 308
 Густав Кун, 229

Д

Двоичный, 201, 204, 209, 215, 312
 Декодирование, 320
 Декомпозиция, 118, 121, 122, 125, 132, 156, 167, 289,
 295, 364
 Десятичные числа, 200, 201, 205
 Джамбаттиста делла Порта, 353
 Джеймс Рэнди, 347

Джей Осе, 246
 Джозеф Ястров, 189
 Джон Генри Пеппер, 353
 Джон Маккарти, 169
 Джон Невил Маскелайн, 152
 Джон фон Нейман, 288
 Джордж Антейл, 334
 Джордж Буль, 51
 Дизайнерская метафора, 155, 240, 245
 Дизайн интерфейса, 243
 Динамо, 308
 Динамо-машина, 124, 308
 Дисплей приоритетной сигнализации, 77
 Доверенное лицо, 327
 Доказательство с нулевым разглашением знаний, 280
 Домино, 307
 Дон Норман, 239
 Дополненная реальность, 352
 Допущение, 98, 134, 136, 137, 244
 Дрон (беспилотный летательный аппарат), 360
 Дэвид Байер, 133
 Дэвид Боуи, 138
 Дэвид Девант, 173
 Дэвид Уилер, 156

Ж

Жаннет Уинг, 128
 Жан-Эжен Робер-Гуден, 31

З

Замок без ключа, 372
 Защищенная операционная система, 326
 Защищенная сеть, 328

И

Идеомоторная реакция, 345
 Иконка, 117, 245, 253
 Иконки, 116
 Инвариант цикла, 263, 264, 265
 Индийско-арабская система счисления, 195, 199
 Индуктивное доказательство, 264
 Индуктивное рассуждение, 265
 Инструкции низкого уровня, 64
 Интернет, 308
 Интерфейс, 104, 109, 158, 161
 Интерфейс взаимодействия, 227
 Интерфейс, графический пользовательский, 102
 Интерфейс, мультимодальный, 102
 Интерфейс, пользовательский, 98, 226, 243
 Интерфейс, пользовательский графический, 117, 251
 Интерфейс, разработка, 233
 Интерфейс, сигнальные символы, 366
 Инфузионный дозатор, 227
 Искусственный интеллект, 32, 169, 234, 371
 Исмаил аль-Джазари, 361

К

Кабина пилота, 352
 Калькулятор, 58, 197
 Карл Зенер, 254
 Карта с пин-кодом, 44
 Карты Зенера, 254
 Келли Берроуз, 97
 Кибербезопасность, 369
 Кипу (Qipú), 187
 Кнопка, 51, 104, 227, 244
 Код, 372
 Кодирование, 320
 Кодовое слово, 321
 Код с контролем ошибок, 215
 Код с коррекцией ошибок, 215
 Колумбово яйцо, 138
 Комментарий, 134, 135, 162
 Коммуникационные технологии, 194
 Коммуникационный протокол, 326
 Компилятор, 64
 Компьютерные программы, 85
 Компьютерные системы, 366
 Компьютерные системы, защищенные, 327
 Контроль процессов, 11, 52, 55
 Конфиденциальность, 194, 280, 309, 338, 342, 369
 Концептуальная модель, 240, 243, 246, 366
 Королева магии, 270
 Король Артур, 362
 Корректность программы, 12, 78
 Криптография, 316, 321
 Критичная система, 76
 Курсор, 228

Л

Левитация, 152
 Легитимный канал, 309, 369
 Легитимный канал связи, 326
 Леонард Эйлер, 304
 Логическое мышление, 364
 Логическое рассуждение, 179, 266, 275, 306
 Ложный выбор, 158
 Лоренцо Черч, 169
 Лука Пачоли, 210
 Лулу Херст, 103

М

Магический алгоритм, 36
 Магический круг, 173
 Майкл Фарадей, 124
 Манхэттенский проект, 288
 Маргарет Гамильтон, 77
 Маринер, 87
 Массовая многопользовательская ролевая
 онлайн-игра, 373
 Математическая головоломка, 110

Математическая индукция, 265
 Математическая модель, 271, 275, 279
 Математическая спецификация, 162
 Математическая функция, 169
 Математически проверяемые данные, 138
 Математическое доказательство, 85
 Машина Тьюринга, 32
 Маятник Шевреля, 342
 Мебиуса, лента, 41
 Ментализм, 329, 369
 Ментальная модель, 244, 245
 Метод, 168
 Многоуровневая декомпозиция, 141
 Модель дизайна, 243
 Мозг, 365
 Мозг–компьютер, интерфейс, 370
 Мозг, ограничения, 96, 97, 98, 100, 102, 109, 192
 Морис Уилкс, 156
 Мосты Кенигсберга, 304
 Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми, 40

Н

Навахо, 321
 Наголовный дисплей, 352
 Нательная сеть, 370
 Невил Маскелайн, 194
 Никола Тесла, 138
 Ноев ковчег, 270
 Носимый компьютер, 370
 Нотация, 58, 60, 146, 162, 364

О

Обобщение, 143, 146, 295, 305, 364
 Обобщение, алгоритм, 287
 Обобщение, программа, 174
 Обработка данных, 98, 164, 339
 Обработка данных предварительная, 168
 Образ системы, 243
 Обратная операция, 60
 Обратная связь, 237, 366, 367
 Обратная функция, 60
 Объектно ориентированный язык
 программирования, 253
 Обязательство, 122
 Око циклопа, 96, 378
 Оп-арт, 99
 Оператор IF, 49
 Операция перемещения (jump)
 Операция перехода (goto), 88
 Оптическая иллюзия, 97, 99, 102
 Отладка, 74
 Отображение состояния системы, 238
 Оценка (анализ), 87, 239, 259
 Оценка, методы, 76

П

Память, компьютера, 87, 128, 199, 288
 Память, оперативная, 247, 251
 Память, человека, 247, 251
 Параметр, 16, 75, 145, 146, 172, 235
 Параметризованная декомпозиция, 145
 Паранормальная способность, 254, 347
 Пароль, 280, 321, 338, 372
 Пенн Джиллетт, 57
 Передача данных, 316, 326, 328, 369
 Переизбыток функций, 109
 Переменная, 275, 278
 Переменный ток, 138
 Перенаправление времени, 250
 Перестановка, 82
 Перси Диаконис, 133
 Песочная доска, 40
 Пиддингтон, Сидни и Лесли, 329
 Пиксель, 209, 314
 Пиксель-арт, 117
 Питер У. Макоуэн, 234
 Поворот, 122
 Повторение, 52, 295
 Подпрограмма, 168
 Поймать пулю, 270
 Полный по Тьюрингу, 55
 Пользовательская модель, 243, 244
 Пользовательская поведенческая модель, 366
 Пользовательский опыт, 260, 367, 368, 369
 Поразрядная сортировка, 297
 Последовательность, 41
 Последовательность инструкций, 43, 49, 55, 177
 Последовательность состояний, 148
 Последовательность функций, 172
 Постоянный ток, 138
 Постусловие, 136, 137, 174, 177, 264
 Потенциальная ошибка памяти, 251
 Поток управления, 43, 44, 49, 51, 56
 Представление данных, 183, 188, 199, 205, 299, 303, 305, 365
 Представление информации, 187
 Предусловие, 136, 137, 174
 Презентация, 225
 Прерывание, 252
 Престиж, 122
 Призрак Пеппера, 350, 353, 370
 Призрачный эффект, 352, 353
 Принцип декомпозиции, 294
 Принцип индукции, 263
 Принцип математический, 287
 Принцип проектирования, 366
 Принцип «разделяй и властвуй», 295
 Программа, 39
 Программная ошибка, 87
 Простота использования
 Юзабилити, 226

Протокол безопасности, 138
 Профессиональная этика, 342, 345, 346
 Процедура, 118, 122, 172
 Процедурная абстракция, 122, 127, 129, 141, 151, 156
 Псевдокод, 64
 Психология, когнитивная, 109, 226, 228, 231, 366
 Психология, социальная, 366
 Психометрия, 189
 Пуантилизм, 99, 117

Р

Растровая графика, 209
 Реальность, виртуальная, 349
 Реальность, дополненная, 28, 349
 Реджинальд Скот, 322
 Рекурсивное решение проблем, 295
 Рекурсия, 295
 Римские цифры, 193
 Ричард Гэрриотт, 357, 373
 Роберт Флойд, 182
 Робот, 354, 359
 Робот мягкий (пластичный), 360
 Робототехника, 354, 359, 360, 361
 Роевые вычисления, 360

С

Сайт магазина, 233, 253
 Самостоятельно работающий фокус, 38, 39, 261, 367
 Самый дорогой фокус в мире, 57
 Сбои телефона, 87
 Сеймур Пейперт, 128
 Секвенция
 Последовательность, 43
 Секретный код, 317, 320, 369
 Семафор, 320
 Серат, 99
 Символ, 29, 148, 156, 321, 365
 Системный образ, 243, 244
 Скачкообразная перестройка частоты, 334
 Скрытый канал, 309, 333, 369
 Слияние разумов, 272
 Совместное редактирование, 253
 Сообщество слежки, 333
 Социальная инженерия, 338
 Социальная сеть, 169, 338, 339
 Социальный контекст, 366
 Спагетти-код, 88
 Спецификация, 135, 136
 Стеганография, 310, 312, 321, 328, 369
 Стивен Фрейн, 308
 Структура данных, 156, 168, 305
 Структура компьютера, 288
 Структура цикла, 56
 Структурированное программирование, 55, 88
 Сьюзен Кэр, 117

Эм Ллойд, 110

Т

Творчество, 357, 361, 370, 373
 Творчество машинное, 370
 Текстовый редактор, 227
 Телеграф, 194
 Телепат, 254, 263
 Телепортация, 125
 Телепортирующийся робот, 109, 371
 Тестирование, 32, 66, 71, 76, 364
 Тестирование, сквозное, 77
 Тест Тьюринга, 32
 Технология слежения за глазами, 229
 Тим Белл, 218
 Томас Эдисон, 45
 Томми Флауэрс, 163
 Тони Хоар, 182
 Топология, 43
 Трехкарточная игра «Монте», 90
 Троянский конь, 333

У

Удовольствие, инженерное, 254, 369
 Уильям Хупер, 110
 Уильям Шекспир, 67
 Умные очки, 353
 Унарный, 192
 Универсальный язык программирования, 63
 Управляющая структура, 10, 43, 51, 52
 Уровень абстракции, 140
 Уровень безопасности, 323
 Утверждение, 137, 175, 176, 265, 345
 Утверждение, доказательство, 267
 Утверждения Барнума, 336
 Утверждения, цепочка, 177
 Утечка информации, 323, 326, 333, 369

Ф

Фелисьен Треви, 45
 Финеас Т. Барнум, 341
 Фокусировка внимания, 220, 233
 Фокусник, 39
 Формальная логика, 206
 Формальный параметр, 146
 Фрэнсис Бэкон, 312, 315
 Функциональный язык программирования, 169
 Функция, 167
 Фэй Престо, 261

Х

Хадзиме Ооти, 97, 99
 Хакер, белый, 342, 346
 Хакер, черный, 342, 346

Хеди Ламарр, 334

Ц

Цепочка связей, 307
 Цепочка утверждений, 265, 269
 Цикл, 55, 113, 154, 302
 Цикл, инварианты, 263
 Цикл, разновидности, 55
 Цикл со встречным управлением, 56
 Цикл со счетчиком, 56
 Цикл, тело, 55
 Цифровой компьютер, 163
 Цифровой мир, 207, 209
 Цифровые данные, 218
 Цифровые деньги, 316

Ч

Чарльз Бэббидж, 148, 200
 Часы Судного дня, 282
 Человекоподобный автомат, 361
 Четности бит, 216
 Четность, 216, 306, 356

Ш

Шафи Голдвассер, 280
 Шахматный компьютер, 358
 Шеврель, Мишель Эжен, 345
 Шифр, 32, 316, 321
 Шифр Цезаря, 321
 Шриффт, 117, 315

Э

Эдвард Сноуден, 327
 Эдвин Хатчинс, 365
 Эдсгер В. Дейкстра, 88
 Экскалибур, 362
 Экспертиза, 364
 Электричество, 31, 371
 Электромагнетизм, 31, 124, 371
 Энигма, 163
 Эффект Барнума–Форера, 336

Я

Язык программирования, 39, 88, 137, 368
 Язык спецификаций на основе логики, 162
 Якоб Нильсен, 239
 Ясновидящий, 323, 330

Пол Керзон, Питер У. Макоуэн

Волшебство и вычисления

*Практическое пособие для начинающих
фокусников и программистов*

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
dmkpress@gmail.com

Перевод *Бахур В. И.*

Корректор *Синяева Г. И.*

Верстка *Паранская Н. В.*

Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Формат 70*100 1/16.

Усл. печ. л. 31.2.

Тираж 100 экз.

Веб-сайт издательства: **www.dmkpress.com**

Совершенствуйте свои навыки фокусника одновременно с изучением основ информатики!

Команда проекта «Компьютерные науки ради забавы» (Computer Science for Fun, CS4FN) приглашает вас познакомиться с книгой, благодаря которой вы научитесь показывать фокусы и проводить магические шоу. Каждая глава шаг за шагом раскрывает секреты выполнения простых фокусов, а затем в увлекательной форме рассказывает о связанных с ними фундаментальных идеях информатики.

Вы рассмотрите:

- карточные фокусы, работающие сами по себе;
- магические головоломки, ящики и другие предметы;
- обманные перетасовки и переключивания карт;
- фокусы с ошибочным выбором;
- фокусы с книгами и картинками;
- фокусы со сверхспособностями, ясновидением и привидениями;
- фокусы с применением информационных технологий.

Также вы узнаете, почему именно вычисления являются основой фокусов; почему данные представляются разными способами; как создать удобное программное обеспечение; почему основой программирования считается математика; на каких принципах построены кибербезопасность и конфиденциальность.

В книге представлены профили ученых-компьютерщиков, а также фокусников, имевших отношение к технологиям на протяжении всей истории человечества.

Издание призвано стать развлекательным путеводителем для молодых читателей, которые делают первые шаги в познании вычислительного мышления.

 World Scientific


ИЗДАТЕЛЬСТВО

www.dmk.pf



ISBN 978-5-93700-314-0



9 785937 003140 >

Bonus Chapter 51

The Sixth Finger

Virtual Reality and Robotic Limbs

Conjuring

You show volunteers that they have an invisible sixth finger that they were not aware of. Even though they cannot see it, they can feel it.

Computation

Robotic body augmentation research involves exploring how to give people robotic limbs to increase their abilities.

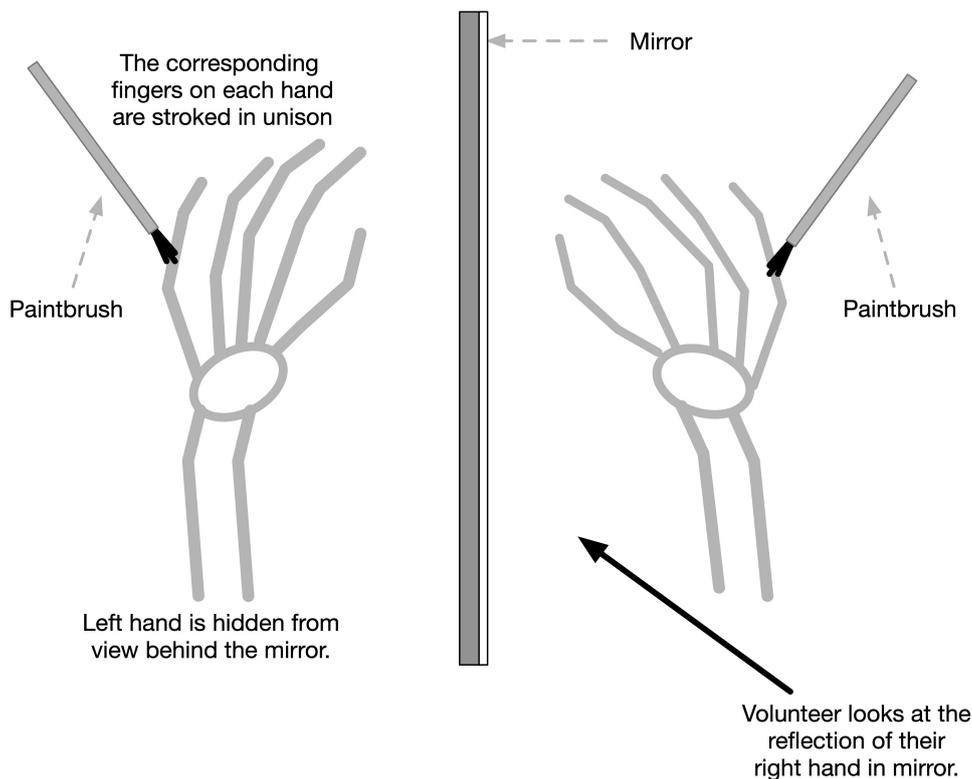


Figure B51.1 In the sixth finger illusion, the volunteer places their hands either side of a mirror, looking at one hand in the mirror so that the other is hidden. The magician then brushes corresponding fingers in unison with a paintbrush. Finally, they brush the empty space next to the visible hand while brushing the little finger of the hidden hand.

The trick

You have a volunteer sit at a table side on to a mirror. They place one hand either side of the mirror and you sit opposite them. (See **Figure B51.1**) Throughout the trick they look at one hand in the mirror with the other hidden from them behind the mirror.

You explain that back in the dawn of time when the first animals had many more fingers and toes. Over aeons they were lost, evolved away, depending on the use the particular animal had for them. A velociraptor has three digits, claws for tearing up prey, a horse only one, its hooves for running on. Humans, descended from apes, were left with more fingers due to the need to grip branches when in trees. We all ended up with five fingers we can see but as you point out you can show the volunteer that they also have also kept an invisible sixth finger next to their little finger: they cannot see it but you can show it is there as they will feel it when you stroke it.

Using a pair of paintbrushes, you stroke each finger of the hand they can see in the mirror, one after another. At the same time you stroke the equivalent finger on their other hidden hand. Start with the thumbs, stroking them together several times, then move on to the index finger and so on. After stroking their two little fingers together, carry on stroking the little finger of their hidden hand but now, at the same time stroke the air just beyond their little finger as though there were a sixth finger there. As you move from finger to finger count them saying, "So this is your first, ... this is your second ... and so on, until when you get to stroking the empty air you say "...and this is your sixth finger". Ask if they can feel their sixth finger being stroked. Most people will feel that they do have an extra finger,

though for a few it will just feel really, really weird. Going through the stroking again can sometimes then lead to them feeling the effect, but if it does not then just tell them their brains are uniquely strong in resisting the magic ... and move on to the next person.

The Magical Algorithm

Here it is the trick written out as a series of steps in a structured way similar to the way that computer scientists write out instructions as an algorithm. It is a magical algorithm.

TO DO The Sixth Finger:

1. You place a mirror on the table.
2. The volunteer sits side on to the mirror and places one hand on the table on either side of the mirror so that their right hand is in front of the mirror and their left hand is behind the mirror.
3. You, the magician, sit opposite them so that the mirror is between you but facing at right angles to you both.
4. The volunteer looks in the mirror at their right hand throughout (they should not be able to see their left hand).
5. Explain that everyone has an invisible sixth finger that they can feel but not see and you as a practicing magician can make them aware of. Explain that they should look in your magical mirror at all times as it is only through it that they will feel their sixth finger.
6. Say "This is your first finger."
7. DO THE FOLLOWING 5 TIMES
 - a) Holding a paint brush in each hand, stroke both the person's thumbs in synchrony, working from the bottom of the thumb up to the nail.
8. SET a counter n TO BE 1
9. DO THE FOLLOWING 4 TIMES
 - a) Move on to the volunteer's next pair of fingers.
 - b) INCREASE n by 1.
 - c) SAY "This is finger $\langle n \rangle$ " (where for $\langle n \rangle$ you say the current value of counter n).
 - d) DO THE FOLLOWING 5 TIMES
 - i) Stroke those two fingers of the volunteer with the paintbrushes, one on each hand, in synchrony, working from the bottom of the finger up to the nail.
10. Say this is your sixth finger
11. DO THE FOLLOWING 5 TIMES
 - a) With the paintbrushes, stroke the little finger of their left hand (the one they cannot see) in synchrony with stroking the space next to the little finger of their right hand as though there was a sixth finger there (the hand they are looking at in the mirror).
 - b) Ask if they can now feel you stroking their sixth finger ... and tell them they need to look after their invisible finger or they could lose it!

How it works

As with the Magically Weighted Boxes (Chapter 10) this is an illusion of your senses. Just as optical illusions make you see things that are not there, your brain can also be fooled into feeling things that are not there, and even confusing your brain about what is and is not part of your body.

We learn about our five senses of sight, hearing, touch, smell and taste. However, we actually have far more senses than that. One of our senses of balance, another called **Proprioception** is our sense of our body: so our posture and the relative position of the parts of our body as well as their movement. This is how we know, without looking, where our hand is at any time, for example. Shut your eyes and you can touch your nose even if you move your head around first (try it). At all times you know where both your nose and hand are so that you can unerringly touch your nose, even without seeing what you are doing.

In this illusion your brain is being tricked because of contrasting information from your sense of sight and sense of touch. The result is that your brain builds a faulty model of your body from the information it is being given. It makes a mistake in combining the different streams of information as it is the only way it can make sense of the different information it is processing. It works even when the person knows what you are doing and even if they watched it being done to someone else. It is not about what they believe but about what they see and feel in the moment.

Roger Newport and a team of his students reported on this illusion and how it can be created using a mirror in this way. It is called the “Anne Boleyn illusion” because there is a myth that Henry VIII’s wife had six fingers. The more general effect where people perceive illusions about proprioception dates back to 1937 when it was reported in a paper by J. Tastevin. A later classic experiment along these lines, by Botvinick and Cohen, involves making people feel that a rubber hand is theirs just because they see it being touched at the same time as their hidden real hand is touched. These kinds of illusions have been used by neuroscientists and psychologists to understand how our brains integrate sensory information.

Thinking Computationally

The illusion shows that our brain doesn’t have a fixed description of what is and is not our body. It can be manipulated. That matters in lots of ways to computer scientists. To anyone aiming to create **artificial intelligences** based on how our brain works this gives insight into the way our brains combine different information from our senses. A computer ‘brain’ that works the same way as a human brain does should experience the same illusion. If it does not then it is not working the same way! Making computer models like this (**computational modelling**) also validates our understanding. If the model doesn’t replicate the illusion then our understanding of exactly what is going on is still lacking.

It matters to those aiming to create more complete **virtual reality** too. It shows how virtual reality goggles alone are not enough to give a full virtual experience but suggests how it might be possible to feel even more totally embodied in an avatar. We need to replace touch not just sight in the virtual world.

Another related area of computer science research is that of **wearable computing** and in particular **robotic body augmentation**. Here, researchers are exploring how to enhance our bodies and so our abilities by giving us extra robotic limbs, Dr Octopus-style as in the Spiderman comics and films. In experiments, for example, people have been given an actual extra sixth finger, or an extra limb either using physical robotics or simulating it in a

virtual reality world, controlled for example by foot movements. These experiments have shown that we can control such extra limbs without necessarily losing the ability to control our real limbs: the extra finger or arm does not interfere. For some tasks it also helps us do tasks. There is a long way to go before we have a Dr Octopus roaming the city. However, this work suggests that giving humans extra robotic limbs, or their avatars extra virtual limbs, could in the future help us do things better: our brains will likely be able to adapt. An obvious application is for surgeons to be given extra robotic arms to help them do complex surgery without needing helping hands from other humans, so avoiding communication problems that could lead to mistakes. Another possibility might be to give carers of the elderly or disabled extra limbs, for example, to help them help the person get in or out of bed. This might be better than having fully robot carers, say, which would lose the important human side of a caring job. It might, however, make care costs more affordable allowing more people to be properly looked after on limited care budgets.

Further Reading

Newport, R., Wong, D. Y., Howard, E. M., & Silver, E. (2016). The Anne Boleyn Illusion is a Six-Fingered Salute to Sensory Remapping. *I-Perception*, 7(5). <https://doi.org/10.1177/2041669516669732>

Bonus Chapter 52

Magically Winning by Symmetry

Invariants and loops

Conjuring

You play a coin game you can't lose, powered by symmetry and by a magicians trick.

Computation

To be sure that algorithms containing loops work, computer scientists think about invariants: the things that do not change as a the steps of the algorithm are followed.

The trick

This is a trick in the form of a game that you never lose. Beware of people challenging you to games like this for money as they are likely a con!

You need a square paper napkin as a game board. You will also need a large pile of 2p coins as the pieces for the game. Fold the napkin diagonally into a triangle. Fold that triangle in half again, corner to corner, making neat creases in the folds. Open it back up to the original square again. You should have made a cross with the diagonal creases in the exact centre of the napkin.

Challenge someone to a game pointing out that through the use of your mathematical, magical powers, you have never lost! Explain that the game involves taking it in turns to place a coin on the napkin. You lose if you can't play a coin without overlapping the edge of the napkin, or an existing coin.

You play a game, having given your opponent the choice of going first or second, and, of course, you win!

How it works

The key to always winning is two-fold: some maths and a magician's trick. The magician's trick is called a **false choice**. You ask your opponent if they want to go first or second. If they want to go second, place your first coin exactly on the middle of the napkin square over the folded cross. Here is the trick, though. If they want to go first, then you do something different. You introduce the "last rule" of the game: before you begin there is a coin placed exactly on the centre. Put one there and then it's their go. They appear to have a choice but whatever they choose, the same thing happens: a coin is always positioned in the middle before their first turn.

The mathematical part of the trick is that there is a **winning strategy** based on **symmetry**. Having fixed the game with the false choice, so that before their turn a coin is always placed in the centre, your opponent will need to place the next coin. Wherever they place a coin, you place yours in an exactly symmetrical position on the opposite side of the central coin. If they put a coin exactly in a corner, you put yours exactly in the opposite corner. If they put theirs 2 cm from the middle at the 3 o'clock position, you put yours 2 cm from the middle at the 9 o'clock position, and so on (see [Figure B52.2](#)).

By doing this, whenever they are still able to make a move, so are you because the mirror image position must also be free. They will run out of napkin before you do because of the symmetry. Filling that centre position was important as it is the only place on the board without a matching symmetrical position and ensures all moves then do have a symmetrical position.

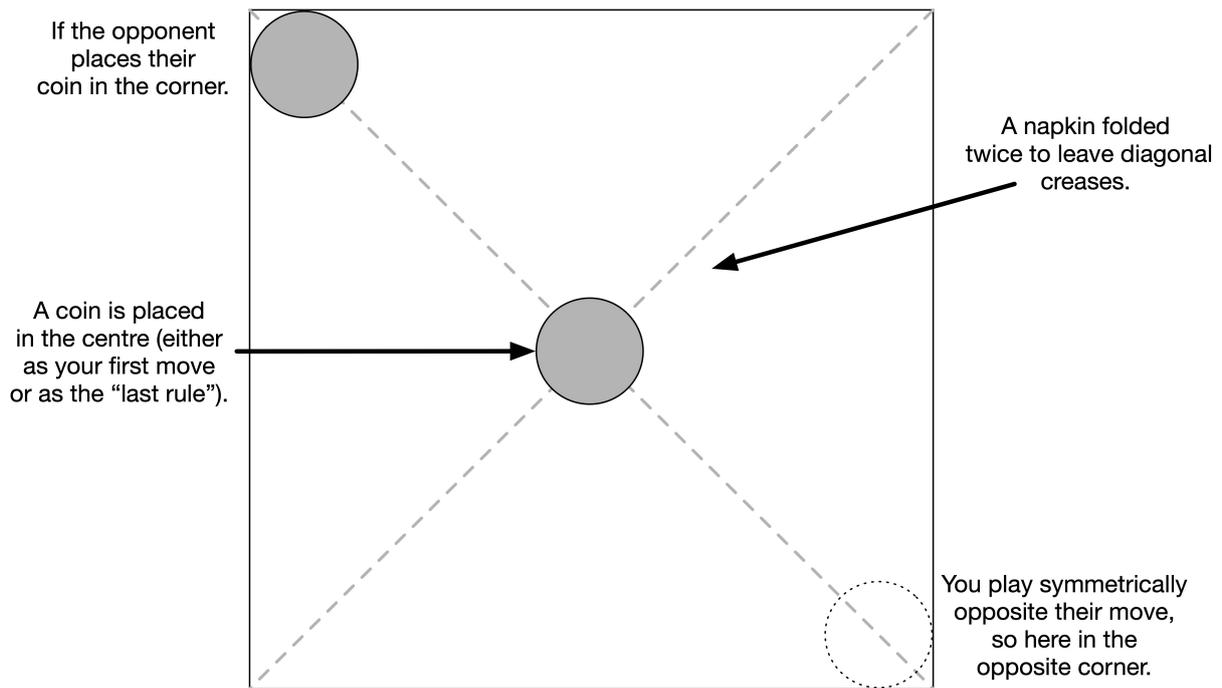


Figure B52.2 Play on a napkin with diagonal creases. There is always a coin in the centre before the opponents first move. You copy their moves symmetrically across the centre.

The Magical Algorithm

TO DO Magically winning by symmetry:

1. Explain that you can win games using your magical powers. There is one game you have never lost. You will demonstrate.
2. Make a pile of forty 2p pieces, saying that they will be the pieces of the game.
3. Take a 16cm square paper napkin from your pocket and say that it will be the board.
4. Fold the napkin diagonally into a triangle.
5. Fold the triangle in half corner to corner.
6. Open the napkin back out into a square and place it on the table next to the coins.
7. Explain the basic rules of the game.
8. Ask a volunteer opponent if they want to go first or second.
9. IF they choose to go second
THEN as your first move place a 2p in the centre of the napkin.
ELSE
 - a) introduce the rule that the game starts with a coin in the very centre of the board to play round.
 - b) Place a coin in the centre
10. REPEAT WHILE there is space left to place a coin
 - a) The opponent places a coin

- b) You place a coin in an exactly symmetrical position the other side of the central coin.

11. Announce that your unbeaten record is unbroken!

Thinking Computationally

Winning games by symmetry

Many simple games have a guaranteed winning strategy (in computer science terms, an **algorithm** to follow) that can be found by analysing the game completely in advance. There are actually a whole series of games that can be won by the same kind of symmetrical strategy used in the coin trick: there is an algorithm for winning based on symmetry. The game of Kayles is one with such a strategy, allowing the first player to always win. Perhaps you can work it out.

The rules of Kayles

Kayles is played with a series of bowling pin pieces (or you can just use coins) placed in a straight line. You can start with any number you wish. To play, each player takes it in turns to either knock down a pin of their choice, OR to knock down two adjacent pins. Pins knocked down are removed from the game. The winner is the player who removes the last pin. See if you can work out the winning strategy, by thinking about symmetry, before you read on.

The winning strategy

The first player's winning first move is to remove the central pin or pins so that two identical halves are left, each with the same number of pins. If the game starts with an odd number of pins, take the middle pin. If it starts with an even number of pins take the middle two. Whatever move the second player makes in all subsequent turns, they will have to do it on one half or the other. The first player then just copies the move, symmetrically, in the other half. Whatever pins the second player removes there will always be an equivalent move for the first player. That means the first player must therefore make the last move and win.

Hidden Symmetrical Strategies

Symmetrical Strategies aren't always visually symmetrical like this. Mathematicians think of symmetry in a more abstract way. It is not just about pictures, a symmetry is any property that holds true after a change or transformation. In game terms a change is just some series of moves. Computer Scientists call this an **invariant property** and use this idea of invariant properties to reason about the correctness of algorithms (and so whether programs always work). For a game-winning algorithm, correctness means that if you follow the algorithm you will *always* win.

Invariant properties are linked to loops in a program. They are properties that are preserved in a special sense. The transformation made by the body of the loop (the code that repeats) always restores the property to be true if they held at the start. The property is true initially when the loop starts to execute, and, even though the instructions in the loop body may make it untrue temporarily, they always make it true again by the end of the loop body. That means when the loop starts the next iteration, executing the loop body again, the invariant is true again. This means it is also guaranteed to be true when the loop finally exits.

When the program as a whole is a loop, for example to repeatedly make moves to win a game, then the property holds when the program ends. That means that for a game-winning algorithm, at the end, the game has been won.

We can see this with our winning strategy for Kayles. For Kayles, that winning strategy boils down to the algorithm:

1. Player 1 removes the middle piece(s).
2. REPEAT WHILE there are pieces left:
 - a) Player 2 moves anywhere.
 - b) Player 1 makes the equivalent move on the other half.

Our proof that the above algorithm always wins is based on the invariant property that the board position is symmetrical around the middle of the line of pins when the loop is entered.

The board position is made symmetrical by the first move, and is thereafter always symmetrical (the invariant is true) when it is the second player's turn to play. After that the algorithm repeats pairs of moves. Player 2's move always breaks the symmetry, then Player 1's move always restores it. With the symmetry restored, so is the invariant property. Each pair of moves removes pieces, so take you closer to there being no pieces left. That winning position of no pieces left is symmetrical and so will be achieved by Player 1 when the loop ends. Player 1 will always win.

Computer Scientists sometimes write invariants within the program as documentation or even as executable versions so that the program itself can recognise if something has gone wrong (if the invariant at any point is not true at the point when it should be then that indicates a bug in the program). We have included an **assertion** (in curly brackets) to this effect in the algorithm description below. It gives a property that should always be true when you get to that point whenever the algorithm is followed.

1. Player 1 removes the middle piece(s).
2. REPEAT WHILE there are pieces left:
{The board position is symmetrical around the middle pin(s)}
 - a) Player 2 moves anywhere.
 - b) Player 1 makes the equivalent move on the other half.

Invariants don't have to be about geometrical symmetries. The winning 'symmetries' don't need to be geometrical in games either. Nim is a game with a similar winning strategy but where the invariant property is based on a calculation that is always restored to the same value of 0. The game involves three piles of stones where players take it in turns to remove any number of stones from a single pile. The winner is the person who takes the last stone. The winning invariant property involves writing the number of stones in each pile as binary and then doing an exclusive-OR operation on the binary digits. To win, you must always remove stones in a way that makes this 'Nim-sum' equal to 0. That forces the opponent to break the symmetry and make this Nim-sum non-zero, meaning you can restore it again with your move.

Invariants give a way to prove that algorithms are guaranteed to win games, but they are about more than just games. We need reasoning just like this to prove that any code we write with a loop really does do what it should, whether that is, whether to win at a game, or to control railway signals to prevent trains crashing. Whenever you write a loop, make sure you know the invariant that guarantees it always does what it is supposed to do!