

and discovery), ed. Yu. L. Kozirackogo, Moscow, Radiotekhnika, 2013, 232 p.

3. **Druzhinin V. V., Kontorov A. S., Kontorov D. S.** Vvedenie v teoriyu konflikta (Introduction to the theory of conflict). Moscow, Radio i svyaz', 1989, 288 p. (in Russian)

4. **Suhorukov Yu. S., SHlyahin V. M.** Principy modelirovaniya dinamiki vzaimodej-stviya storon v usloviyah radiolokacionnogo konflikta (Principles of modelling the dynamics of interaction between the parties in terms of radar conflict). *Radiotekhnika*, 1992, no. 1–2 (in Russian).

5. **Budnikov S. A.** Ocenka veroyatnostnykh pokazatelej v konflikte informacionno-upravlyayushchih system (Estimation of probabilistic factors in the conflict management information systems), *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii*, 2009, no. 3 (37), pp. 27–31 (in Russian).

6. **Rad'ko N. M., Mokrousov A. N.** Dinamicheskaya model' raboty adaptirovannogo k pomekham radiosredstva s ispol'zovaniem setej Petri (A dynamic model adapted to noise radio resources using Petri nets), *Informatsiya i bezopasnost'*, 2009, no. 2, pp. 257–262 (in Russian).

7. **Semisoshenko M. A.** Upravlenie avtomatizirovannymi setyami dekametrovoj svyazi v usloviyah slozhnoj radioelektronnoy obstanovki (The management of the automated networks decimeter communication in complex electronic environment), Saint-Peterburg, VAS, 1997. 364 p. (in Russian).

8. **Gubanov D. A., Novikov D. A., Chkhartishvili A. G.** Social'nye seti: modeli in-formacionnogo vliyaniya, upravleniya i protivoborstva (Social networks: models of informational influence, control and confrontation), Ed. D. A. Novikov, Moscow, Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 2010, 228 p. (in Russian).

9. **Kocynyak M. A., Osadchij A. I., Kocynyak M. M., Laut O. S., Dement'ev V. E., Vasyukov D. Yu.** Obespechenie ustojchivosti informacionno-telekommunikacionnykh sistem v usloviyah informacionnogo protivoborstva (Sustainability information and telecommunication systems in the conditions of information warfare), Saint-Peterburg, LO CNIIS, 2015, 126 p. (in Russian).

10. **Vakulenko A. A., SHEvchuk V. I.** Matematicheskaya model' dinamiki konflikta radioelektronnykh sistem (A mathematical model of conflict dynamics electronic systems), *Radiotekhnika*, 2011, no. 1, pp. 56–59 (in Russian).

11. **Radzievskij V. G., Sirota A. A.** Informacionnoe obespechenie radioelektronnykh sistem v usloviyah konflikta

(Information support of electronic systems in conflict), Moscow, IPRZHR, 2001, 456 p. (in Russian).

12. **Andreeshchev I. A., Budnikov S. A., Gladkov A. V.** Polumarkovskaya model' ocenki konfliktnoj ustojchivosti informacionnoj infrastruktury (Semi-Markov model of conflict assessment the sustainability information infrastructure), *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Sistemnyy analiz i informacionnye tekhnologii*, 2017, no. 1, pp. 10–17 (in Russian).

13. **Vyalyh A. S., Vyalyh S. A., Sirota A. A.** Ocenka uyazvimosti informacionnoj si-stemy na osnove situacionnoj modeli dinamiki konflikta (Vulnerability assessment of information systems based on situational model of conflict dynamics), *Informacionnye tekhnologii*, 2012, no. 9, pp. 16–21 (in Russian).

14. **Algazinov E. K., Sirota A. A.** Analiz i komp'yuternoe modelirovanie in-formacionnykh processov i system (Analysis and computer modeling of information processes and systems). Ed. A. A. Siroty, Moscow, Dialog-MIFI, 2009. 416 p. (in Russian).

15. **Harel D.** Statecharts: a Visual Formalism for complex systems, *Science of Computer Programming*, 1987, vol. 8, pp. 231–274.

16. **Kolesov Yu. B., Senichenkov Yu. B.** Modelirovanie sistem. Dinamicheskie i gi-bridnye sistemy. Uchebnoe posobie. (Modeling of systems. Dynamic and hybrid systems. Textbook), Saint-Peterburg, BHV-Peterburg, 2012, 224 p. (in Russian).

17. **Shpakov V. M.** Situacionnye specifikacii imitacionnykh modelej gibrid-nykh reaktivnykh sistem (Situational specifications of simulation models of hybrid reactive systems), *Trudy SPIIRAN*, 2002, is. 1, vol. 2, pp. 212–222 (in Russian).

18. **Parijskaya E. Yu.** Sravnitel'nyy analiz matematicheskikh modelej i podhodov k modelirovaniyu i analizu nepreryvno-diskretnykh system (Comparative analysis of mathematical models and approaches to modeling and analysis of continuously-discrete systems), *Differencial'nye uravneniya i processy upravleniya*, 1997, no. 1, pp. 91–120 (in Russian).

19. **Kolmogorov A. N., Fomin S. V.** EHlementy teorii funkcej i funkcional'nogo analiza (Elements of the theory of functions and functional analysis). Moscow, Nauka, 1976, 544 p. (in Russian).

20. **Vysochanskij D. F., Petunin Yu. I.** Obosnovanie pravila Z-sigma dlya odnomo-dal'nykh raspredelenij (Rationale for the rule 3-sigma for odnodolnykh distributions), *Teoriya veroyatnostej i mat. statistika*, 1979, is. 21, pp. 23–35 (in Russian).

УДК 004.8

А. В. Буравцев, зам. директора, e-mail: mister_j@mail.ru,

Институт информационных технологий и автоматизированного проектирования,
Московский технологический университет (МИРЭА),

В. Я. Цветков, д-р техн. наук, проф., зам. руководителя, e-mail: cvj2@mail.ru,

Центр стратегического анализа и развития,

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации,
автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), Москва

Анализ структуры сложной организационно-технической системы

Выполнен анализ особенностей сложной организационно-технической системы и предложен метод по формированию ее структуры и иерархии. Показано место сложной организационно-технической системы в ряду сложных систем. Раскрываются содержание и особенности сложной организационно-технической системы. Отмечено включение когнитивных факторов в работу сложной организационно-технической системы. Описано применение дихотомического метода для построения структуры сложной организационно-технической системы. Дихотомический метод применен в сочетании с оппозиционным методом. Сочетание дихотомического и оппозиционного методов позволяет последовательно выделять качественные компоненты в виде структуры сложной системы. Дихотомический метод дополнен методом построения иерархий, основанном на теории графов.

Ключевые слова: системный анализ, сложная система, социальная система, сложная организационно-техническая система, аутопойезис, моделирование, структура системы, дихотомическое деление, моделирование иерархии

Введение

Системный подход рассматривается как научное направление, предметом которого является исследование объектов и систем [1, 2], включая анализ их структуры [3]. В современном понимании системный подход исследует материальные и абстрактные объекты различной сложности, масштаба и уровня вложенности, в основе описания которых можно применить понятие "система" [4]. Системный подход находит применение при решении разных задач от образования [5] до инновационной деятельности [6]. В широком смысле под системой понимают множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность и единство. Это множество обладает новым качеством, не присущим отдельным элементам [7]. Сложная организационно-техническая система является одной из форм реализации сложной системы [8]. Особенность этой системы — включение когнитивных и адаптивных аспектов в ее функционирование. Такую систему сложно проектировать из типовых элементов [9], поэтому поиск ее структуры и ее элементов осуществляется "сверху-вниз". Задачей системного подхода является нахождение этих элементов и связей между ними. Для решения такой задачи применяют различные методы и подходы. В данной работе для исследования структуры сложной организационно-технической системы применяется относительно новый дихотомический метод анализа [10, 11]. Еще одной особенностью сложной организационно-технической системы является потенциальная возможность ее саморазвития. Это можно выявить с применением предлагаемого дихотомического подхода.

1. Сложная организационно-техническая система как этап эволюции сложных систем

Для того чтобы определить место сложной организационно-технической системы среди сложных систем следует проанализировать эволюцию этих систем. Основой системного анализа является понятие сложной системы как некой абстракции и модели. Сложная система трактуется как совокупность частей и элементов, связей и отношений между ними [1, 7]. На практике абстрактных систем не существует и все реальные системы отличаются от абстрактной сложной системы. На рис. 1 дана схема эволюции сложных систем, в которую входит сложная организационно-техническая система. На примере этой схемы можно показать различие между системами, входящими в эту классификацию.

Прикладные системы отличаются большим разнообразием [12]. В простейшем понимании прикладная система — это техническая, инфор-

мационная или автоматизированная система, решающая конкретные задачи в предметной области. Прикладная система является не универсальной, а предметно-ориентированной. Теоретической основой прикладной системы является сложная система, в силу этого прикладная система обладает свойствами целостности, системности и эмерджентности. Частным случаем прикладной системы является техническая система.

Развитием прикладной системы является сложная техническая система (СТС) [13]. Сложная техническая система отличается от прикладной системы характеристикой "сложность". Это в первую очередь структурная сложность. В аспекте интеграции СТС иногда представляет собой интеграцию нескольких прикладных или технических систем, что дает основание рассматривать ее как "систему систем".

Сложная социальная система (ССС) может быть рассмотрена как общество или группы в обществе. Сложная социальная система представляет собой совокупность отдельных социальных групп, организаций, институтов. Ее части соединены между собой различными связями и образуют социальную структуру [14]. В сравнении с СТС эта система более варибельная и не детерминирована. Социальные системы по Луману это системы коммуникации, а общество — самая обширная социальная система. Будучи социальной системой, сегодняшнее общество является мировым сообществом [14].

Существует синтез двух последних рассмотренных систем, которые называют сложными социотехническими системами. Социотехнические системы в противоположность теориям технологического детерминизма и СТС, включающим одностороннее взаимодействие человека и техники, основываются на идее двухстороннего взаимодействия человека и техники. Некоторые информационные системы являются социотехническими. Другие (односторонняя обработка) являются техническими.

Сложная организационно-техническая система (СОТС) характеризуется включением организационного управления в работу сложной технической системы [8, 9]. Термин "сложная" отражает большой масштаб системы и возможное наличие различных видов сложности (структурной, функциональной, управленческой, потоковой) в срав-

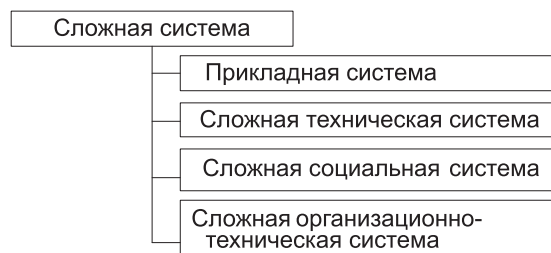


Рис. 1. Эволюция сложных систем

нении с прикладной системой или с технической системой. Сложная организационно-техническая система содержит характеристики социальных систем и поэтому теория социальных систем [15] может быть принята для нее с большей полнотой, чем для СТС.

Сложная организационно-техническая система характеризуется следующими основными признаками: зависимостью ее функционирования от когнитивного фактора; допустимой изменчивостью структуры во времени; изменяющимися во времени целями системы; необходимостью поддержания целостности и развития системы; множеством информационных ситуаций, которые могут не соответствовать запланированным ранее ситуациям. Признак "необходимость по поддержанию целостности и развития системы" требует применения аутопойезиса как механизма, обеспечивающего функционирование и жизнедеятельность системы. СОТС не является чисто интеллектуальной системой, но содержит интеллект. Эта система характеризуется следующими способностями:

- формировать, поддерживать и развивать внутреннюю субъективную информационную модель мира в категориях и понятиях, это свойство мультиагентных систем;
- извлекать знания и производить новые знания на основе кластеризации элементов, это свойство киберфизических систем;
- моделировать на основе правил;
- ресурсностью, т. е. возможностью обучаться на своем и чужом опыте;
- многоцелевым анализом и управлением;
- формировать собственные ресурсы;
- преобразовывать неявное знание в явное;
- выполнять качественный анализ принимаемых решений и качественную оценку последствий действий.

При наличии аутопойезиса [15] каждый элемент СОТС обладает внешним или внутренним интеллектом. То есть им можно управлять извне или на основе кластеризации (объединения внутреннего интеллекта) он создает новые правила принятия решений. Каждый элемент СОТС при наличии аутопойезиса может осуществлять информационное взаимодействие с другими элементами. Сообщество элементов может осуществлять взаимодействие с внешней средой. Каждый элемент системы способен к саморазвитию и кооперации с другими элементами системы.

Информационное взаимодействие между элементами в пределах системы и системы со средой носит неоднозначный характер. Информационное взаимодействие между элементами основано на принципе информационного соответствия [16]. Информационное взаимодействие между элементами и средой основано на принципе редукции [15].

Элементы СОТС с интеллектом и памятью с течением времени накапливают информацион-

ные отличия друг от друга и осуществляют самоорганизацию. При этом могут возникать новые целевые функции как результат саморазвития системы. Саморазвитие системы состоит в том, что первоначальные элементы могут быть через некоторое время заменены другими элементами. Наличие элементов системы с интеллектом и памятью создает механизм аутопойезиса и обеспечивает саморазвитие СОТС. Модификация элементов СОТС изменяет реакцию системы на воздействие внешней среды. Аутопойезис [15] является связующим звеном между теорией систем и теорией эволюции. В связи с этим за рубежом выделяют класс аутопойетических систем, к числу которых относится СОТС.

2. Структурное моделирование сложной организационно-технической системы

Построение структуры сложной системы представляет собой непростую задачу [3]. Наиболее известные технологии формирования структуры — системы IDEF и SADT. Однако они ориентированы на типовые бизнес-процессы. Такие технологии реализуют проектирование "снизу-вверх" и не всегда являются оптимальными.

Представляет интерес проектирование структуры "сверху-вниз" в соответствии с качественными признаками. Такую задачу можно решить методами дихотомического анализа [10, 11]. Рассмотрим для примера сложную систему, структурно содержащую несколько качеств. Несколько качеств — это характерный признак СОТС. Схематически такая система приведена на рис. 2.

Пересекающиеся подмножества соответствуют пересечению качеств или свойств. Построение структуры сводится к построению "чистых", не пересекающихся множеств. Формальная запись исходной системы имеет вид

$$Sys = F(M1, M2, M3). \quad (1)$$

Допустимо, что первичные подмножества $M1$, $M2$, $M3$ пересекаются. Они образуют смешанный уровень деления системы. В качестве методики деления используем оппозиционный подход [17, 18].

Пусть $a1$ однородная, не пересекающаяся с другими множествами часть множества $M1$, $a2$ —

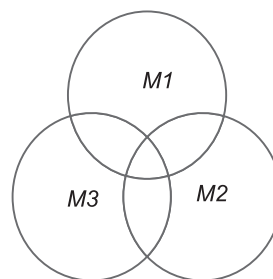


Рис. 2. Схематическое изображение СОТС как совокупности пересекающихся множеств

однородная часть множества $M2$, $a3$ — однородная часть множества $M3$. Дихотомическое деление системы Sys имеет вид

$$\begin{aligned}
 Sys &= a1 + \text{не } a1; \\
 \text{не } a1 &= a2 + (\text{не } a1) \& (\text{не } a2); \\
 (\text{не } a1) \& (\text{не } a2) &= a3 + (\text{не } a1) \& (\text{не } a2) \& (\text{не } a3)
 \end{aligned}$$

и т. д.

Структурно схема деления показана на рис. 3.

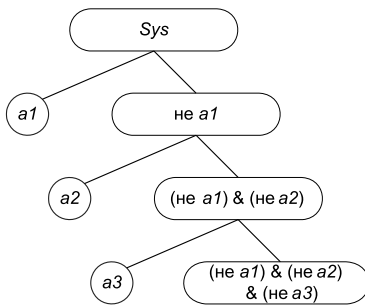


Рис. 3. Дихотомическое оппозиционное деление СОТС

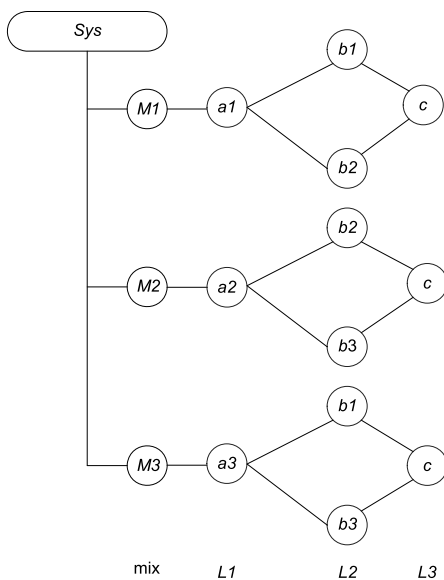


Рис. 4. Структура СОТС, полученная дихотомическим делением из системы на рис. 2

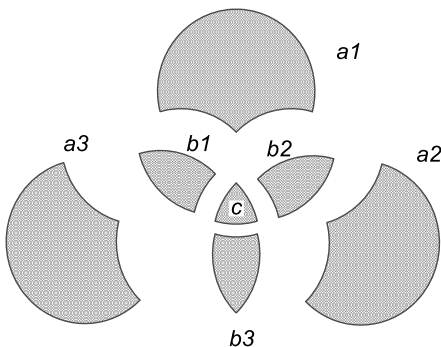


Рис. 5. Результат дихотомического деления системы, показанной на рис. 2, на чистые классы

Особенность выделенных частей системы $a1$ — $a3$ в том, что они однородны и содержат только одно качество. Оставшуюся часть $[(\text{не } a1) \& (\text{не } a2) \& (\text{не } a3)]$ можно продолжать делить подобным алгоритмом. Результат окончательного деления или структура системы представлена на рис. 4. На этом рисунке выделены уровни, которые содержат разное число качеств. Первый уровень $L1$ содержит одно качество, второй $L2$ — два, третий уровень $L3$ — три качества. Формально элементы структуры приведены в виде следующих выражений.

$$\begin{aligned}
 &\text{Первый уровень} \\
 a1 \subseteq M1, a2 \subseteq M2, a3 \subseteq M3; & \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Второй уровень} \\
 b1 = M1 \cap M3; b2 = M1 \cap M2; b3 = M3 \cap M2; & \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Третий уровень} \\
 c = M1 \cap M2 \cap M3. & \quad (4)
 \end{aligned}$$

Структурной схеме на рис. 4 будет соответствовать результат деления на рис. 5. При этом следует отметить, что элементы этих множеств будут обладать разными свойствами.

Элементы подмножеств первого уровня $L1$ обладают одним свойством или одним качеством: $a1 = f1(m1)$, $a2 = f2(m2)$, $a3 = f3(m3)$. Элементы подмножеств второго уровня $L2$ обладают двумя свойствами или двумя качествами: $b1 = f4(m1, m3)$, $b2 = f5(m1, m2)$, $b3 = f6(m2, m3)$. Элементы подмножества третьего уровня $L3$ обладают тремя свойствами или тремя качествами: $c = f4(m1, m2, m3)$.

3. Построение иерархии дихотомического деления

Построение структуры в виде сетевой модели не является завершением проектирования системы. Важным является построение иерархии в системе. Выше проводилось дихотомическое деление S на фрагменты. Пусть S обозначает граф произвольного вида, элементы которого отличаются какими-либо пометками, называемыми их именами. Граф Ps называется фрагментом графа S ($Ps \subseteq S$), если Ps образован подмножеством элементов графа S . Пусть F — иерархия фрагментов графа S .

Иерархия F представляет собой такое множество фрагментов графа Ps , что при $G \in F$ и для любых двух фрагментов Ps_1 и Ps_2 из F выполняется условие: либо фрагменты Ps_1 и Ps_2 не пересекаются, либо один из них является частью (подфрагментом) другого. Фрагмент S — основной фрагмент иерархии F . Фрагмент $Ps \in F$ — элементарный, если в F нет фрагментов S , являющихся подфрагментами фрагмента Ps . Для любых $Ps_1, Ps_2 \in F$ фрагмент Ps_1 — прямой подфрагмент Ps_2 (или, что то же самое, фрагмент, непосредствен-

но вложенный в Ps_2), если Ps_1 — подфрагмент Ps_2 и не существует такого $Ps_3 \in F$, отличного от Ps_1 и Ps_2 , что $Ps_1 \subseteq Ps_3 \subseteq Ps_2$.

На рис. 4 приведен пример структуры системы S , полученной после дихотомического деления. На рис. 6 приведены фрагменты Ps , входящие в S , полученные после дихотомического деления.

Используя правила, описанные выше, построим иерархию F . На рис. 7 приведена иерархия F системы S , построенная с учетом наличия фрагментов, показанных на рис. 5.

Построение иерархии является завершающим этапом структурного моделирования сложной организационно-технической системы.

Запись структуры СОТС может иметь два формальных описания: иерархическое и классификационное. Классификационное описание констатирует наличие "чистых подмножеств" как базиса системы (см. рис. 5):

$$Sys = Fk(a1, a2, a3, b1, b2, b3, c). \quad (5)$$

Классификационное описание имеет вид, констатирующий иерархическую вложенность и служит основой оценки структурной сложности

$$Sys = Fi(M1[a1, b1(c), b2(c)], M2[a2, b2(c), b3(c)], M3[a3, b1(c), b3(c)]). \quad (6)$$

Дихотомический анализ позволяет не только выявить классификационные признаки объекта СОТС, но и оценить ее сложность. Согласно дихотомии объекты можно разделять на группы "простые — сложные". Простым назовем объект, который имеет одноуровневое описание, например $a1$. Описание простого объекта получается линейным прохождением дерева разбора. Сложным назовем объект, первичные параметры которого включают вторичные параметры, например $b1(c)$. Вложенность параметров определяет уровень сложности. Для примера на рис. 4 и в выражении (6) уровень сложности равен 3. Это обусловлено тем, что подмножество $c = M1 \cap M2 \cap M3$ находится на третьем уровне иерархии.

Заключение

Модель системы на рис. 2 и последующий ее разбор дает основание говорить о такой системе как аутопойетической системе [15]. Это обусловлено наличием обратной связи, которую создает подмножество c . Наличие обратной связи создает механизм самоорганизации. Дихотомическое структурное моделирование СОТС использует принципы, лежащие в основе системного анализа [19]. Особенностью дихотомического структурного анализа является возможность указания в структурной модели множества зависимых и независимых частей и элементов. Это позволяет вы-

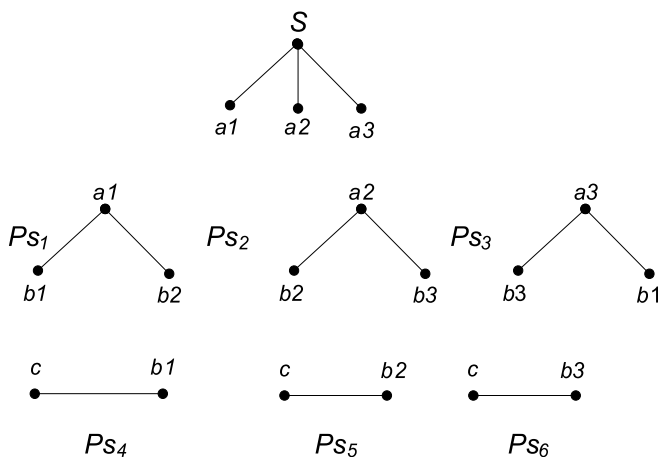


Рис. 6. Фрагменты S , полученные после дихотомического деления

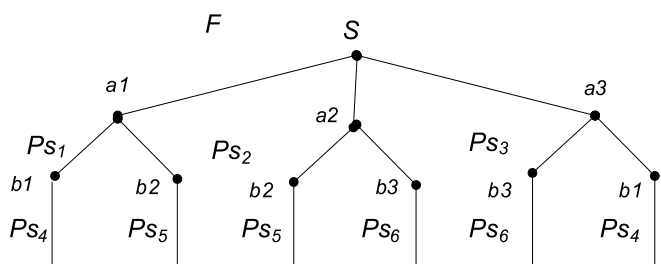


Рис. 7. Иерархия системы S , выраженная через графы фрагментов

являть не только структуру системы (см. рис. 4), но и строить иерархию такой системы (рис. 7). Дихотомический анализ можно рассматривать как направление развития системного анализа. Сложная организационная система является этапом развития сложных систем. Дальнейшим направлением исследования является подключение когнитивных моделей в схемы СОТС.

Список литературы

1. Месарович М., Такахара Н. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 311 с.
2. Кудж С. А. Системный подход // Славянский форум. 2014. № 1 (5). С. 252—257.
3. Бутко Е. Я. Системный подход в формировании структуры // Славянский форум. 2017. № 2 (16). С. 25—31.
4. Монахов С. В., Савиных В. П., Цветков В. Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. М.: Просвещение, 2005. 264 с.
5. Оболяева Н. М. Системный подход к анализу качества образования // Управление образованием: теория и практика. 2012. № 3. С. 101—105.
6. Ожерельева Т. А. Системный анализ пространственной инновации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 12. С. 116—120.
7. Кудж С. А. Многоаспектность рассмотрения сложных систем // Перспективы науки и образования. 2014. № 1. С. 38—43.
8. Тихонов А. Н., Иванников А. Д., Соловьев И. В., Цветков В. Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. М.: МаксПресс, 2010. 228 с.

9. **Корнаков А. Н.** Модель сложной организационно-технической системы // *Перспективы науки и образования*. 2015. № 2. С. 44—50.

10. **Цветков В. Я.** Дихотомический анализ сложности системы // *Перспективы науки и образования*. 2014. № 2. С. 15—20.

11. **Раев В. К.** Дихотомический метод уменьшения информационной неопределенности // *Перспективы науки и образования*. 2017. № 2 (26). С. 7—11.

12. **Цветков В. Я.** Прикладные системы // *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2005. № 3. С. 78—85.

13. **Воронин А. Н., Зиятдинов Ю. К., Харченко А. В.** Сложные технические и эргатические системы: методы исследования. Харьков: Факт, 1997. 240 с.

14. **Luhmann N.** The World Society as a Social System // *International Journal of General Systems*. 1982. Vol. 8, no. 3. P. 131—138.

15. **Luhmann N.** *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Frankfurt: Suhrkamp, 1984. (English translation: *Social Systems*, Stanford: Stanford University Press, 1995).

16. **Цветков В. Я.** Информационное соответствие // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 1—3. С. 454—455.

17. **Tsvetkov V. Ya.** Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // *World Applied Sciences Journal*. 2014. N. 30 (11). P. 1703—1706.

18. **Савиных В. П.** Оппозиционный анализ в информационном поле // *Славянский форум*, 2016. № 3 (13). С. 243—248.

19. **Цветков В. Я.** Решение проблем с использованием системного анализа // *Перспективы науки и образования*. 2015. № 1. С. 50—55.

A. V. Buravtsev, Deputy Director, e-mail: mister_j@mail.ru, Institute of Information Technologies and Computer-Aided Design, Moscow Technological University (MIREA), Moscow, 119454, Russia,
V. Ya. Tsvetkov, D. Sc., Professor, Center for strategic analysis and development, the deputy head, e-mail: cvj2@mail.ru, Research and Design Institute of Design Information, Automation and Communication on Railway Transport, Moscow, Russia

Analysis of the Structure of a Complex Organizational and Technical System

The article analyzes the properties of a complex organizational and technical system. The article offers a method of forming the structure and hierarchy of a complex organizational and technical system. Paper shows the place of a complex organizational and technical system in a number of complex systems. The article reveals the content and features of a complex organizational and technical system. The article notes the inclusion of cognitive factors in the work of a complex organizational and technical system. The article reveals the application of the dichotomous method for constructing the structure of a complex organizational and technical system. The dichotomous method is applied in combination with the opposition method. The combination of the dichotomous and oppositional method allows one to sequentially isolate the qualitative components in the form of a complex system structure. The dichotomous method is supplemented by the method of constructing hierarchies, which uses graph theory.

Ключевые слова: system analysis, complex system, social system, complex organizational and technical system, autopoiesis, modeling, system structure, dichotomous division, hierarchy modeling

References

1. **Mesarovic M., Takahara N.** *General theory of systems: mathematical foundations*, Moscow, Mir, 1978, 311 p. (in Russian).

2. **Kudzh S. A.** System approach, *Slavic Forum*, 2014, no. 1 (5), pp. 252—257 (in Russian).

3. **Butko E. Ya.** System approach in the formation of the structure, *Slavic Forum*, 2017, no. 2 (16), pp. 25—31 (in Russian).

4. **Monakhov S. V., Savinykh V. P., Tsvetkov V. Ya.** Methodology of analysis and design of complex information systems, Moscow, Enlightenment, 2005, 264 p. (in Russian).

5. **Obolyaeva N. M.** A Systems Approach to the Analysis of the Quality of Education, *Educational Management: Theory and Practice*, 2012, no. 3, pp. 101—105 (in Russian).

6. **Ozherelyeva T. A.** System analysis of spatial innovation, *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2013, no. 12, pp. 116—120 (in Russian).

7. **Kudzh S. A.** Multidimensionality of the consideration of complex systems, *Prospects of science and education*, 2014, no. 1, pp. 38—43 (in Russian).

8. **Tikhonov A. N., Ivannikov A. D., Solovyov I. V., Tsvetkov V. Ya.** Basics of managing a complex organizational and technical system. Information aspect. Moscow, MaxPress, 2010, 228 p. (in Russian).

9. **Kornakov A. N.** Model of a complex organizational and technical system, *Perspectives of science and education*, 2015, no. 2, pp. 44—50 (in Russian).

10. **Tsvetkov V. Ya.** Dichotomous analysis of the complexity of the system, *Perspectives of science and education*, 2014, no. 2, pp. 15—20 (in Russian).

11. **Raev V. K.** Dichotomous method of reducing information uncertainty, *Perspectives of science and education*, 2017, no. 2 (26), pp. 7—11 (in Russian).

12. **Tsvetkov V. Ya.** Applied systems, *News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*, 2005, no. 3, pp. 78—85 (in Russian).

13. **Voronin A. N., Ziatdinov Yu. K., Kharchenko A. V.** Complex technical and ergatic systems: research methods, Kharkov, Fact, 1997, 240 p. (in Russian).

14. **Luhmann N.** The World Society as a Social System, *International Journal of General Systems*, 1982, vol. 8, no. 3, pp. 131—138.

15. **Luhmann N.** *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Frankfurt: Suhrkamp, 1984. (English translation: *Social Systems*, Stanford: Stanford University Press, 1995).

16. **Tsvetkov V. Ya.** Information correspondence, *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2016, no. 1—3, pp. 454—455 (in Russian).

17. **Tsvetkov V. Ya.** Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis, *World Applied Sciences Journal*, 2014, vol. 30, no. 11, pp. 1703—1706 (in Russian).

18. **Savinykh V. P.** Opposition analysis in the information field, *Slavic Forum*, 2016, no. 3 (13), pp. 243—248 (in Russian).

19. **Tsvetkov V. Ya.** Solution of problems with the use of system analysis, *Prospects of science and education*, 2015, no. 1, pp. 50—55 (in Russian).