

Повышение эффективности работы строительной организации за счёт внедрения технологии нейронных сетей

© А.А. Маланова, М.В. Куклина

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. Искусственные нейронные сети представляют собой новую и весьма перспективную вычислительную технологию, которая даёт множество возможностей в разных областях науки, а особенно в таких областях, как физика, астрономия, информатика и экономика. В настоящей статье рассмотрены возможности применения искусственных нейронных сетей как инструмента повышения эффективности работы строительной организации. Отмечается, что данное исследование имеет особую актуальность для областей, в которых сложные процессы сопряжены с отсутствием возможности доступа к большим данным. Так, в подобных условиях сложного анализа инструмент искусственной нейронной сети способен объединить в едином информационном хранилище (базе знаний) разнообразные сведения в сфере строительства, а также подобрать рекомендации специалистов для пользователей с учётом их потребностей. При этом в данной работе сделан акцент на исследовании эффективности анализа малых данных на примере оценки лояльности клиентов. В результате проверки работы нейронная сеть показала повышенное качество управления проектированием и строительством объектов на всех этапах жизненного цикла строительства. Данное решение предоставит возможность частично или полностью заменить человека (специалиста-эксперта) при разрешении некоторой проблемной ситуации, что позволит обеспечить конкурентоспособность предприятия в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: строительная организация, нейронные сети, эффективность, экспертная система, строительный портал YOHOR.ru

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Грант №20-57-44002 Монг_а.

Improving the efficiency of the construction organization by introducing neural network technology

© Anastasia A. Malanova, Maria V. Kuklina

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. Artificial neural networks represent a new and very promising computational technology that provides many opportunities in various fields of science, especially in areas such as physics, astronomy, computer science and economics. The article discusses the possibilities of using artificial neural networks as a tool to improve the efficiency of a construction organization. The study is particularly relevant for areas where complex processes are associated with the lack of access to big data. Thus, in such complex analysis, the tool of the artificial neural network is able to combine in a single information store (knowledge base) a variety of information in the field of construction, as well as to choose the recommendations of specialists for users taking into account their needs. At the same time, the article focuses on the study of the effectiveness of small data analysis using the example of assessing customer loyalty. As a result of checking the work, the neural network showed an increased quality of design and construction management at all stages of the construction life cycle. This solution will provide an opportunity to partially or completely replace a person (specialist-expert) while resolving some problematic situation, which will ensure the competitiveness of the enterprise in the digital economy.

Keywords: construction organization, neural networks, efficiency, expert system, construction portal YOHOR.ru

Acknowledgements: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research. Grant №20-57-44002 Mong_a.

Введение

Экономика современного государства представляет собой многоотраслевой производственно-хозяйственный комплекс.

Особую роль в этом комплексе играет строительная отрасль.

На сегодняшний день строительные отрасли занимают особое место в мировой

экономике, а также считаются важным фактором экономического роста – источником инноваций и устойчивой занятости для национальных экономик стран-базирования [1].

Однако при общем положительном влиянии строительных компаний на экономику и развитие общества необходимо учитывать, что на данные компании имеют значительное влияние различные неблагоприятные факторы, как правило, внешней среды. Так, в связи с этим около 47 % компаний от всех новых организаций имеют жизненный цикл до пяти лет, и только около 20 % существуют на рынке более десяти лет [2]. В дополнение к этому стоит остановить внимание на том, что на сегодняшний день уровень конкуренции между компаниями сместился с местных рынков на глобальные.

В подобных условиях на смену традиционным статистическим методам анализа лояльности клиентов приходят эволюционные методы, основанные на использовании информационных технологий, искусственного интеллекта и инновационных методов моделирования процессов принятия решений, именно они привели к внедрению и популяризации искусственных нейронных сетей [3]. Стоит отметить, что популяризации искусственных нейронных сетей также способствовали трудности в описании и прогнозировании поведения компаний на современном рынке, и это связано со следующими факторами [4]:

- с глубокими и многочисленными отношениями составляющих элементов бизнес-аналитики;
- с многочисленными обратными связями, возникающими в результате частых причинно-следственных замкнутых цепочек.

В подобной ситуации динамическое описание бизнес-процессов как анализируемых систем возможно только при моделировании сложной (многоуровневой) системы (отношений между этой системой и её внешней средой) посредством искусственной нейронной сети [5]. Именно этот подход обеспечивает возможность полностью принимать во внимание нелинейности даже без учёта количества замкнутых контуров, присутствующих в самой системе, а также их сложные взаимодействия и баланс.

Материалы и методы

Повысить привлекательность портала YONOR.ru можно с помощью внедрения на сайте экспертной системы – базы знаний

специалистов в области строительства, которая в автоматизированном режиме осуществляла бы подбор необходимых клиенту строительных материалов, необходимых специалистов для оказания строительных услуг и ремонтных работ на основе выявленных потребностей, предпочтений, финансовых возможностей и целевых результатов.

Экспертная система (ЭС) – это программный комплекс, вычислительная система, в которую включены знания специалистов (экспертов) о некоторой узкой предметной области в форме базы знаний. Основная задача экспертной системы – принятие управленческого решения вместо специалиста в заданной области. Как правило, ЭС разрабатываются для решения практических задач в некоторых узкоспециализированных областях, где большую роль играют знания опытных экспертов. Экспертные системы применяются для решения только трудноразрешимых практических задач, если стоимость разработки и эксплуатации ЭС не превышает содержание штата людей-экспертов [6].

Экспертные системы должны обладать некоторыми специфическими характеристиками. Для своей работы экспертная система использует знания, которые она должна уметь сохранять в базе знаний (БЗ), извлекать и обрабатывать определённым образом для решения проблемы. Экспертная система должна полностью заменять эксперта-человека в какой-либо специфической области деятельности.

ЭС создаются при помощи языков программирования, поддерживающих программирование, основанное на правилах, например, Prolog и Lisp.

Все ЭС имеют сходную архитектуру, в основе которой лежит разделение знаний, заложенных в ЭС, и алгоритмов их обработки. Особенность архитектуры экспертной системы заключается в наличии в её структуре базы знаний, которую пользователь может открыть непосредственно или с помощью специального редактора, просмотреть и отредактировать [7].

В подобной системе вместо базы знаний будет использована обученная нейронная сеть, которая сможет оперировать недостоверными и неполными данными, субъективными представлениями клиентов, убирать «шум» – избыточную ненужную информацию, которая мешает работе экспертной системы.

Использование технологий нейронных сетей при создании экспертных систем позволяет делать такие системы самообучаемыми, самостоятельно получающими информацию из внешних источников, обрабатывающих и накапливающих её.

В классических системах экспертных систем и искусственного интеллекта обработка происходит последовательно (sequential), как и в традиционном программировании. Даже если порядок выполнения действий строго не определён (например, при сканировании правил и фактов в экспертных системах), операции всё равно выполняются пошагово. Такая последовательная обработка, скорее всего, объясняется последовательной природой естественных языков и логических заключений, а также структурой машины фон Неймана.

В отличие от них концепция обработки информации в нейронных сетях проистекает из принципа параллелизма (parallelism), который является источником их гибкости. Более того, параллелизм может быть массовым (сотни тысяч нейронов).

Если вычисления распределены между множеством нейронов, практически не важно, что состояние отдельных нейронов сети отличается от ожидаемого. Зашумленный или неполный входной сигнал всё равно можно распознать, повреждённая сеть может продолжать выполнять свои функции на удовлетворительном уровне, а обучение необязательно должно быть совершенным. Производительность сети в пределах некоторого диапазона снижается достаточно медленно. Кроме того, можно дополнительно повысить работоспособность сети через представление каждого свойства группой нейронов.

Нейронные сети – это параллельные распределённые процессоры, обладающие естественной способностью к обучению и работающие по принципу «снизу вверх» (bottom-up). Поэтому при решении создания экспертной системы, основанной на технологии нейронных сетей, целесообразно формировать структурированные модели на основе связей (structured connectionist models) или гибридные системы (hybrid system), объединяющие оба подхода.

Таким образом, для строительного портала YOHOR.ru экспертная система портала YOHOR.ru должна обеспечивать возможность формирования развёрнутых пояснений для клиентов, то есть должна отвечать на вопросы, почему предложено именно та-

кое решение, почему ему необходимы именно эти строительные материалы и работа специалистов.

Поиск обоснованных вариантов решения экспертной системой поставленной задачи заключается в выборе на каждом этапе рассуждения наиболее подходящего к этой ситуации набора правил из базы знаний и в последовательном применении выбранных правил. База знаний будет создаваться на основе экспертных мнений специалистов в области строительства, на основе опыта профессионалов, давно работающих на строительном рынке.

В экспертной системе, построенной с использованием механизмов нейронных сетей, механизм получения решений основан не только на системе правил и стандартизованных процедур, но и на прецедентах. Для этого следует составить «библиотеку ситуаций», которые могут возникнуть на различных этапах оценки строительного объекта, а также библиотеку материалов, специалистов, технологий, необходимых для создания, реконструкции или ремонта объекта.

При этом могут использоваться как ситуации, действительно имевшие место в реальной практике, так и синтезированные (синтетические) ситуации, которые могли бы возникнуть. С помощью экспертов каждая ситуация должна быть представлена в виде дерева, корнем которого является исходное состояние проблемы, вершины соответствуют различным состояниям, а дуги – проводимым операциям. Процесс принятия решения соотносится с перемещением по дугам от узла к узлу до достижения терминальных узлов, соответствующих окончанию решения проблемы. Этот процесс называют поиском в пространстве состояний. В тех случаях, когда процесс поиска может разветвляться, решение принимается на основании весовых коэффициентов, которые эксперты присвоили различным дугам.

В экспертную систему для строительного портала YOHOR.ru должны быть включены следующие подсистемы (табл. 1).

Вполне очевидно, что регулярный просмотр оценщиком хотя бы перечней данных, сосредоточенных в перечисленных базах данных и базах знаний, занимает слишком много времени. В связи с этим необходимо создание новых принципов обработки информации на каждом шаге выполнения стандартизованных процедур оценки. Технология обработки информации должна предусматривать выделение самых важных

задач и массивов данных для выполнения работ на данном шаге формализации в полуавтоматическом режиме, применение технологий нейронных самообучаемых систем.

Результаты

В отличие от большинства известных экспертных систем здесь необходимо использовать не совсем обычный набор вычислительных процедур, а также следующие возможности:

- системы логических операций с текстовой информацией, позволяющие отобрать определённые смысловые группы, необходимые для формализации данных из документов различного вида;
- выявление логических противоречий в системе текстовых данных;
- тематическая сортировка данных с их логическим анализом;
- сортировка графических данных различного вида;
- применение ГИС-технологий различного уровня для обработки картографической информации различного уровня;
- применение нейросетевых алгоритмов для реализации основных процедур оценки возможностей использования для конкретного случая технологий строительства,

строительных материалов и специалистов;

- поиск в базе данных портала YOHOR.ru строительных материалов, наиболее полно удовлетворяющих поставленной клиентом задаче;

- автоматическая оценка на портале YOHOR.ru уровня зарегистрированных специалистов на основе оценок клиентов, оценок экспертов, количества и качества выполненных работ.

Для разработки экспертной системы для портала YOHOR.ru необходимо следующее оборудование, программное обеспечение, инструменты:

- рабочие станции, мейнфреймы;
- веб-сервер;
- символические языки программирования высокого уровня, такие как LISP, программирование (LISP) и PRO грамматика еп LOG (PROLOG);
- мощные редакторы и инструменты отладки с несколькими окнами;
- язык программирования Java Expert System Shell (JESS), который предоставляет полностью разработанный Java API для создания экспертной системы;
- текстовые и графические редакторы, табличный процессор, средства обработки видеоинформации.

Таблица 1. Подсистемы экспертной системы строительного портала YOHOR.ru

Подсистема	Характеристика подсистемы
База знаний нормативно-правовых актов в строительной отрасли	База знаний, содержащая структурированные тексты кодексов и законов федерального уровня, регламентирующие отношения в сфере строительства, недвижимости и оценочной деятельности, от формирования объектов недвижимости различного вида до регистрации сделок с ними.
База знаний нормативно-правовых актов земельно-имущественных отношений	База знаний, включающая подзаконные акты федерального уровня, регламентирующие процедуры формирования объектов земельно-имущественных отношений, их вовлечения в рыночный оборот, оформление сделок и их подготовку к государственной регистрации.
База знаний нормативных документов местного уровня	База знаний, включающая нормативные документы местного уровня, регламентирующие особенности вовлечения объектов недвижимости различного вида в рыночный оборот с учётом местной специфики.
База знаний технологий строительства	База знаний, включающая различные технологии строительства малоэтажных зданий, помещений, ремонта и отделки помещений.
База знаний строительных материалов	База знаний, включающая набор существующих видов строительных материалов с распределением их весов по категориям: назначение, стоимость, надёжность, долговечность, комфортность и прочее.
База знаний специалистов	База знаний, включающая набор существующих видов специалистов в сфере архитектуры, дизайна, ремонта, строительства, отделки, ландшафтного дизайна и прочее.
База знаний оценок экспертов	База знаний, содержащая экспертные оценки нескольких экспертов с присвоением весовых коэффициентов строительным материалам, специалистам, технологиям строительства.
База знаний аналитических материалов	База знаний, включающая важнейшие положения из экспертных заключений и обобщающая аналитические материалы по возможностям строительства и ремонта различных объектов.

В таблице 2 рассчитаны капитальные затраты на разработку экспертной системы в функционировании портала YOHO.RU.

разработку экспертной системы для портала YOHO.RU должны составить 1 129,7 тыс. руб.

Совокупные капитальные затраты на

Таблица 2. Капитальные затраты на разработку экспертной системы

№	Затраты	Сумма затрат, руб.
1	Затраты на разработку системы (оплата труда специалистов вместе с социальными отчислениями)	685 347
2	Майнфрейм (кластер серверов)	250 000
3	Веб-сервер	55 000
4	Java Expert System Shell	35 520
5	Visual Prolog	12 000
6	Прочее ПО	38 000
7	Накладные расходы (5 % от всех затрат)	53793
	Итого	1 129 661

Составим прогноз доходов и расходов компании после внедрения экспертной системы и продвижения портала YOHO.RU. Доходы компании были рассчитаны в таблице 3, расходы – в таблице 4.

В первый год предполагается, что компания не выйдет на прибыль, так как затраты на инвестиции превысят прибыль предприятия.

Благодаря раскрутке и SEO-продвижению портала количество заказов на портале YOHO.RU будет возрастать, выручка будет увеличиваться (табл. 4).

Окупаемость инвестиций проекта

внедрения экспертной системы на портале YOHO.RU и его продвижение начнётся со второго года эксплуатации проекта.

Таким образом, расчёт капитальных затрат на разработку экспертной системы показал, что для совершенствования портала YOHO.RU совокупные капитальные затраты должны составить 1 129,7 тыс. руб. Проект окупится на второй год его реализации. Инновационный проект разработки и внедрения экспертной системы для портала YOHO.RU является выгодным и экономически целесообразным.

Таблица 3. План доходов и расходов компании в первый год реализации проекта, тыс. руб.

№	Показатель	Значение
1	Выручка от реализации проекта	4 622,55
2	Себестоимость продаж	4 852,22
3	Валовая прибыль	-229,67
4	Коммерческие расходы	506,00
5	Прибыль до налогообложения	-735,67
6	Налог на прибыль, 20 %	-
7	Чистая прибыль	-735,67

Таблица 4. План доходов и расходов на 2 и 3 год, тыс. руб.

№	Показатель	2 год	3 год
1	Выручка от реализации проекта	5547,06	6656,47
2	Себестоимость продаж	4 852,22	4 852,22
3	Валовая прибыль	694,84	1 804,25
4	Коммерческие расходы	506	506
5	Прибыль до налогообложения	188,84	1 298,25
6	Налог на прибыль, 20 %	37,77	259,65
7	Чистая прибыль	151,07	1 038,60

Заключение

Одним из направлений приложения автоматизированных систем и компьютерных технологий в строительстве является использование программных и технических

решений на базе нейронных сетей, которые, подобно биологическим, являются вычислительной системой с огромным числом параллельно функционирующих простых процессоров с множеством связей. Нейронные

сети могут менять своё поведение в зависимости от состояния окружающей их среды. Способность нейронных сетей к самообучению даёт возможность использовать их при создании программ и технологий ис-

кусственного интеллекта, экспертных систем, что в строительной отрасли позволит повысить качество управления проектированием и строительством объектов на всех этапах жизненного цикла строительства.

Библиографический список

1. Бабченко В.В. Исследования состояния строительной отрасли в Российской Федерации // Гуманитарные научные исследования. 2018. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://human.snauka.ru/2018/05/24961> (07.02.2021).
2. Галушкин А.И. Нейронные сети. Основы теории: монография. М.: Горячая Линия – Телеком, 2017. 496 с.
3. Bogatyreva M.V., Matveev N.V. KPI as market surrogate // International Conference on Research Paradigms Transformation in Social & Behavioural Sciences. 2018. P. 230–238. <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.12.29>
4. Kolmakov A.E., Leskinen M.I. «Junk» publications' market // International Conference on Research Paradigms Transformation in Social & Behavioural Sciences. 2018. P. 606–615. <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.12.74>
5. Zakharov S.V., Bovkun A.S., Vasiliev K.O. The functioning of small innovative enterprises created in partnership with state universities and natural persons // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies: Proceedings of the International Conference (St. Petersburg, 24–30 Sept. 2017). 2017. P. 32–33. <https://dx.doi.org/10.1109/ITMQIS.2017.8085754>
6. Nechaev A.S., Bovkun A.S., Zakharov S.V. Innovation management characteristics of industrial enterprises // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies: Proceedings of the International Conference (St. Petersburg, 24–30 Sept. 2017). 2017. P. 32–33. <https://dx.doi.org/10.1109/ITMQIS.2017.8085885>
7. Bovkun A., Korodyuk I. Analysis of the development of small innovative enterprises in the construction industry // Investments, Construction, Real Estate: New Technologies and Special-Purpose Development Priorities: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Irkutsk, 25 April 2019). 2019. Vol. 667. P. 1–8.
8. Skorobogatova Y.A., Bovkun A.S., Ivanov M.Yu., Shilova O.S. The role and place of small innovative enterprises in the construction industry in the modern economy of single-industry towns // Investments. Construction. Real Estate: New Technologies and Targeted Development Priorities-2020: International Scientific Conference (Irkutsk, 23–24 April 2020). 2020. Vol. 880. P. 1–6.
9. Kotelnikov N.V., Urazova N.G., Ohanova A.M. Hierarchy Analysis Method as Investment Decision Support Tool // Proceedings of the International Conference on Trends of Technologies and Innovations in Economic and Social Studies (Tomsk, 28–30 June 2017). 2017. <https://doi.org/10.2991/ttiess-17.2017.57>
10. Urazova N.G., Kotelnikov N.V. Intellectual Property Asset Assessment Methods // International Conference on Research Paradigms Transformation in Social Sciences. 2018. P. 1295–1302.
11. Urazova N.G., Kotelnikov N.V., Martynyuk A.V. Infrastructure project planning // Investments. Construction. Real Estate: New Technologies and Targeted Development Priorities-2020: International Scientific Conference (Irkutsk, 23–24 April 2020). 2020. Vol. 880. P. 1–10.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Маланова Анастасия Афанасьевна, студентка группы ИНБ-18-1, Институт высоких технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: w.w.w.nastyamalanova28@gmail.com

Anastasia A. Malanova, Student, Institute of High Technologies, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: w.w.w.nastyamalanova28@gmail.com

Куклина Мария Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры автоматизации и управления, Институт высоких технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: kuklina-kmv@yandex.ru

Maria V. Kuklina, Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of Automation and Control Department, Institute of High Technologies, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: kuklina-kmv@yandex.ru