

ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ И ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ**Господинов Славейко Господинов¹,**доктор наук, профессор,
e-mail: sgospodinov@mail.bg,¹Университет архитектуры, строительства и геодезии, г. София, Болгария

Раскрываются особенности системной эволюции и трансформация понятия эмерджентности сложных систем. Исследуются принципы эволюции систем. С позиций эволюции описываются характеристики живых систем. Рассматриваются модели эволюционирующих систем, выделяются такие их особенности, как рекурсия, вариативность цели, многоцелевое управление, делимость. Отмечается, что немаловажное значение в анализе систем имеют структурное моделирование, латентный анализ, выявление неявных знаний. Показывается, что эволюция систем может привести к проявлению свойств эмерджентности. Дан анализ некоторых точек зрения на понятие эмерджентности. Раскрывается подход к рассмотрению материи как стратифицированной сущности, которая порождает эффект эмерджентности. Изучаются внутриординарные и трансординарные законы развития и эволюции систем. Проведенная систематизация и обобщение научных положений и точек зрения в области системной эволюции и эмерджентности сложных систем направлены на развитие методологического базиса в данной области знаний. Это может стать платформой для последующих научных исследований.

Ключевые слова: системный анализ, сложные системы, эмерджентность, эволюция, живые системы**EMERGENCE AND EVOLUTION OF SYSTEMS****Gospodinov S.G.¹,**Ph.D., Professor;
e-mail: sgospodinov@mail.bg,¹Architecture, Civil Engineering and Geodesy University, Sofia, Bulgaria

The article reveals the features of system evolution and the transformation of the concept of emergence of complex systems. The principles of systems evolution are investigated. The characteristics of living systems are described from the standpoint of evolution. Models of evolving systems are described, their features such as recursion, aim variability, multi-purpose management, divisibility are highlighted. It is noted that structural modeling, latent analysis and the identification of implicit knowledge are important in the analysis of systems. It is shown that the evolution of systems can lead to the manifestation of emergence properties. The analysis of some points of view on the concept of emergence is given. The approach to the consideration of matter as a stratified entity that generates the emergence effect is analyzed. Intra-ordinary and trans-ordinary laws of the development and evolution of systems are analyzed. The systematization and generalization of scientific positions and points of view in the field of system evolution and emergence of complex systems is aimed at developing a methodological basis in this area of knowledge. This can become a platform for further scientific research.

Keywords: system analysis, complex systems, emergence, evolution, living systems

DOI 10.21777/2500-2112-2022-1-91-97

Введение

В настоящее время продолжают развиваться методы анализа сложных систем [1]. В область сложных систем включают живые, социальные, сложные технические, сложные организационно-технические системы. Согласно теории сложных систем [1; 2], многие виды живых систем можно рассматривать как сложные системы. Таким образом, объектом системного анализа выступают реальные

объекты природы и общества, рассматриваемые как системы [3]. Сложными системами называют системы по ряду признаков:

- 1) нелинейность структуры [4];
- 2) нелинейность поведения системы [5];
- 3) наличие большого числа взаимно связанных и взаимодействующих между собой элементов.

Характерный пример – системы обработки больших данных [6];

- 4) недетерминизм и стохастичность;

5) возможность разбиения системы на подсистемы, цели функционирования которых подчинены общей цели системы. К этому признаку относится свойство эмерджентности;

- 6) сложность функций, выполняемых системой [7].

Термин «сложные системы» используют во многих областях, но не всегда обоснованно. Зачастую сложность является синонимом неопределенности, непонимания и неинтерпретируемости. Иными словами, это условная когнитивная сложность, связанная с восприятием субъекта, а не с независимой объективной сложностью системы.

Для живых систем, которые можно анализировать методами системного анализа, следует ввести термин «структурно определенные сложные живые системы» (далее – СОСЖС). Необходимо отметить определенный парадокс: все живые системы являются сложными. Введенный термин описывает относительно простые живые системы с такой структурой, которую можно описать с использованием системного анализа. По сути, данные системы являются наиболее простыми среди сложных живых систем. Примером СОСЖС являются биологические кластеры. Их сложность связана со сложностью кластеризации. Моделирование СОСЖС есть актуальная задача. Сложность СОСЖС связана с поведением, рекурсивностью, реактивностью и адаптивностью.

Особенности системной эволюции

Системный подход позволяет описывать и моделировать эволюцию систем. Системная эволюция имеет место для живых, технических, кибернетических и других систем. В области анализа систем наиболее общей теорией является теория сложных систем, которая включает вспомогательные направления, раскрывающие поведение сложных систем. Среди них следует отметить кибернетику, теорию игр, теорию искусственных нейронных сетей, синергетику, биоинформатику. Важное место занимают бихевиоризм, теория коллективного поведения, которая трансформируется в теорию мультиагентных систем [8].

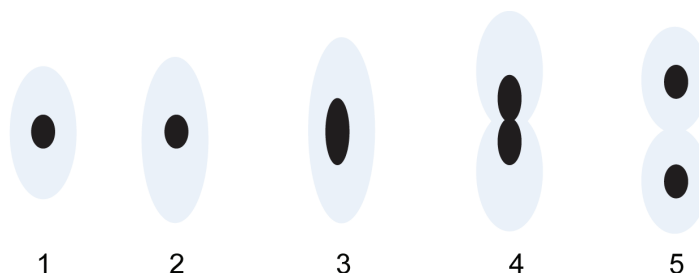
Немаловажное значение в теории сложных систем имеют структурное моделирование [9], латентный анализ [10], выявление неявных знаний [11]. Неявные знания рассматриваются как дополнительный ресурс развития. Кроме того, важным разделом современной теории сложных систем является раздел распределенных систем или сетей. Ядро теории составляют эмерджентизм [12] и самоорганизация [13]. Основу описания и анализа сложных систем составляют информационные модели.

К сложным искусственным системам относятся сложные информационные системы [14], организационно-технические системы, сложные технические системы [15], организационные системы, сложные технологические системы [16]. Уровень сложности систем может быть разным. Например, очень высокий уровень сложности имеют интеллектуальные транспортные системы и транспортные киберфизические системы [17–19]. По сравнению с такими системами прикладные информационные системы имеют более низкий уровень сложности. Классические способы снижения сложности – абстракция, декомпозиция, иерархия, иерархическая декомпозиция. При проектировании сложной системы важной задачей является создание не сложной системы, а системы с необходимым уровнем сложности.

Живые системы отличаются от искусственных поведением и развитием. К таким системам, в первую очередь, относятся биологические [20] и аутопоэтические системы [21], которые сами себя организуют и обладают способностью сохранять свою идентичность в окружающей их среде. При этом многие идеи и методы живых систем переносимы на искусственные системы. В системном моделировании часто системные принципы одних систем переносят на другие системы.

Модели эволюционирующих систем

Живые системы есть яркий пример эволюционирующих систем. Одно из их свойств – делимость как средство выживания. Живые системы называют делимыми, если они обладают этим свойством. Приведенные системы также называют субсидиарными, в которых принцип децентрализованного управления является инструментом развития и саморазвития. Делимость живых систем основана на рекурсивных моделях [22]. Процесс делимости живых систем схематично показан на рисунке. Рассмотрим этот процесс, используя понятие состояния.



Развитие живых систем на примере их состояний

Состояния системы на рисунке обозначены цифрами от 1 до 5. Под цифрой 1 показано исходное состояние системы. Система имеет ядро (черный овал) и занимает жизненное пространство (серый овал). Цифрой 2 обозначено последующее эволюционное состояние системы. Ядро в этом состоянии практически не изменилось, а сама система увеличилась и занимает большее жизненное пространство. В состоянии 3 система увеличилась, у нее появились внутренние ресурсы, за счет которых стало увеличиваться ядро системы. В состоянии 4 у системы формируются признаки разделения ядра и самой системы. Разделение ядра происходит на основе технологии клонирования. В состоянии 5 фактически сформированы две системы, аналогичные системе в состоянии 1.

Применительно к живым системам допустимо понятие алгоритма поведения и деления. Однако эти алгоритмы можно наблюдать, но смоделировать их формальными средствами очень сложно. Отметим основные характеристики живых систем [23]:

- 1) являются открытыми системами со многими входами;
- 2) обладают большой пропускной способностью в сравнении с техническими системами. Превращение энергетического обмена через их границы приводит к тому, что Л. Бриллюэн называет «смертью в заключении»;
- 3) имеют две основные индивидуальные цели: выживаемость во внешней среде; поддержка внутреннего режима существования;
- 4) обладают более высокой степенью адаптации по сравнению с техническими системами;
- 5) могут преобразовать пищу, энергию во внутренние ресурсы;
- 6) содержат материал, необходимый для жизни;
- 7) включают закодированный «план жизни» или «программу развития»;
- 8) имеют специальную подсистему, которая контролирует всю систему, вызывая взаимодействие ее подсистем и компонентов;
- 9) существуют только в определенной среде, что соответствует мягкому управлению такими системами.

Делимость во внешней среде является рекурсивной системной моделью живых систем – моделью для живых и неживых систем. Соответственно, ее можно рассматривать как обобщение системного моделирования для живых и неживых систем. Рекурсивность является свойством саморазвивающихся систем.

Развитие сложных технических и организационных систем можно рассматривать как согласование внутренних действий и устранение противоречий с внешней средой. Введем понятия «внутренняя сложность» и «внешняя сложность» системы. По мере развития системы возрастает ее внутренняя

сложность (состояния 2 и 3 на рисунке). Одним из способов преодоления внутренней сложности является ее делимость. По мере роста системы возрастает сложность ее взаимодействия с внешней средой, которая тормозит развитие системы и требует ресурсов на ее адаптацию.

Эмерджентность систем

Эмерджентность – известный термин, применяемый в философии и искусстве. Джордж Генри Льюис придал ему философский смысл в своей работе (1875) «Проблемы жизни и разума» [24]. Одна из трактовок эмерджентности звучит следующим образом: «Возникающие сущности или свойства, которые производятся из фундаментальных сущностей, но являются "новыми" или "неприводимыми" по отношению к первоисточнику». Например, говорят, что сознание является неотъемлемым свойством мозга, но не эквивалентно ему. Британские ученые конца XIX и начала XX вв., возможно, не были первыми, кто принял идеи эмерджентности, но они, безусловно, являлись первыми, кто разработал всеобъемлющую картину в данной области знаний. Большая часть защиты идеи эмерджентности в эту эпоху была сосредоточена на биологии. Следующий этап развития состоял в том, можно ли сводить основополагающие принципы эмерджентности биологии к наукам «нижнего уровня»: механике, физике, химии. Информатики тогда еще не было.

Ученые в области механики полагали, что жизненные процессы полностью управляются физико-химическими принципами. Они стремились разработать свой путь, избегая понятий жизненно важных веществ, но сохраняя концепции жизненных качеств, жизненного цикла для процессов и систем. Соединить химические и механические принципы эмерджентности пытался Дж. С. Милль [25]. Он исходил из того, что в какой бы степени мы не обладали знаниями о свойствах компонентов живого тела, никакое простое суммирование отдельных действий этих компонентов никогда не будет равносильно действию живого тела. Анализируя такие явления, он вводит понятие «гетеропатический эффект» и сопутствующий термин «гетеропатический закон». Эти понятия введены в качестве альтернативы гомопатическим эффектам и законам. Он делает это путем противопоставления двух режимов совместного действия причин, «механического» и «химического» режимов. Дж. С. Милль говорит о том, что суть механического режима заключается в том, что общий эффект нескольких причин, действующих совместно, идентичен тому, что было бы суммой эффектов каждой из причин, действующих в одиночку. Законы векторного сложения сил, такие как закон параллелограмма, являются для него примером парадигмы совместного действия в механическом режиме. Суммарное влияние двух сил F и G , действующих согласованно на частицу p , – это просто эффект F , действующий на p , за которым следует G , действующий на p . Подражая принципу «состава сил», действующему в физике, Дж. С. Милль назвал соответствующий принцип причин как «состав причин». В его терминологии влияние нескольких причин, возникающих в механическом режиме, в соответствии с «композицией причин» известно как «гомопатические эффекты». Законы, которые включают такие причинно-следственные связи между причинами и их последствиями, известны как «гомопатические законы».

Следует отметить исследования С.Д. Брода [26], который анализирует позицию механистов, представленную следующим образом. Есть один и только один вид материи. Каждая частица материи подчиняется одному элементарному закону поведения и продолжает делать это независимо от того, насколько сложной может быть система частиц, из которых она состоит. Существует один единый закон состава, связывающий поведение групп этих частиц как единое целое с поведением, которое каждая из них будет демонстрировать изолированно, и со структурой группы. Все, по-видимому, разные виды вещей – это просто по-разному расположенные группы разных чисел одного вида элементарной частицы, а все, по-видимому, своеобразные законы поведения являются просто частными случаями, которые теоретически могут быть выведены из структуры рассматриваемого целого, одного элементарного закона поведения для изолированных частиц и единого универсального закона состава. При таком взгляде внешний мир обладает наибольшим единством, которое только возможно. На самом деле существует только одна наука, а различные «особые науки» являются лишь частными ее случаями [26, с. 76].

Эмерджентисты являются монистами физической субстанции: «существует только фундаментально один вид материи». Однако они признают «совокупности [материи] разных порядков» – стра-

тификацию видов веществ, причем различные виды принадлежат разным категориям или уровням. Каждый уровень характеризуется определенными фундаментальными, неприводимыми свойствами, которые возникают из свойств более низкого уровня. Соответственно, существуют два типа законов:

1) «внутриординарные» законы, которые описывают взаимодействие между свойствами совокупностей одного порядка;

2) «трансординальные» законы, которые характеризуют появление свойств более высокого уровня от свойств более низкого уровня. Новые свойства определяются трансординальными законами, в которых они фигурируют. Каждое эмерджентное свойство появляется в результате, по крайней мере, одного трансординального закона, предшественником которого является некое свойство более низкого уровня.

Трансординальные законы – это то, что называют «возникающими законами», фундаментальными, неприводимыми законами, которые описывают синхронную некаузальную ковариацию эмерджентного свойства и его эмерджентной базы более низкого уровня.

На начальном этапе исследования системной эмерджентности сформировались две довольно разные точки зрения на принцип ее проявления: одна представлена Дж. С. Миллем и С.Д. Броудом, а другая – А. Самуэлем. Для Дж. С. Милля и С.Д. Брода эмерджентность связана с появлением причинных взаимодействий высокого уровня, которые являются дополнительными к взаимодействиям из базисных нижних уровней. Напротив, А. Самуэль [27] считает, что эмерджентность есть появление новых качеств и связанных с ними причинно-следственных связей высокого уровня, которые не могут быть прямо выражены в терминах базисных уровней и принципов.

Современный онтологический подход к эмерджентности состоит в том, что сложные компоненты не всегда являются аддитивными совокупностями простых компонент. Существуют страты или уровни объектов, основанные на возрастающей сложности. Каждый новый слой является следствием появления взаимодействующего ряда «новых качеств». Их новизна – не временная. Это совершенно новый тип свойств. Можно сказать, что возникновение эмерджентного свойства не определяется появлением базисных свойств и отношений частей объекта.

Эмерджентные свойства систем имеют фундаментальное значение. Они не сводятся к законам, характеризующим свойства системы на более низких уровнях сложности даже с учетом идеальной информации о граничных условиях. Поскольку возникающие свойства имеют не только признаки одного уровня, но и эффекты на более низких уровнях, то говорят о «детерминированной нисходящей причинности». Для сложных систем характерно многоцелевое управление [28]. Эмерджентность при многоцелевом управлении заключается в решении задачи выбора цели с новым положительным эффектом.

Заключение

Общим для многих точек зрения относительно эмерджентности является многослойный взгляд на природу. Согласно этой точке зрения, окружающий мир можно поделить на условные слои. Базовым слоем считается физика, за которой следуют химия, биология, психология и социология. Каждому уровню соответствует специальная наука, а уровни расположены с точки зрения возрастающей организационной сложности материи, причем нижний уровень представляет собой предельный случай, исследуемый фундаментальной наукой физики. По мере продвижения вверх по уровням науки становятся все более специализированными, имея дело только с меньшим набором все более сложных структур с отличительными характеристиками, которые находятся в центре внимания науки. Задача физики – исследовать фундаментальные свойства элементарных составляющих природы и законы, которые их характеризуют.

Для разных слоев по-разному проявляются свойства системной эмерджентности. Особое значение для объяснения эмерджентности имеют отношения (информационные) между уровнями.

Эмерджентность любой системы связана с рекурсивностью, самоорганизацией и стратификацией. Саморазвитие сложной системы приводит к эмерджентности, которую можно рассматривать как синергетический эффект.

Список литературы

1. *Sayata H.* Introduction to the modeling and analysis of complex systems. – New York: Open SUNY Textbooks: Milne Library: State University of New York at Geneseo, 2015. – 498 p.
2. *Месарович М., Такахага Н.* Общая теория систем: математические основы. – Москва: Мир, 1978. – 311 с.
3. *Цветков В.Я.* Теория систем: монография. – Москва: МАКС Пресс, 2018. – 88 с.
4. *Бутко Е.Я.* Системный подход в формировании структуры // Славянский форум. – 2017. – № 2. – С. 25–31.
5. *Булгаков С.В., Цветков В.Я.* Сложные системы: монография. – Москва: МАКС Пресс, 2019. – 184 с.
6. *Буравцев А.В., Цветков В.Я.* Облачные вычисления для больших геопространственных данных // Информатика и космос. – 2019. – № 3. – С. 110–115.
7. *Железняков В.А.* Уровни сложности информационных систем // Славянский форум. – 2015. – № 3. – С. 97–104.
8. *Розенберг И.Н., Цветков В.Я.* Применение мультиагентных систем в интеллектуальных логистических системах // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – № 6. – С. 107–109.
9. *Ожерельева Т.А.* Структурный анализ систем управления // Государственный советник. – 2015. – № 1. – С. 40–44.
10. *Collins L.M., Lanza S.T.* Latent class and latent transition analysis for the social, behavioral and health sciences. – New York: Wiley, 2010. – 330 p.
11. *Цветков В.Я.* Анализ неявного знания // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 56–60.
12. *Цветков В.Я.* Эмерджентизм // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 2-1. – С. 137–138.
13. *Эшби У.Р.* Принципы самоорганизации. – Москва: Мир, 1966. – 332 с.
14. *Цветков В.Я.* Прикладные системы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2005. – № 3. – С. 76–85.
15. *Цветков В.Я.* Сложные технические системы // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 3. – С. 86–92.
16. *Буравцев А.В.* Сложные технологические системы // Славянский форум. – 2017. – № 4. – С. 14–19.
17. *Vaheti R., Gill H.* Cyber-physical systems // The Impact of Control Technology. – 2011. – Vol. 12. – Pp. 161–166.
18. *Zhou J., Zhou Y., Wang B., Zang J.* Human-cyber-physical systems (HCPSs) in the context of new-generation intelligent manufacturing // Engineering. – 2019. – No. 5. – Pp. 624–636.
19. *Цветков В.Я.* Управление с применением киберфизических систем // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3. – С. 55–60.
20. *Camazine S., Deneubourg J.-L., Franks N.R., Sneyd J., Theraula G., Bonabeau E.* Self-organization in biological systems. – Princeton University Press, 2003. – 562 p.
21. *Luhmann N.* The autopoiesis of social systems // Sociocybernetic Paradoxes: Observation, Control and Evolution of Self-Steering Systems. – London: Sage, 1986. – P. 172–192.
22. *Титов Е.К.* Ситуационное вычисление и биоаналоги // Образовательные ресурсы и технологии. – 2021. – № 4. – С. 70–77.
23. *Боташева Т.Л., Черноситов А.В., Заводнов О.П., Гудзь Е.Б.* Общая теория систем: живые системы, основные понятия, закономерности функционирования // Медицинский вестник Юга России. – 2011. – № 2. – С. 51–56.
24. *Lewes G.H.* Problems of life and mind. – London: Kegan Paul: Trench: Turbner and Co, 1875. – Vol. 2.
25. *Mill J.S.* System of logic. – 8th ed. – London: Longmans, Green, Reader and Dyer, 1872.
26. *Broad C.D.* The mind and its place in nature. – London: Routledge & Kegan Paul, 1925.
27. *Samuel A.* Space, time and deity: the Gifford lectures at Glasgow (1916–1918). – London: Macmillan, 1920.
28. *Кужелев П.Д.* Интеллектуальное многоцелевое управление // Государственный советник. – 2014. – № 4. – С. 65–68.

References

1. *Sayama H.* Introduction to the modeling and analysis of complex systems. – New York: Open SUNY Textbooks: Milne Library: State University of New York at Geneseo, 2015. – 498 r.
2. *Mesarovich M., Takahara N.* Obshchaya teoriya sistem: matematicheskie osnovy. – Moskva: Mir, 1978. – 311 s.
3. *Cvetkov V.Ya.* Teoriya sistem: monografiya. – Moskva: MAKS Press, 2018. – 88 s.
4. *Butko E.Ya.* Sistemnyj podhod v formirovanii struktury // Slavyanskij forum. – 2017. – № 2. – С. 25–31.
5. *Bulgakov S.V., Cvetkov V.Ya.* Slozhnye sistemy: monografiya. – Moskva: MAKS Press, 2019. – 184 s.
6. *Buravcev A.V., Cvetkov V.Ya.* Oblachnye vychisleniya dlya bol'shih geoprostranstvennyh dannyh // Informaciya i kosmos. – 2019. – № 3. – S. 110–115.
7. *Zheleznyakov V.A.* Urovni slozhnosti informacionnyh sistem // Slavyanskij forum. – 2015. – № 3. – S. 97–104.
8. *Rozenberg I.N., Cvetkov V.Ya.* Primenenie mul'tiagentnyh sistem v intellektual'nyh logisticheskikh sistemah // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. – 2012. – № 6. – S. 107–109.
9. *Ozherel'eva T.A.* Strukturnyj analiz sistem upravleniya // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2015. – № 1. – S. 40–44.
10. *Collins L.M., Lanza S.T.* Latent class and latent transition analysis for the social, behavioral and health sciences. – New York: Wiley, 2010. – 330 r.
11. *Cvetkov V.Ya.* Analiz neyavnogo znaniya // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 1. – S. 56–60.
12. *Cvetkov V.Ya.* Emerdzhentizm // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2017. – № 2-1. – S. 137–138.
13. *Eshbi U.R.* Principy samoorganizacii. – Moskva: Mir, 1966. – 332 s.
14. *Cvetkov V.Ya.* Prikladnye sistemy // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos'emka. – 2005. – № 3. – S. 76–85.
15. *Cvetkov V.Ya.* Slozhnye tekhnicheskie sistemy // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2017. – № 3. – S. 86–92.
16. *Buravcev A.V.* Slozhnye tekhnologicheskie sistemy // Slavyanskij forum. – 2017. – № 4. – S. 14–19.
17. *Baheti R., Gill H.* Cyber-physical systems // The Impact of Control Technology. – 2011. – Vol. 12. – Pp. 161–166.
18. *Zhou J., Zhou Y., Wang B., Zang J.* Human-cyber-physical systems (HCPSs) in the context of new-generation intelligent manufacturing // Engineering. – 2019. – No. 5. – Pp. 624–636.
19. *Cvetkov V.Ya.* Upravlenie s primeneniem kiberfizicheskikh sistem // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 3. – С. 55–60.
20. *Camazine S., Deneubourg J.-L., Franks N.R., Sneyd J., Theraula G., Bonabeau E.* Self-organization in biological systems. – Princeton University Press, 2003. – 562 p.
21. *Luhmann N.* The autopoiesis of social systems // Sociocybernetic Paradoxes: Observation, Control and Evolution of Self-Steering Systems. – London: Sage, 1986. – P. 172–192.
22. *Titov E.K.* Situacionnoe vychislenie i bioanalogi // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2021. – № 4. – S. 70–77.
23. *Botasheva T.L., Chernositov A.V., Zavodnov O.P., Gudz' E.B.* Obshchaya teoriya sistem: zhivye sistemy, osnovnye ponyatiya, zakonomernosti funkcionirovaniya // Medicinskij vestnik Yuga Rossii. – 2011. – № 2. – S. 51–56.
24. *Lewes G.H.* Problems of life and mind. – London: Kegan Paul: Trench: Turbner and Co, 1875. – Vol. 2.
25. *Mill J.S.* System of logic. – 8th ed. – London: Longmans, Green, Reader and Dyer, 1872.
26. *Broad C.D.* The mind and its place in nature. – London: Routledge & Kegan Paul, 1925.
27. *Samuel A.* Space, time and deity: the Gifford lectures at Glasgow (1916–1918). – London: Macmillan, 1920.
28. *Kuzhelev P.D.* Intellektual'noe mnogocelevoe upravlenie // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2014. – № 4. – S. 65–68.