

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ

О.В. Баюк, И.О. Лозикова

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В статье рассмотрены актуальные вопросы онтологического моделирования базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решения (СППР) по выбору индивидуальной образовательной траектории.

Цель работы – разработка онтологической модели базы знаний системы поддержки принятия решения для построения индивидуальной образовательной траектории обучающегося. Предметом исследования является онтологическое моделирование процесса построения индивидуальной образовательной траектории.

Актуальность работы обусловлена индивидуализацией образовательного процесса, который предлагается осуществлять по индивидуальным образовательным траекториям (ИОТ). При построении ИОТ большая роль отводится самостоятельному выбору и принятию решения обучающимся, где необходимо ясно видеть возможный результат своего выбора. Система построения сценариев выбора ИОТ или Система поддержки принятия решения (СППР, Decision Support System, DSS) является интеллектуальной системой, ядром которой будет база знаний на основе онтологической модели.

Представлены методологические и технологические аспекты моделирования онтологии базы знаний предметной области индивидуальных образовательных траекторий, применение современных программных средств и стандартов разработки онтологических моделей. Описан метод и технология онтологического моделирования, представлены основные технологические стандарты и их теоретические основания, а также основные процессы методики проектирования.

Дано описание предметной области онтологической модели, подход к построению модели базы знаний индивидуальной образовательной траектории, где сформулированы целевые вопросы данной онтологии для определения её масштаба и компетентности. Представлен последовательный процесс онтологического моделирования знаний описанной предметной области. Разработаны правила логического вывода для проверки компетентности онтологической модели и представлены результаты логических вычислений. Представлен выбор семантических технологий для разработки СППР.

В заключение сделаны выводы о преимуществах онтологического подхода к разработке базы знаний системы поддержки принятия решения по выбору индивидуальной образовательной траектории и о программной архитектуре реализации данной системы.

Ключевые слова: онтология, база знаний, правила логического вывода, семантические технологии, индивидуальная образовательная траектория.

ВВЕДЕНИЕ

В контексте глобальных образовательных тенденций происходит изменение процесса обучения. Массовый характер образования и его непрерывность, ориентация обучения на личность обучающегося, обеспечение возможностей ее самораскрытия, ставят задачу организации образовательного процесса по **индивидуальным образовательным траекториям (ИОТ)**.

При построении ИОТ большая роль отводится самостоятельному выбору и принятию решения обучающимся, для этого ему необходимо видеть возможный результат своего выбора. Система построения сценариев выбора ИОТ или Система поддержки принятия решения (СППР, Decision Support System, DSS) является интеллектуальной системой, ядром которой будет база знаний.

Онтологическое моделирование баз знаний и применение его для разработки интеллектуальных прикладных систем представлен в научных исследованиях и публикациях Т. Бернерс-Ли, Т. А.

Гавриловой, Н. В. Лукашевич, В. Ф. Хорошевского, П. Р. Варшавского, А. П. Еремеева, С. В. Горшкова [1-3]. Российские ученые разрабатывают разнообразные онтологические модели в предметных областях медицины, образования, агротехнологий, химии, биологии, генетики.

Онтологический подход к моделированию строит формальное описание знаний предметной области и логические отношения между ними, применяя семантические технологии. Семантические технологии как технологии работы со смыслом информации, предоставляют инструменты моделирования и реализации баз знаний. В результате использования семантических технологий создается семантическая сеть (Semantic Web) как модель представления знаний области предмета и методы обработки знаний в виде правил логического вывода. Технологическими стандартами разработки семантических моделей являются формальные системы RDF, RDFS, OWL и SWRL. Языки RDF (Resource Description Framework) и RDFS (RDF Schema) формально описывают факты об объектах,

классах и свойствах предметной области. Язык OWL (Web Ontology Language) описывает отношения классов и свойств на языке дескрипционной логики с использованием синтаксиса XML. SWRL (Semantic Web Rule Language) – это язык описания правил логического вывода на OWL онтологии.

Теоретической базой вопросов извлечения знаний являются научные достижения дескрипционной логики (описательной логики), а вычислительные возможности основаны на разработанных программных автоматах — машинах логического вывода (reasoners), которые позволяют автоматизировано выводить знания из онтологий и производить другие операции с онтологиями [3].

Состав описываемых онтологией знаний можно разделить на набор терминологических (terminology) аксиом TBox и набор утверждений (assertions) об индивидах ABox. Полный состав онтологической модели [1]:

- набор аксиом TBox – это концепты и роли, сущности, классы, свойства которые модель структурируют;

- набор утверждений ABox - это индивиды модели, объекты классов, экземпляры сущностей и значения конкретных свойств конкретных индивидуальных объектов, конкретные связи между ними;

- набор правил получения логических выводов на множестве утверждений.

Онтологическая модель в полном составе образует базу знаний.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Предметная область онтологии СППР выбора ИОТ – образовательная программа профессионального стандарта по направлению. Данная онтология будет использована для разработки приложения, которое будет помогать обучающемуся строить индивидуальную образовательную траекторию.

Индивидуальную образовательную траекторию можно рассматривать с технологической точки зрения как образовательную программу или модель пути достижения образовательного стандарта, когда выбор пути реализации стандарта зависит от индивидуальных особенностей конкретного обучающегося (Студент) [4]. В данной онтологии простейшее представление индивидуальной образовательной траектории (Траектория) — это перечень дисциплин (Дисциплина), согласно индивидуальному выбору обучающегося, для формирования индивидуальных универсальных, общепрофессиональных, профессиональных компетенций (Компетенция) соответственно целевому профессиональному стандарту (ПС) направления/специальности (Специальность). Это будет набор дисциплин и соответствующих им компетенций профессионального стандарта

специальности, которую в итоге получит обучающийся.

ИОТ состоит из обязательных и вариативных дисциплин образовательной программы. Обязательная часть (ядро направления) включает базовые для изучения модули/дисциплины, которые соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта и составляют основную, инвариантную часть ИОТ обучающегося. Вариативные или элективные модули/дисциплины обучающиеся выбирают в соответствии с их интересом к профессиональному развитию по направлению и/или специальности.

При создании онтологической модели важно на начальном этапе определить границы и масштаб ее предметной области. Для этого необходимо составить список целевых вопросов для тестирования компетентности онтологической модели [5]. Список целевых вопросов разрабатываемой онтологии:

- При выборе в текущем Семестре этой Дисциплины как изменится список результирующих Специальностей индивидуальной Траектории?

- Траектория Специальности какие *содержит* Дисциплины (базовые, элективные)?

- Какие Компетенции (универсальные, общепрофессиональные, профессиональные) *формируют* выбранную Специальность?

- Текущий список Дисциплин индивидуальной Траектории Студента ведет к получению какого списка Специальностей?

- Если Студент выбрал эту Дисциплину, то какие индивидуальные Компетенции он *вырабатывает/формирует*?

- Какие Компетенции *приобретает* Студент по результатам текущей индивидуальной Траектории?

- Какие Компетенции, в каких Дисциплинах Студенту необходимо получить, чтобы результатом была заданная Специальность?

Инструментом онтологического моделирования будет среда разработки семантических приложений Protégé 5.5.0, которая является редактором онтологий и платформой для разработки баз знаний. Редактор работает с языками RDF, RDFS, OWL, SWRL, языком запросов SPARQL и предоставляет полный набор возможностей для покрытия всего жизненного цикла разработки.

Основным способом формализации информации является шаблон «триплет». Синтаксическое представление триплета – это структура, которая состоит из подлежащего (сущность - Entitie), сказуемого (свойство, предикат) и дополнения. Дополнением является конкретное значение (числовое, строковое) или другая сущность.

1. Определение основных классов сущностей и их свойств - TBox

Выделим основные сущности предметной области – классы, выстроенные иерархически:

- Дисциплина
 - Базовая дисциплина
 - Элективная дисциплина
- Компетенция
 - Универсальная компетенция
 - Общепрофессиональная компетенция
 - Профессиональная компетенция
- Специальность
- Студент
- Траектория

После создания классов необходимо установить отношения между классами для ответов на целевые вопросы онтологии. Свойства – отношения:

- Студент *стремится* к Специальности
 - Студент *строит* Траекторию
 - Студент *выбирает* Дисциплину
 - Студент *приобретает* Компетенцию
 - Траектория *содержит* Дисциплину
 - Дисциплина *вырабатывает* Компетенцию
 - Траектория *ведет* к Специальности
 - Компетенция *формирует* Специальность
- На рис. 1 представлена модель TBox.

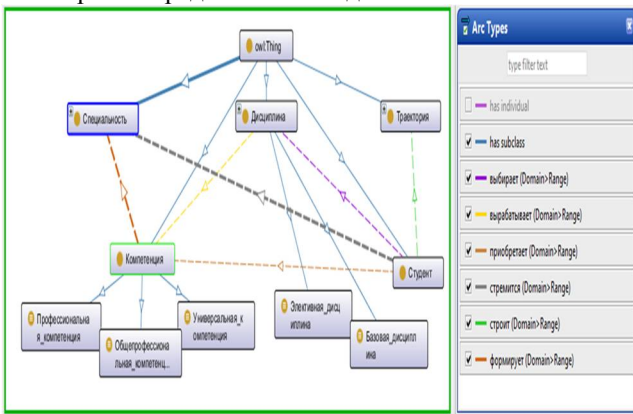


Рис. 1. Модель TBox

Добавим Свойства – данные в модель:

- Студент – ФИО, номер зачетной книжки для идентификации студента
- Компетенция – относится к категории – универсальная, общепрофессиональная, профессиональная
- Дисциплина – изучают в семестре, задает последовательность изучения дисциплин
- Дисциплина – является базовой или элективной (вариативной), соответствует составным частям учебного плана
- Специальность – имеет код Профессионального стандарта (ПС)

2. Определение индивидуальных экземпляров классов - ABox

В модель добавим индивидуальные экземпляры – индивиды - для идентифицированных классов (рис.2).

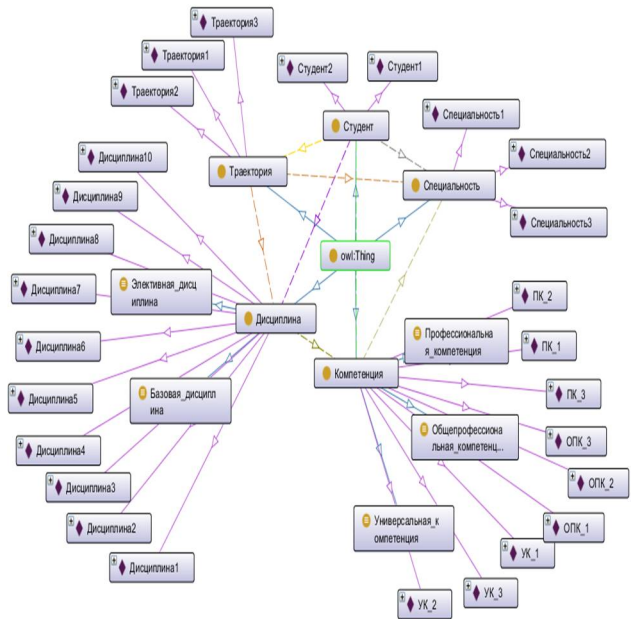


Рис. 2. Модель ABox

Для класса Специальность создадим экземпляры Специальность1-Специальность3. Каждый экземпляр обладает свойством «имеет код», соответствующий коду Профессионального стандарта.

Для класса Компетенция создадим 9 компетенций, каждой категории компетенции по 3 индивида (рис.2). Каждая категория компетенции формирует определенную Специальность, поэтому каждой компетенции определим свойство «формирует». Добавим Свойство-данное «относится», с помощью которого определим компетенцию в соответствующий подкласс (рис.3).

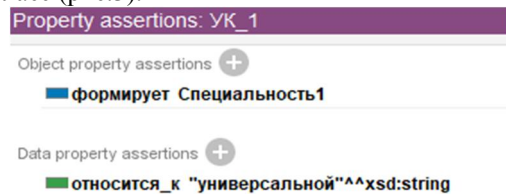


Рис. 3. Свойства для индивида УК_1

Для класса Дисциплина создадим экземпляры Дисциплина1 - Дисциплина10 (рис.2), где в свойствах укажем, какие Компетенции вырабатывает Дисциплина. Пусть Дисциплины1-4 являются базовыми, а Дисциплины5-10 – элективными,

Для класса Траектория создадим индивиды Траектория1-Траектория3 (рис.2). Каждый индивид данного класса должен обязательно содержать свойство «содержит» (см. рис.4) и «ведет», с помощью которых получим ответы на целевые вопросы.



Рис. 4. Свойства для индивида Траектория1

Для класса Студент создадим индивиды Студент1-Студент2 (см. рис.2). Каждый индивид данного класса содержит такие свойства, как «выбирает» дисциплину, «номер зачетной книжки» и «ФИО».

3. Определение правил вывода онтологии

Правила логического вывода должны отвечать на целевые вопросы онтологии. Для формирования правил использовался язык SWRL, а запросы построены с помощью языка SPARQL.

Правила логического вывода для разрабатываемой онтологии сформированы следующие:

- Правило вывода траектории, по которой двигается студент, выбирая необходимые ему дисциплины:

выбирает(? x, ? y) & содержит(? z, ? y)
→ строит(? x, ? z)

- Правило вывода специальности, к которой студент стремится на протяжении всего периода обучения:

выбирает(? x, ? y) & содержит(? z, ? y)
& ведет(? z, ? t) → стремится(? x, ? t)

- Правило вывода компетенции, которые получит студент после изучения дисциплины:

Студент(? x) & Дисциплина(? y)
& Компетенция(? z) & выбирает(? x, ? y) &
& содержит(? z, ? y) & вырабатывает(? y, ? z)
→ приобретает(? x, ? z)

Запрос для вывода Компетенций и Дисциплин, необходимых для достижения заданной Специальности. Запрос реализован на языке SPARQL (рис.5).

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX learning: <http://www.semanticweb.org/dm/ontologies/2021/2/untitled-ontology-8#>
SELECT ?x ?y ?k
WHERE {
    ?z learning:ведет ?x.
    ?z learning:содержит ?y.
    ?y learning:вырабатывает ?k.
    ?x rdf:type learning:Специальность;
    learning:имеет_код ?propertyValue
    FILTER(?propertyValue = 1).
}
```

Рис. 5. Запрос для вывода требующих компетенции и дисциплин для определенной Специальности

В Protégé имеется встроенный решатель Pellet, который на основе заданных правил делает

определенные выводы.

Пусть Студент2 выбирает Дисциплину1, которая является базовой и после ее изучения студент должен приобрести Компетенцию УК_1. Так как дисциплина является базовой и входит в Траектории1-3, следовательно, получим результат, где Студент может обучаться по этим трем траекториям и стремится к соответствующим специальностям (рис.6).



Рис. 6. Получившиеся траектории Студента2

Допустим, что Студент2 приступает к выбору элективных дисциплин. Пусть Студент2 выбирает Дисциплину5, так как Дисциплина5 входит только в перечень дисциплин образовательной Траектории1, то мы должны получить соответствующий результат (рис.7).



Рис. 7. Обновленная траектория Студента2

Студент2 изменил свой выбор на Дисциплину9, которая по условию входит в Траекторию3. Измененная траектория представлена рис.8.

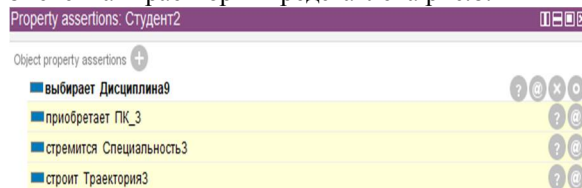


Рис. 8. Смена траектории Студентом2

Работу запроса о том, какие компетенции и дисциплины Студенту нужно выбрать, чтобы в результате выйти на заданную Специальность. Студент хочет двигаться по Специальности1(рис. 9).

x	y	k
Специальность1	Дисциплина6	ОПК_1
Специальность1	Дисциплина5	ПК_1
Специальность1	Дисциплина4	УК_2
Специальность1	Дисциплина3	УК_3
Специальность1	Дисциплина2	УК_2
Специальность1	Дисциплина1	УК_1

Рис. 9. Результат работы запроса

Реализация онтологии и оценка её компетентности происходит для ядра направления ИВТ (09.00.00), фрагменты реализации модели представлены на рис. 10-12.

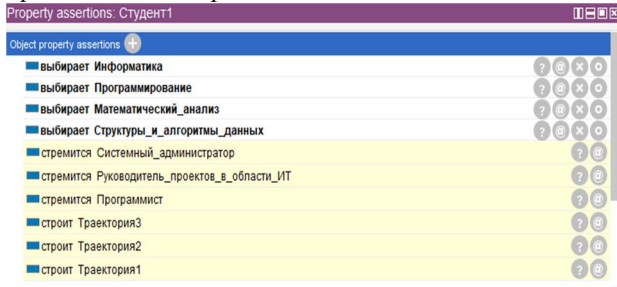


Рис. 10. Фрагмент ядра направления

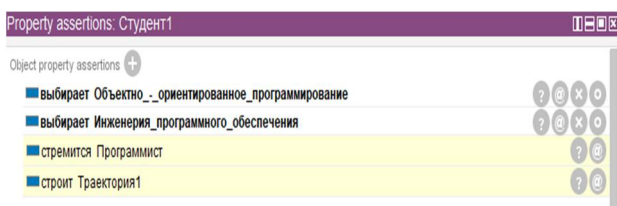


Рис. 11. Результирующая траектория Студента1

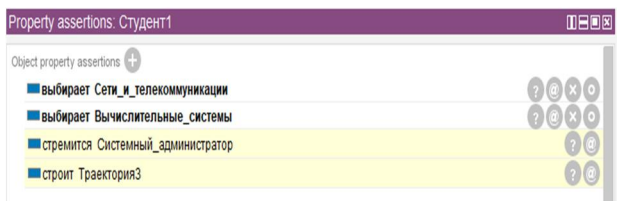


Рис. 12. Обновленная результирующая траектория Студента1

Технологии, применяемые для разработки системы поддержки принятия решения (СППР) представлены на рис. 13.

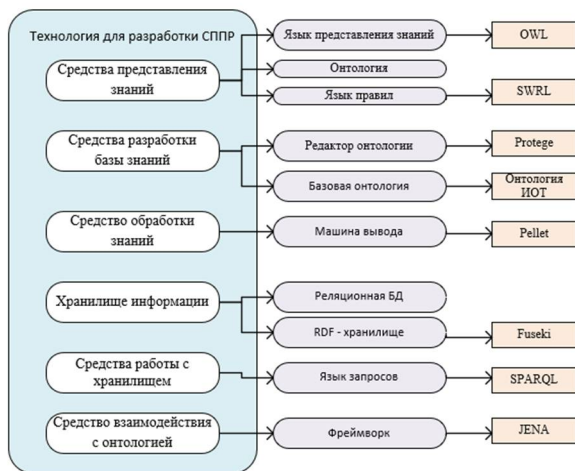


Рис.13 Технологии, применяемые для разработки СППР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Простейшая модель онтологии в общем виде разработана с целью демонстрации возможностей онтологического подхода к разработке базы знаний

СППР для выбора ИОТ. Данной онтологии требуется развитие модели знаний предметной области, моделирование контроля индикаторов достижения заданного уровня компетенций в дисциплине, моделирование коррекции индивидуальной траектории и др. Тем не менее, эта модель демонстрирует следующие преимущества онтологического подхода к разработке:

- использование в модели терминов предметной области и логических рассуждений, понятных пользователям, экспертам и разработчикам, что позволяет легко имитировать и формализовать отдельные фрагменты наших когнитивных способностей.

- добавляя новые факты и правила в онтологию, легко масштабировать и изменять систему, расширяя границы представленных знаний и правил логического вывода.

Общая архитектура построения такой системы предполагает, что СППР – это интегрированное приложение корпоративной информационной системы образовательного учреждения, а программная реализации СППР может быть Web-приложением, мобильным приложением и др.

Сочетание технологий онтологического моделирования с возможностями быстрой обработки огромных объемов информации программным приложением делает онтологический подход эффективным методом разработки системы поддержки принятия решений в области индивидуальных образовательных траекторий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Онтологическое моделирование предприятий: методы и технологии: монография [Текст] / С.В. Горшков, С. С. Кралин, О. И. Муштак, С.З. Гумеров, М. Г. Мирошниченко, А. Ю. Гребешков, Р. Ю. Шебалов; ред. С. В. Горшкова – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 236 с.
2. Berners-Lee T. The Semantic Web / T. Berners-Lee, J. Handler, O. Lassila. // Scientific American, May 2001 - pp. 34–43
3. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications /Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah L. McGuinness, Daniele Nardi, Peter F. Patel-Schneider - 2nd Edition - Cambridge University Press, 2010 - 624 с.
4. Гончарова Е.В., Чумичева Р.М. Организация индивидуальной образовательной траектории обучения бакалавров [Текст] / Е.В. Гончарова, Р.М. Чумичева // Вестник Нижневартовского университета. - 2012., №2. - С. 3-11.
5. Noy Natalya F., McGuinness Deborah L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology / Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness // https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf

Баюк Ольга Васильевна – доцент кафедры Кибернетических систем, Тюменского индустриального университета института геологии и нефтегазодобычи, ТИУ ИГуН, тел. (3254),283018, e-mail: bayuk_o@mail.ru.

Лозикова Инна Олеговна – старший преподаватель кафедры Кибернетических систем, Тюменского индустриального университета института геологии и нефтегазодобычи, ТИУ ИГуН, тел.(3254),283018, e-mail: lozikovaio@tyuiu.ru

AN ONTOLOGICAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A KNOWLEDGE BASE OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CHOOSING AN INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY

O.V. Bayuk, I.O. Lozikova
Industrial University of Tyumen, Tyumen

The article deals with topical issues of ontological modeling of the knowledge base of the intelligent decision support system (DSS) for the choice of an individual educational trajectory.

The purpose of the work is to develop an ontological model of the knowledge base of the decision support system for building an individual educational trajectory of a student. The subject of the research is the ontological modeling of the process of building an individual educational trajectory.

The relevance of the work is due to the individualization of the educational process, which is proposed to be carried out according to individual educational trajectories (IOT). When building an IOT, a large role is assigned to the independent choice and decision-making of students, where it is necessary to clearly see the possible result of their choice. The system for constructing IOT selection scenarios or the Decision Support System (DSS, Decision Support System, DSS) is an intelligent system, the core of which will be a knowledge base based on an ontological model.

Methodological and technological aspects of modeling the ontology of the knowledge base of the subject area of individual educational trajectories, the use of modern software tools and standards for the development of ontological models are presented. The method and technology of ontological modeling are described, the main technical standards and their theoretical foundations are presented, as well as the main processes of the design methodology.

The article describes the subject area of the ontological model, an approach to building a knowledge base model of an individual educational trajectory, where the target questions of this ontology are formulated to determine its scale and competence. A sequential process of ontological modeling of knowledge of the described subject area is presented. The rules of logical inference for checking the competence of the ontological model are developed and the results of logical calculations are presented. The choice of semantic technologies for the development of DSS is presented.

In conclusion, conclusions are made about the advantages of the ontological approach to the development of the knowledge base of the decision support system for choosing an individual educational trajectory and about the software architecture of the implementation of this system.

Index terms: ontology, knowledge base, rules of logical inference, semantic technologies, individual educational trajectory.

REFERENCES

1. Gorshkov S. V., Kralin S. S., Mushtak O. I., Gumerov S. Z., Miroshnichenko M. G., Grebeshkov A. YU., SHEbalov R. YU. Ontologicheskoe modelirovanie predpriyatij: metody i tekhnologii [Ontological modeling of enterprises: methods and technologies]: monografiya. Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2019, 236 p. (In Russian.)
2. Berners-Lee T., Handler J., Lassila O. The Semantic Web. Scientific American, May 2001, pp. 34–43
3. Baader Franz, Calvanese Diego, McGuinness Deborah L., Nardi Daniele, Patel-Schneider Peter F. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications, 2nd Edition. Cambridge University Press, 2010, 624 p.
4. Goncharova E.V., CHumicheva R.M. Organizaciya individual'noj obrazovatel'noj traektorii obucheniya bakalavrov [Organization of individual educational trajectory of bachelor's education]. Vestnik Nizhnevartovskogo universiteta. - Bulletin of the Nizhnevartovsk University. 2012, no 2, p. 3-11.
5. Noy Natalya F., McGuinness Deborah L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Available at: https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf

Bayuk Olga Vasilevna – Candidate of Sciences (Technical), Docent of the Department of Cybernetic Systems, Industrial University of Tyumen, (3254)283018, e-mail: bayuk_o@mail.ru.

Lozikova Inna Olegovna – Senior Lecturer of the Department of Cybernetic Systems, Industrial University of Tyumen, (3254)283018, e-mail: lozikovaio@tyuiu.ru.