

Научная статья

УДК 004.000

<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-1-57-62>

Система принятия решений с разнотипными элементами

Владимир Ахатович Фатхи¹, Марина Александровна Ганжур²✉, Никита Владимирович Дьяченко³, Рамазан Муслимович Шабанов⁴

¹⁻⁴Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия, mganzhur@yandex.ru✉

Аннотация. Корпоративная среда, ориентированная в настоящее время на инклюзивность рабочего процесса, подразумевает объединение сотрудников из разных стран для достижения единой организационной цели. Трудности, возникающие в процессе ее достижения, могут быть обусловлены отсутствием достаточного опыта, или, напротив, прошлый опыт мешает принять решение. Для преодоления таких проблем важно разработать систему поддержки принятия решений, инструмент поддержки командных решений и информационную систему для руководителей. Информационная безопасность системы принятия решения осуществляется за счет моделирования элементов защиты системы, анализирующих целостность информации в процессе ее функционирования. Моделирование информационной безопасности базируется на методах обеспечения информационной безопасности на основе разгруппировки и создания подсистем с разнотипными данными. Данный метод обеспечивается графовой и гипографовой реализацией, которую можно преобразовать в матричный вид. Для понятийного аппарата используются правила вида «Если А, то В» и их аналоги. Описана модель функционирования системы принятия решений на основе мультиагентного подхода. Полученные результаты могут быть использованы в создании симуляторов и самих систем принятия решений в различных предметных областях. Путем разделения потоков данных на вычислительные и исполнительные выполняется разграничение типов данных и проводится более качественное моделирование всей системы в целом. Решение задачи максимального выполнения поставленных перед системой принятия решения целей может быть реализовано модифицированными сетевыми методами, такими как сети Маркова, сети Петри и др.

Ключевые слова: принятие решений, физический уровень, информационный уровень, элемент, вычислительная функция, исполнительная функция

Для цитирования: Фатхи В. А., Ганжур М. А., Дьяченко Н. В., Шабанов Р. М. Система принятия решений с разнотипными элементами // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 1 (73). С. 57–62. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-1-57-62>.

Original article

Decision-making system with different types of elements

Vladimir A. Fathi¹, Marina A. Ganzhur²✉, Nikita V. Dyachenko³, Ramazan M. Shabanov⁴

¹⁻⁴Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia, mganzhur@yandex.ru✉

Abstract. The corporate environment currently focused on the inclusive workflow, involves bringing together employees from different countries to achieve a common organizational goal. Difficulties that arise in the process of achieving it may be due to a lack of sufficient experience or, on the contrary, past experience interferes with making a decision. To overcome such problems, it is important to develop a decision support system, a team decision support tool and an information system for managers. The information security of the decision-making system is carried out by modeling the security elements of the system that analyze the integrity of information in the process of its operation. Information security modeling is based on information security methods based on ungrouping and creating subsystems with heterogeneous data. This method is provided by a graph and hypograph implementation, which can be converted to a matrix form. For the conceptual apparatus there are used the rules in the form “If A, then B” and their analogues. The model of functioning the decision-making system based on the multi-agent approach is described. The results obtained can be used in the creation of simulators and decision-making systems themselves in various subject areas. By separating data flows into computational and executive ones, data types are

distinguished and better modeling of the entire system is carried out. The solution of the problem of maximum fulfillment of the goals set for the decision-making system can be implemented by modified network methods, such as Markov nets, Petri nets, etc.

Keywords: decision making, physical layer, information layer, element, computational function, executive function

For citation: Fathi V. A., Ganzhur M. A., Dyachenko N. V., Shabanov R. M. Decision-making system with different types of elements. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2022;1 (73):57-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-1-57-62>.

Введение

Благодаря современной системе хранения данных в информационных системах имеется большой объем внутренних организационных данных. Однако не все доступные данные могут быть полезны для принятия решения.

Поток информации, поступающий через сеть Интернет, увеличивается с каждым днем. Лица, принимающие решения, должны следить за последней информацией, доступной в Интернете.

Все больше и больше деловых операций совершается в Интернете. Распространение электронной коммерции создало возможности, а также проблемы для лиц, принимающих решения.

Многонациональные компании сталкиваются со сценариями, когда лица, принимающие решения, могут находиться в разных странах мира. Каждый человек, принимающий решения, привносит свое собственное восприятие проблемы во время группового обсуждения. Таким образом, принятие решения посредством консенсуса затрудняется [1, 2]. В настоящее время корпоративная среда поощряет инклюзивный подход к решению задач, когда сотрудники из разных стран объединяются для достижения единой организационной цели, что усложняет процесс принятия решений [2–6]. Некоторые решения могут быть приостановлены из-за отсутствия опыта, в частности в области операций, а зачастую прошлый опыт мешает принять решение, и для определения «узких мест» требуется свежий взгляд на проблему.

Для преодоления таких препятствий важно разработать систему поддержки принятия решений, инструмент поддержки командных решений и информационную систему для руководителей.

$$P_{hl_e} = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ если } e - \text{ элемент информационного уровня} \\ 1, \text{ если } e - \text{ элемент физического уровня} \end{array} \right\}.$$

Функции, выполняемые элементами систем принятия решений, можно разделить на два типа:

- вычислительные;
- исполнительные.

Вычислительные функции позволяют выработать план действий, необходимых для выполнения задач. Исполнительные функции позволяют выполнить задачу, основываясь на плане, разработанном ранее. Таким образом, элементам информационного уровня присущи вычислительные

Материалы исследования

Рассмотрим предложенную авторами статьи систему принятия решений, состоящую из следующих элементов. $P = \{p_0, \dots, p_n\}$; $\forall e \in E$ – набор свойств при использовании данного множества: $P \neq \emptyset$. Элементы данного множества разнородны, тогда:

1. $P_i \subset P_j \Leftrightarrow p_i$ и p_j – характеризуются как количественные значения.
2. $P_i \subset P_j \Leftrightarrow p_j$ – расширяет и дополняет свойства, характеризующие элемент p_i .
3. $P_i \cap P_j = \emptyset \Leftrightarrow p_i$ и p_j – неоднородные, дающие нечеткое значение.

Свойства верны при разнесении их в пространстве $\forall p_i, p_j \in P, i \neq j \Rightarrow P_{con_i} = P_{con_j}$. следовательно, соотношение 3 выполняется только для элементов с нечеткими значениями. О количественных характеристиках, применимых к системам принятия решения при переводе нечетких значений в количественные различными математическими методами, упоминается в работах [7–9].

В работах [3, 4] данные в информационных системах рассматриваются как совокупность элементов различных (информационного и физического) уровней. Таким образом, можно говорить о существовании свойства, характеризующего принадлежность характеристик к информационному или физическому уровню на основе выполняемого элемента функций: $\forall p \in P \Rightarrow \exists P_{hl_e}$ – свойство, характеризующее принадлежность элемента e к физическому или информационному уровню:

функции, а элементам физического уровня – исполнительные. Можно говорить том, что элементы информационного уровня вырабатывают план, согласно которому элементы физического уровня выполняют поставленные задачи [10–15].

Любой элемент системы принятия решения может относиться только к одному уровню с точки зрения выполняемых функций. Таким образом, $P = P_{inf} \cup P_{phy}$, где P_{inf} – множество элементов ин-

формационного уровня ($P_{inf} = \{p \in P : P_{lvl_e} = 0\}$),
 P_{phy} – множество элементов физического уровня
 ($P_{phy} = \{p \in P : P_{lvl_e} = 1\}$).

Графически система принятия решения на основе различных уровней представлена на рис. 1.

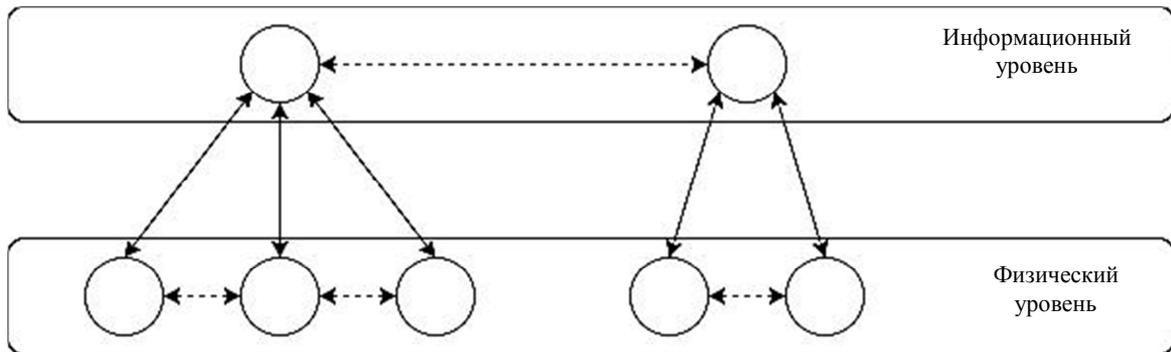


Рис. 1. Графическое представление системы принятия решения на основе физического и информационного уровня

Fig. 1. Graphical presentation of the decision making system based on physical and information layer

$\forall p_i, p_j \in P, i \neq j$ осуществляют ИВ $\Rightarrow \exists C_{ij}$ – устойчивый канал связи, где ИВ – информационное взаимодействие объектов; C – детерминированный канал связи.

В общем случае любой элемент физического уровня должен иметь устойчивый канал связи с одним из элементов информационного уровня, при этом необязательно у каждого элемента информационного уровня будет связь с физическим.

Так как $p_i \in P$, тогда $\forall p_j \in P, i \neq j$ и $\exists C_{ij} \Leftrightarrow p_j \in P_{nei_i}$, где P_{nei_i} – множество элементов, взаимодействие которых связано с элементом p_i и элементом, находящимся в связи с ним. Тогда $P_{nei_i} \subseteq P$. Если $P_{nei_i} = P$, то p_i может осуществ-

лять взаимодействие с любым элементом системы принятия решения. Если система принятия решений является полностью связной, то $|P| = \left| \bigcup_{i=0}^n P_{nei_i} \right|$, обратное неверно.

Основываясь на вышеприведенных тезисах, можно представить систему принятия решения в виде графа $G(P)$, где $\{p_i\}$ – множество вершин графа ($p_i \in P$); $\{C_{ij}\}$ – множество устойчивых каналов связи между $p_i, p_j \in P$.

Графическое представление графов приведено на рис. 2.

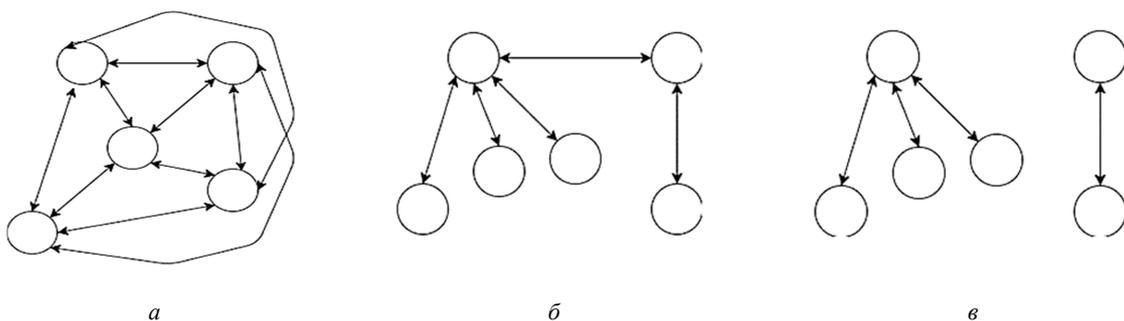


Рис. 2. Графы на основе простейших взаимодействий элементов системы принятия решения:
 а, б – графы на основе полностью связанных киберфизических систем;
 в – граф на основе киберфизической системы без полной связи

Fig. 2. Graphs based on the simplest interactions of elements of the decision-making system:
 а, б - graphs based on fully connected cyber-physical systems;
 в - graph based on cyber-physical system without full connection

Таким образом, если система принятия решений является полносвязной, то $G(P)$ является связным, т. е. $\forall p_i, p_j \in P, i \neq j \exists \langle p_i, p_j \rangle$ – путь от вершины p_i до вершины p_j , показанной на рис. 2 а, б. Однако не каждая система является полносвязной (рис. 2, в), т. к. не каждый элемент имеет прямую связь с другими элементами. При данных условиях можно констатировать наличие подсистемы.

$P_{sub} \subseteq P$ – подсистема системы принятия решения равносильна следующему выражению: $P_{sub} \neq \emptyset \forall p_i, p_j \in P_{sub}, i \neq j \exists p_i, p_j$, при этом $\exists \langle p_i, p_j \rangle \forall p_k \in P$ и $p_k \notin P_{sub}$.

Следовательно, $P = \bigcup_{sub=1}^k P_{sub}$, где k – количество подсистем системы принятия решений. Полносвязная система имеет только одну подсистему, состоящую из более сложных систем.

Заключение

Предлагается обобщенная модель функционирования киберфизической системы, определяются критерии выполнения задач и элементы киберфизической системы, рассматривается процесс функционирования системы. Модель защищенного информационного взаимодействия между элементами киберфизической системы позволяет оценить целостность информации во время работы самой системы. Модель защищенного информационного взаимодействия основана на двух основных методах: обеспечении информационной безопасности на основе социальных механизмов и методе временной централизации.

Метод обеспечения информационной безопасности, основанный на социальных механизмах, обеспечивает целостность на основе анализа поведения элементов системы и/или проверки данных с использованием приведенных методов.

Метод временной централизации представляет угрозу, поскольку позволяет решать проблемы в конкретных точках при использовании централизованного подхода, организующего информационные взаимодействия между элементами киберфизической системы, риск внедрения снижается в момент организации информационного взаимодействия.

Список источников

1. Rowstron A., Druschel P. Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems // IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing. Berlin: Heidelberg, Springer, 2001. P. 329–350.
2. Юдина М. А. Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества // Гос. упр. Электрон. вестн. 2017. № 60. С. 197–215.
3. Schollmeier R. A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications // Peer-to-Peer Computing, 2001. Proceedings. First International Conference on IEEE. 2001. P. 385–388. DOI: 10.1109/P2P.2001.990434.
4. Каляев И. А., Гайдук А. Р. Стайные принципы управления в группе объектов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 12. P. 27–38.
5. Добрынин А. П., Черных К. Ю., Курпьяновский В. П., Курпьяновский П. В., Синягов С. А. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 1. С. 4–11.
6. Santucci G. The internet of things: Between the revolution of the internet and the metamorphosis of objects // Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. 2010. P. 11–24.
7. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2005. 584 с.
8. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М.: Наука, 1983. 344 с.
9. Тьюхтин В. С. Отражение, системы, кибернетика. М.: Наука, 1972. 256 с.
10. Wayne W. Cyber-physical systems // Computer. 2009. N. 42 (3). P. 88–89.
11. Rajkumar R. R., Lee I., Sha L., Stankovic J. Cyber-physical systems: the next computing revolution // Proceedings of the 47th Design Automation Conference ACM (2010, June). P. 731–736. DOI: 10.1145/1837274.1837461.
12. Sha L., Gopalakrishnan S., Liu X., Wang Q. Cyber-physical systems: A new frontier // Sensor Networks, Ubiquitous and Trustworthy Computing, 2008. SUTC'08. IEEE International Conference on IEEE (2008, June). P. 1–9. DOI: 10.1109/SUTC.2008.85.
13. Ganzhur M. A., Ganzhur A. P., Smirnova O. V. Modeling of critical systems implementing negative events using dual Petri nets // MATEC Web of Conferences Volume 226 (2018), XIV International Scientific-Technical Conference “Dynamic of Technical Systems” (DTS-2018). URL: doi.org/10.1051/mateconf/201822604001 (дата обращения: 16.10.2021).
14. Зотов А. И., Ганжур М. А., Авакьянц А. В. Характеристика управленческой структуры и системы прохождения команд // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 58-3. С. 111–116
15. Marković N., Živanić J., Lazarević Z., Iričanin B. The Mathematical Model for Analysis and Evaluation of the Transient Process of the three-phase Asynchronous Machine Performance // Serbian Journal of Electrical Engineering (DTS-2018). URL: http://www.journal.ftn.kg.ac.rs/Vol_15-3/05-Markovic-Zivanic-Lazarevic-Iricanin.pdf (дата обращения: 16.10.2021).

References

1. Rowstron A., Druschel P. Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems. *IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2001. Pp. 329-350.
2. Iudina M. A. Industriia 4.0: perspektivy i vyzovy dlia obshchestva [Industry 4.0: prospects and challenges for society]. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyi vestnik*, 2017, no. 60, pp. 197-215.
3. Schollmeier R. A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications. *Peer-to-Peer Computing, 2001. Proceedings. First International Conference on IEEE*. 2001. Pp. 385-388. DOI: 10.1109/P2P.2001.990434.
4. Kaliaev I. A., Gaiduk A. R. Stainye printsipy upravleniia v grupe ob'ektov [Flock principles of control in group of objects]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie*, 2004, no. 12, pp. 27-38.
5. Dobrynin A. P., Chernykh K. Iu., Kupriianovskii V. P., Kupriianovskii P. V., Siniagov S. A. Tsifrovaia ekonomika – razlichnye puti k effektivnomu primeneniuiu tekhnologii (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA i drugie) [Digital economy: different approaches to effective application of technologies (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA, and others)]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 4-11.
6. Santucci G. The internet of things: Between the revolution of the internet and the metamorphosis of objects. *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*, 2010, pp. 11-24.
7. Novikov D. A. *Teoriia upravleniia organizatsionnymi sistemami* [Theory of management of organizational systems]. Moscow, Izd-vo Mosk. psikhol.-sots. in-ta, 2005. 584 p.
8. Viner N. *Kibernetika, ili upravlenie i sviaz' v zhivotnom i mashine* [Cybernetics, or control and communication in animal and machine]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 344 p.
9. Tiukhtin V. S. *Otrazhenie, sistemy, kibernetika* [Reflection, systems, cybernetics]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 256 p.
10. Wayne W. Cyber-physical systems. *Computer*, 2009, no. 42 (3), pp. 88-89.
11. Rajkumar R. R., Lee I., Sha L., Stankovic J. Cyber-physical systems: the next computing revolution. *Proceedings of the 47th Design Automation Conference ACM (2010, June)*. Pp. 731-736. DOI: 10.1145/1837274.1837461.
12. Sha L., Gopalakrishnan S., Liu X., Wang Q. Cyber-physical systems: A new frontier. *Sensor Networks, Ubiquitous and Trustworthy Computing, 2008. SUTC'08. IEEE International Conference on IEEE (2008, June)*. Pp. 1-9. DOI: 10.1109/SUTC.2008.85.
13. Ganzhur M. A., Ganzhur A. P., Smirnova O. V. Modeling of critical systems implementing negative events using dual Petri nets. *MATEC Web of Conferences Volume 226 (2018), XIV International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems" (DTS-2018)*. Available at: doi.org/10.1051/mateconf/201822604001 (accessed: 16.10.2021).
14. Zotov A. I., Ganzhur M. A., Avak'iants A. V. Kharakteristika upravlencheskoi struktury i sistemy prokhozhdeniia komand [Characteristics of management structure and command passing system]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniia*, 2018, no. 58-3, pp. 111-116.
15. Marković N., Živanić J., Lazarević Z., Iričanin B. The Mathematical Model for Analysis and Evaluation of the Transient Process of the three-phase Asynchronous Machine Performance. *Serbian Journal of Electrical Engineering (DTS-2018)*. Available at: http://www.journal.ftn.kg.ac.rs/Vol_15-3/05-Markovic-Zivanic-Lazarevic-Iricanin.pdf (accessed: 16.10.2021).

Статья поступила в редакцию 20.12.2021; одобрена после рецензирования 22.04.2022; принята к публикации 01.05.2022
The article is submitted 20.12.2021; approved after reviewing 22.04.2022; accepted for publication 01.05.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Владимир Ахатович Фатхи – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры вычислительных систем и информационной безопасности; Донской государственный технический университет; fatkhi@mail.ru

Марина Александровна Ганжур – старший преподаватель кафедры вычислительных систем и информационной безопасности; Донской государственный технический университет; mganzhur@yandex.ru

Vladimir A. Fathi – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Computing Systems and Information Security; Don State Technical University; fatkhi@mail.ru

Marina A. Ganzhur – Senior Lecturer of the Department of Computing Systems and Information Security; Don State Technical University; mganzhur@yandex.ru

Никита Владимирович Дьяченко – магистрант кафедры вычислительных систем и информационной безопасности; Донской государственный технический университет; nikita7890@yandex.ru

Nikita V. Dyachenko – Master’s Course Student of the Department of Computing Systems and Information Security; Don State Technical University; nikita7890@yandex.ru

Рамазан Муслимович Шабанов – аспирант кафедры вычислительных систем и информационной безопасности; Донской государственный технический университет; rreslin@gmail.com

Ramazan M. Shabanov – Postgraduate Student of the Department of Computing Systems and Information Security; Don State Technical University; rreslin@gmail.com

