

13. Gladkov L.A., Gladkova N.V. Osobennosti ispolzovaniya nechetkikh geneticheskikh algoritmov dlya resheniya zadach optimizatsii i upravleniya [Features of the use of fuzzy genetic algorithms for solving problems of optimization and management], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2009, No. 4 (93), pp. 130-136.
14. Kureychik V.M., Kazharov A.A. Muravinye algoritmy dlya resheniya transportnykh zadach [Ant algorithms for the solution of transport problems], *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya* [Izvestiya of the Russian Academy of Sciences. Theory and control system], 2010, No. 1, pp. 32-45.
15. Kureychik V.M., Kazharov A.A. Ispolzovanie roevogo intellekta v reshenii NP-trudnykh zadach [Using swarm intelligence in solving NP-hard problems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2011, No. 7 (120), pp. 30-36.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Ю.О. Чернышев.

Гладков Леонид Анатольевич – Южный федеральный университет; e-mail: leo@tgn.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371625; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Гладкова Надежда Викторовна – тел.: 88634393260; кафедра дискретной математики и методов оптимизации; старший преподаватель.

Gladkov Leonid Anatol'evich – Southern Federal University; e-mail: leo@tgn.sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371625; the department of computer aided design; associated professor.

Gladkova Nadezhda Viktorovna – phone: +78634393260; the department of discrete mathematics and optimization methods; senior teacher.

УДК 681.322

С.Н. Никольский, И.Ф. Сурженко

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТАМОДЕЛИРОВАНИЕ

В современных исследованиях в теории информационных систем развивается подход, на основе использования понятия онтологии, как организованной совокупности понятий. Это привело к возникновению онтологического подхода, как развития концептуально-ориентированной точки зрения на решении задачи компьютеризации информационных систем. Практическая значимость онтологического подхода к решению задачи проектирования информационных систем состоит в том, что онтология задает концептуальную среду, в которой осуществляется процесс синтеза модели объекта автоматизации. Такая среда должна быть универсальной, т.е. максимально независимой в отношении выбора конкретного объекта автоматизации. Разработка онтологического подхода связана с решением таких принципиальных вопросов, как определение роли онтологий в решении задачи автоматизации, исследование структуры онтологий и их связи с логической и лингвистической точкой зрения на структуру информационной системы. Целью статьи является исследование задачи автоматизации информационных систем и ее связь с метамоделированием. Основная задача состоит в построении модели процесса автоматизации в форме моделирующей системы, а также в выборе информационных систем, которые соответствуют кибернетической точке зрения на естественный интеллект. В работе показано, что применение схемы автоматизации к информационной системе моделирования приводит к набору метамоделей.

Автоматизация; онтологический подход; информационная система моделирования; модель понятия; концептуальные метамоделей.

S.N. Nikolsky, I.F. Surgenko

AUTOMATION OF INFORMATION SYSTEMS AND METAMODELLING

In the current research in the theory of information systems, approach using the concept of ontology, as an organized set of concepts, is developed. This led to ontological approach, as development of conceptual-oriented point of view on the solution of the problem of computerization of information systems. The practical value of ontological approach to the solution of the problem of computerized information systems development is that the ontology defines the conceptual design environment in which the process of synthesis of automation object model will be constructed. Such environment must be universal in sense that it is maximum independent in relation to the choice of the specific automation object. The development of ontological approach needs the solution of such questions as the place of ontologies in the solution of automation problem, analysis of the structure of ontologies and their link with logical and linguistic point of view on the structure of information system. The purpose of article is the study of automation problem and its link with metamodeling. Essential problem consist in construction of model of automation process in the form of modeling system and in the choice of information systems that correspond to cybernetic point of view on natural intellect. It is shown that application of automation scheme to information modeling system leads to the set of metamodels.

Automation; ontological approach; information modeling system; model of concept; conceptual metamodels.

Введение. С точки зрения идей Г. Саймона на онтологию природы *автоматизация* может пониматься как *естественный процесс*, являющийся причиной существования *искусственной составляющей* природы. В этом случае, автоматизация включает процесс *конструирования*, который состоит в *построении модели-объекта автоматизации*, и процесс *реализация* этой модели. Процесс конструирования может быть задан в форме *информационной системы моделирования MS*, включающей *носитель* модели объекта автоматизации и *процессы* ее формирования в этом носителе.

Одна из наиболее общих точек зрения состоит в том, что *универсальным представлением* носителя информационной системы моделирования MS является *язык моделирования*. Другая, не менее общая и связанная с первой, точка зрения состоит в том, что *универсальным представлением* носителя информационной системы моделирования MS является *определенная система понятий*.

В современных исследованиях в области теории информационных систем вторая точка зрения, которую называют *концептуально-ориентированной*, развивается на основе использования понятия *онтологии* [1–5]. Практическая значимость *онтологического подхода* к решению задачи проектирования состоит в том, что онтология задает *концептуальную среду*, в которой осуществляется процесс синтеза модели объекта автоматизации. Такая среда должна быть *универсальной*, т.е. *максимально независимой в отношении выбора* конкретного объекта автоматизации.

Проводится исследование задачи автоматизации в случае, когда в качестве *естественных информационных систем* выбраны процессы, связанные с понятиями *цели и управления*, как основными понятиями, связанными с *онтологической точкой зрения на естественное информационное поведение*.

Обобщенная структура процесса автоматизации. Пусть *H* есть некоторый *объект исследования* и *информационная система моделирования MS*, функцией которой является построение модели объекта исследования *H*. Представим *процесс автоматизации* в виде следующей диаграммы

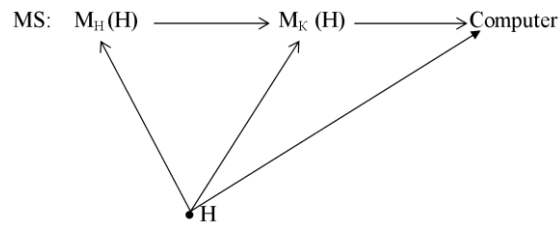


Рис. 1. Диаграмма процесса автоматизации

Информационная система моделирования MS здесь представлена верхней стрелкой

$$M_H(H) \rightarrow M_K(H)$$

где $M_H(H)$ – исходная модель H , $M_K(H)$ – конечная модель H , Computer – некоторое вычислительное устройство, играющее роль среды реализации конечной модели $M_K(H)$.

Естественные информационные системы. Для исследования задачи автоматизации в форме информационной системы моделирования следует указать исходную модель $M_H(H)$ информационной системы, как значения переменной H из диаграммы на рисунке (см. рис. 1).

В качестве такой модели выберем совокупность *информационных процессов*, которые имеют прямое отношение к *кибернетической точке зрения на естественный интеллект* [1] (рис. 2),

где

- ◆ процесс моделирования, информационная система моделирования – MS;
- ◆ процесс принятия решений, информационная система принятия решений – DM;
- ◆ процесс управление с обратной связью, информационная система управления с обратной связью – Cont;
- ◆ процесс коммуникации, информационная система коммуникации – Com
- ◆ психологические процессы – психологическая информационная система – Psy.

Овальная линия в диаграмме на рис. 2 означает взаимосвязи между информационными системами, которые обеспечивают целостность информационного поведения.

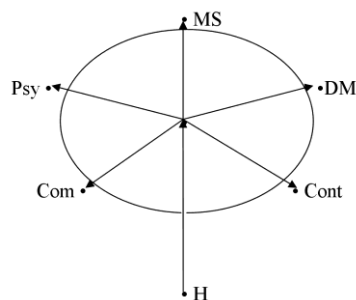


Рис. 2. Диаграмма естественных информационных систем

Автоматизация процесса моделирования. В соответствии с принимаемой в настоящем исследовании точкой зрения, искусственные информационные системы являются результатом *решения задачи автоматизации* в отношении естественных информационных систем.

В соответствии с диаграммой на рисунке (см. рис. 2), задача автоматизации для информационной системы моделирования MS является *моделированием процесса моделирования*. Данный процесс представим в виде сдвоенной диаграммы (рис. 3)

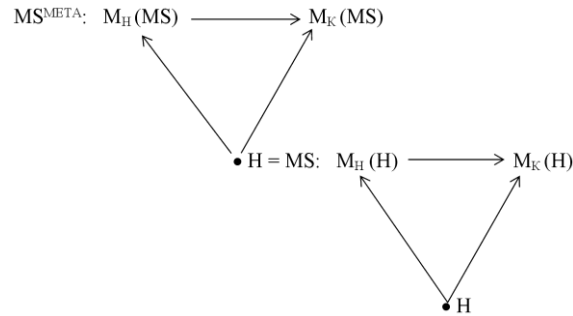


Рис. 3. Диаграмма моделирования процесса моделирования

Верхняя диаграмма на рис. 3 есть процесс автоматизации, применяемый в отношении информационной системы моделирования MS, представленной на Рис. 3 в виде верхней горизонтальной стрелки из нижней диаграммы. По определению задачи автоматизации, верхняя горизонтальная стрелка верхней диаграммы представляет информационную систему моделирования

$$MS^{\text{META}}: M_H(\text{MS}) \rightarrow M_K(\text{MS}). \quad (1)$$

которая соответствует моделированию информационной системы моделирования MS.

Модели процесса моделирования. По определению информационной системы MS^{META} каждая модель $M(\text{MS})$ в (1) есть модель информационной системы моделирования MS, представленной верхней стрелкой диаграммы на рисунке (см. рис. 1). Выберем в качестве исходной модели процесса моделирования MS, т.е. верхней стрелки диаграммы на рисунке (см. рис. 1), следующую последовательность

$$M_H(\text{MS}): \text{анализ } H \Rightarrow \text{mod}(H) \Rightarrow \text{Computer},$$

где переход «анализ $H \Rightarrow \text{mod}(H)$ » соответствует моделированию, а переход « $\text{mod}(H) \Rightarrow \text{Computer}$ » – реализации модели.

Такая форма соответствует структуре *модели жизненного цикла программного обеспечения*, в которой выделяется последовательность процессов *анализа, проектирования и реализации*.

Детализация этих этапов может быть представлена следующими двумя моделями. В качестве первой из них выберем модель, которая представляет *инфологическое моделирование* при проектировании баз данных и имеет форму следующей последовательности [6]

$$M_1(\text{MS}): C\text{-mod}(H) \Rightarrow \text{Data-mod} \Rightarrow \text{DB},$$

где $C\text{-mod}(H)$ – *концептуальная модель* H , Data-mod – модель данных, DB – физическая база данных.

В качестве второй выберем *диаграмму пошаговой кристаллизации алгоритмов*, которая представляет процесс последовательной разработки алгоритмов решения задач, на основе математических моделей H , и имеет форму следующей последовательности переходов [7]:

$$M_2(\text{MS}): M\text{-mod}(H) \Rightarrow A\text{-mod}(H) \Rightarrow B\text{-mod}(H),$$

где $M\text{-mod}(H)$ – *математическая модель* H , $A\text{-mod}(H)$ – модель H , представленная в абстрактных типах данных, $B\text{-mod}(H)$ – модель $A\text{-mod}(H)$, реализованная в базовых ВТ типах и структурах данных.

Используя модели $M_1(MS)$ и $M_2(MS)$ построим конечную модель $M_K(MS)$ информационной системы моделирования MS в следующей форме:

$$M_3(MS) = MS: C\text{-mod}(H) \Rightarrow M\text{-mod}(H). \quad (2)$$

Нетрудно видеть, что переход (2) есть решение задачи MS^{META} для процесса моделирования в целом, построенное в виде последовательности его моделей:

$$M_H(MS) \Rightarrow M_1(MS) \Rightarrow M_2(MS) \Rightarrow M_3(MS) = M_K(MS),$$

где $M_H(MS)$ – модель жизненного цикла программного обеспечения.

Онтологии. Представление информационной системы MS в форме (2) предполагает непосредственную связь концептуальных моделей H с математическими моделями H .

Согласно (2), в качестве $M_H(H)$ – исходной модели H принимается концептуальная модель $C\text{-mod}(H)$, т.е.

$$M_H(H) = C\text{-mod}(H).$$

Как отмечалось во введении, в современной информатике концептуальное моделирование развивается на основе понятия онтологии, которая, в частности, понимается как [2, 3]:

- ♦ *спецификация концептуализации*, которая представлена в форме онтологической системы представления знаний;

$$\langle \text{MetaOnt}, \text{ONT}^{d\&t}, \Theta \rangle \quad (3)$$

- ♦ *словарь*, используемый логической теорией, определяемый спецификацией словарного состава языка

$$\langle \text{MetaOnt}, L, \text{ONT}^{d\&t} \rangle, \quad (4)$$

где, в обоих случаях, метаонтология MetaOnt есть совокупность семантических категорий естественного языка, а предметная онтология $\text{ONT}^{d\&t}$ – совокупность понятий, определяющих типы объектов исследования в конкретных областях исследования, и решаемых относительно них задач. Поисковая или решающая система Θ есть машина вывода, как метод решения задач, L – совокупность логических терминов, включающая логические связи.

Метаонтология MetaOnt , которая является основой в (3) и (4), не единственна. Выделим следующие совокупности понятий, которые используются в качестве метаонтологии MetaOnt :

- ♦ естественная метаонтология $\{\text{объект}, \text{свойство}, \text{отношение}\}$ – MetaOnt^{NAT} ;
- ♦ метаонтология физической точки $\{\text{объект}, \text{состояние}, \text{время}\}$ – MetaOnt^{EVT} ;
- ♦ объектная метаонтология $\{\text{объект}\}$ – MetaOnt^{Ob} .

Так как в силу диаграммы процесса автоматизации, представленной на рисунке (см. рис. 1), объект исследования H есть значение любой модели из MS , то язык *описания значений*, т.е. моделей H называют H -метаязыком [8].

Пусть MetaOnt рассматривается как *словарь* и $\mathcal{L}(\text{MetaOnt})$ есть язык, грамматически порожденный из метаонтологии-словаря.

В лингвистических исчислениях язык $\mathcal{L}(\text{MetaOnt})$ используется для решения проблем семантики, где он используется как *глубинный язык* по Ч.Филмору, (метаязык), [6] а $\mathcal{L}(\text{ONT}^d)$ – *поверхностный язык* (язык-объект). В логических исчислениях элементы словаря MetaOnt , определяют типы формальных переменных, используемых в символических моделях языка $\mathcal{L}(\text{MetaOnt})$ [8].

Ниже будет рассмотрен случай, когда метаонтология рассматривается как *система понятий*.

Концептуальные модели. Проведем исследование связи концептуальных и математических моделей, предполагаемой моделью информационной процесса моделирования в форме схемы (2):

$$C\text{-mod}(H) \Rightarrow M\text{-mod}(H)$$

для случая, когда MetaOnt есть *совокупность понятий*, т.е. построим H -метаязык, который является языком *концептуальных моделей значений*.

Воспользуемся *моделью понятия* в форме С-диаграммы [10] (рис. 4).

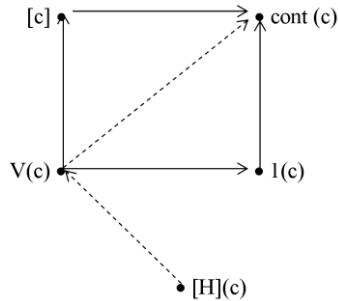


Рис. 4. С-диаграмма. Модель понятия

Символ $[H](c)$ в С-диаграмме означает, что *объект исследования Н отнесен к объему понятия «с»*

$$H \Rightarrow [H](c).$$

Стрелки С-диаграммы определяют *характеристики объекта исследования Н* при его отнесении к объему понятия «с»:

$$CS(c) = \langle [c], V(c), \text{cont}(c), l(c) \rangle$$

т.е. *характеризация через отнесение* задается схемой вида:

$$H \Rightarrow [H](c) \Rightarrow CS(c),$$

где $[c]$ – имя понятия «с», $V(c)$ – объем понятия «с», $\text{cont}(c)$ – характеристики элементов объема понятия «с», $l(c)$ – *один элемент* объема понятия «с».

Характеристики как элементы модельной системы $CS(c)$ представляют собой *элементарные концептуальные модели* значения $[H](c)$ переменной Н:

- ◆ \mathcal{E} -модель $[H](c)$ есть $[c]$ – называющая форма понятия «с» – *лингвистические характеристики* $[H](c)$;
- ◆ Cont -модель $[H](c)$ есть $\text{cont}(c)$ – характеристики элемента объема понятия «с» – *смысловые характеристики* $[H](c)$;
- ◆ V -модель $[H](c)$ есть $V(c)$ – *совокупность* элементов объема понятия «с» – *объемные характеристики* $[H](c)$;
- ◆ l -модель $[H](c)$ есть $l(c)$ – *один элемент* объема понятия «с» – *единичные характеристики* $[H](c)$.

Стрелки С-диаграммы определяют V - и l -модели Н как *типы значений* называющей формы $[c]$, т.е. *элементарной \mathcal{E} -модели Н* и, следовательно, сводят любую называющую форму $[c]$ к двум понятиям, а именно «*совокупность*» и «*один элемент совокупности*».

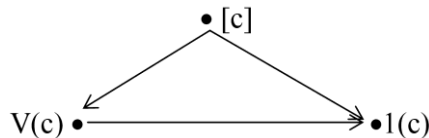


Рис. 5. Диаграмма значений называющей формы понятия

Следовательно, С-диаграмма означает переход от называющей формы понятия «с» к понятиям, в терминах которых характеризуются ее *значения*. Для любого понятия «с» такими понятиями являются:

- а) на уровне V -моделей: $[c] \Rightarrow V(c)$ – *совокупность*
- б) на уровне l -моделей: $[c] \Rightarrow l(c)$ – *один элемент* совокупности $V(c)$.

Первому уровню соответствуют Н-метаязык, основанный на понятии «совокупность», который назовем V-метаязыком, а второму Н-метаязык, основанный на понятии «один элемент совокупности» или 1-метаязык.

Концептуальные метамодели. Под метамоделью обычно понимают модель модели Н. Следовательно, концептуальные модели значений или концептуальные метамодели получаются как решение задачи моделирования концептуальных V- или 1-моделей. Примем V-модели в качестве основных. Тогда построение концептуальных метамodelей соответствует случаю, когда в диаграмме автоматизации на рисунке (см. рис. 1) принимается

$$H = V(c) - \text{совокупность} \quad (5)$$

Выберем для исследования две метаонтологии:

$$\text{MetaOnt}^{\text{NAT}} = \{\text{объект, свойство, отношение}\}$$

$$\text{MetaOnt}^{\text{EVT}} = \{\text{объект, состояние, время}\}$$

и рассмотрим решение задачи моделирования (5) для этих метаонтологий.

Концептуальные метамодели естественной метаонтологии. Рассмотрим метаонтологию $\text{MetaOnt}^{\text{NAT}}$. Выберем называющую форму [ob] как главную модель-характеристику объекта исследования $H(\text{ob})$. Пусть множество выбирается как модель совокупности $V(\text{ob})$. Таким образом, множество принимается в качестве модели V-модели объекта $[H](\text{ob})$, т.е. V-метаязык есть теория множеств, и для значения называющей формы [ob] принимается соответствие типа автономии:

$$[\text{ob}] \Leftrightarrow V(\text{ob}) - \text{множество}$$

которое означает, что «объект есть множество». Тогда, как показано в [8]

$$\forall c \in \text{MetaOnt}^{\text{NAT}}[c] \Rightarrow V(c) - \text{множество}$$

Поэтому если принимается соответствие «множество есть объект», то справедливо утверждение:

$$\forall c \in \text{MetaOnt}^{\text{NAT}}[c] \text{ is-a } [\text{ob}]$$

с разделением объектов на элементарные и сложные.

Это означает, что элементы объема любого понятия $c \in \text{MetaOnt}^{\text{NAT}}$ редуцированы в категорию $\text{MetaOnt}^{\text{Ob}}$:

$$\text{MetaOnt}^{\text{NAT}} \Rightarrow \text{MetaOnt}^{\text{Ob}}$$

В [8] показано, что в этом случае объект $[H](\text{ob})$ как значение называющей формы [ob] есть категорно-понимаемый объект, что может быть представлено диаграммой (рис. 6),

где $1(\text{ob})$ есть совокупность

$$1(\text{ob}) = \{g_0, g_1, g_2, g_3\}.$$

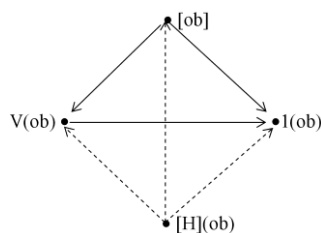


Рис. 6. Диаграмма категорно-понимаемого объекта

Элементы этой совокупности называются структурными типами [8, 11]: $g_0 = \langle A \rangle$ – множество, $g_1 = \langle AR \rangle$ – множество с отношениями, $g_2 = \langle AF \rangle$ – множество с операциями, $g_3 = \langle AFR \rangle$ – множество с отношениями и операциями.

Элементы носителя А структурного типа принимаются в качестве элементарных объектов, а элементы сигнатуры, а именно, понятия $s = \langle \text{отношение} \rangle$ и $s = \langle \text{отображение} \rangle$, построенные в виде множеств, на элементах носителя, принимаются в качестве сложных объектов.

По построению, с одной стороны, структурные типы являются *объектными* и представляют собой *концептуальные модели значений*, т.е. *концептуальные мета-модели*. С другой стороны, они соответствуют математическим структурам.

Тем самым *решение обобщенной задачи реализации* для естественной мета-онтологии $MetaOnt^{NAT}$ является обоснованием корректности решения задачи *моделирования процесса моделирования* в форме

$$C-mod(H) \Rightarrow M-mod(H).$$

Отметим, что структурные типы могут рассматриваться и как абстрактные типы данных.

Метаонтология физической точки. Вопросы построения математических, структурных типов, относящихся к метаонтологии $MetaOnt^{EVT}$, рассмотрены в [11, 12]. Особенностью решения *обобщенной задачи реализации* в $MetaOnt^{EVT}$ является то, что, так как носителем структур в $MetaOnt^{NAT}$ являются элементы объема понятия «объект», то *онтологическая редукция* из $MetaOnt^{NAT}$ в $MetaOnt^{EVT}$ должна быть основана на понятии *элементарный динамический объект* или *физическая точка* [12].

Заключение. Исследована задача автоматизации информационных систем, в качестве которых были выбраны информационные системы, соответствующие кибернетической точке зрения на *естественное интеллектуальное информационное поведение*. Показано, что задача автоматизации приводит к задаче моделирования процесса моделирования. Проведено исследование моделей процесса моделирования, в форме модификации модели жизненного цикла программного обеспечения. В результате получена *модель процесса моделирования* в форме схемы

$$C-mod(H) \Rightarrow M-mod(H)$$

Данная схема исследована для случая, когда моделирование моделирования принимает форму метамоделирования. Приведены концептуальные метамодели естественной метаонтологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Никольский С.Н., Сурженко И.Ф.* Онтологический анализ отношения «цель-результат» // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 107-111.
2. *Guarino N.* Formal Ontology and Information Systems. <http://www.loa-cnr.it/publication.html>.
3. *Pisanelli D.M., Gangemi A., Steve G.* Ontologies and Information Systems: the Marriage of the Century. <http://www.loa-cnr.it/publication.html>.
4. *Ericsson O., Henderson-Sellers B., Agerfalk P.J.* Ontological and linguistic metamodeling revisited: A language approach // J. Information and Software Technologies. – 2013. – Vol. 55. – P. 2099-2124.
5. *Heejung Lee, Soon Jac Kwon.* Ontological semantic inference based on cognitive map // J. Expert Systems with Applications. – 2014. – Vol. 41. – P. 2981-2988.
6. *Цаленко М.Ш.* Семантические и математические модели баз данных // Итоги науки и техники, серия Информатика. – Т. 9. – М.: ВИНТИ, 1985.
7. *Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Дж.Д.* Структуры данных и алгоритмы. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 384 с.
8. *Никольский С.Н.* Онтологические модели жизненного цикла информационно-управляющих систем // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-2007), 14-16 сентября 2007 г. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, Институт математики им. С.Л. Соболева. – С. 184-190.
9. *Никольский С.Н.* Модели процесса моделирования: концептуальные метабазисы и модели значений // Известия ТРТУ. – 2005. – № 3 (47). – С. 124-129.
10. *Никольский С.Н.* Роль метаонтологии в задачах автоматизации // Известия ТРТУ. – 2006. – № 8 (63). – С. 42-48.

11. Kulba V., Nikolsky S., Zaikine O. Ontological approach to modeling of discrete event dynamic system. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences. – September 2009. – Vol. 57, Issue 3. – P. 241-247. Modeling and optimization of manufacturing systems. ([http://www.ippt.gov.pl/~bulletin/\(57-3\)241.html](http://www.ippt.gov.pl/~bulletin/(57-3)241.html)).
12. Никольский С.Н. Системные модели организаций в задачах автоматизации // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – № 1. – С. 45-51.

REFERENCES

1. Nikoljskiy S.N., Surzhenko I.F. Ontologicheskii analiz otnosheniya «tsel-rezultat» [Ontological analysis of the relationship is "goal-rezult"], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 7 (144), pp. 107-111.
2. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems. Available at: <http://www.loa-cnr.it/publication.htm>.
3. Pisanelli D.M., Gangemi A., Steve G. Ontologies and Information Systems: the Marriage of the Century. Available at: <http://www.loa-cnr.it/publication.htm>.
4. Ericsson O., Henderson-Sellers B., Agerfalk P.J. Ontological and linguistic metamodelling revisited: A language approach, *J. Information and Software Technologies*, 2013, Vol. 55, pp. 2099-2124.
5. Heejung Lee, Soon Jac Kwon. Ontological semantic inference based on cognitive map, *J. Expert Systems with Applications*, 2014, Vol. 41, pp. 2981-2988.
6. Tsalenko M.Sh. Semanticheskie i matematicheskie modeli baz dannykh [Semantic and mathematical models database], *Itogi nauki i tekhniki, seriya Informatika* [The Results of Science and Technology, series: Computer science]. Vol. 9. Moscow: VINITI, 1985.
7. Akho A.V., Khopkroft D.Eh., Uljman Dzh.D. Struktury dannykh i algoritmy [Data structures and algorithms]. Moscow: Izdateljskiy dom «Viljyams», 2001. 384 с.
8. Nikolskiy S.N. Ontologicheskie modeli zhiznennogo tsikla informatsionno-upravlyayushchikh sistem [Ontological model of life cycle information management systems], *Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Znaniya-Ontologii-Teorii» (ZONT-2007), 14-16 sentyabrya 2007 g* [Materials of all-Russian conference with international participation "Knowledge-Ontology-Theory" (UMBRELLA-2007), 14-16 September 2007]. Novosibirsk: Sibirskoe otdelenie RAN, Institut matematiki im. S.L. Soboleva, pp. 184-190.
9. Nikolskiy S.N. Modeli processa modelirovaniya: kontseptualnye metabazisy i modeli znacheniy [Model of process modeling: conceptual metabasis and model values], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2005, No. 3 (47), pp. 124-129.
10. Nikolskiy S.N. Rol metaontologii v zadachakh avtomatizatsii [The role of metaontologies automation], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2006, No. 8 (63), pp. 42-48.
11. Kulba V., Nikolsky S., Zaikine O. Ontological approach to modeling of discrete event dynamic system. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences. September 2009. Vol. 57, Issue 3, pp. 241-247. Modeling and optimization of manufacturing systems. Available at: ([http://www.ippt.gov.pl/~bulletin/\(57-3\)241.html](http://www.ippt.gov.pl/~bulletin/(57-3)241.html)).
12. Nikolskiy S.N. Sistemnye modeli organizatsiy v zadachakh avtomatizatsii [The system model of organizations in the field of automation], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2006, No. 1, pp. 45-51.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Никольский Сергей Николаевич – Московский государственный университет приборостроения и информатики; e-mail: nsn1946@yandex.ru, snn@miem.edu.ru; 107996, г. Москва, ул. Стромынка, 20; тел.: 89055761402; кафедра автоматизированных систем управления и информационные технологии; д.т.н.; профессор.

Сурженко Игорь Феодосиевич – Южный федеральный университет; e-mail: isurzh@nkbmius.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; главный конструктор.

Nikolsky Sergej Nikolaevich – Moscow state university of Instrument Engineering and Computer Sciences; e-mail: nsn1946@yandex.ru, snn@miem.edu.ru; 20, Strominka street, Moscow, 107996, Russia; phone: +79055761402; the department of automated control systems and information technologies; dr. of eng. sc.; professor.

Surgenko Igor Feodosievich – Southern Federal University; e-mail: isurzh@nkbmius.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; chief designer.