

УДК 004.514

ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛЬНОЙ ЭСТЕТИКИ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ

А. В. Вострых, к.т.н., старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия;
orcid.org/0000-0002-8261-0712, e-mail: a.vostrykh@list.ru

Рассматривается научная задача повышения работоспособности пользователей в программных продуктах, которая напрямую зависит от эффективности исполнения графических пользовательских интерфейсов программ. **Целью работы** является разработка научно-методических и инструментальных средств, позволяющих как оценить интерфейсы программ в аспекте эффективности визуальной эстетики, так и сравнивать аналогичные по функциональному наполнению и назначению программы. Также данные средства позволяют как проводить оценку работоспособности пользователей в анализируемых программах, так и прогнозировать уровень их работоспособности в течение рабочего дня. Для реализации поставленной цели в статье: определены нагрузки интерфейсов, воздействующие на пользователя в течение рабочего дня при использовании программ; определён состав этих нагрузок в виде спектров показателей оценки эффективности визуальной эстетики интерфейсов; построены аналитические модели когнитивной, визуальной и моторной нагрузок. Также определён состав факторов, влияющих на работоспособность пользователей программных продуктов. Предложена оригинальная формула вычисления работоспособности пользователей при использовании интерфейсов различных программ. Предложен формализованный подход, позволяющий визуализировать динамику работоспособности пользователей при использовании различных интерфейсов, а также сравнивать интерфейсы программ, аналогичных по функциональному содержанию, с целью выбора наиболее эффективного. Предложена оригинальная имитационно-аналитическая модель для оценки эффективности визуальной эстетики интерфейсов, которая помимо автоматизации вычислительных процессов оценки и сравнения интерфейсов позволяет в режиме реального времени отслеживать повышение или снижение когнитивной, визуальной и моторной нагрузок в зависимости от изменения характеристик интерфейсов и моделей пользователей, а также прогнозировать уровень работоспособности пользователей в течение рабочего дня.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, имитационно-аналитическая модель, визуальная эстетика, эффективность, нагрузки, работоспособность.

DOI: 10.21667/1995-4565-2024-89-65-76

Введение

В условиях современного цифрового производства, которое характеризуется массовым характером и широким применением компьютерной техники, регулярно разрабатываются новинки программных продуктов (ПП), подавляющее большинство которых обладает графическими пользовательскими интерфейсами (ГПИ), от эффективности реализации которых, как показали многочисленные исследования, зависят качество ПП, результативность работы пользователей, их работоспособность и общее эмоциональное состояние [1-4].

Деятельность современного пользователя ПП связана с рядом стрессовых факторов, которые принадлежат к [2-3, 5-9]: организации рабочих мест, мотивации, условиям труда, особенностям трудового процесса, особенностям аппаратного и программного обеспечения, социальной сферы и т.д. В настоящей статье основной акцент направлен на факторы программного обеспечения в аспекте эффективности ГПИ программ по направлению визуальной эстетики.

Для пользователей ПП основным содержанием их работы является сложный комплекс умственной деятельности с небольшими элементами физического труда. В основе взаимодействия пользователя с ПП лежат получение и обработка информации, по результатам которой принимаются и реализуются различного рода решения. Известным фактом является то, что на пользователя во время его работы с ГПИ программ воздействуют нагрузки трёх типов, которые напрямую влияют на результативность его труда и работоспособность. К таким нагрузкам относятся визуальная, когнитивная и моторная [2-3].

Когнитивная нагрузка – это количество данных, обладающих внутренней (трудность понимания данных) и внешней (форма представления данных) сложностью, которые пользователю требуется удерживать одновременно в рабочей памяти для взаимодействия с ГПИ программы.

Визуальная нагрузка – это видимый в текущий момент объём данных, предоставляемый ГПИ в объёме, необходимом и достаточном для полноценного взаимодействия с программой.

Моторная нагрузка – это объём элементарных действий, производимых пользователем для выполнения своих функциональных задач при помощи ГПИ программы.

Примером воздействия данных нагрузок на пользователя в процессе его взаимодействия с ГПИ программы может быть составление отчёта в текстовом редакторе «Word». Так, вспоминание функций программы пользователем (когнитивная нагрузка), осмотр меню и рабочей области ГПИ (визуальная нагрузка), нажатие кнопок меню, манипуляции «мышью» и набор текста (моторная нагрузка). Все эти нагрузки задействуют разное количество ментальных ресурсов пользователей. Порядок расположения нагрузок от более «затратной» к менее «затратной» следующий: когнитивная, визуальная, моторная [2-3].

Последовательность воздействия нагрузок на пользователей следующая: вначале возникает визуальная нагрузка при просмотре ГПИ, затем – когнитивная, при планировании действий по решению задачи и в конце – моторная, фактические действия пользователя, направленные на решение задачи [2-3].

От силы влияния нагрузок зависят многие психофизиологические и ментальные составляющие пользователя, такие как [2-3, 10-14]: усталость, рабочий настрой, вдохновение, стресс, грусть, радость, количество ошибок, удовлетворённость трудом, скорость работы, скорость обучения, длительность сохранения навыков оперирования функционалом ГПИ, работоспособность, инициатива, стимул, «состояние потока» и т.д. Чем ниже значение нагрузок, воздействующих на пользователя, тем продуктивнее он работает с максимальной отдачей и результатом.

Проведённые исследования автора настоящей статьи [15-17] и других учёных [2-3, 18-20] показали, что попытки снижения одних типов нагрузок непоколебимо приводят к возрастанию остальных в разных пропорциях. В связи с чем исследователям необходимо определить приоритетную нагрузку, снижение которой является первостепенной задачей, и попытаться уменьшить её с минимальным возрастанием остальных. Для этого необходимо выявить составляющие нагрузок и привести их к формальному виду для осуществления расчётов.

Автор настоящей статьи в своих более ранних публикациях [15-17] представил алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ, в состав которого вошли три дочерних алгоритма: оценка эффективности цветовой эстетики ГПИ; оценка эффективности композиционного равновесия ГПИ; оценка эффективности эргономической эстетики ГПИ. Данным алгоритмам принадлежат двенадцать показателей и десять характеристик, представленных в формальном виде. Эти показатели предоставляют возможность исследователям детально и гибко проводить анализ эффективности ГПИ и выявлять как положительные, так и отрицательные аспекты их реализации, а также находить скрытые на первый взгляд дефекты.

При возможности проведения оценки эффективности ГПИ автором настоящей статьи ставится научная задача по разработке имитационно-аналитической модели, которая позволит имитировать взаимодействие пользователей с ГПИ программ в течение рабочего дня и отслеживать уровень воздействия на них когнитивной, визуальной и моторной нагрузок. Это

позволит производить поиск решений по снижению нагрузок (отслеживать тенденции изменений нагрузок при вариации значений характеристик моделей пользователей и ГПИ) для повышения работоспособности пользователей и их более продуктивной деятельности. Также появится возможность сравнивать работоспособность пользователей в конкурирующих ПП для выбора наиболее эффективного.

Как было сказано выше, невозможно снизить одновременно все типы нагрузок, тем самым модель должна позволить анализировать динамику изменения нагрузок для выбора наиболее оптимальных вариантов, в целом приводящих к наилучшему результату по общей допустимой и желаемой нагрузке.

Теоретическая часть

В статье определён состав каждого типа нагрузок в виде спектров показателей эффективности визуальной эстетики ГПИ, а также продемонстрированы зависимости экстремумов этих показателей и экстремумов нагрузок, таблица 1. Формулы вычисления показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ представлены в более ранних работах автора настоящей статьи [15-17].

Таблица 1 – Сопоставление экстремумов нагрузок и экстремумов показателей эффективности ГПИ
Table 1 – Comparison of load extremes and GUI performance indicators extremes

Наименование показателя	Значение показателя, min/max	Когнитивная нагрузка, min/max	Визуальная нагрузка, min/max	Моторная нагрузка, min/max
Аттрактивность J	max	min	min	—
	min	max	max	
Оптимальность сходимости цветов C	max	min	min	—
	min	max	max	
Сбалансированная полярность M_{all}	max	min	min	—
	min	max	max	
Соразмерность K	max	min	min	min
	min	max	max	max
Единообразие E	max	min	min	min
	min	max	max	max
Привлекательность B_f	max	min	min	—
	min	max	max	
Контрастность K_{gpi}	max	min	max	—
	min	max	min	
Сигнальная многополярность H_s	max	max	max	—
	min	min	min	
Визуальная простота F_{sp}	max	min	min	min
	min	max	max	max
Организованность F_{obv}	max	min	min	max
	min	max	max	min
Эстетичность E_{gpi}	max	min	min	—
	min	max	max	
Лаконичность X	max	max	max	min
	min	min	min	max

Полученные в таблице 1 зависимости позволяют составить аналитические модели когнитивной $Am_{ve}(Kg_v)$, визуальной $Am_{ve}(V_v)$ и моторной $Am_{ve}(M_v)$ нагрузок относительно эффективности визуальной эстетики ГПИ:

$$Am_{ve}(Kg_v(\min)) = \begin{cases} (J, C, M_{all}, K, E, B_f, K_{gpi}, F_{sp}, F_{obv}, E_{gpi}) \rightarrow \max \\ (H_s, X) \rightarrow \min; \end{cases} \quad (1)$$

$$Am_{ve}(V_v(\min)) = \begin{cases} (J, C, M_{all}, K, E, B_f, F_{sp}, E_{gpi}, F_{obv}) \rightarrow \max \\ (K_{gpi}, H_s, X) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2)$$

$$Am_{ve}(M_v(\min)) = \begin{cases} (K, E, F_{sp}, X) \rightarrow \max \\ (F_{obv}) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (3)$$

Проведённый анализ показателей эффективности визуальной эстетики ГПИ позволил сделать следующие выводы:

- при повышении значений показателей: «Единообразие» E , «Соразмерность» K , «Визуальная простота» F_{sp} все типы нагрузок снижаются;
- при снижении значения показателя «Организованность» F_{obv} снижается только моторная нагрузка;
- при снижении значений показателя «Лаконичность» X снижаются визуальная и когнитивная нагрузки, но возрастает моторная нагрузка;
- при снижении значений показателя «Сигнальная многополярность» H_s снижаются визуальная и когнитивная нагрузки, на изменение моторной нагрузки показатель не влияет;
- при повышении значений показателей: «Аттрактивность» J , «Оптимальность сходимости цветов» C , «Сбалансированная полярность» M_{all} , «Привлекательность» B_f , «Эстетичность» E_{gpi} снижаются когнитивная и визуальная нагрузки, на изменение моторной нагрузки показатели не влияют.

Вычисление нагрузок автором настоящей статьи реализовано с помощью свёртки, которая согласно направлениям экстремумов ($f_1(x) \rightarrow \max, f_2(x) \rightarrow \min$) имеет следующий вид:

$$Kg_{v_{ve}} = 1 - ((k_{m1} * J + k_{m2} * C + k_{m3} * M_{all} + k_{m4} * K + k_{m5} * E + k_{m6} * B_f + k_{m7} * K_{gpi} + k_{m8} * F_{sp} + k_{m9} * F_{obv} + k_{m10} * E_{gpi}) - (k_{m11} * H_s + k_{m12} * X)); \quad (4)$$

$$V_{v_{ve}} = 1 - ((k_{m1} * J + k_{m2} * C + k_{m3} * M_{all} + k_{m4} * K + k_{m5} * E + k_{m6} * B_f + k_{m8} * F_{sp} + k_{m9} * F_{obv} + k_{m10} * E_{gpi}) - (k_{m11} * H_s + k_{m12} * X + k_{m7} * K_{gpi})), \quad (5)$$

$$M_{v_{ve}} = 1 - ((k_{m4} * K + k_{m5} * E + k_{m8} * F_{sp} + k_{m12} * X) - F_{obv} * k_{m9}), \quad (6)$$

где k_{mi} – коэффициент значимости показателя; $Kg_{v_{ve}}$ – когнитивная нагрузка; $V_{v_{ve}}$ – визуальная нагрузка; $M_{v_{ve}}$ – моторная нагрузка.

Снижение интенсивности воздействия нагрузок на пользователей приводит к повышению их работоспособности. Работоспособностью является потенциальная возможность пользователя выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определённого времени [20].

Помимо нагрузок, воздействующих на пользователей ПП, также на их работоспособность влияют их биологические и психоэнергетические ресурсы (например, пол, возраст, уровень компьютерной грамотности), а также внешние факторы (естественная усталость, повышающаяся в течение рабочего дня, шум, окружающий коллектив, особенности трудовой деятельности и т.д.) [2-3]. В настоящей работе при оценке работоспособности пользователей учитываются характеристики моделей пользователей, а именно: пол, уровень компьютерной грамотности и возраст.

Автором настоящей статьи в более ранних публикациях [15-17] проведён эксперимент по анализу влияния когнитивно-психологических возможностей пользователей на их работоспособность, в результате которого получены значения коэффициентов работоспособности относительно пола пользователей k_{gen} , их уровня компьютерной грамотности k_{int} и возраста k_{age} , таблица 2.

Для вычисления работоспособности пользователей автором настоящей статьи предложена следующая формула:

$$W_{use}(ve) = ((1 - ((Kg_{v_{ve}} + V_{v_{ve}} + M_{v_{ve}}) * k_{gen} * k_{int} * k_{age}))) * \frac{B_s * B_m}{k_{fig}} * 100, \quad (7)$$

где W_{use} – работоспособность пользователей ПП (измеряется в процентах); k_{gen} – коэффициенты работоспособности относительно пола пользователей; k_{int} – коэффициенты работоспособности относительно уровня компьютерной грамотности пользователя; k_{age} – коэффициенты работоспособности относительно возраста пользователя; $Kg_{v_{ve}}$ – когнитивная нагрузка; $V_{v_{ve}}$ – визуальная нагрузка; $M_{v_{ve}}$ – моторная нагрузка; B_s – нагрузка вработываемости; B_m – нагрузка монотонности; k_{fig} – коэффициент утомляемости.

Таблица 2 – Коэффициенты моделей пользователей

Table 2 – Coefficients of user models

Характеристика модели пользователя	Коэффициент
Пол	k_{gen}
Мужской	0,59
Женский	0,41
Уровень компьютерной грамотности	k_{int}
Начинающий	0,26
Средний	0,32
Профессионал	0,42
Возраст	k_{age}
18-22	0,22
23-30	0,21
31-40	0,17
41-50	0,15
51-60	0,14
61-81	0,11

С целью определения нагрузки вработываемости и монотонности, а также коэффициента утомляемости автором настоящей статьи в более ранних публикациях [15-17] проведён эксперимент, по результатам которого было установлено, что в каждой рабочей фазе значения нагрузок вработываемости B_s и монотонности B_m , а также коэффициента утомляемости k_{fig} различаются, что отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Значения нагрузок и коэффициента

Table 3 – Values of loads and coefficient

Временной диапазон	Фаза работоспособности	B_s	B_m	k_{fig}
09:00 – 09:30	I Мобилизация	0,5	1	1
09:30 – 10:30	II Гиперкомпенсация	0,63	1	1
10:30 – 12:30	III Компенсация	1	1	1
12:30 – 13:00	IV Субкомпенсация	1	0,58	1,1
14:00 – 14:30	I Мобилизация (2)	0,65	1	1
14:30 – 15:30	II Гиперкомпенсация (2)	0,8	1	1,1
15:30 – 17:30	III Компенсация (2)	1	0,9	1,15
17:30 – 18:00	IV Субкомпенсация (2)	1	0,62	1,2
18:00 – 18:30	VI Конечный порыв	1	0,75	1,25

Экспериментальные исследования

Для демонстрации изменения динамики работоспособности в течение рабочего дня пользователей при использовании ими конкретного ГПИ автором настоящей статьи предложен следующий подход, состоящий из ряда шагов:

Шаг 1 – провести вычисления значений работоспособности на каждой фазе с помощью формулы (7).

Шаг 2 – на основе полученных данных построить график изменения динамики работоспособности на том же координатном пространстве, где находится график работоспособности без нагрузок. Пример визуализации данного шага представлен на рисунке 1.

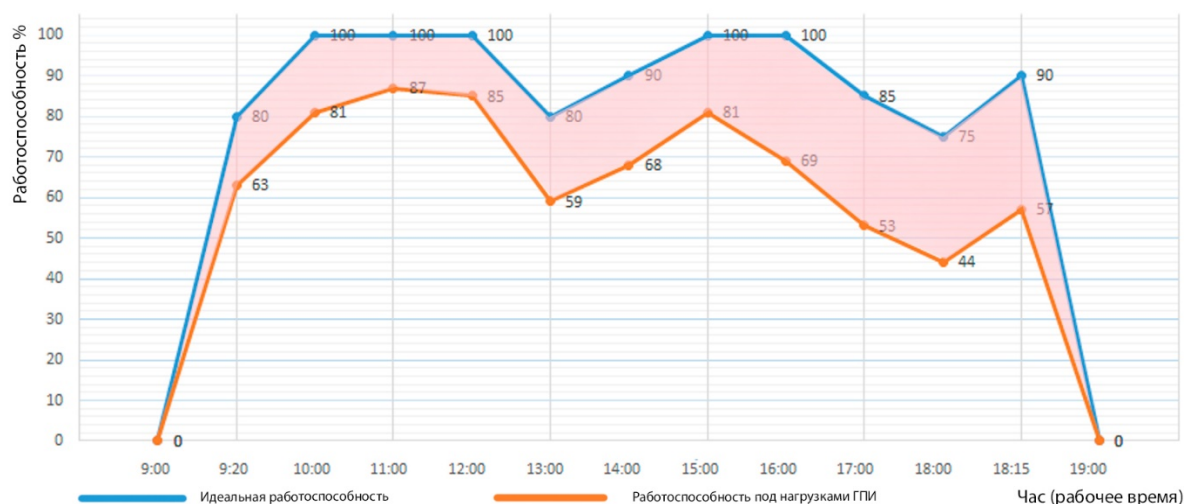


Рисунок 1 – Графики динамик изменения работоспособности под нагрузками ГПИ и в отсутствие нагрузок

Figure 1 – Graphs of performance change dynamics under GPI loads and in the absence of loads

Шаг 3 – рассчитать площадь фигуры, ограниченной линиями функций работоспособности без нагрузок (идеальная работоспособность) и работоспособности пользователей под нагрузками ГПИ.

Полученное значение площади и будет являться мерой воздействия нагрузок ГПИ на пользователей, а также демонстрировать количество затраченных ресурсов человеком. Также на каждой фазе графика можно вычислить разницу в процентном соотношении, которая демонстрирует потерянную работоспособность пользователей от нагрузок ГПИ в определённое время.

При задаче сравнения двух аналогичных по функциональному назначению и содержанию ГПИ программ с целью выбора наиболее эффективной в аспекте визуальной эстетики автором настоящей статьи предложен следующий подход:

Шаг 1 – провести вычисления показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ с помощью одноименного алгоритма по каждому ГПИ [15-17].

Шаг 2 – вычислить значения когнитивной, визуальной и моторной нагрузок с помощью формул (4) – (6) по каждому анализируемому ГПИ.

Шаг 3 – вычислить работоспособность пользователя в каждой фазе по каждому анализируемому ГПИ с помощью формулы (7).

Шаг 4 – построить графики динамик изменения работоспособности пользователей при работе в каждом ГПИ на основе проведённых вычислений на шаге 3.

Шаг 5 – определить точки пересечения и сформировать интервалы.

Шаг 6 – если одна из функций является последовательно больше другой на протяжении всего интервала, то вычисленная площадь будет мерой положительной экономии ресурсов пользователя при работе с ГПИ (имеющим график динамики работоспособности выше другого).

Шаг 7 – если одна из функций не является последовательно больше другой на протяжении всего интервала, необходимо вычислить площади областей отдельно, а затем сравнить их. ГПИ, обладающий большей площадью общего интервала или суммы таких интервалов (график ГПИ находится выше графика аналога), будет более экономичным относительно ресурсов пользователя и, следовательно, более эффективным.

Шаг 8 – расчёт разности большей и меньшей площадей будет являться мерой положительной экономии ресурсов пользователя при работе с ГПИ (обладающим большей площадью и тем самым демонстрирующим свою большую эффективность).

Для демонстрации функциональности предложенного подхода оценим и сравним работоспособность пользователей в течении рабочего дня при использовании двух графических редакторов Adobe Photoshop и Corel PHOTO-PAINT.

Вычисления показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ

Table 4 – Values of indicators for evaluating the effectiveness of GUI visual aesthetics

Наименование показателя	Графические редакторы	
	Corel PHOTO-PAINT	Adobe Photoshop
Аттрактивность J	0,197	0,234
Оптимальность сходимости цветов C	0,666	0,880
Сбалансированная полярность M_{all}	0,155	0,197
Соразмерность K	0,481	0,515
Единообразие E	0,794	0,197
Привлекательность B_f	0,376	0,371
Контрастность K_{gpi}	0,569	0,599
Сигнальная многополярность H_s	0,767	0,707
Визуальная простота F_{sp}	0,201	0,199
Организованность F_{obv}	0,370	0,423
Эстетичность E_{gpi}	0,620	0,625
Лаконичность X	0,671	0,725

Вычисление работоспособности в каждой фазе рабочего дня при использовании ГПИ Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop представлено в таблице 5.

Графики динамики изменения работоспособности пользователей при использовании ГПИ Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop представлены на рисунке 2.

Таблица 5 – Значения работоспособности в каждой фазе при использовании пользователями анализируемых ГПИ

Table 5 – Performance values in each phase when users apply the GUI analyzed

Фазы рабочего дня	Графические редакторы	
	Corel PHOTO-PAINT	Adobe Photoshop
Мобилизация	60	55
Гиперкомпенсация	65	61
Компенсация	88	70
Субкомпенсация	55	65
Нормативное восстановление	61	82
Гиперкомпенсация (после обеда)	64	82
Компенсация (после обеда)	68	85
Субкомпенсация (после обеда)	50	55
Конечный порыв	55	60
Декомпенсация	0	0

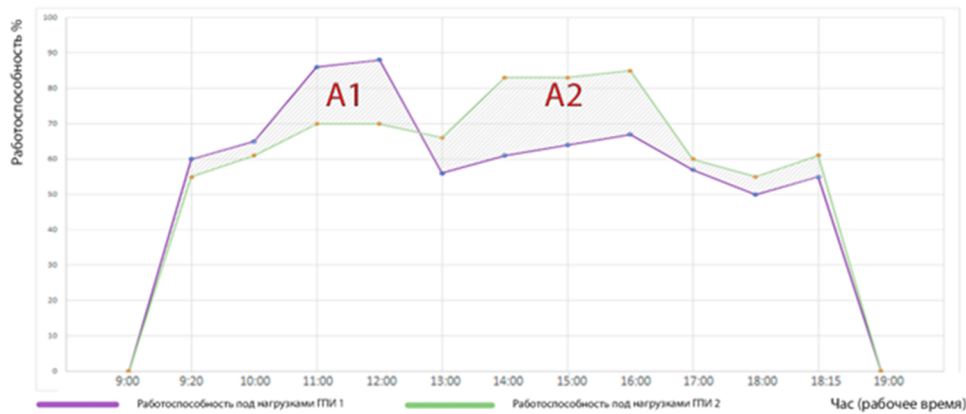


Рисунок 2 – Изменение работоспособности под воздействием нагрузок Corel PHOTO-PAINT (ГПИ 1) и Adobe Photoshop (ГПИ 2)
Figure 2 – Performance changes under the influence of Corel PHOTO-PAINT (GUI 1) and Adobe Photoshop (GUI 2) loads

Функция работоспособности пользователей при взаимодействии с ГПИ 1 имеет следующий вид:

$$y = 0,0022 * x^6 - 0,1027 * x^5 + 1,735 * x^4 - 13,146 * x^3 + 40,724 * x^2 - 18,517 * x; \quad (8)$$

при взаимодействии с ГПИ 2 имеет следующий вид:

$$z = -0,0059 * x^6 + 0,2535 * x^5 - 4,2688 * x^4 + 35,65 * x^3 - 153,99 * x^2 + 326,83 * x - 205,37. \quad (9)$$

Далее производятся следующие операции:

- определяются точки пересечения ($x_1 = 0$; $x_2 = 4,78$; $x_3 = 11,88$);
- формируются интервалы $[0; 4,78]$ и $[4,78; 11,88]$;
- вычисляется разность функций;
- вычисляется определённый интеграл для каждого интервала;
- вычисляются площади (в данном примере: $A1 = 12,334$; $A2 = 18,9843$).

Интервал, обладающий наибольшей площадью, является определяющим для выбора наиболее эффективного ГПИ (график которого идёт поверх менее эффективного на этом интервале), в данном случае ГПИ Adobe Photoshop.

Далее из большей площади вычисляется меньшая, полученное значение характеризует преимущество одного ГПИ над другим в аспекте экономии ресурсов пользователя и эффективности визуальной эстетики ГПИ. В данном случае получено значение – 6,65.

Таким образом, ГПИ Adobe Photoshop является более эффективным, чем ГПИ Corel PHOTO-PAINT, что позволит добиться в данном ПП большей работоспособности пользователей и как следствие более продуктивных результатов работы в целом.

Имитационно-аналитическая модель оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ автором статьи реализована в виде ПП, который автоматизирует весь представленный процесс выше, а также позволяет в режиме реального времени при изменении характеристик моделей пользователей и ГПИ отслеживать динамику возрастания или снижения когнитивной, визуальной и моторной нагрузок. Интерфейс имитационной модели представлен на рисунке 3.

Интерфейс программы состоит из пяти областей:

- «Модель пользователя» состоит из трёх элементов: пол пользователя; возраст пользователя; осведомлённость (уровень профессиональной подготовки): новичок, средний уровень, профессионал;
- «Характеристики ГПИ» состоит из семи элементов: количество информационно-функциональных элементов (ИФЭ); количество состояний ИФЭ (количество вариантов представления элемента ГПИ, которые характеризуют его состояние в текущий момент времени); количество цветов ГПИ (количество используемых в цветовой схеме ГПИ основных цветов); эффект стереохроматизма; преобладающий цвет (основной цвет интерфейса, имеющий наибольшую площадь); соответствие форма-цвет (основным цветам экспериментально

определено соответствие некоторым формам, в поле необходимо выбрать, выполняется или нет это условие в ГПИ); соответствие ассоциациям (проверка на соответствие цвета принятым в обществе ассоциациям, например красный – стоп или опасность);

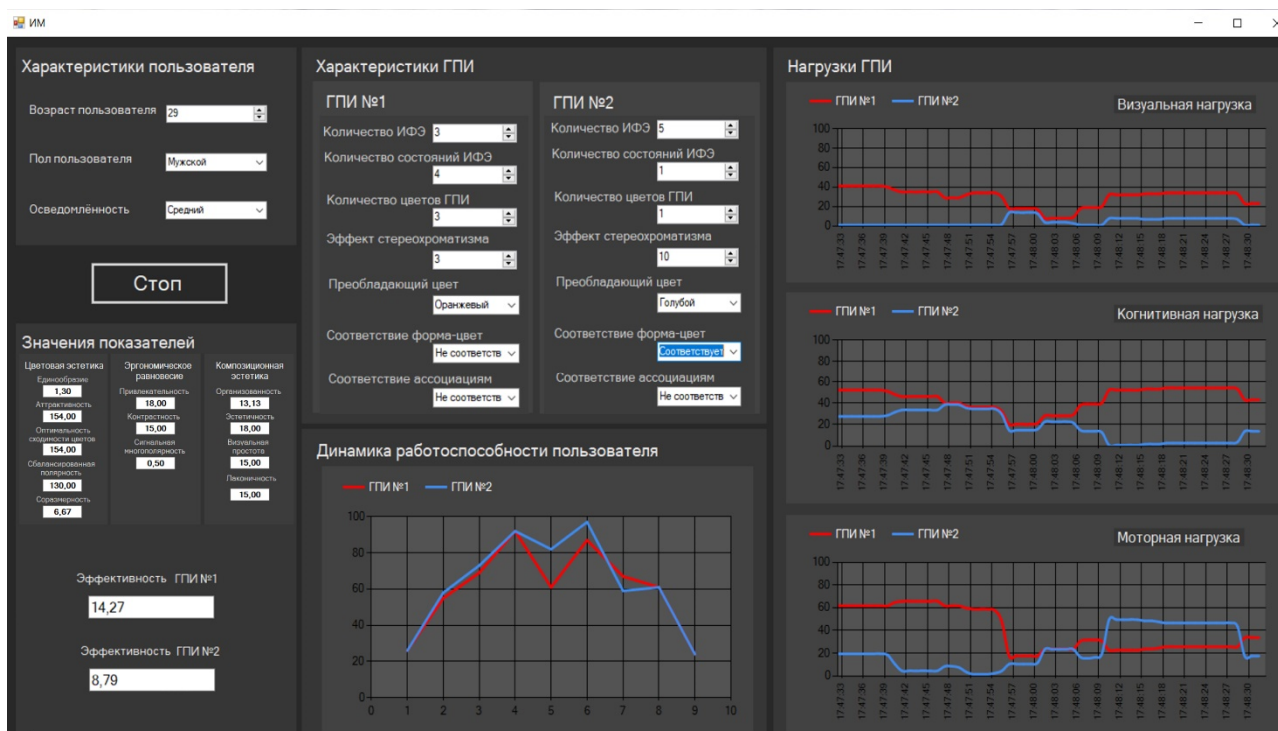


Рисунок 3 – Интерфейс имитационной модели
Figure 3 – Simulation model interface

– «Нагрузки ГПИ» состоит из трёх панелей, в каждой из которых находятся два графика, отражающие в режиме реального времени изменение величин когнитивной, визуальной и моторной нагрузок в зависимости от задаваемых параметров в блоках «Модель пользователя» и «Характеристики ГПИ» для каждого из анализируемых ГПИ;

– «Динамика работоспособности пользователя» состоит из одной панели, на которой отображаются диаграммы изменения работоспособности пользователей в течение рабочего дня при использовании анализируемых ГПИ в зависимости от установленных параметров в блоках «Модель пользователя» и «Характеристики ГПИ»;

– «Значения показателей» состоит из одной панели, демонстрирующей численные значения по каждому показателю оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ. Ниже приводятся общие оценки эффективности визуальной эстетики анализируемых ГПИ.

Таким образом, разработанный ПП позволяет автоматизировать вычислительный процесс, представленный в настоящей статье, а также графически визуализировать результаты вычислений. Также исследователь при использовании предложенного ПП получает возможность сравнивать работоспособность пользователей в течение рабочего дня по каждому анализируемому ГПИ, выбирая наиболее подходящий и эффективный, а также прогнозировать работоспособность пользователей в течении рабочего дня в анализируемом ПП.

Заключение

В настоящей статье определены нагрузки ГПИ, воздействующие на пользователя в течение рабочего дня при использовании ПП. Определён состав нагрузок в виде спектров показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ. Сопоставлены направления экстремумов показателей оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ и экстремумов нагрузок, что позволило построить аналитические модели когнитивной, визуальной и моторной нагрузок. Предложены оригинальные формулы вычислений уровня каждой нагрузки.

Также определён состав факторов, влияющих на работоспособность пользователей помимо нагрузок ГПИ, которыми стали биологические и психоэнергетические ресурсы пользователей, зависящие от пола, возраста и уровня компьютерной грамотности. Предложена оригинальная формула вычисления работоспособности пользователей при использовании ГПИ различных программ. Предложен формализованный подход, позволяющий визуализировать динамику работоспособности пользователей при использовании различных ГПИ, а также сравнивать ГПИ программ, аналогичных по функциональному содержанию с целью выбора наиболее эффективного.

Предложена оригинальная имитационно-аналитическая модель для оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ, которая помимо автоматизации процесса вычисления работоспособности пользователей позволяет в режиме реального времени отслеживать повышение или снижение когнитивной, визуальной и моторной нагрузок в зависимости от изменения характеристик ГПИ и моделей пользователей, тем самым подбирая оптимальные варианты характеристик для достижения наибольшей продуктивности работы в них потенциальных пользователей.

Библиографический список

1. **Раскин Д.** Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. – М.: Символ, 2007. 257 с.
2. **Уэйншенк С.** 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. – СПб.: Питер, 2011. 272 с.
3. **Уэйншенк С.** 100 новых главных принципов дизайна. Как удержать внимание. – СПб.: Питер, 2016. 290 с.
4. **Нильсен Я.** Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств / Я. Нильсен. – М.: Эксмо, 2013. 256 с.
5. **Антропова М.В.** Работоспособность учащихся и её динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. – М.: Просвещение, 1967. – 251 с.
6. **Зеер Э.Ф.** Психология профессионального развития. – М.: Академия, 2007. 268 с.
7. **Иванова Е.М.** Психология профессиональной деятельности: учеб. пособие. – М.: ПЕР СЭ, 2006. 309 с.
8. **Климов Е.А.** Психология профессионального самоопределения. – М.: Академия, 2007. 364 с.
9. **Крегер О., Тьюсон Дж. М.** Типы людей: 16 типов личности, определяющих, как мы живём, работаем и любим: пер. с англ. – М.: Персей: Вече: АСТ, 2009. 149 с.
10. **Мандрикова Е.Ю.** Организационная психология. 2012. Т. 2. № 1. 280 с.
11. **Семенов С.П.** Мотивационный анализ: Психотерапевтическая версия. – СПб., 2007. 341 с.
12. **Юшмов Е. А.** Психология профессионала. Воронеж: Феникс, 2006. 251 с.
13. **Яшин Е.Ф.** Отбор персонала и введение в должность. М.: ГАУ, 2008. 394 с.
14. **Norman D.A.** Living with complexity / D.A. Norman. – The MIT Press, 2010. 308 p.
15. **Вострых А.В.** Алгоритм оценки эффективности цветовой эстетики графических пользовательских интерфейсов // Информационные технологии и телекоммуникации. 2023. Т. 11. № 2. С. 8-24.
16. **Вострых А.В.** Метод и алгоритмы многокритериальной оценки графических пользовательских интерфейсов программных продуктов МЧС России / А.В. Вострых // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 4 (40). С. 57-64.
17. **Вострых А.В.** Оценка эстетичности цветовой схемы графических пользовательских интерфейсов / А.В. Вострых // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сборник научных статей: в 4-х томах. Санкт-Петербург. 2021. С. 163-167.
18. **Круг С.** Веб-дизайн, или Не заставляйте меня думать! – М.: Символ-Плюс, 2008. 216 с.
19. **Norman, D.A.** Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things / D.A. Norman. – Basic Books, 2005. 272 p.
20. **Матвеев Л.П.** Проблема периодизации спортивной тренировки. 2-е изд. – М.: Физкультура и спорт, 1965. 243 с.

UDC 004.512

SIMULATION AND ANALYTICAL MODEL TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF GRAPHICAL USER INTERFACE VISUAL AESTHETICS

A. V. Vostrykh, Ph.D. (Tech.), lecturer, department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia; orcid.org/0000-0002-8261-0712, e-mail: a.vostrykh@list.ru

*The article discusses the scientific task to increase the performance of users in software products, which directly depends on the efficiency of program graphical user interfaces execution. **The aim of the work** is to develop scientific, methodological and instrumental tools that allow both to evaluate program interfaces in terms of visual aesthetics effectiveness, and to compare the programs that are similar in functionality and purpose. Also, these tools allow us to both assess the performance of users in the analyzed programs and predict the level of their performance during the working day. To achieve this aim, the article identifies interface loads that affect the user during the working day when using programs; the composition of these loads was determined in the form of spectra of effectiveness indicators that assess visual aesthetics of interfaces. Analytical models of cognitive, visual and motor loads were also built. The composition of factors influencing the performance of users in addition to interface loads was also determined. Original formula to calculate user performance when using interfaces of various programs is proposed. A formalized approach that allows one to visualize the dynamics of user performance when using various interfaces, as well as to compare the interfaces of programs similar in functional content in order to select the most effective one is proposed. An original simulation-analytical model is offered to assess the effectiveness of interface visual aesthetics which, in addition to automating the computational processes of evaluating and comparing interfaces, allows real-time monitoring of increase or decrease in cognitive, visual and motor loads depending on changes in characteristics interfaces and user models, as well as predict the level of user performance during the working day.*

Keywords: graphical user interface, simulation and analytical model, visual aesthetics, efficiency, load, performance.

DOI: 10.21667/1995-4565-2024-89-65-76

References

1. **Raskin D.** *Interfejs. Novye napravleniya v proektirovanii komp'yuternyh system* (Interface. New directions in the design of computer systems). Moscow: Symbol. 2007, 257 p. (in Russian).
2. **Weinshenk S.** *100 glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie* (100 main principles of design. How to keep attention). Saint Petersburg: Piter. 2011, 272 p. (in Russian).
3. **Weinshenk S.** *100 novyh glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie* (100 new main principles of design. How to keep attention). Saint Petersburg: Piter. 2016, 290 p. (in Russian).
4. **Nielsen J.** *Mobile Usability. Kak sozdavat' ideal'no udobnye prilozheniya dlya mobil'nyh ustroystv* (Mobile Usability. How to create ideally convenient applications for mobile devices) Nielsen. Moscow: Eskmo. 2013, 256 p. (in Russian).
5. **Antropova M.V.** *Rabotosposobnost' uchashchihsya i eyo dinamika v processe uchebnoj i trudovoj deyatel'nosti* (Students' performance and its dynamics in the process of educational and work activities). Moscow: Education. 1967, 251 p. (in Russian).
6. **Zeer E.F.** *Psihologiya professional'nogo razvitiya* (Psychology of professional development). Moscow: Academy. 2007, 268 p. (in Russian).
7. **Ivanova E.M.** *Psihologiya professional'noj deyatel'nosti: ucheb. Posobie* (Psychology of professional activity: Proc. Allowance). Moscow: PER SE. 2006, 309 p. (in Russian).
8. **Klimov E.A.** *Psihologiya professional'nogo samoopredeleniya* (Psychology of professional self-determination). Moscow: Academy. 2007, 364 p. (in Russian).

9. **Kroegeer O., Tewson J. M.** *Tipy lyudej: 16 tipov lichnosti, opredelyayushchih, kak my zhivym, rabotaem i lyubim* (Types of people: 16 personality types that determine how we live, work and love). M.: Perseus: Veche: AST. 2009, 149 p. (in Russian).
10. **Mandrikova E. Yu.** *Organizacionnaya psikhologiya*. 2012, vol. 2, no. 1, 280 p. (in Russian).
11. **Semenov S.P.** *Motivacionnyj analiz: Psihoterapevticheskaya versiya* (Motivational analysis: Psychotherapeutic version). St. Petersburg. 2007, 341 p. (in Russian).
12. **Yushmov E. A.** *Psikhologiya professionala* (Psychology of a professional). Voronezh: Phoenix. 2006, 251 p. (in Russian).
13. **Yashin E.F.** *Otbor personala i vvedenie v dolzhnost* (Personnel selection and induction). Moscow: GAU. 2008, 394 p. (in Russian).
14. **Norman D.A.** *Living with complexity*. The MIT Press. 2010, 308 p.
15. **Vostrykh A.V.** Igoritmi ocenki effektivnosti cvetovoj estetiki graficheskikh pol'zovatel'skikh interfejsov. *Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii*. 2023, vol. 11, no. 2, pp. 8-24. (in Russian).
16. **Vostrykh A.V.** Metod i algoritmy mnogokriterial'noj ocenki graficheskikh pol'zovatel'skikh interfejsov programmyh produktov MCHS Rossii. *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*. 2022, no. 4 (40), pp. 57-64. (in Russian).
17. **Vostrykh A.V.** Ocenka esteticnosti cvetovoj skhemy graficheskikh pol'zovatel'skikh interfejsov. *Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: sbornik nauchnykh statej: v 4-h tomah*. St. Petersburg. 2021, pp. 163-167. (in Russian).
18. **Krug S.** *Veb-dizajn, ili Ne zastavlyajte menya dumat'* (Web design, or Don't make me think!). Moscow: Symbol-Plus. 2008, 216 p. (in Russian).
19. **Norman, D.A.** *Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Books. 2005, 272 p.
20. **Matveev L.P.** *Problema periodizacii sportivnoj trenirovki* (The problem of periodization of sports training). Moscow: Physical culture and sport. 1965, 243 p. (in Russian).