

О ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Корольков Борис Петрович

д.т.н., профессор,

e-mail: profkor@gmail.com.

Аннотация. В статье эскизно рассматривается проблема построения системы искусственного интеллекта как ранговой системы обработки знаний. Термодинамический анализ неравновесных (с градиентами потенциалов) объектов разной природы позволяет изучать их эволюцию в рамках явления самоорганизации. Во многом сходное самоструктурирование имеет вид ветвящегося дерева и отражается вербально (в терминах отрасли), образуя её номенклатуру. Назначение чисел, соответствующих номерам рангов и местам выделенных названий внутри рангов, приводит к цифровой модели эволюционирующего образования. Аналогично можно создать цифровые модели других отраслей и их иерархий. На начальном этапе операции цифровизации можно ограничиться трёхмерными матрицами развития, состоящими из ячеек-таксонов. Принят принцип единообразного кодирования в многоэтажных ранговых структурах развития объекта для стандартизации связей баз данных и баз знаний в рамках онтологического подхода. Таким образом, сложная многоотраслевая система выходит на уровень системы ИИ, техническая реализация которой предполагает приложение теории систем и методов системного анализа.

Ключевые слова: синтез системы, неравновесная термодинамика, дерево развития, вербальная и цифровая модель, номенклатура, ранг, матрица, база знаний, онтология, системы искусственного интеллекта.

Цитирование: Корольков Б.П. О построении систем искусственного интеллекта на основе эволюционного развития научного знания // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 3 (19). С. 34-42. DOI: 10.38028/ESI.2020.19.3.004

Введение. Автор высказывает гипотезу о переходе к системам искусственного интеллекта на основе эволюционного развития научного знания, начиная с многоаспектных философских представлений о спонтанном взаимодействии (самодвижении) конкретных объектов природы со своим внешним окружением под действием естественных факторов наличия у них потенциалов состояний. Эти соображения, носящие общетеоретический характер, положены в основу теории самоорганизации (синергетики) [2]. Принципиальная структура, приводящая к построению систем искусственного интеллекта (ИИ) как поэтапной ранговой системы обработки знаний [9], развивается на основе присущей реальным объектам природы и их моделям свойства *неравновесности*. Показан эволюционный переход от термодинамического базиса теории самоорганизации к системам ИИ. В статье представлены также соображения о применении идеи *многомерной систематики* к ИИ. Аргументация

диктуется попыткой подойти к проблеме с самых общих позиций и опирается, в технических деталях, на работы автора и его учеников, приведенные в списке литературы. Используется одна из форм представления знаний – онтологии, определяющие структуру знаний предметной области. Предполагается, что в перспективе будет возможно ввести гуманитарные знания в арсенал формализованных средств ИИ, т.е. использовать эмоциональный компонент знаний в структуре систем ИИ.

Этап неравновесных термодинамических систем. Теоретическим основанием термодинамической неравновесности можно считать фактор взаимодействия сложных (с градиентами потенциалов, являющихся предпосылками возникновения критических состояний и структурных перестроек) отраслевых объектов разной природы. Проходимый ими путь исторического развития (эволюции) носит признаки синергетической универсальности (общих свойств явления самоорганизации, рис. 1) [2, 9, 12]. Это и в некоторой мере схожее по смыслу таксономическое обособление в отдельных группах локальных образований приводит сверхбольшую многоотраслевую систему к единому, глобально мыслимому объекту – системе ИИ. Его можно синтезировать по общему принципу в других задачах средствами общей теории систем.

Этап отраслевых систематик. В определённой группе таких образований отдельные элементы получили вполне объяснимые в терминах отрасли (*вербальные, словесные*) наименования. Их совокупность на определённом уровне развития сущности образует её *номенклатуру*. Все возможные уровни (ранги) получили свои номенклатуры в терминах *ранговых чисел* [9, рис. 2].

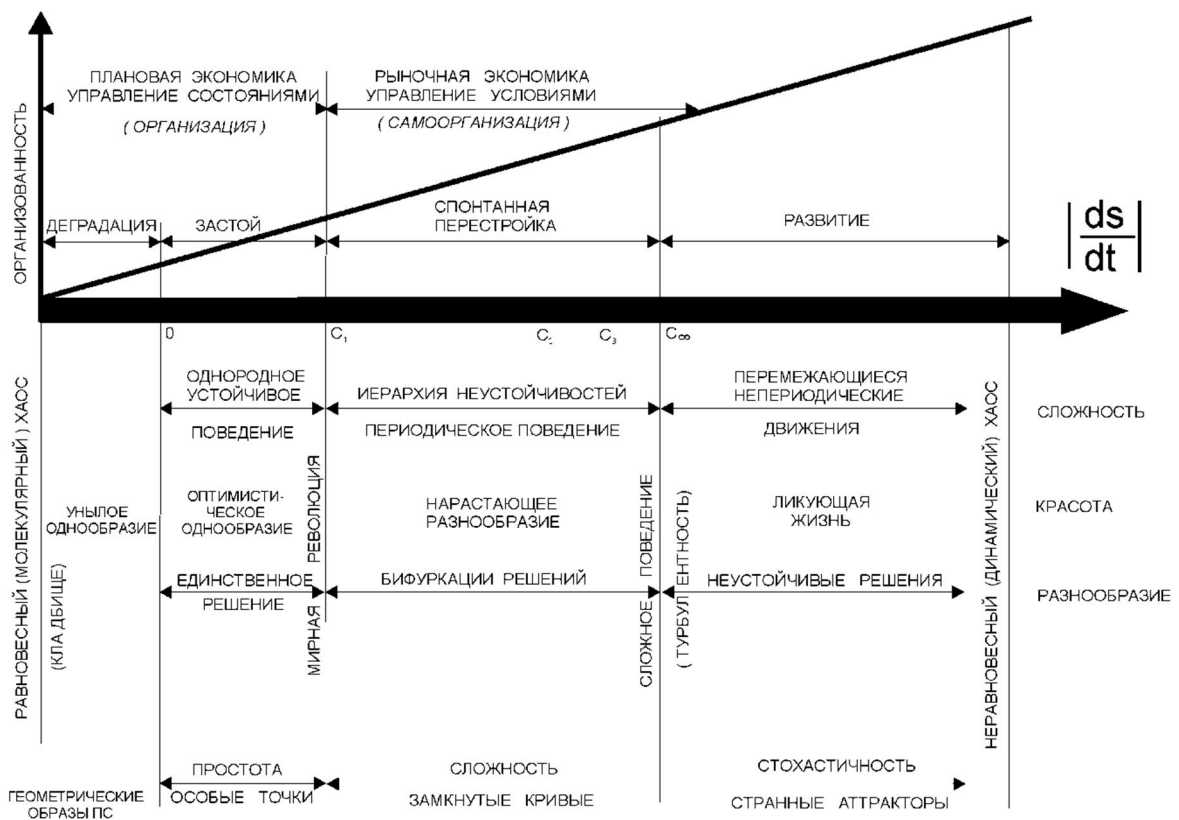


Рис. 1. Термодинамическая интерпретация картины развития структур и состояний

Комментарии к рис. 1:

C_1 – глобальное изменение структуры или поведения системы,

C_1, \dots, C_∞ – точки критических переходов,

C_∞ – точка появления неперiodических структур и поведения.

ПС – предельные состояния решений.

Цепочки траекторий развития (эволюции) приобретают вид ветвящегося *дерева*. Внутри конкретно рассматриваемой *отрасли* набирается «лес» таких деревьев [6, 7]. Их кроны на соответствующих рангах могут быть представлены разрастающимися *матрицами*, адекватными природе своего ранга, – этап формирования разнообразия и натурной терминологии, приводящий к базам и банкам данных.

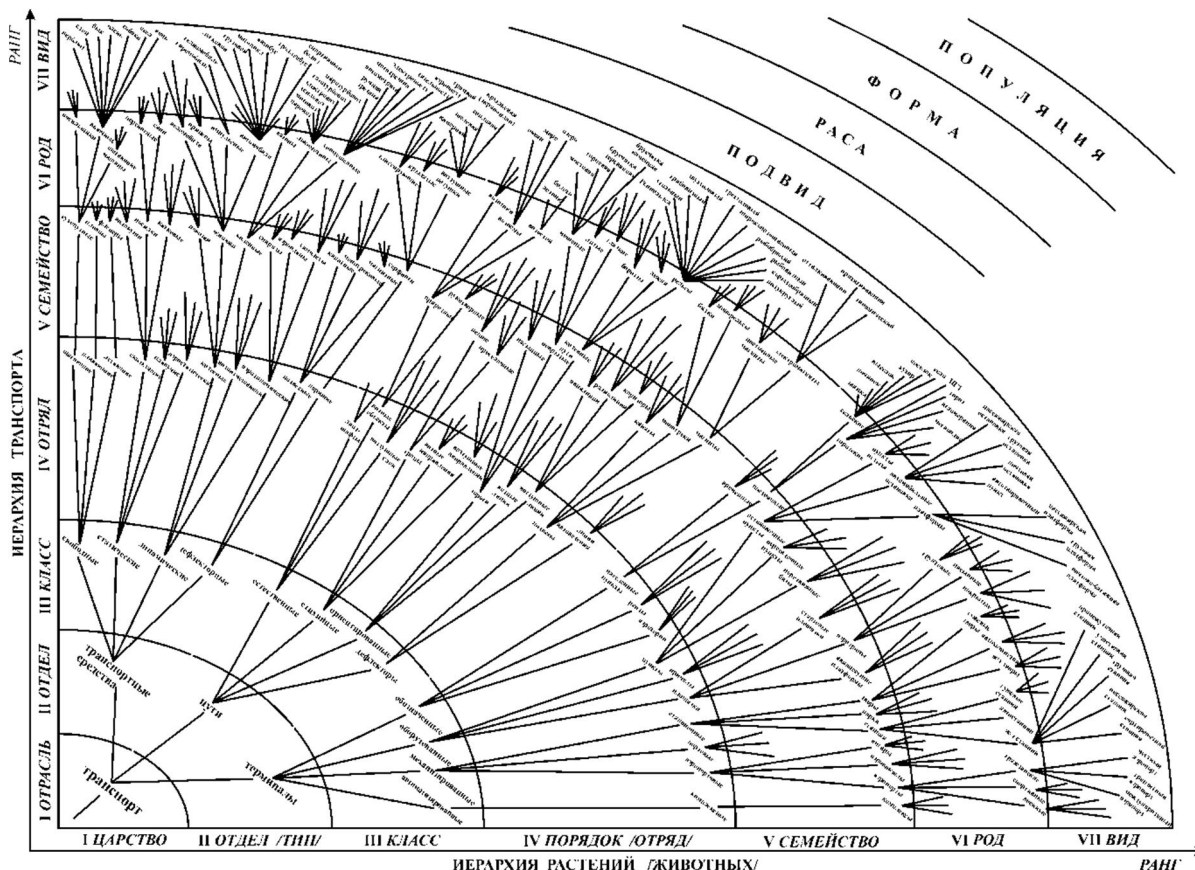


Рис. 2. Плоскостная систематика транспорта (ранги по оси ординат) и растений (животных) (ранги по оси абсцисс)

Этап информационных систем. Способ уйти от избытия терминов номенклатурного подхода известен: кодирование, т.е. назначение чисел, соответствующих номерам конкретных рангов и местам выделенных названий в ранге. Такой путь представления конкретики приводит к цифровой модели эволюционирующего образования. В таблице 1 приведено начало систематик ряда отраслей.

Разобщённость в системах кодирования преодолевается единой структурой иерархии отраслей и стандартизацией национальных информационных систем. Это потребовало общности по структуре и содержанию совокупности данных, т.е. универсального кодирования (соответствия между объектом и кодом). Основное требование к структуре кода – обеспечить перспективы построения удобной геоинформационной сети.

Таблица 1. Примеры номенклатур первых матриц ветвей дерева ряда отраслей.

Отрасль	Наименование первых матриц ветвей дерева		
<i>Транспорт</i>	Подвижной состав	Пути	Терминалы
<i>Энергетика</i>	Энерго-генерирующее оборудование	Линии теплотрасс и электропередач	Электростанции (тепло-, гидро-, АЭС и др.)
<i>Растение-водство</i>	Механизмы	Поля	Агропромышленные комплексы
<i>Информатика</i>	Аппаратное и программное обеспечение	Сети передачи данных	Информационные центры
<i>Наука</i>	Научные коллективы	Конференции, книги, журналы	НИИ, университеты
<i>Космос</i>	Ракеты	Траектории, орбиты	Космодромы, орбитальные системы

Описанную систему универсального кодирования удобно представить в виде трёхмерных матриц систематик типа «дерево» [8]. Такие же деревья можно (и нужно!) построить для других отраслей производства, науки и т.д. на сходных уровнях их развития. Объёмная структура задаёт перспективный путь построения универсальной систематики [6]. Свойства самоорганизации обеспечивают приемлемую их ранговую идентичность (универсальность); рис. 2 демонстрирует это обстоятельство с точностью до терминологии плоскостной (линнеевской) систематики [8, 9].

Кодирование внутри определённой отрасли позволяет на начальном этапе ограничиться наглядными трёхмерными матрицами развития [8]. Трёхмерный объём образуется из ячеек-таксонов, соответствующих выбранной последовательности рангов. Структура матриц на разных рангах повторяет материнскую структуру: крупный – средний – мелкий. Постепенный переход матриц по «стволу» рангов требует (для новых «этажей») принципа единообразия кодирования в каждой избранной трёхранговой структуре переобозначения в схему с ведущим направлением по осям развития объекта [8]. Формирование представления в БД информации на основе универсального кода открывает возможность его распространения на другие отрасли [1, 8, 9].

Активное использование цифровых кодов вместо вербальной (описательной) терминологии для сущностей и связей открывает простор для совершенствования отраслевых информационных систем. При этом речь может идти не только о стандартизации структур и связей традиционных баз данных, но и об активно развивающемся в последние годы направлении баз знаний [3], в рамках которого перспективен онтологический подход [4, 5, 7, 17]. Онтологии, как иерархические концептуальные структуры, близки к систематике предметных областей, причём ранговым уровням выше ОТРАСЛИ (т.е. надстройкам вплоть до уровней общенаучных, философских категорий) отвечают онтологии верхнего уровня.

Онтологии предметной области практически идентичны номенклатуре и связям систематики средних уровней иерархии. Потребности решения в терминах *онтологии практической задачи* обеспечиваются средствами нижних уровней систематики.

Построение систематик и глубина необходимого кодирования рассматриваемого объекта (сущности, отрасли) определяются конкретной целью. Для расширения глубины учёта взаимодействий ветвей одного дерева может потребоваться увеличение мерности его матриц. Это тем более актуально при совместном рассмотрении и моделировании многоотраслевой системы (сложной, большой).

Этап интеграции формального и гуманитарного знаний. Ещё более проблематична интеграция гетерогенного содержания (формализованного и гуманитарного [10]) материала, которая возникает в системе обработки информации с целью использовать эмоциональный компонент человеческого опыта при наработке новых знаний. В перспективе всё это приводит в завершающей стадии к сложной структуре систем ИИ [16] для конкретно рассматриваемой отрасли. Аналогично выполняются синтез и анализ моделей любых больших систем и, в конечном итоге, построение систем ИИ [15].

На рис. 3 показана эволюция научного знания: от синергетики (теории самоорганизации) к системам искусственного интеллекта. По сути, это принципиальная структура, приводящая к формированию системы обработки знаний.

Можно рассматривать ее как технологию формирования системы обработки знаний, (рис. 3), которая предполагает приложение аппарата теории систем к единому объекту, порождённому в результате его эволюционного развития. Такой взгляд на истоки происхождения ИИ и стиль его практического использования [14], по-видимому, существенно отличается от стихийных представлений на ИИ [18], как простой совокупности традиционных цифровых технологий из разных областей знания и практики.

Заключение. В статье на основе глубоких теоретических представлений неравновесной термодинамики о способности реальных систем с градиентами потенциалов показан эволюционный переход к многоярусным цепочкам развития («деревьям») с выработкой в интересах математического моделирования естественной номенклатуры промежуточных названий (таксонов). Углубление информационного подхода потребовало конструировать соответствующие систематики отраслей и кодировать уровни (ранги) эволюции каждого из деревьев. Реализация обобщающей концепции многомерного представления номенклатуры развития привела, с помощью аппарата онтологий, к формированию оригинальной системы ИИ – системы обработки знаний. Интересна, но в этой схеме лишь гипотетична, идея интеграции формализованного и гуманитарного (но структурированного) знания. Логично включить её в системный подход к построению систем ИИ при проработке техники их анализа и синтеза.

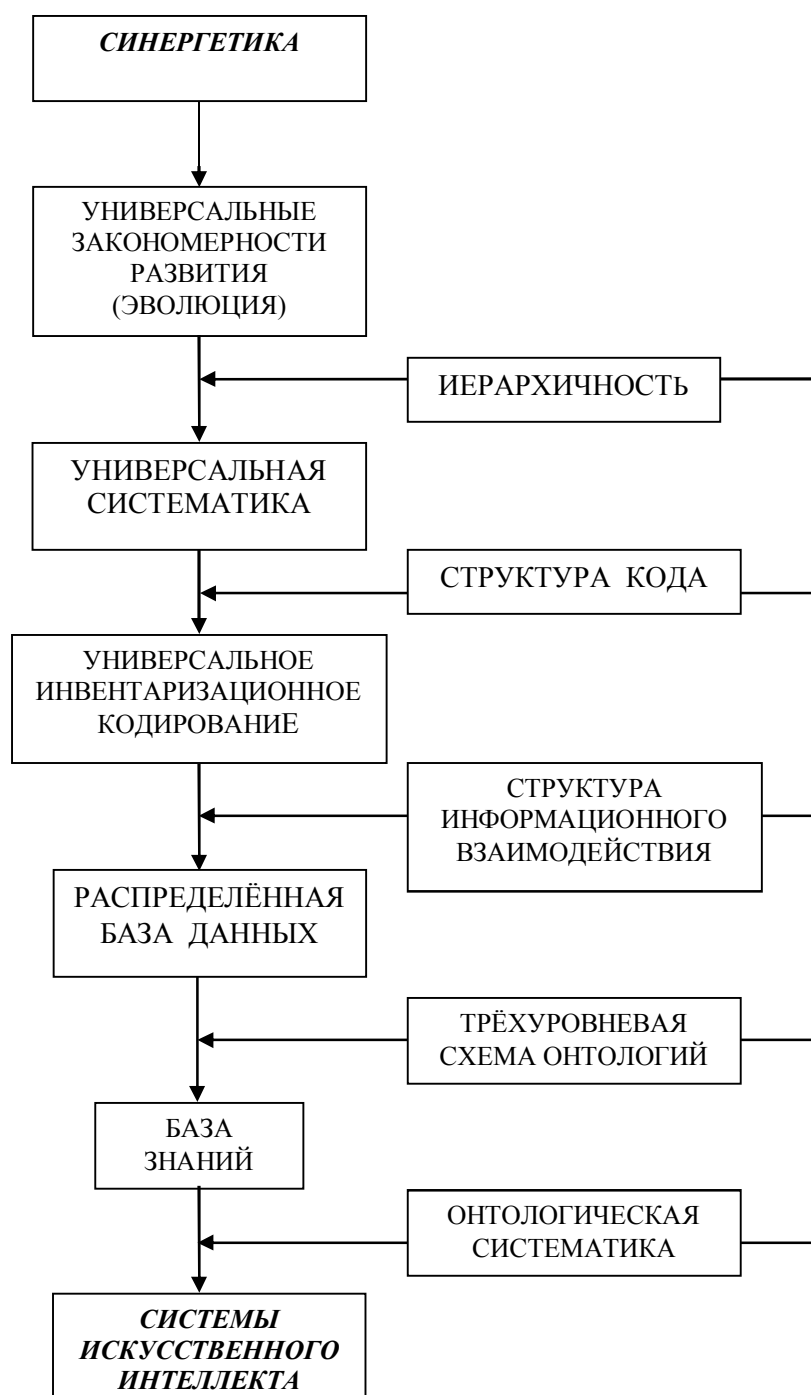


Рис. 3. Эволюция научного знания: от синергетики (теории самоорганизации) к системам искусственного интеллекта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернер М. Основы кодирования: Учебник для вузов. – М.: Техносфера. 2006. 288 с.
2. Волынский А.Л. Самоорганизация материи – универсальное явление природы //Наука в России. 2002. № 3. С. 4-12.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебник. – СПб.: Питер. 2001. 384 с.

4. Гаврилова Т.А., Веселова Е.Е. Об одном подходе к созданию атрибутивных онтологий и таксономий // «Системный анализ в проектировании и управлении». Тр. X междунар. науч. практ. конф. Ч. 2. СПб: Изд-во Политех. ун-та. 2006. С. 283-285.
5. Дудакова А.В. Систематика и кодирование в структуре информационного обеспечения контейнерных перевозок. Дисс. уч. степени кандидата техн. наук. Спец. 05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации. Иркутск. 2011.
6. Корольков Б.П. О построении универсальной систематики // Транспорт. Наука, техника, управление. Сб. обзорной информации. ВИНТИ. 2003. № 10 С. 37-44.
7. Корольков Б.П., Дудакова А.В. Систематика онтологий и структуризация категорий знаний // Мир транспорта. 2010. № 2. С. 20-25.
8. Корольков Б.П. Транспорту мира – единую систему идентификационного кодирования // Вестник ИрГТУ. 2011. № 9. С. 104-115.
9. Корольков Б.П. Универсальности в иерархически структурированных транспортных системах // Транспорт. Наука, техника, управление. Сб. обзорной информации. ВИНТИ. 2019. № 8. С. 59-63.
10. Корольков Б.П. Мудрость, структурированная словом. Иркутск: ООО «Типография на Чехова». 2020. 748 с. ISBN 978-5-98839-135-7
11. Красиков В.И. Онтологии // Вопросы философии. – 2013. – № 9. – С. 43-51.
12. Ласло Э. Основания трансдисциплинарной единой теории // Вопросы философии. 1997. № 3. С. 80-84.
13. Мешалкин В.П., Панкина Е.А. Методология разработки специализированной онтологии по химической технологии реактивов и очистки веществ // Доклады РАН. 2018. Т. 479. №5. С. 527-531.
14. Осипов Г.С. Методы искусственного интеллекта. М.: Физматлит. 2011. 296 с.
15. Попов Д.В., Абайтуллин А.Г. Информационная технология моделирования сложных систем на основе инженерии знаний (на примере распределённой обработки ПО) // Тр. XII Байкальской Всерос. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Ч. III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2007. С. 24-31.
16. Рассел С., Норвиг П. Искусственный Интеллект. Современный подход. Второе издание. Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс». 2006. 1408 с.
17. Рубашкин В.Ш. Онтологическая семантика знания. Онтологии. Онтологически ориентированные методы информационного анализа текстов. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2013. 348 с.
18. Соколов И.А. Теория и практика применения методов искусственного интеллекта // Вестник РАН. 2019. № 4. С. 365-370.

**ON THE CONSTRUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS
BASED ON THE EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE**

Boris P. Korolkov

Doctor of Technical Sciences, professor,

e-mail: profkor@gmail.com.

Abstract. The article outlines the problem of constructing an artificial intelligence system as a ranked knowledge processing system. Thermodynamic analysis of nonequilibrium (with gradients) objects of different nature allows us to study their evolution within the framework of self-organization. Their self-structuring that is similar in many ways looks like a tree and it is described verbally (in terms of branch of knowledge) forming its nomenclature. Introduction of numbers corresponding to the numbers of ranks and the spots of specific names in the ranks leads to a digital model of the evolving entity. Similarly it is possible to build up digital models for other branches. At the initial stage of digitization of branches we can confine ourselves to three-dimensional matrixes of development consisting of cell-taxons. The principle of uniform coding in multilevel rank structures of object evolution for standardization of data base and knowledge base coordination within ontology approach has been accepted. Thus a complicated diversified system reaches the AI level which technical implementation assumes application of the system theory and system analysis techniques.

Key words. Nonequilibrium thermodynamics, evolution tree, verbal and digital model, nomenclature, rank, matrix, knowledge base, ontology, artificial intelligence.

References

1. Verner M. Osnovy kodirovaniya: Uchebnik dlya vuzov [Foundations of coding: Textbook for universities]. M.: Tekhnosfera= Technosphere. 2006. 288p. (in Russian)
2. Volynskiy A.L. Samoorganizatsiya materii – universal'noye yavleniye prirody [Self-organization of matter – a universal phenomenon of nature // Science in Russia]/Nauka v Rossii= Science in Russia. 2002. № 3. Pp. 4-12. (in Russian)
3. Gavrilova T.A., Khoroshevskiy. V.F. Bazy znaniy intellektual'nykh sistem: Uchebnik [Knowledge base of intelligent systems: Textbook]. SPb.:Piter= SPb.:Peter. 2001. 384p.
4. Gavrilova T.A., Veselova Ye.Ye. Ob odnom podkhode k sozdaniyu atributivnykh ontologiy i taksonomiy. // «Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii». Tr. X mezhdun. nauch. prakt. Konf=“System analysis in design and management”. Tr. X int. scientific. practical. conf. Part2. SPb:Izd-vo Politekh. un-ta = SPb: Polytech publishing house. un-ta. 2006. Pp. 283-285. (in Russian)
5. Dudakova A.V. Sistematika i kodirovaniye v strukture informatsionnogo obespecheniya konteynerynykh perevozok [Systematics and coding in the structure of information support for container transportation]. Diss. uch. stepeni kandidata tekhn. nauk. Spets. 05.13.01. Sistemnyy analiz, upravleniye i obrabotka informatsii. Irkutsk. 2011. (in Russian)

6. Korol'kov B.P. O postroyenii universal'noy sistematiki //Transport. Nauka, tekhnika, upravleniye. Sbornik obzornoy informatsii= Transport. Science, technology, management. Collection of survey information. VINITI.2003. № 10 Pp. 37-44. (in Russian)
7. Korol'kov B.P., Dudakova A.V. Sistematika ontologiy i strukturizatsiya kategoriy znaniy [Systematics of ontologies and structuring of knowledge categories] //Mir transporta= World of transport. 2010. №. 2. Pp. 20-25. (in Russian)
8. Korol'kov B.P. Transportu mira – yedinuyu sistemu identifikatsionnogo kodirovaniya [World transport - a unified system of identification coding] //Vestnik natsional'nogo issledovatel'skogo Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta= Bulletin of the National Research Irkutsk State Technical University.2011. № 9. Pp.104-115. (in Russian)
9. Korol'kov B.P. Universal'nosti v iyerarkhicheski strukturirovannykh transportnykh sistemakh [Universality in hierarchically structured transport systems] // Transport. Nauka, tekhnika, upravleniye. Sbornik obzornoy informatsii. VINITI. = Transport. Science, technology, management. Collection of survey information. VINITI. 2019. № 8. Pp. 59-63. (in Russian)
10. Korol'kov B.P. Mudrost', strukturirovannaya slovom [Wisdom structured by the word]. Irkutsk: OOO «Tipografiya na Chekhova» = "Typography on Chekhov". 2020. 748 p. ISBN 978-5-98839-135-7. (in Russian)
11. Krasikov V.I. Ontologii [Ontologies] //Voprosy filosofii= Problems of Philosophy. 2013. № 9. Pp.43-51. (in Russian)
12. Laslo E. Osnovaniya transdistsiplinarnoy yedinoy teorii [Foundations of the transdisciplinary unified theory] //Voprosy filosofii= Problems of Philosophy. 1997. № 3. P.80-84. (in Russian)
13. Meshalkin V.P., Pankina Ye.A. Metodologiya razrabotki spetsializirovannoy ontologii po khimicheskoy tekhnologii reaktivov i ochistki veshchestv [Meshalkin V.P., Pankina E.A. Methodology for the development of a specialized ontology for the chemical technology of reagents and purification of substances] // Doklady RAN. 2018. Vol.479. №5. Pp.527-531.
14. Osipov G.S. Metody iskusstvennogo intellekta [Artificial intelligence methods]. M.: Fizmatlit = Fizmatlit. 2011. 296p. (in Russian)
15. Popov D.V., Abaytullin A.G. Informatsionnaya tekhnologiya modelirovaniya slozhnykh sistem na osnove inzhenerii znaniy (na primere raspredelonnoy obrabotki PO)[Information technology for modeling complex systems based on knowledge engineering (on the example of distributed software processing)] //Tr. XII Baykal'skoy Vseros. konf. «Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii» = Tr. XII Baikal All-Russia. conf. "Information and Mathematical Technologies in Science and Management". Part III. Irkutsk: ISEM SO RAN. 2007. Pp.24-31. (in Russian)
16. Rassel S., Norvig P. Iskusstvennyy Intellekt. Sovremennyy podkhod [Intelligence. Modern approach]. Vtoroye izdaniye. Per. s angl. M.: Izdat. dom «Vil'yams»=Publishing house. house "Williams". 2006. 1408p. (in Russian)
17. Rubashkin V.SH. Ontologicheskaya semantika znaniya. Ontologii. Ontologicheski oriyentirovannyye metody informatsionnogo analiza tekstov [Ontological semantics of knowledge. Ontologies. Ontologically oriented methods of information analysis of texts]. M.:FIZMATLIT= FIZMATLIT. 2013. 348p. (in Russian)
18. Sokolov I.A. Teoriya i praktika primeneniya metodov iskusstvennogo intellekta [Theory and practice of using artificial intelligence methods] // Vestnik RAN= Vestnik RAN. 2019. № 4. Pp.365-370. (in Russian)