

THE MECHANISMS OF DECISION-MAKING INTELLECTUALIZATION BASED ON DISTRIBUTED COGNITIVE RESOURCES

© Victor Krasnoproshin

BELARUSIAN STATE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF APPLIED MATHEMATICS AND INFORMATICS
E-MAIL: krasnoproshin@bsu.by

Abstract. *In the article the theoretical and practical results of researches are generalized on the problem of intellectualization of decision-making in the conditions of global informatively-communication environment. Results are got within the framework of implementation of the proper scientific programs and realization of the different (including international) applied projects.*

Under the decision-making the choice of the best (on some criterion) alternative is understood from the finite set of possible variants for permission of problem situation. The term “intellectualization” is examined as process of integration in the mechanisms of decision-making innovative knowledge, providing the competitive edges for the states, companies and having a special purpose groups of population. Innovative knowledge (further are knowledge) are the structured information giving the maximal competitive edges at the decision of concrete practical tasks. The specialized complexes of the programs, known as systems of support of decision-making, are the basic mean of intellectualization.

The problems of intellectualization are formulated in the directives documents of guidance of the largest countries of world. Interesting results which touch the economic and social aspects of problem mainly are got. The questions of design and a algorithmization of process of intellectualization are investigational, unfortunately, it is not enough, that hampers his realization in practice. In particular, major questions tied-up are opened: (1) with the choice of form of knowledge representation for their effective use; (2) with construction of stage providing access to knowledge of different categories of users (from the presidents of the states to the having a special purpose groups of population); (3) with integration of the knowledge got from local sources, in the global systems of accumulation; (4) with diminishing of speed of obsolescence of knowledge, i.e. by providing of their permanent competence; (5) with the choice of knowledge in most degree proper appropriate to preferences and level of provisioning of users.

The complex decision of tasks (1–5) is represented in the article based on the synthesis of elements of theory of decision-making, theory of organization and possibilities of modern communications and programmatic technologies. This decision of problem of intellectualization of decision-making is in-process considered on the basis of synthesis of elements of expert knowledge and cognitive resources the Internet. Conception of intellectualization is developed on the basis of the innovative knowledge represented in the form of subject collections. The models of subject collection and stage of realization of its life cycle are offered. The charts of algorithms of construction, choice, estimation and actualization of subject collections are represented. The variant of the system, realizing algorithms on the basis of multi agent approach in the form of portal, and experience of his application, is described for the decision of practical tasks.

ВВЕДЕНИЕ

В статье обобщены теоретические и практические результаты исследований по проблеме интеллектуализации принятия решений в условиях глобальной информационно-коммуникационной среды. Результаты получены в рамках выполнения соответствующих научных программ и реализации различных (в том числе и международных) прикладных проектов.

Под принятием решений понимается выбор лучшей (по некоторому критерию) альтернативы из конечного множества возможных вариантов для разрешения проблемной ситуации [1]. Термин “интеллектуализация” рассматривается как процесс интеграции в механизмы принятия решений инновационных знаний, обеспечивающих конкурентные преимущества для государств, компаний и целевых групп населения [2, 3, 4]. Инновационные знания (далее — знания) — это структурированная информация, дающая максимальные конкурентные преимущества при решении конкретных практических задач [3]. Основным средством интеллектуализации являются специализированные комплексы программ, известные как системы поддержки принятия решений (СППР) [1, 4].

Проблемы интеллектуализации сформулированы в директивных документах руководства крупнейших стран мира [5, 6] и исследуются в работах известных ученых Saaty [2], Schilling [3], Князева, Шрубенко [4] и др. Получены интересные результаты, которые касаются в основном экономических и социальных аспектов проблемы. Вопросы моделирования и алгоритмизации процесса интеллектуализации исследованы, к сожалению, недостаточно, что затрудняет его реализацию на практике. В частности, открытыми остаются важнейшие вопросы, связанные: (1) с выбором формы представления знаний для их эффективного использования; (2) с построением сцены, обеспечивающей доступ к знаниям различных категорий пользователей (от президентов государств до целевых групп населения); (3) с интеграцией знаний, полученных из локальных источников, в глобальные системы аккумуляции; (4) с уменьшением скорости устаревания знаний, т.е. обеспечением их постоянной компетентности; (5) с выбором знаний, в наибольшей степени соответствующих предпочтениям и уровню подготовки пользователей.

В статье представлено комплексное решение задач (1)–(5), основанное на синтезе элементов теории принятия решений, теории организации и возможностей современных коммуникаций и программных технологий.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В литературе описаны различные варианты постановки задачи интеллектуализации принятия решений (ЗИПР), которые в большей степени характерны для теоретических исследований [1–4]. Ниже предлагается вариант, который изначально ориентирован на технологическое применение и прошел апробацию в качестве основы для автоматизации ЗИПР в области медицины, криминалистики и программирования.

Задачу принятия решений (ЗПР) формально опишем в виде кортежа:

$$Z = (S, X, G, V, L, Kr, fV, fE_s, fCh, V), \quad (1)$$

где: S — проблемная ситуация; X — признаки, характеризующие эту ситуацию; G — цель разрешения ситуации; V — альтернативы (возможные варианты решения); L — условия, которым должно удовлетворять решение; Kr — критерии выбора; fV , fE_s и fCh — соответственно механизмы построения, оценивания альтернатив и выбора лучшей альтернативы; V — выбранная альтернатива.

В соответствии с (1), интеллектуализацию можно рассматривать как процесс разработки (поиска), использования и поддержки компетентности элементов fV , fE_s , fCh , V . Под компетентностью понимается полнота, точность и актуальность всех элементов модели принятия решений.

Альтернативы V в классическом понимании, как правило, представлены однородными (гомогенными) строковыми переменными [1]. Однако в последние годы ситуация изменилась: альтернативы стали рассматривать как формализованные сложно структурированные разнородные (гетерогенные) знания, представляющие различные варианты полного (теоретического и практического) решения задачи. Для обеспечения конкурентоспособности альтернатива V должна носить инновационный характер. Исходя из этих соображений, предлагается постановка ЗИПР, которая подходит для многих типов организационных систем.

Пусть имеется организация C , которая периодически решает задачи Z . Конкурентоспособность решения определяют инновационные знания V , элементами которых V_1, V_2, \dots, V_n обладают распределенные эксперты E_1, E_2, \dots, E_n . Знания V используются распределенными участниками организации (пользователями) U . Требуется разработать СППР, обеспечивающую интеллектуализацию решения Z .

Применяя принцип декомпозиции, выделим три основных подзадачи:

- построение моделей представления знаний (альтернатив) V и сцены решения задачи Z ;
- разработка алгоритмов построения сцены и реализации жизненного цикла ЗИПР;
- разработка соответствующей архитектуры и системы интеллектуализации.

Основное требование к результату связано с использованием стандартного программного обеспечения (ПО), коммуникаций и средств доступа.

2. МОДЕЛИ

Первый вопрос, возникающий при реализации процесса интеллектуализации, связан с выбором формы представления знания, которая обеспечила бы их эффективное использование. В когнитивных системах компаний — IBM, CISCO, Microsoft — знания представлены в одном или двух форматах (например, в msdn — текст + видео), что значительно сужает сферу их применения. Кроме того, в них отсутствует удобные механизмы оценки полезности, актуальности и улучшения знаний. Для устранения этих недостатков предлагается вариант формы представления знаний, основанный на классической модели человеческой деятельности L. Mises [9], адаптированной к особенностям постиндустриальной эпохи:

$$mV_1 = \bigcup_{i=1}^n (nZ, Z, nZ_i, Z_i, Alg_i, Tech_i, Exp, ind, \Delta), \quad (2)$$

где: nZ и Z — название и постановка задачи; n и i — количество и номер подзадач; Alg и $Tech$ — алгоритм и средство решения; Exp — руководство пользователю; ind и Δ — независимые оценка (индекс) полезности контента и предложения по его улучшению.

Модель (2), в отличие от описанных в литературе вариантов представления знаний, обеспечивает многофункциональное использование контента (например, Z , Alg — для корпоративной библиотеки алгоритмов; Z , $Tech$ — для локального тиражирования на CD; Z , ind — для рекламы и т.д.). Пользователи могут оценить полезность ind контента на основе собственного опыта его применения. Контент могут оценить члены независимых профессиональных сообществ в социальных сетях, их же можно рассматривать как источник материала Δ для усовершенствования Alg , $Tech$, Exp [7].

Для практического применения модели (2) необходима соответствующая сцена. В ней должны участвовать: центр (C), инициирующий решение задачи; эксперты (E), формирующие знания (контент альтернатив); пользователи контента (U); члены профессиональных сообществ ($SocNet$) в социальных сетях Twitter, Facebook (для независимой оценки контента) и др.; средства обеспечения диалога между участниками (dp) и регламентации доступа участников к контенту ($Valid$); глобальные коммуникации (com). Соответствующая сцена описывается кортежем:

$$Scene = (C, E, U, SocNet, dp, Valid, com). \quad (3)$$

Для построения универсальной модели участников сцены (актеров), предлагается использовать модель речевого акта J. Austin [10], адаптированную к условиям информационно-коммуникативной среды:

$$\text{Actor} = (e_adr, \text{Name}, p_adr, \text{Status}, \text{inf}, \text{Role}, \text{Dlg}(Q, R)), \quad (4)$$

где: e_adr — адрес актора в сети; Name — имя; p_adr — административный адрес; Status — статус; inf — дополнительная информация; Role — роль; Dlg — диалог (Q — вопрос, R — ответ).

Согласно (4), одушевленный или искусственный актер рассматривается как участник сцены, который имеет определенный статус и реализует свою роль и диалог в инфраструктуре глобальной сети.

Для практического применения модели (2) в рамках сцены (3) ее необходимо дополнить атрибутами, обеспечивающими идентификацию контента в различных средах. Как минимум, это атрибуты глобальной (idG), предметной (idD) и корпоративной (idC) среды:

$$mV2 = (\text{idG}, \text{idD}, \text{idC}, mV1) \quad (5)$$

Для полноты картины кортеж (5) дополняется участниками сцены:

$$SC = (\text{Scene}, \text{idG}, \text{idD}, \text{idC}, mV1) \quad (6)$$

Представление инновационных знаний в форме (6) названа нами предметной коллекцией (ПрК). В отличие от существующих моделей она обеспечивает поддержку полного жизненного цикла инноваций (ЖЦ ПрК), который включает в себя стадии создания, поиска, применения, оценки и совершенствования контента.

Для интеграции ПрК с глобальными системами (включая *Semantic web systems*) в структуру ПрК включена онтология SWO (*Semantic Web Ontology*), которая описывает контент на одном из специализированных языков (OWL, KIF, DAML, RDF):

$$SC = (\text{SWO}, \text{Scene}, \text{idG}, \text{idD}, \text{idC}, mV1) \quad (7)$$

В результате у внешних систем появляется возможность быстрого поиска и включения контента ПрК в собственные базы знаний. Для интеграции ПрК с внешними локальными системами достаточно сохранить ПрК как XML-файл и использовать его как входную информацию для внешней системы. Общая схема реализации ЖЦ ПрК представлена на рис. 1.

Для реализации ЖЦ ПрК в рамках данной схемы необходим соответствующий комплекс алгоритмов.

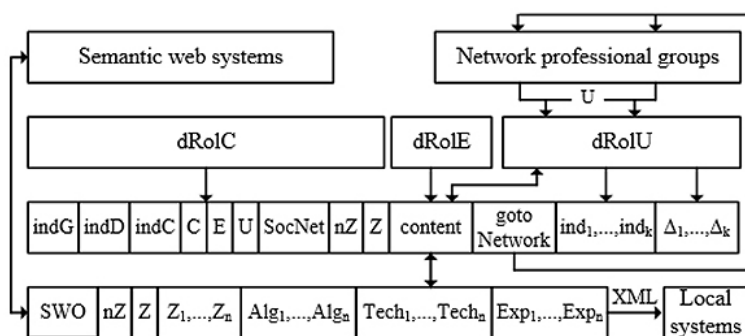


Рис. 1. Схема взаимодействия акторов сцены

3. АЛГОРИТМЫ

Разработка алгоритмов для реализации ЖЦ ПрК является сложной задачей. Вход-выход таких алгоритмов представлен сотнями территориально распределенных узлов, соответствующих участникам сцены, которые выполняют различные роли и используют для этого разные типы диалогов. Фактически это новый класс алгоритмов, которым больше подходит термин “механизмы”, т.к. они жестко связаны с “внешними” составляющими решения, включая аппаратную часть, коммуникации и системное глобальное программное обеспечение.

Согласно (6), необходимо разработать алгоритм построения сцены и алгоритмы формирования, выбора, оценивания и актуализации ПрК. Ниже приведены общие схемы таких алгоритмов.

Алгоритм 1: построение сцены (актор С).

- Шаг 1. Анализ задач Z ;
 - Шаг 2. Определение участников сцены решения: $C, E, U, SocNet$;
 - Шаг 3. Загрузка реквизитов $C, E, U, SocNet$ в БД СППР;
 - Шаг 4. Загрузка в Valid паролей для $C, E, U, SocNet$;
- В результате формируется БД акторов сцены, и создаются условия для реализации ЖЦ ПрК.

Алгоритм 2: построение ПрК (акторы С, Е).

- Шаг 1. Инициализация шаблона ПрК согласно (2);
- Шаг 2. Отправка шаблона экспертам E ;
- Шаг 3. Формирование экспертами контента $mV1$;
- Шаг 4. Отправка контента $mV1$ в центр C ;
- Шаг 5. Формирование SC .

В результате формируется база ПрК и появляется возможность их применения для решения практических задач различными категориями пользователей.

Алгоритм 3: принятие решений на основе ПрК (акторы

Шаг 1. Инициализация проблемы Z ;

Шаг 2. Поиск SC , релевантных проблеме: SC_1, SC_2, \dots, SC_n ;

Шаг 3. Ранжирование SC по индексу полезности ind ;

Шаг 4. Выбор:

– альтернативы SC_i с максимальным значением индекса полезности ind ;

– альтернативы SC_j с меньшим значением уровня полезности, но более соответствующей возможностям и уровню подготовки пользователя;

Шаг 5: применение выбранной SC для решения практических задач.

Таким образом, обеспечивается выбор решения, соответствующего предпочтениям различных категорий пользователей.

Алгоритм 4: оценка ПрК (акторы $U, SocNet$).

Шаг 1. Поиск SC ;

Шаг 2. Оценка пользователями U полезности ind контента на основе собственного опыта;

Шаг 3. Предложение Δ для улучшения контента.

При большом количестве оценок контента можно говорить об объективности значения индекса ind . Низкое значение индекса полезности говорит о необходимости актуализации контента.

Алгоритм 5: актуализация ПрК (акторы C, E).

Шаг 1. Поиск SC с минимальными значениями индекса полезности ind ;

Шаг 2. Анализ индекса ind и предложений Δ ;

Шаг 3. Принятие или отклонение Δ ;

Шаг 4. Коррекция контента SC .

Наиболее эффективным считается вариант коррекции, который обеспечивает консенсус между мнениями экспертов и участниками профессиональных сообществ в социальных сетях.

Описанные выше модели и алгоритмы являются базой, на основе которой построена архитектура компьютерной системы интеллектуализации принятия решений.

4. СИСТЕМА

Сцена интеллектуализации (3) носит распределенный характер, поэтому для построения архитектуры целевой системы использовался многоагентный подход [11]. На основе классической архитектуры (sensor-effector-processor-memory) построены четыре агента. Агент Center реализует процессы, соответствующие алгоритмам 1, 2;

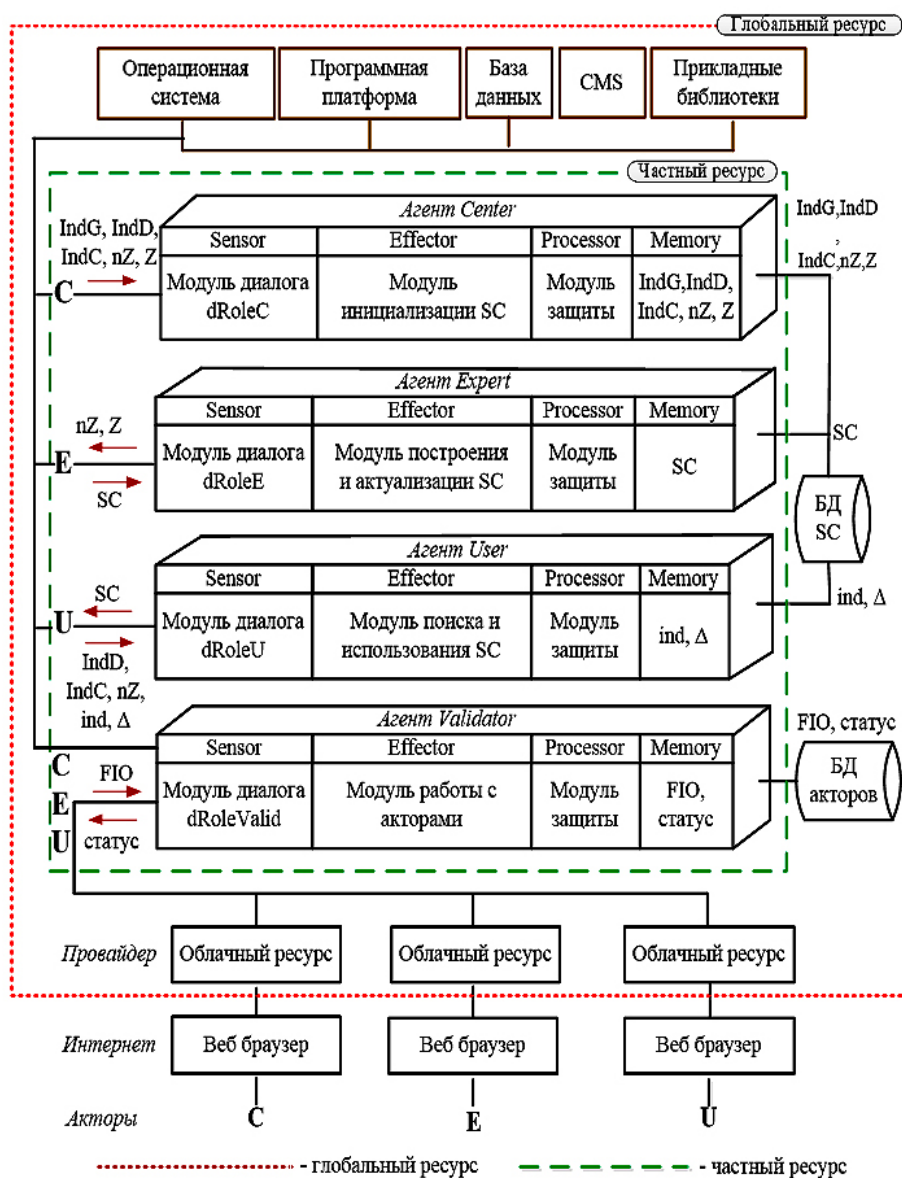


Рис. 2. Архитектура системы интеллектуализации

Expert — алгоритмам 2, 5; User — алгоритмам 3, 4; Validator осуществляет контроль доступа акторов к ПрК. Для уменьшения расходов на поддержку жизненного цикла системы все ПО размещено как частный ресурс в облачном ресурсе компании Vyelex. Доступ к прикладному ПО и ПрК осуществляется через стандартный браузер (MS Explorer, Chrome, Opera и др.). Соответствующая архитектура представлена на рис. 2.

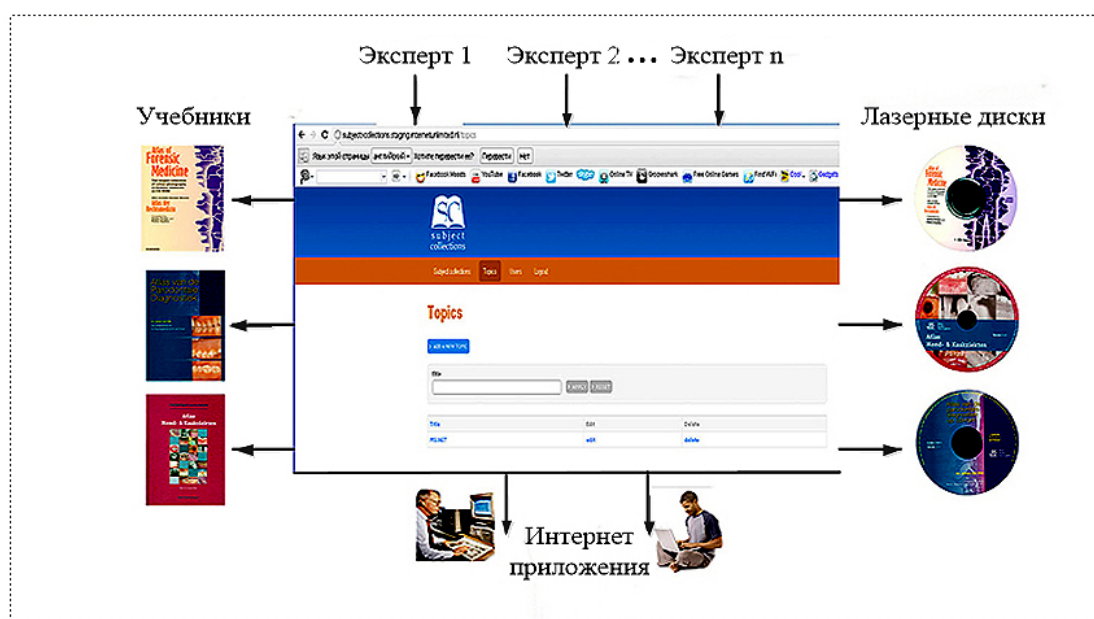


Рис. 3. Портал для реализации ЖЦ ПрК

Архитектура системы реализована в форме портала, которой прошел эволюцию от стандартного сайта для сбора информации по заданной тематике до хранилища ПрК для сферы ИТ (с широким спектром средств визуализации, публикации и актуализации). Для каждого нового проекта строится оригинальные ПрК, которые после завершения проекта интегрируются в частные ресурсы заказчика или правообладателя (рис. 3).

В период 2000–2013 гг. был накоплен значительный опыт эксплуатации портала. В частности, он использовался для реализации ряда международных проектов, включая “Orthopedische Casuistiek”, “Atlasvande Parodontale Diagnostic”, “AtlasMond-&Kaakziekten” (для принятия решений в области ортопедии), “Atlasof Forensic Medicine” (для судебной медицины) и др. Построенные в рамках данных проектов ПрК были опубликованы на бумажных носителях (книги), лазерных дисках и размещены в сетевых ресурсах. До настоящего времени ПрК “Atlas of Forensic Medicine” является крупнейшей в мире коллекцией по данной тематике. В процессе реализации проектов структура предметной коллекции не претерпела существенных изменений, что говорит о ее соответствии современным требованиям. В целом, опыт применения портала подтвердил жизнеспособность и эффективность разработанного подхода к решению проблемы интеллектуализации принятия решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрено комплексное решение проблемы интеллектуализации принятия решений на основе синтеза элементов экспертных знаний и когнитивных ресурсов Интернет. Разработана концепция интеллектуализации на основе инновационных знаний, представленных в форме предметных коллекций. Предложены модели предметной коллекции и сцены реализации ее жизненного цикла. Представлены схемы алгоритмов построения, выбора, оценки и актуализации предметных коллекций. Описан вариант системы, реализующий алгоритмы на основе многоагентного подхода в форме портала, и опыт его применения для решения практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петровский А. Б. Теория принятия решений / А. Б. Петровский. — Академия, 2009. — 400 с.
Petrovsky, A. B. 2009. *Decision making theory*. Moscow: Academy.
2. Saaty, T. L. 2008. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications.
3. Schilling, M. 2009. *Strategic Management of Technological Innovation*. McGraw-Hill.
4. Князев С. Н. Интеллектуализация — стержневая основа развития экономики и управления / С. Н. Князев, А. Г. Шрубенко // Проблемы управления. — 2007. — № 2. — С. 16–25.
Knyazev, S. N. and Shrubenko, A. G. 2007. Intellectualization — the backbone base of economic and control progress. *Control Problems*, 2, pp. 16–25.
5. Government ICT Strategy. 2011. Cabinet Office. Whitehall. — London: Crown.
6. The Seventh Framework Programme. of the European Community for Research, Technological Development and Demonstration Activities. 2007–2013. European Commission. — Brussels.
7. Krasnoproshin, V., Obraztsov, V and Vissia, H. 2010. Overall Approach to the Solution of Applied Problems. “*Lectures on Modeling and Simulation*” *Special Issue of International Association AMSE*. — Barcelona: Spain, pp. 166-174.
8. Виссия Х. Интеллектуализация принятия решений на основе предметных коллекций / Х. Виссия, В. В. Краснопрошин, А. Н. Вальвачев // Вестник БГУ. Сер. 1. — 2011. — №3. — С. 84–90.
Vissia, H., Krasnoproshin, V. and Volvachev, A. 2011. Decision making intellectualization based on the subject collections. *Belarus State University Reporter*, 1 (3), pp. 84–90.
9. Mises, L. 2007. *Human action: a treatise on economics*. Liberty Fund.
10. Austin, J. 1962. *How to do things with words*. Oxford at the Clarendon press.
11. Uhrmacher, A. and Weyns, D. 2009. *Multi-Agent Systems: Simulation and Applications*. CRC press.