

Проаналізовано особливості діяльності людини-оператора в сучасних системах управління. Розроблено інформаційно-програмний комплекс оцінки умов праці на робочому місці людини-оператора і продемонстровані його можливості. Запропоновано метод вибору раціональної системи ергономічних заходів. Дослідження виконані в рамках функціонально-структурної теорії ерготехнічних систем проф. А. І. Пубінського. Результати сприяють поліпшенню умов праці операторів в системі "людина-машина" і підвищенню економічної ефективності процесів обробки інформації та управління обладнанням

Ключові слова: ергономіка, людина-оператор, робоче місце, важкість праці, алгоритм діяльності, безпомилковість, своєчасність

Проанализированы особенности деятельности человека-оператора в современных дискретных системах управления. Разработан информационно-программный комплекс оценки условий труда на рабочем месте человека-оператора и продемонстрированы его возможности. Предложен метод выбора рациональной системы эргономических мероприятий. Исследования выполнены в рамках функционально-структурной теории эрготехнических систем проф. А. И. Пубинского. Результаты способствуют улучшению условий труда операторов в системе "человек-машина" и повышению экономической эффективности процессов обработки информации и управления оборудованием

Ключевые слова: эргономика, человек-оператор, рабочее место, тяжесть труда, алгоритм деятельности, безошибочность, своевременность

УДК 81.95.53
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48050

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Е. А. Лавров

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: prof_lavrov@mail.ru

Н. Б. Пасько

Старший преподаватель

Кафедра кибернетики и информатики

Сумский национальный аграрный университет

ул. Герасима Кондратьева, 160,

г. Сумы, Украина, 40021

E-mail: nbpasko@gmail.com

А. С. Криводуб

Аспирант*

E-mail: annakrivodub@mail.ru

*Кафедра компьютерных наук

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, Украина, 40007

1. Введение

Научно-технический прогресс вызвал существенное изменение роли человека в автоматизированных системах. Несмотря на широкое использование компьютерных средств управления, роль человека не только не снизилась, но и существенно возросла.

Надежды на то, что так называемые "безлюдные технологии" полностью решат проблему "человеческого фактора", к сожалению не оправдались.

Появление контакт-центров, распределенных систем управления оборудованием, систем электронного документооборота с большими требованиями к скорости и безошибочности обработки информации в едином информационном пространстве сделали еще более актуальной проблему эргономического обеспечения.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Деятельность людей в системах обработки информации и управления, характеризуется повышением

тяжести и напряженности, возрастает цена ошибок [1]. Катастрофические последствия игнорирования человеческого фактора для критических систем актуализируют задачу проектирования оптимального набора мероприятий для обеспечения эргономического качества [2]. Проведенные методом специального опроса ученых-эргономистов [3] ревизия существующих методов и анализ приоритетов современных исследований определили следующий дисциплинарный строй эргономики:

- методология [2, 4];
- антропометрия и биомеханика, психофизиология [4];
- восприятие информации, когнитивная эргономика, память, мышление, принятие решений [5, 6];
- организационные и психологические факторы, рабочая среда [7];
- моделирование деятельности операторов [8];
- оценка надежности, безопасность [1, 8];
- эргономическая оценка и экспертиза [9].

Самым популярным оказалось моделирование деятельности (школа А. Н. Леонтьева и С. Л. Рубин-

штейна [10] (теория деятельности), а также функционально-структурная теория А. И. Губинского, В. Г. Еврафова, П. И. Падерно, П. П. Чабаненко, А. Т. Ашера и др. [11]. Кроме того, существенную часть опрошенных, занимающихся моделированием, составляют исследователи интерфейсов, изучающие действия оператора с помощью эвристических методов [5, 6]. На втором месте оказался раздел экспертизы, служащий инструментом проверки эргономичности изделий, рабочих мест и интерфейсов [9].

Традиционной проблематикой эргономики дальнего зарубежья являются безопасность [1] и предотвращение скелетно-мышечных расстройств, синдромов, риска травм и заболеваний и т. п. [2]. Анохин А. Н. [3] даже отмечает: «складывается ощущение, что эргономика за рубежом рассматривается больше как наука о физических проблемах, испытываемых человеком на рабочем месте, в то время как для обозначения других разделов используется более широкое понятие «человеческий фактор». В постсоветской эргономике задачи безопасности и риска [6] занимают хоть и высокие, но не первые места.

Таким образом, основной проблемой, выявленной методом специального опроса [3] украинских, белорусских, российских эргономистов, является отсутствие заинтересованности в эргономике со стороны руководителей предприятий.

Выход из ситуации специалисты по человеческому фактору видят в [2, 3]:

- демонстрации катастрофических последствий от игнорирования эргономических норм и требований;
- информировании бизнеса об экономических эффектах от конкретных эргономических мероприятий.

«Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05 определяет:

- Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечнососудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

- Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся:

- интеллектуальные,
- сенсорные,
- эмоциональные нагрузки,
- степень монотонности нагрузок,
- режим работы.

Очевидно, что операторы на разных рабочих местах в различных производственных условиях по-разному подвергаются влиянию вредных факторов. Для выбора соответствующих мероприятий необходима оперативная оценка условий труда на рабочих местах [2].

К сожалению, несмотря на обилие разнообразных локальных исследований, в описанной постановке

проблема обоснования системы обеспечения эргономического качества решена не полностью.

Таким образом, проблема состоит в том, что необходимо получать оперативные оценки условий труда на рабочем месте операторов автоматизированной системы и иметь возможность анализировать с помощью экономических показателей эффективность проведения улучшений (ущерб от отсутствия системы эргономических мероприятий).

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка информационной технологии для системы анализа и обеспечения эргономического качества автоматизированных систем.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. разработка информационной технологии оценки условий труда на рабочих местах операторов;
2. разработка метода для выбора рациональной системы мероприятий обеспечения эргономического качества (принимается допущение о дискретном характере деятельности).

Обе задачи решаются впервые.

Проведенный анализ предметной области не выявил эффективных диалоговых средств автоматизированной оценки условий труда. Результатом решения задачи 1 должно быть средство (практический результат), основанное на известных математических моделях и обеспечивающее эргономисту-практику удобство и оперативность компьютерного оценивания условий труда в системах «человек-машина».

Основным требованием к результату, который должен быть получен в задаче 2, является наличие алгоритма, позволяющего на основе оценок условий труда (получаются с использованием информационной технологии – результат задачи 1) и структуры деятельности оператора провести оценивание эффективности альтернативных вариантов мероприятий обеспечения эргономического качества. Необходимость постановки задачи в таком виде обусловлена тем, что известные интуитивно-экспертные подходы и модели, основанные на оценивании прироста продуктивности труда (без учета структуры деятельности операторов), не обеспечивают необходимое качество оценивания и малоприспособны для эргономических служб.

4. Информационная технология оценки условий труда

4. 1. Методология интегральной оценки рабочей среды

Комплексная оценка факторов рабочей среды проводится на основе принятой практики классификации тяжести труда. Под тяжестью труда понимают степень совокупного влияния всех факторов рабочей среды на здоровье оператора и его работоспособность. Классификация выделяет шесть категорий тяжести труда. Первая категория заключается в выполнении работ в условиях оптимальной рабочей среды при благоприятной физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузке. Вторая категория заключается в выполнении

работ в условиях, которые отвечают предельно допустимым концентрациям и уровням производственных факторов за действующими санитарными правилами, нормами и инженерно-психологическими требованиями. Первая и вторая категория отвечают комфортной рабочей среде. Остальные категории отвечают относительно дискомфортной рабочей среде, экстремальной и сверхэкстремальной рабочей среде.

4. 2. Реализация технологии оценки условий труда

Предлагаемая технология является развитием подхода [12]. Основными функциональными элементами технологии, исходя из особенностей описанной методологии, определены:

- поддержка справочных данных (справочник санитарно-гигиенических факторов (СГФ) условий труда, справочник психофизиологических факторов (ПФФ), справочник категорий тяжести труда (КТТ), справочник поправочных коэффициентов (ПК) для показателей качества деятельности человека-оператора, мероприятий по улучшению условий труда);
- описание санитарно-гигиенических и психофизиологических факторов заданной рабочей среды (РС);
- оценка влияющих факторов по шестибальной шкале;

- определение интегральной балльной оценки тяжести труда, показателей усталости и работоспособности;
- определение категории тяжести труда в заданной рабочей среде, поправочных коэффициентов;
- оценка влияния факторов рабочей среды на качество деятельности человека-оператора;
- формирование отчетов по оценке рабочего места (РМ).

Общая характеристика информационной технологии схематически показана на рис. 1.

Для реализации информационной технологии разработан специальный программный комплекс. Используются средства Visual Basic for Application (VBA) с применением библиотечных функций MS Excel. Выбор среды обусловлен широким распространением в практике эргономических исследований, требованиями простоты сопровождения и модернизации, а также методическими соображениями, вытекающими из необходимости применения в учебном процессе вузов. Все данные, необходимые для автоматизации анализа и оценки рабочего места, представляются в виде таблицы (базы данных) MS Excel. Структура данных и их размещение на рабочих листах книги показаны на рис. 2.

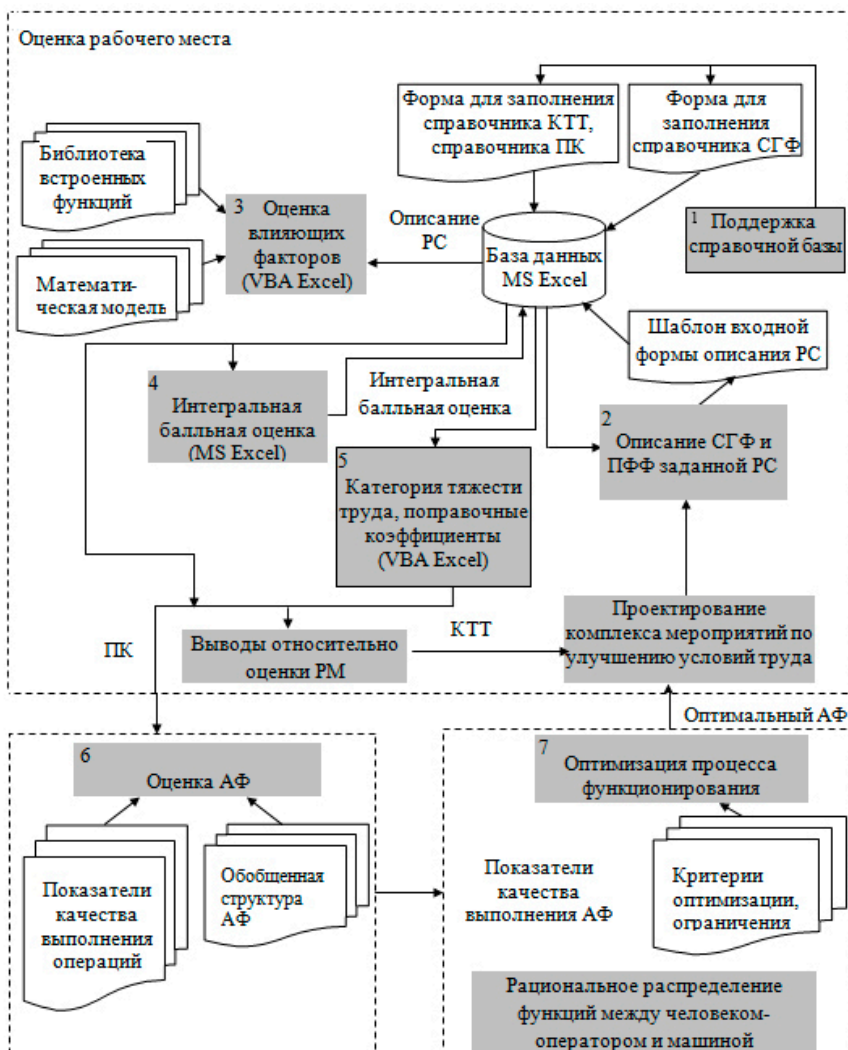


Рис. 1. Информационная технология оценки условий труда



Рис. 2. Организация данных

Использование информационной технологии осуществляется в два этапа. На первом этапе эргономистом вводится описание рабочей среды, задаются начальные значения влияющих факторов. При этом возможен выбор данных из справочника. Если для фактора известно нормативное значение и способ сравнения с существующим, определяется отклонение заданного значения от нормативного значения (блок 2 на рис. 1). Для каждого заданного влияющего фактора определяется балльная оценка нормативного значения (блок 2 на рис. 1). Кроме того, для каждого заданного влияющего фактора определяется балльная оценка (блок 3 на рис. 1).

Вычисляется интегральная балльная оценка, показатели усталости и работоспособности (блок 4 на рис. 1). Далее определяется категория тяжести труда, которая отвечает полученной интегральной балльной оценке и поправочные коэффициенты для оценки влияния факторов рабочей среды на качество деятельности оператора (блок 5 на рис. 1). Блок 3 и блок 5 реализуются процедурами VBA. Показатели качества выполнения операций могут быть уточнены полученными поправочными коэффициентами.

Если получена категория тяжести труда выше второй и (или) есть хотя бы один фактор с оценкой выше трех, осуществляется переход ко второму этапу. При этом выполняется проектирование комплекса мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте. После предложенных ме-

роприятий выполняется введение новых значений влияющих факторов (блок 2 на рис. 1) и повторяется выполнение блоков 3–5. Определяется ожидаемый показатель перспективного прироста производительности труда, и делаются выводы относительно аттестации рабочего места.

Для снижения темпа работы одним из предложенных мероприятий может быть рациональное распределение функций между человеком-оператором и машиной. Уменьшение нервно-эмоциональной нагрузки достигается выбором оптимального алгоритма функционирования системы «человек-машина» (блок 7 на рис. 1). Поддержка базы данных MS Excel в программном комплексе обеспечивается модулями «Поддержка справочной базы» (блок 1 на рис. 1) и «Описание СГФ и ПФФ заданной рабочей среды» (блок 2 на рис. 1). Интерфейс пользователя представлен при этом формами ввода данных для заполнения справочников и формой ввода описания влияющих факторов рабочей среды.

Реализация оценки условий труда связана с вводом большого количества исходных данных, размещаемых в специальных формах. Ниже приведены примеры некоторых выходных видеogramм (рис. 3–5).

Значения	Максимальный балл (x_{max})	п, количество факторов, которые учитываются	Сумма баллов без максимального	Интегральная балльная оценка (U_T)	Категория тяжести труда на РМ:	Показатель усталости, U	Показатель трудоспособности, P	
1								
2	Начальные	4	11	28,25	49,417	4	52,839	47,161
3	Конечные	2,625	11	15,625	35,039	3	30,374	69,626
4								
Значения	Рабочая среда	Вывод относительно аттестации РМ	Прирост продуктивности труда, %					
5	Начальные	Экстремальная	Не аттестировано, так как значение балльных оценок некоторых факторов превышает 3, а категория тяжести на РМ - экстремальная					
6	Конечные	Относительно дискомфортная	Аттестировано	9,5				
7								

Рис. 3. Видеogramма "Результаты и выводы по аттестации рабочего места" (пример результатов расчета)

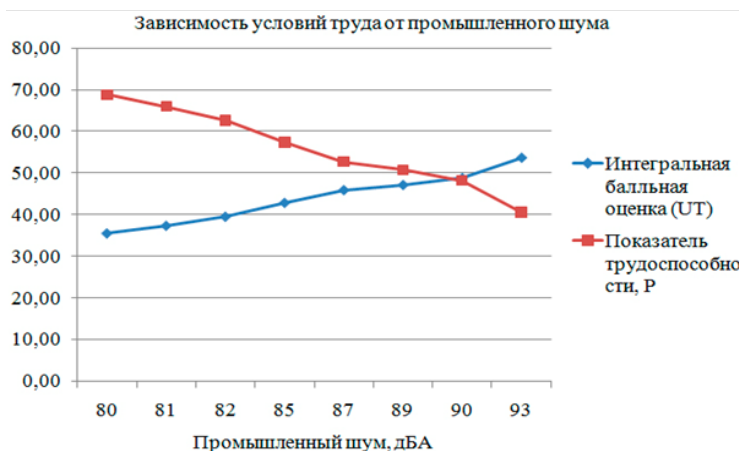


Рис. 4. Видеogramма "Влияние промышленного шума на показатели тяжести труда на РМ" (пример результатов расчета)

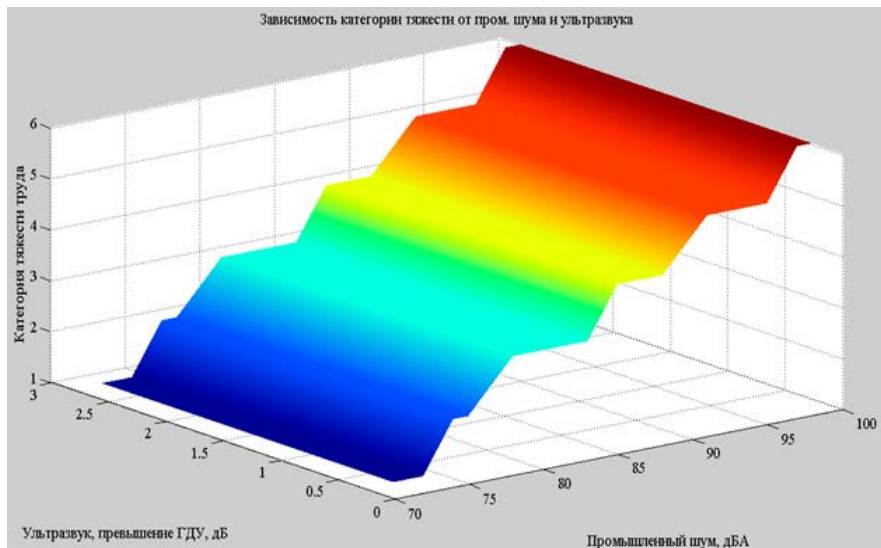


Рис. 5. Видеограмма "Влияние промышленного шума и ультразвука на категорию тяжести труда" (пример результатов расчета)

Таким образом, очевидно, что подбирая значения влияющих факторов, можно добиться необходимых значений тяжести труда.

5. Метод выбора рациональной системы мероприятий по улучшению условий труда

Идея метода состоит в следующем. Составляется алгоритм деятельности человека-оператора. Оценка безошибочности и своевременности осуществляется по методологии функционально-структурной теории (ФСТ) проф. А. И. Губинского [11]. Для реализации автоматизированного оценивания используется программное средство редукции функциональных сетей [13], которое в данном случае интегрируется в единую систему с подсистемой оценки РМ. Учет влияния параметров рабочей среды на РМ реализован через специальные поправочные коэффициенты (предусмотрены в ФСТ [11]), используемые при формировании исходных данных для модели оценивания.

Алгоритм выбора системы эргономических мероприятий

1. Сгенерировать множество X мероприятий по улучшению условий труда на РМ (пусть мощность множества X равна n. Варианты мероприятий перенумеруем целыми числами $k \in \{1, 2, \dots, n\}$).

2. Рассчитать значения затрат Z(k), характеризующие мероприятия $k=1, n$ по улучшению условий труда на РМ.

3. Определить показатели тяжести труда на РМ для всей совокупности вариантов мероприятий.

4. Для каждого варианта системы мероприятий определить поправочные коэффициенты для каждой операции алгоритма деятельности.

5. Сформировать исходные данные для операций алгоритма деятельности с учетом:

- значений банка эргономических данных [11], полученных для комфортной среды;
- рассчитанных поправок (на влияние среды).

6. Провести редукцию функциональной сети, соответствующей алгоритму деятельности и «подставить» в качестве исходных данных значения полученные в п. 5. Т. е. – для каждого варианта системы мероприятий определить значения показателей:

- вероятность безошибочно выполнения V(k);
- математическое ожидание M(k) и дисперсия D(k) времени выполнения;
- вероятность своевременно выполнения $P_{св}(k)$ (принимаяем нормальный закон распределения).

7. Для каждого варианта $k=1, n$ системы мероприятий определить значение показателя прибыли от N-кратной реализации алгоритма по формуле:

$$C(k) = [P_{дв} * V(k) * P(k)] * N - [U * (1 - V(k) * P(k))] * N,$$

где P1 – сумма прибыли от однократного своевременного и безошибочного выполнения деятельности; U1 – сумма ущерба от однократного выполнения деятельности с ошибкой или (и) несвоевременного выполнения; N – расчетное количество плановых исполнений алгоритма; k – номер варианта системы мероприятий по улучшению условий труда на РМ.

C(k) – сумма прибыли от N-кратной реализации алгоритма.

8. Для каждого варианта системы мероприятий определить значение прибыли:

$$E(k) = C(k) - Z(k),$$

где Z(k) – сумма затрат на проведение мероприятий.

Пример видеограммы с результатами анализа эффективности мероприятий показан на рис. 6.



Рис. 6. Видеограмма "Эффективность вариантов эргономических мероприятий" (пример, фрагмент реального расчета)

Таким образом, для ЛПР очевидна необходимость проведения эргономических мероприятий и обеспечивается возможность выбора экономически обоснованной системы обеспечения эргономического качества.

6. Выводы

Существует объективная необходимость решения комплекса задач, связанных с выявлением и анализом эргономических резервов повышения эффективности автоматизированных систем.

Службы обеспечения эргономического качества на предприятиях Украины, к сожалению, в большинстве случаев работают формально и не используют, как правило, арсенал методов эргономического квалиметрического моделирования.

Поддержка принятия эргономических решений может быть эффективной только в случае использования формальных моделей, обеспечивающих оперативное компьютерное оценивание:

- условий труда на рабочих местах,
- эффективности альтернативных вариантов эргономических мероприятий.

Для оценки условий труда целесообразно использовать существующую классификацию и модели определения тяжести труда. Однако большая трудоемкость таких расчетов усложняет их внедрение в эргономическую практику. Разработанная на основе известных математических моделей информационная технология позволяет при введенных значениях множества параметров рабочей среды проводить компьютерное оценивание интегральной бальной оценки и категории тяжести труда на рабочих местах операторов. Практическая значимость состоит в возможности оперативного получения ответов на вопросы типа “Что будет, если?”, например “Можно ли аттестовать рабочее место при заданных параметрах рабочей среды?” и др.

В связи с тем, что при существующей системе хозяйствования предприятия заинтересованы в улучшении условий труда только формально, особую актуаль-

ность приобретает задача экономического обоснования целесообразности эргономических мероприятий. Если использовать полученные с помощью разработанной информационной технологии результаты оценки условий труда на рабочем месте, можно, зная структуру деятельности оператора, экономические последствия безошибочного (ошибочного) и своевременного (несвоевременного) выполнения алгоритма деятельности и характеристики мероприятий выбрать оптимальную систему эргономических улучшений. Новизна метода оценки эргономических мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте состоит в том, что, в отличие от существующих моделей, в состав влияющих факторов включены не только параметры рабочей среды, но и структура деятельности операторов. Использование моделей функционально-структурной теории проф. А. И. Губинского в данном методе позволяет оценивать надежность деятельности оператора и ее экономическую эффективность для разных параметров системы обеспечения эргономического качества.

Полученные результаты доведены до уровня инженерных разработок и могут быть использованы в службах эргономического обеспечения систем “человек-техника” с дискретным характером деятельности, допускающим пооперационное описание. Апробация проходила в АСУТП химического производства, аутсорсинговых компаниях; информационная технология использована в учебном процессе Сумского государственного университета, Сумского национального аграрного университета, Полтавской государственной аграрной академии, Национального университета биоресурсов и природопользования. Использование результатов обеспечивает оперативность расчетов (ранее не проводились в связи с большой трудоемкостью) и обоснованный набор решений по улучшению эргономического качества.

- Развитие результатов планируется в направлениях:
- учет напряженности деятельности в системах с очередями;
 - использование интернет-технологий оценивания и эргономического консультирования.

Литература

1. De Felice, F. Methodological Approach for Performing Human Reliability and Error Analysis in Railway Transportation System [Text]. / F. De Felice, A. Petrillo // International Journal of Engineering and Technology. – 2011. – Vol. 3, Issue 5. – P. 341–353.
2. Karwowsky, W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems [Text] / W. Karwowsky // Ergonomics. – 2005. – Vol. 48, Issue 5. – P. 436–463. doi: 10.1080/00140130400029167
3. Анохин, А. Н. Отечественная эргономика и эргономическое сообщество: состояние и направления развития [Текст] / А. Н. Анохин // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2014. – № 1 (68). – С. 4–15.
4. Dul, J. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession [Text] / J. Dul, R. Bruder, P. Buckle, P. Carayon, P. Falzon, W. S. Marras et. al. // Ergonomics. – 2012. – Vol. 55, Issue 4. – P. 377–395. doi: 10.1080/00140139.2012.661087
5. Anokhin, A. Evaluation of ecological interface design for supporting cognitive activity of nuclear plant operators [Text] / A. Anokhin, A. Ivkin // Proceedings of the 5th International Conference in Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences. – Krakow, Poland, 2014. – P. 260–270.
6. Anokhin, A. Education and professional development of ergonomists in Russia [Text] / A. Anokhin, I. Gorodetskiy, V. Lvov, P. Paderno // Proceedings of the 5th International Conference in Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences. – Krakow, Poland, 2014. – P.1017–1024.
7. Kubinova, J. Upgrading of control room panels – Leningrad NPP modernization project results [Text] / J. Kubinova, A. N. Anokhin, E. C. Marshall, I. D. Rakitin, V. M. Slonimsky // Proceedings of the 6th ANS International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Controls, and Human Machine Interface Technologies: NPIC&HMIT’2009. – Knoxville, TN, USA, 2009. – P. 2383–2393.

8. Anokhin, A. N. The system approach to analysis and description of operator activity [Text] / A. N. Anokhin // Cybernetics and Systems. – 2008. – Vol. 1. – P. 82–87.
9. Lavrov, E. Organizational approach to the ergonomic examination of E-learning modules [Text]. / E. Lavrov, O. Kупenko, T. Lavryk, N. Barchenko // Informatics in Education – an International Journal. – 2013. – Vol. 12, Issue 1. – P. 107–124.
10. Репринцева, Г. А. Системно-деятельностный подход: общенаучный и психолого-педагогический уровни анализа [Электронный ресурс] / Г. А. Репринцева // Концепт. – 2014. – № 8. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2014/14225.htm>
11. Адаменко, А. Н. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания [Текст]: справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашеро, И. Л. Бердников и др.; под общ. ред. А. И. Губинского, В. Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
12. Лавров, Е. А. Автоматизация оценки условий труда на рабочем месте человека-оператора [Текст] / Е. А. Лавров, Н. Б. Пасько // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2009. – № 36. – С. 250–256.
13. Lavrov, E. Computer Simulation of Systems “Man-Machine”: Achievements and Tasks [Text] / E. Lavrov // Materials International Scientific Conference “UNITECH ‘07”. – Gabrovo, Bulgaria. – 2007. – Vol. 3. – P. 358–362.

В статті в єдиному форматі представлено формалізований опис продукційної системи, компіляцію Rete та Treat мережі потоку даних, а також правил переходу між вузлами Treat мережі. Запропоновано формалізацію співставлення за Treat алгоритмом, яка може бути використана для подальшої оцінки складності. Розширено модель розрахунку витрат пам'яті для Treat алгоритму

Ключові слова: співставлення зі зразком, формалізація, Rete алгоритм, Treat алгоритм, продукційна система, логічне виведення

В статье в едином формате представлено формализованное описание производственной системы, компиляция Rete- и Treat-сети потока данных, а также правил перехода между узлами Treat сети. Предложена формализация Treat алгоритма сопоставления, которая может быть использована для дальнейшей оценки средней сложности. Расширена модель расчета затрат памяти для Treat алгоритма

Ключевые слова: сопоставление с образцом, формализация, Rete алгоритм, Treat алгоритм, производственная система, логический вывод

УДК 004.825

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.46571

ФОРМАЛІЗАЦІЯ БАЗОВИХ АЛГОРИТМІВ СПІВСТАВЛЕННЯ ЗІ ЗРАЗКОМ В ПРОДУКЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

С. І. Шаповалова

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: lana@aprodos.aprodos.kpi.ua

О. О. Мажара

Аспірант*

E-mail: olyamazhara@gmail.com

*Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем Національний Технічний Університет України «Київський політехнічний інститут» пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Продукційна модель представлення знань – один з найбільш часто використовуваних формалізмів вирішення задач штучного інтелекту. Створення прикладних продукційних систем потребує оцінки їх ефективності в процесі розробки. Для визначення об'єктивних критеріїв оцінювання таких систем та їх коректного порівняння необхідно застосовувати єдиний формальний опис.

Існує декілька підходів до формалізації продукційних систем [1–3]. Однак найбільш універсальним з них є формалізація на основі логіки першого порядку. В той же час формальний опис продукційної системи (ПС) в термінах логіки першого порядку наразі пред-

ставлено лише частково для окремих базових механізмів обробки продукцій.

Логічне виведення в продукційних системах реалізується на основі механізмів розв'язання конфлікту та співставлення зі зразком. При цьому останній має найбільший вплив на швидкість та затрати пам'яті в прикладній продукційній системі.

Для об'єктивного та незалежного від умов реалізації оцінювання алгоритмів співставлення необхідно представити їх формальний опис в єдиному форматі. Це дозволить визначити критерії щодо використання ресурсів пам'яті та швидкодії на стадії проектування прикладних продукційних систем за заданими характеристиками записів бази знань. Тому єдина формалі-