

Информационные системы. Информатика. Проблемы информационной безопасности
Information systems. Computer sciences. Issues of information security

УДК 004.6

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-2-27-35>

EDN SRKXBR



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Логическая интеграция информационных систем на основе экспертных систем

Е.С. Шевцов,
Р.В. Шамин[@]

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия

[@] Автор для переписки, e-mail: roman@shamin.ru

Резюме

Цели. Целью статьи является разработка принципиальных основ для методов логической интеграции информационных систем (ИС) в организациях, а также получение количественной оценки топологической значимости процесса интеграции ИС.

Методы. Используются методы экспертных систем для логической интеграции информации, а также методы интеллектуального анализа данных из различных ИС. Для количественной оценки топологической значимости процедуры интеграции ИС используются методы теории графов, а для вычисления топологических инвариантов топологии взаимной связи ИС – методы дискретной топологии.

Результаты. Рассмотрены вопросы и проблемы интеграции ИС в крупных организациях, а также методы интеграции ИС, основанные на физическом и логическом принципах. Показаны сложности, которые возникают при физической интеграции ИС, и преимущества их интеграции на основе логических принципов. Установлено, что логическая интеграция обладает рядом важных достоинств, но при этом возникают новые проблемы, которые необходимо решать. Предложены схема логической интеграции ИС и алгебраический метод количественной оценки топологической значимости интеграции – важного числового показателя при логической интеграции ИС. Рассмотрены методы обучающихся экспертных систем для интеллектуального анализа данных. Использование экспертных систем является принципиальным решением для организации логической интеграции ИС.

Выводы. При интеграции ИС в организациях целесообразно использовать логическую интеграцию, сохраняющую логику отдельных ИС. Применение логической интеграции позволяет проводить интеллектуальный анализ данных, используя различные ИС. Использование экспертных систем при логической интеграции дает возможность создать новый логический слой для осуществления поддержки принятия решений в организации.

Ключевые слова: информационные системы, интеграция систем, экспертные системы, интеллектуальный анализ данных, топология информационных систем

• Поступила: 11.03.2024 • Доработана: 05.07.2024 • Принята к опубликованию: 31.01.2025

Для цитирования: Шевцов Е.С., Шамин Р.В. Логическая интеграция информационных систем на основе экспертных систем. *Russian Technological Journal*. 2025;13(2):27–35. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-2-27-35>, <https://elibrary.ru/SRKXBR>

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

RESEARCH ARTICLE

Logical integration of information systems based on expert systems

Evgeniy S. Shevtsov,
Roman V. Shamin[@]

MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia

[@] Corresponding author, e-mail: roman@shamin.ru

Abstract

Objectives. The study set out to develop fundamental methodological principles for the logical integration of information systems (IS) in organizations and to quantitatively assess the topological significance of the IS integration process.

Methods. Methods based on expert systems were used for the logical integration of information in conjunction with data-mining approaches based on various IS. In order to quantitatively assess the topological significance of the IS integration procedure, graph theory methods were used. Discrete topology methods were also employed for calculating the topological invariants of the IS interconnection topology.

Results. Issues and challenges involved in the integration of IS in large organizations are considered in terms of integration methods based on physical and logical principles. While IS integration approaches based on logical principles offer distinct advantages over physical integration approaches, new problems arising in the context of logical integration approaches require innovative solutions. The proposed scheme for the logical integration of IS includes an algebraic method for quantitatively assessing the topological significance of integration, comprising an important numerical indicator in the logical integration of IS. Methods based on learning expert systems, which represent a fundamental solution for organizing the logical integration of IS for intelligent data analysis, are reviewed.

Conclusions. When integrating IS in organizations, it is advisable to use a logical integration approach that preserves the logic of existing information systems. The application of logical integration enables intelligent data analysis using various IS. The use of expert systems in logical integration enables the creation of a new logical layer for providing decision support within the organization.

Keywords: information systems, systems integration, expert systems, data mining, information systems topology

• Submitted: 11.03.2024 • Revised: 05.07.2024 • Accepted: 31.01.2025

For citation: Shevtsov E.S., Shamin R.V. Logical integration of information systems based on expert systems. *Russian Technological Journal*. 2025;13(2):27–35. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-2-27-35>, <https://elibrary.ru/SRKXBR>

Financial disclosure: The authors have no financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация экономики и всех бизнес-процессов приводит к тому, что в организациях для принятия решений все больше используются различные информационные системы (ИС), в которых хранится и обрабатывается основная информация о деятельности организации [1–3]. При этом ИС, как правило, имеют различное назначение и используют разные информационные технологии. Поскольку многие ИС являются взаимосвязанными, то возникает важная задача интеграции существующих ИС. Однако полномасштабная интеграция крупных ИС представляет собой сложную проблему [4–8]. Возникающие при этом сложности являются техническими, финансовыми и организационными. Кроме того, некоторые ИС не могут быть интегрированы, поскольку их объединение может нарушить правила информационной безопасности.

В статье предложен метод интеграции ИС на основе создания интеллектуальной информационной среды. Такой метод интеграции ИС является логической интеграцией.

Логическая интеграция ИС имеет ряд преимуществ перед полной интеграцией [9]. При ее реализации можно использовать различные методы интеллектуального анализа данных, позволяющие получать дополнительную (скрытую) информацию.

В работе предложено использовать обучающиеся экспертные системы для создания единого информационного поля в организации, что является новым логическим уровнем интеграции ИС.

1. МЕТОД ИНТЕГРАЦИИ ИС

Как правило, в организациях одновременно поддерживаются несколько ИС, которые связаны едиными информационными потоками. При этом характерной особенностью этих ИС является их взаимное пересечение по объектам, информация о которых хранится и обрабатывается в этих системах. Например, это работники организации, материальные объекты, клиенты и т.д. В силу объективных причин эти ИС создаются в разное время и с использованием различных технологий. При такой организации «системы ИС» возникает ряд проблем, связанных с целостностью информации, ее достоверностью, а также

появляются проблемы, связанные с нарушением правил информационной безопасности [10]. В этом случае возникает задача интеграции различных ИС в единую информационную платформу.

Методы интеграции ИС могут быть основаны на следующих принципах:

1. Физическая интеграция.
2. Интеграция на основе бизнес-логики.

Физическая интеграция ИС подразумевает создание ИС, которая должна выполнять функции объединяемых ИС. В этом случае необходимо производить рефакторинг структуры баз данных и логики всего программного обеспечения. Этот процесс может обеспечить полноценное объединение ИС, но такая процедура является очень трудоемкой, а в ряде случаев может быть сравнимой с созданием новой ИС [11].

Интеграцию ИС на основе бизнес-логики будем называть логической интеграцией ИС, понимая под этим не только объединение баз данных, но и создание единой логики объединения информации в различных ИС (рис. 1) [12, 13].

Интеграция ИС позволяет обеспечить единую логику объединенной ИС без существенных изменений архитектуры ИС [14, 15].

Логическая интеграция ИС имеет преимущества перед физическим объединением, к которым можно отнести следующие факторы:

1. Более низкая стоимость.
2. Сохранение разнообразия.
3. Технологическая разнородность.
4. Возможность обработки данных на более высоком уровне.

Использование единой логики при интеграции ИС основывается на использовании специальных протоколов для взаимной связи между существующими ИС. Разработка таких протоколов должна опираться на специально разработанный формальный язык [16].

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ ПРИ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ

При логической интеграции необходимо обеспечить механизмы взаимодействия между объединяемыми ИС. Это взаимодействие может быть описано формальным конечно-автоматным языком.

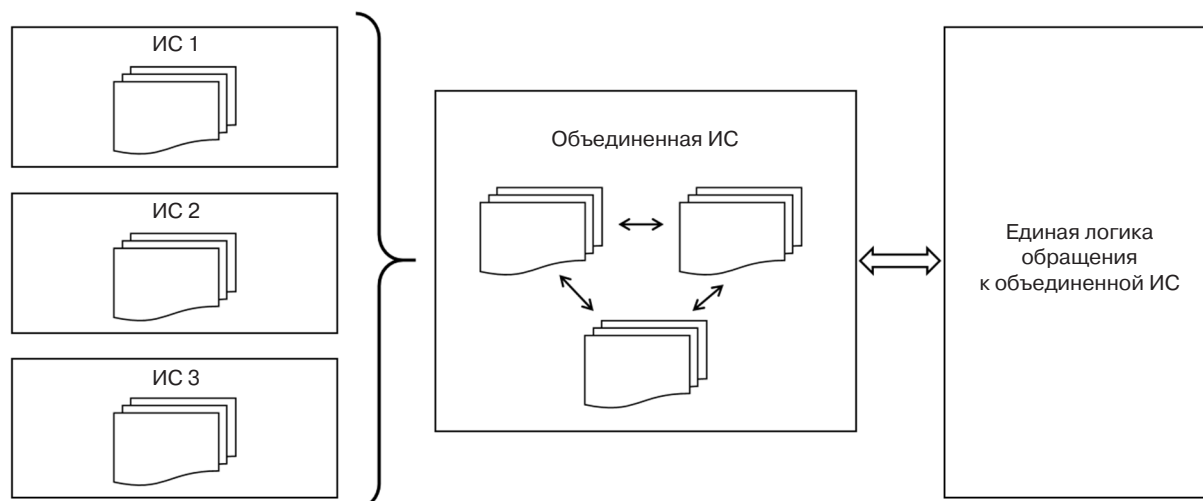


Рис. 1. Логическая интеграция ИС

Задача механизма взаимодействия состоит в том, чтобы обеспечить отображения объектов в одной ИС в объекты другой ИС. Основная трудность состоит в том, что отображаемые объекты могут иметь информационное пересечение. Например, в разных ИС может быть информация, относящаяся к работникам организации, но в разных системах эта информация может быть представлена различным образом. Кроме того, проблемой является, что разные информационные базы могут иметь различный масштаб при описании одних и тех же объектов.

Таким образом, при проектировании и реализации процедуры интеграции ИС одна из основных задач состоит в том, чтобы создать механизм логического отображения различных ИС. На рис. 2 представлена схема отображения объектов при логической интеграции.

При логическом отображении объектов в различных ИС целесообразно использовать интеллектуальную среду интеграции информационных объектов. Эта среда, используя методы семантической обработки информации, позволит реализовывать механизм отображения объектов в ИС.

3. ИЗМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИИ ВЗАИМОСВЯЗИ ИС В ОРГАНИЗАЦИИ

При интеграции различных ИС в организации возникает важный вопрос об изменении топологии взаимной связи этих систем. Дело в том, что для получения качественных изменений при интеграции ИС необходимо обеспечить изменения в топологии их взаимосвязи.

Топология взаимосвязи ИС описывается неориентированным графом, в котором вершины –

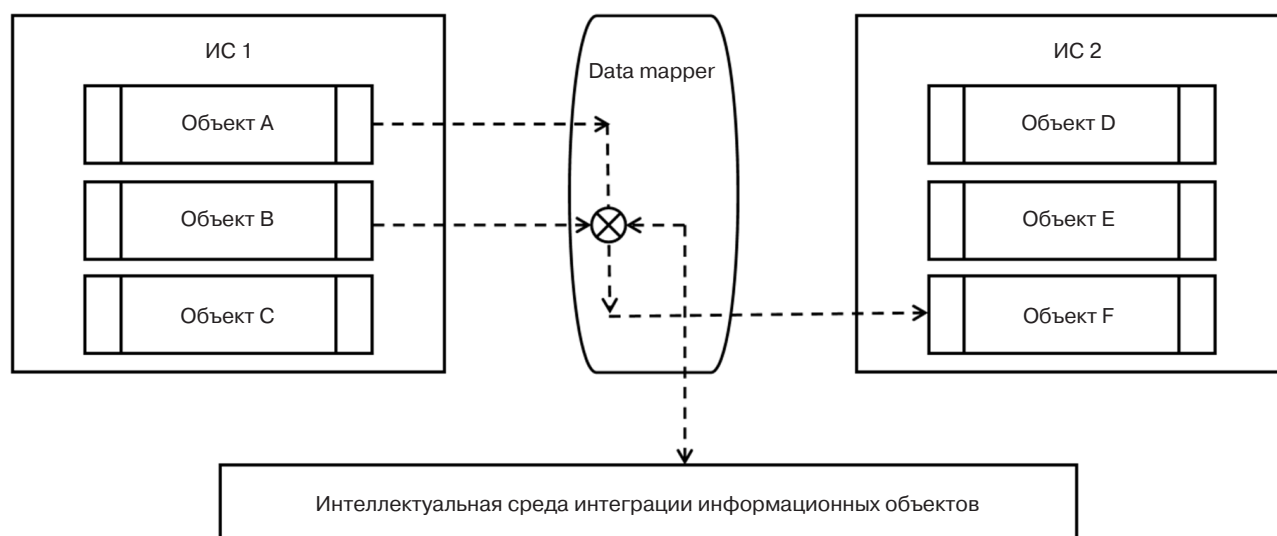


Рис. 2. Схема механизма логического отображения объектов.
Data Mapper – средство отображения данных

это отдельные ИС, а ребра – это информационные связи между системами [17]. Будем рассматривать именно неориентированные графы, поскольку для топологии сети ИС важно лишь наличие связи без учета направления потока. Дело в том, что даже однонаправленные потоки включают в себя не только поток данных, но и соответствующий запрос этих данных.

На рис. 3 приведен пример топологии связи ИС.

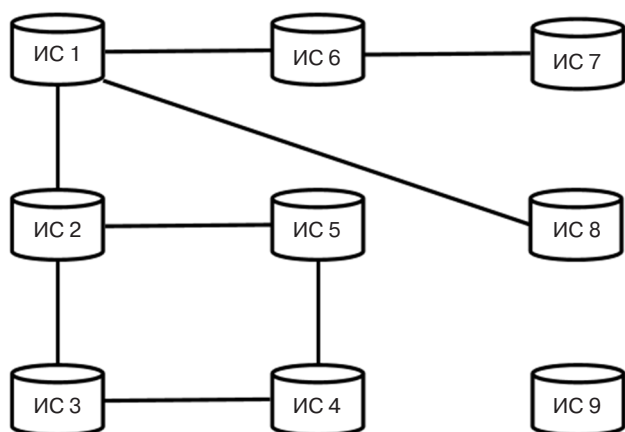


Рис. 3. Пример топологии связи ИС

В этом примере ИС с номерами 1–8 связаны информационными связями, а ИС с номером 9 не связана с другими ИС. Две ИС будем называть инцидентными, если между ними есть информационная связь.

Будем говорить, что две ИС S и P связны, если от S можно построить цепочку последовательно связанных ИС до P.

Вся сеть ИС может быть представлена компонентами связности. Каждая компонента связности представляет собой набор отдельных ИС, являющихся попарно связными.

Процесс интеграции ИС будем рассматривать как последовательную операцию объединения соседних вершин (инцидентных ИС). При этом объединенная ИС наследует все информационные связи объединенных вершин.

На рис. 4 показана топология ИС после объединения ИС:

$$\begin{aligned}
 [1, 2] &\rightarrow [1-2], \\
 [4, 5] &\rightarrow [5-4], \\
 [6, 7] &\rightarrow [6-7].
 \end{aligned}$$

Для того, чтобы отличать существенные изменения в топологии связи ИС будем использовать топологические инварианты. В качестве такого варианта рассмотрим фундаментальную группу для графа, описывающего топологию связи ИС. Фундаментальную группу определим как множество

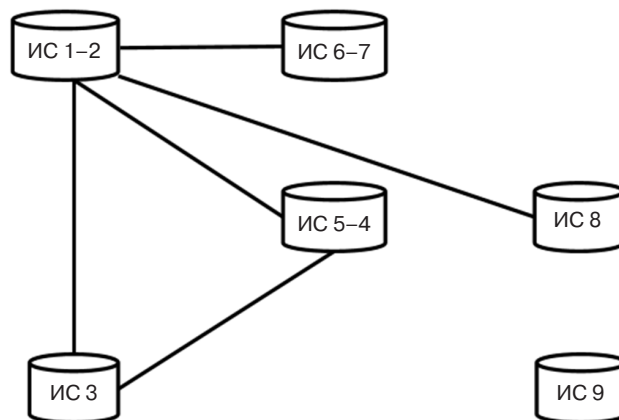


Рис. 4. Топология после объединения ИС

классов эквивалентности гомотопных петель в графе [18]. Для связной компоненты сети ИС фундаментальная группа определяет количество циклов. Если связный граф, представляющий топологию связи ИС, имеет N циклов, тогда фундаментальная группа изоморфна группе $\mathbb{Z}^N$ [19].

Наличие циклов в сети ИС организации говорит о необходимости интеграции ИС, поскольку при наличии циклов в сети информационных связей возникают угрозы неоднозначности представления информации при информационных запросах в организацию, т.к. возможны неоднозначные пути передачи информации между различными ИС.

При интеграции ИС не могут возникнуть новые циклы, но могут быть разомкнуты существующие циклы. На языке фундаментальных групп графа связи ИС это означает, что в процессе интеграции ИС происходит следующее изменение представления фундаментальных групп:

$$\mathbb{Z}^N \rightarrow \mathbb{Z}^{N-k}.$$

В этой трактовке можно определить топологическую значимость процедуры интеграции ИС как число k , на которое уменьшается степень фундаментальной группы.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИС

Логическая интеграция ИС в организации преследует различные цели, главная из которых состоит в том, чтобы создать единое информационное поле. Эта проблема не может быть решена с использованием «механических» методов, поскольку выборки из различных ИС необходимо привести к «общему знаменателю», чтобы было возможным получить однообразную информацию. Другая задача, которая возникает в связи с этим, состоит в том, чтобы получать дополнительную информацию о деятельности



Рис. 5. Схема использования экспертной системы

организации, основываясь на разнородной информации в различных ИС.

Для решения этих задач при логической интеграции ИС предлагается использовать обучаемые экспертные системы и базы знаний. В качестве предметной области базы знаний используются объекты, описываемые в ИС.

На рис. 5 представлена схема применения экспертной системы при логической интеграции ИС. Ключевым элементом предложенной схемы является использование маршрутизатора запросов к ИС и интеллектуальная среда интегрированных ИС. При логической интеграции ИС возникает интеллектуальная среда, которая способна предоставлять информацию из разных источников по входящему запросу для дальнейшей логической интеграции разнородной информации. Для определения ИС, к которым нужно сформировать информационные запросы, используется маршрутизатор запросов, который на основании отображении информации в разных ИС находит наиболее подходящие источники данных.

После осуществления логической интеграции информации из разных ИС формируется содержательный запрос к экспертной системе, которая, используя базу знаний, позволяет сформировать результат на полученный запрос [20, 21].

Архитектура экспертной системы зависит от характера объектов, описываемых ИС, а также от полноты информации для каждого объекта [22]. Общая

схема архитектуры экспертной системы и базы знаний представлена на рис. 6.

Архитектура экспертной системы включает в себя механизм для обучения по результатам работы, что позволяет совершенствовать процедуру Data mining (интеллектуальный анализ данных) по интегрированным данным.

На рис. 6 сплошными стрелками показан последовательный процесс вычисления и получения результата работы экспертной системы. Контурные стрелки показывают передачу данных для осуществления процедуры обучения экспертной системы. Штриховые стрелки показывают поток данных для экспертной системы из интегрированных ИС.

Принципиальным моментом является использование информационных квантов для представления интегрированной информации из ИС. Конкретная реализация процедуры представления данных в виде информационных квантов зависит от характера объектов в ИС и структуры их взаимодействия.

Для осуществления процесса обучения экспертной системы используется блок оценки результата. Этот блок может быть реализован с использованием обратной связи от пользователя экспертной системы либо быть реализован на основании оценки системой искусственного интеллекта. В случае, когда используется какой-либо метод искусственного интеллекта (нейронная сеть, байесовские сети, решающие деревья и т.д.), обучение может быть реализовано на основании методов машинного обучения с подкреплением [23].

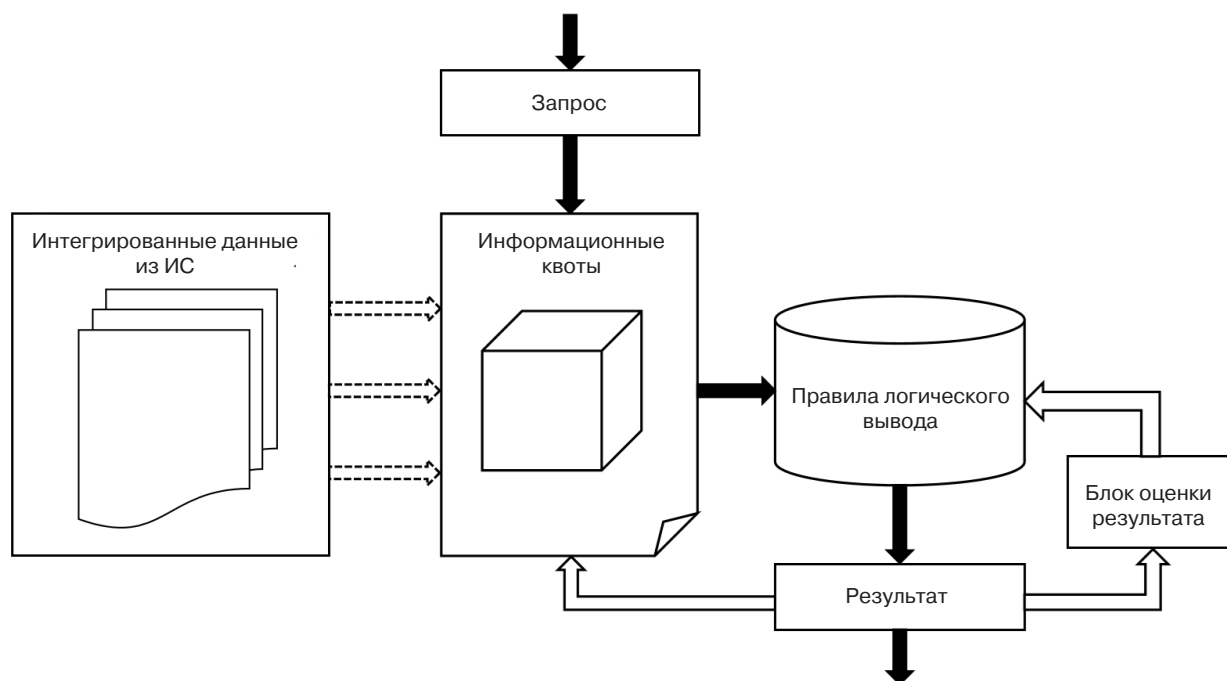


Рис. 6. Архитектура обучающейся экспертной системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены принципиальные вопросы интеграции ИС в организациях на основе интеллектуальных методов. Введено понятие логической интеграции ИС и показано, что использование логических методов интеграции позволяет осуществлять процедуры интеграции разнородных ИС.

Рассмотрены вопросы топологической значимости процедуры интеграции ИС.

Ключевым моментом для логической интеграции ИС и создания единой информационной среды является использование экспертной системы, запросы к которой позволяют оперировать интегрированными информационными потоками. Более того, экспертная система позволит реализовать интеллектуальный анализ данных.

В предложенной архитектуре экспертных систем заложены механизмы для обучения (самообучения) базы знаний экспертной системы, что дает возможность для совершенствования результатов интеграции ИС в организации.

Вклад авторов

Е.С. Шевцов – концептуальная модель интеграции информационных систем на основе создания интеллектуальной информационной среды.

Р.В. Шамин – математическая модель интеграции информационных систем на основе создания интеллектуальной информационной среды.

Authors' contributions

E.S. Shevtsov – conceptual model of integration of information systems based on the creation of an intelligent information environment.

R.V. Shamin – mathematical model of integration of information systems based on the creation of an intelligent information environment.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов Э.С., Клыков М.С., Рукин М.Д., Григорьев Н.П., Балалаева Т.И., Смуров А.В. *Информационная экономика*. М.: URSS; 2021. 286 с.
2. Калянов Г.Н., Лукинова О.В., Левочкина Г.А., Васильев Р.Б. *Стратегическое управление информационными системами*. М.: Просвещение/Бином; 2019. 510 с.
3. Прохоров А., Коник Л. *Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт*. М.: ООО «КомНьюс Групп»; 2019. 368 с.
4. Лойко В.И., Луценко Е.В., Орлов А.И. *Современная цифровая экономика*. Краснодар: КубГАУ; 2018. 508 с.
5. Чурсин А.А., Юдин А.В. *Киберэкономика в практике: создание радикально новой продукции в цифровую эпоху*. М.: Экономика; 2021. 301 с.
6. Белалова Г.А. Анализ методов интеграции информационных систем. *Цифровые модели и решения*. 2023;2(3):61–68.

7. Карев А.Н., Федосин С.А. Онтологический подход к интеграции информационных систем. *Перспективы науки*. 2023;168(9):26–29.
8. Беляев А.К., Критская С.Н. Интеграция информационных систем в действии. *Информационные технологии в УИС*. 2022;1:34–40.
9. Weber R.H., Burri M. *Classification of Services in the Digital Economy*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012. 144 p.
10. Бабаш А.В., Баранова Е.К. *Актуальные вопросы защиты информации*. М.: ИНФРА-М, РИОР Наука; 2023. 111 с. ISBN 978-5-36901-680-0
11. Мартин Р. *Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения*. СПб.: Питер; 2022. 352 с.
12. Черняк Л. Интеграция данных: синтаксис и семантика. *Открытые системы*. СУБД. 2009;10. URL: <https://www.osp.ru/os/2009/10/11170978>
13. Антамошин А.Н., Блинова О.В., Бобов А.В., Большаков А.А., Лобанов В.В., Кузнецова И.Н. *Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами*. М.: Горячая линия – Телеком; 2006. 160 с.
14. Норенков И.П. *Автоматизированные информационные системы*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2011. 344 с.
15. Мазепа Р.Б., Михайлов В.Ю. *Основы информационных технологий. Введение в процессы информационного взаимодействия*. М.: Вузовская книга; 2012. 60 с.
16. Магазов С.С. *Теория формальных языков. Регулярные языки*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2023. 52 с.
17. Харари Ф., Палмер Э. *Перечисление графов*: пер. с англ. М.: Мир; 1977. 328 с.
18. Фоменко А.Т., Фукс Д.Б. *Курс гомотопической топологии*. М.: URSS; 2024. 512 с.
19. Хатчер А. *Алгебраическая топология*: пер. с англ. М.: МЦНМО; 2011. 688 с.
20. Джарратано Дж., Райли Г. *Экспертные системы: принципы разработки и программирование*: пер. с англ. М.: ИД Вильямс; 2007. 1152 с.
21. Бодров О.А., Медведев Р.Е. *Предметно-ориентированные экономические информационные системы*. М.: Горячая линия – Телеком; 2013. 244 с.
22. Ручкин В.Н., Фулин В.А. *Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы*. СПб.: БХВ-Петербург; 2009. 224 с.
23. Sutton R.S., Barto A.G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 2018. 526 p.

REFERENCES

1. Spiridonov E.S., Klykov M.S., Rukin M.D., Grigoriev N.P., Balalaeva T.I., Smurov A.V. *Informatsionnaya ekonomika (Information Economy)*. Moscow: URSS; 2021. 286 p. (in Russ.).
2. Kalyanov G.N., Lukinova O.V., Levochkina G.A., Vasilev R.B. *Strategicheskoe upravlenie informatsionnymi sistemami (Strategic Management of Information Systems)*. Moscow: Prosveshchenie/Binom; 2019. 510 p. (in Russ.).
3. Prokhorov A., Konik L. *Tsifrovaya transformatsiya. Analiz, trendy, mirovoi opyt (Digital Transformation. Analysis, Trends, World Experience)*. Moscow: KomN'yus Grup; 2019. 368 p. (in Russ.).
4. Loiko V.I., Lutsenko E.V., Orlov A.I. *Sovremennaya tsifrovaya ekonomika (Modern Digital Economy)*. Krasnodar: KubSAU; 2018. 508 p. (in Russ.).
5. Chursin A.A., Yudin A.V. *Kiberekonomika v praktike: sozdanie radikal'no novoi produktsii v tsifrovuyu epokhu (Cybereconomics in Practice: Creating Radically New Products in the Digital Era)*. Moscow: Ekonomika; 2021. 301 p. (in Russ.).
6. Belalova G.A. Analysis of information systems integration methods. *Tsifrovye modeli i resheniya = Digital Models and Solutions*. 2023;2(3):61–68 (in Russ.).
7. Karev A.N., Fedosin S.A. Ontological approach to information systems integration. *Perspektivy nauki = Science Prospects*. 2023;168(9):26–29 (in Russ.).
8. Belyaev A.K., Kritskaya S.N. Integration of information systems in action. *Informatsionnye tekhnologii v UIS = Information Technologies in the Penal System*. 2022;1:34–40 (in Russ.).
9. Weber R.H., Burri M. *Classification of Services in the Digital Economy*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012. 144 p.
10. Babash A.V., Baranova E.K. *Aktual'nye voprosy zashchity informatsii (Current Issues of Information Security)*. Moscow: INFRA-M, RIOR Nauka; 2023. 111 p. (in Russ.). ISBN 978-5-36901-680-0
11. Martin R. *Chistaya arkhitektura. Iskustvo razrabotki programmnogo obespecheniya (Clean Architecture. The Art of Software Development)*. St. Petersburg: Piter; 2022. 352 p. (in Russ.).
12. Chernyak L. Data integration: syntax and semantics. *Otkrytye sistemy. SUBD = Open Systems. DBMS*. 2009;10 (in Russ.). Available from URL: <https://www.osp.ru/os/2009/10/11170978>
13. Antamoshin A.N., Bliznova O.V., Bobov A.V., Bolshakov A.A., Lobanov V.V., Kuznetsova I.N. *Intellektual'nye sistemy upravleniya organizatsionno-tekhnicheskimi sistemami (Intelligent Control Systems for Organizational and Technical Systems)*. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom; 2006. 160 p. (in Russ.).
14. Norenkov I.P. *Avtomatizirovannye informatsionnye sistemy (Automated Information Systems)*. Moscow: Bauman Press; 2011. 344 p. (in Russ.).
15. Mazepa R.B., Mikhailov V.Yu. *Osnovy informatsionnykh tekhnologii. Vvedenie v protsessy informatsionnogo vzaimodeistviya (Fundamentals of Information Technology. Introduction to Information Interaction Processes)*. Moscow: Vuzovskaya kniga; 2012. 60 p. (in Russ.).

16. Magazov S.S. *Teoriya formal'nykh yazykov. Regulyarnye yazyki (Theory of Formal Languages. Regular Languages)*: eBook. Moscow: Bauman Press; 2023. 52 p. (in Russ.).
17. Harary F., Palmer E. *Perechislenie grafov (Graphical Enumeration)*: transl. from Engl. Moscow: Mir; 1977. 328 p. (in Russ.). [Harary F., Palmer E. *Graphical Enumeration*. New York, London: Academic Press; 1973. 271 p.]
18. Fomenko A.T., Fuks D.B. *Kurs gomotopicheskoi topologii (Course on Homotopic Topology)*. Moscow: URSS; 2024. 512 p. (in Russ.).
19. Hatcher A. *Algebraicheskaya topologiya (Algebraic Topology)*: transl. from Engl. Moscow: MTsNMO; 2011. 688 p. (in Russ.). [Hatcher A. *Algebraic Topology*. Cambridge University Press; 2005. 556 p.]
20. Giarratano J., Riley G. *Ekspertnye sistemy: printsipy razrabotki i programmirovaniye (Expert Systems: Principles of Development and Programming)*: transl. from Engl. Moscow: Vil'yams; 2007. 1152 p. (in Russ.). [Giarratano J., Riley G. *Expert Systems: Principles and Programming*. Thomson Course Technology; 2005. 842 p.]
21. Bodrov O.A., Medvedev R.E. *Predmetno-orientirovannyye ekonomicheskiye informatsionnyye sistemy (Subject-Oriented Economic Information Systems)*. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom; 2013. 244 p. (in Russ.).
22. Ruchkin V.N., Fulin V.A. *Universal'nyi iskusstvennyi intellekt i ekspertnye sistemy (Universal Artificial Intelligence and Expert Systems)*. St. Petersburg: BKhV-Peterburg; 2009. 224 p. (in Russ.).
23. Sutton R.S., Barto A.G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 2018. 526 p.

Об авторах

Шевцов Евгений Сергеевич, аспирант, кафедра технологий искусственного интеллекта, Институт искусственного интеллекта, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: shevcov@mirea.ru. <http://orcid.org/0009-0007-8881-9406>

Шамин Роман Вячеславович, д.ф.-м.н., профессор, кафедра индустриального программирования, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: roman@shamin.ru. Scopus Author ID 6506250832, SPIN-код РИНЦ 8966-0169, <https://orcid.org/0000-0002-3198-7501>

About the authors

Evgeniy S. Shevtsov, Postgraduate Student, Department of Artificial Intelligence Technologies, Institute of Artificial Intelligence, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: shevcov@mirea.ru. <http://orcid.org/0009-0007-8881-9406>

Roman V. Shamin, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Department of Industrial Programming, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: roman@shamin.ru. Scopus Author ID 6506250832, RSCI SPIN-code 8966-0169, <https://orcid.org/0000-0002-3198-7501>