

УДК 65.011.56

DOI 10.30837/bi.2021.2(97).08

Н.М. Боргест¹, А.И. Повзун², Г.Г. Четвериков³¹Кандидат технических наук, профессор,
Самарский университет, Россия, borgest@yandex.ru²Кандидат технических наук, доцент, Донецкий национальный технический университет,
Украина, povzun.aleksey@gmail.com³Доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
Украина, ORCID iD: 0000-0001-5293-5842, chetvergg@gmail.com

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БАЗОВОЙ ОНТОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

На основе онтологического анализа рассмотрены задачи управления машиностроительным предприятием и, в частности, задачи планирования производства. Проанализированы подходы и принципы создания онтологий машиностроительного предприятия. Особое внимание уделяется мультиагентным технологиям и интерсубъективному подходу при описании онтологических свойств акторов на предприятии. В статье рассмотрены задачи онтологии применительно к управлению машиностроительным предприятием и, в частности, к планированию производства. Проанализированы подходы к созданию онтологии предприятия. Разработанный фрагмент базовой онтологии предприятия позволяет наглядно представить суть взаимодействий базовых сущностей, обосновано подойти к формированию адекватных критериев и условий их взаимодействия.

ОНТОЛОГИЯ, ОНТОЛОГИЯ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ, АГЕНТ, МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД, ИНТЕРСУБЪЕКТНАЯ ТЕОРИЯ

Боргест Н.М., Повзун А.И., Четвериков Г.Г. Математичні аспекти базової онтології в задачах планування виробництва машинобудівельних підприємств. На основі онтологічного аналізу розглянуто завдання управління машинобудівним підприємством і, зокрема, завдання планування виробництва. Проаналізовано підходи і принципи створення онтологій машинобудівного підприємства. Особлива увага приділяється мультиагентній технології і інтерсуб'єктивності підходу при описі онтологічних властивостей акторів на підприємстві. У статті розглянуті завдання онтології стосовно до управління машинобудівним підприємством і, зокрема, плануванням виробництва. Проаналізовано підходи до створення онтологій. Представлений фрагмент базової онтології підприємства дозволяє наочно уявити суть взаємодій базових сутностей, обґрунтовано підійти до формування адекватних критеріїв і умови їх взаємодії.

ОНТОЛОГІЯ, ОНТОЛОГІЯ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ, АГЕНТ, МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД, ІНТЕРСУБ'ЄКТНА ТЕОРІЯ

Borgest N.M., Povzun A.I., Chetverykov G.G. Mathematical aspects of the basic ontology in the problems of production planning for machine-building enterprises On the basis of ontological analysis, the problems of management of a machine-building enterprise and, in particular, the problems of production planning are considered. The approaches and principles of creating ontologies for a machine-building enterprise are analyzed. Special attention is paid to multi-agent technologies and the intersubjective approach when describing the ontological properties of actors in an enterprise. The article describes the problems of ontology in relation to the management of an engineering facility and production planning. The approaches to ontology creation are analyzed. Given representation of the basic ontology of the enterprise allows to visualize the nature of the interactions of basic entities, grounded approach to the formation of adequate criteria and conditions of their interaction.

ONTOLOGY, TOP-LEVEL ONTOLOGY, AGENT, MULTI-AGENT APPROACH, INTERSUBJECT THEORY

Введение

Развитие информационных и коммуникационных технологий за последние десятилетия определило применение междисциплинарных подходов к построению и организации работы информационных систем. В связи с этим возникла проблема обеспечения когнитивной прозрачности при сохранении точности формальной семантики в отображении все более сложного и гетерогенного информационного поля. Решением этой проблемы может быть онтология, общая теория типов объектов и отношений, составляющих конкретные предметные области, иначе концептуальная модель, позволяющая исследователям сфокусироваться на смысле информации, без

привязки к конкретным форматам и языкам представления данных.

1. Постановка проблемы

Усложнение ИТ инфраструктуры и архитектуры баз данных предприятия диктует необходимость поиска новых подходов к организации хранения информации, перехода к семантически интегрированным базам знаний. Онтологический подход к организации данных предлагает методы решения данной проблемы, однако практическое применение общих онтологий сопряжено с рядом проблем внедрения. Решением части этих проблем может стать реализация специализированной базовой онтологии

предприятия, изначально предназначенной для решения практических задач современного машиностроительного предприятия.

2. Понятия и принципы

В философии под онтологией понимается наука о сущем, о видах и структуре объектов, свойств, событий, процессов и отношений в различных предметных областях. Исследуя онтологию конкретного предприятия, можно говорить о задаче интеграции знаний на этом предприятии, как о высшей форме представления знания, и абсолютно недостижимой в силу ограниченности возможностей человека [1]. С учетом имеющихся программно-аппаратных ограничений, под онтологией в практическом смысле подразумевают формализацию и концептуализацию знаний в конкретной предметной области. Формализация знаний предполагает их классификацию. На сегодняшний день не существует общего мнения о том, какие базовые концепты должны составлять онтологию, однако большинство исследователей сходятся во мнении, что онтология должна состоять из классов сущностей предметной области, свойств этих классов, связей между этими классами и утверждений, построенных из этих классов, их свойств и связей между ними.

Онтологические подходы становятся все более популярными, расширяется сфера их применения – современные онтологические модели позволяют описывать нечеткие предметные области [2].

Существует два основных подхода к проектированию онтологии: восходящее и нисходящее проектирование [3]. Сущность восходящего проектирования заключается в последовательном описании предметной области, начиная с самых частных концептов, например, для машиностроительного предприятия это может быть описанием рабочего места токаря, с последующим объединением получающихся «мини-онтологий» в общую систему. Онтологии, получающиеся таким путем, являются узкоспециализированными и трудно применимыми в смежных предметных областях [4]. Нисходящее проектирование онтологий заключается в предварительном построении онтологии на высоком уровне абстракции, где бы описывались наиболее общие, базовые концепты, такие как «класс», «свойство класса», «отношение», общие для многих предметных областей, с последующим доопределением концептов по уже имеющейся классификации. Такие онтологии высокого уровня абстракции называют онтологиями верхнего уровня или «top level ontology» в зарубежной литературе [5].

Онтологии верхнего уровня представляют систему, в рамках которой различные системы могут использовать общую базу знаний, позволяя при этом объединять множество специализированных онтологий

более низкого уровня [6]. Концепты, определяемые такой онтологией, являются базовыми и универсальными для множества предметных областей, что позволяет обеспечивать целостность и непротиворечивость совокупной информационной системы [7]. Стандартные онтологии верхнего уровня иногда называют универсальными онтологиями [8].

На сегодняшний день создано множество онтологических систем верхнего уровня. Среди наиболее известных систем можно назвать SUMO, онтологию Sowa [9], Dolce [10], Clip [11] и ISO 15926-2 [12]. Вышеперечисленные онтологии объединяет возможность определения ключевых концептов через описание их поведения и сценариев использования. Затем эти концепты определяются на основании более общих концептов, заложенных в онтологии верхнего уровня [6]. Такой подход позволяет с одной стороны, избежать необходимости каждый раз «изобретать велосипед» при определении классов сущностей, а с другой предоставляет широкие возможности адаптации онтологии под конкретную задачу и в значительной мере упрощает её поддержку.

На рис. 1 представлена многоуровневая структура онтологии машиностроительного предприятия. Онтологии верхнего и нижнего уровней создаются экспертами в предметной области в тесном сотрудничестве со специалистами-онтологами, тогда как задача наполнения онтологии концептами нижнего уровня решается пользователями без привлечения дополнительных специалистов. На практике, наиболее хорошо зарекомендовавшим себя методом является наполнение онтологии через специально спроектированные формы-шаблоны, позволяющие человеку без навыков программирования или представлений о том, как устроена онтологическая база знаний, эффективно решать задачу её наполнения [11].

Нисходящее проектирование онтологий имеет ряд преимуществ, например, наличие общей онтологии верхнего уровня, позволяет легко обеспечивать интероперабельность между отдельными «дочерними» онтологиями в рамках общей системы понятий.

Для обеспечения и поддержания семантической интеграции информационных ресурсов предприятия используемая онтология должна соответствовать следующим основным принципам [13, 14]:

1. Принцип прозрачности: онтология, предназначенная для общего использования должна быть понятна для персонала, знакомого с принципами построения и работы онтологий, что обеспечивает поддерживаемость и развиваемость онтологической системы.

2. Принцип открытости: использование открытых стандартов значительно упрощает задачу системной интеграции программных комплексов предприятия.



Рис. 1. Структура онтологии машиностроительного предприятия

3. Принцип повторного использования доступных ресурсов: в случае наличия готовых онтологий для конкретных предметных областей (например, онтология склада готовой продукции, онтология инструментального цеха), эффективнее использовать проверенные готовые решения, чем создавать собственный продукт с дублирующим функционалом.

4. Принцип консистентности: онтология предприятия должна обеспечивать целостность, органическую взаимосвязанность и согласованность всех элементов информационной системы предприятия.

5. Принцип поддержки версионности продукции: некоторые виды наукоемкой машиностроительной продукции имеют различный элементный состав от изделия к изделию, что должно находить свое отражение в онтологии.

6. Принцип разумной достаточности: если определение не содержит полезной информации по применимости концепта, оно не должно использоваться.

С учетом вышесказанного можно сделать следующий вывод – онтология, претендующая на роль базовой онтологии машиностроения должна, с одной стороны, быть достаточно абстрактной для охвата всей потребной предметной области, с другой – быть в достаточной степени специализированной для машиностроения с целью снижения затрат и рисков при внедрении.

3. Семантическая сеть

Современные системы управления – это программные комплексы высочайшей сложности. Постоянный рост количества элементов таких систем заставил специалистов искать принципиально

новые подходы к автоматизированному управлению. Одним из наиболее перспективных стал зародившийся в 1980-х годах метод, получивший название многоагентный или мультиагентный подход. Сущность данного подхода заключается в переходе от централизованного управления «сверху» к самоорганизующейся системе, образованной несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами, как программными, так и живыми, для которых описаны их цели и правила взаимодействия. Под интеллектуальностью в этом случае понимается способность агентов обучаться и приспосабливаться.

Задачей онтологии в этом случае является обеспечение взаимодействия агентов, не обязательно оперирующих в рамках одной общей теории. Агент действует в рамках онтологии, если его наблюдаемые действия укладываются в классификацию этой онтологии. Таким образом, онтология определяет «словарь» общения между агентами. Онтологическое согласование может происходить на разных уровнях абстракции, то есть агенты, оперирующие в близких предметных областях, обмениваются более конкретными данными, тогда как слабосвязанные агенты при обмене оперируют сущностями типа «класс», «отношение» и т.п. Использование онтологий позволяет достичь согласованности между агентами, однако не гарантирует полноты описаний. Множественность онтологий реального мира в данном контексте обусловлена различиями внутренних интерпретаций предметных областей разными исследователями [15–16].

На сегодняшний день одной из наиболее перспективных форм концептуализации знаний признаны семантические сети, представляющие собой модель

предметной области в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги задают отношения между ними.

На рис. 2 в качестве примера описания информационной среды предметной области машиностроительного предприятия представлена общая схема взаимодействия между агентом заказа и агентами рабочих мест в системе внутрицехового планирования завода. Агент заказа содержит полную информацию о заказе, включая технологию, трудоемкость, стоимость и пр. Агент, выполняющий функцию рабочего, представляет собой онтологические свойства исполнителя, такие как разряд, специальность, загруженность и пр. Итогом взаимодействия агентов, обычно интерпретируемое в мультиагентных технологиях как матчнинг, является составленное расписание выполнения заказов.

Онтологические модели в силу своей природы, как правило, достаточно объемны. «Масштабный фактор» — возрастание сложности системы из-за увеличения количества связей между её частями — диктует необходимость в новых подходах к управлению сложными системами. Мультиагентный подход,

позволяет значительно сократить количество связей в системе, являясь одним из наиболее перспективных способов управления сложными распределенными системами.

Мультиагентный подход при создании интеллектуальных систем основывается на построении комплекса, состоящего из множества агентов. Таким образом, все управление системой осуществляется коллективом агентов, которые адаптируются под решение конкретной задачи.

Мультиагентные системы значительно отличаются от классических систем. В настоящее время основной акцент в разработке таких систем ставится на раздельной обработке и «социальном» поведении агентов. Интересной особенностью мультиагентной системы является возможность представления человека в качестве агента, что отрывает широкие возможности при постепенном переходе от операторов к компьютерным агентам.

Стоит отметить, что «агент» — более общее понятие, чем система или ее элементы. Это позволяет при необходимости представлять любую часть сложной системы в качестве агента. Представленная модель

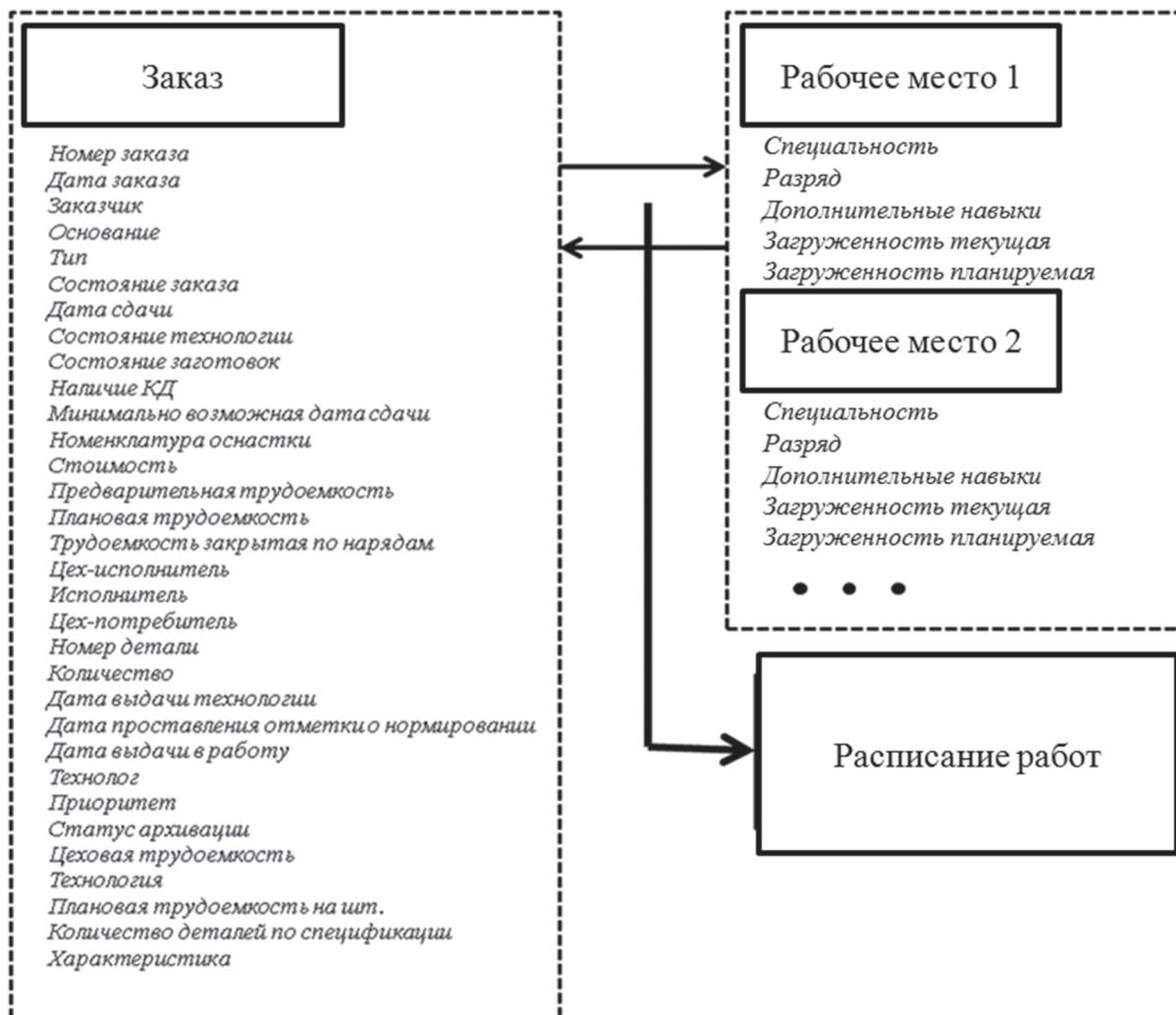


Рис. 2. Схема взаимодействия агентов

пригодна для машинной обработки, что значительно расширяет возможности её использования.

Агенты взаимодействуют между собой в рамках общей внутрицеховой онтологии, которая в свою очередь входит в более общую онтологию предприятия. Результатом работы системы является расписание работ внутри цеха, фрагмент которого приведен в табл. 1. Каждая деталь или сборочная единица (ДСЕ) имеет собственный набор необходимых операций, для которых важна последовательность. Для каждой операции необходимо найти исполнителя и обеспечить правильную технологическую последовательность операций при выполнении ряда условий, например, возможно равномерного распределения нагрузки для рабочих цеха.

Схема взаимодействия агентов приведена на рис. 2. Здесь заказ – более общее понятие, чем ДСЕ, так как один заказ может включать в себя несколько ДСЕ. Визуализация результата может быть выполнена в форме диаграммы Ганта, как показано на рис. 3.

Знания об объекте соотносятся не только с особенностями его взаимодействия со средствами наблюдения, но и с ценностно-целевыми структурами деятельности субъекта. Таким образом, можно вести речь о необходимости создания интерсубъективной теории [14], представляющей собой интеграционную платформу для достижения консенсуса

неоднородными агентами относительно способа регулирования проблемной ситуации. Включение человека, его онтологических свойств: восприятия, способностей, возможностей, мотивации и потребностей, в систему, в процесс управления предприятием, существенно расширяет потенциал возможностей самой системы.

Интерсубъективный подход в сочетании с мультиагентным формируют не только иные парадигмы взаимодействия сущностей в управлении предприятием, но соответственно иные критерии такого взаимодействия и сами модели, описывающие бизнес процессы.

Заключение

Переход к управлению на основе мультиагентных технологий, базирующийся на онтологическом подходе при описании предметной области, позволяет современному предприятию переходить к экономике реального времени, повышает эффективность использования ресурсов, снижает затраты времени. Реализация мультиагентных технологий поддерживает непрерывное планирование в реальном времени с немедленной реакцией на события, позволяет создать масштабируемую платформу для решения задач высокой сложности. Реализация интероперабельности агентов диктует необходимость в обеспечении

Таблица 1

Фрагмент расписания работ внутри цеха

Название	Номер	Исполнитель	Время начала	ДСЕ
Слесарная	1	Богатов Сергей Викторович	24.01.2013 6:25	74774/113[Приспособление]
Фрезерная	6	Лукшина Надежда Альбертовна	24.01.2013 9:50	74774/113[Приспособление]
Токарная	11	Беребердин Михаил Иванович	24.01.2013 12:20	74774/113[Приспособление]
Слесарная	15	Ерофеев Геннадий Викторович	24.01.2013 15:50	74774/113[Приспособление]
Контроль	15	Сергеев Виктор Борисович	24.01.2013 18:10	74774/113[Приспособление]

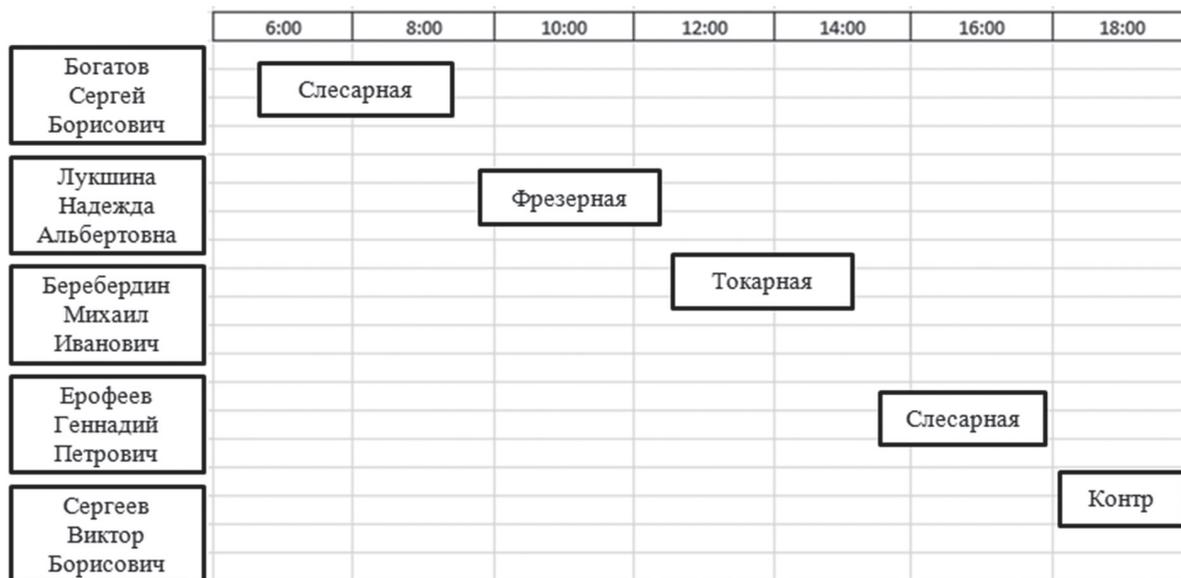


Рис. 3. Фрагмент цехового расписания в форме диаграммы Ганта

связанности онтологий их деятельности, что может быть достигнуто в рамках специализированной онтологии верхнего уровня для машиностроительной отрасли. Создание подобных сущностных прикладных моделей позволяет повысить прозрачность принятия решения и ответственность за их исполнения, а также в значительной мере упростить сами задачи ситуационного управления и планирования на предприятии.

Список литературы

- [1] *Mead, G. H.* The individual and the social self: Unpublished work of George Herbert Mead (D. L. Miller, Ed.). Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- [2] *Потапова Е.В.* Модель лингвистической онтологии предметной области с нечеткими семантическими состояниями терминов /Е.В. Потапова// Бионика интеллекта 2012 №2 (79). С. 95-102
- [3] Building the Semantic Web for the Process Industries using RDF, OWL, and SPARQL for the Integration, Sharing, Exchange, and Hand-over of Plant Lifecycle Information on the basis of ISO 15926.: An all-in explanation of ISO 15926, from data model to implementation.
- [4] *Yang, A.* and W. Marquardt, 2004, An Ontology-based Approach to Conceptual Process Modelling. Proceedings of ESCAPE-14, Portugal.
- [5] *N. Casellas, M. Blázquez,* OPJK into PROTON: Legal domain ontology integration into an upperlevel ontology. Proceedings of the 3rd International Workshop on Regulatory Ontologies (WORM 2005), volume 3762 of Lecture Notes in Computer Science, pages 846–855. Springer, 2005.
- [6] *G. Nagypál* and J. Lemcke. A business data ontology. Data, Information and Process Integration with Semantic Web Services Project, FP6 U 507483, Deliverable D3.3, 2005.
- [7] *A. Abdulaev.* Reality, Universal Ontology and Knowledge Systems: Toward the Intelligent World, 2008. 306 p.
- [8] Jan SCHEFFCZYK, Adam PEASE, Michael ELLSWORTH. Linking FrameNet to the Suggested Upper Merged Ontology, 2008.
- [9] *Sowa, J.,* 2000, Knowledge Representation: logical, philosophical, and computational foundations. Brooks/Cole
- [10] *Gangemi A., N. Guarino, C. Masolo, A. Oltramari, L. Schneider,* 2000, Sweetening Ontologies with DOLCE. Proceedings of EKAW 2002. Spain
- [11] ISO 15926-2, 2003, ISO-15926:2003 Integration of lifecycle data for process plant including oil and gas production facilities: Part 2 – Data model.
- [12] *Smith B.,* Against idiosyncrasy in Ontology Development. B. Bennett and C. Fellbaum (Eds.), Formal Ontology and Information Systems, (FOIS 2006)
- [13] *Шведин Б.Я.* Онтология предприятия: экспириентологический подход. М.: ЛЕНАНД, 2010. 240 с.
- [14] *Скобелев П.О.* Онтология деятельности для ситуационного управления предприятием [Текст] научный журнал «Онтология проектирования» №1, 2012, с. 7 – 38.
- [15] *Виттих В.А.* Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // Онтология проектирования. 2012. №2(3), с.7-15.
- [16] *Ловзун О.І.,* Козел Н.Б., Каратаев О.А., Четвериков Г.Г. Концепції організації інформаційно-інтелектуальних технологій та інтелектуальної підтримки суспільно-економічних процесів: *k*-значні засоби. Частина 2// Бионика интеллекта. № 2(95), 2020, с. 51-62.

Поступила в редколлегию 10.11.2021