

УДК 004.89

С. Б. Румовская^{1,2}, А. В. Колесников^{2,1}, С. В. Листопад¹¹ Калининградский филиал Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (КФ ФИЦ ИУ РАН)
РФ, 236000, г. Калининград, ул. Гостиная, 5² Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. И. Канта)
РФ, 236041, г. Калининград, ул. Невского, 14**ВИРТУАЛЬНЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ КОЛЛЕКТИВЫ:
ИСТОКИ, РАЗВИТИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ***S. B. Rumovskaya¹, A. V. Kolesnikov^{2,1}, S. V. Listopad¹¹ Kaliningrad Branch of the Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences (KB FRC CSC RAS)
Russian Federation, 236000, Kaliningrad, st. Gostinaya, 5² Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU)
Russian Federation, 236041, Kaliningrad, st. Nevskogo, 14**VIRTUAL HETEROGENEOUS COLLECTIVES:
ORIGIN, DEVELOPMENT, OPPORTUNITIES**С. Б. Румовская^{1,2}, А. В. Колесніков^{2,1}, С. В. Лістопад¹¹ Калінінградська філія Федерального дослідного центру «Інформатика і управління» Російської академії наук (КФ Фіц ІУ РАН)
РФ, 236000, м. Калінінград, вул. Вітальня, 5² Балтійський федеральний університет імені Іммануїла Канта (БФУ ім. І. Канта)
РФ, 236041, м. Калінінград, вул. Невського, 14**ВІРТУАЛЬНІ ГЕТЕРОГЕННІ КОЛЕКТИВИ:
ВИТОКИ, РОЗВИТОК, ПЕРСПЕКТИВИ**

В статье рассматривается концепция, опыт разработки и направления развития виртуальных гетерогенных коллективов. Истоки последних лежат в системах поддержки принятия решений и системах поддержки принятия групповых решений, в коллективном интеллекте, в гибридных и синергетических интеллектуальных системах (искусственные гетерогенные системы), в визуальном мышлении и управлении, в когнитивной компьютерной графике и инженерии образов. Сочетание данных подходов предоставляет возможность повысить качество коллективных решений в сложных ситуациях.

Ключевые слова: искусственный гетерогенный коллектив; системы поддержки принятия групповых решений; неигровые виртуальные миры, виртуальные гетерогенные коллективы.

In the article conception, experience and directions for the development of virtual heterogeneous collectives are represented. The origins of the latter belong to the following directions: decision support systems and group decision support systems, collective intelligence, hybrid and synergetic systems (artificial heterogeneous systems), visual thinking and management, cognitive computer graphics and mind engineering. Combination of these approaches provides means for improving quality of collective decision in challenging situations.

Key words: artificial heterogeneous collective, group decision support systems, non-game virtual worlds, social software authentication, virtual heterogeneous collectives.

У статті розглядається концепція, досвід розробки та напрямки розвитку віртуальних гетерогенних колективів. Витоки останніх лежать в системах підтримки прийняття рішень і системах підтримки прийняття групових рішень, в колективному інтелекті, в гібридних і синергетичних інтелектуальних системах (штучні гетерогенні системи), в візуальному мисленні і управлінні, в когнітивній комп'ютерній графіці та інженерії образів. Поєднання цих підходів надає можливість підвищити якість колективних рішень в складних ситуаціях.

Ключові слова: штучний гетерогенний колектив; системи підтримки прийняття групових рішень; неігрові віртуальні світи, віртуальні гетерогенні колективи.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-07-00272 А.

Поиск решений в условиях большого числа факторов, неоднозначности оценки ситуации, ошибок в выборе приоритетов и противоречивости требований [1] – неотъемлемая часть деятельности естественных гетерогенных систем [2]: планерки, консилиумы, селекторные и диспетчерские совещания и т.п. В настоящей работе предлагается новый класс интеллектуальных информационных систем – виртуальные гетерогенные коллективы (ВГК) – интеллектуальные гетерогенные системы с когнитивной составляющей, моделирующие работу коллективного интеллекта (КИ), принимающего решения, члены которых – как люди (посредством аватар), так и виртуальные эксперты – модели.

Рассмотрим тенденции развития методов организации заочного взаимодействия экспертов (коллективного интеллекта, виртуальных коллективов, виртуальных организаций) и методов искусственных гетерогенных систем (ИГС) для компьютерного моделирования поиска коллективных решений экспертов, а также развитие и перспективы результатов их комбинирования в виртуальных гетерогенных коллективах.

Выделяют следующие формы коллективного интеллекта [3]: 1) «диалоговый КИ» – неоднородные группы участников отказываются от своих частных моделей мышления и вступают в диалог, оценивающий возникающее целое выше, чем его части [4–6]; 2) статистический КИ (англ. statistical collective intelligence) – индивидуумы, действующие независимо друг от друга в больших сообществах и успешно решающие задачи коллективного познания, координации и прогнозирования (разум толпы, англ. wisdom of crowds); 3) человеко-машинный КИ (англ. human-machine collective intelligence) – использует синергию интеллекта человека и его электронных приложений, опираясь на лучшие свойства обоих; может поддерживать все другие формы коллективного интеллекта. Более полный обзор коллективного интеллекта можно найти в [4], [7].

Формальную модель феномена коллективного интеллекта в 2001 г. [8] получил Тадеуш Шуба из польской Академии горного дела и металлургии, принимая его бессознательным, случайным, параллельным и распределенным вычислительным процессом, выполняемым в среде математической логики социальной системой. Данная теория – простое формальное определение коллективного интеллекта как свойства социальной структуры и работает для широкого спектра существ: от колоний бактерий до социальных структур людей.

Понятие социального программного обеспечения (англ. social software) развилось в 90-х годах из понятия «групповое программное обеспечение» (англ. groupware), зародившегося в 70-х годах XX века [9]. Результатом работ М. Турова и супругов Джонсон-Ленц [10] в 70-х годах стало введение термина «groupware» как «интенциональный групповой процесс плюс поддерживающее его программное обеспечение», который затем в книге Р. Йохансена [11] получил интерпретацию – «системы поддержки группового решения» (англ. group decision support systems) – интерактивные автоматизированные системы для принятия решений по неструктурированным вопросам лицами, работающим в группе.

В начале 90-х гг. появилось понятие «систем поддержки групп» (англ. group support systems) как общий взгляд на удовлетворение потребностей рабочих групп в поддержке принятия решений и коммуникациях [12] – автоматизированные информационные системы для совместной интеллектуальной работы, коммуникации, общего пользования информацией и ее поиска, принятия решений. Затем А. R. Dennis и R. B. Gallupe ввели термин «электронные системы организации совещаний» (англ. electronic meeting system) как окружение, основанное на информационных технологиях, поддерживающее групповые совещания, распределенные по времени и в пространстве. Электронные системы организации совещаний включают системы поддержки принятия групповых решений, системы поддержки групп и компьютерные средства коллективной работы в сети.

В [13–15] синонимом «систем поддержки принятия групповых решений» (СППГР – INSPIRE [14], «АЛЕСТАР ЭКСПЕРТ» [15], GroupSystems и Sametime фирмы Lotus [16]) служит термин «системы поддержки ведения переговоров». Компьютерная система поддержки групповых решений помогает экспертам в переговорах, согласовании решения, в связи участников вычислительной сетью. Она облегчает обмен предложениями и контрпредложениями, помогает оценить приоритеты составляющих проблемы, генерацию компромиссных вариантов, моделирует последствия вариантов решений.

В середине 90-х гг. В. Б. Тарасов ввел понятие «виртуальных интеллектуальных организаций» [17] – сложных социотехнических систем, образованных из удаленных друг от друга групп людей, объединяемых на основе симбиоза ведущих сетевых и интеллектуальных технологий, например World Wide Web (WWW) и средств управления знаниями.

К 1995 г. «groupware» выродилось в понятие «социальное программное обеспечение» (англ. social software) благодаря Клаю Ширки [18] из Нью-йоркского университета, возвратившему термину первоначальное содержание – программное обеспечение, поддерживающее коммуникации в сколь угодно большой группе, включающее всё от электронной почты до безграничных 3D-миров и неразрывно связанное с Интернетом.

Из разнообразия социального ПО для настоящей работы интересны также неигровые виртуальные миры научных исследований, сотрудничества, визуализации информации и образования, аналогичные, например, модели Second Life от Virginia Tech, Nature Publishing Group и American Chemical Society's. Последняя [19] предоставляет 3D-визуализацию молекул и химических реакций. Неигровые виртуальные миры применяются в медицине [20].

Рассмотренное выше разнообразие исследований КИ свидетельствует об эпистемологическом кризисе современного общества – профессиональная информация производится быстрее, чем развивается способность экспертов полноценно осмыслить ее и встроить в общую систему знаний. Автоматизированные системы коллективного принятия решений лишь частично справляются с этой проблемой в силу следующих причин: 1) они предназначены преимущественно для автоматизации рутинных процедур, а не для полноценного участия в генерации знаний и взаимодействия с экспертами на равных; 2) они усложняют мобилизацию и активизацию участников на решение проблем; 3) они ослабляют коллективные эффекты непосредственного взаимодействия экспертов; 4) из-за несовершенства человеко-машинного взаимодействия они затрудняют работу экспертов над своими частями сложной задачи, представление на общее рассмотрение результатов решения и коммуникацию участников.

Таким образом, актуальны новые модели ВГК, интегрирующие коллективный интеллект с ИГС и обеспечивающие своих членов независимо от природы возможностью «осмысления» информации, генерации и обмена знаниями, а также выполняющими функции ЛПР (лицо, принимающее решения) по организации взаимодействий в коллективе.

Перейдем к рассмотрению типов ИГС и опыта их разработки.

Искусственные гетерогенные системы интегрируют разнородные знания экспертов и способны имитировать как отдельные линии рассуждений, так и комбинирование частных мнений в общее решение. Как следствие ИГС моделируют неоднородность, разнообразие, сотрудничество, дополнительность и относительность знаний в естественном коллективном интеллекте – гетерогенных (разнородных) коллективах. Эти коллективы эффективнее решают сложные проблемы при интенсивной творческой работе, в то время как гомогенные лучше справляются с простыми задачами. Центральное место среди ИГС занимают многоагентные системы (МАС), гибридные интеллектуальные системы (ГиИС) и синергетические системы.

Исследования МАС (распределенного, децентрализованного искусственного интеллекта (ИИ), искусственной жизни по В. Б. Тарасову) ведутся более 30 лет. Первые отечественные системы с автономными агентами – система ТАИР (транспортный автономный исследовательский робот) школы Н. М. Амосова и программа «Животное» М. М. Бонгарда. За рубежом первыми были В. Лессер, К. Хьюитт и Д. Ленат. Аналитические обзоры МАС даны В. Б. Тарасовым [17], В. Ф. Хорошевым [21] и В. И. Городецким [22].

Истории гибридных и синергетических систем ИИ более 20 лет [34]. В Российской Федерации сложилось несколько научных школ в этой области: Д. А. Поспелова – В. Б. Тарасова; В. Н. Вагина – А. П. Еремеева; Г. В. Рыбиной в Москве; Н. Г. Ярушкиной в Ульяновске; В. Ф. Пономарева – А. В. Колесникова в Калининграде. Основные направления исследований по ИГС: 1) создание принципов разработки ИГС; 2) развитие языка системного анализа и моделирования гетерогенных проблемных инструментальных сред и функциональных гибридных интеллектуальных систем; 3) исследование сотрудничества логического (символьного) и когнитивного (образно-наглядного) моделирования коллективных рассуждений экспертов; 4) моделирование коллективных процессов в системах поддержки принятия решений (СППР), развитие новых классов интеллектуальных систем – гибридных интеллектуальных многоагентных систем, функциональных гибридных интеллектуальных систем (ФГиИС) с координацией, ФГиИС с гетерогенным визуальным полем; 5) исследование устойчивости решений на гибридах; 6) разработка методологии и технологии построения ИГС; 7) выработка принципов и методик по ИГС.

Искусственные гетерогенные системы способны на имеющемся гетерогенном модельном поле (ГМП) динамически синтезировать интегрированную модель естественного коллективного интеллекта и имитировать его работу по поиску решений в сложных ситуациях. Их существенный недостаток – возможность отображения сотрудничества в коллективе только с помощью логико-математического интеллекта, языковой коммуникации, левосторонней составляющей рассуждений экспертов и лица, принимающего коллективные решения, в условиях неоднородности и неопределенности информации, в то время как специалисты из разных предметных областей убеждены, что именно сочетание естественного и визуального языков в логико-математических и визуально-пространственных, правосторонних рассуждениях, т. е. сочетание языковой и визуальной коммуникации соответственно, при работе над проблемами релевантно феномену человеческого мышления. Такое разнообразие информации наиболее полно воссоздает задачу как условия запуска мыслительного процесса и формы взаимодействия с неопределенностью и качественно лучше воспринимается человеком. В результате возникает новая тенденция: создание нового класса интеллектуальных информационных систем – функциональных гибридных интеллектуальных систем с гетерогенным визуальным полем, способных динамически синтезировать интегрированную модель и метод над гетерогенным модельным и визуальным полями и имитировать сотрудничество, относительность и дополнительность коллективного интеллекта для поиска решений на символьных и визуальных языках.

В результатах разработок искусственных гетерогенных систем прослеживаются элементы виртуальных гетерогенных коллективов: в виртуальных консилиумах для медицинской диагностики [23], виртуальных планерках в машиностроении [24] и виртуальных круглых столах в транспортной логистике [25].

Виртуальный консилиум для медицинской диагностики [23]. Идея виртуального консилиума для диагностики артериальной гипертензии – повышение качества индивидуальных врачебных решений за счет консультаций у компьютерной модели,

имитирующей работу медицинского консилиума – искусственной гетерогенной системы, моделирующей коллективные решения, разнообразие хранимой и перерабатываемой информации в которой релевантно разнообразию информации в диагностических ситуациях. Здесь рассмотрен один из аспектов построения ВГК как функциональной гибридной интеллектуальной диагностической системы со свойствами дополнительности, сотрудничества и относительности знаний, динамически синтезирующей интегрированные методы и модели, разнообразие которых релевантно разнообразию нескольких профессиональных точек зрения на состояние организма пациента. По итогам лабораторных экспериментов на материалах клинической больницы прототип виртуального консилиума давал верный диагноз почти в 90% случаев. При этом время, затрачиваемое врачом на постановку диагноза, уменьшилось примерно на 20%. Виртуальный консилиум имеет хорошие перспективы совершенствования до ВГК. Для этого предполагается организовать сотрудничество моделей экспертов в нечеткой логике и картинно-образного, когнитивного моделирования состояния пациента. Планируются также и работы по встраиванию ВГК-коллектива в естественные медицинские консилиумы, когда врач-эксперт сможет не только наблюдать за поведением искусственного коллектива, но и «занять место коллеги», врача-аватары, тем самым подключив свои знания и опыт к общей дискуссии и поиску консенсуса.

Виртуальная планерка для оперативно-производственного планирования [24]. Идея этой работы – повышение качества оперативных план-графиков машиностроительного производства с мелкосерийным заказным характером производства в концепции визуального управления. Здесь моделируется координация лицом, принимающим решение, (ЛПР, начальник производственного отдела) ежедневной коллективной работы пяти экспертов: главного конструктора, главного технолога, начальника отдела материально-технического снабжения, начальника электромеханического цеха, начальника отдела продаж. Рассуждения экспертов и ЛПР имитируются продукционными экспертными системами. Разработана визуализация виртуальной планерки: движущимися кругами показывается, от кого и к кому идет передача информации, а фон под текстом эксперта, передающего информацию, переливается цветами. Картина-образ планерки – стол с сидящими за ним людьми. Последовательность таких образов формирует динамический образ коллективных обсуждений. Стрелками на часах отображается модельное время с начала решения задачи. Показывается и календарная дата каждой планерки. Лабораторные эксперименты на материалах конкретного объекта показали, что если относительная погрешность результатов решения задачи оперативного планирования без учета координации достигает 36%, то с ее учетом не превысила 1%.

Виртуальный круглый стол для транспортной логистики [25]. Идея состоит в сотрудничестве технологии функциональных гибридных интеллектуальных систем, релевантных неоднородности сложной транспортно-логистической задачи, а также многоагентного подхода для моделирования самоорганизации на основе анализа согласованности целей экспертов в новом классе интеллектуальных информационных систем – гибридных интеллектуальных многоагентных системах (ГиИМАС). Здесь моделируется коллективная работа горизонтальных структур крупных транспортно-логистических и транспортно-экспедиционных компаний. Под управлением менеджера по логистике (ЛПР, логист) в обсуждении и принятии решений могут участвовать руководители служб хранения, подготовки отгрузок, контроля, упаковки, экспедиторской, грузовой, транспортной, диспетчерской и претензионной. По итогам практического использования ГиИМАС на двух объектах средняя суммарная себестоимость и длительность доставки грузов в день сократилась на 7,2% и на 12,13% соответственно, среднее время построения маршрутов в день уменьшилось на 23,14%.

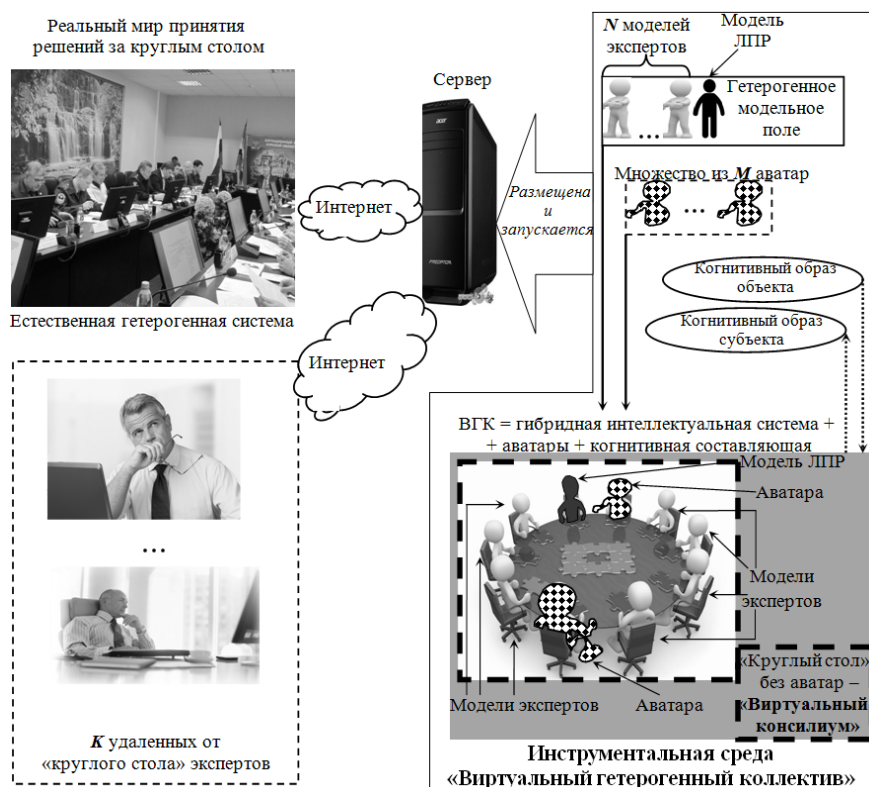
В рамках концепции «Виртуальный гетерогенный коллектив» на данном этапе исследований возможности вышеупомянутого виртуального консилиума [23] как искусственной гетерогенной системы, в частности ГиИС (А. Н. Борисов, А. В. Гаврилова, А. В. Колесников, Д. А. Поспелова и др.), и СППР (О. И. Ларичев, А. Б. Петровский, Э. А. Трахтенгерц, М. С. Мортон и др.) предлагается интегрировать с возможностями:

1) СППР (П. Грей, Дж. П. Хабер, М. Турофф, С. Р. Хилтц и др.), которые организуют эффективную работу коллективов экспертов различных специальностей, в том числе удаленных;

2) визуального мышления (Р. Арнхейн, Д. Пинк, Д. Сиббет и др.), призванного развивать творческие, правополушарные способности индивидуума в коллективе – умение совмещать части в целое, синтез, а не анализ, видеть отношения между разрозненными предметами, изобретать новое путем слияния элементов;

3) когнитивной компьютерной графики и инженерии образов (Д. А. Поспелов, А. А. Зенкин, И. Б. Фоминых, Б. А. Кобринский, В. Б. Тарасов, О. П. Кузнецов, А. А. Башлыков, А. Е. Ямпольская и др.).

На рис. 1 предложена общая схема структуры виртуального гетерогенного коллектива, в которой просматривается виртуальный консилиум как модель «круглого стола» без активных аватар – интерфейсов управления реальным экспертом одной из моделей ГМП, а также для замещения модели собой. В перспективе аватара коллектива виртуальных экспертов – интеллектуальный объект с собственной базой знаний, когнитивным образом, отображающим процесс принятия решения аватарой, и интерфейсом управления аватарой реальным удаленным экспертом (наблюдателем, контролером и аналитиком).



Обозначения: ЛПР – лицо, принимающее решения; ВГК – виртуальный гетерогенный коллектив;

→ – включение моделей гетерогенного модельного поля и аватар в виртуальный гетерогенный коллектив;→ – передача информации от виртуального гетерогенного коллектива когнитивному образу субъекта и от когнитивного образа объекта виртуальному гетерогенному коллективу

Рисунок 1 – Общая схема виртуального гетерогенного коллектива

Инструментальная среда виртуальных гетерогенных коллективов содержит:

- 1) ГМП из N моделей экспертов и модели ЛПР;
- 2) множество из M аватар, мощность которого определяется разработчиком совместно с ЛПР-руководителем в зависимости от числа подзадач, которые необходимо контролировать реальными участниками ВГК ($M \leq N+1$);
- 3) когнитивный образ объекта – условий решаемой задачи как источник информации для реальных участников ВГК;
- 4) когнитивный образ субъекта – процесса принятия решения «круглым столом» как источник информации для удаленных экспертов и ЛПР-руководителя;
- 5) виртуальный гетерогенный коллектив, сформированный ЛПР для решения сложной задачи.

Исходя из рисунка, ВГК будет работать в трех режимах:

- 1) режим виртуального консилиума без активных интерфейсов управления моделями ГМП;
- 2) режим СППГР, когда все аватары активны, в том числе и аватара ЛПР;
- 3) I-режим, интегрирующий в «круглом столе» модели ГМП и аватары в случае неопределенности ситуации, не разрешаемой логико-аналитическими рассуждениями.

Когнитивные образы объекта (условий задачи) и субъекта («круглого стола», вырабатывающего решение) способствуют созданию у реальных участников ВГК цельной картины с внутренними взаимосвязями.

Исследование коллективного принятия решения и способов повышения их качества, а также разработка и исследования инструментальной среды виртуальных гетерогенных коллективов планируется на примере неоднородных задач медицинской диагностики, неопределенность которых растет, что искажает клиническую картину патологий.

Выводы

Возросшая сложность неоднородных задач, в частности диагностики, и темпы развития методов поддержки принятия решения удаленными экспертами для реализации «коллективного интеллекта» (П. Леви, Г. Дженкинс, В. Турчин и др.) подтверждают актуальность моделирования коллективной выработки решения в рамках новой концепции «Виртуальный гетерогенный коллектив». ВГК комбинирует: 1) с одной стороны, методы и технологии организации заочного взаимодействия экспертов для поддержки коллективного принятия решений, а также когнитивную графику, сокращающую время восприятия тех или иных данных; 2) и с другой стороны – методы и технологии гибридных интеллектуальных систем для поддержки принятия решений за «круглым столом» в условиях разнообразия информации.

Развитие идеи ВГК позволит повысить качество и визуализировать процесс выработки коллективных решений.

Список литературы

1. Трахтенгерц Э. А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений [Текст] / Э. А. Трахтенгерц // Проблемы управления. – 2003. – № 1. – С. 13–28.
2. Колесников А. В. Моделирование естественных гетерогенных систем коллективного принятия решений [Текст] / А. В. Колесников // Системный анализ и информационные технологии (САИТ-2015) : Труды VI Международной конференции (Светлогорск, 15–20 июня 2015). – Т. 1. – М.: ИСА РАН, 2015. – С. 7–16.
3. Atlee T. Defining Collective Intelligence. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.communityintelligence.com/blogs/public/2004/08/defining_collective_intelligen.html. – Загл. с экрана.

4. Bohm D. The Ending of Time [Text] / D. Bohm, J. Krishnamurti // ANPA West Journal. – 1997. – Vol. 7, No. 1. – P. 25–26.
5. Gunnlaugson O. Revisioning possibilities for how groups learn together: Venturing an AQAL model of generative dialogue [Text] / O. Gunnlaugson // Integral Review. – 2007. – Vol. 3, No. 1. – P. 44–58.
6. Cohen A. Evolutionary Enlightenment: A New Path to Spiritual Awakening [Text] / A. Cohen, D. Chopra. – New York: Select Books, 2011. – 213 p.
7. Atlee T., Pór G. Collective Intelligence as a Field of Multi-disciplinary Study and Practice. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.evolutionarynexus.org/node/606>. – Загл. с экрана.
8. Szuba T. Computational Collective Intelligence [Text] / T. Szuba. – New York: Wiley, 2001. – 420 p.
9. Черняк Л. Долгий путь к социальному программному обеспечению [Электронный ресурс] / Л. Черняк // Открытые системы. – Электрон. дан. – 2007. – № 1. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2007/01/3999180>. – Загл. с экрана.
10. Groupware: Coining and Defining It. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nexus.awakentech.com:8080/at/Awaken.nsf/d4cbbb795713bdee882564640074729d/0530daecb494886c882564650065e418?OpenDocument>. – Загл. с экрана.
11. Johansen R. GroupWare: Computer Support for Business Teams [Text] / R. Johansen. – New York: The Free Press, 1988. – 205 p.
12. Jessup L. M. Information Systems Foundations [Text] / L. M. Jessup, J. S. Valacich. – Indianapolis, IN: Que Education and Training / Macmillan Publishing Co. – 1999. – 576 p.
13. Файнзильберг Л. С. Обучаемая система поддержки коллективного решения группы независимых экспертов [Текст] / Л. С. Файнзильберг // Управляющие системы и машины. – 2003. – № 4. – С. 62–67.
14. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений [Текст] / Э. А. Трахтенгерц. – М.: Синтег, 2003. – 181 с.
15. Старцев А. В. Модели согласования экспертных оценок в процедурах группового выбора: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Алексей Викторович Старцев. – М.: РГБ, 2004. – 122 с.
16. Системы и технологии организационной деятельности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tsput.ru/res/informat/pers_orgproject_site/lekziya/tema06/kontent6.htm. – Загл. с экрана.
17. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика [Текст] / В. Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
18. Shirky C. Social Software and the Politics of Groups. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.shirky.com/writings/hercomeseverybody/hercomeseverybody/group_politics.html. – Загл. с экрана.
19. Chemistry in Second Life [Электронный ресурс] // Chemistry Central Journal. – Электрон. дан. – 2009. – Vol. 3, No. 14. – Режим доступа: <http://journal.chemistrycentral.com/content/3/1/14>. – Загл. с экрана.
20. Пять медицинских применений виртуальной реальности [Электронный ресурс]. // Econet . – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://econet.ru/articles/58686-pyat-meditsinskih-primeneniy-virtualnoy-realnosti>. – Загл. с экрана.
21. Хорошевский В. Ф. Поведение интеллектуальных агентов: модели и методы реализации [Текст] / В. Ф. Хорошевский // 4-й Международный семинар по прикладной семиотике, семиотическому и интеллектуальному управлению: Сб. научных трудов. – Переславль-Залесский : РАИИ, 1999. – С. 5–20.
22. Городецкий В. И. Многоагентные системы: основные свойства и модели координации поведения [Текст] / В. И. Городецкий // Информационные технологии и вычислительные системы, 1998. – № 1. – С. 22–34.
23. Колесников А. В. Гетерогенные естественные и искусственные системы [Текст] / А. В. Колесников // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте : Сб. научных трудов 7-й Международной научно-технической конференции. – М.: Физматлит, 2013. – Т. 1. – С. 86–103.
24. Кириков И. А. Исследование лабораторного прототипа искусственной гетерогенной системы для диагностики артериальной гипертензии [Текст] / И. А. Кириков, А. В. Колесников, С. Б. Румовская // Системы и средства информатики, 2014. – Т. 24, № 3. – С. 121–143.
25. Колесников А. В. Моделирование коллективного интеллекта, решающего сложную задачу планирования на машиностроительном предприятии [Текст] / А. В. Колесников, С. А. Солдатов // В мире научных открытий. Сер. Математика. Механика. Информатика, 2011. – № 12. – С. 172–181.
26. Колесников А. В. Гибридные интеллектуальные системы с самоорганизацией: координация, согласованность, спор [Текст] / А. В. Колесников, И. А. Кириков, С. В. Листопад. – М.: ИПИ РАН, 2014. – 189 с.
27. Колесников А. В. Искусственные гетерогенные системы, поддерживающие принятие решений [Текст] / А. В. Колесников // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2017. – № 1(4). – С. 16-27.

References

1. Traxtengerc E. A. Computer systems for supporting management decision-making. *Management problems*, 2003, no.1, pp. 13–28.
2. Kolesnikov A. V. Modeling of the natural heterogeneous systems of collective decision-making. *6-th Conference (International) "Systems analysis and information technology" Proceedings*. Moscow, vol. 1, pp. 7–16.
3. Atlee T. *Defining Collective Intelligence*. Available at: http://www.communityintelligence.com/blogs/public/2004/08/defining_collective_intelligen.html/ (accessed March 20, 2016).
4. Bohm D., Krishnamurti J. The Ending of Time. *ANPA West Journal*. 1997, no. 7(1), pp. 25–26.
5. Gunnlaugson O. Revisioning possibilities for how groups learn together: Venturing an AQAL model of generative dialogue. *Integral Review*, 2007, no. 3(1), pp. 44–58.
6. Cohen A., Chopra D *Evolutionary Enlightenment: A New Path to Spiritual Awakening*. New York, Select Books, 2011. 213 p.
7. Atlee T., G. Pór. *Collective Intelligence as a Field of Multi-disciplinary Study and Practice*. Available at: <http://www.evolutionarynexus.org/node/606/> (accessed March 20, 2017).
8. Szuba T. *Computational Collective Intelligence*. New York, Wiley, 2001. 420 p.
9. Chernjak L. The long way to social software. *Open systems*, 2007, no. 1. Available at: <http://www.osp.ru/os/2007/01/3999180/> (accessed March 10, 2017).
10. *Groupware: Coining and Defining It*. Available at: <http://nexus.awakentech.com:8080/at/Awaken.nsf/d4cbbb795713bdee882564640074729d/0530daecb494886c882564650065e418?OpenDocument/> (accessed April 1, 2015).
11. Johansen R. *GroupWare: Computer Support for Business Teams*. New York, The Free Press, 1988. 205 p.
12. Jessup L. M. Valacich J. S. *Information Systems Foundations*. Indianapolis, IN: Que Education and Training, Macmillan Publishing Co, 1999. 576 p.
13. Fajnzil'berg L. S. Trainee system of collective decision support by the group of independent experts. *Control systems and mashines*, 2003, no.4, pp. 62–67.
14. Trahtengerc Je. A. *Meeting computer support during concurrence of management decisions*. Moscow, Sinteg Publ., 2003. 181 p.
15. Starcev A. V. *Models of experts evaluations concurrence in the procedures of collective selection*. D. Sc. Thesis. Moscow, RGB Publ., 2004. 122 p.
16. *Systems and technologies of managment*. Available at: http://www.tsput.ru/res/informat/pers_orgproject_site/lekziya/tema06/kontent6.htm/ (accessed April 15, 2017).
17. Tarasov V. B. *From multi-agent systems to intellectual organizations*. Moscow, Editorial URSS, 2002. 352 p.
18. Shirky C. *Social Software and the Politics of Groups*. Available at: http://www.shirky.com/writings/herecomeseverybody/herecomeseverybody/group_politics.html/ (accessed April 5, 2017)
19. Chemistry in Second Life. *Chemistry Central Journal*, 2009, no. 3(14). Available at: <http://journal.chemistrycentral.com/content/3/1/14/> (accessed March 27, 2017).
20. Five medical application of virtual reality. *Econet*, 2014. Available at: <http://econet.ru/articles/58686-pyat-meditsinskih-primeneniy-virtualnoy-realnosti/> (accessed March 27, 2017).
21. Horoshevskij V. F. The behavior of intelligent agents: models and methods of implementation. *Proceedings of 4th International workshop on applied semiotics, semiotics and intelligent management*. Pereslavl'-Zalesskij, RAAI, 1999, pp. 5–20.
22. Gorodeckij V. I. Multi-agent systems: main properties and models of the behavior coordination. *Information technology and computing systems*. 1998, no. 1, pp. 22–34.
23. Kolesnikov A.V. Natural and artificial heterogeneous systems. *7th research and practice conference "Integrated models and soft computing in artificial intelligence" Proceedings*. Moscow, Physmathlit, 2013, vol. 1, pp. 86–103.
24. Kirikov I.A., Kolesnikov A.V., Rumovskaya S. B. Research of the complex problem at diagnosing of the arterial hypertension within the methodology of artificial heterogeneous systems. *Systems and Means of Informatics*, 2013, no. 23(2), pp. 96 – 114. doi: 10.14357/08696527130208.
25. Kolesnikov A.V., Soldatov S. A. Modeling of collective intelligence solving complex planning task at machine-building enterprise. *In the world of science researches*. Series. Mathematics. Mechanics. Informatics, 2011, no. 12, pp. 172–181.

26. Kolesnikov A.V., Kirikov I.A., Listopad S. V. Hybrid artificial systems with self-organization: coordination, conformance, dispute. Moscow, IPI RAN, 2014. 189 p.
27. Kolesnikov A. V. Artificial heterogeneous decision support systems. *Problems of Artificial Intelligence*, Donetsk, 2017, no. 1(4), pp. 16-27.

RESUME

S. B. Rumovskaya, A.V. Kolesnikov, S. V. Listopad

Virtual heterogeneous collectives: origin, development, opportunities

Background: There are lots of works on improving the quality of individual decisions within the methods of artificial heterogeneous systems. But the growing complexity of problems solving by collectives (such as briefing, councils, availability meeting, etc.) forces using a multidisciplinary approach for modeling of collective decision, for example, the conception “Virtual heterogeneous collective” (VHC).

Materials and methods: The proposed class of artificial informational systems is based on methods and technologies of experts’ distance interactions for collective decision support, as well as methods and technologies of hybrid intelligence systems for individual decision support at round desk in the conditions of information multiplicity. In the systems of this class, the means of computer technology are used not for simple providing of communication environment, where avatar is associated just with an interface, but for controlling one of the models from heterogeneous model field by a real participant, and for displacement this model by himself during solving tasks in collective.

Results: An analytical review of approaches to the “collective intelligence” and practice of development of the proposed approach’s elements for improving the quality of collective decisions demonstrate the potentiality of the VHC-conceptual model.

Conclusion: The problems are to be made visible and sharp in every system of collective decision-making. This gives an opportunity of a qualified process control. As a result, it is consequential to create engines of artificial collective intelligence with logical-mathematical and visual-space methods, and mental models of experts and decision-makers cooperating and supplementing each other. And one of such engines is the virtual heterogeneous collective.

Acknowledgments: The work has been done with partial support from the Russian Foundation for Basic Research (grant № 16-07-00272 A).

Статья поступила в редакцию 21.08.2017.