

СЕМАНТИЧЕСКОЕ ОБРАЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ

Цветков Виктор Яковлевич¹,

*д-р техн. наук, профессор,
e-mail: cvj2@mail.ru,*

Данилов Михаил Алексеевич¹,

e-mail: mike_m89@mail.ru,

Литвинов Владимир Владимирович¹,

e-mail: litvinov@mirearu,

Курдюков Никита Сергеевич¹,

e-mail: nskurdyukov@gmail.com,

¹Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва, Россия

Статья исследует морфологию и семантику информационных образных моделей. Вводится новая трактовка в понятия «морфология» и «семантика» путем установления связи между ними для определенного типа моделей. Рассматривается отличие морфологии информационных образных моделей от морфологического ящика и подхода Ф. Цвикке. В статье развивается идея о том, что морфология и семантика дополняют друг друга в образных информационных моделях. Проводится анализ содержания и формы как основы семантики и морфологии. С позиций морфологии раскрывается содержание неопределенности и нечеткости информационных образных моделей. Развивается идея о том, что морфология есть формальная характеристика, а семантика есть фактическая характеристика. Показано, что структура модели для абстрактных ситуаций является формально морфологическим показателем. Отмечается, что существуют другие ситуации, для которых структура характеризует связанные между собой семантику и морфологию. В этих случаях морфологическое моделирование меняет семантику. Дан образный анализ определенности и неопределенности и понятию «полисемия». Рассматривается концептуальное смешивание, приводится ряд процедур этого вида семантического моделирования. Отмечается, что для образных информационных моделей семантическое и морфологическое моделирование связаны. Результаты методологического исследования направлены на развитие системного подхода к разработке семантических образных моделей в информационном поле.

Ключевые слова: информационное поле, информационные образные модели, морфологическое моделирование, семантическое моделирование

SEMANTIC FIGURATIVE MODELING IN THE INFORMATION FIELD

Tsvetkov V.Ya.¹,

*doctor of technical sciences, professor,
e-mail: cvj2@mail.ru,*

Danilov M.A.¹,

e-mail: mike_m89@mail.ru,

Litvinov V.V.¹,

e-mail: litvinov@mirareru,

Kurdyukov N.S.¹,

e-mail: nskurdyukov@gmail.com,

¹Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow, Russia

The article explores the morphology and semantics of information figurative models. A new interpretation is introduced into the concepts of “morphology” and “semantics” by establishing a connection between them

for a certain type of models. The difference between the morphology of information figurative models and the morphological box and F. Zwicke's approach is considered. The article develops the idea that morphology and semantics complement each other in figurative information models. The analysis of content and form as the basis of semantics and morphology is carried out. From the standpoint of morphology, the content of uncertainty and fuzziness of information figurative models is revealed. The idea is developing that morphology is a formal characteristic, and semantics is an actual characteristic. It is shown that the structure of the model for abstract situations is formally a morphological indicator. It is noted that there are other situations for which the structure characterizes related semantics and morphology. In these cases, morphological modeling changes the semantics. A figurative analysis of certainty and uncertainty and the concept of "polysemy" is given. Conceptual mixing is considered, a number of procedures for this type of semantic modeling are given. It is noted that semantic and morphological modeling are related for figurative information models. The results of the methodological research are aimed at developing a systematic approach to the development of semantic figurative models in the information field.

Keywords: information field, information figurative models, morphological modeling, semantic modeling

DOI 10.21777/2500-2112-2023-4-70-78

Введение

Идеи семантического моделирования восходят к работам Рудольфа Карнапа и Лучано Флориди. Это понятие достаточно широко используется в настоящее время на уровне интуитивного понимания. Например, в англо-русском толковом словаре-справочнике по телекоммуникационным технологиям¹ приводится следующая трактовка: «Метод моделирования, основанный на замене реальных объектов их типовыми шаблонами с учетом смыслового содержания объекта данных». В теории баз данных семантическое моделирование представляет собой моделирование структуры данных, опираясь на смысл этих данных. В качестве инструмента семантического моделирования используются различные варианты диаграмм сущность-связь (ER – Entity-Relationship). Философский вопрос формы и содержания объектов в информационном поле приводит к понятиям «морфологическая форма модели» и «семантическое содержание модели». Часто эти понятия связаны, и многие модели одновременно характеризуют морфологию и семантику объекта. Понятие «информационное поле» используется как интегральная модель реальности. Оно применяется для того, чтобы отделить семантическое информационное моделирование от семантического моделирования в лингвистике, психологии и других науках. Еще одно упущение многих работ состоит в исключении связи между морфологией и семантикой информационных моделей. В пространственной логике и в геометрии морфология и семантика связаны. В информационном моделировании большое значение имеет визуальное моделирование. Для визуального моделирования также существует связь между морфологией образа и его содержанием, то есть семантикой.

Проблема выражения семантики с помощью образов существует с древних времен. Например, стеганография является технологией шифрования информации в графических образах. Существует направление визуального отображения смысловых значений. Образная графика входит в когнитивную графику. Наиболее ярко образное представление смысла имеет место в геометрии, топологии, геоинформатике и картографии. Необходимо различать языковую семантику от образной и геометрической семантики. Информационная модель, которая может иметь образ, называется образной моделью. В геоинформационных системах (ГИС) модели имеют две формы представления: цифровую и визуальную (образную). Поэтому исследование семантики информационных моделей с учетом их морфологии является актуальной задачей.

¹ Телекоммуникационные технологии: англо-рус. толковый слов.-справ. / Л.М. Невдяев; под ред. Ю.М. Горностаева. – М.: Мобильные коммуникации, 2002. – 568 с.

Моделирование в информационном поле

Моделирование в информационном поле есть информационное моделирование. В настоящее время информационное моделирование служит методом познания [1]. Многие информационные модели характеризуются морфологией и семантикой. Наличие морфологических свойств определяет образную модель. Например, фигуры: круг, квадрат, треугольник характеризуют морфологию и частично смысл. Каждая из фигур может иметь цвет или штриховку, что дополнительно определяет ее смысловое значение. В картографии геометрическая фигура может обозначать реальный объект. В этом случае смысл определяется по тезаурусу или классификатору. Информационные модели, имеющие координатную морфологию, являются образными информационными моделями.

Морфология, в случае одной пространственной (образной) модели, характеризует форму. Морфология, в случае нескольких пространственных моделей, характеризует их формы и взаимное расположение. В этом случае морфология включает пространственные отношения и связи.

В параметрическом пространстве морфология определяется набором параметров и связей между ними. Семантика и морфология связаны с понятиями содержания и формы. Содержание и форма есть философские категории, описывающее общее «целое». В информационном моделировании «целым» является информационная модель. Содержание есть определяющая характеристика целого. Оно представляет единство элементов объекта, внутренних процессов и связей. В этой интерпретации содержание выступает как сущность.

Морфологический анализ, разработанный швейцарским астрономом Ф. Цвикки, не имеет отношения к формированию и модификации форм. Это эмпирический метод решения задач, основанный на подборе возможных решений для отдельных частей задачи. По существу, это отдельные ситуации и последующая их систематизация. Разные плоские фигуры имеют общую характеристику – площадь фигуры. Это можно рассматривать как часть содержания. Разные плоские фигуры могут иметь разную конфигурацию или разные формы, но при этом их площади могут быть равны или соразмерны. Формы определяют морфологию, содержание определяет семантику.

Морфология моделей

Математические модели имеют свойство универсальности. Разные реальные закономерности могут описываться одной и той же математической формулой. Например, закон Кулона и закон всемирного тяготения математически идентичны, но относятся к разным областям. Формула энтропии в статистической физике и в теории информации схожи, но описывают разные области. Можно связывать морфологию объекта с формальным описанием или с фактическим описанием. Это разные виды морфологий, поскольку абстрактная форма и конкретная форма имеют разные характеристики. Схожее формальное описание означает схожую морфологию. С топологией вступает в противоречие геометрия. Топологически эквивалентные фигуры имеют разные формы. На рисунке 1 показаны морфологически разные, но топологически эквивалентные фигуры. При этом с точки зрения топологии размер (габариты) роли не играют. Важным является возможность преобразования одной фигуры в другую.

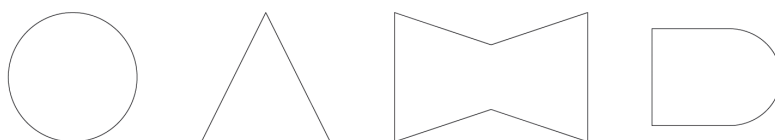


Рисунок 1 – Морфологически разные, но топологически эквивалентные фигуры

Форма и семантика дополняют друг друга и служат средством построения картины мира. Необходимо провести разграничение между морфологическим формированием моделей и семантическим формированием моделей. Морфология может отражать форму безотносительно к содержанию. Семантика задается значениями аргументов и функций. Морфология совместно с семантикой также опи-

сывает содержание. Примером может служить подпрограмма и программа. Подпрограмма отражает формальную сторону вычислений. Подпрограмма описывает алгоритм вычислений безотносительно к результату. Программа отражает фактическую сторону вычислений и определяет результат и значения результата. Подпрограмма является морфологическим объектом. Результат вычисления программы является семантическим объектом. При этом важно выделять критерий сравнения семантики. Например, разные по форме фигуры могут иметь равную или разную площадь (рисунок 1). Если считать содержанием площадь, то она отражает семантическую сторону фигуры.

Все структурные модели характеризуются морфологией. С построением структуры связан структурный подход в моделировании. Структурный подход в построении модели заключается в первичном построении ее структуры и последующей детализации структуры [2–4]. Такой подход следует принципу «от общего к частному» и близок ономаσιологическому информационному моделированию [5]. При ономаσιологическом информационном подходе к моделированию предполагается, что один и тот же типовой фрагмент реального объекта может подводиться исследователем под разные типы семантических предикатов, т.е. может отражать процесс, состояние, свойство.

Композиционным подходом в построении моделей называют метод построения модели путем агрегирования или интеграции элементов или информационных единиц. Такой подход также близок семасиологическому моделированию. Построение структуры в этом подходе не первично, а является планом или проектом и следует принципу «от частного к общему». В нем основным элементом является моделируемая структурная информационная единица.

Образная нечеткость и неопределенность в информационном поле

Нечеткость и неопределенность существуют в информационном поле и информационных процессах. Образная нечеткость и неопределенность существует в пространственных и образных моделях. Нечеткость и неопределенность обуславливают диссипацию и снижают эффективность информационных процессов. Существуют разные факторы возникновения информационной неопределенности [6; 7]. Разделяют информационную нечеткость и информационную неопределенность. Информационная нечеткость – это ситуация, в которой информация не может быть однозначно интерпретирована. Нечеткая информация может быть непротиворечивой и противоречивой, неполной или избыточной. Проблема больших данных создает нечеткость информации. Нечеткая информация характеризуется набором альтернатив и вероятностными характеристиками. Информационная неопределенность связана с неполнотой информации или несоответствием данных условиям задачи. Информационная неопределенность характеризуется вероятностными характеристиками.

Информация должна соответствовать определенным требованиям качества. Отсюда информация, отвечающая требованиям качества, может определяться как четкая. Если информация не соответствует требованиям качества, можно говорить, что она некачественная или нечеткая. Информационная нечеткость и неопределенность могут быть следствием воздействия или неопределенности внешней среды. Например, стохастические условия создают неопределенность. На рисунке 2 образно показаны четкая и нечеткая информационные модели.

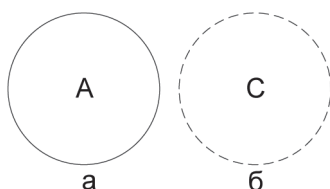


Рисунок 2 – Четкая и нечеткая информационные модели

Для четкой информационной модели (рисунок 2а) имеют место следующие отношения в терминах теории множеств:

$$a_i \in A; b_i \in \neg A; c_i \in L. \quad (1)$$

В выражении (1) приняты следующие обозначения: a_i – элемент множества четкой модели A ; b_i – элемент множества за пределами четкой модели, то есть множества $\neg A$; c_i – элемент четкой границы L . Наличие четкой границы задает четкую модель.

На рисунке 2б нечеткость обозначена пунктиром, т.е. четкая граница отсутствует. Нечеткость может быть обусловлена следующими факторами:

- непредсказуемый характер процесса;
- недостаток информации;
- несовершенство методов получения информации;
- человеческий фактор;
- информационная диссипация;
- нехватка информационных ресурсов.

Информационная диссипация, информационная диффузия [8], информационная дисперсия [9] заключаются в рассеивании и ослаблении информационного потока. Они приводят к искажению информационных морфизмов, появлению асинхронности при информационном взаимодействии объектов. Информационный морфизм рассматривается как отображение основного (исходного) информационного множества одной информационной системы или конструкции на информационное множество другой информационной системы или конструкции, сохраняющее основные свойства и основные предикаты.

На рисунке 3 показан пример неопределенности описания модели $M3$. Неопределенность показана двумя вариантами множеств $D1, D2$. Каждое множество характеризует некоторую область описания. Неопределенность выражается тем, что область описания модели $M3$ имеет неопределенные границы. Эти границы могут исключать информационные множества $M1$ и $M2$ или могут содержать их. Определенность задается четкими границами описания модели.

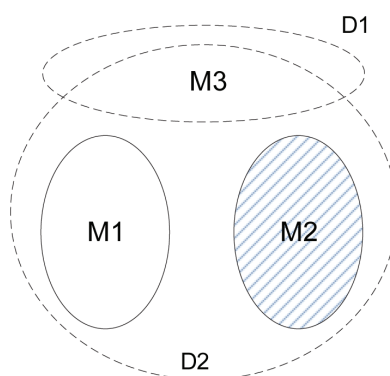


Рисунок 3 – Информационная неопределенность модели $M3$

На рисунке 3 границы нечеткие. Неопределенность задается неопределенностью границ. Одно описание $D1$ не включает модели $M1$ и $M2$, другое описание $D2$ включает содержательно модели $M1$ и $M2$. Неопределенность связана с дополнительными источниками информации $M1, M2$ и нечеткостью границ описания.

На рисунке 4 показан тип неопределенности, обусловленный полисемией.

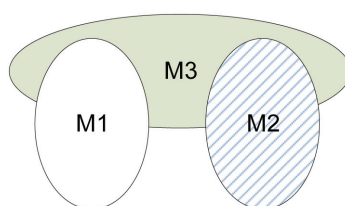


Рисунок 4 – Полисемия описания модели $M3$

Описание модели $M3$ включает два описания моделей $M1$ и $M2$. При этом $M1 \cap M2 = \emptyset$. Множество $M3$ неоднородно и содержит два типа элементов (x, y) , для которых выполняются следующие условия:

$$\forall (x, y) \in M3; \exists x \in M1; \exists y \in M2; x \wedge y = 0.$$

Полисемия означает два разных содержания для одной формы модели. Элемент z множества $M3$, связанный с элементами (x, y) , определится исключаящим образом, т.е. $z = x \oplus y$. Это означает «либо x , либо y ». На рисунке 5 показано образование четкой модели $M4$ с исключением полисемии.

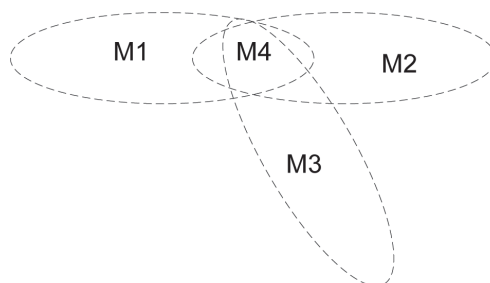


Рисунок 5 – Однозначное описание модели $M4$

Описание модели $M4$ формируется как пересечение моделей $M1$, $M2$ и $M3$, т.е. $M4 = M1 \cap M2 \cap M3$. Модель $M4$ является семантически определенной или четкой, однозначно интерпретируемой моделью.

Семантическое моделирование с использованием пространственного концептуального смешивания

Концептуальное смешивание возникло в области когнитологии и психологии. Оно перешло в область геоинформационного моделирования [10]. Концептуальное смешивание разработано Жилем Фоконье и Марком Турнером [11] и другими учеными. Оно основано на том, что элементы сценариев и образов «смешаны» в подсознании и требуют декомпозиции на фреймы, кадры или сцены.

Концептуальное смешивание применимо в пространственной логике, геоинформатике, пространственном анализе. Различие между концептуальным смешиванием в геоинформатике и психологии состоит в постановке задачи. Психология считает, что есть составная модель, которая мотивирует поведение. Задача концептуального смешивания осуществить ономазиологический анализ [5] для выявления мотивов и имплицативных отношений [12]. В психологии разделение сложной модели осуществляется эмпирически. В информационном поле решается противоположная задача. Существуют информационные модели образы, для которых надо построить смешанную модель. С помощью концептуального смешивания получают образ, который человек не может представить мысленно. В информационном поле решают формальную задачу с помощью пространственных процедур, которые совмещают семантическое и морфологическое моделирование.

Многие пространственные модели имеют визуальную форму представления и теоретико-множественное описание. Можно использовать теоретико-множественные процедуры для такого моделирования. Недостатком теоретико-множественного анализа является полный не учет или слабый учет морфологии.

Одну из форм пространственного знания называют морфологическим знанием. Концептуальное смешивание меняет морфологическое знание. В геоинформатике и геоинформационных системах существует процедура работы с множествами, которую называют оверлей. В отличие от теоретико-множественных операций оверлей анализ (Overlay analysis) [13] учитывает и меняет формы пространственных моделей. Ключевыми элементами оверлея являются исходные множества A_i и порядок их наложения. Эти множества рассматриваются как страты (слои) при формировании их композиции. В результате оверлея создают комбинированное множество или новый образ.

Новый образ создается на основе логического, геометрического и теоретико-множественного отношения. На рисунке 6 в качестве входных используют две образные модели A и B . Результатом

морфологического и семантического моделирования является образная модель С. Правило построения элементов С следующее: $c=a\vee b$. Границы модели С существенно отличаются от границ моделей А и В.

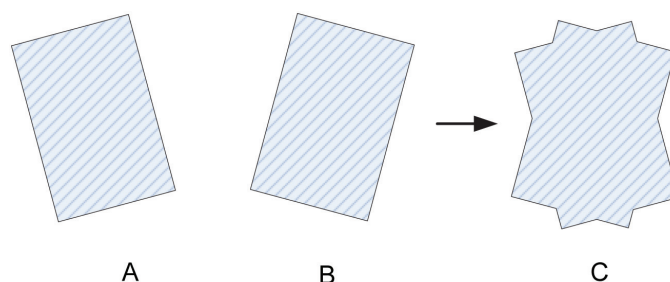


Рисунок 6 – Концептуальное смешивание с использованием объединения образных моделей

На рисунке 7 показана пространственная операция симметрической разности. В качестве входных используют две другие образные модели А и В. Результатом является образная модель С. Принципиальным отличием от теоретико-множественных операций является сохранение формы границ. Результирующая модель строится по границам, то есть по координатной привязке. В теории множеств координаты в расчет не принимаются.

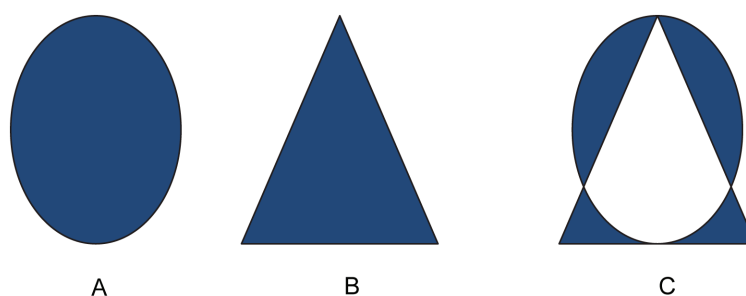


Рисунок 7 – Концептуальное смешивание с использованием операции симметрической разности образных моделей

Правило построения элементов С следующее: $c=a\vee b-a\wedge b$. Принципиальным является то, что изменились не только границы, но и структура образной модели.

Заключение

Проведенные исследования дают основание ввести понятие образной информационной модели, а также морфологии и семантики информационных моделей. Морфология информационных моделей связана с их формальным представлением в параметрической области и с их конфигурацией в пространственной области. Для пространственных моделей морфология связана с координатной определенностью. Для информационных моделей существует два вида морфологии: параметрическая и геометрическая. Параметрическая морфология задается описанием в пространстве параметров. В отдельных случаях в параметрическую морфологию входит формальная структура. Геометрическая морфология используется для пространственных моделей в геоинформатике, геодезии и картографии. В геометрическую морфологию входит пространственная структура. Семантика информационных образных моделей связана с фактическими параметрами и фактическими значениями. С этих позиций семантика информационных моделей есть конкретный показатель.

Подводя итог, следует констатировать: морфологическое моделирование есть важный вид моделирования, который меняет семантику моделей в информационном поле. Семантика образных информационных моделей связана с морфологией и координированием формы. Результаты данного мето-

дологического исследования определяют базовые принципы для разработки семантических образных моделей в информационном поле.

Список литературы

1. Раев В.К. Информационные модели как метод познания // Славянский форум. – 2020. – № 2 (28). – С. 84–93.
2. Nandal V., Kumar R., Singh S.K. Barriers identification and analysis of solar power implementation in Indian thermal power plants: An Interpretative Structural Modeling approach // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – Vol. 114. – P. 109330.
3. Gan X. et al. Barriers to the transition towards off-site construction in China: An Interpretive structural modeling approach // Journal of cleaner production. – 2018. – Vol. 197. – P. 8–18.
4. Shabir S., Gani A. Impact of work-life balance on organizational commitment of women health-care workers: Structural modeling approach // International Journal of Organizational Analysis. – 2020. – Vol. 28 (4). – P. 917–939.
5. Павлов А.И. Ономазиологическое информационное моделирование // Славянский форум. – 2019. – № 3 (25). – С. 45–55.
6. Номоконова О.Ю. Информационная неопределенность в информационном взаимодействии // Славянский форум. – 2017. – № 1 (15). – С. 104–110.
7. Матчин В.А. Неопределенность как фактор необходимости обновления баз данных // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 2 (19). – С. 98–104.
8. Keyes R.W. Power dissipation in information processing // Science. – 1970. – Vol. 168, No. 3933. – P. 796–801.
9. Marquez R. Competition, adverse selection, and information dispersion in the banking industry // Review of financial Studies. – 2002. – Vol. 15, No. 3. – P. 901–926.
10. Савиных В.П. Концептуальное смешивание в географии // Славянский форум. – 2017. – № 2 (16). – С. 19–24.
11. Turner M., Fauconnier G. The Way We Think. Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities. – New York: Basic Books, 2002. – P. 37.
12. Ackerman F., Malouf R. Implicative relations in word-based morphological systems // Cambridge handbook of morphology. – 2016. – Vol. 297. – P. 328.
13. Walke N. et al. GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton (*Gossypium* spp.): A case study in the black soil region of Central India // Computers & Geosciences. – 2012. – Vol. 41. – P. 108–118.

References

1. Raev V.K. Informacionnyye modeli kak metod poznaniya // Slavyanskij forum. – 2020. – № 2 (28). – S. 84–93.
2. Nandal V., Kumar R., Singh S.K. Barriers identification and analysis of solar power implementation in Indian thermal power plants: An Interpretative Structural Modeling approach // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – Vol. 114. – P. 109330.
3. Gan X. et al. Barriers to the transition towards off-site construction in China: An Interpretive structural modeling approach // Journal of cleaner production. – 2018. – Vol. 197. – P. 8–18.
4. Shabir S., Gani A. Impact of work-life balance on organizational commitment of women health-care workers: Structural modeling approach // International Journal of Organizational Analysis. – 2020. – Vol. 28 (4). – P. 917–939.
5. Pavlov A.I. Onomasiologicheskoe informacionnoe modelirovanie // Slavyanskij forum. – 2019. – № 3 (25). – С. 45–55.
6. Nomokonova O.Yu. Informacionnaya neopredelennost' v informacionnom vzaimodejstvii // Slavyanskij forum. – 2017. – № 1 (15). – С. 104–110.
7. Matchin V.A. Neopredelennost' kak faktor neobhodimosti obnovleniya baz dannyh // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2017. – № 2 (19). – С. 98–104.

8. *Keyes R.W.* Power dissipation in information processing // *Science*. – 1970. – Vol. 168, No. 3933. – P. 796–801.
9. *Marquez R.* Competition, adverse selection, and information dispersion in the banking industry // *Review of financial Studies*. – 2002. – Vol. 15, No. 3. – P. 901–926.
10. *Savinyh V.P.* Konceptual'noe smeshivanie v geoznanii // *Slavyanskij forum*. – 2017. – № 2 (16). – С. 19–24.
11. *Turner M., Fauconnier G.* *The Way We Think. Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*. – New York: Basic Books, 2002. – P. 37.
12. *Ackerman F., Malouf R.* Implicative relations in word-based morphological systems // *Cambridge handbook of morphology*. – 2016. – Vol. 297. – P. 328.
13. *Walke N. et al.* GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton (*Gossypium spp.*): A case study in the black soil region of Central India // *Computers & Geosciences*. – 2012. – Vol. 41. – P. 108–118.