

**Нечаев В.В.<sup>1</sup>, Гончаренко В.И.<sup>2</sup>, Рожнов А.В.<sup>3</sup>, Лычев А.В.<sup>4</sup>, Лобанов И.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский авиационный институт (НИУ), г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Московский институт стали и сплавов (НИТУ), г. Москва, Россия

## **ИНТЕГРАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ АНАЛИЗА СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

### **АННОТАЦИЯ**

*С позиции системной интеграции сервисов и данных виртуальной семантической среды представлено приложение в сфере образовательного процесса перспективных интеллектуальных информационных сред и компонентов экспертных систем на основе технологии анализа среды функционирования. Повышение требований к качеству подготовки кадров предопределяет перспективность применения указанных базовых компонентов для создания и эксплуатации смешанных группировок робототехнических комплексов и в значительной мере определяется актуализацией сведений о новейших разработках, уровне информационного обеспечения испытательных стендов, и учебно-тренировочных средств – т.е. совершенствованием учебно-материальной базы вузов. Для дальнейшего всестороннего исследования условий интенсивного и гарантирующего информационного взаимодействия предлагается рассмотреть вариант оригинальной проблемно-ориентированной среды (виртуальной семантической среды) на основе применения методов пертинентного поиска при взаимодействии информационных потоков (оперативной обработке соответствующих информационных ресурсов). Моделирование действий смешанной робототехнической группировки опосредовано комплексным использованием и базы знаний об оригинальных бионических технологиях. Кроме этого, значимым эффектом в современных условиях обладает ряд масштабируемых обоснованных предложений по развитию единой технологии оперативной обработки пертинентных информационных ресурсов согласно Международной Хартии по космосу и крупным катастрофам (International Charter on Space and Major Disasters). Инновационный потенциал виртуальной семантической среды в перспективе может быть также использован, для развития, как беспилотного транспорта, так и интеллектуального города в целом, а также новых программно-технических решений 3D-визуализации и интеграционных компонентов (в составе прототипа комплекса) симулятора смешанных (космических) робототехнических группировок и даже игровых приложениях.*

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

*Проблемно-ориентированное семантическое поле; туннелируемая виртуальная среда; стенд виртуальной реальности; информационное взаимодействие; пертинентные информационные ресурсы; анализ среды функционирования; алгоритм трансформации эффективной гиперповерхности; мера эффективности, эффект масштаба; интеграционные компоненты интеллектуальных информационных и экспертных систем; образовательный процесс.*

**Nechaev V.V.<sup>1</sup>, Goncharenko V.I.<sup>2</sup>, Rozhnov A.V.<sup>3</sup>, Lytchev A.V.<sup>4</sup>, Lobanov I.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

<sup>3</sup>V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Russia

<sup>4</sup>MISIS (National University of science and technology), Moscow, Russia

## **INTEGRATION OF VIRTUAL SEMANTIC ENVIRONMENTS COMPONENTS AND GENERALIZED DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) MODEL**

### **ABSTRACT**

*In this paper the problem-based learning systems and integration of its intellectual components into expert systems are investigated using data envelopment analysis approach. Accelerated staff*

*training is a factor of future effectiveness of mixed groups of robotic systems created from these basic components. Also effectiveness achieved by taking into account the information on the latest developments, and using the high quality software and training facilities in test bench, i.e. by improving training and material support of universities. An implementation of the original problem-oriented system on the basis of pertinent search algorithms for processing of information resources is invited to consider for further comprehensive study of the conditions and interaction information. Simulation the activity of mixed robotic groups is performed by using the knowledge base on bionic technology. Moreover, a number of substantiated proposals for the development of operational processing technology and pertinence of information resources under the International Charter on Space and Major Disasters has a significant effect in the present conditions. The innovative potential of the virtual environment in the long term can be used for development an unmanned vehicle as a component of intelligent city. Another application of the proposed approach is 3D-visualization software and hardware solutions and integration of its components in the simulation of mixed (space) robotics groups and even game applications.*

## KEYWORDS

*Problem-based learning, virtual environment, virtual reality, co-information, pertinent information, data envelopment analysis, frontier transformation, efficiency, returns to scale, systems integration; artificial intelligence; expert system, education.*

Эффективность взаимодействия группировок *робототехнических комплексов* (РТК) в значительной мере определяется уровнем развития информационного обеспечения. Для совершенствования условий гарантирующего интенсивного информационного взаимодействия в рамках настоящего междисциплинарного проекта обосновывается необходимость создания новой проблемно-ориентированной среды (виртуальной семантической среды) на основе исследования, разработки и применения новых методов *пертинентного поиска* при взаимодействии информационных потоков (оперативной обработке соответствующих информационных ресурсов). Повышение эффективности действий таковой гипотетической смешанной робототехнической группировки достигается комплексным использованием перспективных социотехнических (бионических) технологий и представлений ряда соответствующих им смежных концепций. Кроме этого, значимым эффектом в современных условиях обладают обоснованные предложения по развитию единой технологии оперативной обработки пертинентных информационных ресурсов согласно *Международной Хартии по космосу и крупным катастрофам* (International Charter on Space and Major Disasters). Инновационный потенциал виртуальной семантической среды в перспективе может быть использован, к примеру, для развития беспилотного транспорта, а также новых программно-технических решений 3D-визуализации и интеграционных компонентов (в составе прототипа комплекса) симулятора смешанных (космических) робототехнических группировок.

Целевая установка и основные задачи междисциплинарного исследования: в интересах дальнейшего совершенствования *образовательного процесса* в проблемной области освоения перспективных средств разработать методы интеграции и управления формированием виртуальной семантической среды посредством обоснования моделей пертинентных информационных потоков при сопровождении междисциплинарных исследований посредством анализа развитой среды функционирования, в том числе и в сфере бионики [1-5].

О проблематике и общей схеме исследования [6-22]: на основе системного анализа проблемной области технической самоорганизации расширить круг исследований недоступных к рациональным решениям прикладных задач, разработав гибкие формы воплощения перспективных программно-технических средств (элементов) искусственного интеллекта и необходимые научно-технические рекомендации путём системной интеграции методов и подходов концептуального моделирования, проектирования, информационного обеспечения и управления смешанными робототехническими группировками; исследовать современные парадигмы, тенденции, сценарии и процедуры планирования действий в виртуальных средах при реализации стратегии «*балансирование на грани*», в которых модели в форме уравнений динамики могут либо существенно уступать в эффективности своего использования новым взаимосвязанным моделям смешанных робототехнических группировок, либо применимы в сочетании с биоинспирированными подходами и проблемно-ориентированными моделями распределённого интеллекта; [23] и на таковой расширяемой базе разработать методические основы управления

взаимодействием пертинентных информационных потоков, модели и алгоритмы функционирования энергоэффективных объектов с реконfigurацией (эффективных каналов управления для сложно реконfigurируемых комплексов с неизвестными или используемыми не вполне состоятельными с некоторого момента времени эксплуатационными уравнениями динамики) при формировании интеграционных компонентов *виртуальной семантической среды*.

Особо следует отметить, что наряду с традиционной интерпретацией для пользователя и описания его информационных потребностей, перспективная бионическая технология представления пертинентных информационных ресурсов (взаимодействия информационных потоков) смешанных группировок РТК преимущественно ориентирована в долгосрочной перспективе именно на межмашинное взаимодействие смешанных РТК. А значит, разрабатываемые методы интеграции взаимосвязанных моделей пертинентных информационных ресурсов, в рамках данного проекта, будут иметь немаловажное значение и в развитии методов формирования проблемно-ориентированных семантических полей на *среднесрочную перспективу*.

В рамках настоящего доклада интенсивно развивается новое направление в оценке эффективности сложных систем – методология *анализа среды функционирования* (АСФ). Методы вобрала в себя достижения исследований операций и системного анализа, менеджмента и инжиниринга, оптимизации больших систем. Сущность данной методологии состоит в том, что исследуется сам сложный объект с множеством входов (затраты) и выходов (выпуск продукции) и его деятельность в окружающей среде функционирования.

Работа представляет собой дальнейшее развитие и приложение метода и обобщённой «Construction a hybrid intelligent information framework and components of expert systems using the generalized data envelopment analysis model» (научно-технический журнал «Нейрокомпьютеры: разработка, применение», 2013, №6, <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=12960>). Каждая последующая реализация обусловлена набором входных и выходных параметров в модели АСФ. Кроме того, анализ эффективности по различным параметрам можно провести в динамике по отчётным периодам (месяцам, кварталам, годам и т.д.).

Применение технологии АСФ в рассматриваемой сфере позволяет [1-5]:

- проводить анализ эффективности функционирования объектов по различным группам параметров;
- обеспечивать диагностику функционирования объектов, давать панорамную картину деятельности производственных объектов в их взаимодействии;
- находить количественную меру эффективности деятельности объектов по всему пространству параметров и множеству объектов;
- строить эффективную границу (гиперповерхность) деятельности необходимой выборки организаций в многомерном пространстве параметров;
- рассчитать зону устойчивости конкретного объекта, оценить скрытый потенциал возможностей эффективного объекта и отставание неэффективного объекта от эффективных;
- указывать предпочтительные цели для каждого объекта, т.е. эталонную группу эффективных объектов, наиболее близких по своим показателям к исследуемому банку, находить наилучшие пути достижения таких целей;
- накапливать информацию и знания и проигрывать возможные ситуации и варианты действий, отслеживать динамику и выявлять тенденции в развитии компаний;
- оценивать качество планирования и управления, определять наиболее перспективные объекты и виды их деятельности;
- определять, в конечном итоге, оптимальную стратегию развития в изменяющихся условиях с использованием современных методов и средств системного анализа, применения новых информационно-телекоммуникационных технологий.

Предлагаемая *комплексная методика многомерного анализа* сложных систем позволяет проводить анализ эффективности образовательной деятельности по различным критериям.

Для реализации методологии АСФ и применения её к различным производственным объектам авторами был разработан ряд алгоритмов трансформации эффективной гиперповерхности в обобщённой системе *оптимизационного моделирования*, дополняемой широким арсеналом интеграционных компонентов.

Новое направление построения, с позиции системной интеграции сервисов и данных виртуальной семантической среды, перспективных интеллектуальных информационных сред и компонентов экспертных систем на основе развитой технологии АСФ, которая обладает значимым потенциалом не только в образовательной сфере. Применение методологии АСФ в практике обусловлено наличием некоторых нетривиальных результатов в управленческих решениях

социально-экономических систем: некоторые объекты довольно часто представляются эффективными, в то время как эксперты предполагают ранее, что мера эффективности таких объектов должна быть несколько меньше и наоборот. В связи с этим возникает потребность модификации используемых моделей с целью учёта экспертных оценок и ряда дополнительных мнений. И для учёта этих особенностей также были предложены модели на основе конусов доминирования.

Так, в настоящее время широко известны и в основном применяются в практике два частных случая конусов, конус гарантированности и конус отношений. Эти подходы сводятся к построению и последующему добавлению в модель конусов, которые определяются в пространстве оценок производственных показателей. Поэтому подобные модели несколько громоздки и вызывают значительные затруднения при попытке применить их в практике. По существу, добавление конусов в данной модели АСФ означает трансформацию множества производственных возможностей (эффективной гиперповерхности), что делает используемые модели АСФ более гибкими. Предлагаемую к применению новую модель следует относить к моделям ВСС (Banker, Charnes, Cooper), в которую добавлены искусственные объекты и лучи. При этом применяемая модель предоставляет дополнительные возможности изменения эффективной гиперповерхности в прямом пространстве входных и выходных параметров, что позволяет и далее развивать конструктивный метод трансформации эффективного фронта. В рамках показанной обобщенной модели применены оригинальные алгоритмы трансформации эффективного фронта и модифицируемая гибридная программная среда оптимизационного моделирования как основа формируемой виртуальной семантической среды. В рамках настоящей работы, рассматриваемые на текущий момент первичные и частные подзадачи мониторинга (в последствии, к примеру, – упреждающего моделирования, контроля, аудита, а также сопровождения индивидуализированных образовательных траекторий и прочее) качества образовательного процесса программная среда с эволюционирующими сущностями позволяет визуализировать многомерное множество производственных возможностей с помощью построения двух- и трехмерных сечений эффективной гиперповерхности, виртуальную семантическую среду.

Возможная настройка модели АСФ под конкретную практическую задачу происходит путем добавления искусственных объектов и лучей в интерактивном режиме непосредственно на экране компьютера. Таким образом, в представлениях методологии АСФ сложных социально-экономических и организационно-технических систем предложена обобщенная модель, позволяющая вычислять меру эффективности и находить соответствующие эталонные объекты. При рассмотрении основной упор сделан на примеры базовых компонентов виртуальной семантической среды в составе интеллектуальных информационных и экспертных систем, в том числе частную реализацию в приложение мониторинга качества образовательного процесса.

В настоящее время в рамках методологии анализа среды функционирования (АСФ) уже существуют десятки различных моделей. По существу, подход АСФ как таковой представляет собой обширный класс моделей, связанных общей методологией. Однако пользователь не всегда ориентируется в таком многообразии моделей АСФ. В докладе произведена систематизация и обобщение, выявлены взаимосвязи между различными классами моделей методологии АСФ, выделены основные сущность и принципы, на которых строятся указанные модели. Кроме этого дана возможность *пользователю* активно участвовать в построении модели, а не просто в выборе из некоторого набора моделей. Как указано выше, в расчётах часто обнаруживаются весьма неоднозначные результаты: некоторые объекты были эффективными, в то время как эксперты считали, что *мера эффективности* у этих объектов должна быть гораздо меньше или наоборот.

Так возникает потребность верификации моделей с полным учётом *экспертных оценок и мнений*.

Итак, для учёта этих особенностей были использованы модели на основе *конусов доминирования*. В настоящее время широко известны и применяются на практике в основном лишь два частных случая конусов: конус гарантированности и конус отношений. Оба этих подхода сводятся к построению и последующему добавлению в модель конусов, которые определяются в двойственном, по отношению к пространству входных и выходных параметров, *пространстве оценок производственных показателей*. Поэтому эти модели выглядят слишком громоздкими и вызывают значительные затруднения при попытке применить их в практике. В разработке к *непосредственному* использованию предлагается *обобщенная модель* методологии АСФ и соответствующие ей *конструктивные методы* улучшения адекватности моделей в прямом пространстве производственных показателей. Это должно более полно использовать опыт и интуицию лиц, принимающих решения, позволит им в значительно большем объёме использовать свой профессиональный опыт, в свою очередь, также расширяя область применения моделей

методологии АСФ для анализа деятельности различного рода социально-экономических комплексных объектов анализа, планирования, управления, контроля и других.

В представлениях многомерного анализа развитой среды функционирования в управленческой сфере эффективно работающая организационная система – неотъемлемая база успешного развития современной образовательной деятельности. Поэтому исследованию подобного рода систем, оценке их эффективности, моделированию информационных потоков уделяется большое внимание во всех без исключения развитых странах. Практика анализа деятельности таких сложных систем показывает, что ни один отдельно взятый показатель (сложность системы или, к примеру, разветвлённость подразделений, численность и даже квалификация персонала, эффективность использования современных компьютерных и информационных технологий и т.д.) не являются определяющим фактором успеха или неуспеха работы конкретного *анализируемого объекта*. Любая подобная частная оценка в принципе не может дать достаточно полной картины функционирования сложной системы. Более того, таковые оценки, как правило, также не учитывают как взаимосвязей, так и взаимодействия между различного рода факторами в совместной работе отдельных подразделений. В работе предложена к дальнейшему применению в практике оценки эффективности деятельности различных объектов анализа обобщенная модель методологии АСФ, которая развивает и обобщает широкий класс моделей в том смысле, что с ее помощью можно записать любую модель из семейства основных моделей. Более того, обобщенная модель дает возможность изменять эффективную гиперповерхность в прямом пространстве входных и выходных параметров, что позволяет развить конструктивный метод трансформации эффективного фронта.

Полученные результаты представляют собой не только исконно теоретический интерес, они дают конструктивный метод преобразования эффективной гиперповерхности (множества производственных возможностей) в прямом пространстве производственных параметров, таким образом, преодолевая неточности в моделях. Предложенный в работе прототип системы оптимизационного моделирования может служить основой для построения интеллектуальных информационных и экспертных аналитических систем для поддержки принятия решений в ситуационных центрах руководителей различного ранга.

Итак, в представлениях развитой технологии *анализа среды функционирования* сложных систем предложена *обобщенная модель*, позволяющая вычислять *меру эффективности* и находить соответствующие *эталонные объекты*. На основе обоснованной модели разработаны алгоритмы и гибридная программная среда *оптимизационного моделирования*. Приведены компоненты и примеры перспективного применения данных интеллектуальных информационных и экспертных систем. Таким образом, формирование и развитие новых возможностей прикладных интеллектуальных информационных систем, сервисов и их компонентов в задачах оптимизационного моделирования, согласованного планирования, управления и сопровождения политико-экономических и социально-технических систем и процессов в условиях существенной динамики и поступления значительного объема используемых разнородных данных с использованием предложенного подхода предположительно обеспечит повышение своевременности и качества принимаемых решений (в нашем случае – при оценке качества образовательной деятельности).

В настоящее широкое распространение получили многие технологии, на базе которых строится подавляющее большинство прикладных аналитических систем: статистические пакеты; деревья решений; искусственные нейронные сети; генетические алгоритмы; эволюционное программирование и системы многомерных баз данных. Однако, ни один из подобных методов анализа сложных многомерных экономических систем, используемых в указанных технологиях, не позволяет в отдельности адекватно рассчитывать и строить образ многомерного социально-экономического пространства с достижимо полным учётом взаимосвязей и взаимовлияний образующих его параметров и соблюдением указанных требований.

Выделим проблемные вопросы реализации методов и технологий анализа среды функционирования.

Какой быть аналитической системе вопрос весьма непростой, даже когда не остается сомнений в том, каким функционалом она должна обладать. Потребности пользователей аналитических систем, как и их возможности, весьма различны: одни желали бы видеть в своем арсенале легкую и недорогую систему анализа, другие – систему пусть дорогую, но обладающую максимумом возможностей.

Важным также, с точки зрения аналитика, является привычное использование ряда преимуществ графического интерфейса, позволяющего отображать результаты вычислений в удобном виде. Наличие в системе большего количества графиков, круговых диаграмм, гистограмм

(в том числе – трёхмерных) даёт возможность быстрее изучать большие объёмы информации и наглядно отражать тенденции показателей.

Интересной и востребованной пользователями аналитических систем остается возможность формирования так называемых экспертных оценок, которые представляют собой структурированный текстовый отчёт, всесторонне и полностью описывающий всю совокупность вычисляемых показателей. Этот отчет можно представить руководителю или, к примеру, осуществляющему контроль.

Такая возможность обеспечивается благодаря оценочным шкалам, предусмотренным в системе. Причем их можно откорректировать под сложившиеся требования конкретного учреждения. Функция формирования экспертных оценок экономит силы и время пользователей при изучении состояния анализируемых объектов, ресурсы на анализ и информационную поддержку принятия решений.

Представленное приложение, с позиции системной интеграции сервисов и данных виртуальной семантической среды, в сфере образовательного процесса перспективных интеллектуальных информационных сред и компонентов экспертных систем удачно использует технологию анализа среды функционирования. Действительно, опережающая подготовка кадров предопределяет эффективность будущего применения указанных базовых компонентов создаваемых смешанных группировок робототехнических комплексов и в значительной мере определяется актуализацией сведений о новейших разработках, уровне информационного обеспечения испытательных стендов, но и учебно-тренировочных средств – т.е. совершенствованием учебно-материальной базы вузов. Дальнейшее всестороннее исследование условий интенсивного и гарантирующего информационного взаимодействия может в полной мере опираться на рассмотренный вариант оригинальной проблемно-ориентированной среды (виртуальной семантической среды) с включением методов пертинентного поиска при взаимодействии информационных потоков (оперативной обработке соответствующих информационных ресурсов). Моделирование действий таковой смешанной робототехнической группировки опосредовано комплексным использованием базы знаний об оригинальных бионических технологиях. Кроме того, значимым эффектом в современных условиях обладает ряд масштабируемых обоснованных предложений по развитию единой технологии оперативной обработки пертинентных информационных ресурсов согласно Международной Хартии по космосу и крупным катастрофам (International Charter on Space and Major Disasters). Инновационный потенциал виртуальной семантической среды в перспективе может быть также использован, к примеру, для развития, как беспилотного транспорта, так и интеллектуального города в целом, а также новых программно-технических решений 3D-визуализации и интеграционных компонентов (в составе прототипа комплекса) симулятора смешанных (космических) робототехнических группировок, прочих приложениях.

Представленная система взглядов получила своё плодотворное применение при подготовке кадров наукоёмких отраслей в проблемных вопросах информационного дизайна и эволюционного моделирования, учитывает практический опыт реализации частных задач проблемно-ориентированной системы управления в условиях информационной неопределённости на предпроектном этапе её жизненного цикла. Прагматические задачи учитывают акцент формализма нечёткой стратегии развития среды при выборе компонентов дополненной реальности в представлениях как системной интеграции, так и деградации геопространственной мультимедийной технологии в реалистичных обстоятельствах в сравнении с имеющимся опытом [6-22].

Описанию возникновения связанных структур в случайных средах (кластеров), состоящих из отдельных элементов, посвящены производные работы междисциплинарного проекта о понимании новых возможностей приложения стратифицированной модели поведения субъектов в перспективных информационных ресурсах и соответствующих им интеллектуализируемых технологиях [6-8].

Патентоспособный в единой технологии проект ориентирован на вполне определенные новые вопросы развития указанной проблемы [20] в свете таких акцентов как импортозамещение, эффективное расходование бюджетных средств в сфере государственных закупок, предотвращение появления возможностей нецелевого использования выделенных средств или недобросовестного исполнения обязанностей должностных лиц в сфере коммерциализации и/или введения в оборот прорывных технологий различного назначения.

Потенциальная стратегия выхода предполагает системную интеграцию направлений научной деятельности, форсирование улучшения уровней зрелости процессов трансформации разнородного контента, софинансирование реализации и развития единой технологии,

совершенствования инструментальных средств при проведении фундаментальных и прикладных исследований в отраслевых приложениях робототехники, авиакосмической промышленности, наземного, морского и воздушного транспорта, систем навигации и управления, радио, телевидения и связи, безопасности человека и защиты окружающей среды.

*Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-29-04326 офи\_м.*

## Литература

1. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units // European Journal of Operational Research. 1978. Vol. 2, № 6. P. 429–444.
2. Кривоножко В. Е., Форсунд Ф. Р., Рожнов А.В., Лычев А. В. Измерение эффекта масштаба в нерадиальных моделях методологии АСФ // Доклады академии наук. 2012. Т. 442, № 5. С. 605–609.
3. Krivonozhko V. E., Utkin O. B., Safin M. M., Lychev A. V. On some generalization of the DEA models // Journal of the Operational Research Society. 2009. V. 60. P. 1518–1527.
4. Володин А. В., Кривоножко В. Е., Рыжих Д. А., Уткин О. Б. Построение трехмерных сечений в анализе эффективности сложных многомерных систем на основе параметрических оптимизационных алгоритмов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2004. Т. 44, № 4. С. 650–666.
5. Кривоножко В.Е., Рожнов А.В., Лычев А.В. Построение гибридных интеллектуальных информационных сред и компонентов экспертных систем на основе обобщённой модели анализа среды функционирования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2013, № 6.
6. Язык схем радикалов: методы, алгоритмы / Интеллектуальные информационные системы // под ред. А.В. Чечкина, А.В. Рожнова. Коллективная монография. – М.: Радиотехника, 2008.
7. Лепёшкин О.М. Применение среды радикалов для моделирования разграничения доступа в государственных системах управления: Монография. – М.: Физматлит, 2010.
8. Пирогов М.В. Разработка метода интеллектуализации сложных систем на основе среды радикалов: Автореферат (к.ф.-м.н.). – М.: Мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011.
9. Рожнов А.В., Лычев А.В. Исследование среды функционирования и задач многопрофильного ситуационного центра // Материалы 21-й международной научно-технической конференции "Системы безопасности – 2012". М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. С. 88-90.
10. Технология и программный комплекс анализа среды функционирования сложных систем / Technology and software complex environment analysis of complex systems... – Сеул (Республика Корея), 29 ноября – 2 декабря 2012 г. // Rozhnov A., Krivonozhko V., Lychev A., Zaletdinov A., Zhuravleva N. – SIF 2012.
11. Инструментальная среда и комплекс моделей на основе языка схем радикалов / Multidiscipline design environment based on radical-chart language) – Сеул (Республика Корея), 29 ноября – 2 декабря 2012 г. // Рожнов А.В., Лепёшкин О.М., Чечкин А.В., Пирогов М.В. и др. – SIF 2012.
12. Рожнов А.В., Антиох Г.М., Селиверстов Д.Е., Кублик Е.И. Системная интеграция направлений научной деятельности в условиях формирования предынтеллектуальной инфраструктуры // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2014. № 11. С. 59-64.
13. Оганджян С.Б., Рожнов А.В., Бурмистров П.А., Лобанов И.А., Тюрин С.А. Творческие материалы «круглого стола». Часть I. Ретроспектива и реальная конкорданция исследований в сфере интеллекта // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 1. С. 17-29.
14. Рожнов А.В. Творческие материалы «круглого стола». Часть II. Системная интеграция и моделирование новых эффектов в сфере интеллекта // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 3. С. 3-12.
15. Николашин Ю.Л., Будко П.А., Жуков Г.А. Нейробионический подход к решению задачи оптимизации приема информации в канале с переменными параметрами // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016, № 1. С. 49-58.
16. Рожнов А.В. О виртуальном молодежном научном круглом столе на страницах научно-технического журнала «Нейрокомпьютеры: разработка, применение» / Тезисы докладов XIV Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение» (Москва, 2016). М.: МГППУ, 2016. С. 12-15.
17. Легович Ю.С., Рожнов А.В., Лобанов И.А., Чернявский Д.В. Управление развитием в аспекте системной интеграции на предпроектном этапе жизненного цикла проблемно-ориентированных систем / Труды 7-й Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015, Москва). М.: ИПУ РАН, 2015. Т. 2. С. 163-167.
18. Рожнов А.В., Лобанов И.А., Скорик Н.А., Цыпелев В.В. О нечёткой стратегии интеграции компонентов в интересах накопления опыта эволюционного моделирования проблемно-ориентированной системы управления на начальных этапах жизненного цикла / Труды 15-ой международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» (CAD/CAM/PDM-2015, Москва). М.: ООО "Аналитик", 2015. С. 345-348.
19. Лобанов И.А., Рожнов А.В. Оценивание эффективности проблемно-ориентированной системы управления на ранних стадиях жизненного цикла комплекса ЛА с использованием модели FREE DISPOSAL HULL / Материалы 5-й Международной научной конференции "Фундаментальные проблемы системной безопасности и устойчивости" (Елец, 2014). Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2014. С. 377-379.
20. Будко Н.П., Будко П.А., Винограденко А.М., Дорошенко Г.П., Рожнов А.В., Минеев В.В., Мухин А.В. Способ распределенного контроля и адаптивного управления многоуровневой системой и устройство для его осуществления / Патент на изобретение RU 2450335.
21. Рожнов А.В., Жарков И.Д. Алгоритмизация интеллектуальной обработки данных в задачах слабо формальных систем // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2008. № 1-2. С. 35-42.
22. Maksimov D.Yu. Reconfiguring system hierarchies with multi-valued logic // Automation and Remote Control. 2016. Volume 77, Issue 3. С. 462-472.

## References

1. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units // *European Journal of Operational Research*. 1978. Vol. 2, № 6. P. 429–444.
2. Krivonozhko V. E., Forsund F. R., Rozhnov A.V., Lyichev A. V. Izmerenie efekta masshtaba v neradialnykh modelyakh metodologii ASF // *Doklady akademii nauk*. 2012. T. 442, # 5. S. 605–609.
3. Krivonozhko V. E., Utkin O. B., Safin M. M., Lychev A. V. On some generalization of the DEA models // *Journal of the Operational Research Society*. 2009. V. 60. P. 1518–1527.
4. Volodin A. V., Krivonozhko V. E., Ryizhikh D. A., Utkin O. B. Postroenie trekhmernykh secheniy v analize effektivnosti slozhnykh mnogomernykh sistem na osnove parametricheskikh optimizatsionnykh algoritmov // *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki*. 2004. T. 44, # 4. S. 650–666.
5. Krivonozhko V.E., Rozhnov A.V., Lyichev A.V. Postroenie gibridnykh intellektualnykh informatsionnykh sred i komponentov ekspertnykh sistem na osnove obobshchyonnoy modeli analiza sredy funktsionirovaniya // *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2013, # 6.
6. Yazyk shem radikalov: metody, algoritmy / *Intellektualnyie informatsionnyie sistemy* // pod red. A.V. Chechkina, A.V. Rozhnova. Kollektivnaya monografiya. – M.: Radiotekhnika, 2008.
7. Lepyoshkin O.M. Primeneniye sredy radikalov dlya modelirovaniya razgranicheniya dostupa v gosudarstvennykh sistemah upravleniya: Monografiya. – M.: Fizmatlit, 2010.
8. Pirogov M.V. Razrabotka metoda intellektualizatsii slozhnykh sistem na osnove sredy radikalov: Avtoreferat (k.f.-m.n.). – M.: Mehmata MGU im. M.V. Lomonosova, 2011.
9. Rozhnov A.V., LyichYov A.V. Issledovanie sredy funktsionirovaniya i zadach mnogoprofil'nogo situatsionnogo tsentra // *Materialy 21-y mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Sistemy bezopasnosti – 2012"*. M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2012. S. 88-90.
10. Tehnologiya i programmnyy kompleks analiza sredy funktsionirovaniya slozhnykh sistem / *Technology and software complex environment analysis of complex systems...* – Seul (Respublika Koreya), 29 noyabrya – 2 dekabrya 2012 g. // Rozhnov A., Krivonozhko V., Lychev A., Zaletdinov A., Zhuravleva N. – SIIF 2012.
11. Instrumentalnaya sreda i kompleks modeley na osnove yazyka shem radikalov / *Multidiscipline design environment based on radical-chart language* – Seul (Respublika Koreya), 29 noyabrya – 2 dekabrya 2012 g. // Rozhnov A.V., LepYoshkin O.M., Chechkin A.V., Pirogov M.V. i dr. – SIIF 2012.
12. Rozhnov A.V., Antioh G.M., Seliverstov D.E., Kublik E.I. Sistemnaya integratsiya napravleniy nauchnoy deyatel'nosti v usloviyakh formirovaniya predyintellektual'noy infrastruktury // *Informatsionno-izmeritel'nyie i upravlyayushchie sistemy*. 2014. # 11. S. 59-64.
13. Ogandzhanyan S.B., Rozhnov A.V., Burmistrov P.A., Lobanov I.A., Tyurin S.A. Tvorcheskie materialy «kruglogo stola». Chast I. Retrospektiva i realnaya konkordantsiya issledovaniy v sfere intellekta // *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2016. # 1. S. 17-29.
14. Rozhnov A.V. Tvorcheskie materialy «kruglogo stola». Chast II. Sistemnaya integratsiya i modelirovaniye novykh effektivov v sfere intellekta // *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2016. # 3. S. 3-12.
15. Nikolashin Yu.L., Budko P.A., Zhukov G.A. Neyrobionicheskiy podhod k resheniyu zadachi optimizatsii priema informatsii v kanale s peremennymi parametrami // *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2016, # 1. S. 49-58.
16. Rozhnov A.V. O virtualnom molodYozhnom nauchnom kruglom stole na stranitsah nauchno-tehnicheskogo zhurnala «Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye» / *Tezisy dokladov XIV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Neyrokomp'yutery i ih primeneniye» (Moskva, 2016)*. M.: MGPPU, 2016. S. 12-15.
17. Legovich Yu.S., Rozhnov A.V., Lobanov I.A., Chernyavskiy D.V. Upravleniye razvitiem v aspekte sistemnoy integratsii na predproektnom etape zhiznennogo tsikla problemno-orientirovannykh sistem / *Trudy 7-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Imitatsionnoe modelirovaniye. Teoriya i praktika» (IMMOD-2015, Moskva)*. M.: IPU RAN, 2015. T. 2. S. 163-167.
18. Rozhnov A.V., Lobanov I.A., Skorik N.A., Tsyipelev V.V. O nechYotkoy strategii integratsii komponentov v interesakh nakopleniya opyta evolyutsionnogo modelirovaniya problemno-orientirovannoy sistemy upravleniya na nachal'nykh etapah zhiznennogo tsikla / *Trudy 15-oy mezhdunarodnoy konferentsii «Sistemy proektirovaniya, tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta» (CAD/CAM/PDM-2015, Moskva)*. M.: OOO "Analitik", 2015. S. 345-348.
19. Lobanov I.A., Rozhnov A.V. Otsenivaniye effektivnosti problemno-orientirovannoy sistemy upravleniya na rannikh stadiyakh zhiznennogo tsikla kompleksa LA s ispolzovaniem modeli FREE DISPOSAL HULL / *Materialy 5-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Fundamentalnyie problemy sistemnoy bezopasnosti i ustoychivosti" (Elets, 2014)*. Elets: Eletskiy gosudarstvennyy universitet im. I.A. Bunina, 2014. S. 377-379.
20. Budko N.P., Budko P.A., Vinogradenko A.M., Doroshenko G.P., Rozhnov A.V., Mineev V.V., Muhin A.V. Sposob raspredelennoy kontrolya i adaptivnogo upravleniya mnogourovnevnoy sistemoy i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya / *Patent na izobretenie RUS 2450335*.
21. Rozhnov A.V., Zharkov I.D. Algoritmizatsiya intellektual'noy obrabotki dannykh v zadachah slabo formalnykh sistem // *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2008. # 1-2. S. 35-42.
22. Maksimov D.Yu. Reconfiguring system hierarchies with multi-valued logic // *Automation and Remote Control*. 2016. Volume 77, Issue 3. C. 462-472.

Поступила 10.10.2016

### Об авторах:

**Нечаев Валентин Викторович**, д.ф.-м.н., профессор кафедры «Интеллектуальные технологии и системы» МТУ (МИРЭА), [nechaev@mirea.ru](mailto:nechaev@mirea.ru);

**Гончаренко Владимир Иванович**, д.т.н., доцент, директор Военного Института МАИ (НИУ), [vladimirgonch@mail.ru](mailto:vladimirgonch@mail.ru);

**Рожнов Алексей Владимирович**, к.т.н., с.н.с. лаборатории «Системная интеграция средств управления» ИПУ РАН, [rozhnov@ipu.ru](mailto:rozhnov@ipu.ru);

**Лычев Андрей Владимирович**, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» МИСиС (НИТУ), [lytchev@mail.ru](mailto:lytchev@mail.ru);

**Лобанов Игорь Александрович**, старший инженер-программист лаборатории «Системная интеграция средств управления» ИПУ РАН, [a.ji@bk.ru](mailto:a.ji@bk.ru).