

# Программное приложение для определения условий человеко-компьютерного взаимодействия с использованием законов Фитса и Хика

А. А. Попов

ФГБОУ ВО «РЭУ имени Г.В. Плеханова»  
Москва, Российская Федерация  
a1710p@mail.ru

А. О. Кузьмина

GMCS  
Москва, Российская Федерация  
oak96@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено решение задачи использования законов Фиттса и Хика для определения комфортных условий работы пользователя, при которых обеспечивается заданное время доступа к «целевому» элементу управления. Рассмотрены функциональные возможности программного приложения. Приведены скриншоты диалоговых окон, демонстрирующие функциональные возможности программного приложения. Элемент управления пользовательского интерфейса, на который пользователь должен нажать (кликнуть мышью), является «целевым». В примере, рассмотренном в статье, были получены рекомендации по обеспечению требуемого времени доступа к «целевому» элементу управления. Программное приложение может быть использовано сотрудниками ИТ-подразделений для индивидуальной настройки пользовательских интерфейсов информационных систем для пользователей с различным уровнем подготовки.

**Ключевые слова:** пользовательский интерфейс; эргономика; элемент управления; программное приложение; диалоговое окно; закон Фиттса; закон Хика

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения эргономичности пользовательских интерфейсов (ПИ) является учет результатов эргономического проектирования ПИ с учетом особенностей восприятия визуальной информации потенциальными пользователями [1, 2] или настройка уже эксплуатируемой информационной системы под особенности восприятия визуальной информации сотрудников предприятия. Чаще всего в качестве параметров, характеризующих эргономику ПИ, используются показатели Шнейдермана [3]. Одной из задач, решаемых для улучшения эргономических показателей Шнейдермана является увеличение скорости работы с пользовательским интерфейсом [4, 5]. Практические аспекты работы с программным комплексом для учета «человеческого фактора» в разработке ПИ информационных систем рассмотрены в [4]. Использование программного приложения для определения комбинации значений параметров, обеспечивающих наиболее комфортные для пользователя условия обнаружения и распознавания символов во время работы с ПИ, рассмотрены в [5]. Скорость работы с ПИ может быть определена с помощью законов Фиттса [6]. Способы увеличения скорости работы пользователей программных приложений, в которых использу-

ются меню, рассмотрены в [7]. Вопросы, связанные с использованием закона Фиттса для оценки влияния прикосновений пальцами (жестов) к сенсорному экрану устройства на скорость работы с ПИ, приводятся в [8, 9]. При этом в работе [9] рассмотрена модель для определения скорости работы пользователя «Touchless Hand Gesture Level Model» (THGLM), базирующаяся на модели «Key stroke-Level Model» (KLM) [10] и учитывающая закон Фиттса. Также скорость работы с ПИ может быть определена с помощью закона Хика [11]. В работе [12] приведены особенности работы программного приложения, предназначенного для тестирования скорости работы (реакции) пользователей различного возраста. В работе [13] представлена модель, объединяющая закон Хика и закон Фиттса для предсказания эффективности использования меню различных типов и учитывающая вероятности выбора элементов, возрастание опыта пользователя. В работе [14] исследовано использование закона Хика для предсказания скорости работы с элементами управления, не отображаемыми в текущий момент времени в ПИ, с помощью прокрутки списков, выбора элементов в иерархических меню. В работе [15] приводятся эвристические решения для увеличения скорости работы пользователя в зависимости от структуры меню и каталогов, в которых осуществляется выбор. В [16] представлена модель, позволяющая предсказать взаимосвязь между количеством элементов (стимулов), предъявляемых человеку, проходящему испытание, и временем, которое необходимо человеку для выбора необходимых элементов (стимулов). В [17] рассматривается возможность увеличения скорости работы пользователя с сенсорным экраном в случае использования «прокрутки» для достижения целевого элемента управления, не находящегося в данный момент в поле зрения пользователя. Вопросам адаптивной «прокрутки» экрана для ускорения получения доступа к «целевой» информации, находящейся вне поля зрения пользователя, в случае работы с большим объемом данных посвящена работа [18], в которой скорость «прокрутки» адаптируется в соответствии с объемом данных, оставшихся до достижения «целевых» данных.

Таким образом, задача увеличения скорости работы с ПИ является актуальной. Поэтому в данной работе рассматривается решение задачи использования законов Фиттса и Хика для определения комфортных условий работы

пользователя, обеспечивающих заданное время доступа к «целевому» элементу управления (ЭУ).

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходные данные, для проведения исследований:

- Множество цветов фона формы ( $CFON=\{cfon(i)| i=1, 2, \dots, I\}$ ).
- Множество цветов «целевого» элемента управления ( $CCOM=\{ccom(j)| j=1, 2, \dots, I; j \neq i\}$ ).
- Массив возможных размеров «целевого» ЭУ ( $D=\{d(k); k=1, 2, \dots, K\}$ ).
- Массив расстояний от курсора мыши до «целевого» ЭУ ( $S=\{s(m); m=1, 2, \dots, M\}$ ).
- Количество  $G$  элементов управления, однотипных с «целевым» ЭУ и отображаемых одновременно с ним в пользовательском интерфейсе (среди них пользователь выбирает «целевой» ЭУ).
- Диапазон промежутков времени, требуемых для доступа к «целевому» ЭУ, ограниченный значениями  $treq_{min}$ ,  $treq_{max}$ .

С помощью исследований доступности «целевого» ЭУ по законам Фиттса и Хика необходимо из комбинаций исходных данных (цвет фона формы, цвет фона «целевого» ЭУ, соотношение  $D/S$ , а также значения  $treq_{min}$ ,  $treq_{max}$ ) определить такие комбинации  $comb(w)$  ( $w=1, 2, \dots, W$ ), при которых пользователь потратит для перемещения курсора до «целевого» ЭУ промежутков времени  $treq(w)$  ( $treq_{min} \leq treq(w) \leq treq_{max}$ ). При этом ограничение по времени достижения «целевого» ЭУ рассматривается для случая, когда в ПИ одновременно с «целевым» ЭУ отображаются не больше  $Z(w)$  однотипных ЭУ ( $Z(w) \leq G$ ). Математическая постановка задачи выглядит следующим образом:

С помощью отображения  $F$  и правила  $Q$  построить множество  $COMB$ ,

При этом

$$F: \{DATF, DATH, treq_{min}, treq_{max}\} \rightarrow \{ISSLF, ISSLH\},$$

$F$  – отображение (с областью определения в виде множества  $DATF$ ,  $DATH$  и областью значений в виде множеств  $ISSLF$ ,  $ISSLH$ ), в качестве которого выступает программное приложение для проведения исследований;

$DATF$ ,  $DATH$  – множества, содержащие комбинации исходных данных для проведения исследований соответственно по законам Фита и Хика;

$$DATF = \{datf(hf); h1=1, 2, \dots, HF\},$$

$$DATH = \{dath(hh); h2=1, 2, \dots, HH\},$$

$$datf(hf) = \{cfon(i), ccom(j), d(k), s(m); j \neq i\},$$

$$dath(hh) = \{cfon(i), ccom(j), Z(hh); j \neq i\},$$

$$HF = I * (I - 1) * K * M,$$

$$HH = I * (I - 1) * K * M * G,$$

$I$  – количество цветов, используемых при проведении исследований,

$HF$ ,  $HH$  – количество комбинаций исходных данных, формируемых для проведения исследований и входящих в множества  $ISSLF$ ,  $ISSLH$ ,

$ISSLF$ ,  $ISSLH$  – множества, содержащие результаты работы программного приложения с комбинациями исходных данных, содержащихся в множествах  $DATF$ ,  $DATH$ , при проведении исследований соответственно по закону Фиттса и Хика,

$$issl1(hf) = \{cfon(i), ccom(j), d(k), s(m), treq(hf); j \neq i\},$$

$$issl2(hh) = \{cfon(i), ccom(j), Z(hh), treq(hh); j \neq i\},$$

$$Q: \{ISSLF, ISSLH\} \rightarrow COMB,$$

$Q$  – правило, в соответствии которым производится выбор и преобразование элементов множеств  $ISSLF$ ,  $ISSLH$ , для которых  $treq_{min} \leq treq(hf) \leq treq_{max}$ ,  $treq_{min} \leq treq(hh) \leq treq_{max}$

$COMB$  – множество, содержащее элементы, которым соответствуют промежутки времени  $treq(hf)$ ,  $treq(hh)$  для достижения «целевого» ЭУ, удовлетворяющие условиям  $treq_{min} \leq treq(hf) \leq treq_{max}$ ,  $treq_{min} \leq treq(hh) \leq treq_{max}$

$$COMB = \{comb(w); w=1, 2, \dots, W\},$$

$$comb(w) = \{cfon(i), ccom(j), d(k), s(m), treq(w), Z(w)\},$$

$W$  – количество комбинаций исходных данных в множестве  $ISSLF$ ,  $ISSLH$ , для которых удовлетворяется условие  $treq_{min} \leq treq(w) \leq treq_{max}$ .

## III. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Для решения задачи разработано программное приложение, в котором, вдобавок к значениям  $D$  и  $S$  и количеству ЭУ, обеспечивающих заданные значения доступа к «целевому» ЭУ, определяются комбинации цвета фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ. Исследование достижимости «целевого» ЭУ начинается с работы с диалоговым окном для выбора комбинации цвета фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ. После выбора комбинации цветов происходит переход к работе с диалоговым окном (рис. 1) для проведения испытаний в соответствии с законом Фиттса.



Рис. 1. Диалоговое окно для проведения испытаний по закону Фиттса

В диалоговом окне расположен «стартовый» ЭУ (это прямоугольник с текстом «Нажать»). Также в диалоговом окне расположен и «целевой» ЭУ (в виде прямоугольника

белого цвета). Время достижения «целевого» ЭУ отсчитывается от момента клика мышью по «стартовому» ЭУ (в этот момент времени запускается таймер). Начальное положение курсора, от которого начинается его движение к «целевому» ЭУ, находится в центре «стартового» ЭУ. В момент клика мышью по «целевому» ЭУ таймер останавливается, и фиксируются результаты очередного испытания (время достижения «целевого» ЭУ, соотношение  $D/S$ , а также комбинация цветов фонов формы и «целевого» ЭУ). Исследование достижимости «целевого» ЭУ по закону Фиттса при заданной комбинации цвета фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ проводится в двух режимах. При первом режиме расстояние от точки, в которой находится курсор в начале движения от «стартового» до «целевого» ЭУ постоянное. При переходе к новому испытанию происходит увеличение размеров «целевого» ЭУ (значения параметра  $S$ ) на 5 пикселей. В первом режиме производится 15 испытаний для различных соотношений значений параметров  $D$  и  $S$ . При этом для каждого соотношения значений параметров  $D$  и  $S$  производится по 10 испытаний, по результатам которых определяется среднее время достижения «целевого» ЭУ. При втором режиме испытаний размеры «целевого» ЭУ, а также его положение на форме, остаются неизменными. При переходе к новому испытанию расстояние от точки начала движения курсора до «целевого» ЭУ уменьшается на 10 пикселей. В данном режиме также производится 15 испытаний для различных соотношений значений  $D$  и  $S$ . Для каждого соотношения значений  $D$  и  $S$  производится по 10 испытаний и определяется среднее время достижения «целевого» ЭУ. В результате проведения испытаний в рамках закона Фиттса формируется множество  $ISSLF$ , каждый  $hf$ -й ( $hf=1, 2, \dots, HF$ ) элемент которого содержит:

- Цвет фона формы  $c_{fon}(i)$ ;
- Цвет фона «целевого» ЭУ  $c_{com}(j)$ ;
- Расстояние от курсора до «целевого» ЭУ  $d(k)$ ;
- Размер «целевого» ЭУ  $s(m)$ ;
- Время достижения «целевого» ЭУ  $treq(hf)$ .

Результаты испытаний могут быть представлены пользователю в табличном виде и в виде графика (рис. 2).



Рис. 2. Диалоговое окно с результатами испытаний по закону Фиттса в графическом и табличном виде

Следующий этап проведения исследований проводится в соответствии с законом Хика и предусматривает определение зависимости времени достижения «целевого» ЭУ управления при наличии в ПИ  $G$  ЭУ, аналогичных «целевому». Переход к данному этапу происходит после нажатия кнопки «Finish watching. Go to Hick's Law Research» (рис. 2). При этом отображается диалоговое окно с  $G$  ЭУ, в котором цвета фонов формы и ЭУ уже были ранее выбраны. При каждом последующем испытании количество ЭУ уменьшается на единицу. В результате проведения испытаний в рамках закона Хика формируется множество  $ISSLH$ , каждый  $hh$ -й ( $hh=1, 2, \dots, HH$ ) элемент которого содержат:

- Цвет фона формы  $c_{fon}(i)$ .
- Цвет фона «целевого» ЭУ  $c_{com}(j)$ .
- Размер «целевого» ЭУ  $s(m)$ .
- Время достижения «целевого» ЭУ  $treq(hh)$ .

Результаты испытаний в рамках закона Хика могут быть представлены в табличном виде и в виде графика, показывающего зависимость времени достижения «целевого» ЭУ от параметров, заданных в элементе множества  $ISSLH$  (рис. 3). Для каждой комбинации фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ проводится 15 испытаний.

После окончания испытаний по закону Хика можно перейти к продолжению испытаний по законам Фиттса и Хика с использованием новой комбинации цвета фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ. Для этого необходимо нажать кнопку «Finish of watching. Continue research on the laws of Fitts and Hick» (рис. 3).

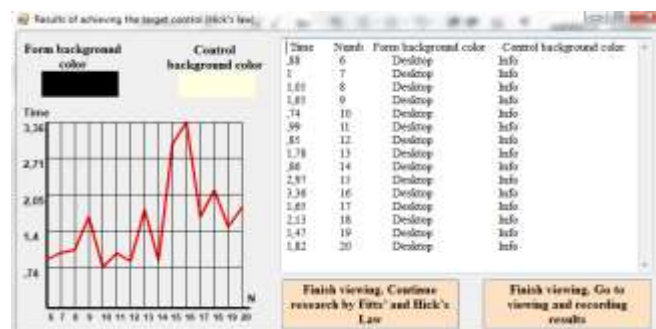


Рис. 3. Диалоговое окно с результатами испытаний по закону Хика в графическом и табличном виде

В этом случае происходит переход к работе с диалоговым окном для выбора нового сочетания цвета фона формы и цвета фона «целевого» ЭУ. Также пользователь, работающий с диалоговым окном, изображенным на рис. 3, может перейти к выдаче результатов испытаний и формированию рекомендаций по обеспечению требуемых условий работы пользователя. В этом случае происходит отображение диалогового окна, в котором предусмотрено несколько вариантов дальнейшей работы программного приложения. Первый вариант предусматривает выдачу рекомендаций по обеспечению наиболее комфортных для пользователя условий работы, обеспечивающих достиже-

ние «целевого» ЭУ в течение требуемого промежутка времени (рис. 4).

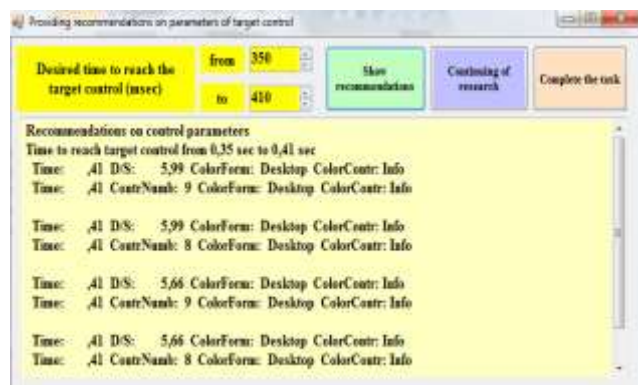


Рис. 4. Диалоговое окно для выдачи рекомендаций по организации доступности «целевого» ЭУ

Второй вариант предусматривает запись результатов в файл. Третий вариант предусматривает отображения в диалоговом окне результатов испытаний в табличном виде.

#### IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате испытаний по закону Фиттса получена визуализированная зависимость времени доступа пользователя к «целевому» ЭУ от значения параметра  $D/S$  в случае комбинации цветов «Desktop» и «Info» (рис. 2). Из рисунка видно, что уменьшение значения параметра  $D/S$  более чем в 3 раза не приводит к такому же уменьшению времени достижения «целевого» ЭУ. При этом вид графика позволяет выделить постоянную и случайную составляющие времени достижения «целевого» ЭУ. Постоянная составляющая описывает значение времени доступа, полученное для комбинации цветов «Desktop» и «Info», и изменяется от 0,48 секунды при  $D/S=5,09$  до 0,6 секунды при  $D/S=16,07$  (рис. 3). На постоянную составляющую влияют два фактора. Первый фактор – движение курсора из «стартового» ЭУ к некоторой окрестности «целевого» ЭУ (высокоскоростная фаза). Второй фактор – замедление движения курсора при вхождении курсора в некоторую окрестность «целевого» ЭУ. Если курсор перемещается пользователем к «целевому» ЭУ с большой скоростью на большое расстояние или если «целевой» ЭУ имеет маленькие ширину и высоту, то пользователь может не успеть «точно замедлиться» (затормозить движение курсора перед «целевым» ЭУ, чтобы точно «кликнуть» по нему). В результате, при больших значениях соотношения  $D/S$  пользователь вынужден замедлять движение курсора и тратить дополнительное время на точное выполнение физических действий.

Результаты испытаний по закону Хика показывают, что количество вариантов выбора влияет на время доступа к «целевому» ЭУ сильнее, чем значение соотношения  $D/S$  при испытаниях по закону Фиттса. Время доступа к «целевому» ЭУ в случае испытаний по закону Хика имеет постоянную и случайную составляющие. Постоянная составляющая включает в себя распознавание «целевого» ЭУ среди ЭУ, отображенных в диалоговом окне (рис. 4), что

составляет большую часть времени доступа. Затем осуществляется непосредственно движение курсора к «целевому» ЭУ. Поэтому при испытаниях по закону Хика чаще всего время доступа к «целевому» ЭУ больше, чем при испытаниях по закону Фиттса. Как видно из рис. 3, увеличение количества ЭУ с 6 до 20 приводит к увеличению среднего значения постоянной составляющей времени доступа к «целевому» ЭУ с 1 до 2,2 секунды. Таким образом, увеличение количества ЭУ влияет на время доступа к «целевому» ЭУ сильнее, чем изменение значения соотношения  $D/S$  при испытаниях по закону Фиттса. Случайная составляющая обусловлена теми же факторами, что и при испытаниях по закону Фиттса.

Рекомендации, выдаваемые пользователю, позволяют определить комбинации значений параметров, обеспечивающих заданные времена доступа к «целевым» ЭУ. Для этого попарно сравниваются результаты испытаний по законам Фиттса (элементы множества *ISSLF* с элементами множества *ISSLH*). Фрагмент рекомендаций приведен на рис. 4. При цвете фона формы «Desktop», цвете фона «целевого» ЭУ «Info» время доступа к «целевому» ЭУ от 0,35 до 0,41 секунды может обеспечиваться при выборе из 8 или из 9 однотипных ЭУ, при этом значение параметра  $D/S$  может быть равно 5,66 и 5,99.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены функциональные возможности программного приложения для определения параметров элементов ПИ, обеспечивающих требуемые временные условия работы пользователя. Для определения таких параметров использованы положения законов Фиттса и Хика.

Приведены результаты испытаний для двух комбинаций цвета фона ПИ и цвета фона «целевого» ЭУ. Результаты испытаний показывают, что значение времени доступа к «целевому» ЭУ имеет постоянную и случайную составляющую. Получены параметры ПИ, обеспечивающие требуемые временные условия доступа к «целевому» ЭУ.

Программное приложение может быть использовано для персональной настройки ПИ информационной системы для каждого сотрудника предприятия. Это позволит увеличить скорость работы пользователей с элементами управления пользовательского интерфейса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Norman K.L., Kirakowski J. The Wiley Handbook of Human Computer Interaction. John Wiley and Sons Ltd, 2018. 1040 с.
- [2] Tillman B., Tillman P., Rose R., Woodson W. Human Factors and Ergonomics Design Handbook/. McGraw-Hill Education, 2016. 912 с.
- [3] Shneiderman B., Plaisant C., Cohen M., Jacobs S. Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Addison-Wesley Publ. Co., 2010. 606 с.
- [4] Баканов А.С., Обознов А.А. Эргономика пользовательского интерфейса: от проектирования к моделированию человеко-компьютерного взаимодействия. М.: Институт психологии РАН, 2011. 176 с.
- [5] Черников Б.В., Попов А.А. Оптимизация эргономических параметров интерфейса информационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки, 2017. №3. С. 65-77.

- [6] Seow S.C. Information Theoretic Models of HCI: A Comparison of the Hick-Hyman Law and Fitts' Law // *Human-computer interaction*. 2005. Vol. 20, №3. C. 315-352.
- [7] Ahlström D. Modeling and improving selection in cascading pull-down menus using Fitts' law, the steering law and force fields // *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York: ACM, 2005. C. 61-70.
- [8] Bi X. Y. Li, Shumin Zhai Fitts law: modeling finger touch with Fitts' law // *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2013. C. 1363-1372.
- [9] Erazo O., Pino J.A. Predicting user performance time for hand gesture interfaces // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2018. Vol. 65, №5. C. 122-138.
- [10] Card S., Moran T., Newell A. The keystroke-level model for user performance time with interactive systems // *Communications of the ACM*. 1980. Vol. 23, №7. C. 396-410.
- [11] Hick W.E. On the rate of gain of information // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1952. №4. C. 11-26.
- [12] Hai Q., Xiong S. New Hick's law based reaction test App reveals "information processing speed" better identifies high falls risk older people than "simple reaction time" // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2017. Vol. 58. C. 25-32.
- [13] Cockburn A., Gutwin C., Greenberg S. A predictive model of menu performance // *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2007. C. 627-636.
- [14] Cockburn A., Gutwin C. A Predictive Model of Human Performance With Scrolling and Hierarchical Lists // *Human-Computer Interaction*. – 2009. Vol. 24, №3. C. 273-314.
- [15] Rosati L. How to design interfaces for choice: Hick-Hyman law and classification for information architecture // *Classification and visualization: interfaces to knowledge: proceedings of the International UDC Seminar*. (24-25 October 2013, The Hague, The Netherlands). Würzburg: Ergon Verlag, 2013. C. 125-138.
- [16] Schneider D. W., Anderson J.R. A memory-based model of Hick's law // *Cognitive Psychology*. 2011. Vol. 62, №3. C. 193-222.
- [17] Zhao J., Soukoreff R. W., Ren X., Balakrishnan R. A model of scrolling on touch-sensitive displays // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2014. Vol. 72, №12. C. 805-821.
- [18] Jeong J., Kim N., In P. H. Adaptive Kinetic Scrolling: Kinetic Scrolling for Large Datasets on Mobile Devices // *Applied Science*. 2015. Vol. 8, №11. C. 2015.