

8. Бекмачев А. Компания Xsens — эксперт в области систем управления движением. *Компоненты и технологии*. 2013; 4: 32–6.

10. Кубряк О.В., Гроховский С.С. *Практическая стабилометрия. Статические двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции*. М.: ИПЦ «Маска»; 2012.

11. Шестаков М.П., Слива С.С., Войнов И.Д. Компьютерная стабилография в физической культуре и спорте. В сб.: Слива С.С., Болонев А.Г. *Сборник статей по стабилографии*. Таганрог: ОКБ «РИТМ»; 2006: 135–6.

REFERENCES

1. Biktimirova A.A., Rylova N.V., Samoilov A.S. Cardiorespiratory stress testing in sports medicine. *Sportivnaya meditsina*. 2014; 3: 50–3 (in Russian).

2. Lelyavina T.A., Sitnikova M.Yu., Berezina A.V., Shlyakhto E.V., Semenova E.S., Gija I.V. New approach to physiological phases allocation of energy supply mechanism during increasing physical activity of healthy persons. *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2012; 4 (86): 77–86 (in Russian).

3. A.N. Kurzanov, N.V. Zabolotskiy, A.M. Manuilov. Clinical medical diagnostic aspects of human functional reserves. *Kubanskiy nauchnyi meditsynskiy vestnik*. 2015; 6 (155): 73–7 (in Russian).

4. Sigal L., Balan A.O., Black M.J. Human Eva: synchronized video and motion capture dataset and baseline algorithm for evalua-

tion of articulated human motion. *International Journal of Computer Vision*. 2010; 87 (1): 4–27.

5. Bobylev A.N. Concerning two modifications of the least square method for lost information restoring in the motion capture system upon accelerometer readings. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki*. 2012; 16 (55): 89–101 (in Russian).

6. Skvortsov D.V. *Motor disorder diagnostics with instrumental methods such as gait analysis, stabilometrics: a monograph*. M.: Medical science corporation MBN; 2007 (in Russian).

7. Stevenson J.M., Selinger J., Gooyers C., Costigan P., Almonino S., Upjohn T. *Trial of Objective Biomechanical assessment of Extended Body Armour: Phase 1*. Kingston, Ontario, Canada: Ergonomics Research Group Queen's University; 2008.

8. Bekmachev A. Xsens Company — expert in the field of motion control systems. *Komponenty i tekhnologii*. 2013; 4: 32–6 (in Russian).

9. Luinge H.J., Roetenberg D., Slycke P.J. Motion tracking system. Patent US 8165844 B2. №US 11/748, 963; 2012.

10. Kubryak O.V., Grohovskiy S.S. *Practical stabilometrics. Static motor and cognitive tests with support reaction biofeedback*. M.: IPC «Maska»; 2012 (in Russian).

11. Shestakov M.P., Sliva S.S., Voinov I.D. Computer posturography in physical culture and sports. In the misc.: S.C. Plum, A.G. Bolonov. *Posturographic miscellany*. Taganrog: OKB «Ritm»; 2006: 135–6 (in Russian).

Поступила 27.04.2018

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

УДК 331.101.1, 331.101.5

Степанян И.В.

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ: СОСТОЯНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Малый Харитоньевский пер., 4, Москва, Россия, 101990

Все большее количество работников значительную часть смены взаимодействуют с графическими пользовательскими интерфейсами (ГПИ). При низких эргономических качествах, а порой и неправильном использовании ГПИ возникает риск неблагоприятных эффектов для здоровья работника.

Выявлены и классифицированы типичные сценарии использования ГПИ. Для разных видов ГПИ и операторских профессий характерны различные показатели нагрузок — как биомеханических, так и психофизиологических. Среди основных элементов ГПИ — наличие или отсутствие мыши или джойстика, интуитивная ясность, сбалансированная цветовая гамма, постоянство расположения графических элементов, степень удобства и др. Обзор ГПИ разных видов и анализ их характерных признаков показал возможность возникновения разных факторов профессионального риска. Выявлены некоторые эргономические проблемы, связанные с встраиванием ГПИ в разные информационные технологии и системы. Показана роль эргономических характеристик ГПИ для безопасной и эффективной работы оператора. Приведены примеры алгоритмов визуализации больших объемов информации для облегчения ее восприятия и анализа. Правильное применение интерактивных средств компьютерной визуализации при грамотном проектировании и соблюдении эргономических принципов будет способствовать оптимизации умственного труда при инновационной деятельности, а также сохранению здоровья операторов. К перспективным разработкам в данном направлении можно отнести эргономичные интерфейсы, построенные с соблюдением принципов информационной гигиены, технологии анализа больших данных и автоматически генерируемую когнитивную графику.

Ключевые слова: графические пользовательские интерфейсы; эргономика; когнитивная графика; информационная гигиена
Для цитирования: Степанян И.В. Эргономические качества графических пользовательских интерфейсов: состояние и эволюция. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 12: 51–57. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-51-57>

Для корреспонденции: Степанян Иван Викторович, ст. науч. сотр. лаб. профилактики нарушений репродуктивного здоровья работников ФГБНУ «НИИ МТ»; вед. науч. сотр. отдела «Вибрационная биомеханика» Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, д-р биол. наук, канд. техн. наук. E-mail: neurocomp.pro@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3176-5279

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ivan V. Stepanyan

ERGONOMIC QUALITIES OF GRAPHIC USER INTERFACES (GUI): STATE AND EVOLUTION

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275;

²Institute of Engineering Science named after A.A. Blagonravov, 4, Maly Kharitonyevsky Ln, Moscow, Russia, 101990

More workers are involved into interaction with graphic user interfaces most part of the working shift. However, low ergonomic qualities or incorrect usage of graphic user interface could result in risk of unfavorable influence on workers' health. The authors revealed and classified typical scenarios of graphic user interface usage. Various types of graphic user interface and operator occupations are characterized by various parameters of exertion, both biomechanical and psycho-physiological. Among main elements of graphic user interface are presence or absence of mouse or joystick, intuitive clearness, balanced palette, fixed position of graphic elements, comfort level, etc. Review of various graphic user interface and analysis of their characteristics demonstrated possibility of various occupational risk factors. Some disclosed ergonomic problems are connected with incorporation of graphic user interface into various information technologies and systems. The authors presented a role of ergonomic characteristics of graphic user interface for safe and effective work of operators, gave examples of algorithms to visualize large information volumes for easier comprehension and analysis.

Correct usage of interactive means of computer visualization with competent design and observing ergonomic principles will optimize mental work in innovative activity and preserve operators' health. Prospective issues in this sphere are ergonomic interfaces developed with consideration of information hygiene principles, big data analysis technology and automatically generated cognitive graphics.

Key words: *graphic user interfaces; ergonomics; cognitive graphics; information hygiene*

For citation: Stepanyan I.V. Ergonomic qualities of graphic user interfaces (GUI): state and evolution. *Med. truda i prom. ekol.* 2018. 12: 51–57. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-51-57>

For correspondence: Ivan V. Stepanyan, senior researcher, Department of Prevention violations of workers' reproductive health, IRIOH, leading researcher, Department "Vibration Biomechanics", Institute of Engineering Science named after A.A. Blagonravov, Dr. Sci. Biol, Cand. Tech. Sci. E-mail: neurocomp.pro@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3176-5279

Sponsorship: The study had no sponsorship.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Введение. ГПИ (англ. graphical user interface, GUI) определяет взаимодействие пользователя с компьютером или электронным приложением посредством дисплея и графических изображений на нем. Концепцию разработал в 1960-е гг. Д. Энгельбарт в Стэнфордском университете (США), затем она была перенята фирмами Xerox (1973) и Apple Computers (1984).

В настоящее время ГПИ является стандартом большинства операционных систем и приложений. С развитием цифровой экономики, мобильных устройств и вычислительной техники ГПИ в значительной степени повлияли на трудовые отношения и условия труда. Развитие интерфейсов и языков программирования способствовало быстрому появлению новых и исчезновению старых профессий, среди которых присутствуют бухгалтеры и различные виды операторских профессий. При том, что существует ГОСТ Р 50923-96¹, интенсивное и разностороннее развитие IT-сектора требует разработки критериев оценки графических интерфейсов с учетом принципов эргономики и информационной гигиены [1]. Кроме того, в условиях процесса цифровизации экономики, быстро развивающихся информационных технологий и графических интерфейсов требуется разработка соответствующих критериев гигиенической оценки и рекомендаций по мерам профилактики.

Виды ГПИ и факторы профессионального риска.

При взаимодействии человека с ГПИ в процессе обмена

информацией [1–3] в значительной степени задействован зрительный анализатор с характерной напряженностью труда. При переутомлении зрения возникает риск развития «прогрессирующей близорукости от повышенного напряжения зрения» (по МКБ-10 код H52.1, код внешних причин X50.1–8).

Наблюдаются эффекты вынужденных поз и соответствующих биомеханических шаблонов, при этом существенную роль в процессах адаптации организма к ГПИ играет вегетативная нервная система и механизмы аллостазы [4]. Тем самым цифровизация экономики ставит задачи управления профессиональными рисками, связанными с эргономикой ГПИ в условиях быстро изменяющихся информационных систем и средств взаимодействия с ними. В связи с этим встает вопрос анализа эргономических свойств ГПИ для их гигиенической оценки с целью сохранения работоспособности и здоровья операторов. Эти вопросы относятся к области информационной гигиены [2].

В обзоре [5] Европейского агентства безопасности и здоровья на работе отмечается, что взаимодействие и зависимость от технологий растет почти во всех областях экономики. В настоящее время наблюдается переход к интерактивным ГПИ вместо кнопочных. Проблемы эволюции интерфейсов в системах «человек-машина» исследуются на протяжении последних десятилетий [6].

Изучались вопросы эргономики и безопасности в сложных технических системах. Была показана роль нарушений производственных процессов [7], систем управления [8] и

¹ ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».

человеческого фактора [9,10] в вопросах безопасности и управления рисками. Неэргономичный человеко-машинный интерфейс может вызывать серьезные последствия с точки зрения несчастных случаев и профессиональных заболеваний, включая стресс на работе, поэтому его правильное включение в конструкторское оборудование и рабочее место имеет большое значение.

Как правило, ГПИ состоит из элементов, включающих навигационное меню, текстовую информацию, виджеты, кнопки, списки, значки и др. Некоторые примеры информационных систем на базе ГПИ в различных сферах экономики:

- автоматизированные рабочие места (АРМ) и корпоративные CRM/ERP системы;
- расчетно-кассовое оборудование и электронная бухгалтерия;
- аналитические и новостные платформы;
- текстовые редакторы и операторские программы;
- программы для спутниковой навигации и транспорта;
- интернет браузеры, мобильные приложения и др.

Приведенные ГПИ относятся к различным классам как с позиций эргономики использования, так и по видам соответствующих информационных систем. Существуют альтернативные виды интерфейсов:

- консоль или интерфейс командной строки (англ. Command line interface, CLI), в котором инструкции машины задаются путем ввода с клавиатуры текстовых команд.
- текстовый пользовательский интерфейс (ТПИ; англ. Text user interface, TUI; Character User Interface, CUI), в котором используется только набор буквенно-цифровых символов.

Текстовые и консольные пользовательские интерфейсы характеризуются быстротой отображения информации и имеют ряд эргономических преимуществ перед графическими. Их достоинством является то, что ввод команды осуществляется гораздо быстрее, чем навигация по меню с помощью мыши, что позволяет более оперативно взаимодействовать с приложениями, снижая тем самым нагрузки на зрительный анализатор оператора. Кроме того, они позволяют вместить значительно большее количество информации на дисплее. Использование текстовых интерфейсов на рабочем месте также способствует снижению нагрузки на шейно-воротниковую зону за счет отсутствия компьютерной мыши и связанных с ней вынужденных поз, которые при продолжительном однообразном труде могут стать причиной болей в спине. Текстовые и консольные пользовательские интерфейсы являются предпочтительными для профилактики стрессов у операторов. На эти характеристики обратили внимание во многих компаниях, в том числе в транспортной сфере, снабдив кассиров текстовыми

интерфейсами для повышения производительности труда и снижения нагрузок.

В ряде работ [5,11–15] рассматривается каким образом ГПИ создает профессиональные риски, описывают профессии и виды неблагоприятных воздействий, а также даются некоторые рекомендации для снижения риска. В частности, в качестве меры по снижению рисков говорят о необходимости упрощения [12], стандартизации [14] и учета психологических факторов [15] в сложных технических системах.

Существуют различные устройства ввода информации в ГПИ (табл. 1): как правило, это клавиатура, мышь, сенсорная панель и сенсорный экран, которые могут вызвать биомеханические нагрузки на костно-мышечную систему оператора. В некоторых видах операторской деятельности предпочтительными являются сенсорные экраны. Для большинства работ, связанных с вводом текстовой информации, наиболее эргономичным устройством является клавиатура, при использовании которой требуются дополнительные навыки и обучение.

При продолжительном взаимодействии оператора с элементами ГПИ может возникать нагрузка на его шейно-воротниковую зону, что делает актуальной проблему оценки связи работ с ГПИ на появление болей в шейном отделе. Типовые сценарии использования устройств ввода информации при взаимодействии с ГПИ приведены в табл. 2.

Среди типовых сценариев вредных информационных нагрузок от ГПИ — периодическая принудительная смена пароля с заданием придумать новый пароль, не совпадающий с предыдущими и состоящий из заданного количества определенных символов. Возможный вариант решения — предложение генерации безопасного пароля, либо использование менеджеров паролей.

Возможно облегчение восприятия элементов интерфейса посредством использования вместо текстов пиктограмм, которыми обычно служат иконки, значки, кнопки. Использование узнаваемых и интуитивно понятных пиктограмм снижает нагрузки на зрительный анализатор.

Еще один типовой сценарий, способный утомлять операторов — изменение привычных элементов ГПИ программы или операционной системы при обновлении до последней версии. Пользователю приходится заново адаптироваться к новому интерфейсу, который не всегда интуитивно понятен, что вызывает дополнительные нагрузки. Текстовые интерфейсы, как правило, не обладают данным недостатком, поскольку в большинстве из них клавиатурные команды и сочетания клавиш не изменяются десятилетиями.

Особенности проектирования ГПИ. Таким образом, производители ГПИ должны учитывать психофизиологию

Таблица 1

Примеры средств ввода информации и биомеханические аспекты нагрузок графических интерфейсов Examples of input devices and biomechanical aspects of exertion at graphic interfaces

Эргономическое устройство ввода	Задействованные органы-мишени и механизмы
Клавиатура	Пальцы и кисти рук, мелкая мускулатура которых напрягается, воротниковая зона, плечевой пояс — лопатки и ключицы, соединенные между собой акромиально-ключичным суставом
Мышь	
Джойстик	
Сенсорный экран	
Тачпад, жесты	
Бесконтактный сенсорный контроллер	В сценариях игровой или виртуальной реальности может быть задействовано все тело в зависимости от решаемых задач
Речевой интерфейс	Слуховой анализатор, ЦНС, голосовой аппарат

пользователя и время, проводимое в смену при работе с программным продуктом с целью оптимизации нагрузок на костно-мышечную систему и зрительный анализатор. Необходимо проведение эргономического анализа приложений, взаимодействующих с оператором в системе «человек-машина» или «человек-машина-среда» для обеспечения эффективности, безопасности и комфорта при продолжительном взаимодействии с ГПИ.

При выборе ГПИ, помимо стандартных требований по качеству и стабильности, большое значение имеют следующие характеристики:

- правильное сочетание цветов, наличие дневной и ночной темы интерфейса;
- простота и интуитивная ясность графического интерфейса, отсутствие информационного шума, отсутствие отвлекающих факторов, в т.ч. постоянство принципов расположения элементов управления при обновлении приложений;
- стабильность и высокая скорость работы;
- исключение неблагоприятных сценариев, вызывающих ненужную нагрузку на оператора;
- комфортное разрешение дисплея и удобный размер значков, возможность калибровки яркости (в том числе автоматической) в соответствии с уровнем освещенности на рабочем месте для снижения утомления глаз;
- соблюдение ГОСТов, принципов информационной гигиены и др.

Среди приведенных принципов присутствуют: согласованность («принцип наименьшего удивления»), простота, учет свойств кратковременной памяти человека, когнитивная направленность, обратная связь, антропоморфизация, модальность, внимание. По каждому принципу приведены конкретные рекомендации, например «избегайте чрезмерного использования мигающих сообщений, жирных цветов и т. д.», «не использовать более 4 разных размеров шрифта на экран», «не злоупотреблять аудио или видео», «используйте цвета соответствующим образом и используйте ожидания (например, не используйте кнопку ОК, окрашенную красным цветом, используйте зеленый цвет для ОК, желтый для предостережения и красный для опасности)»,

«исключить ненужную информацию», «учитывать индивидуальные различия в пользовательском опыте» [16–18].

Методы визуализации информации в графических интерфейсах для снижения информационных нагрузок. Способность человека анализировать информацию тесно связана с возможностью графически представлять данные программными средствами: степень восприятия информации зависит от способа ее представления. Так, в работе [19] исследованы тенденции в области медицинской компьютерной визуализации: «от 2D к 3D». Таким образом, для продвижения в направлении оптимизации ГПИ необходима разработка автоматизированных средств визуализации информации, в том числе компьютерного инструментария представления информационных потоков в графическом или текст-графическом виде.

Приведенные принципы визуализации нуклеиновых кислот ДНК/РНК [20] могут служить для упрощения восприятия и анализа длинных полинуклеотидных цепей, а также служить дополнительным критерием классификации и выявления межвидовых взаимосвязей в биологии. Это способствует снижению информационных нагрузок для исследователей в области молекулярной генетики при анализе и визуализации нуклеотидных последовательностей за счет автоматического перехода от текстовой информации к графической.

Нуклеотидные последовательности в большинстве научных графических интерфейсов представлены в виде строк, состоящих из номенклатурных букв алфавита, кодирующего нуклеотиды: аденин (A), гуанин (G), цитозин (C) и тимин (T) (урацил (U)). Принципы визуализации позволяют наглядно оценить виды соотношений между присутствующими и отсутствующими олигонуклеотидами заданной длины в геномах различных организмов и вирусов с переходом от статистической обработки биологической информации в области конечной геометрии на подмножествах дискретных топологических пространств параметров.

Современные онтологии и тезаурусы для организации и хранения биологических и молекулярно-генетических данных могут быть снабжены вариантами визуализации для образовательных целей, а также для представления и

Таблица 2

Примеры сценариев работы с графическими интерфейсами и способы снижения нагрузок
Examples of scenarios of work with graphic interfaces and methods to decrease exertion

Элементы и функции	Когнитивная эргономика и сценарии использования	
	Негативный	Позитивный
Формы регистрации и авторизации	Ввод данных вручную	Использование специализированных расширений для хранения, генерации паролей и автоматического заполнения личных данных. Требуется соблюдения информационной гигиены в части грамотного обращения с паролями и личной информацией.
Сворачивание и разворачивание окна, переключение между окнами, позиционирование окон	С помощью мыши	Сочетания клавиш (зависят от настроек операционной системы): alt+tab, alt+вверх, alt+вниз, alt+вправо, alt+влево (в Ubuntu Linux).
Смена раскладки клавиатуры	С помощью мыши	Сочетание клавиш (зависят от настроек операционной системы): alt+пробел.
Операция клавиш: — сохранение файла, — отмена последнего изменения, — копирование, — вставка	С помощью мыши (меню правка...)	Сочетание клавиш: ctrl+s ctrl+z ctrl+c ctrl+v
Обнаружение компьютерного вируса	С помощью мыши или клавиатуры	Использование надежной операционной системы без вирусов и антивирусов при условии соблюдения правил компьютерной безопасности.

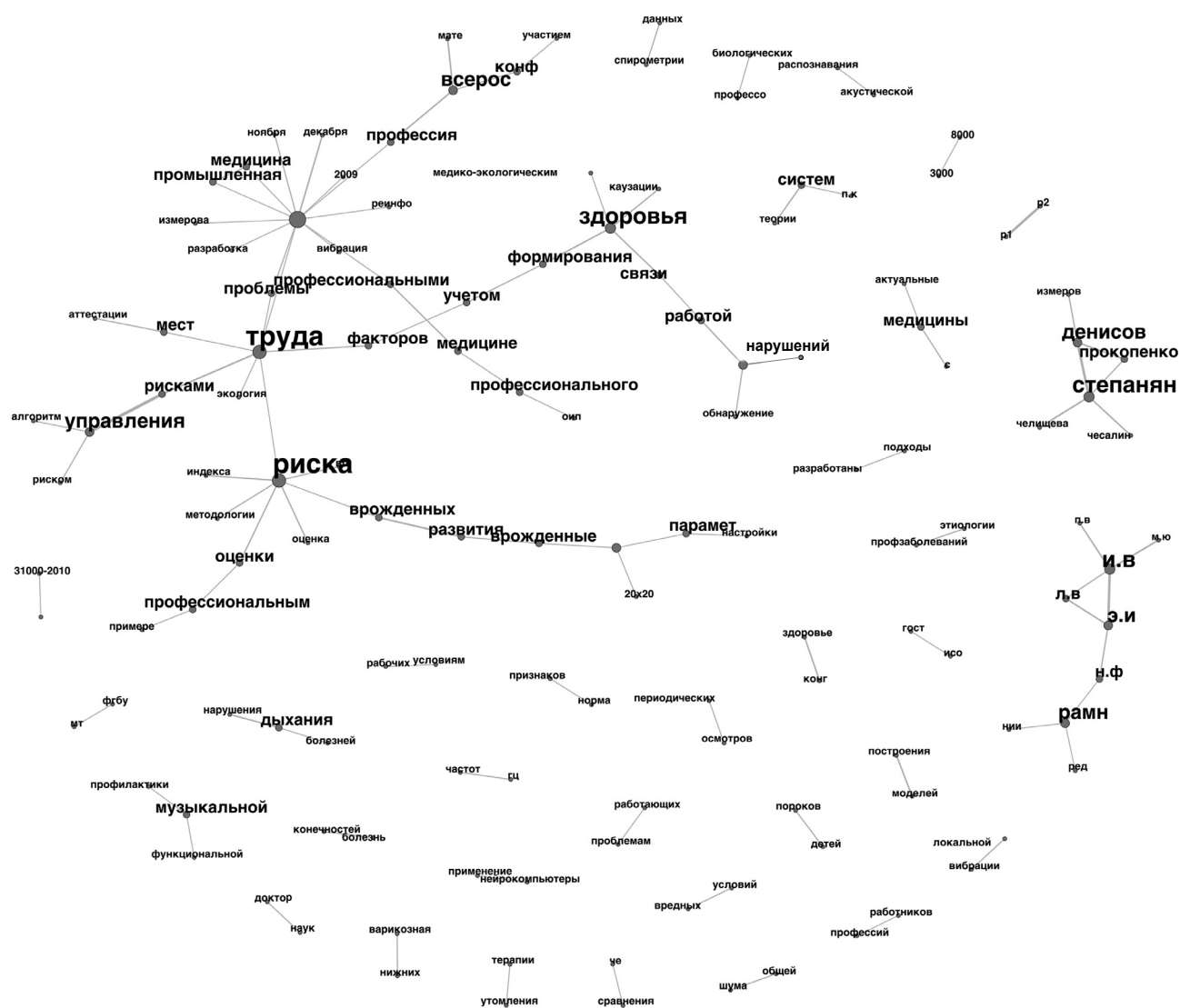


Рисунок. Семантическое облако текстографического представления структурно-частотного содержания научного текста [5]

Figure. Semantic cloud of text graphic presentation of structure-frequency content of scientific text content [5]

поиска информации. Появление обоснованных методов сопоставления геометрических моделей генотипов с теми или иными фенотипическими признаками способствует расширению круга исследователей в области молекулярной генетики.

Оценка биомеханических нагрузок на оператора от ГПИ. Для анализа эффектов воздействия ГПИ на костно-мышечную систему человека-оператора целесообразно использование биомеханических датчиков по технологии Motion Capture для захвата и оцифровки движений и построения трехмерной дискретной модели оператора в процессе его взаимодействия с интерфейсом.

Математическая обработка измеренных показателей позволяет рассчитать статическую и динамическую величину физических нагрузок на каждый из отделов костно-мышечной системы и на всю систему в целом при взаимодействии оператора с ГПИ через инструменты ввода/вывода информации.

Снижение информационных нагрузок на оператора от ГПИ при восприятии и первичном анализе больших

объемов текстовой информации возможно с применением методов нейросемантической кластеризации [21,22]. В работе [21] проведена апробация построения семантико-графовых отображений текстовой информации для визуализации структурно-частотного представления с векторами логических связей (рисунок).

Представление больших текстов в виде семантических когнитивных карт может способствовать сжатию информации, лучшему восприятию, пониманию, запоминанию. Отмечена перспективность этих технологий для повышения эффективности работы в эргатических системах и оптимизации отображения, восприятия и анализа больших объемов данных при интеллектуальной деятельности как направления исследований в медицине труда и психофизиологии умственного труда.

Применение предлагаемых методов оценки эргономических качеств способствуют измерению различных эффектов ГПИ для достижения адекватности физических и умственных нагрузок (в соответствии с группой из трех стандартов ГОСТ Р ИСО 10075 «Эргономические прин-

цпы обеспечения адекватности умственной нагрузки» 2009–2011 гг.), в том числе для профилактики нервно-эмоционального перенапряжения операторов.

Выводы:

1. Обзор ГПИ и анализ их характерных признаков показал вероятность возникновения разных факторов профессионального риска. Правильное применение интерактивных средств компьютерной визуализации при грамотном проектировании и соблюдении эргономических принципов будет способствовать оптимизации умственного труда при инновационной деятельности, а также сохранению здоровья операторов.

2. К перспективным разработкам в данном направлении можно отнести эргономичные интерфейсы, построенные с соблюдением принципов информационной гигиены, технологии анализа больших данных и автоматически генерируемую когнитивную графику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 5–17,19,20)

1. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций. *Гигиена и сан.* 2014; 4: 5–9.

2. Денисов Э.И., Еремин А.А., Сивочалова О.В. Информационная гигиена и регулирование информации для уязвимых групп населения. *Гигиена и сан.* 2014; 5: 43–9.

3. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Еремин А.А., Курьеров Н.Н., Бодякин В.И., Степанян И.В. Информация как физический фактор: проблемы измерения, гигиенической оценки и ИТ-автоматизации. *Мед. труда и пром. экол.* 2014; 1: 36–43.

4. Денисов Э.И., Пфаф В.Ф., Степанян И.В., Горохова С.Г. Сдвиг медико-биологической парадигмы: от гомеостаза к аллостазу. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2016; 2: 16–21.

18. Долгов, В.Г. Шалумов Эргономика и юзабилити пользовательского интерфейса программного обеспечения диагностирования и управления сложными техническими объектами Available at: http://forum-nauka.ru/domains_data/files/22/Dolgov_Shalumov.pdf

21. Степанян И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А., Бодякин В.И., Савельев А.В. Алгоритмы оптимизации интеллектуального труда методами визуализации информации с помощью когнитивной семантической графики. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2014; 7: 53–9.

22. Бодякин В.И. Концепция построения самообучающихся информационно-управляющих систем на базе нейросемантической парадигмы. В кн.: «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012)»: Труды VI межд. конф. Том 2. М.: ИПУ РАН, 2012: 289–98.

REFERENCES

1. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Yeremin A.L. Fundamentals of Information Hygiene: Concepts and Problems of Innovation. *Gigiena i san.* 2014; 4: 5–9 (in Russian).

2. Denisov E.I., Eremin A.L., Sivochalova O.V. Information Hygiene and Regulation of Information for Vulnerable Populations. *Gigiena i san.* 2014; 5: 43–9 (in Russian).

3. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Eremin A.L., Kurierov N.N., Bodyakin V.I., Stepanyan I.V. Information as a physical factor: the problems of measurement, hygienic evaluation and IT automation. *Med. truda i prom. ekol.* 2014; 1: 36–43 (in Russian).

4. Denisov E.I., Pfaf V.F., Stepanyan I.V., Gorokhova S.G. Shift of the medical-biological paradigm: from homeostasis to allosta-

sis. *Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye.* 2016; 2: 16–21 (in Russian).

5. The human machine interface as an emerging risk. Topic Centre Risk Observatory: E. Flaspöler, A. Hauke, P. Pappachan, D. Reinert et al. Available at: https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk/view (retrieved 7 Aug 2018 r.).

6. Tutherow G.K.: Operator Interface Evolution. In: B. G. Lip-ták. *Instrument Engineers Handbook. Process Software and Digital Networks.* Boca Roton, Florida: CRC Press; 2002.

7. Döös, M. & Backström, T.: Production disturbances as an accident risk. In Kidd, P.T. & Karwowski, W. (Eds.): // *Advances in agile manufacturing* pp. 375–378. IOS Press, London; 1994.

8. Backström, T. & Harms-Ringdahl, L.: A statistical study of control systems and accidents at work. *Journal of Occupational Accidents.* 1984; 6: 201–10.

9. Döös, M., Backström, T. & Sundström-Frisk, C.: Human actions and errors in risk handling — an empirically grounded discussion of cognitive action-regulation levels. *Safety Science.* 2004. 42: 185–204.

10. Nachreiner, F., Nickel P and Meyer I. (2006). Human factors in process control systems: The design of human — machine interfaces. *Safety Science.* 2006; 44: 5–26.

11. Einarsson S., Human error in high hazard systems: Do we treat the problem in an appropriate way? *Journal of Risk Research.* 1999; 2 (2): 115–28.

12. Reinert D., Brun E. & Flaspöler E.: Complex machinery needs simple explanation. *Safety Science.* 2007; 45: 579–89.

13. C.-M. Karat. Iterative Usability Testing of a Security Application. In Proceedings of the Human Factors Society 33rd Annual Meeting; 1989.

14. Waters, R.M.: Use of standards to reduce human error. *Safety Engineering and Risk Analysis, ASME, Proceedings of the 1994 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov 6–11 1994, Chicago, IL.* 1994; 2: 161–6.

15. Wilpert B. (2007). Psychology and design processes. *Safety Science,* 45, 293–303.

16. Ergonomic guidelines for user-interface design Available at: <http://ergo.human.cornell.edu/AHTutorials/interface.html>

17. Hix D. & Hartson H.R. *Developing User Interfaces: Ensuring usability through product and process,* NY; Wiley. 1993; Chap. 2.

18. Dolgov N.S., Shalumov V.G. Forum molodykh uchenykh No. 6(22). forum-nauka.ru Available at: http://forum-nauka.ru/domains_data/files/22/Dolgov_Shalumov.pdf (in Russian).

19. Sakas G. Trends in medical imaging: from 2D to 3D. *Computers & Graphics.* 2002; 26: 577–87.

20. Stepanyan I.V., Petoukhov S.V. The matrix method of representation, analysis and classification of long genetic sequences Available at: <http://arxiv.org/pdf/1310.8469.pdf>

21. Stepanyan I.V., Denisov E.I., Eremin A.L., Bodyakin V.I., Saveliev A.V. Algorithms for optimizing intellectual labor by visualizing information using cognitive semantic graphics. *Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye.* 2014; 7: 53–59 (in Russian).

22. Bodyakin V.I. The concept of constructing self-learning information-control systems based on the neurosemantic paradigm. *Management of the development of large-scale systems (MLSD'2012): Proceedings of VI Int. Conf. Volume 2.* Moscow: IPP RAS; 2012: 289–98 (in Russian).

Поступила 10.08.2018