

УДК 332

**М. В. Куклина**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,  
e-mail: kuklina-kmv@yandex.ru

**А. И. Лебер**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,  
e-mail: leberai@mail.ru

**А. М. Махакова**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,  
e-mail: ayunamahak@gmail.com

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Ключевые слова:** строительная отрасль, экономика, искусственный интеллект, нейронные сети.

На сегодняшний день строительные отрасли занимают особое место в мировой экономике. В настоящей статье говорится о современном состоянии строительной отрасли и повышении ее эффективности с помощью нейронных сетей и искусственного интеллекта. На смену традиционных статистических методов анализа лояльности клиентов приходят эволюционные методы, основанные на использовании информационных технологий. Так же стоит отметить, что в условиях глобальной конкуренции компаний и огромного масштаба знаний и информации, которые нуждаются в анализе и выводе решения, необходимо внедрение сети, которая позволит осуществить данные задачи в сжатые сроки. Так, в подобных условиях сложного анализа, инструмент искусственной нейронной сети способен объединить в едином информационном хранилище – базе знаний – разнообразные сведения в сфере строительства, подбирать рекомендации специалистов для пользователей с учетом их потребностей. Данное исследование акцентируется на том, что при помощи нейронных сетей будет возможность сохранения лояльности потребителя так, как сеть способна подстраиваться под окружающую среду. Данное решение позволит заменить частично или полностью человека (специалиста-эксперта) при разрешении некоторой проблемной ситуации.

**М. V. Kuklina**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: kuklina-kmv@yandex.ru

**A. I. Leber**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: leberai@mail.ru

**A. M. Makhakova**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: ayunamahak@gmail.com

## THE USE OF NEURAL NETWORKS TECHNOLOGY IN A CONSTRUCTION ORGANIZATION

**Keywords:** construction industry, economy, artificial intelligence, neural networks.

Today, the construction industry occupies a special place in the global economy. This article talks about the current state of the construction industry and improving its efficiency with the help of neural networks and artificial intelligence. The traditional statistical methods of analyzing customer loyalty are being replaced by evolutionary methods based on the use of information technology. It is also worth noting that in the conditions of global competition of companies and a huge scale of knowledge and information that need analysis and conclusion of a solution, it is necessary to introduce a network that will allow these tasks to be carried out in a short time. So, in such conditions of complex analysis, the artificial neural network tool is able to combine a variety of information in the field of construction in a single information repository – a knowledge base, and select recommendations from specialists for users taking into account their needs. This study focuses on the fact that with the help of neural networks, it will be possible to maintain consumer loyalty in the way that the network is able to adapt to the environment. This solution will allow you to partially or completely replace a person (expert specialist) when resolving some problematic situation.

## 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 ними около 47% от всех новых компаний 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 традиционных статистических методов 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 поспособствовали 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;

- 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 ее внешней средой) посредством искусственной нейронной сети [5]. Именно этот подход обеспечивает возможность полностью учитывать нелинейности, даже не учитывая количество

замкнутых контуров, присутствующих в самой системе, а также их сложные взаимодействия и баланс.

## Материалы и методы исследования

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 штат экспертов-людей [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 определенным 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 – наличие в ее 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 не нужна для работы экспертной системы.

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

В классических системах экспертных систем и искусственного интеллекта обработка происходит последовательно (sequential), как и в традиционном программировании. Даже если порядок выполнения действий строго не определен (например, при сканировании правил и фактов в экспертных системах), операции все 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 все равно можно распознать; поврежденная сеть может продолжать выполнять свои функции на удовлетворительном уровне, а обучение не обязательно должно быть совершенным. Производительность сети в пределах некоторого диапазона снижается достаточно медленно. Кроме того, можно дополнительно повысить работоспособность сети, представляя каждое свойство группой нейронов.

Нейронные сети – это параллельные распределенные процессоры, обладающие естественной способностью к обучению и работающие по принципу «снизу вверх» (bottom-up). Поэтому при решении создании экспертной системы, основанной на технологии нейронных сетей, целесообразно создавать 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 развернутых пояснений для клиентов, почему предложено именно такое 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 последовательное применение 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 необходимо составить «библиотеку ситуаций», которые могут возникнуть на различных этапах оценки строительного объекта и необходимых для его создания, реконструкции или ремонта материалов, специалистов, технологий.

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 соответствует перемещению 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 экспертной системе для строительного портала YOHOR.ru должны быть включены следующие подсистемы (таблица 1).

Таблица 1

Подсистемы экспертной системы строительного портала YONOR.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, оформления сделок и их подготовке 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 учетом 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, надежность, долговечность, комфортность и проч.
База знаний специалистов	База знаний, включающая набор существующих видов специалистов в сфере архитектуры, дизайна, ремонта, строительства, отделки, ландшафтного дизайна и проч.
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 обобщающих аналитических материалы по возможностям строительства и ремонта различных объектов

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 исследования и их обсуждение

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 определенные 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;

– применения 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 YONOR.ru строительных материалов, наиболее удовлетворяющих поставленной клиентом задаче;

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

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

- рабочие станции, мейнфреймы;

- веб-сервер;
- символические языки программирования высокого уровня, такие как LIS t Программирование (LISP) и PRO грамматика en 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.

В таблице 2 представлен расчет капитальные затраты на разработку экспертной системы в функционирование портала YOHOR.ru.

Совокупные капитальные затраты на разработку экспертной системы для портала YOHOR.ru должны составить 1 129,7 тыс.руб.

Составим прогноз доходов и расходов компании после внедрения экспертной системы и продвижения портала YOHOR.ru. Доходы компании были рассчитаны в таблице 3, расходы представлены в таблице 4.

**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

**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 года, 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

В первый год предполагается, что компания не выйдет на прибыльность, так как затраты на инвестиции превысят прибыльность предприятия. Благодаря раскрутке, SEO-продвижению портала, количество заказов на портале YOHO.ru будет возрастать и выручка увеличиваться (таблица 4).

Окупаемость инвестиций проекта внедрения экспертной системы на портале YOHO.ru и его продвижения начнется со второго года эксплуатации проекта.

Таким образом, расчет 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 2 год реализации проекта. Инновационный проект разработки и внедрения экспертной системы для портала YOHO.ru является выгодным и экономически целесообразным.

## 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 свое поведение в зависимости от состояния окружающей их среды. Способность нейронных сетей к самообучению позволяет использовать их при создании программ и технологий искусственного интеллекта, экспертных систем, что в строительной отрасли позволит повысить качество управления проектированием и строительством объектов на всех этапах жизненного цикла строительства.

## Библиографический список

1. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642.
2. Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 N 2227-р (ред. от 18.10.2019).
3. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика». Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 316 (ред. от 29.03.2020).
4. Стратегия развития промышленности строительных материалов Иркутской области на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, утверждена распоряжением Правительства Иркутской области от 22 февраля 2017 года.
5. Агарков А.П. Управление инновационной деятельностью. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К'», 2015.
6. Бабченко В.В. Исследования состояния строительной отрасли в Российской Федерации // Гуманитарные научные исследования. 2018.
7. Галушкин А.И. Нейронные сети. Основы теории. М.: Горячая Линия – Телеком, 2017.
8. Богатырева М.В., Матвеев Н.В. КПИ как суррогат рынка. Международная конференция по трансформации исследовательских парадигм в социальных науках // Европейские труды по социальным и поведенческим наукам. DOI: 10.15405/epsbs.2018.12.29.
9. Колмаков А.Е., Лескинен М.И. Рынок «барахла». Международная конференция по трансформации исследовательских парадигм в социальных науках // Европейские труды по социальным и поведенческим наукам. 2018. DOI: 10.15405/epsbs.2018.12.74.
10. Захаров С.В., Бовкун А.С., Васильев К.О. Функционирование малых инновационных предприятий, созданных в партнерстве с государственными вузами и физическими лицами: материалы Международной конференции 2017 г. «Менеджмент качества, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии», ИТ и QM и IS 2017. 2017. С. 32–33.
11. Нечаев А.С., Бовкун А.С., Захаров С.В. Инновационная управленческая характеристика промышленных предприятий: материалы Международной конференции 2017 г. «Менеджмент качества, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии», ИТ и QM и IS 2017. 2017. С. 556–559.
12. Бовкун А., Кородюк И. Анализ развития малых инновационных предприятий в строительной отрасли 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Engl. 667.

13. Скоробогатова Ю., Бовкун А., Иванов Ю., Шилова О. Роль и место малых инновационных предприятий строительной отрасли в современной экономике моногородов. IOP Conf. Ser.: Mater. 2020. Sci. Англ. 880.
14. Уразова Н.Г., Котельников Н.В., Оханова А.М. Метод анализа иерархии как инструмент поддержки инвестиционных решений: материалы Международной конференции «Тенденции технологий и инноваций в экономических и социальных исследованиях 2017» (AEBMR-Advances in Economics Business and Management Research). DOI: 10.2991/ttiess-17.2017.57.
15. Уразова Н.Г., Котельников Н.В. Методы оценки активов интеллектуальной собственности, 2018 г. Тр. Int. Конф. о Международной конференции RPTSS 2018 по трансформации исследовательских парадигм в социальных науках. 2018. С. 1295-1302. DOI: 10.15405/epsbs.2018.12.159.
16. Уразова Н.Г., Котельников Н.В., Мартынюк А.В. Планирование инфраструктурных проектов. 2020. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Англ. 880 012105.