

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИНЕРГЕТИКА

Цветков Виктор Яковлевич¹,

д-р техн. наук, профессор,

e-mail: cvj2@mail.ru,

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

Статья исследует синергетику в информационном поле как инструмент моделирования сложных реальных объектов и процессов. Дано новое понятие “информационная синергетика”, раскрывается его теоретическое и практическое значение для исследования систем. Проведен анализ свойств и особенностей информационной синергетики в сравнении с общей синергетикой как междисциплинарным направлением науки, изучающим динамику и самоорганизацию в открытых системах. Выделено два модельных представления синергетических процессов. Первое модельное представление описывает реальные процессы, связанные с синергетикой реального пространства. Второе модельное представление описывает информационные процессы, происходящие в информационном поле. Модельные представления рассматриваются в контексте объединяющего подхода – синергетического подхода к оценке состояний и свойств системы. Приводится схема структурных элементов информационной синергетики, формирующей базис для системологии решений по преодолению информационного хаоса информационными методами. Рассматривается применение информационной синергетики на примере мехатроники.

Ключевые слова: синергетика, информационное поле, информационная синергетика, информационная трансформация, процесс, отражение

INFORMATION SYNERGETICS

Tsvetkov V.Ya¹,

doctor of technical sciences, professor,

e-mail: cvj2@mail.ru, tsvetkov@mirea.ru,

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

The article explores synergetics in the information field as a tool for modeling complex real objects and processes. A new concept of “information synergetics” is given, its theoretical and practical significance for the study of systems is revealed. The analysis of the properties and features of information synergetics in comparison with general synergetics as an interdisciplinary field of science studying dynamics and self-organization in open systems is carried out. Two model representations of synergetic processes are distinguished. The first model representation describes real processes related to the synergetics of real space. The second model representation describes the information processes occurring in the information field. Model representations are considered in the context of a unifying approach – a synergetic approach to assessing the states and properties of the system. The scheme of structural elements of information synergetics, which forms the basis for the systemology of solutions for overcoming information chaos by information methods, is given. The application of information synergetics on the example of mechatronics is considered.

Keywords: synergetics, information field, information synergetics, information transformation, process, reflection

DOI 10.21777/2500-2112-2021-2-72-78

Введение

В широком смысле синергетику трактуют как междисциплинарное направление науки, изучающее динамику и самоорганизацию в открытых системах [1–3], для которых применяют понятие энтропии. Понятие «синергетика» распространяется на многие области и системы, что приводит к по-

явлению специализированных направлений синергетики: лингвистическая синергетика [4], вычислительная синергетика [5], поведенческая синергетика [6] и др. Поэтому есть все основания применить синергетику в информационном поле [7], тем более, что в нем существует и применяется понятие энтропии и информационной энтропии. Однако можно говорить об общей синергетике как об общей синергетической теории и специальной синергетике – синергетике предметных областей, которая имеет отличия и специфику. Для синергетики характерно взаимодействие эксперимента и теории. При этом синергетическая теория чаще пытается объяснить эксперимент, чем его предсказать. Синергетику можно рассмотреть как научную категорию, учебную дисциплину и научное направление. Как научное направление синергетика может быть рассмотрена как междисциплинарная область исследований, начатая немецким физиком Германом Хакеном [1, 2]. Как научная категория синергетика имеет дело с материальными или нематериальными системами, состоящими, как правило, из многих отдельных частей. Как дисциплина синергетика фокусирует свое внимание на спонтанном, т.е. самоорганизованном [3] возникновении новых качеств, которые могут быть структурами, процессами или функциями. В силу этого синергетика связана с вопросами сложности [8] и управления [9]. Многообразие применения синергетики делает актуальным ее исследование в информационном поле.

1. Процессы в информационном поле

Разнообразие процессов окружающего мира находит свое отражение в информационном поле [7, 10] в виде информационных моделей [11]. Процессы подразделяются на естественные и искусственные, детерминированные и не детерминированные, прогнозируемые и не прогнозируемые. Многие процессы могут образовывать системы связанных процессов или отражать функционирование процессов системы.

Реальный мир представляет собой не только совокупность процессов, но сложную совокупность взаимодействующих объектов в разных состояниях и разных отношениях между собой. Информационное поле есть отражение реального мира. Объекты информационного поля можно рассматривать как информационную трансформацию объектов реального мира, то есть информационная трансформация есть разновидность отражения. Информация в таком аспекте трактуется как результат отражения или информационной трансформации.

В информационном поле реальные объекты трансформируются в информационные модели объектов, реальные процессы трансформируются в информационные модели процессов, реальные отношения трансформируются в информационные отношения [12, 13]. Взаимодействия реальных объектов трансформируются в информационные взаимодействия [14, 15]. В реальном мире отношения между объектами являются динамическими и могут меняться. В информационном поле отношения также могут изменяться и вызывать информационные процессы или влиять на протекание информационных процессов. Информационная трансформация может сопровождаться редукцией, которая проявляется в упрощении или частичной потере связей, и отношений. Это приводит к неполноте информационного описания, информационной неопределенности [16] и необходимости выявления неявных знаний [17, 18]. В реальном мире существуют отношения между объектами и связи между ситуациями, в которых объекты находятся. Наряду с прямыми отношениями между объектами существуют скрытые мета отношения [19]. В информационном поле реальные мета отношения переходят в информационные мета отношения, которые позволяют исследовать обобщенно процессы реального мира и информационного поля.

Следует отметить, что информационное поле существует не только в технических системах, но и в живых системах. Живые организмы обмениваются информацией с использованием информонов. Информонами называют специализированные вещества, переносящие информацию между клетками организма. Вместе с утилизоном они составляют группу межклеточных сигнализаторов. Информоны и утилизоны служат основой информационных процессов и информационных взаимодействий в информационном поле живых организмов. Информационные поля живых организмов имеют разные масштабы. Информационное поле живого организма может иметь масштаб данного организма – внутреннее информационное поле. Оно обеспечивает информационные процессы регуляции внутри данного организма или системное взаимодействие. Информационное поле группы живых организмов может иметь масштаб группы орга-

низмов – внешнее информационное поле. Оно обеспечивает информационные взаимодействия между организмами данной группы, или комплементарное межсистемное взаимодействие. Информационное поле разных группы живых организмов может иметь масштаб группы организмов – внешнее информационное поле. Оно обеспечивает информационные взаимодействия между организмами разных групп или не комплементарное межсистемное взаимодействие. Информационные поля и процессы живых организмов служат основой для построения моделей технических и интеллектуальных систем.

2. Особенности информационной синергетики

Концепция отражения и информационной трансформации для формирования информационного поля и информационных моделей может рассматриваться применительно к общей синергетике. В этом случае отражение общей синергетики в информационном поле приводит к понятию информационной синергетики. Информационная синергетика исследует информационные процессы, информационные взаимодействия, информационные отношения, в первую очередь, в аспекте динамики и развития. Информационная синергетика исследует сложные информационные системы, интеллектуальные технологии и системы, киберпространство и кибер-физические системы в аспекте их саморазвития. Информационная синергетика охватывает не только технические и информационные интеллектуальные системы, но и живые системы при учете информационных процессов и развития систем на основе информационного взаимодействия элементов. То есть, если исключить термодинамические аспекты и оставить информационные процессы, то можем прийти к информационной синергетике живых систем. Она особенно ярко проявляется в человеческом обществе.

Основной вопрос синергетики, который имеет значение для информационной синергетики, заключается в том, что существуют ли общие принципы самоорганизации в реальном пространстве и информационном поле независимо от природы отдельных систем. По существу – это вопрос существования метамодели самоорганизации, включающей совместное действие между элементами системы или между системами. Существует большое разнообразие отдельных частей и элементов физических и информационных систем, которыми могут быть атомы, молекулы, нейроны, информационные единицы. Существует большое разнообразие элементов социальных систем вплоть до отдельных людей в обществе. Ответ на поставленный вопрос можно было бы дать для классов больших систем при условии, что внимание будет сосредоточено на качественных изменениях в макроскопических масштабах и метамоделях. При этом можно говорить о гранулярном моделировании [20] и масштабном моделировании.

Системы, функционирующие в любом поле, включая информационное поле, обеспечивают контроль за параметрами, значения которых могут быть зафиксированы извне или самой системой. Примером внутреннего управляющего параметра являются гормоны в организме человека или нейротрансмиттеры. Когда совокупность параметров системы в информационном поле достигает определенных критических значений, система может быть нестабильной. Нестабильность переводит систему в новое состояние. Совокупность параметров системы в информационном поле можно рассматривать как описание некой точки в пространстве параметров. Точка в пространстве параметров, которая приводит к потере стабильности системы, называется точкой нестабильности. Для точек нестабильности можно выделить набор переменных, которые называют параметрами порядка (параметр порядка – это переменные, которые описывают упорядоченность). Параметры порядка подчиняются низкоразмерной динамике и макроскопически характеризуют систему. Можно провести аналогию с метамоделированием и назвать параметры порядка мета-параметрами. В соответствии с принципом подчинения мета-параметры определяют совокупное поведение отдельных частей системы. Мета-параметры могут быть внутренними или внешними. Взаимодействие отдельных частей системы или межсистемное взаимодействие делает возможным появление и существование мета-параметров. Мета-параметры, в свою очередь, влияют и определяют поведение отдельных частей системы. В критической точке мета-параметр может создавать фазовый переход или бифуркацию. Бифуркация может вызывать нарушение симметрии или разрушение системы.

Синергетика имеет пересечения с другими дисциплинами: теория сложности [8], теория динамических систем, теория бифуркации, теория многообразия, теория хаоса, теории катастроф, теории слу-

чайных процессов. Связь с теорией хаоса и теорией катастроф устанавливается концепцией мета- параметров и принципом подчинения, согласно которому в условиях нестабильности динамика сложных систем определяется лишь несколькими наиболее важными ключевыми мета-переменными.

Информационная синергетика связана с анализом и управлением в сложных, нелинейных, диссипативных, аутопоэтических, стохастических и других разновидностях сложных систем в информационном пространстве и информационном поле. Реальная система может функционировать в реальном пространстве и иметь соответствующую модель в информационном поле или в киберпространстве. В связи с этим возникают два модельных представления: первое – о процессах, происходящих в реальных системах; второе – об информационных процессах и моделях систем, происходящих в информационном поле. Соединение двух модельных представлений приводит к созданию технологии цифровых двойников [21] (цифровых копий физического объекта или процесса, позволяющих оптимизировать их эффективность). Оба модельных представления можно рассматривать в контексте объединяющего подхода – синергетического подхода к оценке состояний и свойств системы. На рисунке 1 приведена схема структурных элементов информационной синергетики.

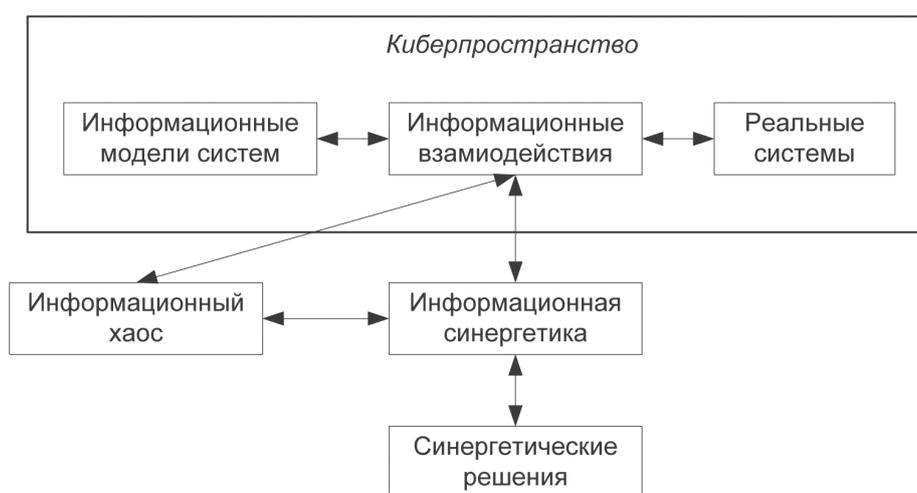


Рисунок 1 – Схема структурных элементов информационной синергетики

Приложения синергетики направлены на исследование, на первый взгляд противоположностей типа: детерминированного хаоса, хаотических закономерностей, хаотических явлений, недетерминированных явлений, хаотических процессов самоорганизации, развитие самоподобных структур, развитие надструктур, выявление мета-структур хаоса.

В информационной синергетике существует одна особенность, которая не характерна общей синергетике. Процессы в информационном и реальном пространствах происходят не в бесконечной области, а некоторой ограниченной области. В информатике и теории информационного поля для такой области существует понятие и модель, которую называют информационной ситуацией [22]. Информационная ситуация есть модель некоей области информационного поля, в которой информационные процессы оказывают существенное влияние на исследуемую систему. С позиций синергетики информационная ситуация может быть рассмотрена как модель некоей области информационного поля, в которой синергетические информационные процессы оказывают существенное влияние на исследуемую систему. Такую ситуацию можно определить как информационная синергетическая ситуация.

Рассмотрим применение информационной синергетики на примере мехатроники. Мехатроника трактуется как область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами. Считается, что такое объединение обеспечивает проектирование и производство качественно новых механизмов, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. Утверждают, что объединение является «истинно мехатронным», когда оно образуют систему, обладающую принципиально но-

выми свойствами [23], которых не наблюдается у составляющих её частей. Фактически это не что иное, как эмерджентность сложной системы [24], перенесенная в область точной механики. Основной целью мехатроники является разработка принципиально новых функциональных узлов, блоков и модулей, реализующих двигательные функции, составляющие основу для подвижных интеллектуальных машин и систем [25]. Методология мехатроники основана на интеграции технологий, структурных элементов и процессов. Интеграция может осуществляться для объектов разной физической природы.

Представляет интерес перенос идей мехатроники в область информационного поля и информатики. В этом случае синергетическое объединение механических узлов заменяется синергетическим объединением информационных моделей, информационных ситуаций и программных компонент. При этом возникает необходимость применения методов семиотики – теории, исследующей свойства знаков и знаковых систем. Глобальные изменения в мировых производственных процессах создают запрос на исследования и углубление познания в областях производственной и промышленной информатики. Новые информационные технологии, которые появляются в рамках концепции «Industry 4.0» [26], позволяют провести дополнительные научные изыскания и внедрить новейшие разработки в производственные процессы. Среди этих технологий – цифровые двойники [21] и технологии, связанные с семиотикой [27].

Информационная синергетика является базисом интеграции информационных моделей и реальных систем. Используемая в синергетическом подходе модельная парадигма описывается отношениями:

реальные процессы → данные → информация → информационные процессы → знания → реальные синергетические процессы (1)

Эта модельная парадигма служит как для получения знаний, так и для генерирования новых технических решений. Входом для выражения (1) являются реальные процессы, выходом – также реальные процессы, ядром является информационная синергетика. Процесс, представленный выражением (1), есть циклический, саморазвивающийся процесс. Он дает представление об информационной синергетике и её продукционных возможностях и механизмах. В аспекте теории информационная синергетика работает на выявление порядка в хаосе локальных представлений и описаний и создает базис для системологии решений по преодолению информационного хаоса информационными методами (рисунок 1).

По аналогии со свойствами синергетики можно выделить шесть основных свойств информационной синергетики.

1. Позволяет описывать переход от сложного к простому и от простого к сложному, включая развивающиеся процессы и системы.
2. Выявляет и использует причинно-следственные связи: реальность – идеальность; идеальность – идеальность; идеальность – реальность.
3. Допускает для сложных систем, в том числе для информационных систем, несколько альтернативных путей развития и/или саморазвития при условии влияния информационного хаоса.
4. Создает новые принципы суперпозиции и информационного конструирования сложного из частей, построение сложных развивающихся структур из простых. Объединение структур не сводится к их простому сложению: имеет место проявление нелинейного информационного взаимодействия, создающего эффекты слабой и сильной эмерджентности.
5. Дает новый инструментарий для операций со сложными системами, основанный на создании и использовании информационного поля.
6. Раскрывает закономерности и условия протекания быстрых, лавинообразных процессов и процессов нелинейного, стимулирующего роста, развития, саморазвития в информационном поле.

Заключение

Синергетика проявляется в областях, для которых характерны интеграция наук и применение понятия «информационное поле». Синергетику в информационном поле можно назвать информационной синергетикой. Информационная синергетика описывает информационные процессы саморазвития и информационные взаимодействия элементов системы (систем) в информационном поле и ка-

чественные связи, связанные с этими процессами. Информационная синергетика – это синергетика аутопойезиса в информационном поле. Мета-отношения в информационном поле можно определить как инструмент синергетических процессов и отношения обобщения и абстракции, которые описывают синергетические процессы.

Список литературы

1. *Haken H.* Advanced Synergetics: Springer Ser. Synergetics (Vol. 20, 2nd ed.), printing (Springer, Berlin, Heidelberg). – 1987. – URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45553-7> (accessed: 20.06.21).
2. *Haken H.* Synergetics: Introduction and Advanced Topics (Vol. 1, 3rd ed.), printing (Springer, Berlin, Heidelberg). – 2004. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-10184-1_2 (accessed: 20.06.21).
3. *Kurdyumov S.P., Malinetskii G.G.* Prologue. Synergetics and system synthesis. Looking to the third millennium. – М.: Наука, 2002. – 420 p.
4. *Dombrovan T.* An introduction to linguistic synergetics. – Cambridge Scholars Publishing, 2018.
5. *Zabusky N.J.* Computational synergetics. – Pittsburgh university pa dept of mathematics and statistics, 1984.
6. *Frank T.D.* Determinisms of Behavior and Synergetics. In book: Synergetics. – 2020. – pp. 309–342. – DOI: 10.1007/978-1-0716-0421-2_695
7. *Tsvetkov V.Ya.* Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. – 2014. – № 8-1(80). – pp. 1416–1422.
8. *Müller S.C.* et al. (eds.). Complexity and Synergetics. Springer International Publishing AG. – 2018. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64334-2_1
9. *Haken H.* Can Synergetics Be of Use to Management Theory? In: Ulrich H., Probst G.J.B. (eds) Self-Organization and Management of Social Systems. Springer Series in Synergetics, vol 26. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1984. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-69762-3_3
10. *Цветков В.Я.* Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №1-3. – С. 455–456.
11. *Цветков В.Я.* Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 5(83). – С. 4–11.
12. *Болбаков Р.Г.* Информационные отношения противоборства в информационном поле // Славянский форум. – 2019. – № 4(26). – С. 32–40.
13. *Tsvetkov V.Ya.* Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence. – 2015. – № 4(8). – pp. 252–260.
14. *Елсуков П.Ю.* Анализ отношения и взаимодействия в информационном поле // Славянский форум. – 2019. – № 1(23). – С. 110–115.
15. *Tsvetkov V.Ya.* Information interaction // European researcher. – 2013. – № 11-1 (62). – С. 2573–2577.
16. *Номоконова О.Ю.* Информационная неопределенность в информационном взаимодействии // Славянский форум. – 2017. – №1(15). – С. 104–110.
17. *Цветков В.Я.* Анализ неявного знания // Перспективы науки и образования. – 2014. – №1 (7). – С. 56–60.
18. *Болбаков Р.Г.* Извлечение неявного знания. ИТ-стандарт. – 2021. №2 (27). – С. 18–13.
19. *Tsvetkov, V.Ya.* Metamodeling in the information field / V.Ya. Tsvetkov, S.V. Shaitura, A.M. Minitaeva, V.M. Feoktistova, Yu.P. Kozhaev, L.P. Belyu // Amazonia Investiga. – 2020. – vol. 9. – № 25. – pp. 395–402.
20. *Рогов И.Е.* Гранулированный анализ // Славянский форум. – 2020. – № 3(29). – С. 240–249.
21. *Rasheed A., San O. and Kvamsdal T.* Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective, in *IEEE Access*. – 2020. – vol. 8. – pp. 21980–22012. – doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970143.
22. *Цветков В.Я.* Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3(27). – С. 13–19.
23. *Подураев Ю.В.* Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.
24. *Болбаков Р.Г.* Эмерджентность сложных систем // Славянский форум. – 2019. – № 1(23). – С. 100–105.
25. *Tsvetkov V.Ya.* Conclusions of Intellectual Systems // Modeling of Artificial Intelligence. – 2014. – № 3 (3). – pp. 138–148.
26. *Lasi, H., Fettke, P., Kemper, HG. et al.* Industry 4.0. Bus Inf Syst Eng. – 2014. – vol 6. – pp. 239–242. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

27. *Osipov G.S., Panov A.I.* Синтез рационального поведения когнитивного семиотического агента в динамической среде // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2020. – №. 4. – С. 80–100.

References

1. *Haken H.* Advanced Synergetics: Springer Ser. Synergetics (Vol. 20, 2nd ed.), printing (Springer, Berlin, Heidelberg). – 1987. – URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45553-7> (accessed: 20.06.21).
2. *Haken H.* Synergetics: Introduction and Advanced Topics (Vol. 1, 3rd ed.), printing (Springer, Berlin, Heidelberg). – 2004. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-10184-1_2 (accessed: 20.06.21).
3. *Kurdyumov S.P., Malinetskii G.G.* Prologue. Synergetics and system synthesis. Looking to the third millennium. – М.: Nauka, 2002. – 420 p.
4. *Dombrovan T.* An introduction to linguistic synergetics. – Cambridge Scholars Publishing, 2018.
5. *Zabusky N.J.* Computational synergetics. – Pittsburgh university pa dept of mathematics and statistics, 1984.
6. *Frank T.D.* Determinisms of Behavior and Synergetics. In book: Synergetics. – 2020. – pp. 309–342. – DOI: 10.1007/978-1-0716-0421-2_695
7. *Tsvetkov V.Ya.* Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. – 2014. – № 8-1(80). – pp. 1416–1422.
8. *Müller S.C. et al. (eds.).* Complexity and Synergetics. Springer International Publishing AG. – 2018. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64334-2_1
9. *Haken H.* Can Synergetics Be of Use to Management Theory? In: Ulrich H., Probst G.J.B. (eds) Self-Organization and Management of Social Systems. Springer Series in Synergetics, vol 26. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1984. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-69762-3_3
10. *Tsvetkov V.Ya.* Informacionnoe pole i informacionnoe prostranstvo // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – №1-3. – S. 455–456.
11. *Tsvetkov V.Ya.* Informacionnye modeli ob'ektov, processov i situacij // Distancionnoe i virtual'noe obuchenie. – 2014. – № 5(83). – S. 4–11.
12. *Bolbakov R.G.* Informacionnye otnosheniya protivoborstva v informacionnom pole // Slavyanskij forum. – 2019. – № 4(26). – S. 32–40.
13. *Tsvetkov V.Ya.* Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence. – 2015. – № 4(8). – pp. 252–260.
14. *Elsukov P.Yu.* Analiz otnosheniya i vzaimodejstviya v informacionnom pole // Slavyanskij forum. – 2019. – № 1(23). – S. 110–115.
15. *Tsvetkov V.Ya.* Information interaction // European researcher. – 2013. – № 11-1 (62). – S. 2573–2577.
16. *Nomokonova O.Yu.* Informacionnaya neopredelennost' v informacionnom vzaimodejstvii // Slavyanskij forum. – 2017. – №1(15). – S. 104–110.
17. *Tsvetkov V.Ya.* Analiz neyavnogo znaniya // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2014. – №1 (7). – S. 56–60.
18. *Bolbakov R.G.* Izvlechenie neyavnogo znaniya. IT-standart. – 2021. – №2 (27). – S. 18–13.
19. *Tsvetkov, V.Ya.* Metamodelling in the information field / V.Ya. Tsvetkov, S.V. Shaitura, A.M. Minitaeva, V.M. Feoktistova, Yu.P. Kozhaev, L.P. Belyu // Amazonia Investiga. – 2020. – vol. 9. – № 25. – pp. 395–402.
20. *Rogov I.E.* Granulirovannyj analiz // Slavyanskij forum. – 2020. – № 3(29). – S. 240–249.
21. *Rasheed A., San O. and Kvamsdal T.* Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective, in *IEEE Access*. – 2020. – vol. 8. – pp. 21980–22012. – doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970143.
22. *Tsvetkov V.Ya.* Model' informacionnoj situacii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 3(27). – S. 13–19.
23. *Poduraev Yu.V.* Mekhatronika: osnovy, metody, primenenie: ucheb. posobie dlya studentov vuzov. – 2-e izd., ster. – М.: Mashinostroenie, 2007. – 256 s.
24. *Bolbakov R.G.* Emerdzhentnost' slozhnyh sistem // Slavyanskij forum. – 2019. – № 1(23). – S. 100–105.
25. *Tsvetkov V.Ya.* Conclusions of Intellectual Systems // Modeling of Artificial Intelligence. – 2014. – № 3 (3). – pp. 138–148.
26. *Lasi, H., Fettke, P., Kemper, HG. et al.* Industry 4.0. Bus Inf Syst Eng. – 2014. – vol 6. – pp. 239–242. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
27. *Osipov G.S., Panov A.I.* Sintez racional'nogo povedeniya kognitivnogo semioticheskogo agenta v dinamicheskoj srede // Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij. – 2020. – №. 4. – С. 80–100.