

## СИТУАЦИОННОЕ МЕТАМОДЕЛИРОВАНИЕ

**Цветков Виктор Яковлевич<sup>1</sup>,**

*доктор технических наук, профессор,  
e-mail: cvj2@mail.ru,*

**Титов Евгений Константинович<sup>2</sup>,**

*e-mail: sergejs.tit@yandex.ru,*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС). АО «НИИАС», г. Москва, Россия,

<sup>2</sup>Компания: ООО «Функция ИТ», г. Белгород, Россия

*Статья исследует мета моделирование и ситуационное мета моделирование в информационном поле. Она вводит новое понятие «ситуационное мета моделирование». Показан механизм трансформации объектов и ситуаций в информационное поле. Показаны различия между моделью объекта и моделью информационной ситуации, между мета моделью объекта и мета моделью информационной ситуации, сходство и различие между мета моделью и моделью информационной конструкции в информационном поле. Мета модель информационной ситуации является наиболее информативной по сравнению с перечисленными моделями и мета моделями. Ситуационное мета моделирование на основе информационного морфизма преобразует совокупности параметров моделей в функциональные зависимости мета модели. Это главное преимущество мета моделирования. Ситуационное мета моделирование позволяет строить функцию латентных параметров и на этой основе выявляет неявное знание. Статья показывает, что объединяющим фактором между моделями и мета моделями являются информационные единицы. Информационные единицы есть элементы информационного поля. Ситуационное мета моделирование дает возможность выявлять закономерности информационного поля. Закономерности информационного поля позволяют выявлять закономерности внешней среды. Ситуационное мета моделирование есть инструмент познания и получения новых знаний.*

**Ключевые слова:** ситуационное мета моделирование, информационное поле, информационная модель, информационная ситуация

## SITUATIONAL METAMODELING

**Tsvetkov V.Ya.<sup>1</sup>,**

*D.Sc. in Technology, Prof.,  
e-mail: cvj2@mail.ru,*

**Titov E.K.<sup>2</sup>,**

*e-mail: sergejs.tit@yandex.ru,*

<sup>1</sup>Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow, Russia,

<sup>2</sup>Company: IT Function LLC, Belgorod, Russia

*The article explores metamodeling and situational metamodeling in the information field. It introduces a new concept of situational metamodeling. It shows the mechanism of object and situations transforming into an information field. It also shows the difference between an object model and an information situation model and between an object metamodel and an information situation metamodel. The author shows similarities and differences between a metamodel and an information structure model in an information field. An information situation metamodel is the most informative in comparison with the listed models and metamodels. Situational metamodeling based on information morphism transforms sets of model parameters into functional dependencies of the metamodel, which is the main benefit of metamodeling. Situational metamodeling allows us to draw the function of latent parameters and on this*

*basis reveals implicit knowledge. The article shows information units as the unifying factor between models and metamodels. Information units are elements of the information field. Situational metamodeling makes it possible to identify the patterns of the information field. The patterns of an information field make it possible to identify patterns of the external environment. Situational metamodeling is a tool for learning and gaining new knowledge.*

**Keywords:** situational metamodeling, information field, information model, information situation

DOI 10.21777/2500-2112-2021-3-72-79

## Введение

Модель информационной ситуации [1] достаточно широко применяют в управлении [2] и информационном моделировании [3]. Содержательно информационную ситуацию рассматривают как объединенную часть информационного пространства и информационного поля [4]. Формально информационная ситуация – это вид информационной модели, которая включает либо объект исследования и его окружение, либо совокупность объектов и их окружение. Применение информационной ситуации продиктовано необходимостью причинно-следственного анализа и более полного изучения объекта исследования. Существует направление ситуационного управления и ситуационного моделирования. В информационном поле существует множество моделей, из которых, применительно к метамоделированию, следует выделить модель информационной конструкции [5; 6]. Информационная конструкция – это модель, в которой главным аспектом являются концепции и она используется как инструмент обобщения и построения обобщенных схем. Обычная информационная модель – это модель, в которой главным аспектом является параметрическое отображение объекта с его внутренней структурой и связями. Отсюда следует, что обычное информационное моделирование связано с моделированием прикладных параметров объекта. Модель объекта включает общие и прикладные параметры. Общие параметры – это параметры модели безотносительно к ее применению в предметной области. Общие параметры объекта входят в информационную конструкцию. Метамоделирование [7] связано с моделированием концепций и общих параметров. Исследование ситуационного моделирования с использованием метамodelей не исследовано, поэтому тематика данной статьи является актуальной.

## Преобразования из реального поля в информационное поле

В современном информационном моделировании применяют понятие информационного поля и информационного пространства [4]. Поле является содержанием пространства. Метамоделирование и информационное моделирование основано на переходе от реального поля и пространства в информационное поле. Такой переход позволяет отразить объекты реальности в информационном поле. Мир есть система систем, для него характерна внутренняя вложенность и структурирование. На рисунке 1 дан фрагмент структурированности внешней среды с включением в нее информационной ситуации, объекта и его частей.

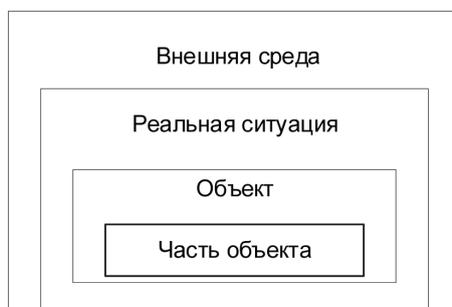


Рисунок 1 – Структурированность среды и ситуации

На рисунке 1 приведены внешняя среда (EE), реальная ситуация (RS), реальный объект (O) и части объекта (PO). Между ними существуют отношения:

$$RS \subset EE;$$

$$O \subset RS;$$

$$PO \subset O.$$

При переходе от реального поля и пространства в информационное поле реальность заменяется на информационные объекты и модели, что показано на рисунке 2. При этом внутренняя вложенность сохраняется.



Рисунок 2 – Информационные объекты и модели при переходе в информационное поле

На рисунке 2 приведены информационное поле (IF), информационная ситуация (IS), информационная модель (IM) и части информационной модели (PIM). Между ними существуют отношения

$$IS \subset IF;$$

$$IM \subset IS;$$

$$PIM \subset IM.$$

Если использовать понятие морфизма [8], то можно построить схему-аналог коммутативной диаграммы [9], что показано на рисунке 3.

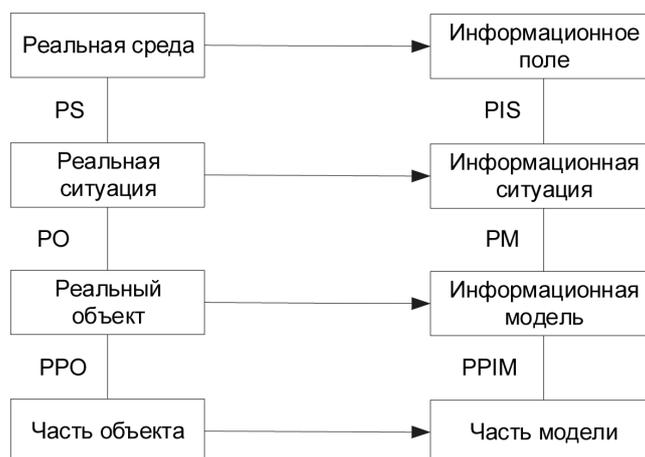


Рисунок 3 – Информационный морфизм преобразований из реального пространства в информационное поле

Между объектами диаграммы существуют следующие связи по параметрам: PS – параметры ситуации; PO – параметры реального объекта; PPO – параметры частей объекта; PIS – параметры информационной ситуации; PM – параметры информационной модели; PIM – параметры частей информационной модели. Используя отношение следования можно отобразить процессы морфизма на рисунке 3 следующими отношениями:

$$\begin{aligned} RS &\rightarrow IS; \\ O &\rightarrow IM; \\ PO &\rightarrow PPIM. \end{aligned}$$

### Информационное конструирование и метамоделирование

Информационное конструирование, по существу, есть концептуальное моделирование [10]. Результатом этого моделирования является информационная конструкция [5; 11] как абстрактная модель. Информационное конструирование работает с абстрактными моделями. Метамоделирование в информационном поле обобщает информационные модели. Результатом информационного моделирования является информационная модель. Результатом метамоделирования является метамодел [12; 13].

Применяют два метода построения метамодел. В первом методе метамодел формируется как результат обобщения фактофиксирующих моделей объекта. В этом методе метамодел формируют на основе обобщения реальности. Этот метод можно сравнить с получением снимков реальности и обобщением информации на этих снимках. Во втором методе метамодел формируется как обобщенная информационная конструкция, из которой формируют частные информационные модели. Обобщение фактофиксирующих моделей может приводить к выявлению и извлечению неявного знания [14; 15; 16]. Целью такой метамодел является описание реальности в концептуальных и абстрактных терминах. В данном методе метамодел строится не как обобщение реальности, а как обобщение информационных моделей, отражающих эту реальность. Она включает закономерности отражения и построения моделей. Целью такой метамодел является описание закономерностей, правил, последовательностей и законов. В итоге такие метамодел способствуют созданию теории и формированию новых знаний [13].

Современное метамоделирование является многоуровневым [17]. Оно также основано на применении логических последовательностей [18].

### Метамодел информационной ситуации

В структурном анализе и в теории искусственного интеллекта часто исследуют объекты и ситуации. В теории моделирования отдельные объекты используют только для построения моделей. Моделирование ситуаций используют мало, поскольку оно является более сложным. Основная причина в том, что объект и система имеют четкие границы, которые не меняются с течением времени. Ситуация имеет расплывчатые границы, которые меняются с течением времени. Информационная ситуация имеет достаточно простое описание вида

$$IS = F(O_1, O_2, \dots, O_N, Re, Con). \quad (1)$$

В (1) IS – информационная ситуация;  $(O_1; O_2, \dots, O_N)$  – объекты в информационной ситуации; Re – отношения между объектами; Con – связи между объектами.

Объект и система имеют устойчивые связи, которые не меняются с течением времени. Расплывчатость границ информационной ситуации обусловлена неустойчивостью связей и переменчивостью отношений между объектами в данной ситуации. Объекты могут появляться и исчезать. Ярким примером может служить ситуация вокруг железнодорожного состава при его движении. По мере движения поезда окружающая его ситуация меняется.

Разновидностью информационных ситуаций, как в приведенном примере с поездом, являются информационные пространственные ситуации [19]. Часть территории земной поверхности всегда описывается моделью пространственной информационной ситуации. Метамодел информационной ситуации строится как постфиксная метамодел вида

$$(IS_1, IS_2, IS_3, \dots, IS_n) \rightarrow MMIS. \quad (2)$$

В (2)  $(IS_1, IS_2, IS_3, \dots, IS_n)$  – совокупность связанных информационных ситуаций; MMIS – метамодел информационных ситуаций.

В качестве примера можно рассмотреть геотехнический мониторинг за деформациями инженерного объекта. Мониторинг за деформациями представляет собой циклические процедуры наблюдения за состоянием объекта с помощью геодезических приборов. Каждый цикл наблюдения можно рассматривать как пространственную информационную ситуацию. По совокупности ситуаций получают метамоделю состояний, которая содержит неявное знание о состоянии объекта:

$$MMIS(t) = F2(IS1(P(i), t_i), IS2(P(t_{i+1})), ISn(P(t_{n-1}))) = F3(P(t), Tkn). \quad (3)$$

С помощью метамоделю (3) переводят неявное знание  $Tkn$  в явное  $Exkn$ , что отражает выражение

$$F3(P(t), Tkn) \rightarrow [F4(t), Exkn]. \quad (4)$$

Для того чтобы оценить преимущества метамоделю информационной ситуации, необходимо рассмотреть метамоделю объектов, которая приведена на рисунке 4.

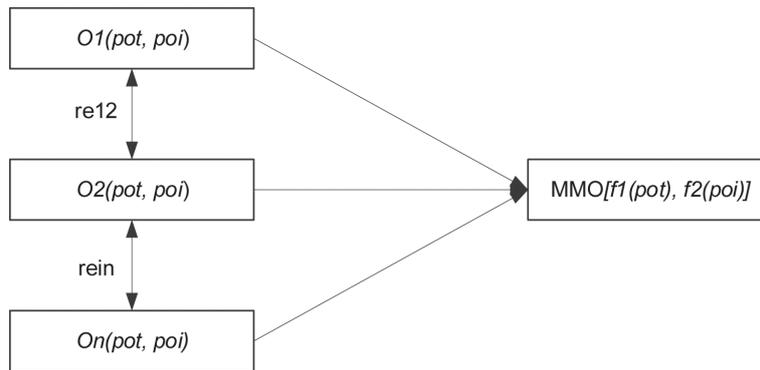


Рисунок 4 – Метамоделю объектов

Метамоделю объектов (ММО) формируют на основе описания объектов, она имеет простое описание вида

$$ММО(f1(pot), f2(poi)). \quad (5)$$

В (5)  $f1$  – функция от общих параметров объектов ( $pot$ ),  $f2$  – функция от частных или индивидуальных параметров объектов ( $poi$ ). Принципиальным является то, что при метамоделювании происходит переход от совокупности параметров к их функции, которая описывает закономерность их поведения для разных объектов. На рисунке 4 показаны отношения между объектами ( $re$ ), которые в метамоделю объектов не входят. Метамоделю информационной ситуации намного сложнее и информативнее. Она приведена на рисунке 5. В ней объекты заменены на информационные ситуации и в ней присутствует намного больше параметров, чем схеме на рисунке 4.

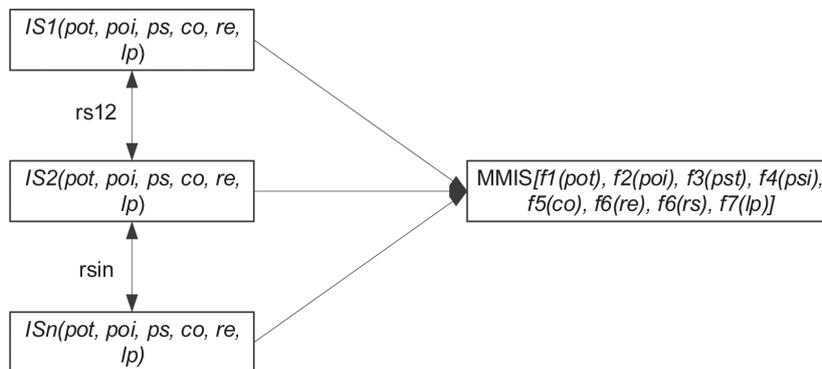


Рисунок 5 – Метамоделю информационной ситуации

По сравнению с (1), которое содержит укрупненное объектное описание ситуации, в данной схеме описание ситуации параметрическое

$$IS = \varphi(\text{pot}, \text{poi}, \text{ps}, \text{co}, \text{re}, \text{lp}). \quad (6)$$

В (6)  $\varphi$  – функция ситуации,  $\text{pot}$  – общие параметры объекта,  $\text{poi}$  – индивидуальные параметры объекта,  $\text{ps}$  – параметры ситуации,  $\text{co}$  – связи между объектами,  $\text{re}$  – отношения между объектами,  $\text{lp}$  – латентные параметры ситуации. Выражение (6) показывает, что модель информационной ситуации содержит больше параметров, чем метамодель объектов (5).

Соответственно, метамодель информационных ситуаций MMIS (рисунок 5) содержит больше параметров и функций

$$\text{MMIS}[f1(\text{pot}), f2(\text{poi}), f3(\text{pst}), f4(\text{psi}), f5(\text{co}), f6(\text{re}), f6(\text{rs}), f7(\text{lp})]. \quad (7)$$

В (7) MMIS – метамодель информационных ситуаций;  $f1$  – функция от общих параметров объектов ( $\text{pot}$ );  $f2$  – функция от частных или индивидуальных параметров объектов ( $\text{poi}$ );  $f3$  – функция общих параметров ситуаций ( $\text{pst}$ ), которые не входят в параметры объектов;  $f4$  – функция индивидуальных параметров ситуаций ( $\text{psi}$ );  $f5$  – функция связей между объектами ( $\text{co}$ );  $f6$  – функция отношений между объектами ( $\text{re}$ );  $f6(\text{rs})$  – функция отношения между ситуациями;  $f7$  – функция латентных параметров ( $\text{lp}$ ). При построении метамодели информационных ситуаций происходит переход от совокупностей разрозненных параметров к их функциям. Эти функции описывают закономерности в информационном поле для разных объектов и разных ситуаций. Следует выделить функцию  $f7(\text{lp})$ , которая позволяет выявлять функцию латентных переменных или неявное знание.

Необходимо отметить, что важным является следующая индикаторная функция (8)

$$\text{IND}f_i = \frac{df_i}{dt}. \quad (8)$$

Принципиальным является два качественных значения этой функции

$$\text{IND}f_i = \text{const}; \quad (9)$$

$$\text{IND}f_i \neq \text{const}. \quad (10)$$

Выражение (9) говорит о том, что изменений по данному параметру в совокупности информационных ситуаций нет, и закономерности тоже нет. В этом случае функция  $f_i$  есть константа. Это говорит об отсутствии влияния данного параметра в разных ситуациях. Выражение (10) говорит о том, что существуют функциональные изменения по данному параметру в совокупности разных информационных ситуаций. Выражение (10) говорит о том, что существуют закономерности при переходе от одной ситуации к другой.

Говоря о структуре метамодели, необходимо отметить, что метамодели и модели объединяют информационные единицы [20; 21; 22] как элементы информационного поля. Модель, информационная ситуация и метамодель могут быть построены из информационных единиц. Информационные единицы есть связующее звено между моделью, ситуацией и метамоделью.

Выражение (7), описывающее метамодель информационной ситуации, говорит о том, что данная метамодель не только содержит множество параметров, но определяет функциональные зависимости для данных параметров в разных ситуациях. Выражение (7) говорит о том, что закономерности информационного поля, которые могут иметь место согласно выражению (10), можно найти, применяя метамоделирование.

Отсюда ситуационное метамоделирование дает возможности обобщения, выявления закономерностей и знаний и междисциплинарного переноса знаний. В информационные ситуации входят объекты, связанные между собой информационными или пространственными отношениями. При формировании моделей объектов из рассмотрения исключаются отношения между объектами. При формировании моделей ситуаций из рассмотрения исключаются отношения между ситуациями. Только метамодель ситуаций позволяет учитывать множество факторов, не включенных в эти модели. Параметрическую модель объекта или ситуации можно сравнить с точкой на плоскости. Метамодель ситуации можно сравнить с регрессионной линией, которая объединяет эти точки.

### Заключение

Информационная модель и модель информационной ситуации содержат свои внутренние параметры и не описывают закономерности между разными моделями. Ситуационное метамоделирование позволяет выявлять такие закономерности. Информационная модель, модель информационной ситуации и метамоделер связывают информационные единицы. Поэтому при проведении метамоделирования необходимо выявлять информационные единицы как элементы информационного поля. Информационные единицы как элементы алфавита служат основой для построения других моделей и метамоделей.

Метамоделирование является важным инструментом анализа и выявления закономерностей. Как показывает данная статья, метамоделер является более информативной и, главное, параметрическое описание она может заменять функциональным описанием, может выступать как система моделей, как выявленные закономерности. Ситуационное метамоделирование позволяет находить латентные параметры и извлекать неявное знание. Пока это единственный аналитический инструмент для решения такой задачи.

Близко к понятию метамоделер стоит информационная конструкция. Однако она является более статической и описательной. Метамоделирование позволяет находить функциональные зависимости. Информационный морфизм является основным средством метамоделирования. Ситуационное метамоделирование – это метамоделирование с использованием моделей объектов, информационных ситуаций и их метамоделей. Оно позволяет создавать более информативную систематизированную метамоделер. Ситуационное метамоделирование позволяет создавать метатеорию. Это направление требует дальнейших исследований.

### Список литературы

1. *Цветков, В.Я.* Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3(27). – С. 13–19.
2. *Ожерельева, Т.А.* Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум. – 2016. – № 4(14). – С. 176–181.
3. *Титов, Е.К.* Информационное ситуационное моделирование // Славянский форум. – 2021. – № 3(33). – С. 162–171.
4. *Цветков, В.Я.* Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1-3. – С. 455–456.
5. *Дешко, И.П.* Информационное конструирование: монография. – Москва: МАКС Пресс, 2016. – 64 с.
6. *Шайтура, С.В.* Моделирование и конструирование // Славянский форум. – 2019. – № 1(23). – С. 68–79.
7. *Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P.* Metamodelling in the information field // Amazonia Investiga. – 2020. – Vol. 9. – № 25. – P. 395–402.
8. *Ожерельева, Т.А.* Информационное соответствие и информационный морфизм в информационном поле // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2017. – №4. – С. 86–92.
9. Математика. Большой энциклопедический словарь / гл. редактор Ю.В. Прохоров. – 3-е изд. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 848 с.
10. *Теслинов, А.* Концептуальное проектирование сложных решений. – Санкт-Петербург: Питер, 2009.
11. *Лотоцкий, В.Л.* Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. – 2017. – № 2(16). – С. 39–44.
12. *Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов В.К., Рогов И.Е.* Метамоделирование в геоинформатике // Информатика и космос. – 2020. – № 1. – С. 112–119.
13. *Ожерельева, Т.А.* Метамоделирование в информационном поле. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2020. – 109 с.
14. *Елсуков, П.Ю.* Трансформация неявного знания // Славянский форум. – 2016. – № 4(14). – С. 87–93.
15. *Цветков, В.Я.* Анализ неявного знания // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 1(7). – С. 56–60.
16. *Болбаков, Р.Г.* Извлечение неявного знания // ИТ-Стандарт. – 2021. – № 2(27). – С. 8–13.
17. *Atkinson C., Kühne T.* The essence of multilevel metamodelling // International Conference on the Unified Modeling Language. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. – P. 19–33.

18. *Господинов, С.Г.* Логическое обоснование в научных исследованиях // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2018. – № 6 (10). – С. 41–48.
19. *Павлов, А.И.* Пространственная информационная ситуация // Славянский форум. – 2016. – № 4(14). – С. 198–203.
20. *Болбаков, Р.Г.* Философия информационных единиц // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – № 4(5). – С. 76–88.
21. *Цветков, В.Я.* Информационные единицы как средство построения картины мира // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-4. – С. 36–40.
22. *Markelov, V.M.* The Application of Information Units in Logistics // European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 4(6). – P. 176–183.

### References

1. *Cvetkov, V.Ya.* Model' informacionnoj situacii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 3(27). – S. 13–19.
2. *Ozherel'eva, T.A.* Informacionnaya situaciya kak instrument upravleniya // Slavyanskij forum. – 2016. – № 4(14). – S. 176–181.
3. *Titov, E.K.* Informacionnoe situacionnoe modelirovanie // Slavyanskij forum. – 2021. – № 3(33). – S. 162–171.
4. *Cvetkov, V.Ya.* Informacionnoe pole i informacionnoe prostranstvo // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – № 1-3. – S. 455–456.
5. *Deshko, I.P.* Informacionnoe konstruirovaniye: monografiya. – Moskva: MAKS Press, 2016. – 64 s.
6. *SHajtura, S.V.* Modelirovanie i konstruirovaniye // Slavyanskij forum. – 2019. – № 1(23). – S. 68–79.
7. *Tsvetkov V.Ya., Shajtura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P.* Metamodeling in the information field // Amazonia Investiga. – 2020. – Vol. 9. – № 25. – P. 395–402.
8. *Ozherel'eva, T.A.* Informacionnoe sootvetstvie i informacionnyj morfizm v informacionnom pole // ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii. – 2017. – №4. – С. 86–92.
9. *Matematika. Bol'shoj enciklopedicheskiy slovar' / gl. redaktor Yu.V. Prohorov.* – 3-e izd. – Moskva: Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya, 2000. – 848 s.
10. *Teslinov, A.* Konceptual'noe proektirovanie slozhnyh reshenij. – Sankt-Peterburg: Piter, 2009.
11. *Lotockij, V.L.* Informacionnaya situaciya i informacionnaya konstrukciya // Slavyanskij forum. – 2017. – № 2(16). – S. 39–44.
12. *Cvetkov V.Ya., Bulgakov S.V., Titov V.K., Rogov I.E.* Metamodelirovanie v geoinformatike // Informaciya i kosmos. – 2020. – № 1. – S. 112–119.
13. *Ozherel'eva, T.A.* Metamodelirovanie v informacionnom pole. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2020. – 109 s.
14. *Elsukov, P.YU.* Transformaciya neyavnogo znaniya // Slavyanskij forum. – 2016. – № 4(14). – S. 87–93.
15. *Cvetkov, V.YA.* Analiz neyavnogo znaniya // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 1(7). – S. 56–60.
16. *Bolbakov, R.G.* Izvlechenie neyavnogo znaniya // IT-Standart. – 2021. – № 2(27). – S. 8–13.
17. *Atkinson C., Kühne T.* The essence of multilevel metamodeling // International Conference on the Unified Modeling Language. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. – P. 19–33.
18. *Gospodinov, S.G.* Logicheskoe obosnovanie v nauchnyh issledovaniyah // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2018. – № 6 (10). – С. 41–48.
19. *Pavlov, A.I.* Prostranstvennaya informacionnaya situaciya // Slavyanskij forum. – 2016. – № 4(14). – S. 198–203.
20. *Bolbakov, R.G.* Filosofiya informacionnyh edinic // Vestnik MGTU MIREA. – 2014. – № 4(5). – S. 76–88.
21. *Cvetkov, V.Ya.* Informacionnye edinicy kak sredstvo postroeniya kartiny mira // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2014. – № 8-4. – S. 36–40.
22. *Markelov, V.M.* The Application of Information Units in Logistics // European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 4(6). – P. 176–183.