

Глава 3

Время отклика пользователя и системы

Задолго до того, как персональные компьютеры завоевали популярность, исследователи знали, что распределение времени между командами пользователя и откликом системы может быть решающим фактором в формировании наилучшего пользовательского впечатления. Во многих случаях человеко-машинное взаимодействие похоже на беседу. В этой главе вводятся понятия времени отклика как пользователя, так и системы и обсуждаются различные промышленные стандарты на максимально допустимые значения времени отклика системы.

Беседа кремния с углеродом

Дэйв хотел, чтобы его компьютер всего-навсего открыл дверь, но компьютер не подчинился. «Извини, Дэйв, боюсь, я не смогу этого сделать», – сухо сказал компьютер по имени ХАЛ. Озадаченный Дэйв потребовал объяснений: «В чем проблема?» Ответ ХАЛа прозвучал более зловеще: «Думаю, ты знаешь, в чем проблема, не хуже меня».

Это была незабываемая сцена из фильма 1968 года «2001: Космическая Одиссея». Несмотря на то что мы все еще не можем создать компьютер, способный функционировать подобно ХАЛу (и, вероятно, не хотим этого), мы находимся в постоянном взаимодействии с компьютером. Иногда мы сообщаем информацию компьютеру, иногда компьютер предоставляет ее нам. Благодаря тому что поток информации при человеко-машинном взаимодействии является двунаправленным, мы имеем взаимодействие, *диалоговое* по своей природе.

Как и в беседе человека с человеком, здесь существуют правила этикета. Особенно большое значение в диалоге человека и компьютера играет распределение времени. Например, в беседе человека с человеком пауза при ответе на простой вопрос может иметь разнообразные интерпретации и подтекст. Рассмотрим следующий диалог между Гомером и Мардж Симпсон в эпизоде из культового комикса «Симпсоны»:

Гомер: Мардж, ты уважаешь мой интеллект?

(четырьмя секундами позже)

Мардж: Да.

Гомер: Хорошо!.. Подожди-ка. Почему ты так долго не отвечала?

(четырьмя секундами позже)

Мардж: Просто так.

Гомер: Хорошо!.. Подожди-ка. Ты надо мной смеялась?

(четырьмя секундами позже)

Мардж: Да.

Гомер: Хорошо!.. Подожди-ка. Это плохо.

Четырехсекундные паузы могут быть интерпретированы как неуверенность, потому что Мардж не должна была тратить так много времени для ответа на вопрос Гомера. Аналогично, когда компьютер тратит несколько секунд для того, чтобы дать отклик на простую команду, пользователь, естественно, ощущает, что с компьютером что-то не так.

Определение времени отклика

Где-то в конференц-зале в Силиконовой долине происходит процесс принятия решения о том, насколько быстро должна выполняться одна из функций некоего решения. После долгих дебатов и споров кто-то замечает, что для времени реакции человека, как учили на курсе психологии колледжа, справедливо значение 200 мс. Эта крупница знания, кажется, приведет дебаты к благополучному завершению, о чем можно судить по многочисленным одобрительным кивкам. Две сотни миллисекунд. Вопрос закрыт.

Что неверно в этом сценарии и выводе? Ответ короток: здесь, возможно, произошла путаница между двумя весьма различными понятиями о распределении времени. Если здесь не обсуждается зависящее от времени или критически важное решение, то вопрос, насколько быстро должна выполняться некоторая функция, никак не связан с тем, как быстро реагирует пользователь.

На простейшем уровне время отклика можно определить просто исходя из времени начала и завершения процесса или взаимодействия. Начало любого процесса или взаимодействия может быть инициировано автоматически, например плановым извещением или в ответ на такую команду, как нажатие клавиши пользователем. В любом случае при

этом как бы «запускается секундомер». Как правило, сам отклик является наблюдаемым действием или результатом, который останавливает секундомер, отмечая время окончания отклика (рис. 3.1). В некоторых случаях более точной является фиксация окончания процесса по завершении формирования результата. Например, начальную загрузку текста веб-страницы можно принять за момент окончания загрузки веб-страницы лишь с натяжкой. Завершение процесса наступает, когда страница оказывается загруженной целиком и воспринимается пользователем как готовая к просмотру.

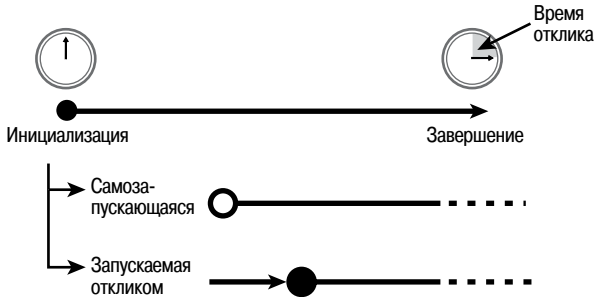


Рис. 3.1. Время отклика может быть установлено автоматически или в ответ на команду. В любом случае время отклика характеризуется временем начала и временем завершения

Если пользователь является тем, кто запускает или инициирует процесс (например, нажатием клавиши), то время от ожидания пользователем возможности запуска процесса до момента, когда будут выполнены поддающиеся наблюдению действия, называется *временем отклика пользователя*. Как уже отмечалось, такая инициализация может быть либо самозапускающейся (например, включение компьютера по утрам), либо запускающейся в ответ на внешние факторы (например, выбор элемента отображаемого на экране списка). Определение точного времени старта для самозапускающейся инициализации является произвольным, потому что имеется множество мыслительных процессов, не поддающихся наблюдению, – принятие решения, распознавание и т. д., – которые участвуют в подготовке результата, реально наблюдаемого. В большинстве случаев вы будете иметь дело с тем, что инициализация проявляется как ответ на что-то, представляемое компьютером.

В других случаях имеют место процессы, инициируемые системой. Опять-таки, они могут быть самозапускающимися (например, при поступлении планового требования о загрузке обновлений) или, гораздо чаще, запускаемыми пользователем (например, щелчком кнопкой мыши для запуска приложения). Между инициализацией и завершением компьютер тратит определенное время на обнаружение пользовательского ввода (щелчок кнопкой мыши), затем выполняет некоторые функции или демонстрирует некоторое поведение (поиск в базе данных) и наконец достигает состояния, когда процесс завершен (вывод результатов).

Время, прошедшее между крайними моментами, чаще всего называют *временем отклика системы*. Это согласуется с определением Б. Шнайдермана (B. Shneiderman)¹: «*Временем отклика системы является количество секунд, прошедших от момента инициализации действия пользователем (обычно нажатие клавиши Enter или Return) до момента, когда компьютер начинает представлять результаты на экране или принтере*».

Диалог

Для основного контингента пользователей типичное взаимодействие с компьютером включает сочетание ввода информации в компьютер (ввод данных, команд, выбор опций и т. д.) и получения последовательности ответов от компьютера (отображение результатов, анимация, решение числовых задач и т. д.). Это иллюстрирует рис. 3.2. По всей

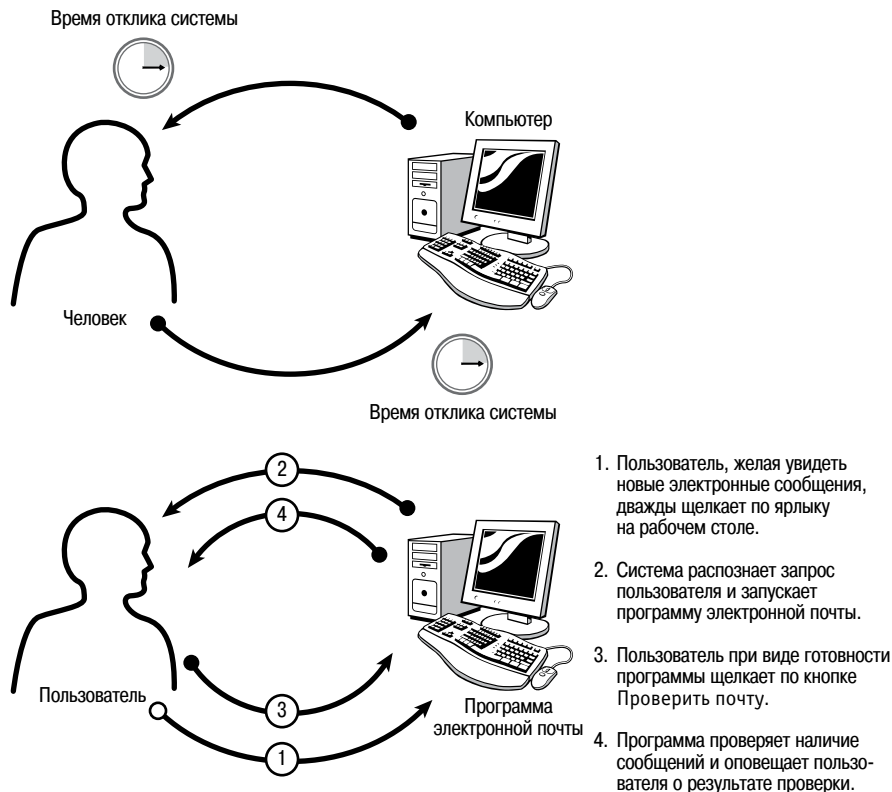


Рис. 3.2. Вверху: человеко-машинное взаимодействие как процесс диалога. Внизу: пример того, как происходит типичное взаимодействие

¹ Бен Шнайдерман – ученый, профессор университета Мериленд, специалист по компьютерным интерфейсам. – *Примеч. науч. ред.*

вероятности, эти действия перекрываются и пользователи уже обдумывают и планируют ряд последующих шагов, в то время как компьютер еще отвечает на первую команду.

Представьте, что вам надо отправить сообщение с помощью своей программы электронной почты. Вероятно, прежде чем вы прочитали первое слово этого предложения, в вашем мозгу уже сложился список надлежащих шагов для выполнения поставленной задачи. В то время как начинающий пользователь может применять безопасный подход «шаг-за-шагом» по принципу «рецепта из поваренной книги», что обеспечивает безошибочное выполнение последовательности шагов, приводящее к выполнению задачи (как, например, при использовании возможности уменьшения эффекта красных глаз в программе редактирования фотографий), опытный пользователь, скорее всего, мысленно сосредоточится на конечной цели и будет идти к ней, пользуясь информацией о шагах, которую он запомнил ранее. Большинство пользователей принадлежат к этой последней группе.

Время отклика пользователя

Вернемся к дебатам в Силиконовой долине. Людям требуется около 200 мс, для того чтобы дать простой отклик на представление простого раздражителя. Это означает следующее. Предположим, что некоего человека попросили нажимать клавишу сразу, как только возникает точка на экране. Среднее время, которое проходит между появлением точки и нажатием клавиши, составит около пятой доли секунды. Эта характеристика широко известна как *время простой реакции* и обычно измеряется в лаборатории с применением простейших видов отклика, например нажатия кнопки пальцем.

Несмотря на то что более сложные отклики требуют больше движений, вследствие чего время реакции увеличивается, некоторые сложные отклики при тренированности могут быть выполнены за время, близкое к пятой части секунды. Чемпион по быстрой стрельбе, например, может вынимать свое оружие из кобуры и делать выстрел примерно за 200 мс. Для простых смертных 200 мс – это то время, за которое мы можем выполнить простое наблюдаемое действие в ответ на появление какого-то раздражителя (звук, объект и т. д.) во внешнем мире. Это объясняет, почему участникам телевизионных игр лучше держать руки на автоматическом прерывателе, чем в карманах!

Если задача требует большего обдумывания, например требуется дать отклик на появление красной точки, но не давать его на появление синей, то реакция замедляется. Утверждение, что *время реакции выбора* возрастает с увеличением числа возможностей выбора, было впервые исследовано в 1800-х годах, а позднее было научно промоделировано и сформулировано как закон Хика–Хаймана, который, по существу, описывает модель поведения человека, где люди рассматриваются как

информационные процессоры. Как и другие виды процессоров, информационные процессоры имеют ограничения. Проще говоря, когда имеется большой объем информации, которую надо обработать, процессор тратит больше времени. Упрощенное представление об этой концепции можно получить при сравнении наполнения бассейна водой с помощью садового и пожарного шлангов. Первый имеет маленькую пропускную способность, и следовательно, потребуется больше времени для наполнения бассейна. Эксперимент Хика¹ показывает, что при возрастании числа возможностей выбора от двух до десяти² время реакции увеличивается примерно с 200 до 500 мс.

Соотношение между скоростью и точностью

Одна из причин важности понимания смысла времени отклика пользователя выражается в *соотношении между скоростью и точностью*. Когда люди стараются справиться с задачей как можно быстрее, они делают массу ошибок. И наоборот, когда люди пытаются сделать как можно меньше ошибок, страдает скорость. Это соотношение хорошо изучено в психологии. В 1952 году в исследовании Хика, к примеру, в одной серии испытаний участникам следовало давать ответы быстро, насколько это возможно, а в другой серии им надо было давать как можно более точные ответы. В первой серии испытаний участники были относительно проворны, но делали много ошибок. Во второй общая точность была выше, но ответы давались относительно медленно.

Уменьшению времени человеческого отклика (проявлению более быстрой реакции) способствует множество факторов. Обычная практика уменьшает время человеческого отклика. Это уменьшение времени отклика обычно наблюдается как повышение производительности и описывается *степенным законом научения*, согласно которому люди медленно выполняют новые для себя задачи, но постепенно, по мере их выполнения, улучшают свои временные характеристики. Это значит, что если вы изобразите временную характеристику на графике, то сможете увидеть кривую начального обучения, за которой следует плоский участок, свидетельствующий о стабилизации навыка. Возвращаясь к соотношению скорость/точность, вероятно, можно утверждать,

¹ Хик Вильям Эдуард (1912–1975) – английский врач, психотерапевт, психолог. Работал в Кембриджском университете по проблемам экспериментальной психологии. В 1952 г. совместно с Р. Хайманом вывел закон времени реакции – *Примеч. науч. ред.*

² В исследовании Хика информация измерялась в битах. Пользователи должны были делать выбор в условиях возрастающего количества возможностей выбора. Испытание с двумя возможностями выбора представляло один бит, так как пользователь делает выбор из двух элементов. Испытание с четырьмя возможностями выбора представляло два бита и т. д.

что точка выравнивания представляет область комфорта, где люди ощущают свои успехи в выполнении определенных задач как по скорости, так и по точности. Рис. 3.3 иллюстрирует соотношение скорость/точность и степенной закон научения.

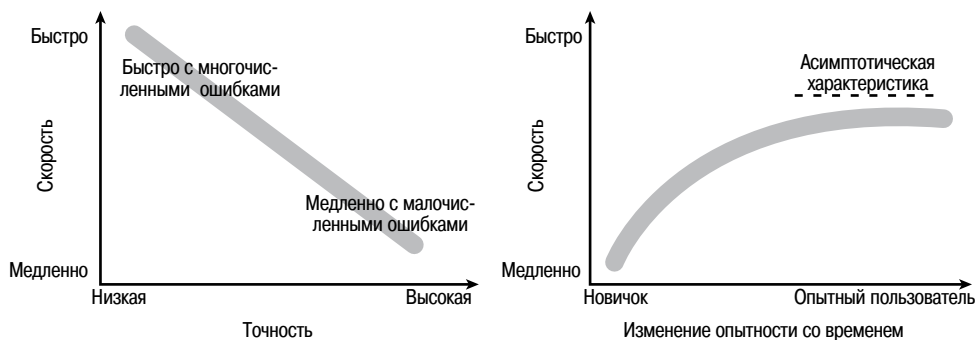


Рис. 3.3. Слева: соотношение скорость/точность. Когда внимание сосредоточено на скорости, страдает точность, и наоборот. Справа: степенной закон научения. Со временем длительность выполнения нового задания уменьшается

Если от пользователей требуют выполнять некоторую задачу за определенное время, используя UI, то начинают появляться ошибки. Если только это не игры (где установка временных ограничений делает игру увлекательной) и не приложения, критические по времени (например, медицинские или военные системы), будьте осторожны, устанавливая пользователям временные ограничения, особенно в ситуациях, когда им надо принимать решения. С другой стороны, если компьютерные программы требуют от пользователя точной и правильной информации, то пользователь снизит скорость. Например, многие графические средства управления, такие как кнопки и шкалы с ползунком, имеют довольно обширные интерактивные области, где пользователь может щелкнуть для ввода команды. Представим себе, что эти средства управления уменьшились в размерах до нескольких пикселей. При таком сценарии причина изменения времени отклика пользователя очевидна. Это простое явление сформулировано в виде широко известного закона Фиттса¹. Аналогично, если система требует от пользователя принятия решения, основанного на некоторой неопределенной информации, то он неизбежно замедлит темп работы – пример закона Хика–Хаймана (рис. 3.4).

¹ Пол Морис Фиттс (1912–1965) – американский психолог, занимался вопросами экспериментальной и организационной психологии, пионер инженерной психологии – *Примеч. науч. ред.*

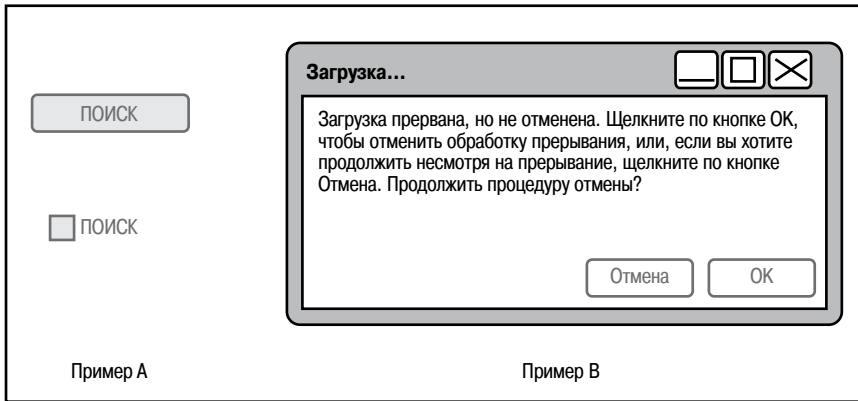


Рис. 3.4. Слева: пример закона Фиттса. При уменьшении интерактивной области кнопки Поиск (Find), предназначенной для щелчка, время отклика пользователя увеличивается. Справа: пример закона Хика–Хаймана. При возрастании умственной нагрузки время отклика пользователя также увеличивается

Время отклика системы

Время отклика системы дополняет время отклика пользователя. В контексте человеко-машинного взаимодействия, время отклика системы должно определяться с точки зрения пользователя. В качестве примера представим, что пользователь вводит слово для поиска в поисковой машине и щелкает по кнопке Поиск. Для заинтересованного пользователя щелчок по кнопке означает начало процесса, а последовательно отображаемые результаты свидетельствуют о завершении процесса (рис. 3.5). Процессы на сервере и другие операции, составляющие поиск, для обычного пользователя ничего не значат. Важно лишь то, что пользователь испытывает.

При определении и вычислении времени отклика системы вы должны учитывать время, затраченное на выполнение действия, и время, необходимое пользователю для обнаружения отклика компьютера. Это относится не только к относительно заметной длительности, пример которой приведен на рис. 3.5, но и к процессам с очень малыми длительностями. Рассмотрим пример, показанный на рис. 3.6. Исследование показывает, что задержки клавиатуры могут варьироваться в диапазоне от 11 до 73 мс, поэтому вводимые символы могут отображаться не сразу. В зависимости от скорости обновления экрана монитора также возможна некоторая задержка отображения символа на экране. Поэтому учет одного только времени работы программы может оказаться недостаточным.

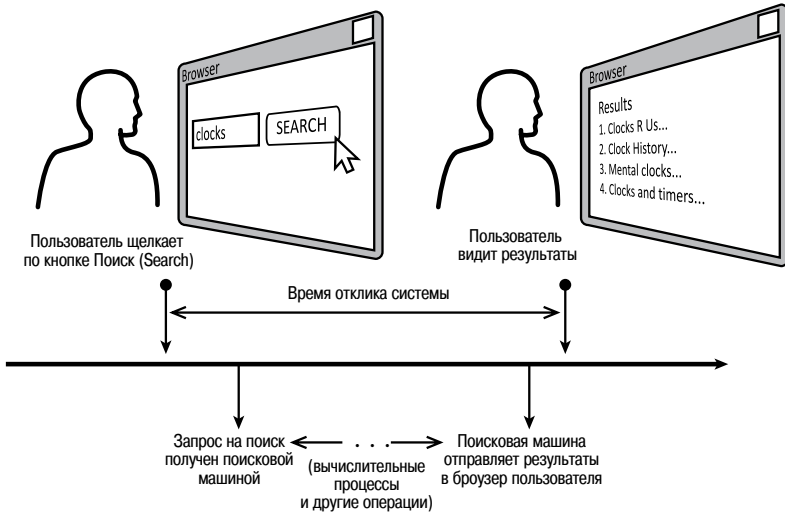


Рис. 3.5. В контексте человеко-машинного взаимодействия время отклика системы должно измеряться от момента, когда пользователь производит подающиеся наблюдению действия, до момента, когда он видит результат

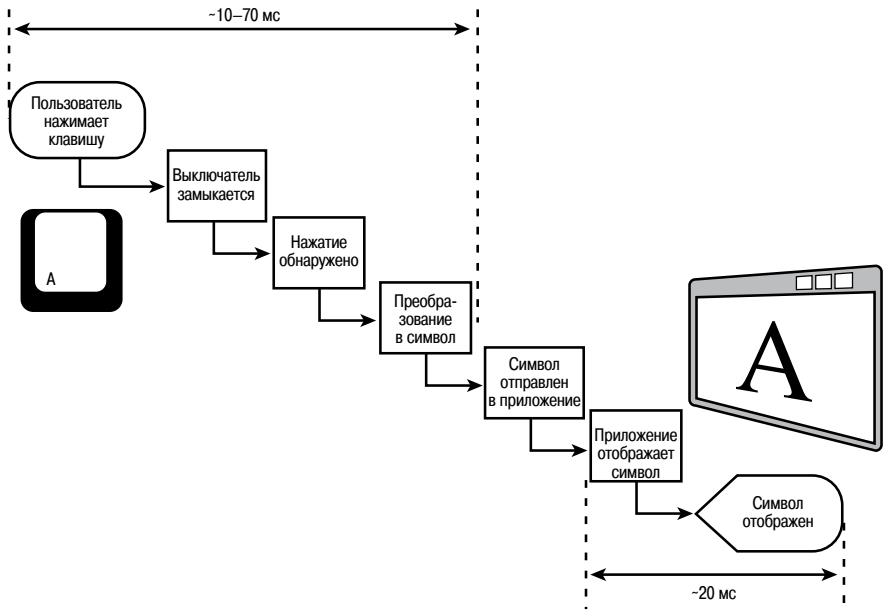


Рис. 3.6. Исследование показало, что задержки клавиатуры варьируются в диапазоне примерно от 10 до 70 мс. В зависимости от скорости обновления экрана монитора также возможна некоторая задержка отображения символа на экране. Что происходит между этими двумя процессами, обычно определяется программным кодом

Промышленные стандарты на время отклика системы

Время отклика системы в значительной степени определяется аппаратным обеспечением. Например, наращивание вычислительной мощности может ускорить реальную операцию поиска и время отклика системы снизится. Увеличение потребляемых программой ресурсов аппаратуры также оказывает влияние на время отклика системы. Однако и само программное обеспечение способно обеспечить повышение быстродействия. Усовершенствованные алгоритмы сжатия, рассматриваемые в качестве первого примера, даже в отсутствие форсированной аппаратной части могут ускорить передачу информации, что тоже снижает время отклика системы. Другой подобный, но не слишком заметный фактор, влияющий на время отклика системы, – это качество проектирования. Даже располагая новейшими программными технологиями, водруженными на пьедестал из мощнейшего аппаратного обеспечения, плохо спроектированная система с бесполезными излишествами и непроизводительными издержками может характеризоваться плохим временем отклика.

Кроме того, что время отклика системы определяется аппаратурой, зависит от программ и оптимизируется проектированием, на него в контексте человеко-машинного взаимодействия также влияют физиологические и психологические ограничения пользователя. Например, известно, что многие англоговорящие пользователи не могут прочесть более четырех-пяти слов в секунду – это отражение как физиологических, так и психологических ограничений. Так что не стоит представлять поток текстовой информации, которую приходится читать слишком быстро, или текстовый блок при недостаточном для чтения времени. В свете сказанного было разработано несколько промышленных стандартов на время отклика системы, которые следует применять при проектировании UI.

Миллер (1968)

В статье 1968 года под названием «Response Time in Man-Computer Conversational Transactions» Р. Б. Миллер (R. B. Miller) описал несколько сценариев человеко-машинных взаимодействий, представив «исчерпывающее перечисление и определение различных классов действий человека и результатов на терминалах различных видов». Это одни из первых, если не первые, нормативы на время отклика системы. Язык, который Миллер использует в описаниях сценариев, например «Система, ты можешь работать со мной?», не должен восприниматься буквально, он целиком предназначался Миллером для «упрощения общения с читателями статьи». В табл. 3.1 представлено подмножество сценариев, описанных Миллером.

Таблица 3.1. Подмножество нормативов по Миллеру (1968)

Тема	Время отклика (в секундах)
Отклик на активацию средства управления	От 0,1 до 0,2
Отклик на запрос «Система, ты слушаешь?»	3
Отклик на запрос «Система, ты можешь работать со мной?»	2 (простой) 5 (сложный)
Отклик на запрос «Система, ты меня понимаешь?»	От 2 до 4
Отклик на идентификацию	От 0,4 до 0,5 (обратная связь) 0,2 (подтверждение)
Отклик на запрос «Я здесь. Что я должен теперь делать?»	От 10 до 15
Отклик на простой запрос вывода информации в виде списка	2
Отклик на простой запрос статуса	От 7 до 10
Отклик на сложный запрос табличной информации	4
Отклик на запрос следующей страницы	1
Отклик на запрос «Сейчас решай мою задачу»	15
Отклик на задержку, следующую за вводом запроса с клавиатуры или с помощью стилуса	3 (клавиатура) 2 (стилус)
Графический отклик на действие стилуса	0,1
Отклик на сложный запрос в графическом виде	От 2 до 10

MIL-STD 1472

Подготовленный Министерством обороны США, MIL-STD 1472F, известный также под названием *Department of Defense Design Criteria Standard: Human Engineering (revision F)*, представляет собой 219-страничный документ, подробно описывающий нормативы, от тонких и грубых настроек для средств управления до цветового кодирования обычных световых индикаторов. Официально документ предназначен для «представления инженерно-психологических критериев, принципов и инструкций по проектированию для достижения успешной интеграции человека с системами, подсистемами, оборудованием и средствами и достижения эффективности, простоты, результативности, надежности и безопасности работы системы, обучения и обслуживания». Временные показатели в документе объединены для удобства читателя в таблицу XXII, и их подмножество представлено здесь, в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Подмножество нормативов из MIL-STD 1472

Действие	Определение	Время (в секундах)
Отклик клавиши	От отжатия клавиши до положительного отклика (например, щелчка)	0,1
Печать клавиши	От отжатия клавиши до появления символа	0,2
Перелистывание страницы	От конца запроса до видимости нескольких первых строк	1,0
Просмотр страницы	От конца запроса до начала прокручивания текста	0,5
Ввод координат	От выбора поля до визуальной верификации	0,2
Функция	От выбора команды до отклика	2,0
Указание	От выбора точки до отображения точки	0,2
Вычерчивание	От выбора точки до отображения линии	0,2
Локальное изменение	Изменение изображения с использованием локальной базы данных (например, новый список пунктов меню из дисплейного буфера)	0,5
Изменение на хосте	Изменение на хосте, где данные хранятся в виде, доступном для чтения (например, изменение масштаба существующего изображения)	2,0
Изменение файла	Изменение изображения требует доступа к файлу хоста	10,0
Запрос (простой)	От команды до отображения обычного сообщения	2,0
Запрос (сложный)	Ответное сообщение требует редко используемых вычислений в графическом виде	10,0
Обратная связь относительно ошибок	От ввода до появления сообщения об ошибке	2,0

ESD/MITRE

Эти нормативы 1986 года, опубликованные корпорацией MITRE, были подготовлены и поддержаны ВВС США. Однако авторы определен-

но ожидали, что нормативы будут полезны преподавателям, студентам, практикам в сфере инженерной психологии, исследователям, системным аналитикам и проектировщикам программного обеспечения. Формально названный ESD-TR-86-278, документ *Guidelines for Designing User Interface Software* включает 944 норматива, которые охватывают тематику ввода данных, отображения данных, управления очередностью, инструкций пользователя, передачи данных и защиты данных. Нормативы основаны на других существующих нормативах, включая раннюю редакцию MLT-STD 1472. В табл. 3.3 собраны некоторые нормативы, относящиеся к времени отклика системы.

Таблица 3.3. Подмножество нормативов из ESD/MITRE

Раздел	Действие/тема	Время (в секундах)	Норматив
1.0/4	Быстрый отклик	0,2	Максимальное время задержки при отображении сообщений обратной связи в условиях нормальной работы
1.1/5	Быстрое подтверждение ввода	0,2	Максимальное время подтверждения ввода в указанной позиции
1.1/7	Отклик курсора	0,5	Максимальное время перемещения курсора от одной позиции к другой
2.7.1/6	Быстрый отклик на запрос отображения	От 0,5 до 1,0	Отклик системы на простой запрос отображения данных
3.0/28	Приемлемое время отклика компьютера	От 0,5 до 1,0 2,0	Отклик системы на ввод с помощью средства управления
3.0/19	Доступность средства управления	0,2	Максимальное время задержек или блокировок средства управления
4.3/11	Приемлемое время отклика для сообщения об ошибке	От 2,0 до 4,0	Отображение сообщения об ошибке

TAFIM

Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM) – это восьмитомный документ, также разработанный Минис-

терством обороны США в 1996 году для «обеспечения развития технической инфраструктуры Министерства обороны, включая определение служб, стандартов, концепций проектирования, компонентов и конфигураций, которые могут использоваться в качестве инструкции к разработке технических структур, удовлетворяющих конкретным требованиям заданий». Конкретные нормативы на человеко-машинный интерфейс содержатся в последнем томе, и нормативы, касающиеся времени, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Подмножество нормативов из TAFIM

Раздел	Действие/ тема	Время (в секундах)	Норматив
6.6.2	Окно выполняемой работы	5	Для простых запросов, которые могут быть обработаны за это время, обеспечивается простая визуальная обратная связь в виде короткого сообщения. Если время отклика превышает указанное, приложение должно отобразить окно, информирующее о выполняемой работе
8.3.1.14	Средство управления	От 5 до 200 мс	Время отклика системы
8.3.1.15	Обратная связь	15	Если пользователь ожидает дольше этого времени, обеспечивается периодическая индикация нормального выполнения операции

Выводы

Человеко-машинное взаимодействие является диалоговым по своей природе, и поэтому роль временных параметров как для времени отклика пользователя, так и для времени отклика системы является решающей. В отношении времени отклика пользователя важно помнить, что, если пользователь должен сконцентрировать внимание на скорости, страдает точность, и наоборот. Что касается времени отклика системы, то существует несколько промышленных стандартов, содержащих нормативы на максимально приемлемое время отклика. Несмотря на то что эти нормативы дают конкретные численные показатели, с которыми следует работать, они основаны на производительности аппаратного и программного обеспечения, доступного во время публикации документа. Поэтому пользоваться этими нормативами следует с осторожностью. В следующей главе мы рассмотрим альтернативный, ориентированный на пользователя подход к параметрам времени отклика системы.

Кроличья нора

Время отклика человека

Card, S. K., J. D. Mackinlay and G. G. Robertson. The Information Visualizer: An Information Workspace. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '91), 1991. 181–188.

Luce, R. D. Response Times: Their role in inferring elementary mental organization. New York: Oxford University Press, 1986.

Ulrich, R. and M. Giray. Time resolution of clocks: Effects on reaction time measurement – Good news for bad clocks. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology*, 42, 1989. 1–12.

Время отклика системы

Beringer, J. Timing accuracy of mouse response registration on the IBM microcomputer family. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 24, 1992. 486–490.

Miller, R. B. Response time in man-computer conversational transaction. Fall Joint Comp. Conf. U.S.A., 1968. 267–277.

Shimizu, H. Measuring keyboard response delays by comparing keyboard and joystick inputs. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34, 2002. 250–256.

Shneiderman, B. Response time and display rate in human performance with computers. *Computing Survey*, 16, 1984. 265–285.

Соотношение скорость/точность

Fitts, P. M. Cognitive aspects of information processing: III. Set for speed versus accuracy. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 1966. 849–857.

Pachella, R. G. and R. W. Pew. Speed-accuracy tradeoff in reaction time: Effect of discrete criterion time. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 1968. 19–24.

Законы Хика–Хаймана и Фиттса

Fitts, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 1954. 381–391.

Hick, W. E. On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 1952. 11–26.

Hyman, R. Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 1953. 188–196.

Seow, S. C. Information Theoretic Models of HCI: A comparison of Hick-Hyman Law and Fitts' Law. *Human-Computer Interaction*, 20, 2005. 315–352.

Промышленные стандарты

Department of Defense Design Criteria Standard: Human Engineering. MIL-STD 1472F. (Примечание автора: доступен в Сети по адресу <http://www.hfetag.com/docs/hfs/mil-std-1472f.pdf>.)

Department of Defense Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM). Volume 8: DoD Human Computer Interface Style Guide.

Smith, S. L and J. N. Mosier. Guidelines for Designing User Interface Software: ESD-TR-86-278. Bedford, MA: The MITRE Corporation, 1986.