

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ЯСНИЦКИЙ ВИТАЛИЙ ЛЕОНИДОВИЧ

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
МАССОВОЙ ОЦЕНКИ И СЦЕНАРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
экономических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор
**Харитонов Валерий
Алексеевич**

Пермь – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава I. Критический анализ существующих методов массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости	15
1.1. Повышение эффективности рынка недвижимости путем оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости	15
1.1.1. Рыночная стоимость недвижимого имущества	17
1.1.2. Массовая оценка рыночной стоимости недвижимого имущества	18
1.1.3. Основные подходы массовой оценки стоимости	19
1.2. Состояние проблемы оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости	21
1.2.1. Современное состояние проблемы оценки рыночной стоимости	21
1.2.2. Применения трех основных подходов к оценке стоимости	22
1.2.3. Современное состояние проблемы прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости	25
1.2.4. Описание рынка недвижимости РФ	28
1.2.5. Математическое моделирование рынка недвижимости	34
1.2.6. Применение аппарата регрессионного анализа для целей массовой оценка недвижимости	42
1.2.7. Основные подходы к прогнозированию рыночной стоимости	44
1.2.8. Применение машинного обучения на базе искусственных нейронных сетей в задачах прогнозирования	49
1.3. Общие недостатки существующих моделей оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости	54
Выводы по I главе	58
Глава II. Моделирование процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости	60
2.1. Разработка положений, определяющих процедуру комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости	60
2.1.1. Подход к моделированию	60
2.1.2. Ценовое зонирование	61
2.1.3. Кодирование переменных	62
2.1.4. Метод оценки стоимости	63

2.1.5. Теоретические положения, определяющие требования к технологии моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости.....	64
Положение 1. Статистический подход к моделированию	64
Положение 2. Информационный подход к моделированию	64
Положение 3. Комплексный подход к моделированию.....	65
Положение 4. Локальный подход к моделированию	65
Положение 5. Нейросетевой подход к моделированию.....	65
Положение 6. Системный подход к моделированию	66
Положение 7. Процессный подход к моделированию	73
2.2. Разработка комплексных нейросетевых моделей реальных локальных рынков жилой недвижимости	83
2.2.1. Верификация модели	83
2.3. Исследование эффективности нейросетевых моделей массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости.....	90
2.3.1. Исследование точности моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости	90
2.3.2. Исследование устойчивости моделей процессов массовой оценки к изменениям внешних параметров	91
Выводы по II главе	96
Глава III. Разработка системы поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости.....	97
3.1. Структура автоматизированной информационной системы моделирования процессов сценарного прогнозирования рыночной стоимости с учетом внешних экономических факторов.....	98
3.2. Исследование предметной области. Интеллектуальный анализ данных	104
Выводы по III главе.....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	125
СПИСОК ТАБЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	128
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	130
Приложение 1. Синаптические веса модели нейронной сети	146
Приложение 2. Справка о внедрении результатов исследования в учебный процесс	155

Приложение 3. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «Рентор» (застройщик ЖК «Монте-Кристо»).....	157
Приложение 4. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «Агентство недвижимости Квартирный вопрос»	158
Приложение 5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Повышение эффективности функционирования рынка жилой недвижимости является масштабной экономической народно-хозяйственной задачей, что обусловлено большим объемом задействованных материальных, финансовых и трудовых ресурсов. Достоверная массовая оценка и прогнозирование рыночной стоимости объектов жилой недвижимости (далее ОЖН) являются одним из способов повышения эффективности рынка жилой недвижимости. Однако процесс определения и прогнозирования рыночной стоимости имеет высокую степень сложности, что обусловлено как зависимостью рыночных процессов от множества мезо- и макроэкономических факторов российской экономики, так и особенностями системы региональных рынков недвижимости, отличающих ее от рынков недвижимости стран с развитой экономикой, а также от прочих товарных рынков. Поэтому эти экономические процессы преимущественно исследуются с помощью методов экономико-математического моделирования.

Несмотря на многочисленные исследования, все существующие на сегодняшний день экономико-математические модели, предназначенные для решения данных задач, имеют общие недостатки:

1. В силу того, что в процессе моделирования учитываются строительно-эксплуатационные характеристики и не учитываются макроэкономические параметры внешней экономической среды, существующие модели теряют свою актуальность при изменении экономической ситуации, не универсальны для локальных рынков. Кроме того, данные модели не учитывают мезоэкономические (региональные) факторы и не пригодны для сценарного прогнозирования рыночной стоимости, что также ограничивает их применение в задачах планирования.

2. В существующие модели, построенные на основе традиционно используемого корреляционно-регрессионного анализа, разработчиком закладывается допущение о характере моделируемого рыночного процесса, поэтому существует

высокая вероятность некорректной работы моделей в случае перелома рыночной тенденции, что особенно актуально для развивающейся экономики РФ.

Исходя из указанных недостатков существующих моделей, была сформулирована **гипотеза исследования**, которая состоит в том, что эти недостатки могут быть устранены путем комплексного учета мезо- и макроэкономических факторов внешней среды на основе нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования стоимости недвижимости, не требующего допущений о характере протекающих экономических процессов.

На основании вышесказанного **актуальность исследования** обусловлена необходимостью совершенствования теоретических положений и экономико-математических методов моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости, более приспособленных к исследованию экономических систем, устойчивых к изменению макроэкономических факторов и адаптируемых к специфике локальных рынков недвижимости за счет учета мезоэкономических факторов.

Степень разработанности проблемы. Проблемам исследования рынка недвижимости и разработке математических моделей оценки стоимости посвящены работы: С.В. Грибовского, Г.М. Стерника, С.Г. Стерника, С.А. Сивца, М.А. Федотовой, Д.Б. Житковой, Д.К. Эккерта, Р.Дж. Глаудеманса, Р.Р. Олми, Д. Фридмана, Н. Ордуэй, М.Ю. Молчановой, А.В. Печенкиной, В.Б. Безрукова, Е.И. Тарасевича, И.П. Савельева, И.М. Цало, И.А. Левыкина, Л.А. Баширова. Данными авторами были сформулированы и предложены основные методы анализа рынка и оценки объектов жилой недвижимости. Наибольшее распространение в направлении разработки моделей массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости получили два подхода, основанные на корреляционно-регрессионном анализе и дискретно пространственно-параметрическом моделировании. В исследованиях встречаются различные модификации регрессионных моделей с введением множества поправочных коэффициентов,

учитывающих строительно-эксплуатационные свойства ОЖН, однако не учитывающих внешние экономические параметры.

Разработке и применению альтернативных моделей массовой оценки объектов недвижимости на основе математического аппарата искусственных нейронных сетей посвящены работы зарубежных исследователей. Проблемы применения нейронных сетей в системах массовой оценки недвижимости изучались в работах: Д.П. Тай (D.P. Tay), Д.К. Хо (D.K. Ho), А. Эванса (A. Evans), Х. Джеймса (H. James), А. Колинса (A. Collins), А.К. До (A.Q. Do) и Г. Груднитски (G. Grudnitski), В.Д. Макласки (W.J. McCluskey), С. Бэкера (C. Becker), А.Р. Моррисона (A.R. Morrison), Р.А. Борста (R.A. Borst), Б. Кари (B. Curry), П. Моргана (P. Morgan), М. Силвера (M. Silver), М.А. Гонсалеса (M.A.S. Gonzalez), С.Т. Формозо (S.T. Formoso), Дж. Килпатрика (J. Kilpatrick), В. Контримаса (V. Kontrimas), Дж. Гринвуда (J. Greenwood), З. Херковитса (Z. Hercowitz). В исследованиях показано, что применение аппарата искусственных нейронных сетей в задаче оценки стоимости недвижимости более эффективно, чем использование классических многомерных регрессионных моделей. Однако внешние экономические параметры в этих моделях тоже не рассматриваются. Поэтому модели теряют актуальность и требуют постоянной корректировки, поскольку не учитывают происходящие изменения экономической среды. По этим же причинам указанные модели неприменимы для целей сценарного прогнозирования. Они описывают процессы только статическим образом, не учитывая динамические параметры, что обуславливает необходимость их доработки.

Следует отметить, что имеется серия работ (Г.М. Стерник, С.Г. Стерник, С. Бэкер, А.Р. Моррисон, Дж. Гроинвуд, З. Херковитс, М.Ю. Молчанова, А.В. Печенкина), посвященных разработке экономико-математических моделей рынков недвижимости, которые учитывают макроэкономические параметры, и потому пригодных для среднесрочного прогнозирования. Однако эти модели относятся к классу динамических и предназначены исключительно для изучения и моделирования динамики рынка в целом.

Таким образом, с одной стороны, имеется достаточно много исследований, посвященных созданию *статических* моделей, предназначенных для массовой оценки объектов недвижимости и учитывающих их строительные, эксплуатационные, географические характеристики, но не рассматривающих факторы меняющейся внешней экономической среды. В связи с этим они требуют постоянной актуализации, поскольку не способны адаптироваться к другим локальным рынкам и непригодны для сценарного прогнозирования развития рынков. С другой стороны, существуют *динамические* модели, учитывающие общее состояние экономики и предназначенные для прогнозирования и исследования общей ценовой ситуации на рынке недвижимости, но не для массовой оценки стоимости отдельных объектов недвижимости. Однако в ходе анализа литературных источников не обнаружено попыток создания комплексных моделей, совмещающих свойства статических и динамических моделей. Все вышесказанное определило объект, предмет и цель исследования.

Объектом исследования является система региональных рынков жилой недвижимости.

Предмет исследования – экономические процессы массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости на региональных рынках.

Целью исследования является развитие теории и методов массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости на основе нейросетевого моделирования, предусматривающего учет мезо- и макроэкономических факторов.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Сформулировать комплекс теоретических положений, обосновывающих авторскую технологию нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости, учитывающую мезо- и макроэкономические факторы.

2. Разработать комплексные нейросетевые модели реальных процессов массовой оценки локальных рынков объектов жилой недвижимости. Исследовать эффективность моделей процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов локальных рынков жилой недвижимости.

3. Разработать систему поддержки принятия решений для профессиональных участников рынка недвижимости на основе нейросетевого моделирования процессов сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности ВАК РФ 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» по следующим пунктам: п.1.2 «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей»; п.1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений»; п. 2.3 «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях».

Теоретической и методологической основой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых в области экономической теории, математической статистики, теории искусственных нейронных сетей, а также работы в области отраслевых дисциплин: экономики недвижимости, теории отраслевых рынков, работы в области экономико-математического моделирования, а также оценки недвижимости и прогнозирования рынка.

Информационной базой исследования являлись ретроспективные данные за 2006–2016 гг., а именно данные агентств недвижимости, Уральской па-

латы недвижимости, Федерального агентства недвижимости «Этажи», материалы информационных агентств, данные Федеральной службы государственной статистики РФ, Центрального банка России, Министерства финансов РФ, Министерства экономического развития РФ, а также материалы и данные, полученные в процессе исследования и аккумулированные в информационных системах. Совокупность конкретных данных об исследуемых рынках недвижимости и экономических показателей для конкретных регионов была систематизирована и оформлена в виде базы данных для ЭВМ.

Научная новизна. В процессе исследования автором получены следующие результаты, определяющие научную новизну и являющиеся предметом защиты:

1. Сформулирован ряд теоретических положений, определяющих требования к технологии моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования объектов жилой недвижимости, отличающихся комплексным нейросетевым моделированием, позволяющим получить преимущества существующих динамических и статических моделей, учесть внутренние и внешние факторы рынка недвижимости и отказаться от предположений о законах распределения статистических величин (*п. 1.2 «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей»* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

2. Разработаны комплексные нейросетевые модели реальных процессов массовой оценки объектов жилой недвижимости, отличающиеся набором входных параметров, учитывающих статистически значимые внешние и внутренние факторы спроса и предложения на рынке жилой недвижимости, одним скрытым слоем нейронов и сигмоидными активационными функциями. Разработанные нейросетевые модели обеспечивают более высокую точность ре-

зультатов моделирования по сравнению с традиционно применяемыми регрессионными моделями, а также обладают устойчивостью к динамическому изменению макро- и мезоэкономической ситуации на рынках жилой недвижимости. Данные свойства подтверждены серией вычислительных экспериментов (п. 1.4 *«Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений»* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

3. Разработана система поддержки принятия решений для профессиональных участников рынка жилой недвижимости, отличающаяся нейросетевым моделированием процессов сценарного прогнозирования рыночной стоимости. Предложенная система поддержки принятия решений позволяет повысить уровень обоснованности решений профессиональных участников рынка жилой недвижимости за счет установления степени чувствительности рыночной стоимости к изменениям ключевых ценообразующих факторов. Наряду с этим данная система обуславливает повышение уровня экономического обоснования решений профессиональных участников рынка недвижимости (п. 2.3 *«Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях»* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что теоретические положения и разработанные модели массовой оценки снижают неопределенность экономических процессов ценообразования на рынке жилой недвижимости и позволяют решить важную задачу повышения точности экономического обоснования и прогнозирования рыночной стоимости ОЖН.

Практическая значимость исследования заключается в возможности:

1) применения разработанных экономико-математических моделей в задаче массовой оценки объектов жилой недвижимости государственными органами управления, прежде всего государственными бюджетными учреждениями, уполномоченными проводить государственную кадастровую оценку для расчета налога на имущество согласно новым принципам, при которых используется кадастровая стоимость ОЖН (рыночная стоимость, определенная и утвержденная на дату). Данная стоимость может быть получена с помощью разработанных моделей;

2) использования полученных результатов при расчете сценариев развития регионального рынка жилой недвижимости. Данный анализ может проводиться с различными целями в интересах разных заказчиков при выполнении различных задач: отраслевого экономического анализа, стратегического и оперативного менеджмента в компании, аналитического и консалтингового обеспечения инвестиционно-строительной деятельности профессиональных участников рынка жилой недвижимости, таких как инвестиционные и строительные компании, банковские и страховые организации, агентства недвижимости, профессиональные оценщики, а также собственники жилья.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных результатов подтверждается обоснованным использованием методов нейросетевого моделирования в задачах массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости; непротиворечивостью результатов основным положениям экономической теории, отраслевой экономики, результатам выполненных ранее исследований, результатам, полученным с помощью традиционных подходов моделирования, реальным данным локальных рынков недвижимости г. Перми и Екатеринбурга, а также высокой математической точностью моделирования.

Результаты исследования использованы в деятельности компаний ООО «Рентор», входящей в группу строительных компаний «AVS Development», г. Екатеринбург, в решении задач прогнозирования рынка, что было положено

в основу маркетинговой стратегии проекта строительства жилого комплекса ЖК «Монте-Кристо», г. Екатеринбург, ул. Фурманова, 124.

Основные положения диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ) при изучении дисциплин «Оценка недвижимого имущества», «Процессы и методы управления стоимостью недвижимого имущества».

Ключевые положения диссертационного исследования были представлены на международной и всероссийских научно-практических конференциях: «Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития» (2015 г.); «Нейрокомпьютеры и их применение» (г. Москва, 15 марта 2016 г., 14 марта 2017 г.); «Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века» (г. Пермь, 16–17 мая 2017 г.); «Современные технологии в строительстве. Теория и практика» (г. Пермь, 5–7 апреля 2017 г.); семинаре «Международная лаборатория конструктивных методов исследования динамических моделей» (г. Пермь, октябрь 2016 г.).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ, индексируемых в системе РИНЦ, в том числе 1 публикация в базе Scopus, 4 публикации в изданиях списка ВАК, объемом 5,25 п. л. (из них 2,84 п. л. авторских), и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация содержит введение, три главы и заключение, изложенные на 159 страницах машинописного текста. В работу включены 33 рисунка, 19 таблиц, 5 приложений и список литературы, содержащий 167 источников.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования, цели и задачи, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Критический анализ существующих методов массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости» приводятся преимущества и недостатки существующих экономико-математических методов массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости, а также обосновывается необходимость развития теории и методов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН.

Во второй главе «Моделирование процессов массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости» сформулированы и обоснованы теоретические положения комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости ОЖН и разработана математическая модель в общем виде. Осуществляется реализация комплексных нейросетевых моделей локальных рынков г. Перми и Екатеринбурга. Исследована эффективность нейросетевых моделей массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости.

В третьей главе «Разработка системы поддержки принятия решений для профессиональных участников рынка жилой недвижимости» описана разработанная автоматизированная информационная система сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН, с помощью которой на основе генерации и анализа подмножеств входных параметров с позиции заинтересованности потенциальных заказчиков выполнена серия сценарных прогнозов рыночной стоимости ОЖН, повышающая уровень экономического обоснования принимаемых управленческих решений.

В заключении приведены основные выводы по результатам проведенного исследования и предложены пути дальнейшего развития разработанных методов и моделей массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН.

Глава I. Критический анализ существующих методов массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости

1.1. Повышение эффективности рынка недвижимости путем оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Современная экономика требует рационального использования всех ресурсов. Сегодня по аналогии с опытом развитых стран в России осуществляется налоговая реформа, одним из направлений которой является переход к налогообложению недвижимости в соответствии с принципом адвалорных (*Ad Valorem* – соответствующий стоимости) систем налогообложения недвижимости. Согласно новым поправкам в Налоговый кодекс, начиная с 1 января 2020 г. налоговая база по налогу на имущество физических лиц будет исчисляться на всей территории РФ только исходя из кадастровой (утвержденной рыночной) стоимости. Данное изменение определяет важность процесса оценки рыночной стоимости объектов недвижимости и является ключевым аспектом налоговой реформы. В работе Пылаевой А. В., посвященной налогообложению и кадастровой оценке недвижимости [9], показано, что «точное определение рыночной стоимости ОЖН должно инициировать процессы и создавать условия рационального использования земли и находящихся на ней объектов недвижимости, что достигается путем эффективного налогового воздействия имущественных налогов на экономическую деятельность налогоплательщиков, обеспечивая справедливое распределение налоговой нагрузки», основой которого является взаимосвязь налога с рыночной стоимостью недвижимости. Это определяет важность процесса достоверной оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости в рамках задачи использования налогообложения для реализации финансового потенциала регионов Российской Федерации.

До недавнего времени стоимость всех объектов жилой недвижимости, устанавливаемая государством РФ для целей налогообложения, определялась как балансовая и оценивалась по затратам на строительство или по цене по-

купки и не претерпевала последующих изменений. Раскрытию реального рыночного потенциала объектов недвижимости главным образом препятствует использование устаревших стоимостных показателей. Это существенно занижает реальную величину налоговой базы. Введение принципа взимания налога на имущество, при котором налогооблагаемой базой жилых объектов служит индикатор «кадастровая стоимость» (рыночная стоимость, определенная на дату), зависящая, в свою очередь, от ситуации на региональных локальных рынках недвижимости, обуславливает важный этап реформирования налоговой системы и переход от директивно-административного управления к индикативному, что является гибким и более эффективным механизмом регионального управления [51]. В отличие от Российских теоретических разработок в оценочной деятельности, прервавшихся в период плановой экономики, за рубежом, в результате постепенной адаптации к изменяющимся условиям функционирования рыночной экономики, сложилось современное представление о концепциях, различных видах стоимости и расчетных методиках оценки, которые являются важнейшей составляющей рыночной экономики [6, 9, 30, 35, 38, 47, 114, 119]. Объекты недвижимости, находящиеся на территориях, где наблюдается рост деловой активности, измеряемый стоимостью недвижимости, имеют большую рыночную стоимость в сравнении с стагнирующими регионами. Поэтому показатель рыночной стоимости, положенный в основу адвальной системы налогообложения и учитывающий реальное состояние региональной экономики, обеспечивает объективность системы налогообложения недвижимости [4, 20, 21, 22, 60, 61, 67, 127] и в итоге инициирует конкуренцию между соседними муниципалитетами [82], поскольку обеспечивает сбалансированные налоговые поступления и инфраструктурное развитие региона. В более ста тридцати странах мира это служит экономическим рычагом государства для эффективного использования имеющегося капитала [15,19].

Следует отметить, что правовая основа механизма расчета налога на имущество физических лиц заложена в период начала формирования налоговой системы России и с тех пор не претерпевала принципиальных поправок [71].

В качестве налогооблагаемой базы налога на имущество использовалась балансовая (инвентаризационная) стоимость, исчисляемая как восстановительная стоимость объекта недвижимости, рассчитанная по показателям восстановительной стоимости и приведенная к текущим ценам за вычетом физического износа, который зависит от нормативного срока службы. Переоценка стоимости недвижимости заключалась в применении индексов роста цен и пересчете физического износа. Индексы утверждаются законом субъекта РФ и устанавливаются в целом по области, что приводит к занижению стоимости недвижимости в крупных городах и ее завышению в сельских и стагнирующих районах [9, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86].

Для успешного перехода к адвальной системе налогообложения необходимо выполнение критериев, обеспечивающих возможность налогооблагаемой базы повышаться и опускаться вместе с циклами развития экономики. Это традиционно является определенной проблемой, особенно актуальной для стран с развивающейся экономикой в связи с нестабильностью рынка.

1.1.1. Рыночная стоимость недвижимого имущества

Международные стандарты оценки, федеральный стандарт оценки «Цель оценки и виды стоимости» (ФСО №2), публикации международных экспертов [118, 125, 126] и российских ученых [28, 78] содержат следующие определения рыночной стоимости недвижимости: рыночная стоимость объекта оценки – это наиболее вероятная цена, по которой объект оценки может быть отчужден на дату оценки на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны действуют разумно, располагая всей необходимой информацией, а на величину цены сделки не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства. Под текущей рыночной стоимостью понимается актуальная рыночная стоимость, определенная на дату оценки [125,126].

При осуществлении оценочной деятельности в целях налогообложения используется понятие «кадастровая стоимость», также определяемое Феде-

ральным стандартом оценки, который содержит следующее определение: кадастровая стоимость объекта оценки определяется при применении методов массовой оценки рыночной стоимости. Данная стоимость устанавливается и утверждается в соответствии с законодательством, регулирующим проведение кадастровой оценки. Понятие «кадастровая стоимость» шире понятия рыночной стоимости и используется в задачах довольно широкого круга. В частности, кадастровая оценка характеризует налоговый потенциал территорий. Низкая кадастровая стоимость объектов налогообложения характеризует недостаточный налоговый потенциал территориального образования и соответствует отсутствию собственной доходной базы бюджета в части анализируемого вида использования объекта. Высокий налоговый потенциал, характеризуемый высокой кадастровой стоимостью объектов, обеспечивает высокие налоговые поступления и рост собственной доходной базы бюджета.

Таким образом, показатель кадастровой стоимости является индикатором деловой активности, экономических и социальных условий жизни граждан. Это обуславливает экономическую значимость точного определения кадастровой стоимости с помощью методов оценки рыночной стоимости недвижимости.

1.1.2. Массовая оценка рыночной стоимости недвижимого имущества

В международной практике определение стоимости всех объектов недвижимости в целях налогообложения осуществляется с помощью массовой оценки. Согласно международным стандартам оценки базой для массовой оценки является рыночная стоимость. В основу организации системы массовой оценки закладывается системный подход, отраженный в стандартах массовой оценки экспертов, а также ряде работ [4, 12, 21, 22, 45, 49, 66, 67, 92, 127, 137, 150, 166].

Таким образом, массовая оценка недвижимости является важным элементом систем налогообложения недвижимости, в основе которых лежит рыночная стоимость. В фундаментальной работе Дж. Эккерта [126] массовая

оценка определяется как систематическая оценка групп объектов недвижимости по состоянию на определенную дату с использованием стандартных процедур и статистического анализа. Похожее определение вводится в работе Р. Вессели, согласно которому «массовая оценка определяется как систематическая оценка группы объектов недвижимости на заданную дату с использованием стандартных процедур и применением общих данных на основе статистической обработки» [20].

Главным отличием массовой оценки от индивидуальной (экспертной) является то, что работа ведется не с отдельными объектами, а со статистическими данными, описывающими совокупность объектов. Разработка моделей массовой оценки сопряжена с поиском такой модели с соответствующими параметрами, обеспечивающими высокую точность расчетных значений стоимости недвижимости в сравнении с рыночными значениями стоимости [11].

В работах российских и зарубежных авторов вопросам построения систем оценки уделяется большое внимание [23, 49, 55, 63, 65, 73, 87, 124, 128]. Обязательным элементом процедуры оценки является возможность актуализации моделей массовой оценки, так как после осуществления массовой оценки стоимости недвижимости, в силу изменчивости параметров рынка недвижимости, модель массовой оценки необходимо регулярно пересматривать.

1.1.3. Основные подходы массовой оценки стоимости

Основные подходы оценки недвижимости, используемые в международной практике оценки, отражены в международных стандартах. Выбор подхода, применяемого к оценке стоимости, определяется на основании вида использования объекта оценки. Международные стандарты регламентируют три подхода к оценке стоимости: затратный, сравнительный, доходный.

Доходный и сравнительный подходы рекомендуется использовать при оценке объектов жилой недвижимости в тех случаях, когда доступно большое количество данных о извлекаемом доходе, либо данных о сделках купли – продажи.

Затратный подход дополняет два предыдущих подхода, а в качестве основного подхода он может использоваться при отсутствии достаточной информации о сделках купли-продажи. Доходный подход не применяется для массовой оценки индивидуального жилья, поскольку большая часть данного вида объектов не используется для извлечения дохода (не сдается в аренду). Как правило, доходный подход применяется для определения стоимости коммерческой недвижимости. Модель сравнения продаж наиболее эффективна при большом количестве осуществляемых сделок с недвижимостью, поэтому, как правило, используется для оценки объектов, находящихся на территории крупных городов.

Согласно работы [86] в практике оценки среди существующего перечня «большинство объектов оценки (около 90%) составляют объекты жилого фонда, в том числе квартиры (около 65%) и индивидуальные жилые дома». При этом наибольшее число сделок по продаже объектов жилой недвижимости (квартиры и объекты индивидуального жилищного строительства) осуществлено с объектами, находящимися на территории крупных населенных пунктах. Количество сделок с прочими объектами ограничено.

Из вышесказанного следует:

1. Повышение эффективности процесса оценки объектов жилой недвижимости сегодня является наиболее масштабной экономической народно-хозяйственной задачей.
2. Показатель «кадастровая стоимость» (рыночная стоимость, определенная на дату) является индикатором деловой активности, экономических и социальных условий жизни граждан. Это обуславливает экономическую значимость точного определения кадастровой стоимости с помощью методов массовой оценки рыночной стоимости недвижимости. В российской практике использование инвентаризационной стоимости в качестве налогооблагаемой базы не соответствует рыночной стоимости объектов недвижимости по причине отсутствия в методике определения информации о рынке недвижимости, а также местоположении объекта.

3. Методы массовой оценки объектов недвижимости являются важным элементом систем имущественного налогообложения, в основе которых лежит рыночная стоимость. Усовершенствование систем массовой оценки недвижимости было обусловлено развитием принципов налогообложения в ряде стран, в которых используется налог на недвижимость и рыночная стоимость является базой расчета налога.

1.2. Состояние проблемы оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости

1.2.1. Современное состояние проблемы оценки рыночной стоимости

В рыночных условиях стоимость имущества зависит от факторов, тенденций в экономике и жизни общества в целом. Поэтому постоянно возникает необходимость определения и прогнозирования стоимости объектов недвижимости. Потребность в развитии и усовершенствовании существующих методов диктует необходимость использования совершенно новых технологий как в задачах оценки, так и в задачах прогнозирования [9, 20].

Международный опыт других стран свидетельствует, что в современных условиях системы массовой оценки недвижимости являются обязательным в использовании и реализованным многими странами средством оценки, применяемым для системы налогообложения недвижимости. Построение методов оценки недвижимости должно быть выполнено в рамках концептуальных положений современной теории и практики оценки с учетом особенностей формирования рыночных отношений. Однако ряд авторов отмечают, что теория и практика региональных аспектов налогообложения до настоящего времени не в полной мере учитывает особенности развития регионов [9, 12, 20, 28, 66, 86, 118, 125, 126, 138, 150, 166].

Рассмотрим существующее методическое обеспечение процедуры оценки. Для определения кадастровой стоимости на практике часто используются статистические методы обработки информации на основе математиче-

ского аппарата регрессионного анализа. Оценка стоимости объекта недвижимости осуществляется с помощью моделирования, т.е. представления в форме математических уравнений соотношений стоимости и ценообразующих факторов и характеристик объектов. Достоверность результатов моделирования определяется математическими критериями статистических исследований и достаточностью рыночной информации об объекте оценки [9, 31].

В качестве основных технических (эксплуатационных) факторов, влияющих на стоимость объектов недвижимости, используются факторы характеристики объекта недвижимости: общая площадь, материал стен, год постройки, этажность, фактор местоположения. Большая часть данных характеристик в Государственном кадастре недвижимости представляет собой характеристики объектов недвижимости, что определено в составе сведений государственного кадастра недвижимости и закреплено Федеральным законом №221-ФЗ от 24 июля 2007 г. «О Государственном кадастре недвижимости» [116].

Для привязки моделируемой стоимости к рыночной в модель вводятся экономические ценообразующие факторы, которые выявляются в результате анализа рынка недвижимости. Перечень факторов внешней среды, которые необходимо учитывать в процессе массовой оценки недвижимости, не закреплен законодательными актами [77].

Основные требования к массовой оценке стоимости определяют стандарты по оценке недвижимого имущества. В данных документах описаны подходы, регламентирующие оценку рыночной стоимости недвижимого имущества. Рассмотрим применение модели трех методов оценки стоимости подробно.

1.2.2. Применения трех основных подходов к оценке стоимости

Совокупность методов оценки называется подходом. Основным методом сравнительного подхода является **метод сравнения продаж**. В процессе

оценки с применением данного подхода осуществляется моделирование рыночных механизмов путем сравнения объекта оценки с аналогичным, по которому имеется информация о рыночной цене сделки. При достаточно развитом рынке данный подход является наиболее объективным и адекватным. Основным ограничением использования данного метода является невозможность оценки уникальных объектов, аналогов которых нет, а также объектов незавершенного строительства. При оценке стоимости ликвидного имущества, такого как типовые квартиры, офисные и торговые помещения в развитых районах, данный метод является основным, а зачастую и единственным рекомендованным к применению подходом. Основным недостатком является неприменимость для объектов, не обращающихся на рынке [32].

На заключительном этапе при использовании метода обычно вводятся поправки на характеристики здания и местоположение.

Результатом использования метода является математическое выражение зависимости рыночной стоимости объекта от ряда ценообразующих факторов.

Доходный подход основан на определении стоимости объекта недвижимости исходя из возможности генерировать выручку в результате его эксплуатации и капитализации. Данный подход применяется для оценки приносящей доход, т.е. прежде всего коммерческой недвижимости. Основным допущением, которое используется в данном подходе, является то, что стоимость объекта зависит напрямую от размера доходов, его стабильности и имеющихся рисков. Главной проблемой при оценке недвижимости с использованием данной модели является определение ставки дисконтирования, ассоциируемой с риском данной инвестиции, что особенно актуально в условиях высокого уровня риска, характерного для стадии формирования рыночных отношений в России. Вопросы определения ставки дисконтирования рассмотрены в работах ряда авторов [53, 111, 112]. Основным ограничением использования подхода является невозможность его применения для оценки объектов, не предназначенных для получения дохода.

Техника **затратного подхода** наиболее широко применялась на протяжении всего постсоветского периода для определения инвентаризационной стоимости (БТИ, ПТИ, и т.д.), а также для расчета налогооблагаемой базы. Несмотря на то, что затратный подход не является рыночным методом, как отмечено в Международном стандарте оценки №2 «Базы оценки, отличные от рыночной стоимости», в некоторых случаях он является единственным применимым. Сегодня данный подход используется в случаях, когда отсутствуют данные для использования сравнительного и доходного подходов, т.е. когда рынок обращения объектов оценки не развит, либо в случае уникальности объекта, а также когда объект не приносит дохода.

В основе затратного подхода лежит принцип замещения, в соответствии с которым стоимость имущества равна стоимости приобретения имущества эквивалентной полезности (способности недвижимости удовлетворять потребности пользователя) [9]. Затратами на замещение объекта оценки являются затраты, необходимые для создания аналогичного объекта с использованием материалов и технологий, применяющихся на дату оценки.

В табл. 1 отражены преимущества и недостатки применения каждого подхода, а также их области применения.

Таблица 1

Основные подходы к оценке недвижимости

	Доходный подход	Затратный подход	Рыночный подход
Основание	Определение текущей стоимости ожидаемых от объекта оценки доходов	Определение затрат, необходимых для восстановления/замещения объекта оценки с учетом накопленного износа	Сравнение объекта недвижимости с его аналогами, в отношении которых имеется информация о ценах сделок купли-продажи

	Доходный подход	Затратный подход	Рыночный подход
Применение	<ul style="list-style-type: none"> - Оценки недвижимости, приносящей большую положительную величину дохода (если можно составить достоверный прогноз доходов и расходов пользования данным объектом) 	<ul style="list-style-type: none"> - Объекты специального назначения, по которым нет аналогичных продаж, в условиях отсутствия или неразвитости рынка 	<ul style="list-style-type: none"> - Оценка объектов недвижимости, по которым имеется достоверная информация о недавно осуществленных сделках купли-продажи
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> - Принятие во внимание ожидания относительно будущих доходов; - принятие во внимание рыночной ситуации 	<ul style="list-style-type: none"> - Анализ наилучшего и наиболее эффективного земельного участка; - оценка для целей страхования и налогообложения 	<ul style="list-style-type: none"> - Отражение мнения типичных продавцов /покупателей; - отражение в ценах изменения финансовых условий; - статическое обоснование; - простое применение
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> - В основе подхода лежит прогнозирование, а не фактическая информация; - субъективность анализа доходности; - надежные результаты только в случае возможности четкого прогнозирования экономических показателей; - неприменим в условиях нестабильной экономики 	<ul style="list-style-type: none"> - Сложности при расчете стоимости возмещения старых строений; - Затруднительно определение величины накопленного износа старых объектов недвижимости; - отдельная оценка земельного участка от строений 	<ul style="list-style-type: none"> - Сложность сбора информации о практических ценах продаж; - вероятность заключения специфических сделок по продаже; - зависимость от активности и стабильности рынка; - сложность согласования данных о существенно различающихся продажах

1.2.3. Современное состояние проблемы прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Совершенствование методов прогнозирования в современных условиях неопределенности развития социально-экономических процессов в территориальных системах является актуальной задачей. Моделирование будущего

состояния системы позволяет снизить степень риска и адекватно управлять процессом. Рынок недвижимости, будучи саморегулируемой системой и выполняя информационную функцию, консолидирует данные о территории. Так, в цене объекта недвижимости концентрируется большой объем информации о насыщенности рынка, предпочтениях покупателей, хозяйственной и социальной политике государства. Это обуславливает значимость задачи прогнозирования рыночной стоимости.

Рынки недвижимости, в силу ряда его особенностей, существенно отличаются от рынков, которые в экономической теории принято называть высокоорганизованными, к которым, в частности, относятся финансовые рынки, рынки цветных металлов и ценных бумаг [57]. Все это накладывает ограничения на применение существующих методик прогнозирования не только для рынков недвижимости развитых стран в неизменном их варианте, но и для ограничения применения существующих методик прогнозирования высокоорганизованных рынков.

Результаты прогнозирования необходимы при управлении рынком для целей [7]:

- 1) понимания процессов и тенденций, происходящих и сложившихся на рынке, что способствует принятию мер, направленных как на предотвращение появления кризисов на рынке, так и смягчение их последствий;
- 2) обоснования будущих налоговых поступлений в результате изменения конъюнктуры рынка;
- 3) формирования благоприятного инвестиционного климата. Прогнозирование показателей, характеризующих ситуацию на рынке недвижимости необходимо при планировании развития территориальных систем.

Основная проблема, возникающая при прогнозировании, – это недостаточная изученность закономерностей развития рынка недвижимости, что обусловлено отсутствием не сложившейся законодательно-правовой базы рынка, а также гипертрофированным влиянием на рынок политических решений федеральных и местных органов власти. По этой причине при прогнозировании

развития сложных экономических систем используется сценарный подход. Данный подход основан на том, что будущее территориальной системы всегда бывает неопределенным, поскольку зависит от большого числа факторов. В рамках сценарного прогнозирования учитываются не отдельные траектории развития, а траектории влияния воздействующих факторов, что в дальнейшем позволит выбрать направленные управляющие факторы воздействия, целевые ориентиры и стратегии развития региона в целом, а также решить вопрос о более эффективном использовании территории. Модель сценарного прогнозирования дает возможность определить вероятные тенденции развития событий и возможные последствия принимаемых решений с целью выбора наиболее подходящей альтернативы управления. Таким образом, разрабатываемые сценарии развития анализируемой ситуации позволяют достоверно определить возможные тенденции развития, взаимосвязи между действующими факторами, а также предусмотреть наличие возможных состояний, к которым может прийти система под влиянием тех или иных внешних управленческих воздействий [96, 97, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 110].

Развитие рынка недвижимости во многом определяется внешними факторами, поэтому его прогноз следует выстраивать на основе представленных вариантов развития экономики в целом. При высоком уровне макроэкономической неопределенности, присутствующем в периоды развития рынка, возникает необходимость разработки сценариев прогноза будущего развития рынка. Для каждого сценария определяются тенденции изменения параметров рынка [106, 109].

Рыночная стоимость является ориентиром для принятия решений всеми участниками рынка и главным результирующим показателем процесса прогнозирования. Очевидно, что прогнозирование рынка должно основываться на теоретико-методологических предпосылках и опираться на основные закономерности протекающих на рынке процессов, необходимо провести исследование основных рыночных механизмов.

1.2.4. Описание рынка недвижимости РФ

Недвижимость имеет два основных применения. Она может использоваться как с целью удовлетворения своей основной потребности, так и с коммерческой целью получения прибыли. Ценность объекта недвижимости определяется его потребительскими свойствами и местоположением. Совокупность потребительских свойств позволяет выделить экономику недвижимости в самостоятельную область экономической науки. Более того, несмотря на то, что рынки недвижимости, в отличие от финансовых, являются менее совершенными и конкурентными, они являются частью глобального финансового рынка, что обуславливает необходимость разработки и внедрения методологии научного прогнозирования. При этом стандартные учебники по макроэкономике определяли жилье как один из многих товаров потребления. Великие западные экономисты XX в. не рассматривали рынки недвижимости как часть макроэкономики. Единственная статья, написанная И. Фишером (1933), косвенно связана с рынком недвижимости и является исследованием о дефляции долга [106, 149].

Статья Ричарда Грина «Следуя за лидером: как изменения в жилищных и нежилищных инвестициях предсказывают изменения в ВВП» показывает, что в отличие от макроэкономистов западные отраслевые экономисты рынка строительства и продажи недвижимости задолго до последнего финансового кризиса задавали вопрос, важно ли, чтобы рынок недвижимости был включен в макроэкономический анализ и прогноз, и наоборот [153].

В более поздних работах лишь немногие из исследователей городской и жилищной экономики включали некоторые макроэкономические факторы, такие как показатели ВВП, инфляции, экономического роста и уровня безработицы в качестве внешних переменных с целью установить принципы взаимодействия между макроэкономикой и рынком жилья. Г.М.Стерник в своей работе определяет рынок недвижимости как сложную социально-экономиче-

скую саморегулируемую систему, изучение функционирования объектов которой необходимо осуществлять в привязке к макросистеме (экономическим и политическим условиям в городе, регионе, стране и мире) [106].

Изучению закономерностей развивающегося рынка недвижимости посвящены работы [94, 96, 97, 98, 101, 104, 105, 107, 108].

Выделим основные особенности рынка недвижимости.

1. Локализованный рынок. Недвижимость объединяет в себе как экономические блага (здание), так и блага, представляющие собой продукт природы (земельные ресурсы). Как показано в работе [106], «фундаментальной особенностью продукции строительства является ее территориальная закреплённость, что придает любым исследованиям рынков недвижимости четко выраженный региональный аспект. В отличие от других развитых рынков, имеющих конкретное место заключения сделки (например, биржа), рынок недвижимости имеет множество возможных мест заключения сделки». Наиболее часто это происходит по месту расположения объекта недвижимости. Поскольку объекты недвижимости территориально привязаны к земле, рынок недвижимости принято разделять на множество локальных рынков. По этой причине при оценке объекта необходимо учитывать факторы географического характера: регион местоположения оцениваемого объекта, район, ближайшие окрестности и окружение.

2. Сегментированный рынок. Поскольку потребители обладают различными потребностями и ресурсами, рынок недвижимости можно сегментировать по следующим параметрам:

- 1) назначение использования. Для собственного жилого и коммерческого назначения существуют различные рынки;
- 2) географические факторы. Любой район города может формировать свой отдельный рынок, поскольку условия в различных районах города могут существенно различаться;
- 3) сегментирование по ценовому фактору;
- 4) фактор качества жилья;

5) инвестиционная мотивация.

3. Неэластичность рынка. Взаимодействия между предложением и спросом на рынке носят специфический характер. Специалистами США на основании обширных статистических данных проведены исследования, которые подтверждают положение о низкой эластичности спроса и предложения на рынке недвижимости [74]. Согласно данным проведенных исследований коэффициент эластичности по доходу на рынке жилой недвижимости составляет 0.2–0.3, следовательно, увеличение объема на 2–3% является следствием роста дохода на 10%. Спрос на жилье также неэластичен по цене и имеет коэффициент эластичности в диапазоне 0.6–0.8. Низкую эластичность спроса на объекты жилой недвижимости можно объяснить двумя существенными обстоятельствами:

- 1) жилье относится к товарам, удовлетворяющим базовые потребности населения, а потому спрос относительно независим от колебания текущих доходов;
- 2) текущие доходы абсолютного большинства покупателей недвижимости существенно меньше стоимости приобретаемой недвижимости.

Несопоставимость уровня цен на недвижимость и доходов покупателей является основным противоречием рынка недвижимости.

4. Закрытость информации. Следует учитывать специфику информации на рынке недвижимости. В отличие от высокоорганизованных развитых рынков, находящихся под постоянным мониторингом множества профессиональных участников, исследователей и аналитиков, которые, в свою очередь, имеют возможность использовать развитые системы сбора, распространения и обработки информации, информация на рынке недвижимости, в силу частного характера сделок, более неполна и менее достоверна.

5. Специфика потребительского спроса. В целом, ценообразование рынка недвижимости подчинено довольно устойчивым закономерностям. Тем не менее поведение людей в сделках с недвижимостью гораздо больше под-

вержено комплексу импульсов и рефлекторных действий, привычек и настроений, нежели на рынках стандартизированных товарных, где решения принимаются в большей степени на основе материальной заинтересованности и разумного подхода [40].

6. Цикличность развития рынка недвижимости. Глубокие экономические кризисы 2008–2009 гг., а также 2014–2015 гг. показали, что рынок недвижимости, как все остальные рынки, подвержен циклическим колебаниям. Под фазами рыночного цикла в макроэкономической литературе чаще всего подразумевается четыре временных отрезка динамики цен, именуемые «спад (рецессия) – *Recession*, восстановление (оживление) – *Recovery*, подъем (рост) – *Expantion*, перепроизводство (избыточное предложение) – *Oversupply*. Изучению циклов рыночных изменений на рынке недвижимости посвящено достаточно большое количество публикаций [139, 140, 141, 143, 145, 152, 154]. Показано, что в США циклы востребованности объектов, прежде всего коммерческой недвижимости, имеют продолжительность 10 лет. Снижение количества вакантных площадей служит рыночным индикатором приближающегося строительного бума (фазы роста на рынке недвижимости). Известны и более длинные циклы. В частности, циклы жилой недвижимости Саймона Кузнеця составляют 20–30 лет [139, 141].

В новейшей истории России отмечено два долгосрочных цикла продолжительностью около 10 лет. Однако в результате высокой волатильности цен на развивающемся рынке жилья применение стандартных эконометрических методов регрессионного моделирования и прогнозирования ценовых трендов сопряжено с риском непредсказуемой ошибки вследствие возможного перелома тенденций в среднесрочном периоде [57, 106].

Подробное описание цикла развития рынка недвижимости приведено в работе [8], где основной цикл связан с перепроизводством строительной продукции и дефицитом предложения.

На рис. 1 показаны этапы развития циклической модели.

В условиях развивающейся экономики, пока глобальный дефицит жилья не будет исчерпан, циклы реального роста российского рынка недвижимости будут связаны в первую очередь с глобальным финансовым рынком и иметь следующий механизм связи: «рост денежной массы – рост суммарных доходов населения – рост рынка жилья – рост остальных сегментов рынка недвижимости» [106].

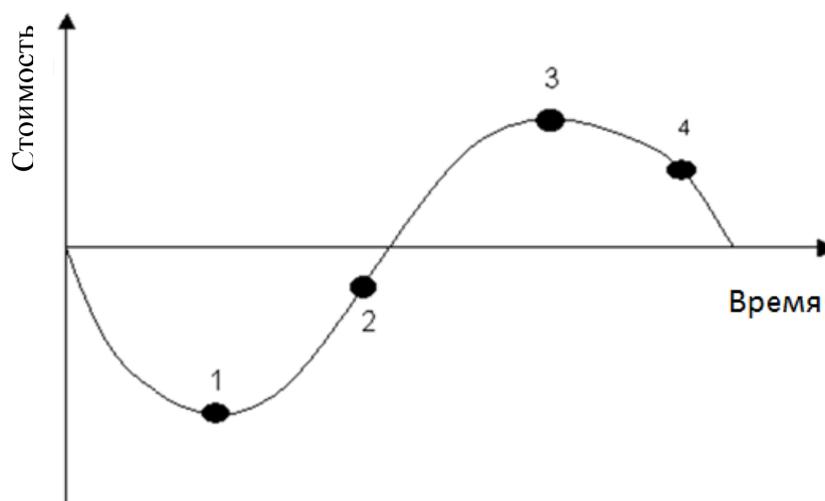


Рис. 1. Циклы развития рынка недвижимости:

1 – наблюдается спад на рынке недвижимости, возникающий за счет перенасыщения строительства зданий, при котором количество товарной массы на рынке существенно прирастает, что влечет дополнительные затраты и время собственнику объекта недвижимости на то, чтобы его продать. Это является сигналом к снижению цены; 2 – увеличение поглощения имеющихся объектов на рынке недвижимости, наступающее после возрастания спроса на построенные объекты, связано с дефицитом новых объектов. Этот цикл определяется ростом исследований, предшествующих инвестиционной стадии и строительству новых объектов; 3 – новое строительство, достигнув максимальной точки роста в результате повышения спроса на вновь созданные объекты, характеризуется ростом цен; 4 – На данном этапе происходит замедление роста продаж объектов недвижимости вследствие насыщения рынка недвижимости на предыдущем этапе его развития. Возникают излишки строительных мощностей и перепроизводство строительной продукции

7. Высокая инвестиционная ёмкость рынка. Рынок недвижимости, как сектор национальной экономики, имеет большое значение. Он является существенной составляющей в любой национальной экономике в силу того, что недвижимость – важнейшая составляющая часть национального богатства, на

долю которой приходится более 50% мирового богатства [8]. В 1991 г. Гринвуд и Герковитц показали, что в США стоимость основного капитала в виде жилья больше, чем стоимость всего коммерческого капитала, и обычно ежегодная рыночная стоимость новых жилых инвестиций больше, чем стоимость бизнес- и капитальных инвестиций [154]. Дэвис и Хиткоут в 2001 г. установили, что рыночная стоимость американской жилой собственности приблизительно равнялась среднегодовому показателю ВВП. Как сравнение, величина агрегатов денежной массы M1 и M2 [3] в США составляла приблизительно 30% и 60% ВВП, соответственно [145]. Таким образом, жилье – не просто типичный потребляемый товар. Существенные колебания в стоимости жилья подразумевают существенные колебания в капиталах людей и благосостоянии домашних хозяйств [106].

Далее в табл. 2 представлены ключевые особенности функционирования рынка недвижимости [8].

Таблица 2

Ключевые особенности рынка недвижимости

Признак	Характеристика
Локализация	- Абсолютная неподвижность; - существенная зависимость цены от местоположения
Конкуренция	- Несовершенная, олигополия; - небольшое число покупателей и продавцов; - уникальность каждого объекта; - барьер входа на рынок – существенный капитал
Эластичность предложения	- Низкая. Предложение при росте спроса и цен увеличивается ограниченно; - в целом спрос и предложение на рынке недвижимости менее эластичны, чем на других рынках
Степень информационной открытости рынка	- Отсутствие полной и точной публичной информации; - сделки носят частный характер
Конкурентоспособность товара на рынке	- Определяется специфичностью индивидуальных потребностей покупателей; - на спрос существенно влияют окружающая внешняя среда и качество местоположения

Признак	Характеристика
Стоимость	- Включает стоимость объекта и связанных с ним прав; - высокий уровень издержек, необходимых для осуществления сделки (транзакционные (операционные) издержки существенно выше, чем на других рынках, могут достигать 5–7% стоимости сделки)
Цикличность	Цикличность развития рынка недвижимости
Условия зонирования	Регулируются нормативными документами: гражданским и земельным кодексом.

Указанные в табл. 2 особенности, присущие рынку недвижимости, должны быть учтены при разработке инструментальных методов моделирования рынка.

1.2.5. Математическое моделирование рынка недвижимости

Процессом моделирования рынка является его математическое описание, при котором реальный процесс заменяется его моделью с целью дальнейшего изучения. Математическая модель должна основываться на теоретико-методологических предпосылках, устанавливающих связь между рыночной стоимостью и социально-экономическими явлениями. По определению Г. М. Стерника, рынок недвижимости – это сложная система, обладающая свойствами самонастройки и саморегулирования. С целью математического описания рынка вводится автором понятие кибернетической системы, подобно которой функционирует рынок недвижимости под действием обратных связей (рис. 2) [104]. В работе [104] указано, что «кибернетическая система подвержена всевозможным внешним воздействиям. Функционирование рынка недвижимости осуществляется его субъектами – участниками рынка. Подсистема обратной связи постоянно регистрирует состояние объекта, сравнивает его выходные параметры с параметрами, заданными орга-

нами управления, и информирует органы управления о рассогласовании параметров». В результате таких воздействий происходит колебание цен на рынке недвижимости вокруг равновесного состояния.

Формирование рыночной цены в системе рынка недвижимости происходит автоматически (посредством обратных связей в системе) – под действием спроса и предложения в условиях конкурентной среды и свободы экономических агентов и подчиняется достаточно устойчивым закономерностям.

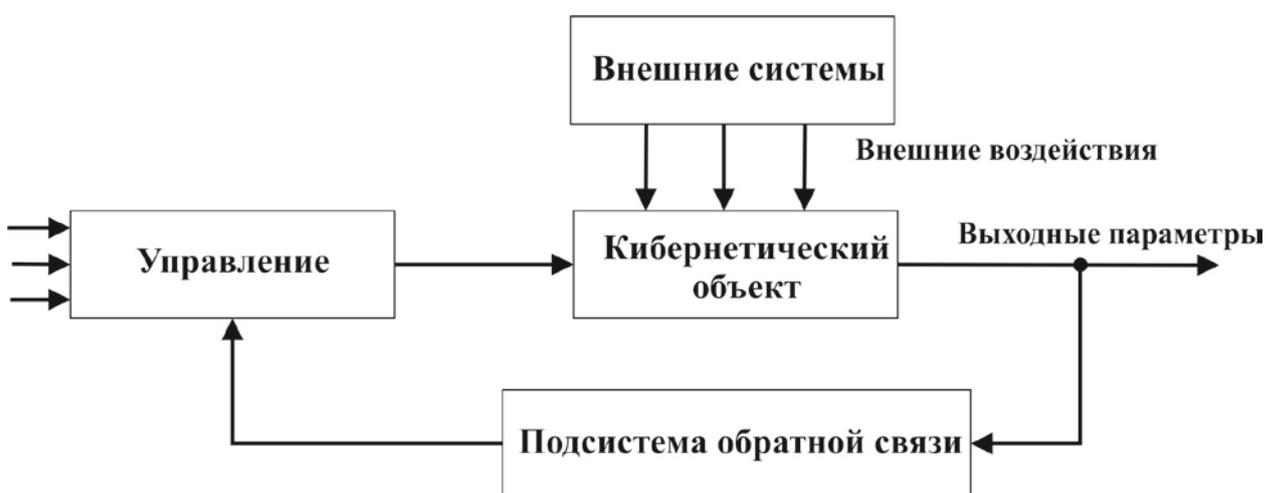


Рис. 2. Система рынка недвижимости как устойчивая кибернетическая система Г. М. Стерника [3]

Конкурентоспособность товара на рынке недвижимости определяется спецификой индивидуальных потребностей покупателей и строительно-эксплуатационными характеристиками строительных объектов, наилучшим образом удовлетворяющих эти потребности, а также качеством местоположения.

Важной особенностью таких систем является колебательный характер протекающих в них процессов, т.е. обязательное чередование подъемов и спадов, перемежающимися более или менее кратковременными периодами стабильности. С точки зрения рассмотрения рынка недвижимости как кибернетической системы, на нем «присутствуют положительные и отрицательные обратные связи. Отрицательные обратные связи (связи стабилизации) обеспечи-

вают саморегулирование системы (стабилизируют состояние системы в условиях внешних воздействий), а также регулируют развитие системы в целевом направлении (при правильном и своевременном использовании их сигналов органами управления). Положительные обратные связи ведут к увеличению отклонения системы от заданных параметров (Раскачивают рынок)» [104].

Комплексный анализ рынка недвижимости приведен в работах Г. М. Стерника, С. Г. Стернка [104,106], а также И. П. Савельевой [120], в которых показано влияние мезо- и макроэкономических показателей на рыночную стоимость, а также в работах Абалакина Л. И. и Мишулина Г. М. [1, 54], описывающих влияние факторов на экономический рост. В исследовании рыночных факторов Г. М. Стерник предлагает многоуровневую иерархию факторов спроса и предложения, укрупненная типовая структура которой приведена на рис. 4 [106].

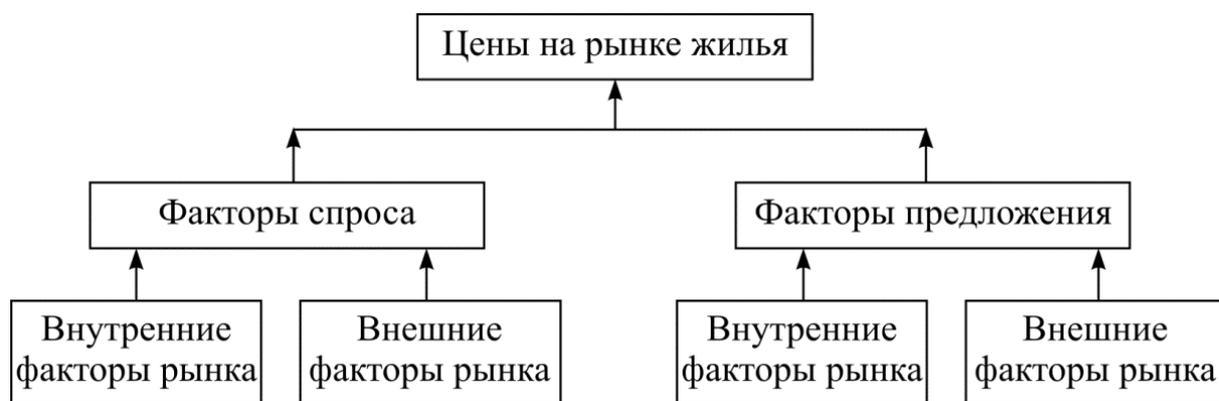


Рис. 4. Укрупненная структура факторов ценообразования на рынке недвижимости Г. М. Стерника [106]

В исследовании приводятся ключевой интегральный фактор «развития рынка» недвижимости и факторы «сопротивления рынка», таким образом, рынок представлен как саморегулируемая система, действующая по принципу обратной связи, согласно рис. 2.

Анализ факторов спроса Г. М. Стерника [106]

№	Фактор спроса	Механизм влияния на цену
1	Объем платежеспособного спроса	В долгосрочном периоде зависит от факторов «Потребность в жилье» и «Доходы населения». В среднесрочном периоде зависит от факторов «Склонность населения к спекуляциям» и «Объем жилищного кредитования» [106]
2	Потребность в жилье	В условиях дефицита жилья фактор «Удельный жилой фонд» влияет на повышение цен через фактор «Объем платежеспособного спроса» [106]
3	Макрофинансовые факторы (Денежная масса)	Зависит от факторов «Макроэкономические факторы», «Инфляция», «Цены на нефть», «Объем вывоза капитала» и политики ЦБ. При росте способствует увеличению доходов населения через фактор «Объем платежеспособного спроса» и росту цен. При снижении темпов роста доходов способствует склонности населения к расходованию средств и через фактор «Объем платежеспособного спроса» тормозит рост цен [106]
4	Доходы населения и их дифференцированность	Зависит от Макрофинансовых факторов [106]
5	Склонность населения и спекулятивных инвесторов к приобретению жилья и ценовые ожидания	Зависит от факторов «Доходы населения», «Инфляция» и «Макрофинансовые факторы» [106]
6	Макрофинансовые показатели (изменение курсов валют)	Зависит от факторов «Цены на нефть» и «Объем вывоза капитала». При укреплении рубля относительно доллара увеличивается склонность населения к расходованию и рублевых, и долларовых накоплений и приобретению ОЖН (фактор «Склонность населения и спекулятивных инвесторов к приобретению жилья и ценовым ожиданиям»), что через фактор «Объем платежеспособного спроса» способствует росту цен. При плановой девальвации склонность к расходованию долларовых накоплений снижается, а рублевых – растет, при этом влияния на цены не про-

№	Фактор спроса	Механизм влияния на цену
		исходит. При резкой девальвации возникает эффект недоверия населения к финансовой политике ЦБ, склонность к расходованию всех накоплений снижается, спрос на жилье уменьшается, рост цен не стимулируется. При резкой ревальвации склонность к расходованию всех накоплений растет («бегство от доллара»), недвижимость воспринимается как средство сбережения накоплений [106]
7	Цены на нефть и иные товары экспорта	Зависит от мировой конъюнктуры. Через факторы «Условия и объем жилищного кредитования», «Макрофинансовые показатели» определяет платежеспособный спрос и цены на жилье [106]
8	Макроэкономические показатели (темпы роста ВВП)	В условиях сырьевого характера экономики РФ зависят от фактора «Цены на нефть и другие товары экспорта». При росте способствуют увеличению денежной базы и через нее - росту факторов «Условия и объем жилищного кредитования», «Доходы населения», «Объем платежеспособного спроса» [106]
9	Условия и объемы жилищного кредитования	Зависит от факторов «Макрофинансовые факторы» и «Макроэкономические факторы», «Курс валют», «Цены на нефть», «Объем вывоза капитала» [106]
10	Инфляция и дефляция	Зависит от факторов «Макрофинансовые показатели» (изменение курса валют), «Цены на нефть», «Объем вывоза капитала», а также «Макрофинансовые показатели». Влияет на факторы «Склонность населения и спекулятивных инвесторов к приобретению жилья» и «Условия и объем жилищного кредитования» и через них на фактор «Объем платежеспособного спроса на жилье» и цену [106]
11	Объем вывоза капитала	Зависит от мировой конъюнктуры. Через «Макрофинансовые, макроэкономические факторы», а также фактор «Инфляция» определяет «Платежеспособный спрос» и цены на жилье [106]

Анализа факторов предложения Г. М. Стерника [106]

№	Фактор предложения	Механизм влияния на цену
1	Объем предложения жилья	В долгосрочном периоде зависит от фактора «Удельный жилой фонд» на вторичном рынке и от фактора «Объем строительства нового жилья» на первичном рынке. Рост объемов строительства увеличивает объем предложения и сдерживает рост цен [106]
2	Удельный жилой фонд	Зависит от исторической ситуации в городе и регионе, от выбывания ветхого жилого фонда и от фактора «Объем строительства и ввода жилья» [106]
3	Объем строительства и ввода жилья	Зависит от факторов «Финансирование строительства жилья», «Себестоимость строительства», «Наличие земельных участков под строительство», «Ресурсное обеспечение строительства», «Административные и экономич. условия входа застройщика на рынок», «Наличие альтернативных объектов инвестирования», «Инвестиционная стратегия застройщика» [106]
4	Финансирование строительства ОЖН собственными средствами застройщиков и инвесторов, банковскими кредитами, средствами населения и инвесторов-спекулянтов, иными привлеченными средствами	Зависит от макроэкономических условий (фактор «Макроэкономические факторы (ВВП, уровень занятости)»), от инвестиционной стратегии застройщика (фактор «Административные и экономические условия входа застройщика на рынок и работы на рынке»), от наличия альтернативных объектов инвестиций (фактор «Наличие альтернативных объектов инвестиций»). Банковское кредитование дополнительно зависит от факторов «Макрофинансовые факторы», «Макроэкономические факторы (ВВП, уровень занятости)», «Инфляция», «Макрофинансовые факторы (курс валют)», «Цены на нефть», «Объем вывоза капитала» и политики банковского сообщества. Финансирование средствами населения и инвесторов-спекулянтов зависит от факторов «Доходы населения», «Склонность населения и спекулятивных инвесторов к приобретению жилья», «Условие и объем жилищного кредитования», «Репутация застройщиков и объектов» и в конечном итоге от фактора «Объем платежеспособного спроса на жилье». Увеличение объемов

№	Фактор предложения	Механизм влияния на цену
		финансирования в долгосрочном периоде повышает объем строительства (фактор «Объем строительства и ввод жилья, темпы возведения») и способствует снижению темпов роста цен. В среднесрочном периоде ускоряет темпы возведения зданий и тем самым повышает фактор «Репутация застройщиков и объектов», а через него - спрос (фактор «Объем платежеспособного спроса на жилье») и цены [106]
5	Себестоимость и полная (инвестиционная) стоимость строительства	Зависит от факторов «Наличие земельных участков под строительство жилья и условия доступа к ним» и «Ресурсное обеспечение строительства» [106]
6	Наличие земельных участков под строительства жилья и условия доступа к ним	Зависит от баланса земель в городе, регионе, цен на землю, политики федеральных, региональных, местных властей по развитию жилищного строительства и его инженерному и инфраструктурному обеспечению. Влияет на фактор «Себестоимость строительства» и «Объем строительства» и через него на цены в долгосрочном периоде [106]
7	Ресурсное обеспечение строительства	Зависит от наличия производственных мощностей (включая технологии, оборудование, персонал) у производителей ресурсов, цен на ресурсы [106]
8	Административные и экономические условия входа застройщика на рынок и работы на рынке	Зависит от политики властей в области градостроительного регулирования, степени бюрократизированности и коррумпированности процесса, уровня доходности отрасли девелопмент. Влияет на фактор «Себестоимость строительства», «Объем строительства и темпы ввода жилья» и через него - на цены в долгосрочном и среднесрочном периоде [106]
9	Наличие альтернативных объектов инвестирования	Зависит от региональной и мировой конъюнктуры и выражается в поиске привлекательных объектов инвестиций вне города, региона, страны, вне рынка недвижимости (например, фондовый рынок). Влияет на объемы строительства и предложения жилья (факторы «Удельный жилой фонд», «Объемы строительства и ввода жилья», «Темпы возведения объектов), а также

№	Фактор предложения	Механизм влияния на цену
		фактор «Объем платежеспособного спроса» [106]
10	Инвестиционная стратегия застройщиков	Зависит от экономической, управленческой квалификации застройщика и ситуации в стране и регионе. В долгосрочном и среднесрочном периодах стратегия экспансии приводит к распылению финансовых ресурсов на значительное количество земельных участков и новых проектов, снижению темпов возведения объектов, далее, через фактор «Объем строительства и ввод жилья, темпы возведения объектов» и «Объем предложения жилья» стимулирует рост цен, а через фактор «Склонность населения и спекулятивных инвесторов к приобретению жилья» и «Объем платежеспособного спроса» ведет к снижению спроса и цен, замораживанию строек и уходу застройщиков. Грамотная инвестиционная стратегия оптимизирует привлеченные инвестиции и реальные расходы и ведет к эволюционному росту объемов строительства с перспективой сдерживания темпов роста цен [106]
11	Маркетинговая и ценовая стратегия продавцов и застройщиков	Зависит от ожидаемого уровня прибыли, в связи с чем рынку предлагается рост цен. В ситуации превышения платежеспособного спроса над предложением ожидания удовлетворяются. При обратной ситуации возможны три стратегии: 1) продавцы понижают цены, добиваясь роста спроса, цен и продаж; 2) продавцы понижают объем предложения, добиваясь равновесия с объемом спроса и роста цен; 3) продавцы не понижают цены, тем самым снижают обороты рынка и ожидают повышения спроса за счет внешних факторов [106]

Механизм ценообразования будут различны для стран развитой рыночной экономики и стран развивающейся экономики. Это является основным ограничением приведенного анализа.

Адаптация модели к условиям экономической среды происходит благодаря использованию данных факторов в процессе моделирования. Источником их прогнозных значений, используемых в конкретных сценариях развития, могут служить данные среднесрочных прогнозов социально-экономического развития РФ и регионов, опубликованные решения региональных властей о развитии рынка жилья, прогнозы и экспертные оценки экономических институтов. В дальнейшем, варьируя факторы модели, можно получать рекомендации, каким образом с помощью внешних регулирующих воздействий и саморегулирующих связей стабилизировать состояние локального регионального рынка как системы и обеспечивать развитие рынка недвижимости в целевом направлении.

1.2.6. Применение аппарата регрессионного анализа для целей массовой оценки недвижимости

Рассмотрим основные статистические концепции построения моделей массовой оценки. На сегодняшний день в практике массовой оценки встречаются четыре основных вида моделей массовой оценки, которые описаны в работе Беляевой А.В., посвященной использованию пространственных моделей в массовой оценке стоимости объектов недвижимости [10]:

- 1) аддитивная модель;
- 2) мультипликативная модель;
- 3) гибридная модель;
- 4) эвристическая модель.

Аддитивная модель имеет следующий вид:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + \dots + A_n X_n, \quad (1)$$

где $X_1 \dots X_n$ – параметры, с помощью которых описывается объект недвижимости, A_i – численные коэффициенты при переменных характеристиках объекта, показывающие вклад соответствующих характеристик в стоимость.

Математическая регрессия позволяет точно рассчитать оптимальные A_i для конкретной базы данных, однако заложенное допущение о линейности вклада каждой характеристики зачастую не соответствует реалиям рынка.

Аддитивная модель не учитывает взаимосвязи факторов друг с другом, неудовлетворительно описывает пограничные ситуации (к примеру, объект с очень большой площадью). Тем не менее на основе этой модели можно сделать выводы о значимости тех или иных переменных и погрешностях информации.

Мультипликативная модель имеет математический вид:

$$Y = B_0 * Y_1^{B_1} * Y_2^{B_2} * \dots * Y_n^{B_n}, \quad (2)$$

где $Y_1 \dots Y_n$ – характеристики объекта недвижимости, B_i – веса переменных характеристик объекта.

Простая мультипликативная модель сводится к аддитивному виду путем логарифмирования и обладает сходными недостатками. Однако она позволяет более гибко отразить зависимость стоимости от значений характеристики [10].

Гибридная модель является комбинацией двух вышеперечисленных видов и имеет математический вид:

$$Y = Z_1^{B_1} * Z_2^{B_2} * \dots * Z_m^{B_m} (A_0 + A_1 Z_{n+1} + \dots + A_m Z_m), \quad (3)$$

где $(Z_1 \dots Z_m)$ – характеристики объекта недвижимости, A_i, B_j – веса и коэффициенты при переменных характеристиках объекта. Данный вид модели позволяет достаточно адекватно отображать основные тенденции рынка, однако затрудняет калибровку коэффициентов.

Математический вид модели определяется тот, с помощью которого адекватно описывается моделируемый процесс. Простыми моделями принято

считать аддитивную и мультипликативную. Данные модели могут применяться для слаборазвитого рынка, где нет каких-либо нелинейных тенденций. Они достаточно логичны в своей структуре и устойчивы в тех областях, где нет сильных выбросов и в выборке присутствуют только стандартные объекты. Гибридная модель оптимальна для рынка с устоявшимися нелинейными тенденциями и сложными видами зависимостей стоимости от факторов [10]. При этом анализировать конечную гибридную модель сложнее, чем линейную и мультипликативную, особенно если задействованы сложные переменные, отражающие взаимовлияние характеристик. Основной проблемой применения гибридной модели является сверхвысокое влияние начальных коэффициентов на конечный результат.

Таким образом, выбор метода оценки рыночной стоимости определяется множеством факторов, а именно:

- типом рассматриваемых объектов;
- доступностью информации;
- спецификой рынка.

1.2.7. Основные подходы к прогнозированию рыночной стоимости

Создание и совершенствование методов прогнозирования сталкиваются с существующими трудностями:

- 1) неприспособленность сложившихся в плановой экономике методов народнохозяйственного прогнозирования на основе отраслевых балансов к прогнозированию в условиях рыночной экономики. Примером тому могут являться многочисленные попытки прогнозирования развития строительного комплекса как отрасли народного хозяйства в отрыве от макросистемы – рынка недвижимости, включающей этот комплекс в качестве производственной подсистемы наряду с подсистемой финансирования оборота недвижимости из дохода и накопления граждан, ипотечного кредитования и других источников [106];

- 2) непригодность методов, разработанных в странах с развитой экономикой, к прогнозированию в странах с переходной экономикой с большим объемом нефтедобывающего сектора экономики;
- 3) информационная закрытость рынка недвижимости России. В отличие от развитых рынков, где давно сложились лицензированные государством статистические бюро, обеспечивающие специалистов полной и достоверной информацией о показателях рынка недвижимости, в России продвижение к нормальной открытой статистике еще далеко от завершения [93, 95, 99, 100, 102].

По степени формализации методов прогнозирования различают экспертное прогнозирование (предсказание), эвристическое прогнозирование, прогнозирование на основе фундаментального анализа [57], многофакторное моделирование и нейросетевое прогнозирование.

Таблица 5

Классификация прогнозов по степени формализации методов

Принцип прогнозирования	Вид прогноза
Интуитивные методы прогнозирования	Экспертное предсказание
Количественный и качественный фундаментальный анализ факторов	Эвристический прогноз
Фундаментальный анализ экономической ситуации и её влияния на рынок недвижимости [56]	Фундаментальный прогноз факторов: объем строительства, предложение, спрос, оборот рынка [56]
Статистическое моделирование на базе регрессионного анализа [27]	Прогноз на основе регрессионной статистической модели [27]
Многофакторное моделирование, нейросетевое прогнозирование	Прогноз на основе многофакторной модели и нейронных сетей [130]

Среди перечисленных в таблице прогнозов к методически обоснованным расчетным прогнозам можно отнести методы 2–5. 1-й вид прогноза не является формализованным и методологически обоснованным, поэтому его

логично характеризовать как предсказание, а не прогноз. Более того, метод не позволяет дать количественные оценки.

Эвристический подход (один из вариантов фундаментального анализа), применяемый при прогнозировании цен, состоит в использовании как количественных, так и качественных данных при анализе факторов, которые формируют тенденции изменения цен. В модели применяется методика прогнозирования, основанная на эвристическом подходе который включает следующие этапы:

- 1) анализ состояния городского рынка недвижимости и выявление основных тенденций изменения цен, стадии развития жилищного рынка;
- 2) анализ социально-экономического развития, результатом которого является определение долгосрочных и среднесрочных тенденций;
- 3) анализ макроэкономических показателей (ВВП, фондовые индексы РТС), макрофинансовых показателей (инфляция, курс доллара, объемы жилищного кредитования, денежная масса);
- 4) анализ внутренних факторов (объемы строительства недвижимости, доходность существующих инвестиционных проектов), а также внешних условий (региональная политика и планы развития региона, вход на рынок конкурирующих компаний) и определение тенденций изменения ключевых ценовых трендов.

Статистический метод заключается в использовании исторической информации значений цен объектов и построении статистической эконометрической модели с целью получения экстраполяционного прогноза. Метод требует, с одной стороны, выдвижения гипотезы о характере происходящих тенденций и процессов, что подразумевает высокую изученность предметной области, с другой стороны необходима первичная информация в виде временного ряда, которая подвергается дальнейшему анализу.

Статистическим методам прогнозирования посвящено большое количество работ. Среди исследований Г. М. Стерника приводится статистический

метод негармонического разложения ценового тренда. Анализ закономерностей позволил выработать методы прогнозирования тенденций развития рынка и изменения стоимости жилья в городах России, подтвержденные результатами наблюдений [93].

Еще одной моделью, предложенной Г. М. Стерником, является логистическая модель. Для описания закономерностей изменения цен на жилье для развивающихся рынков недвижимости была предложена гипотеза развития рынка в переходном периоде и описывающая логистическая модель вида:

$$V(T) = \frac{A}{1 + e^{(B+CT)} + err}, \quad (4)$$

где V – среднемесячная цена 1 кв. м общей площади квартиры;

T – порядковый номер месяца;

A , B и C – постоянные коэффициенты (параметры модели);

err – погрешность аппроксимации.

Стоит отметить эффективность статистических моделей при построении экстраполяционных прогнозов, когда исследователь имеет дело с стационарными процессами и монотонной динамикой. В целом данный подход характеризуется тем, что в основу метода закладывается гипотеза о возможном характере протекания моделируемого процесса. Однако полученные уравнения не исключают высокую вероятность ошибки в случае перелома тенденции.

Альтернативным подходом к прогнозированию является подход, при котором используется аппарат искусственных нейронных сетей. Область задач, решаемых с применением математического аппарата искусственных нейронных сетей во многом совпадает с задачами, в решении которых применяются традиционные статистические методы. Поэтому необходимо указать его преимущества.

В работах Сивеца С.А., посвященных математическим методам оценки стоимости недвижимого имущества указано: «значительная часть результатов

математической статистики основана на предположении о том, что информации, имеющейся у потребителя, достаточно для представления участвующих в задаче распределений в виде некоторых функций с конечным числом параметров. Важнейшей составляющей статистического анализа является проверка гипотез, которая позволяет установить надёжность полученных результатов» [27]. Основой является проверка гипотезы о виде распределения, так как вид распределения является основным критерием, позволяющим использовать (или не использовать) имеющиеся данные при дальнейшем анализе.

Задачи проверки гипотез делятся на два вида [27]:

- 1) параметрические, основанные на предположении о том, что распределение случайных величин совокупности подчинено некоторому известному статистическому закону распределения;
- 2) непараметрические (свободные от распределения), не связанные со знанием закона распределения.

В настоящее время возникает необходимость создания статистических процедур, не предполагающих знание вида распределений. Специфика построения непараметрических алгоритмов заключается в отсутствии четкого алгоритма построения модели в отличие от стандартных параметрических методов анализа.

Главным преимуществом непараметрических моделей является то, что при непараметрическом подходе используется только достоверная, доступная исследователю априорная информация. Недостоверная информация (например, предположение о нормальности распределения, тогда как оно на самом деле негауссово) в некоторых случаях эквивалентна введению дополнительных случайных, мешающих факторов [13, 14, 46, 68, 113]. По этой причине непараметрические модели прогнозирования вытесняют традиционные параметрические методы. Далее опишем общий подход к прогнозированию с помощью аппарата искусственных нейронных сетей.

1.2.8. Применение машинного обучения на базе искусственных нейронных сетей в задачах прогнозирования

Машинное обучение (*machine learning*) – это комплексное применение статистики для поиска закономерностей в данных и создания на их основе нужных прогнозов. Обучение с помощью искусственных нейронных сетей является одним из алгоритмов машинного обучения. До недавнего времени, ввиду того, что базовые нейронные сети требовали очень мощных вычислений, данный подход широко не распространялся. Однако в середине 2000-х гг. в результате роста компьютерных ресурсов стало возможно реализовывать на практике принципы многослойного обучения. Термин приобрел популярность после публикации Д. Хинтона и Р. Салахутдинова, в которой было показано, что можно эффективно «предобучать» многослойную нейронную сеть, если обучать каждый слой отдельно, а затем «дообучать» при помощи метода обратного распространения ошибки [136].

Задачу моделирования рынка недвижимости можно сформулировать как экономическую интерпретацию влияния всех существующих факторов на объект недвижимости в конкретный момент времени. Применение нейронных сетей построения прогнозных моделей продиктовано их свойствами воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости нелинейным моделированием [68, 123]. Специфика данного подхода заключается в отсутствии четкого алгоритма построения модели в отличие от стандартных параметрических методов анализа. С математической точки зрения персептрон – это аппроксиматор, заменяющий функцию многих переменных суммой функций, каждая из которых зависит только от одного аргумента. Ответ на вопрос, всегда ли можно любую функцию многих аргументов представить в виде суммы функций меньшего количества аргументов, иными словами, может ли персептрон с конечным количеством нейронов построить нужную математическую функцию, был дан В. И. Арнольдом и А. Н. Колмогоровым [136]. Согласно следствию теоремы Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена показано, что для любого множества пар $(X_k; Y_k)$ (где $X_k; Y_k$ – скаляры) существует однородная нейронная сеть

первого порядка с одинаковыми функциями активации, с одним промежуточным слоем, с последовательными связями и с конечным числом нейронов, которая выполняет отображение $X \rightarrow Y$, выдавая на каждый входной сигнал X_k правильный выходной сигнал Y_k . В 1987–1991 гг. Р. Хехт-Нильсон переработал теорему Арнольда – Колмогорова применительно к нейронным сетям. Таким образом, была доказана принципиальная возможность построения нейронной сети, выполняющей преобразование, заданное любым множеством различающихся между собой обучающих примеров, являющейся основным постулатом нейросетевого математического моделирования [136].

Математически алгоритм обучения реализуется следующим образом. Графически нейрон, осуществляющий преобразование входных сигналов в выходной, изображается в виде схемы Мак-Каллока – Питтса, представленной на рис. 5 [136].

Через входы математический нейрон принимает входные сигналы x_{ij}, \dots, x_{i1} , суммирует их, умножая каждый входной сигнал на некоторые весовые коэффициенты w_{ij} :

$$S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} \cdot x_{ij} \quad (5)$$

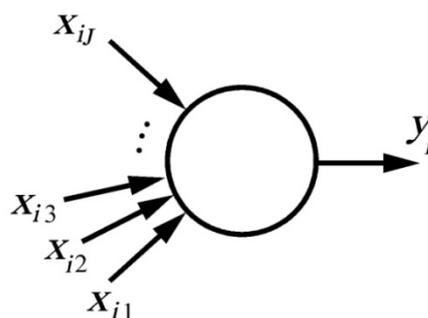


Рис. 5. Нейрон персептрона, выполняющий преобразование входных сигналов x_{ij} в выходной сигнал y_i с помощью выражений (5) и (6)

После выполнения операции суммирования, посредством активационной функции, математический нейрон формирует выходной сигнал y_j .

А. М. Горбанем доказано, что универсальные аппроксимационные свойства нейросетей определяются не конкретным выбором функции активации, а свойством нелинейности этих функций: достаточно, чтобы активационные функции были нелинейные и дважды непрерывно дифференцируемы [136]. Чаще всего в качестве активационных функций нейронов используются сигмоидные функции, так что вычисления каждого i -го нейрона (рис. 5) осуществлялись с помощью формул (5)–(6):

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-s_i}}, \quad (6)$$

в которых J – количество входов i -го нейрона, x_{ij} – сигналы, поступающие на вход i -го нейрона, y_i – его выходной сигнал, w_{ij} – весовые коэффициенты, вычисляемые в результате обучения нейронной сети [136].

Теорема Арнольда – Колмогорова – Хехт-Нильсона имеет следствие, используемое для определения количества синаптических весов нейронной сети [136]:

$$N = \frac{N_y Q}{1 + \log_2 Q} \leq N_w \leq N_y \left(1 + \frac{Q}{N_x} \right) (N_x + N_y + 1) + N_y, \quad (7)$$

где N_y – количество нейронов выходного сигнала;

Q – число элементов множества обучающих примеров;

N_w – необходимое число синаптических связей;

N_x – количество нейронов входного сигнала.

Количество синаптических весов используется в следующей формуле для расчета количества нейронов двухслойного персептрона [136]:

$$N = \frac{N_w}{N_x + N_y}. \quad (8)$$

Величина квадратичной ошибки персептрона определяется формулой:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^J (d_i - y_i)^2, \quad (9)$$

в которой d_i – требуемый (желаемый) выход i -го нейрона, а y_i – выход, который получился в результате вычислений персептрона. Процесс обучения персептрона представляет собой задачу минимизации функции ошибки (погрешности персептрона) $\varepsilon = \varepsilon(w_{ij})$, которая, в свою очередь, является функцией вычисленных весовых коэффициентов w_{ij} .

Как показано в работе [136], схема применения метода нейросетевого математического моделирования состоит из 6 основных этапов:

1. Математическая постановка задачи. На этом этапе определяются цели моделирования, устанавливаются входные и выходные параметры модели, а также структура (состав и длина) входного вектора X , и выходного вектора D .
2. Формирование примеров, этап подготовки статистического множества. На этом этапе формируется содержимое входных и выходных векторов. В результате создается множество пар $X_q - D_q$ ($q = 1 \dots Q$), где такая пара составляет пример, характеризующий предметную область.
3. Проектирование архитектуры сети. Выбираются количество входных нейронов, количество скрытых слоев, активационные функции слоев.
4. Обучение сети на специально выделенном обучающем множестве. Цель обучения – подобрать синаптические веса w_{ij} так, чтобы на каждый входной вектор X_q множества обучающих примеров сеть выдавала вектор Y_q , минимально отличающийся от заданного выходного вектора D_q . Эта цель достигается путем использования алгоритмов обучения нейронной сети [136].
5. Проверка и оптимизация сети. Проверка обобщающих свойств сети (иногда данный этап называется тестированием сети) производится на тестирующем множестве примеров, т.е. на тех примерах, которые не были использованы при обучении сети [136]. Результатом тестирования

является значение ошибки среднеквадратичной погрешности, вычисленной на тестовом множестве. Визуально работа перцептрона на тестовом множестве может быть представлена в виде диаграммы рассеивания [14].

- б. Этап исследования тестового множества. Путем проведения вычислительных экспериментов над математической нейросетевой моделью достигаются цели моделирования и находятся ответы на поставленные вопросы.

Основными недостатками нейросетевой модели являются неинтерпретируемость (невербальность) получаемых результатов, что является следствием невозможности использования имеющихся знаний, представленных в форме функциональных зависимостей. Внутреннее представление результатов обучения зачастую настолько сложно, что его невозможно проанализировать, за исключением некоторых простейших случаев, обычно не представляющих интереса. С целью приведения построенной нейронной сети к более прозрачному виду существует способ, описанный в работе [136]. Автором приводится алгоритм определения значимых параметров, суть которого заключается в том, что из нейронной сети поочередно исключаются входные нейроны и осуществляется поочередное обучение таких усеченных сетей. Далее, с помощью гистограммы можно построить распределение погрешностей обобщения нейросетей по каждому исключенному входному параметру (входному нейрону).

Общим ограничением использования аппарата искусственных нейронных сетей является необходимость использования большого объема знаний для обучения и тестирования модели. Это связано с тем, что нейросетевое моделирование в чистом виде базируется лишь на данных, не привлекая никаких априорных соображений, и имеющихся данных может быть недостаточно для обучения.

Многочисленные научные и литературные источники свидетельствуют о том, что статистические методы находят все более широкое применение в

задачах оценки. Опыт использования моделей в международной практике в литературе представлен шире, при этом указаны конкретные примеры такого применения. В большинстве российских изданиях весьма часто лишь декларативно указывается на возможность применения статистических методов при оценке недвижимости. Зачастую, при использовании инструментария статистики, многие авторы ограничиваются использованием при анализе средних показателей (среднего арифметического, моды, медианы), показателей вариации (дисперсии, среднего квадратичного отклонения, коэффициента вариации) и элементов корреляционно-регрессионного анализа, часто не выходя за пределы парного линейного анализа [90].

1.3. Общие недостатки существующих моделей оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости

Рассмотрим накопленный опыт использования статистических методов, применяемых на практике для анализа рынка недвижимости.

С середины 1990-х гг. С.В.Грибовским, Г.М.Стерником, С.А.Сивецом, М.А.Федотовой, Д.Б.Житковым и другими авторами публикуется серия научных и учебно-методических работ, посвященных созданию и применению экономико-математических методов массовой и индивидуальной оценки недвижимости [26, 27]. Рассматриваются и анализируются различные модификации регрессионных моделей с введением множества поправочных коэффициентов, учитывающих местоположение дома, категорию, тип и качество ОЖН. Применение моделей демонстрируется на примерах оценки стоимости ОЖН, расположенных в Санкт-Петербурге и Москве.

В зарубежной литературе разработке и применению альтернативных моделей массовой оценки объектов недвижимости на основе нейронных сетей посвящено достаточно большое количество научных работ. Проблемы применения нейросетевого аппарата в системах массовой оценки недвижимости изучались в многочисленных работах, в основном зарубежных авторов [142, 144,

147, 148, 151, 159, 160, 161, 162, 163, 165, 167]. Результаты исследований доказывают, что для оценки стоимости недвижимости более эффективно применение аппарата искусственных нейронных сетей, чем классических многомерных регрессионных моделей.

Наиболее значимым исследованием, имеющим практическое применение, является опубликованная в 2009 г. работа К.К.Борусяка, И.В.Мунермана и С.С.Чижова [16]. Результатом работы является программная система оценки коммерческой недвижимости на базе обобщенно-регрессионной нейронной сети, которая успешно внедрена в Департаменте имущества г. Москвы. Система обеспечивает среднюю относительную погрешность оценки в 20%. Разработанная нейросетевая методика массовой оценки нежилой недвижимости нашла дальнейшее развитие и применение в диссертационной работе И.В.Мунермана, защищенной в 2011 г. [58].

В представленных авторами публикациях по проблематике использования методов массовой оценки можно выделить следующие общие их недостатки. Модели не учитывают мезо-экономические факторы. Разработанные для конкретного региона, они не могут быть применены для оценки недвижимости других регионов. Кроме того, в условиях развивающегося рынка подобные модели быстро теряют актуальность и требуют постоянной актуализации, поскольку не учитывают постоянно меняющуюся экономическую ситуацию. Недостаток указанных статических моделей особенно относится к России, рынок которой находится в стадии развития и поэтому зависит от изменяющихся макроэкономических факторов: цен на нефть, курса доллара, ВВП, фондовых индексов, кредитной политики государства и др.

Разработке экономико-математических моделей рынков недвижимости с учетом макроэкономических параметров посвящены работы (Г.М.Стерник, С.Г.Стерник, С.Becker, A.R.Morrison J.Greenwood, Z.Hercowitz, М.Ю.Молчанова, А.В.Печенкина) [57, 104, 142]. Системный анализ динамики рынка недвижимости России, как сектора ее национальной экономики, выполнен в фундаментальной монографии российских ученых Г.М.Стерника и С.Г.Стерника

(2009 г.) [104], а также в ряде совместных статей этих авторов с их коллегами, относящихся к 1996–2015 гг. [93–109]. В данных работах построение математических моделей прогнозирования индексов стоимости ОЖН строится на основе использования макроэкономических факторов: темпов роста ВВП, инфляции, цен на нефть и иные товары экспорта, объема вывоза капитала, объема строительства и ввода жилья, объема финансирования строительства банковскими кредитами и иными привлеченными средствами, наличия альтернативных объектов инвестиций, уровня занятости, объема платежеспособного спроса на жилье, потенциального спроса, доходов населения и др. В работе М.Ю.Молчановой и А.В.Печенкиной приводится прогноз развития рынка жилой недвижимости г. Перми (точнее – средней стоимости квадратного метра жилья) на основе индикаторов регионально рынка и сценариев развития макроэкономической ситуации [56].

Данные динамические модели предназначены исключительно для моделирования и изучения динамики рынка в целом, но не для массовой оценки стоимости отдельных объектов с учетом технических и эксплуатационных характеристик. Несмотря на фундаментальный характер приведенных исследований, динамические модели предназначены, в первую очередь, для исследования динамики рынка в целом, но не для массовой оценки стоимости конкретных объектов. Вычисляемые в таких моделях индексы стоимости квартир (средние удельные стоимости квартир, отнесенные к квадратному метру) требуют пересчета стоимости конкретных объектов недвижимости с учетом их строительных и эксплуатационных параметров путем применения дополнительных методик, поскольку удельные цены объектов недвижимости одного и того же типа, расположенных в одном районе и даже в одном доме, могут различаться между собой. В этом случае необходимо применять более дифференцированный подход.

Как показало исследование опубликованных научных работ, описанные модели можно разделить на четыре вида согласно табл. 6. Анализ литератур-

ных источников выявил отсутствие опыта создания комплексных моделей, совмещающих свойства статических и динамических моделей массовой оценки объектов жилой недвижимости.

Таблица 6

Существующие подходы построения моделей массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости ОЖН

	Статические	Динамические	Комплексные
Регрессионные	<p>Модели оценки стоимости ОЖН с помощью корреляционно-регрессионного анализа. Учитывают строительные, эксплуатационные, географические, экологические, климатические, но не учитывающие факторы внешней экономической среды. Работы: С.В.Грибовский, Г.М.Стерник, С.А.Сивец, М.А.Федотова, Д.Б.Житкова</p>	<p>Модели учитывают общее состояние экономики, предназначены исключительно для моделирования и изучения динамики рынков недвижимости в целом, расчета индикаторов развития рынка и сценариев развития макроэкономической ситуации. Работы: Г.М.Стерник, С.Г.Стерник, С.Becker, A.R.Morrison J.Greenwood, Z.Hercowitz, М.Ю.Молчанова, А.В.Печенкина</p>	<p>В ходе анализа литературных источников не обнаружено попыток создания комплексных моделей, совмещающих свойства статических и динамических моделей массовой оценки ОЖН</p>
Нейросетевые	<p>Оценка стоимости ОЖН с помощью аппарата нейросетевого моделирования. Не учитывают факторы внешней экономической среды. Работы: - в России с 2008 г.: К.К.Борусяк, И.В.Мунерман С.С.Чижов, Л.Н.Ясницкий; - за рубежом с 1991 г.: R.A.Borst, D.P.Tay, D.K.Но, A.Evans, H.James, A.Collins, A.Q.Do и G.Grudnitski</p>	<p>Модели моделирования временных рядов учитывают общее состояние экономики, предназначены исключительно для моделирования и изучения динамики рынков недвижимости в целом. Работы: М.А.S.Gonzalez, С.Т.Formoso, J.Kilpatrick, V.Kontrimas, A.Verikas, B.Manganelli, P.Pontrandolfi, A.Azzato, В.Murgante, Y.H.Mao, M.B.Zhang</p>	

Таким образом, ряд статических моделей, предназначенных для массовой оценки объектов недвижимости, учитывающих их строительные, эксплуатационные, географические характеристики, но не учитывающие меняющуюся экономическую ситуацию, требующие постоянной актуализации в условиях развивающегося рынка не пригодны для среднесрочного прогнозирования, а также не применимы для различных локальных рынков. Существующие динамические модели, адаптирующиеся к условиям внешней экономической среды за счет учета в составе параметров модели экзогенные факторы внешней экономической среды, предназначенные для прогнозирования и исследования общей ценовой ситуации на рынке недвижимости и не пригодные для массовой оценки стоимости объектов недвижимости. Опыт построения моделей, обладающих свойствами описанных выше статических и динамических моделей, т.е. учитывающих как строительно-эксплуатационные характеристики объектов недвижимости, так и меняющуюся экономическую ситуацию развивающегося рынка в литературных источниках не представлен.

Создание комплексных экономико-математических моделей процессов массовой оценки недвижимости и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов на основе учета экономических факторов с использованием математического аппарата искусственных нейронных сетей является задачей дальнейшего исследования в работе.

Выводы по I главе

В современной практике оценки стран с развитой экономикой для решения задачи определения рыночной стоимости в целях налогообложения и прогнозирования её изменения используются модели массовой оценки недвижимости. В основе моделей лежат как регрессионные статистические модели, так и модели на базе аппарата искусственных нейронных сетей. Описанные статические модели имеют существенные ограничения. Используемые модели

подвержены быстрой потере актуальности результатов в условиях развивающегося рынка недвижимости, неприменимы сразу для множества локальных рынков и не пригодны для сценарного прогнозирования. Создание экономико-математических моделей процессов массовой оценки недвижимости и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов на основе учета экономических факторов, лишенных данных недостатков, является сегодня значимой задачей, имеющей практическую значимость как для процесса массовой оценки объектов недвижимости на всей территории РФ, так и для решения задач прогнозирования и планирования развития рынка. Также важной является задача планирования налоговых поступлений при использовании рыночной стоимости в качестве налогооблагаемой базы налога на имущество в соответствии с реализуемой налоговой реформой.

Глава II. Моделирование процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

2.1. Разработка положений, определяющих процедуру комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

2.1.1. Подход к моделированию

Как сказано выше, модель процесса оценки и прогнозирования рынка должна основываться на теоретико-методологических предпосылках, устанавливающих связь между рыночной стоимостью и социально-экономическими явлениями. Как было сказано выше и показано в работе Стерника Г. М. о ценообразовании на рынке жилой недвижимости России [101]: «математические модели, даже успешно прошедшие фильтры статистического анализа значимости факторов, не могут быть признаны адекватными, если они не опираются на экономическую гипотезу о сущности протекающих на рынке процессов в стадии его развития». Разрабатываемая модель положений оценки и сценарного прогнозирования рынка недвижимости как объекта статистического наблюдения и финансового математического моделирования строится на основе модели «влияния ключевого интегрального фактора – сопротивления системы элементов и факторов» (см. рис. 2, глава I) и основана на статистическом анализе и мониторинге совокупности макро- и мезоэкономических параметров. Первоначальный выбор факторов ценообразования опирается на экспертные знания о рынке, качественные и количественные исследования закономерностей развития рынка (рис.4 глава I, таблица 3 глава I, таблица 4 глава I). Как показано в работе Г. М. Стерника [106], посвященной пространственно-параметрическому моделированию рынка недвижимости, ключевым фактором развития рынка недвижимости в переходной экономике является показатель суммарного дохода населения с учетом изменяющейся склонности к инвестированию. Однако стоит учитывать парадокс рынка жилой недвижимости, который заключается в том, что доход покупателя не является ключевым определяющим фактором доступности ОЖН ввиду высокой капиталоемкости товара.

2.1.2. Ценовое зонирование

Важнейшим этапом математического моделирования рынка является процедура ценового зонирования. Ценовое зонирование заключается в систематизации рыночной информации о сделках (при моделировании используется информация о предложениях на рынке ОЖН) с типовыми объектами недвижимости. Ценовая зона – часть территории, в границах которой определены близкие по значению удельные показатели средних рыночных цен типовых объектов недвижимости. Процедура ценового зонирования осуществляется с помощью типизации объектов недвижимости, при которой типовые объекты недвижимости описываются с учетом состояния соответствующего сегмента рынка. Целью типизации объектов недвижимости является выделение групп однородных объектов по физическим характеристикам объектов жилой недвижимости, имеющих минимальные различия по цене.

При описании рынка жилой недвижимости (глава I параграф 1.2.4) была определена фундаментальная особенность продукции строительства – ее территориальная закреплённость. Целью территориального зонирования является уменьшение разброса цен в исследуемой выборке. Зачастую принадлежность дома к определенному району не определяет его транспортную доступность и удаленность от центра. Это особенно характерно для городов с прямоугольно – линейным принципом расположения улиц. Распространенным способом территориального зонирования ОЖН является ассоциация объекта с районом и определение географического расстояния между ОЖН и географическим центром города. Таким образом, наряду с выделением территориальных зон в границах муниципальных районов использован параметр расчета расстояния от ОЖН до географического центра. С целью анализа влияния географического расположения на рыночную стоимость ОЖН использован *WEB* сервис геокодирования *Google Maps API*, взаимодействие с которым реализовано программной процедурой. Статистический анализ показал следующие результаты: имеется обратная корреляционная связь стоимости объекта и расстояния

от центра (кратчайший путь по автомобильным дорогам общего пользования, проложенный сервисом *Google Maps* от центра города).

Таким образом, в результате проведенного сегментирования объектов по однородным качественным и территориальным характеристикам на основе рыночной информации (информация предложений на рынке), получено множество элементов, разбитых на группы по однородным признакам. Далее многомерное множество используется для определения ценообразующих факторов и построения модели оценки.

2.1.3. Кодирование переменных

Часть факторов ценообразования, в первую очередь строительно-эксплуатационных характеристик ОЖН, носит качественный характер и имеет подмножество признаков. Чтобы включить в регрессию в качестве независимых переменных качественные признаки, определенные в ходе оценочного зонирования, их необходимо оцифровать. Методом оцифровки подобного рода переменных является использование фиктивных переменных (переменные, которые принимают два значения 0 и 1). Чтобы фиктивные переменные позволили учесть влияние не только качественных признаков, принимающих одно из двух значений, но и несколько возможных, добавляется несколько фиктивных переменных. Данный метод оцифровки реализован в математическом пакете *Statistica*. Для запуска метода необходимо параметры входного множества разделить по признаку непрерывные и категориальные. Используемая при моделировании типизация (классификация) признаков ОЖН входного множества, подаваемого на вход нейронной сети, приведена в табл. 7.

Типизация (классификация) жилых строений, используемая при моделировании процесса оценки рыночной стоимости

Входной параметр	Способ кодировки, размерность
Количество комнат	Число
Район	Число
Этаж	Число
Количество этажей	Число
Тип дома	1 – Улучшенная планировка (постройки с 1980 г.).
	2 – «Брежневской постройки» (постройки с 1963 г.).
	3 – «Хрущевской постройки» (постройки с 1956 г.).
	4 – «Серая панель» (серия I-464) (постройки в 1967–1995 гг.).
	5 – «Полнометражный» (постройки в 1930–1950 гг.).
	6 – «Пентагон» (Пг) (постройки с 1979 г.)
Тип стен	1 – «Кирпич»,
	2 – «Панель»,
	3 – «Монолит»,
	4 – «Шлакоблок»
Общая площадь	Число, кв. м
Наличие балкона/лоджии	1 – нет,
	2 – балкон,
	3 – п/лоджия,
	4 – лоджия
Расстояние от центра	Число, км

2.1.4. Метод оценки стоимости

Для моделирования процесса массовой оценки среди прочих методов предпочтение отдается сравнительному подходу. Это обусловлено развитостью рынка жилой недвижимости, а также доступностью и репрезентативно-

стью информации о сделках (предложениях) с объектами недвижимости. Поскольку разрабатываемые модели массовой оценки должны обладать прогностическими свойствами, проводится анализ не только рынка недвижимости в его статическом состоянии, но и временного ряда ретроспективных данных, в процессе математической обработки которого оцениваются влияние на рыночную стоимость внешних экономических факторов. Далее сформулируем теоретические положения моделирования.

2.1.5. Теоретические положения, определяющие требования к технологии моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости

Совокупность приведенных теоретических положений только в комплексе определяет авторский подход к моделированию процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН.

Положение 1. Статистический подход к моделированию

Процедура моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости должна строиться на математических подходах – методах статистического анализа, принимая форму обобщенной комплексной математической модели.

Положение 2. Информационный подход к моделированию

В настоящее время широко распространены аналитический и информационный подходы к моделированию. Суть аналитического подхода заключается в наложении известных аналитических методов, законов и зависимостей на изучаемую картину реальности. Информационный подход имеет другой принцип и ориентирован на исследование данных. При применении этого подхода берут за основу данные, характеризующие исследуемый объект, и модель подстраивается под действительность в процессе её обучения. Таким образом,

параметры модели полностью определяются входными данными. Это является преимуществом информационного подхода, который лежит в основе большинства современных технологий и методов анализа данных.

Таким образом, процедуру моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования необходимо строить на основе информационного подхода.

Положение 3. Комплексный подход к моделированию

Для стабильной работы модели в условиях меняющейся внешней экономической системы, а также обеспечения прогностических свойств модели необходимо учитывать в составе ценообразующих факторов не только строительно-эксплуатационные характеристики объекта, но и экономические факторы внешней среды: мезо- и макроэкономические параметры.

Положение 4. Локальный подход к моделированию

Ключевой особенностью функционирования рынка недвижимости является локальный подход, проявляющийся в географической привязке объектов недвижимости к территории. С этой целью в составе ценообразующих факторов необходимо учесть третью группу факторов: географические характеристики.

Положение 5. Нейросетевой подход к моделированию

Основным преимуществом нейросетевых алгоритмов является то, что используется только априорная информация, без привлечения каких-либо дополнительных математических гипотез, что является существенным фактором, обуславливающим адекватность моделируемым явлениям. Главным преимуществом построения искомой обобщенной комплексной нейросетевой модели становится отказ от каких-либо предположений о распределении случайных величин.

Положение 6. Системный подход к моделированию

Система входных переменных нейронной сети (рис. 6) в соответствии с положениями 3 и 4 должна включать три группы показателей: внешние экономические, географические, строительно-эксплуатационные. Выходной переменной нейронной сети является рыночная стоимость объекта жилой недвижимости. Для реализации нейросетевой модели достаточно одного скрытого слоя нейронов.

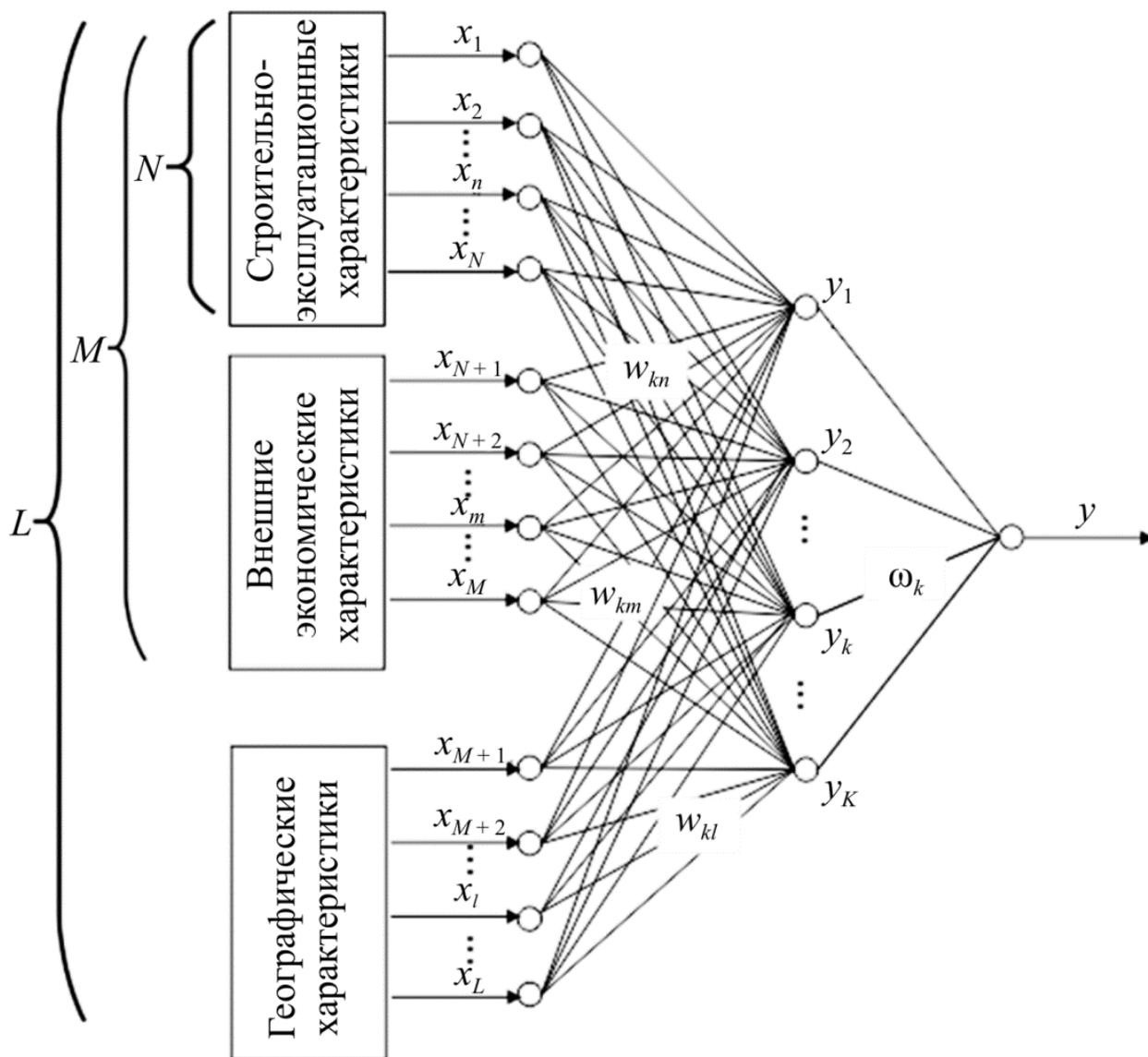


Рис. 6. Концептуальная модель нейронной сети, предназначенной для моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

При решении задач прогнозирования роль нейронной сети состоит в предсказании будущей реакции системы по ее предшествующему поведению. Нейронная сеть, будучи универсальным аппроксиматором функции от нескольких переменных, реализует нелинейную функцию:

$$y = f(X),$$

где X – множество входных переменных;

y – реализация функции нескольких переменных.

Входные переменные нейронной сети:

$x_1, x_2, \dots, x_N \in X$ – переменные, соответствующие строительно-эксплуатационным параметрам;

$x_{N+1}, x_{N+2}, \dots, x_M \in X$ – переменные, соответствующие внешним экономическим макро- и мезопараметрам;

$x_{M+1}, x_{M+2}, \dots, x_L \in X$ – переменные, соответствующие географическим параметрам, где L – общее количество входных переменных модели;

N – количество строительно-эксплуатационных переменных;

$M - N$ – количество внешних экономических переменных;

$L - M$ – количество географических переменных;

$k = 1, 2, \dots, K$, где K – количество нейронов на скрытом слое;

$n = 1, 2, \dots, N$; $m = N+1, N+2, \dots, M$;

$l = M+1, M+2, \dots, L$;

y – рыночная стоимость объекта жилой недвижимости.

Входные параметры множества (входные данные модели оценки рыночной стоимости) должны определяться исходя из результатов планирования эксперимента. Согласно укрупненной типовой структуре факторов рынка недвижимости (рис. 4 глава II), а также иерархии факторов спроса и предложения (рис. 7, 8) в качестве входных параметров включались факторы, соответствующие нижнему уровню иерархической системы ценообразования. Также, с целью исключения внутренней корреляции ценообразующих факторов, выполнен линейно-корреляционный анализ Пирсона (см. табл. 8 и 9).

Таблица 8

Коэффициенты корреляции ценообразующих факторов,
полученные с помощью линейного корреляционного анализа Пирсона
для г. Екатеринбург

	Район	Комнат	Тип дома	Кол-во этажей	Тип стен	Площадь	Балкон	Сезон	РТС	Ден. масса	Цена нефти	ВВП	Курс USD	Ввод жилья	Кредиты	Рост яние	Стоимость
Район	1,00																
Комнат	0,05	1,00															
Тип дома	0,02	0,02	1,00														
Этаж	-0,01	-0,02	0,01	1,00													
Тип стен	-0,04	0,01	-0,05	0,54	1,00												
Площадь	0,06	0,77	0,12	0,14	0,20	1,00											
Балкон	-0,01	0,08	-0,22	0,35	0,54	0,21	1,00										
Сезон	-0,04	0,30	0,01	0,03	0,03	0,25	0,00	1,00									
Индекс РТС	0,01	-0,01	0,02	-0,06	-0,01	0,00	-0,05	-0,18	1,00								
Ден. масса	0,11	0,03	-0,01	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,02	1,00							
Цена нефти	0,09	0,18	0,00	-0,03	0,01	0,15	-0,01	0,05	0,51	0,45	1,00						
ВВП	0,11	0,03	-0,01	0,07	0,06	0,05	0,05	0,02	0,00	0,99	0,45	1,00					
Курс USD	0,04	-0,12	0,01	0,08	0,06	-0,06	0,06	-0,03	-0,47	0,31	-0,55	0,28	1,00				
Ввод жилья	0,06	0,05	-0,02	0,07	0,07	0,05	0,04	0,09	0,04	0,81	0,37	0,83	0,06	1,00			
Кредиты	-0,02	-0,04	-0,01	0,01	0,00	-0,05	-0,03	0,06	0,17	0,48	0,44	0,53	-0,42	0,60	1,00		
Рост яние	0,22	-0,03	-0,04	-0,02	-0,04	-0,12	0,04	-0,02	-0,07	0,06	0,01	0,06	0,06	0,03	-0,01	1,00	
Стоимость	0,03	0,56	0,11	0,15	0,22	0,86	0,19	0,01	0,01	0,05	0,14	0,05	-0,09	0,09	0,14	-0,24	1,00

Таблица 9

Коэффициенты корреляции ценообразующих факторов,
полученные с помощью линейного корреляционного анализа Пирсона
для г. Перми

Район	Ком- нат	Тип дома	Кол- во эта- жей	Тип стен	Пло- щадь	Бал- кон	Се- зон	RTС	Ден. масса	Цена нефти	ВВП	Курс USD	Ввод жи- лья	Кре- диты	Ресто- яние	Стои- мость
Район	1,00															
Комнат	-0,04	1,00														
Тип дома	-0,02	0,02	1,00													
Этаж	0,00	0,02	-0,04	1,00												
Тип стен	0,05	0,10	-0,27	0,08	1,00											
Площадь	0,02	0,56	0,01	0,09	0,16	1,00										
Балкон	0,01	0,15	-0,07	0,24	0,15	0,27	1,00									
Сезон	0,00	0,03	-0,02	0,03	0,01	0,04	0,08	1,00								
Индекс RTС	-0,01	0,05	0,07	-0,03	-0,02	-0,27	-0,19	-0,30	1,00							
Ден. масса	-0,01	-0,14	-0,08	0,03	0,35	0,14	0,16	-0,64	1,00							
Цена нефти	-0,03	-0,12	-0,05	-0,01	0,20	0,02	-0,04	0,12	0,55	1,00						
ВВП	-0,02	-0,13	-0,10	0,02	0,34	0,13	0,25	-0,63	0,96	0,52	1,00					
Курс USD	0,03	-0,05	-0,01	0,06	0,19	0,14	0,26	-0,81	0,63	-0,20	0,63	1,00				
Ввод жилья	-0,01	-0,12	-0,03	0,04	0,29	0,14	0,14	-0,64	0,94	0,38	0,89	0,75	1,00			
Кредиты	-0,03	-0,14	-0,10	-0,01	0,34	0,09	0,03	-0,48	0,93	0,63	0,91	0,43	0,86	1,00		
Рестояние	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,04	-0,02	-0,09	0,10	0,04	0,09	0,08	0,09	0,09	1,00	
Стоимость	-0,03	0,46	0,20	0,23	0,54	0,25	0,03	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,12	0,14	-0,30	1,00

Среди факторов нижнего уровня в состав модели включены следующие параметры, в дальнейшем используемые в качестве входных данных моделирования (см. рис. 7: код «С» означает фактор спроса, цифра – порядковый номер фактора):

1. С2. Цена на нефть. Является значимым фактором ценообразования любых рынков транзитивной экономики.
2. С4. Курс доллара США. Поскольку доходы большей части населения РФ не привязаны к валюте и все операции на рынке производятся в рублях, можно ожидать, что колебания валютного курса не должны существенно влиять на стоимость объектов на рынке недвижимости. Однако резкие колебания курса рубля способствуют оттоку инвестиционных денег с рынка недвижимости, поскольку инвесторам более выгодно инвестировать в валюту, чем в недвижимость.
3. С6. Показатель ВВП. Данный параметр является показателем деловой активности экономики РФ.
4. С7. Индикатор фондового рынка индекс РТС. Использование данного параметра обусловлено влиянием инвестиционных инструментов на рынок недвижимости.
5. С10. Объем жилищного кредитования. Данный параметр используется в качестве показателя кредитной политики государства.
6. С5. Денежная база. Данный показатель способствует увеличению доходов населения при его росте, обуславливая снижение темпов роста при его снижении. Фактор исключен из состава входных параметров, поскольку существенно коррелирован с основными макрофинансовыми и макроэкономическими факторами (на основании таблицы коэффициентов корреляции ценообразующих факторов, полученной с помощью коэффициентов корреляции Пирсона).

На основании аналогичного анализа структуры факторов предложения на рынке жилой недвижимости в качестве входного параметра модели использован мезоэкономический фактор верхнего уровня «П7. Объем ввода

объектов жилой недвижимости», являющийся интегральным фактором ресурсного обеспечения строительства, административных условий входа застройщика на рынок, инвестиционной стратегии застройщика и маркетинговой стратегии продавца, а также наличия земельных участков под строительство (см. рис. 8: код «П» означает фактор предложения, цифра – порядковый номер фактора).

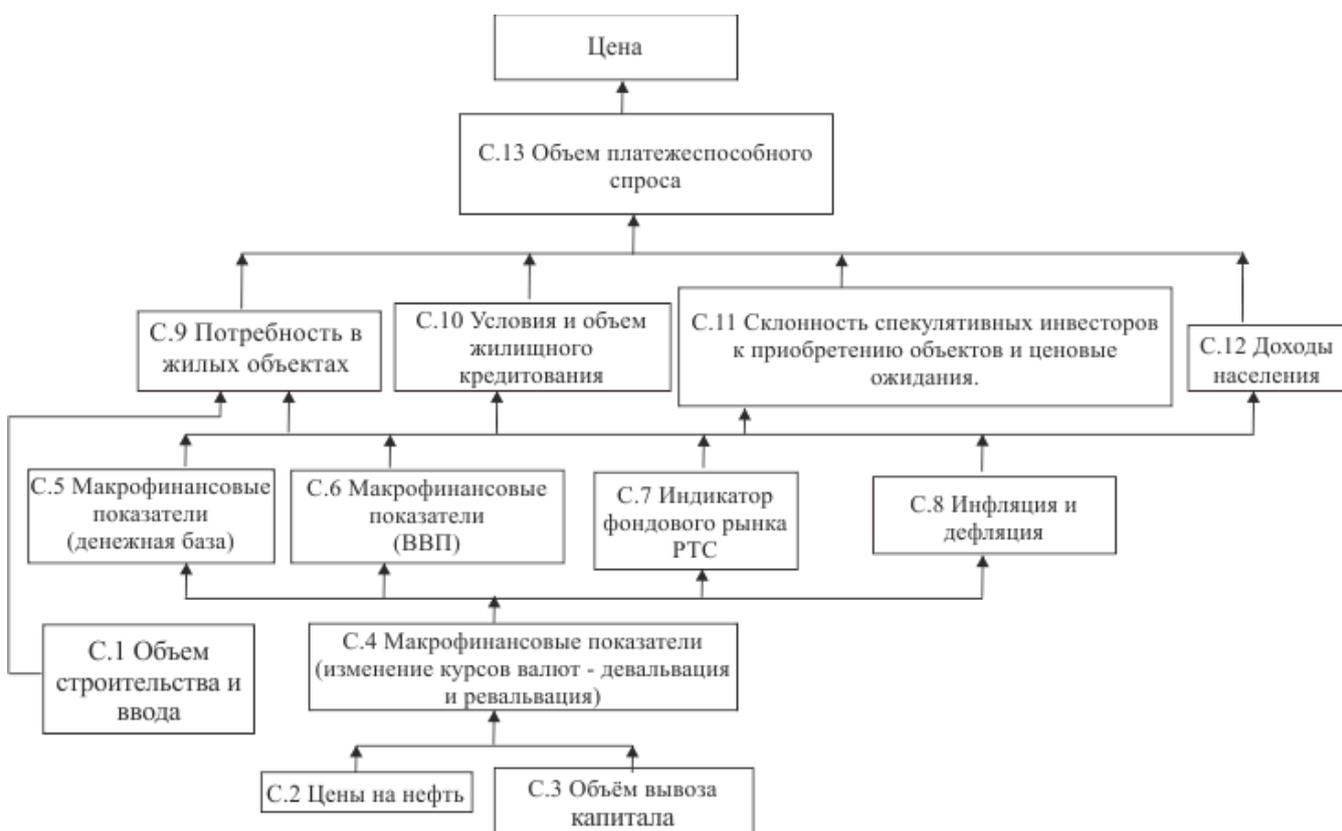


Рис. 7. Структура факторов спроса на рынке жилой недвижимости и их взаимосвязи

Результирующий вектор входных параметров, представленный на рис. 9, состоит из трех групп элементов: внешние экономические параметры, строительно-эксплуатационные параметры, географические характеристики.

Таким образом, при моделировании процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости необходимо учитывать параметры схемы, представленной на рис.9. Дальнейшая задача состоит в проектировании оптимальной нейронной сети, входами которой являются определенные в положении группы факторов.



Рис. 8. Структура факторов предложения на рынке жилой недвижимости и их взаимосвязи

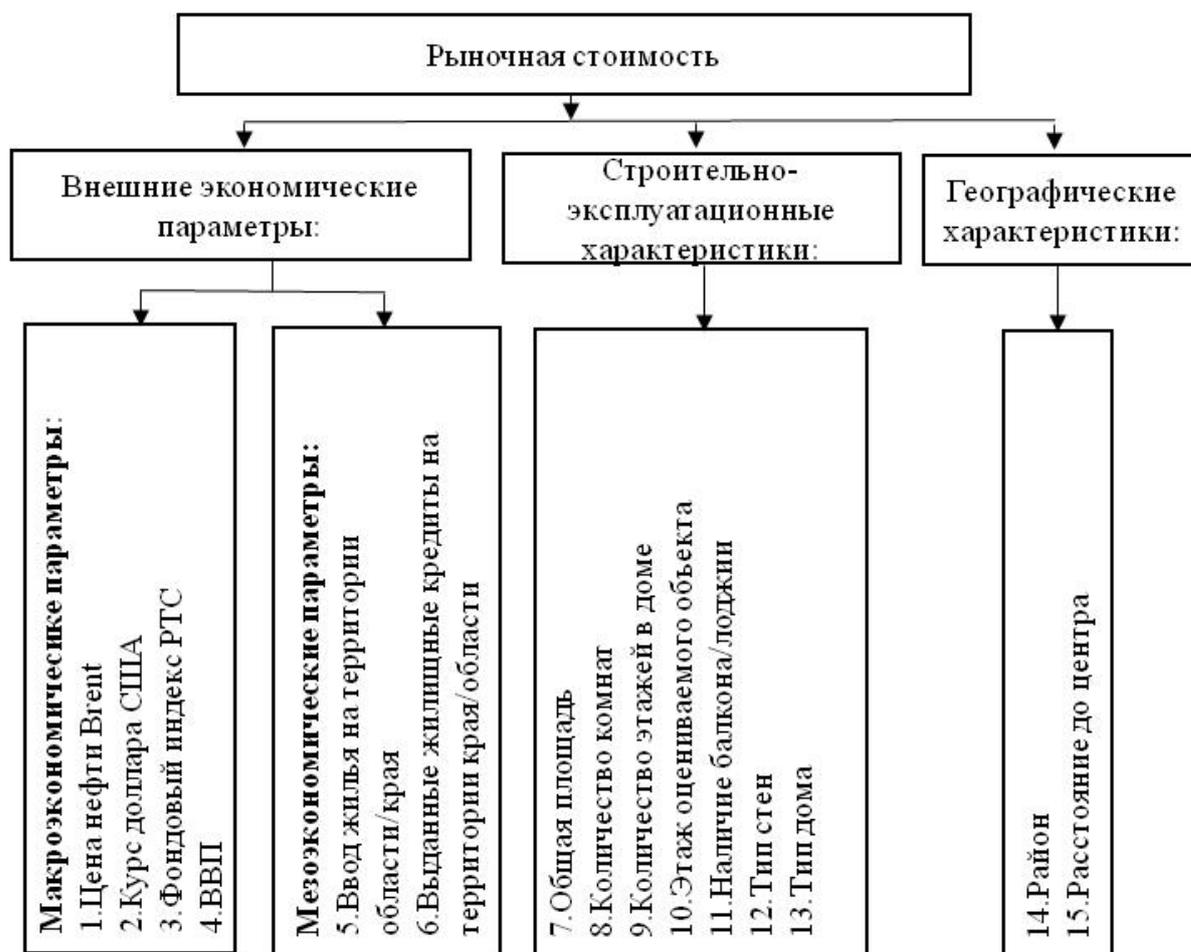


Рис. 9. Вектор входных параметров модели процесса массовой оценки и прогнозирования ОЖН

Положение 7. Процессный подход к моделированию

Процедуру моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости необходимо выполнять на принципах процессного подхода, обеспечивающего интерсубъективность результатов. На рис. 10 представлен алгоритм, реализующий технологию нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования, учитывающий специфику модели, в составе множества входных параметров X которой включены три группы факторов: внешние экономические параметры, строительно-эксплуатационные параметры и географические параметры. D – множество выходных векторов (в данном случае скаляров, соответствующих фактической стоимости ОЖН); $w_{kn}, w_{kl}, w_{km}, \omega_k$ – синаптические веса (весовые коэффициенты связей), определяемые в результате обучения нейросетевой модели.

Для проектирования нейронной сети на этапе 2 «Проектирование сети» (рис. 10) в работе использован пакет нейросетевого моделирования *Statistica Neural Networks* программной среды *Statistica*.

Обучение сети (этап 3 «Обучение сети», рис. 10) осуществлено на реальных рыночных данных. С целью проектирования оптимальной структуры нейронной сети исходное множество разбито на три подмножества: обучающее, тестирующее и подтверждающее [14]. Обучение сети (настройка весов) нейронной сети прямого распространения происходит в результате так называемого обучения с учителем. Это означает, что сети предъявляется как входной образец, так и выходные данные, которые нейросеть должна выдавать на этом образце.



Рис. 10. Алгоритм нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Для оценки качества нейронной сети (этап 4 «Тестирование сети», рис. 10) используется среднеквадратичная относительная погрешность, рассчитываемая с помощью формулы:

$$E = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (d_i - y_i)^2}{I}}}{\bar{d}_i} 100\% \quad (10)$$

где I – количество элементов выборки, $d_i \in D \subset R^+$ – заявленная стоимость i -й квартиры, $y_i \in Y \subset R^+$ – стоимость i -й квартиры, оцененная с помощью нейронной сети. Данная погрешность рассчитывается как на обучающем, так и на тестирующем множествах, что обеспечивает качество обучения и качество про-

гностических свойств сети. В результате обучения нейросетевой модели происходит корректировка синаптических весов таким образом, чтобы в результате при поступлении на вход сети определенного сигнала сеть выдавала правильный ответ в пределах заданной точности $E_{O\ max}$.

Задача обучения персептрона (этап 3 «Обучение сети» и этап 4 «Тестирование сети», рис. 10) сводится к минимизации функции ошибки персептрона. Построение алгоритма обучения сети начинается с однослойного персептрона, схематично изображенного на рис. 11, имеющего J входов и I выходов. Целью данного этапа является минимизация функции ошибки обучения персептрона, представленной в виде формулы

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^I (d_i - y_i)^2 \quad (11)$$

Многомерная функция весовых коэффициентов с квадратичной ошибкой ε представляет собой многомерную функцию весовых коэффициентов, т.е. $\varepsilon = \varepsilon(w_{ij})$, и в пространстве координат w_{ij} представляется в виде некоторой многомерной поверхности – гиперповерхности. Если оставить только две оси координат, например, w_{11} и w_{12} , то эта поверхность будет иметь вид параболоида, который может иметь несколько минимумов (поверхность гиперпсевдопараболоид) (рис. 12).

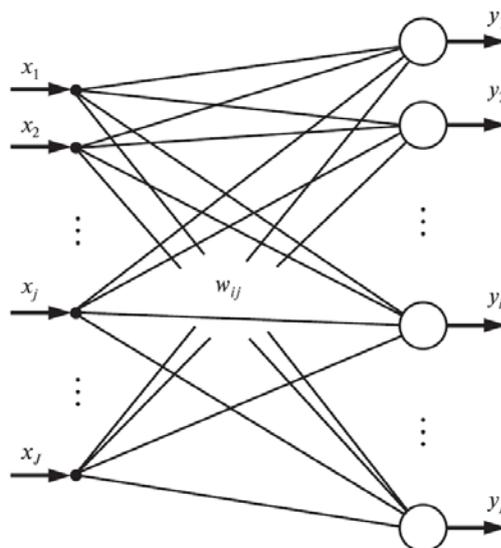


Рис. 11. Однослойный персептрон с J -входами и I -выходами

В этом случае обучение персептрона можно представить как задачу определения такого сочетания весовых коэффициентов w_{ij} , которому соответствует самая нижняя точка гиперпсевдопараболоида. Таким образом, задача состоит в минимизации функции $\varepsilon = \varepsilon(w_{ij})$ в пространстве параметров w_{ij} .

Для поиска минимума этой функции будем использовать метод градиентного спуска, согласно которому организуется итерационный процесс:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}, \quad (12)$$

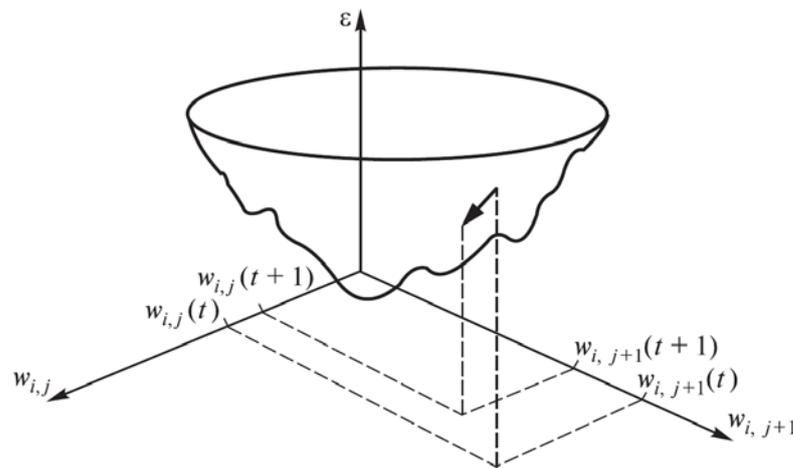


Рис. 12. Псевдопараболоид, изображающий зависимость квадратичной ошибки ε от весовых коэффициентов w_{11} и w_{12}

где $w_{ij}(t+1)$ – новое значение весового коэффициента (на шаге итерации $t+1$), $w_{ij}(t)$ – старое значение весового коэффициента (на шаге итерации t), а приращение Δw_{ij} производится в сторону, противоположную градиенту поверхности гиперпсевдопараболоида, т. е.

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}}, \quad (13)$$

где η – коэффициент скорости обучения.

Квадратичная ошибка ε является сложной функцией, зависящей, в

первую очередь, от выходных сигналов персептрона y_i , поэтому

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial w_{ij}}, \quad (14)$$

где $y_i = \frac{1}{1 + e^{-S_i}} \equiv f_\sigma(S_i)$ – сигмоидная активационная функция i -го нейрона,

изображенная на рис. 13, аргументом которой является сумма $S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} x_j$.

Следовательно,

$$\frac{\partial y_i}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial f_\sigma(S_i)}{\partial S_i} \frac{\partial S_i}{\partial w_{ij}} = f'_\sigma(S_i) x_j. \quad (15)$$

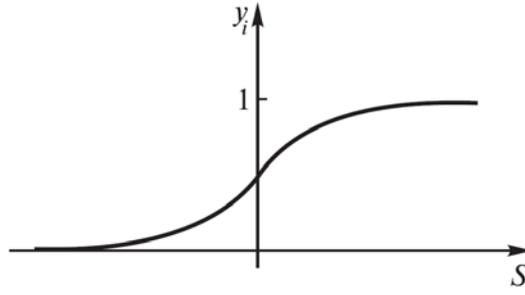


Рис. 13. Сигмоидная активационная функция $y_i = \frac{1}{1 + e^{-S_i}} \equiv f_\sigma(S_i)$

Кроме того, используя формулу (11), получаем

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial y_i} = -(d_i - y_i). \quad (16)$$

Подставив (15) и (16) в (14) и затем полученное выражение в (13), будем иметь

$$\Delta w_{ij} = -\eta \left(-(d_i - y_i) f'_\sigma(S_i) x_j \right) = \eta (d_i - y_i) f'_\sigma(S_i) x_j. \quad (17)$$

Это выражение получено для нейронов с активационными функциями любого вида. Однако, если $f_\sigma(S_i)$ – сигмоида, заданная формулой (6), то

$$f'_\sigma(S_i) = \left((1 + e^{-S_i})^{-1} \right)' = f_\sigma(S_i) (1 - f_\sigma(S_i)). \quad (18)$$

Подставив это выражение в (17), получим

$$\Delta w_{ij} = \eta (d_i - y_i) f_\sigma(S_i) (1 - f_\sigma(S_i)) x_j = \eta (d_i - y_i) y_i (1 - y_i) x_j. \quad (19)$$

Итак, мы получили итерационную формулу для обучения однослойного

персептрона

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}, \quad (20)$$

в которой

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_i x_j, \quad (21)$$

$$\delta_i = (d_i - y_i) y_i (1 - y_i). \quad (22)$$

Данный алгоритм, называемый обобщенным дельта-правилом, применим только для обучения однослойных персептронов без скрытого слоя. Далее необходимо обобщить данный алгоритм на случай обучения двухслойного персептрона, изображенного на рис. 14, имеющего N входов, I выходов и *скрытый* слой из J нейронов.

Алгоритм корректировки синаптических весов нейронов выходного слоя используем как для однослойного персептрона (см. обобщенное дельта-правило в формулах (20)–(22)), заменив в них x_j на y_j :

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}; \quad (23)$$

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_i y_j; \quad (24)$$

$$\delta_i = y_i (1 - y_i) (d_i - y_i). \quad (25)$$

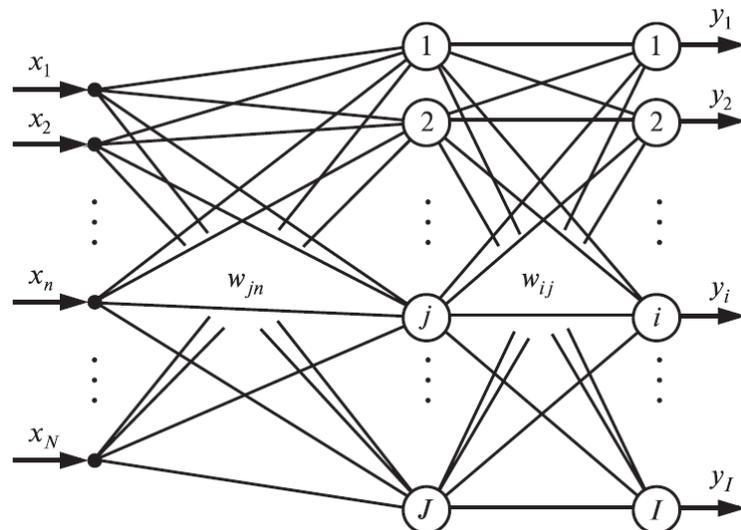


Рис. 14. Двухслойный персептрон, имеющий N входов, I выходов и *скрытый* слой из J нейронов

Синаптические веса нейронов скрытого слоя будем корректировать с помощью описанных формул, в которых индекс i заменим на j , а индекс j – на индекс n :

$$w_{jn}(t+1) = w_{jn}(t) + \Delta w_{jn}; \quad (26)$$

$$\Delta w_{jn} = \eta \delta_j x_n; \quad (27)$$

$$\delta_j = y_j(1 - y_j)(d_j - y_j). \quad (28)$$

В данном случае нейронная ошибка $(d_j - y_j)$ для скрытого слоя остается неизвестной. Идея авторов рассматриваемого алгоритма состояла в том, чтобы в качестве этой ошибки использовать суммарные нейронные ошибки с выходного слоя, помноженные на силы соответствующих синаптических связей, т. е.

$$(d_j - y_j) = \sum_{i=1}^I \delta_i w_{ij}. \quad (29)$$

В результате выражение для скрытого слоя имеет вид:

$$\Delta w_{jn} = \eta \delta_j x_n; \quad (30)$$

$$\delta_j = y_j(1 - y_j) \sum_{i=1}^I \delta_i w_{ij}. \quad (31)$$

Из трех тысяч построенных моделей нейронных сетей (фрагмент перебора структур нейронных сетей представлен в программном окне пакета *Statistica NN* (рис. 15) отобрана модель с наилучшими статистическими показателями.

Результаты работы нейросетевых моделей в конкретной задаче приведены в табл. 10. Для сравнения различных архитектур, в качестве наиболее важной статистики, характеризующей качество нейросетевой модели и пригодной для сравнения, использован показатель отношения стандартных отклонений (*S. D. Ratio*), представляющий собой отношение стандартного отклонения ошибки прогноза к стандартному отклонению исходных данных [14, 123].

Расчетная величина *S. D. Ratio* для многослойного персептрона вида [МП 15:102-6-1:1] имеет значение $0.199 < 0.200$.

Тестирование сетей Мастером решений (Новое множество лист)								
	Архитектура	Произв. обуч.	Контр. произв.	Тест. произв.	Ошибка обуч.	Контр. ошибка	Тест. ошибка	Обучение
970	МП 1:1-5-4-1:1	0,492001	0,535499	0,479611	0,090260	0,091405	0,088673	OP100,CG20,CG19b
971	МП 2:2-4-1:1	0,453317	0,507221	0,439399	0,083163	0,086567	0,081240	OP100,CG20,CG19b
972	МП 11:11-12-4-1:1	0,346712	0,389895	0,334526	0,050905	0,053230	0,049453	OP100,CG20,CG55b
973	МП 1:1-5-1:1	0,496989	0,541553	0,487527	0,091175	0,092450	0,090136	OP100,CG20,CG22b
974	МП 6:6-10-5-1:1	0,447140	0,484397	0,425768	0,065624	0,066141	0,062961	OP100,CG20,CG18b
975	МП 2:2-2-1:1	0,464651	0,510315	0,449535	0,085242	0,087090	0,083120	OP100,CG20,CG22b
976	МП 13:13-13-7-1:1	0,331392	0,389148	0,343254	0,048653	0,053130	0,050762	OP100,CG20,CG19b
977	МП 1:1-8-1:1	0,749588	0,802774	0,736657	0,110012	0,109718	0,109119	OP100,CG20,CG15b
978	МП 15:15-13-6-1:1	0,350714	0,397513	0,345536	0,051474	0,054288	0,051078	OP100,CG20,CG3b
979	МП 3:3-4-1:1	0,444275	0,498064	0,434746	0,081555	0,085000	0,080348	OP100,CG20,CG57b
980	МП 12:12-12-7-1:1	0,350932	0,391592	0,344669	0,051504	0,053480	0,050962	OP100,CG20,CG28b
981	МП 9:9-6-1:1	0,388616	0,440491	0,374110	0,071293	0,075254	0,069179	OP100,CG20,CG30b
982	МП 6:6-9-4-1:1	0,427429	0,480767	0,407185	0,078418	0,082098	0,075251	OP100,CG20,CG31b
983	МП 3:3-1-1:1	0,459055	0,473940	0,446102	0,084215	0,080903	0,082468	OP100,CG20,CG45b
984	МП 12:12-13-10-1:1	0,344874	0,391490	0,339402	0,050615	0,053450	0,050196	OP100,CG20,CG35b
985	МП 3:3-2-1:1	0,436084	0,458574	0,428488	0,080003	0,078351	0,079207	OP100,CG20,CG35b
986	МП 2:2-5-5-1:1	0,463007	0,503486	0,444745	0,067952	0,068738	0,065785	OP100,CG20,CG22b
987	МП 3:3-5-1:1	0,408659	0,432404	0,394890	0,059989	0,059074	0,058538	OP100,CG20,CG5b
988	МП 10:10-12-5-1:1	0,377104	0,390483	0,363458	0,055345	0,053324	0,053728	OP100,CG20,CG37b
989	МП 12:12-3-1:1	0,382832	0,422558	0,381608	0,070232	0,072114	0,070527	OP100,CG20,CG44b
990	МП 13:13-13-11-1:1	0,323309	0,373887	0,327421	0,047469	0,051049	0,048414	OP100,CG20,CG47b
991	МП 10:10-7-1:1	0,365239	0,399860	0,355788	0,053606	0,054615	0,052606	OP100,CG20,CG8b
992	МП 15:15-13-10-1:1	0,325729	0,390223	0,346096	0,047819	0,053274	0,051177	OP100,CG20,CG52b
993	МП 9:9-5-1:1	0,442183	0,478082	0,427715	0,081155	0,081588	0,079031	OP100,CG20,CG30b
994	МП 12:12-13-9-1:1	0,338278	0,407029	0,344861	0,049647	0,055585	0,050979	OP100,CG20,CG52b
995	МП 1:1-3-1:1	0,492253	0,533766	0,477976	0,072245	0,072885	0,070704	OP100,CG20,CG5b
996	МП 13:13-13-10-1:1	0,341229	0,409463	0,353446	0,050081	0,055987	0,052253	OP100,CG20,CG29b
997	МП 2:2-3-1:1	0,461932	0,503640	0,444292	0,067797	0,068758	0,065699	OP100,CG20,CG12b
998	МП 1:1-9-5-1:1	0,492039	0,534459	0,478449	0,072213	0,072980	0,070774	OP100,CG20,CG8b
999	МП 8:8-3-1:1	0,417108	0,429385	0,409112	0,076520	0,073324	0,075684	OP100,CG20,CG103b

Рис. 15. Окно выбора оптимальной архитектуры нейронной сети в пакете *Statistica Neural Networks*. Фрагмент анализа

Поскольку значение много меньше 1, это подтверждает удовлетворительное качество нейронной сети. Данный вывод также подтверждается коэффициентом корреляции Пирсона между предсказанными и наблюдаемыми выходными значениями 0.95. Долю объясненной дисперсии зависимой переменной в общей выборочной дисперсии по результатам работы сети в задаче регрессии характеризует регрессионное отношение, которое определяется показателем $R = 1 - S. D. Ratio$ и равно 91%. Высокий процент объясненной дисперсии является универсальной мерой качества регрессионных моделей. Существующая часть необъясненной регрессии 9% определяется спецификой потребительского спроса. Как было показано в главе I, несмотря на то, что спрос на рынке жилой недвижимости подчиняется достаточно устойчивым закономерностям, он в значительной степени подвержен комплексу рефлекторных

действий, что отличает рынок недвижимости от развитых рынков более стандартизированных товаров.

В обозначениях, используемых в нейроинформатике, структура многослойного персептрона вида [МП 15:102-6-1:1] с наилучшим показателем *S. D. Ratio* представлена на рис. 16. Количество входных нейронов соответствует количеству входных параметров оцениваемого объекта: входной сигнал, состоящий из 15 параметров входного объекта (x_1, \dots, x_n) , поступает на первый слой нейросети, который передает его на промежуточный слой, состоящий из шести нейронов. Выходной слой содержит единственный нейрон, который формирует величину оценки. Калибровка такой модели заключается в подстройке весовых коэффициентов.

Результирующее регрессионное уравнение модели генерируется нейронной сетью, являющейся двухслойным персептроном с одним скрытым слоем с сигмоидными активационными функциями [МП 15:102-6-1:1]. На рис. 16 нейронная сеть имеет L входных нейронов, один скрытый слой с K сигмоидными нейронами и один выходной нейрон также с сигмоидной активационной функцией.

Выражение, соответствующее обобщенной комплексной нейросетевой модели процессов массовой оценки, имеет общий вид:

$$y = \left(1 + \exp \left(- \sum_{k=1}^K w_k \left(1 + \exp \left(- \sum_{n=1}^N w_{kn} x_n - \sum_{m=N+1}^M w_{km} x_m - \sum_{l=M+1}^L w_{kl} x_l \right) \right) \right) \right)^{-1}. \quad (32)$$

Значения рассчитанных синаптических весов (весовых коэффициентов) моделей приведены в приложении I.

Таблица 10

Сравнительные статистические показатели различных архитектур нейронных сетей

Статистика	Конфигурации нейронных сетей									
	МП 3:38-2-2:1	МП 15:102-6-1:1	МП 3:38-4-1:1	МП 4:44-6-8:1:1	МП 5:70-5-1:1	МП 6:93-2-1:1	МП 10:102-6-1:1	МП 10:101-2-9-1:1		
Среднее данных	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698	3 551 698
Ст.откл.данных	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136	1 609 136
Среднее ошибки	27 814	12 000	17 723	-26 277	12 030	-6 403	-14 039	11 143	11 143	11 143
Ст.откл.ошибки	707 345	320 000	700 272	702 665	670 298	682 633	746 179	1 460 213	1 460 213	1 460 213
Среднее абсолютной ошибки	519 971	215 000	513 979	510 980	495 449	505 785	531 580	1 058 842	1 058 842	1 058 842
Отношение ст.отклонений	0,440	0,199	0,435	0,437	0,417	0,424	0,464	0,907	0,907	0,907
Корреляция	0,898	0,950	0,901	0,900	0,909	0,906	0,887	0,429	0,429	0,429

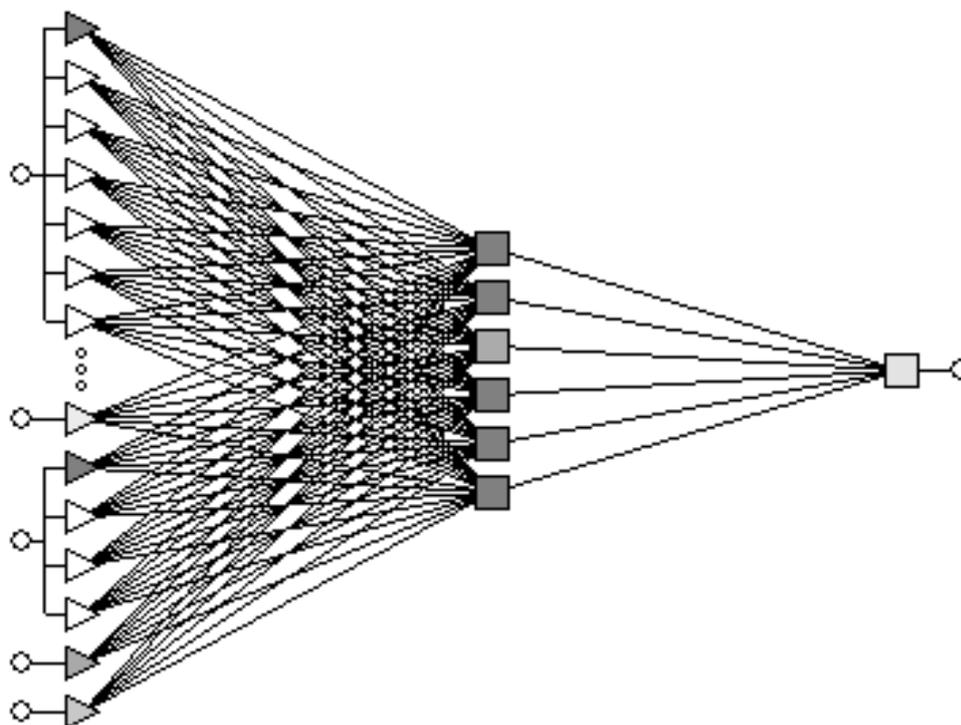


Рис. 16. Архитектура трехслойного персептрона [МП 15:102-6-1:1] с 15 входными нейронами, одним выходным и одним скрытым слоем, содержащем 6 нейронов, сгенерированная с помощью пакета *Statistica Neural Networks*

Таким образом, разработана комплексная нейросетевая обобщенная модель реальных процессов массовой оценки рынков жилой недвижимости, отличающаяся набором входных параметров, включающим макро- и мезоэкономические факторы, и одним скрытым слоем нейронов с сигмоидными активационными функциями.

2.2. Разработка комплексных нейросетевых моделей реальных локальных рынков жилой недвижимости

2.2.1. Верификация модели

На базе предложенной концепции и обобщенной модели осуществляется реализация комплексных нейросетевых моделей локальных рынков Перми и Екатеринбурга. Для обучения и тестирования нейронных сетей была

сформирована значительная часть примеров в виде статистических данных рынков недвижимости Перми и Екатеринбурга за последние 10 лет: с 2006 по 2016 гг., что соответствует полному циклу рынка недвижимости. Таким образом, в множество примеров были включены данные следующих периодов: экономически спокойного для России периода (2006 г.), периода экономического роста (2007 – середина 2008 гг.), кризисного и переломного этапа российской и мировой экономики (2008 – начало 2010 гг.), периода восстановления после кризиса (2010–2012 гг.), замедления роста (2013 – начало 2014 гг.), сильного спада экономического роста на фоне внешней российской политики, ввода западных санкций, резкого падения цен на нефть и рубль относительно курсов доллара, финансовой блокады и закрытия доступа к международному капиталу (2014–2016 гг.). Наличие в составе ретроспективных данных полного десятилетнего цикла, а также обоснованность применения теории циклов на российском рынке недвижимости, позволяет использовать обученную модель для сценарного прогнозирования экономической системы.

Как показано в исследованиях в теоретической части работы, рынок недвижимости тесно связан с экономикой страны и большинство факторов, определяющих динамику роста цен на недвижимость, лежат далеко за пределами строительной отрасли. Перечень экономических факторов, оказывающих влияние на рынок недвижимости, приведен на рис. 7, 8. При моделировании влияние этих факторов должно быть учтено в составе параметров модели, качество которой оценивается погрешностью, получаемой при прогнозировании.

Для привязки модели к внешней экономической среде в качестве входных параметров использованы данные, публикуемые ЦБ РФ, Минфином РФ, Министерством экономического развития РФ, а также Федеральной службой государственной статистики. В течение рассматриваемого периода (десять лет) включенные в модель экономические параметры внешней среды, согласно рис. 7, 8, имели высокую статистическую значимость и низкую взаимную корреляцию Пирсона (табл. 8, 9).

Макроэкономические параметры:

- цена нефти марки *Brent* – от 40,11 до 126,90 долл. / баррель. Выбор марки нефти *Brent* обусловлен тем, что марка *Brent* является эталонным сортом нефти на европейском рынке, от котировок которой зависит цена российской экспортируемой нефти марки *Urals*;
- курс доллара США – от 23,45 до 66,49 руб.;
- ВВП, измеренный в текущих ценах, 26 916,0–80 412,5 млрд руб.;
- индикатор фондового рынка индекс РТС 625–1733 пунктов;
- денежная масса (выраженная денежным агрегатом М2 Центрального банка РФ)¹ имеет высокую взаимную корреляцию с ВВП (значение коэффициента взаимной корреляции Пирсона 0.97 (табл. 8, 9 коэффициентов корреляции ценообразующих факторов Пирсона)), в силу чего из входных параметров модели исключен.

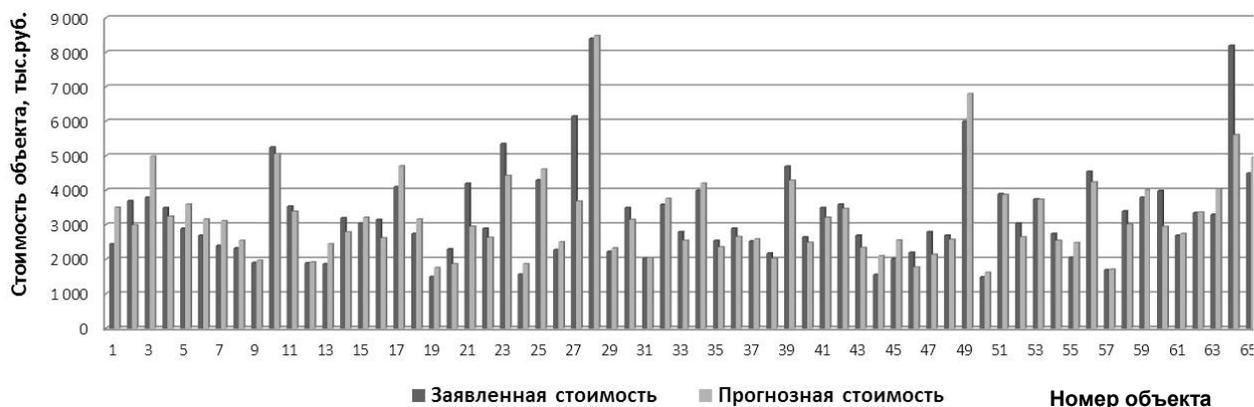
Мезоэкономические параметры модели:

- ввод жилья на территории области/края – от 700,0 до 2483,7 тыс. кв. м. Данный параметр показывает влияние на спрос объема товарной массы вводимых в эксплуатацию новых объектов жилой недвижимости;
- выданные жилищные кредиты на территории области/края – от 4 369 до 59 829 млн руб.

Весь информационный базис исследования включал ретроспективные данные о более чем 2000 объектах в каждом городе: в Екатеринбурге и Перми и в соответствии с теорией нейронных сетей был разбит на три подмножества: обучающее (70%), тестирующее (15%) и подтверждающее (15%).

¹ Денежная масса, выраженная денежным агрегатом М2 Центрального банка РФ, соответствует совокупности наличных денег, находящихся в обращении, и остатков безналичных средств на счетах, которыми располагают физические, юридические лица и государство. Динамика расчетной величины показывает взаимосвязь между денежным обращением и процессами экономического развития.

а).



б).

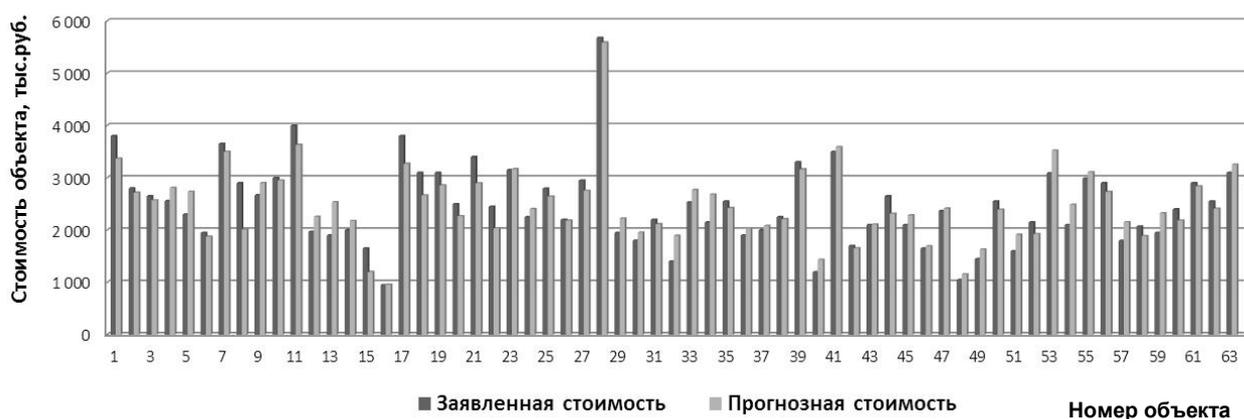


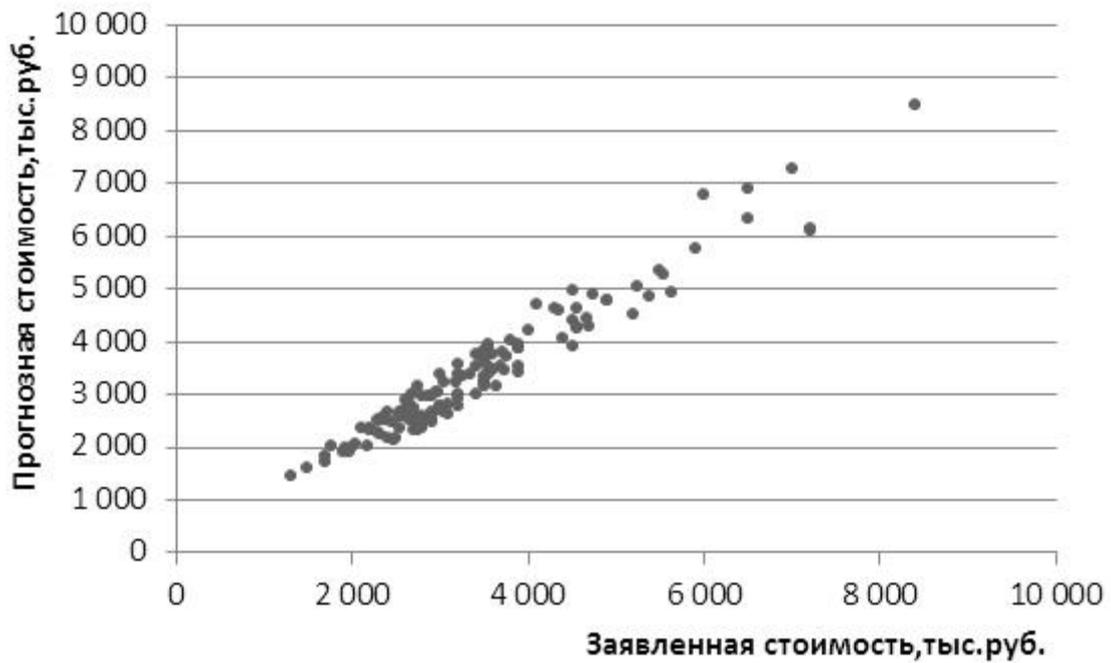
Рис. 17. Фрагмент тестирования сети на подтверждающем множестве: сопоставление заявленных и оцененных с помощью нейронной сети стоимостей квартир: а – для Екатеринбурга; б – для Перми

Подтверждающее множество используется для окончательной проверки адекватности сети. После очистки множеств от статистических выбросов, ошибка на тестирующем и подтверждающем множествах, рассчитанная согласно (10), составила не более 6,5%. Коэффициент детерминации R^2 на этих множествах (между предсказанными и наблюдаемыми значениями) составил 0,87, что соответствует доли дисперсии, которую объясняет построенная модель.

Диаграммы, представленные на рис. 17 (а, б), иллюстрируют результат проверки сетей на тестовых примерах – объектах жилой недвижимости Екатеринбурга и Перми, данные о которых не были использованы при обучении нейронных сетей.

Как видно из рис. 17, 18, заявленные и оцененные с помощью нейронной сети стоимости объектов недвижимости незначительно отличаются между собой, что говорит об адекватности разработанной нейросетевой модели.

a).



б).

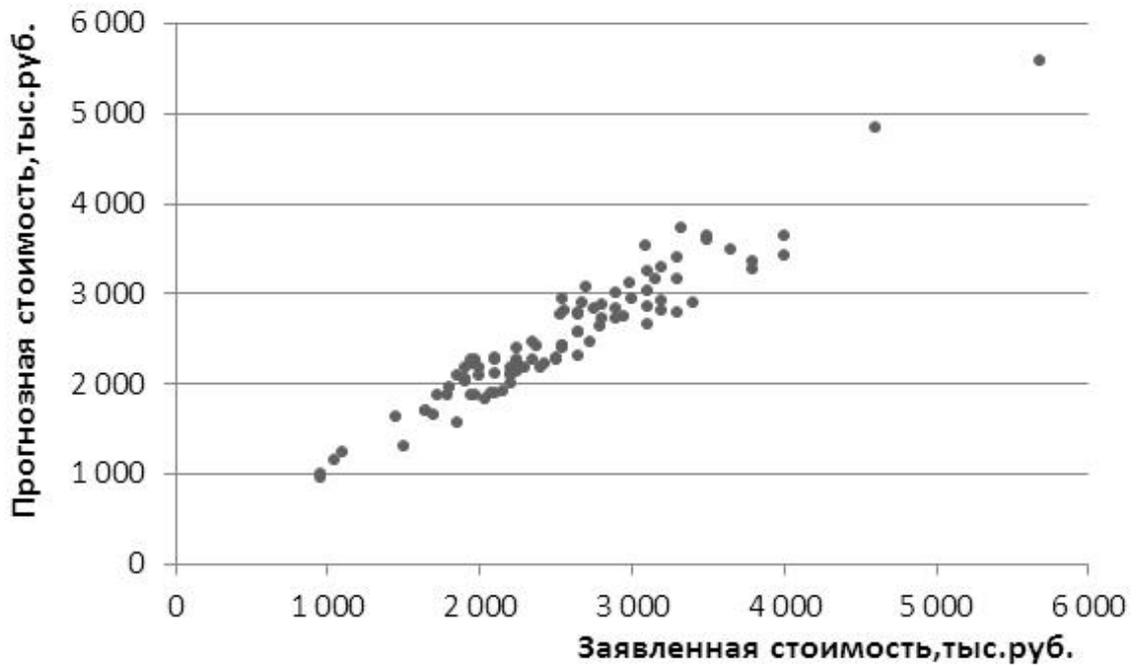


Рис. 18. Диаграмма рассеивания отклонений значений выходного вектора прогнозных значений от фактически заявленных значений стоимости:
a – для Екатеринбурга; *б* – для Перми

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы. С помощью математического аппарата искусственных нейронных сетей продемонстрирована принципиальная возможность построения модели оценки и прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости.

С этой целью:

- 1) сформулирован ряд положений, определивших процедуру моделирования с помощью аппарата искусственных нейронных сетей процесса оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости;
- 2) определен перечень факторов, состоящий из трех групп, включающий строительно-эксплуатационные факторы, географические факторы и макро- и мезоэкономические факторы внешней среды;
- 3) разработаны комплексные нейросетевые модели реальных процессов массовой оценки рынков жилой недвижимости, отличающиеся набором входных параметров, включающим макро- и мезоэкономические факторы, и использованием сигмоидной активационной функции;
- 4) получено аналитическое выражение обобщенной комплексной нейросетевой модели, соответствующее оптимальной архитектуре персептрона. Рассчитаны синаптические веса (весовые коэффициенты) модели.

Дальнейшим шагом является исследование точности результатов оценки прогнозирования полученной модели на реальных данных локальных рынков жилой недвижимости.

2.3. Исследование эффективности нейросетевых моделей массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости

2.3.1. Исследование точности моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

С целью исследования точности результатов процесса оценки рыночной стоимости разработанной нейросетевой модели процесса массовой оценки было выполнено сопоставление результатов нейросетевого моделирования с результатами регрессионного моделирования по двум моделям: линейной (1) и мультипликативной (2). Для объективности результатов анализа все три модели строились в одном прикладном пакете (*Statistica*) на одних множествах, относящихся к жилой недвижимости г. Екатеринбурга. Описательные статистики для каждой полученной модели приведены в табл. 11.

Таблица 11

Описательные характеристики линейной, мультипликативной и нейросетевой моделей массовой оценки рыночной стоимости объектов недвижимости г. Екатеринбурга

Показатель	Линейная регрессионная модель	Мультипликативная регрессионная модель	Нейросетевая модель
Вид уравнения, используемого при моделировании	$Y = A_0 + A_1 X_1 + \dots + A_n X_n,$	$Y = B_0 * X_1^{B_1} * X_2^{B_2} \dots X_n^{B_n},$	$y = \left(1 + \exp \left(- \sum_{k=1}^K w_k \left(1 + \exp \left(- \sum_{n=1}^N w_{kn} X_n - \sum_{m=1}^M w_{km} X_m - \sum_{l=1}^L w_{kl} X_l \right) \right) \right) \right)^{-1}$
Коэффициент детерминации R^2	84,33%	85,16%	87%
Средняя ошибка аппроксимации	10%	9,30%	6,50%

Как видно из таблицы, прогноз, выполненный на тестовом множестве с помощью нейронной сети, имеет наибольшее значение коэффициента детерминации R^2 (87%) и наименьшую среднеквадратичную относительную погрешность (средняя ошибка аппроксимации), рассчитанную с помощью формулы (10), значение которой составило 6,5%, т. е. позволяет получить наилучший результат.

Анализ результатов, полученных при использовании различных моделей, также приведен на графике рис. 19. По оси абсцисс отложены значения отклонений прогнозной стоимости от заявленной, полученные для объектов недвижимости на тестовом множестве (т.е. данные объекты не участвовали при обучении модели). По оси ординат отложена относительная частота, т. е. доля квартир тестовой выборки, соответствующая указанным на оси абсцисс отклонениям. Как видно из рисунка, для прогноза, выполненного с помощью нейронной сети, имеется наибольшее количество объектов, отклонение прогнозной стоимости которых от фактической ближе всего находится к нулевому значению, что также говорит о более высоком качестве нейросетевой модели по сравнению с мультипликативной и линейной регрессионными моделями.

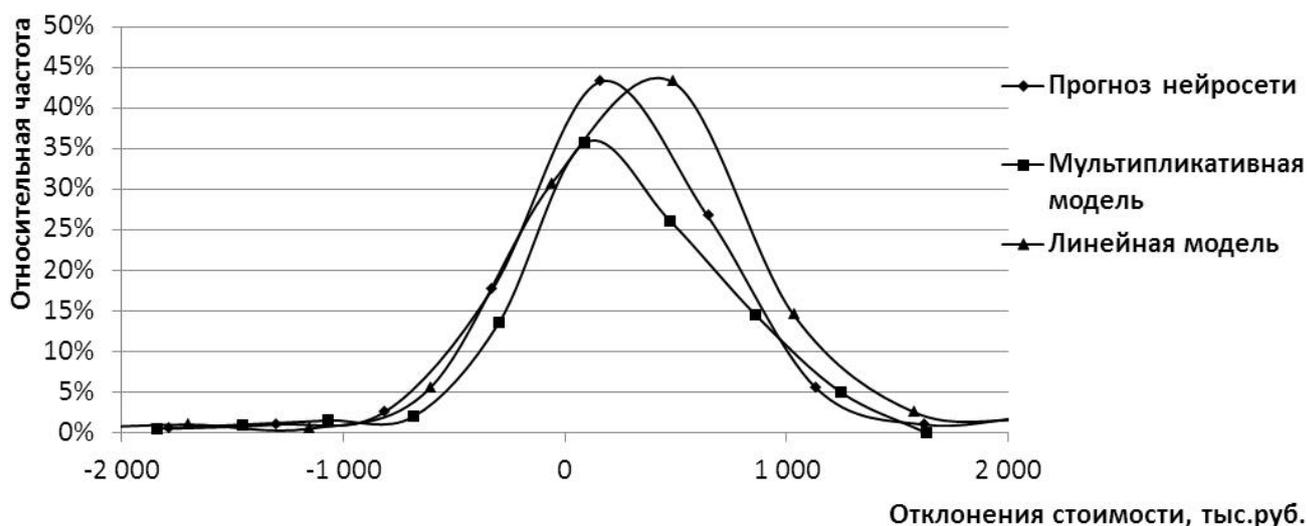


Рис. 19. Распределения частот отклонений прогнозных стоимостей квартир от заявленных на тестовом множестве, полученных с помощью нейросетевой и регрессионной линейной и мультипликативной моделей

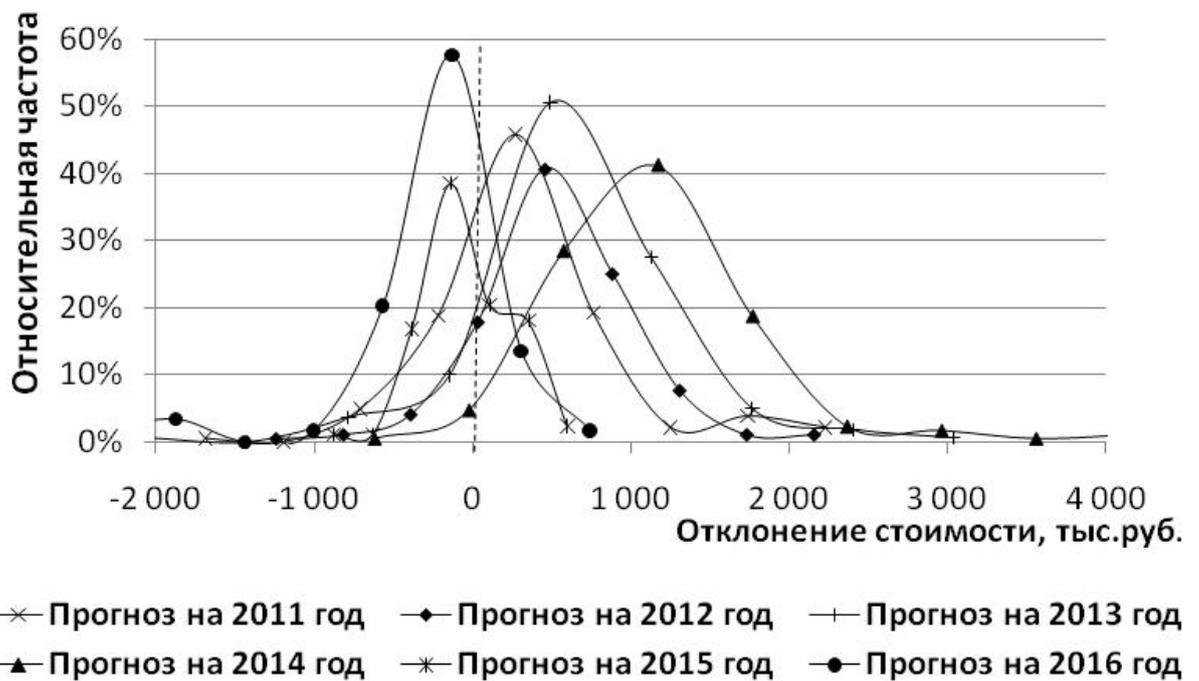
2.3.2. Исследование устойчивости моделей процессов массовой оценки к изменениям внешних параметров

С целью подтверждения гипотезы о возможности устранения недостатков существующих экономико-математических моделей путем ввода параметров внешней среды, а именно, их устойчивости к динамическому изменению

экономической ситуации и адаптируемости к локальным рынкам недвижимости была выполнена серия вычислительных экспериментов, в ходе которых использовались две нейросетевых модели: с учетом и без учета внешних экономических факторов. Обе модели, обученные на ретроспективных данных, применялись для прогнозирования рыночной стоимости в другие периоды, результаты которого для корректного сопоставления приведены к постоянным ценам базового периода, после чего осуществлена оценка погрешности. Нейросетевая модель, учитывающая исключительно эксплуатационно-технические характеристики и не учитывающая внешние макро- и мезоэкономические параметры, была обучена на данных квартирного рынка г. Екатеринбурга, охватывающего период 2010 г. На рис. 20, а представлены кривые распределения относительных частот отклонений расчетных прогнозных стоимостей, полученные на тестовых множествах данных выполненных прогнозов, относящихся к периоду 2011–2015 гг. С целью сопоставимости результатов прогнозирования, относящихся к различным временным периодам, данные прогнозирования были приведены к постоянным ценам базового периода (периоду обучения 2010 г.) с помощью индексов потребительских цен по данным Росстат. Из рисунка видно, что со временем качество модели ухудшается, что проявляется в снижении прогностических характеристик: происходит смещение кривых распределений относительно нулевого отклонения от заданного значения стоимости. Как видно из рис. 20, б, комплексная модель ведет себя существенно стабильнее, что выражается в меньшей дисперсии распределения величин и меньших отклонениях относительно заданных значений стоимости.

Аналогичный вывод можно сделать из данных табл. 12, в которой приведены среднеквадратичные относительные погрешности прогнозных оценок квартир, выполненных на данном временном ряде с помощью традиционной и комплексной моделей исследуемых локальных рынков Екатеринбурга и Перми. Идентичность результатов, полученных для рынков двух городов, является подтверждением того, что комплексная нейросетевая модель самоадаптируема к различным локальным рынкам недвижимости.

а)



б)

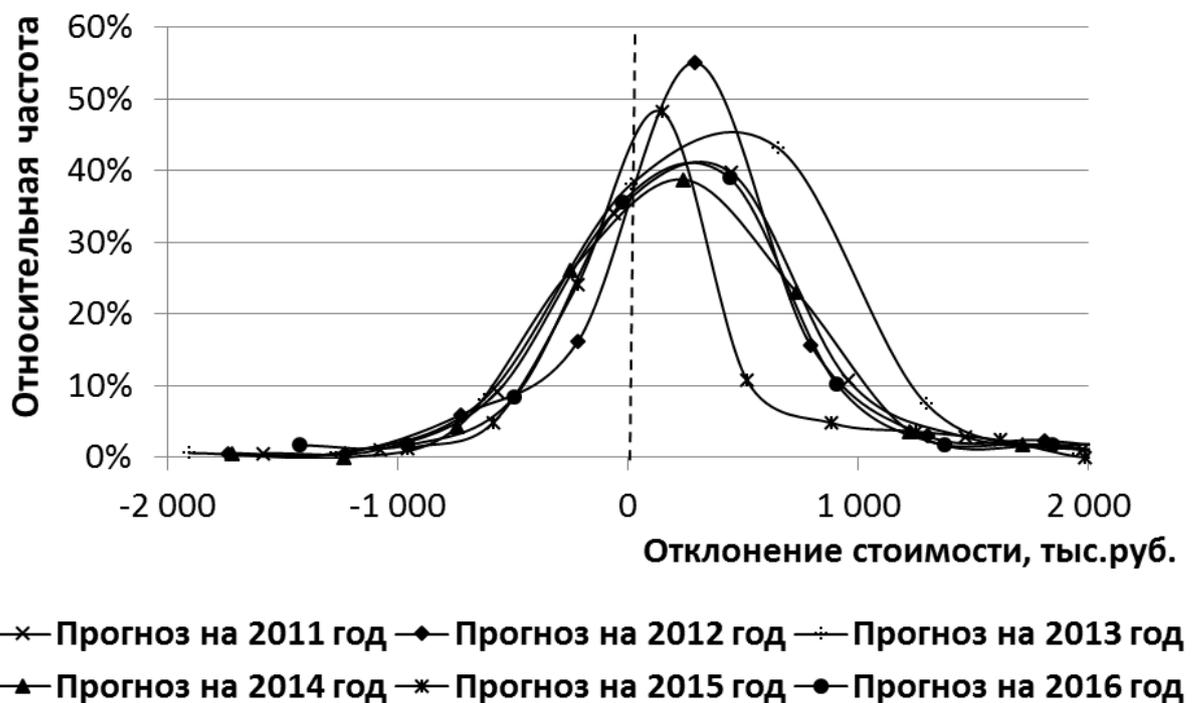


Рис. 20. Кривые распределения относительных частот отклонений расчетных стоимостей ОЖН от их заявленных стоимостей, полученные путем прогнозирования за период 2011–2016 гг. с помощью моделей: а – традиционной; б – комплексной

Среднеквадратичные относительные погрешности оценки стоимости квартир, полученные путем прогноза на период 2011–2016 гг.

Пе-риод	Величина погрешности для модели г. Екатеринбурга, %		Величина погрешности для модели г. Перми, %	
	Модель без учета внешних параметров	Комплексная модель	Модель без учета внешних параметров	Комплексная модель
2011	7,02	5,90	6,80	5,30
2012	8,11	6,90	11,00	7,20
2013	11,72	8,10	14,00	7,50
2014	18,09	7,00	17,20	6,80
2015	8,39	7,60	24,34	6,20
2016	19,53	8,90	28,00	6,50

Данные исследования показывают, что традиционно применяемые в ряде западных стран модели массовой оценки недвижимости, учитывающие исключительно строительно-эксплуатационные параметры, в условиях нестабильной экономики, характерной для регионов России, не являются устойчивыми, вследствие чего результаты моделирования теряют актуальность со временем. Разработанные исключительно для одного периода, в течение которого экономические параметры внешней среды остаются постоянными, они могут быть применены для массовой оценки стоимости недвижимости в одном только этом временном периоде. Комплексные же модели указанного недостатка не имеют.

2.3.3. Исследование устойчивости модели к количеству элементов обучающего множества

С целью исследования устойчивости модели к количеству элементов в обучающем множестве изучалось поведение погрешности обученных моделей на обучающих множествах, имеющих различное количество элементов. В качестве погрешности рассчитывалась величина ошибки аппроксимации на множестве, не участвующем в обучении.

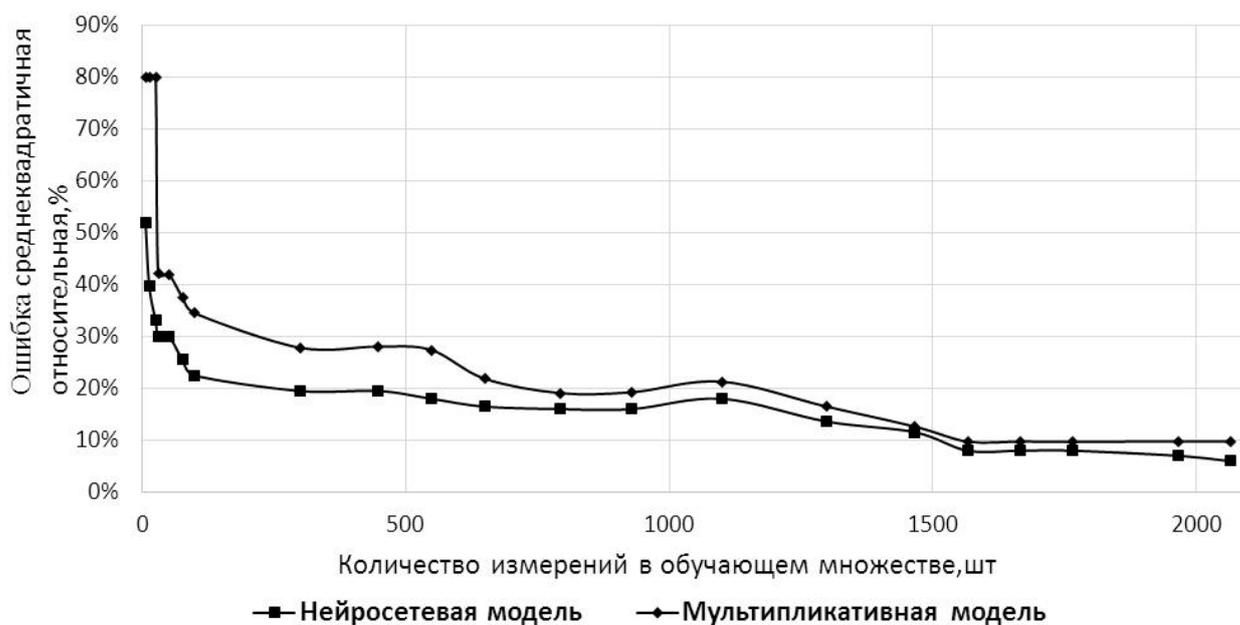


Рис. 21. Зависимость среднеквадратичной относительной ошибки тестирования модели от количества элементов в обучающем множестве

Данная зависимость представлена на рис. 21, при построении которого использовались два вида модели: модель, имеющая мультипликативный вид, решаемая с помощью метода наименьших квадратов, и нейросетевая модель.

Вид графика показывает, что ошибка аппроксимации перестает существенно снижаться при количестве элементов в обучающем множестве начиная приблизительно от 1500 единиц.

Таким образом, модель, полученная с помощью методов машинного обучения, начинает обладать прогностическими свойствами с погрешностью менее 10% при величине обучающем множестве, включающем более 1500 единиц. Тем не менее, поскольку для обучения временного ряда использован базис 10 лет, обучающее множество включает расширенное количество элементов 2 000 шт.

Выводы по II главе

В данной главе, с помощью математического аппарата искусственных нейронных сетей, продемонстрирована принципиальная возможность построения комплексной модели оценки и прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости. С этой целью на базе ряда сформулированных положений, определяющих процедуру нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости и полученной обобщенной модели, осуществлена реализация комплексных нейросетевых моделей локальных рынков гг. Перми и Екатеринбурга.

В результате исследования эффективности разработанных моделей массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости объектов локальных рынков жилой недвижимости экспериментально подтверждена выдвинутая ранее гипотеза о возможности построения нейросетевых моделей, устойчивых к динамическому изменению экономической ситуации и адаптируемых к локальным рынкам недвижимости.

В ходе исследования показано, что разработанные нейросетевые модели обладают более высокой точностью и устойчивостью к динамическому изменению экономической ситуации, а также адаптируемостью к локальным рынкам недвижимости по сравнению с традиционно применяемыми регрессионными моделями.

Дальнейшим шагом исследования является разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости на базе предложенной концепции и обобщенной модели.

Глава III. Разработка системы поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Система поддержки принятия решений – это интерактивная информационная система, предоставляющая лицу, принимающему решения (далее – ЛПС), поддержку в использовании данных, связей и знаний с целью идентификации проблем и формирования решений.

Современные условия рыночной экономики наглядно показывают, что эффективное использование внутренних ресурсов невозможно без глубокого анализа экономических явлений рынка. По этой причине направление исследований эффективного ресурсного обеспечения переместилось из категории управления затратами (которые нужно сокращать), в категорию управления фондами, которые нужно развивать и инвестировать. Высокая значимость задачи прогнозирования рынка обусловило прошедшую за последнее десятилетие ассимиляцию возможностей систем поддержки принятия решений (*Decision Support System – DSS*) в системы планирования ресурсов (*ERP – Enterprise Resource Planning*). Сферой применения *DSS – систем* являются анализ рисков, анализ потребительского поведения, статистическое управление запасами, финансового и бюджетного планирования, анализ эффективности ассортимента, рекламы и ценообразования, т.е. во всех задачах, определяющих рациональное управление. Практически все распространенные сегодня *ERP-системы* имеют функциональные возможности прогнозирования за счет применения статистических методов. В некоторых приложениях *DSS* используется искусственный интеллект, что определяется понятием *Business Intelligence Tools* (инструментальные средства бизнес-интеллекта). К подобным средствам относятся инструментальные средства поиска данных (*Data Mining Tools*) – программное обеспечение, осуществляющее поиск зависимостей в данных.

3.1. Структура автоматизированной информационной системы моделирования процессов сценарного прогнозирования рыночной стоимости с учетом внешних экономических факторов

Автоматизированная информационная система (АИС) поддержки принятия решений посредством статистической обработки исходной информации, включающей внешние параметры рынка и параметры объекта оценки (ОЖН), позволяют эффективно использовать ресурсы профессиональных участников рынка (рис. 22).

Элементами АИС является совокупность персонала, технического обеспечения (аппаратных средств), программного и информационного обеспечения. Функционирование автоматизированной информационной системы обеспечивается набором подсистем, включающим:

- 1) Техническое обеспечение, в состав которого входят используемые аппаратные средства.
- 2) Программное обеспечение, необходимое для функционирования системы.
- 3) Лингвистическое обеспечение, представляющее собой совокупность языков, используемых в алгоритмах обработки информации. При программировании АИС использованы языки программирования: *C#*, *Visual Basic for Applications*.
- 4) Математическое обеспечение, представляющее собой совокупность математических алгоритмов, используемое для выполнения поставленной перед системой задачи, описанное в главе II.
- 5) Информационное обеспечение, включающее в себя всю совокупность информации, на основе которой функционирует автоматизированная информационная система поддержки принятия решений. В состав информационных источников входят сервисы *Google Maps API*, данные публикуемые ЦБ РФ, Минфином РФ, Министерством экономического развития РФ, Федеральной службой государственной статистики, Уральской палатой недвижимости, федеральным агентством недвижимости «Этажи».

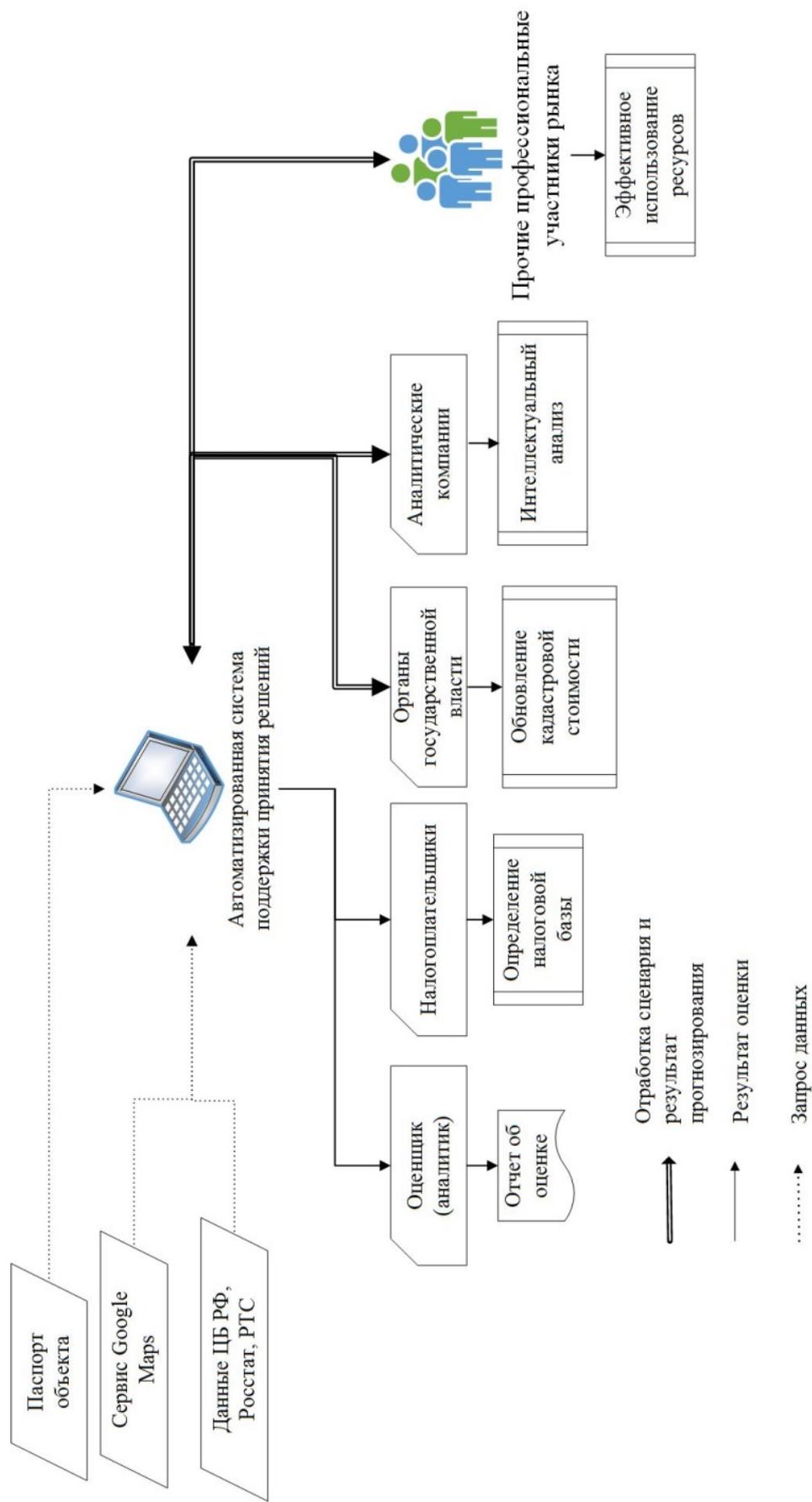


Рис. 22. Автоматизированная система поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН

б) Правовое обеспечение, представляющее собой совокупность правовых норм, определяющих функционирование информационно-управляющих подсистем и регламентирующее порядок получения, преобразования и использования информации. Информационная система использует открытые сервисы, предоставляемые *Google* (регулируется общими документами компании *Google*), федеральным агентством недвижимости «Этажи» (регулируется пользовательским соглашением), данные федеральной службы государственной статистики (регулируется пользовательским соглашением).

Элементы АИС представлены на рис. 23 и включают:

- интерфейс запуска нейронной сети;
- интерфейс сценариев для прогнозирования рыночной стоимости ОЖН;
- интерфейс *Parsing*, формирующий обучающее множество на основании информации о рынке информационных ресурсов;
- инструментальные средства обработки статистических данных пакета *Statistica Neural Networks*, осуществляющие обучение нейронной сети;
- интерфейс взаимодействия с сервисом геокодирования *Google Maps*, определяющий географическое расстояние до центра.

Экранная форма запуска АИС представлена на рис. 24.

Система сценариев, генерирующая подмножество входных параметров, позволяет получать прогнозируемую рыночную стоимость ОЖН. Экранная форма пакета сценариев АИС представлена на рис. 25.

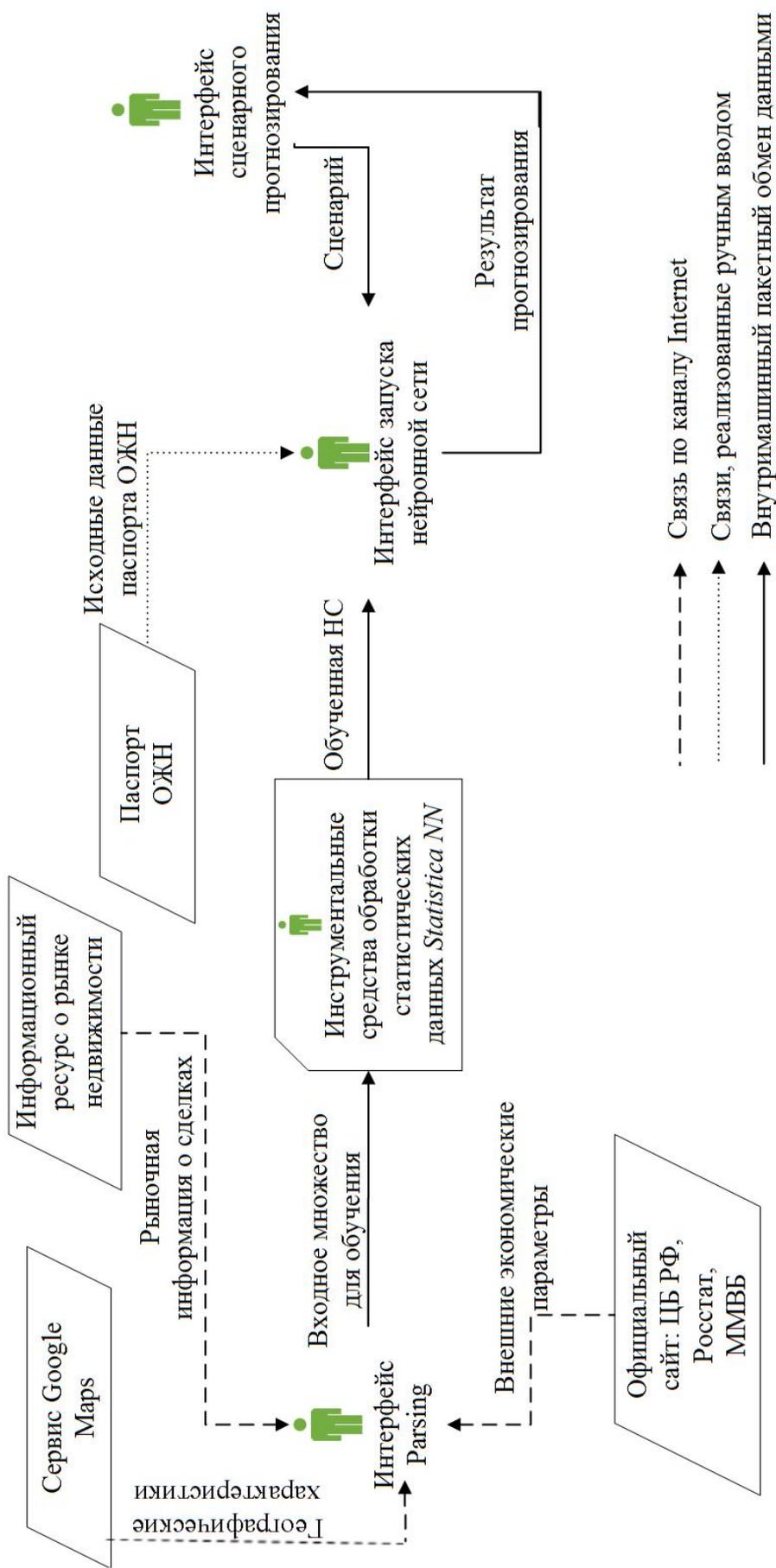


Рис. 23. Архитектура автоматизированной системы поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН

Данные объекта:		Адрес:	Восточная, 84в	<input type="button" value="Получить расстояние через Google Maps"/> <input type="button" value="Выгрузить данные в АРМ"/> <input type="button" value="Закреть"/> <input type="button" value="Получить результат"/>
	Расстояние до центра, км:		10	
	Район:		31 - центр	
	Количество комнат:		2	
	Этаж:		7	
	Всего этажей:		9	
	Тип дома:		9-нд.планировки	
	Тип стен:		1-кирпич	
	Общая площадь, кв. м:		50	
	Наличие балкона:		3-поджия	
Внешние факторы вводятся на дату оценки:				
	Цена нефти марки Brent, руб.:		51,27	
	Курс USD на дату исследования, руб.:		59,22	
	Индекс РТС:		1369	
	ВВП (квартальный показатель за прошедший период), тыс. руб.:		17491	
	Ввод жилых домов на территории области за предыдущий год, тыс. кв. м:		2483	
	Объем жилищных кредитов, млн. руб.:		32000	
<input type="checkbox"/> Использовать скидку на торг 3%		Расчетная стоимость объекта:		

Рис. 24. Экранная форма запуска нейронной сети

Табл. 13 иллюстрирует степень заинтересованности профессиональных участников рынка в информированности о прогнозируемой стоимости объектов жилой недвижимости в соответствии с видом деятельности. Из таблицы видно, что наибольший интерес подобные исследования представляют для девелоперов, аналитиков рынка недвижимости и финансовых институтов по сценарным параметрам: строительно-эксплуатационные параметры, объем кредитования, местоположение, курс доллара и цена нефти.

Данные исследования позволяют повысить уровень обоснованности решений профессиональных участников рынка жилой недвижимости за счет установления степени чувствительности рыночной стоимости к изменениям ключевых ценообразующих факторов.

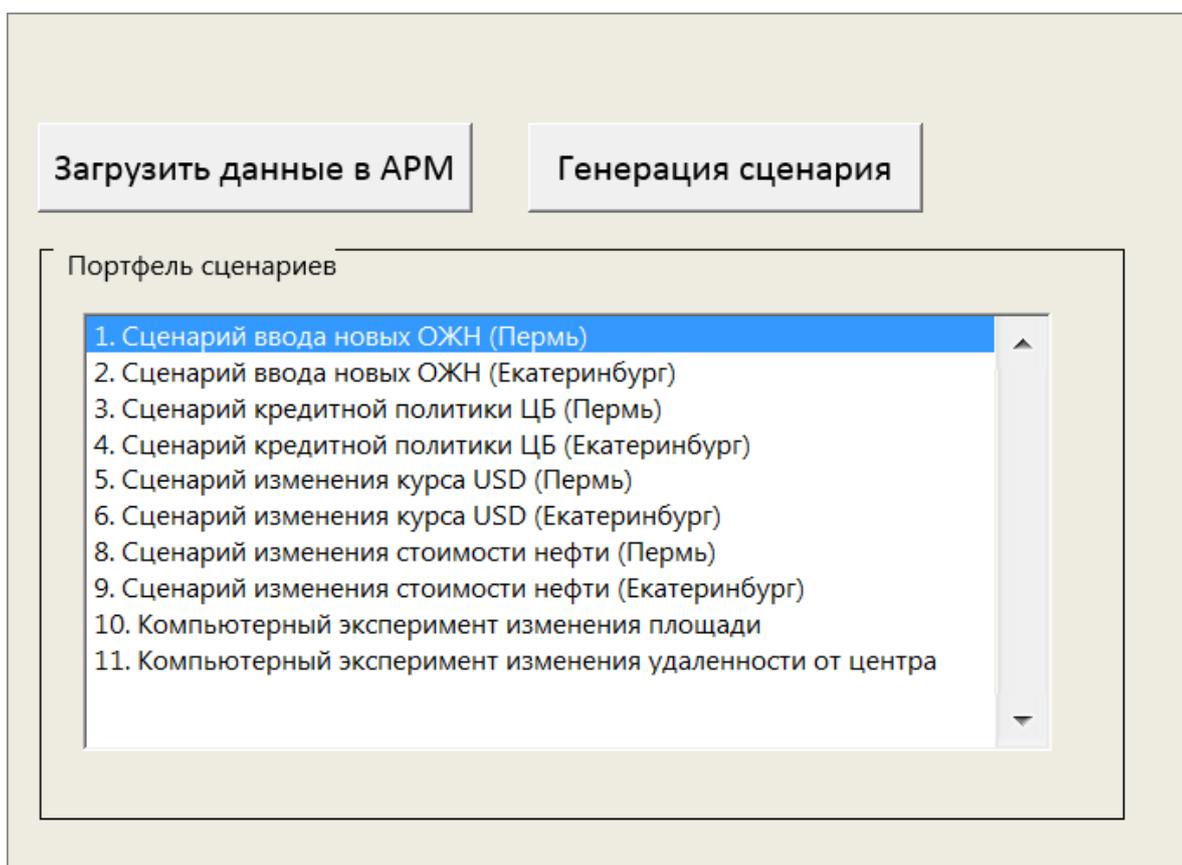


Рис. 25. Экранная форма сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Таблица 13

Матрица отношений участников рынка недвижимости и возможных сценариев

Участники рынка недвижимости	Возможные сценарии изменения						
	Объем ипотечного кредита	Ввод жилья	Строительно-эксплуатационное	Местоположение	Курс доллара	Цена нефти	Индекс РТС
Органы власти	+	+	-	-	-	-	-
Портфельные инвесторы	-	-	-	-	+	+	+
Девелоперы	+	+	+	+	+	+	+
Подрядно-строительные организации	-	-	+	-	-	-	-
Оценочные компании	-	-	+	+	-	-	-
Аналитические компании	+	+	+	+	+	+	+
Страховые компании	-	-	+	+	-	-	-
Кредитные организации	+	-	+	+	+	+	+
Налоговые и фискальные органы	-	-	+	+	-	-	-
Агентства недвижимости	-	-	+	+	-	-	-

3.2. Исследование предметной области. Интеллектуальный анализ данных

Компьютерные эксперименты проведены в среде интерфейса сценарного прогнозирования АИС поддержки принятия решений. В рамках сценарного прогнозирования возможно определение зависимости рыночной стоимости объектов жилой недвижимости при изменении внешних факторов, например, местоположения участка застройки, описываемого районом, и расстояния до делового центра, типа строительно-эксплуатационных характеристик жилого объекта, а также прогнозируемых на дату продажи значений экономических факторов внешней среды. Задача выявления связей и зависимостей не ограничивается графическим построением кривых. Ценность проведенного аналитического анализа данных состоит в том, что можно рассчитать и оценить ряд показателей: предельный эффект и коэффициент эластичности для каждого показателя – фактора для жилого объекта с любыми выбранными параметрами. Предельный эффект и коэффициент эластичности представлены выражениями:

$$y_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}; \quad \varepsilon_{x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i} * \frac{x_i}{y}; \quad (33)$$

Оба показателя имеют экономическую интерпретацию: предельный эффект представляет собой величину, на которую увеличится зависимый показатель рыночной стоимости (y) при увеличении показателя-ценообразующего фактора (x) на одну единицу; коэффициент эластичности – величина в процентах, на которую увеличится зависимый показатель при увеличении показателя-фактора на 1%.

Анализ зависимости стоимости объектов жилой недвижимости от географического местоположения

Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости г. Екатеринбурга при выборе местоположения для строительства жилья приведены на рис. 26. Данный результат исследования имеет практическую значимость при формировании географических ценовых зон, важность идентификации которых отражена в постановлении Минэкономразвития РФ, реформировании системы налогообложения [77], а также при подборе земельных участков для строительства.

В табл. 14 представлены расчеты предельного эффекта и коэффициента эластичности для четырех видов квартир. Анализ предельного эффекта и коэффициента эластичности для каждого вида квартир показывает различную скорость параметрического уменьшения рыночной стоимости в зависимости удаленности от центра. Данный результат может использоваться для эффективного построения ассортиментной политики и снижения степени неопределенности при выводе объектов на рынок.

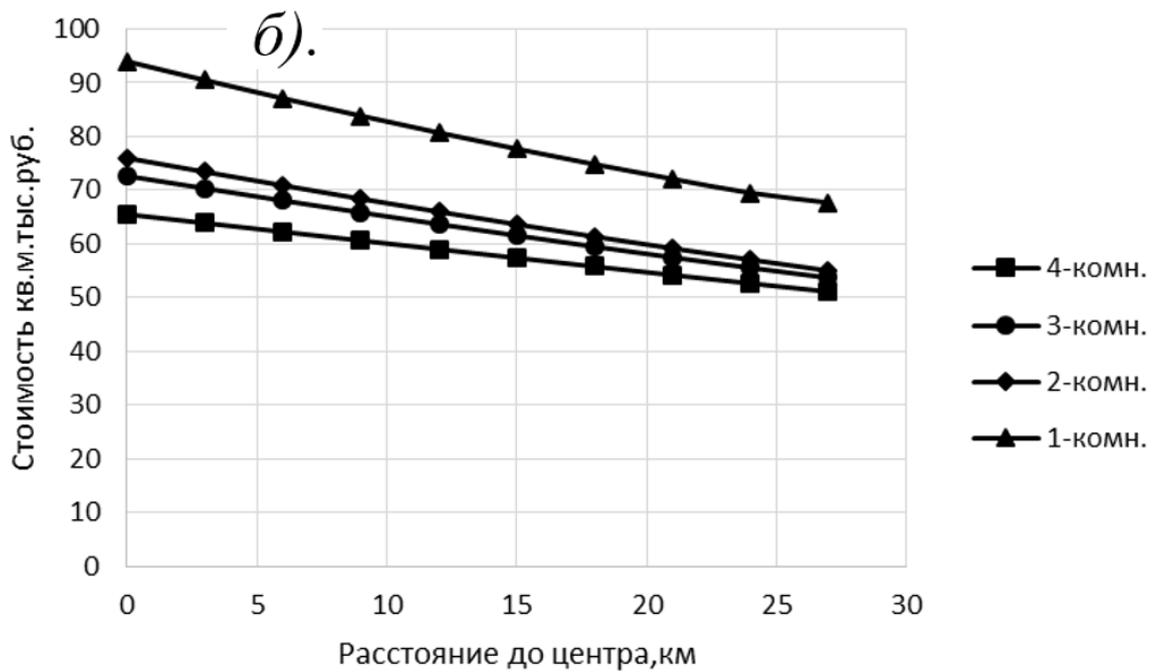
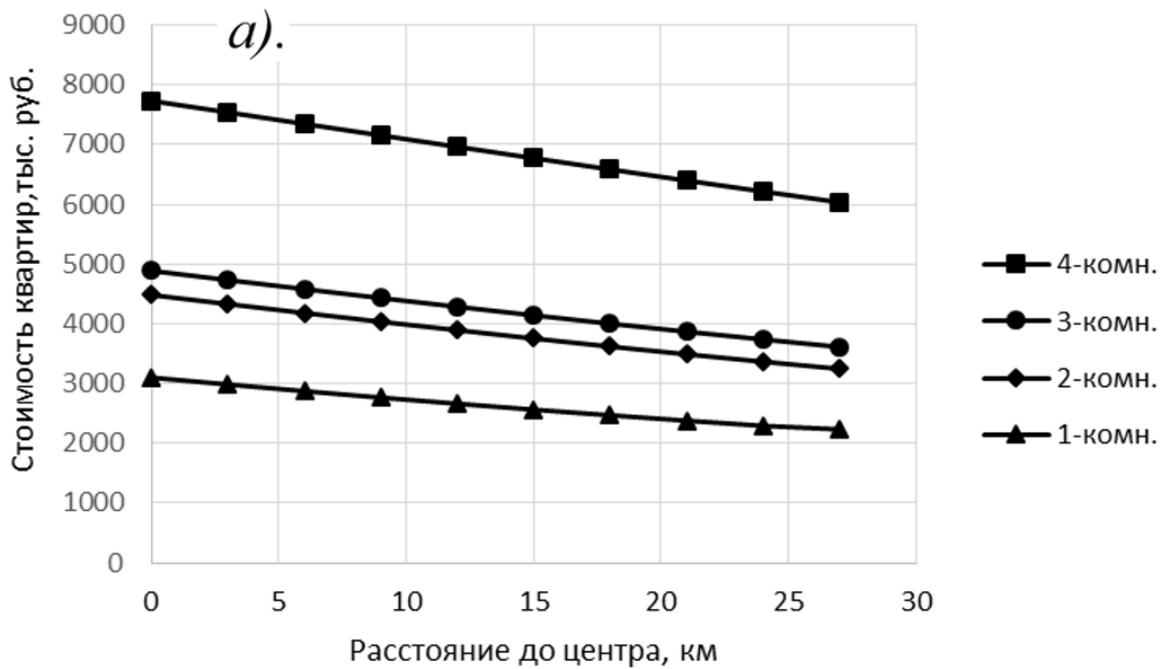


Рис. 26. Результаты сценарного прогнозирования стоимости квартир Екатеринбурга (а) и удельной стоимости их квадратного метра (б) от расстояния до центра города

Параметры влияния фактора удаленности от центра

Тип объекта недвижимости	Влияние фактора удаленности от центра на стоимость 1 кв. м	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1-комнатная	-973	-0,20
2-комнатная	-776	-0,17
3-комнатная	-701	-0,15
4-комнатная	-533	-0,12
Ср. значение	-746	-0,16

Анализ зависимости рыночной стоимости объектов жилой недвижимости от площади

На рис. 27 приведены результаты вычислений, полученные при виртуальном изменении общей площади квартир, находящихся на территории г. Екатерининбурга. Для компьютерного эксперимента площадь рассматриваемой однокомнатной квартиры варьировалась от 35 до 56 кв. м, площадь двухкомнатной квартиры – от 56 до 70 кв. м, площадь трехкомнатной квартиры – от 70 до 84 кв. м, площадь четырехкомнатной квартиры – от 84 кв. м до 98 кв. м. Как видно из рисунка, прогнозные стоимости всех четырех рассматриваемых ОЖН при виртуальном увеличении их площадей растут, тогда как удельные стоимости квадратного метра – падают. Причем наиболее резкое снижение удельных стоимостей наблюдается для однокомнатных квартир, а наименее резкое – для трех- и особенно – для четырехкомнатных квартир.

Таким образом, система позволяет осуществлять сценарное прогнозирование рыночной стоимости в зависимости от строительно-эксплуатационного параметра, в частности от площади объекта недвижимости. Это также один из параметров, который имеет высокую значимость для Девелопера, позволяющий получить обоснование эффективности вывода объектов недвижимости на рынок.

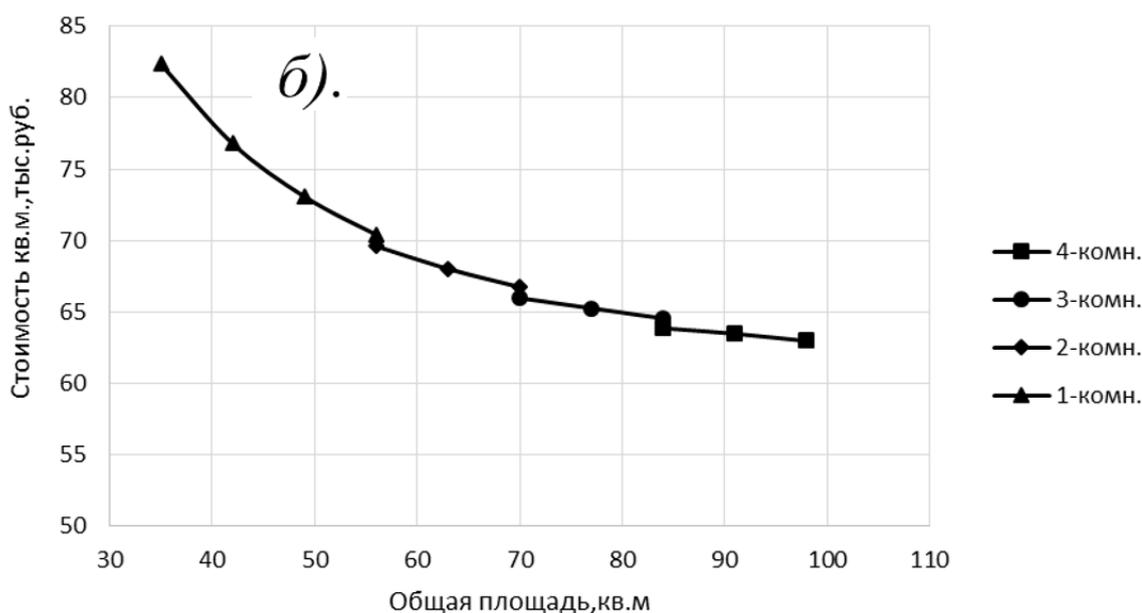
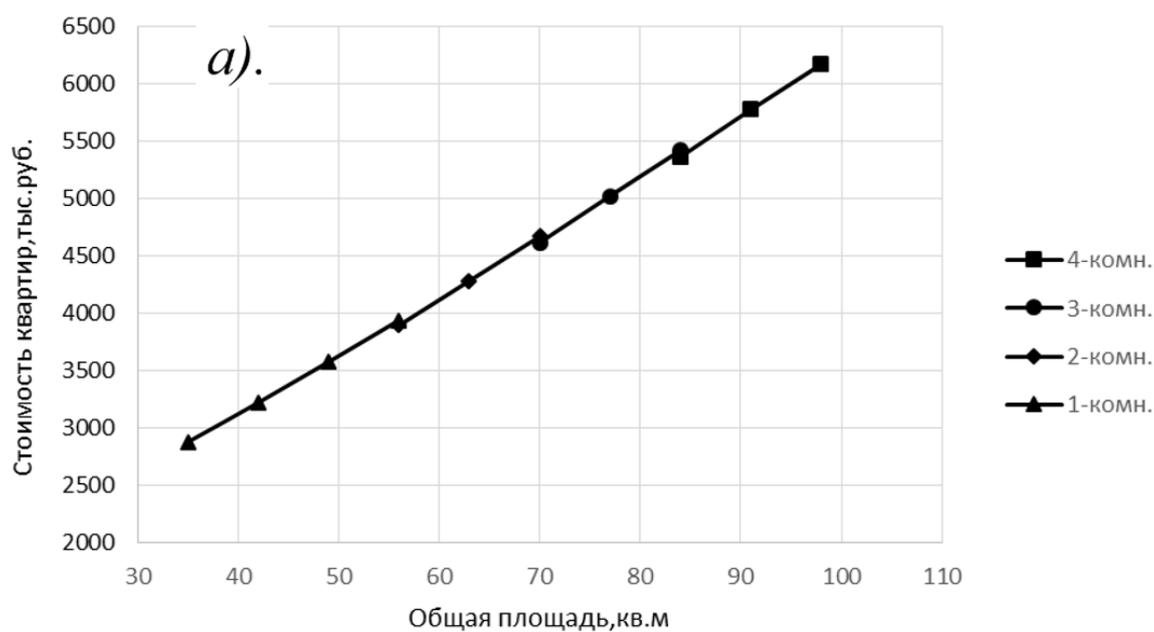


Рис. 27. Зависимость стоимости квартир Екатеринбурга (а) и удельной стоимости квадратного метра квартир (б) от их площади

Таблица 15

Параметры влияния фактора площади на рыночную стоимость ОЖН

Тип объекта недвижимости	Влияние фактора расстояния	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1- комнатная	-568	-0,24
2- комнатная	-204	-0,16
3- комнатная	-102	-0,11

Тип объекта недвижимости	Влияние фактора расстояния	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
4- комнатная	-64	-0,08
Ср. значение	-235	-0,15

Анализ зависимости стоимости жилой недвижимости от объема жилищного кредитования

Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости Екатеринбурга и Перми при изменении жилищного кредитования приведены на рис. 28, 29. На рис.28 а – маркером увеличенного размера показана стоимость квартир в 2016 г., соответствующая объему выданных кредитов за 2015 г. Как видно из рис.28 а, результаты моделирования прогнозируют увеличение стоимости всех четырех квартир при увеличении жилищного кредитования. В частности, если существующий объем жилищного кредитования увеличить с 40 422 млн руб. до 41 000 млн руб., то стоимость однокомнатной квартиры увеличится с 2 490 000 до 2 550 000 руб., т.е. на 2,4%, а стоимость четырехкомнатной квартиры увеличится с 7 745 000 до 7 833 000, т.е. на 1,1%. Таким образом, можно сделать вывод, что при увеличении жилищного кредитования в г. Екатеринбурге скорость роста дорогих квартир с большей площадью будет примерно в 2,2 раза больше скорости роста более дешевых квартир с меньшей площадью.

Аналогичный анализ произведен для рынка жилой недвижимости г. Перми. На рис.28 б приведены результаты, полученные по той же методике за аналогичный период времени.

Анализируя данные рис. 28, б и 29, б можно заметить, что стоимость Пермских квартир с увеличением объема жилищного кредитования тоже увеличивается, однако данная зависимость проявляется гораздо слабее.

Анализ предельного эффекта стоимости на рынке недвижимости Перми (рис. 28, б) показывает слабое реагирование рыночной стоимости на изменение ипотечного кредитования, что можно объяснить низким уровнем развития жилищного кредитования в Перми, рынок которого развит значительно ниже, чем в Екатеринбурге, занимающем по уровню жилищного кредитования третье место среди городов России, а также различным уровнем дохода потребителей.

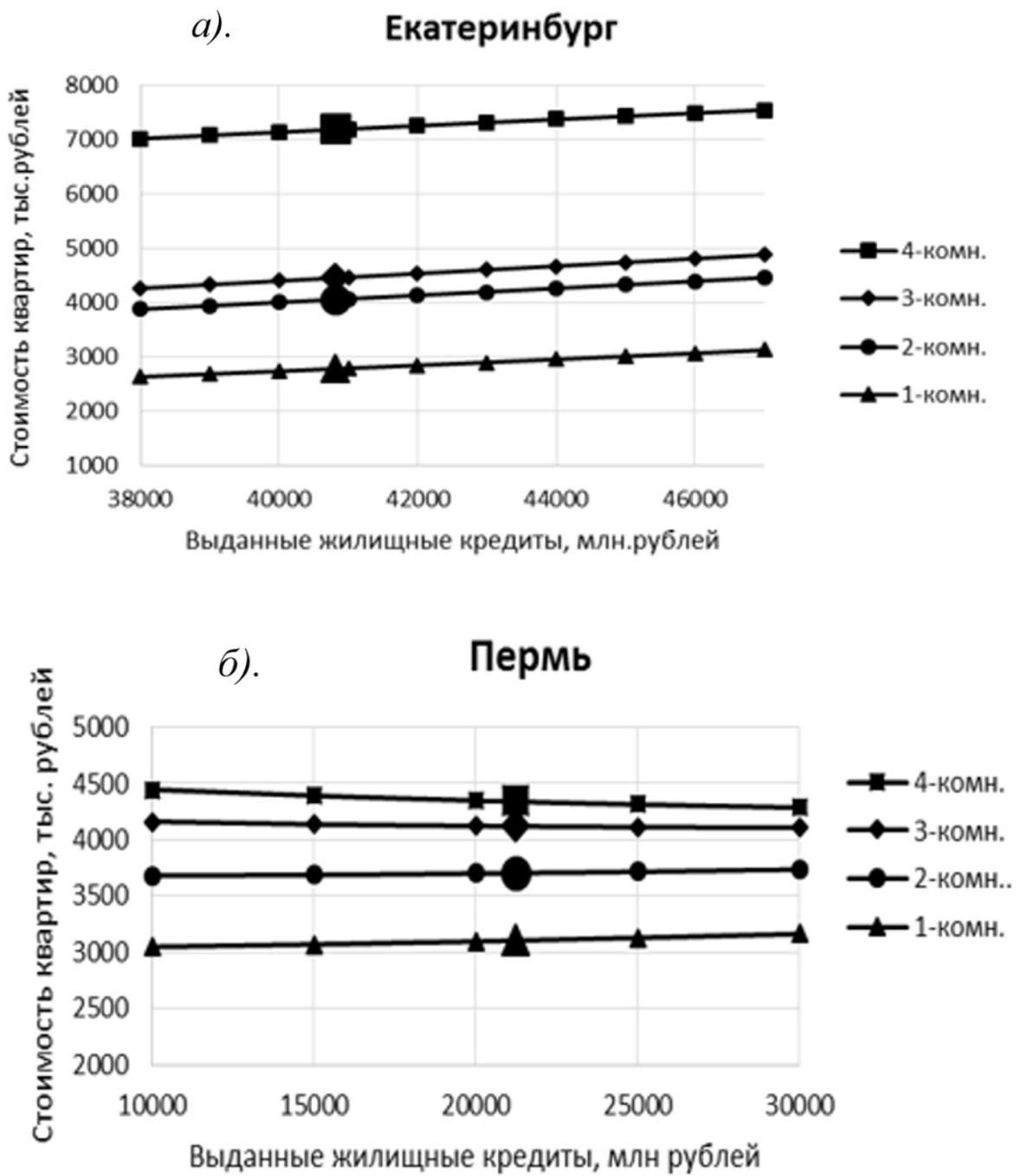


Рис. 28. Результаты сценарного прогнозирования зависимости рыночной стоимости ОЖН Екатеринбурга (*а*) и Перми (*б*) от объемов ипотечного кредитования в Свердловской области (*а*) и в Пермском крае (*б*)

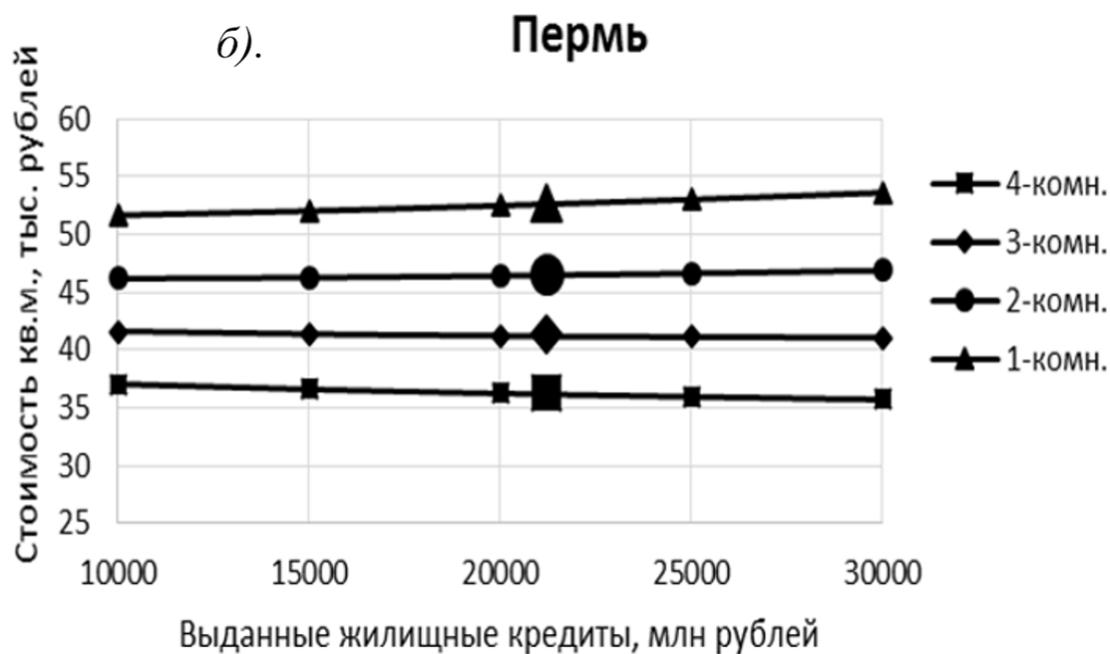
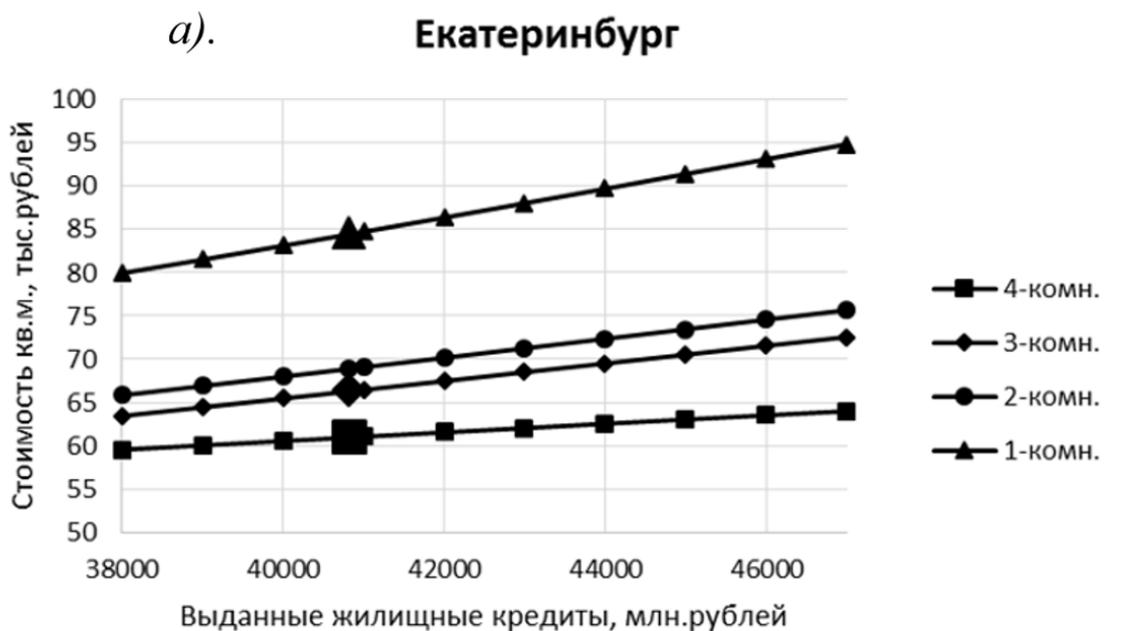


Рис. 29. Результаты сценарного прогнозирования удельной стоимости одного кв. м ОЖН от объемов ипотечного кредитования в Свердловской области (*а*) и Пермском крае (*б*)

Параметры влияния фактора ипотечного кредитования
на общую стоимость ОЖН

Тип объекта недвижимости	Екатеринбург		Пермь	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1- комнатная	1,655	0,79	0,019	0,02
2- комнатная	1,096	0,63	0,007	0,01
3- комнатная	1,016	0,61	-0,007	-0,01
4- комнатная	0,498	0,32	-0,018	-0,02
Ср. значение	1,066	0,59	0,000	0,00

В табл. 16 представлены расчеты предельного эффекта и коэффициента эластичности для четырех видов квартир. Анализ предельного эффекта и коэффициента эластичности для каждого вида квартир показывает различную скорость параметрического изменения рыночной стоимости в зависимости от кредитной политики ЦБ. Из расчета видно, оба рынка имеют схожие качества: развитие ипотечного кредитования положительно влияет лишь на рост рыночной стоимости небольших (так называемых инвестиционных одно- и двухкомнатных объектов жилой недвижимости). При этом с ростом объекта недвижимости снижается влияние данного фактора на рыночную стоимость объекта. В частности, можно сделать вывод, что при приобретении больших (четырёхкомнатных) объектов доля заемного капитала покупателя ниже, соответственно это в меньшей степени влияет на рыночную стоимость данных объектов на рынке.

Итак, на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что ипотечный рынок Екатеринбурга имеет большую эластичность по данному фактору, что коррелирует с тем, что Екатеринбург по показателю развитости сектора жилищного кредитования более развит. Данный результат исследования также может быть использован как для построения маркетинговой политики вывода жилых объектов на рынок, так и для развития самого локального регионального рынка недвижимости, что также снижает степень неопределенности профессионального участника рынке недвижимости.

Анализ зависимости стоимости жилой недвижимости от объемов ввода новых жилых объектов

Результаты сценарного прогнозирования, предусматривающего изменение темпов строительства жилой недвижимости в исследуемых регионах, представлены на рис. 30, из которого видно, что рыночная стоимость жилой недвижимости уменьшается с увеличением объема жилищного строительства. Анализ предельного эффекта показал (рис. 30, *а* и рис. 30, *б*), что рынок однокомнатных квартир (как и в предыдущих экспериментах) является более эластичным. Стоит отметить, рынок недвижимости Перми более инертен по отношению к вводу новых жилых объектов.

Полученные путем компьютерных экспериментов зависимости стоимости квартир Екатеринбурга от объема жилищного строительства в Свердловской области приведены на рис. 30. Как видно из рис. 30, *а* при увеличении жилищного строительства до 2580 тыс. кв. м наблюдается уменьшение стоимости всех четырех рассматриваемых квартир. Можно сделать вывод, что речь идет о прогнозируемом насыщении жилищного рынка г.Екатеринбурга, которое происходит уже при достижении отметки 2100 тыс. кв. м за год.

Следует отметить, что данная серия компьютерных экспериментов выполнена с использованием методики «замораживания» – объем жилищного строительства виртуально увеличивался при сохранении неизменными всех остальных макроэкономических параметров. Таким образом, компьютерные эксперименты проведены в предположении, что доходы населения на протяжении всего прогнозируемого периода остаются неизменными. В действительности же увеличение жилищного строительства обычно наблюдается на фоне увеличения доходов населения, а значит, и спроса. Следовательно, можно ожидать, что реально насыщение жилищного рынка Екатеринбурга произойдет несколько позже, чем это показано на рис. 30.

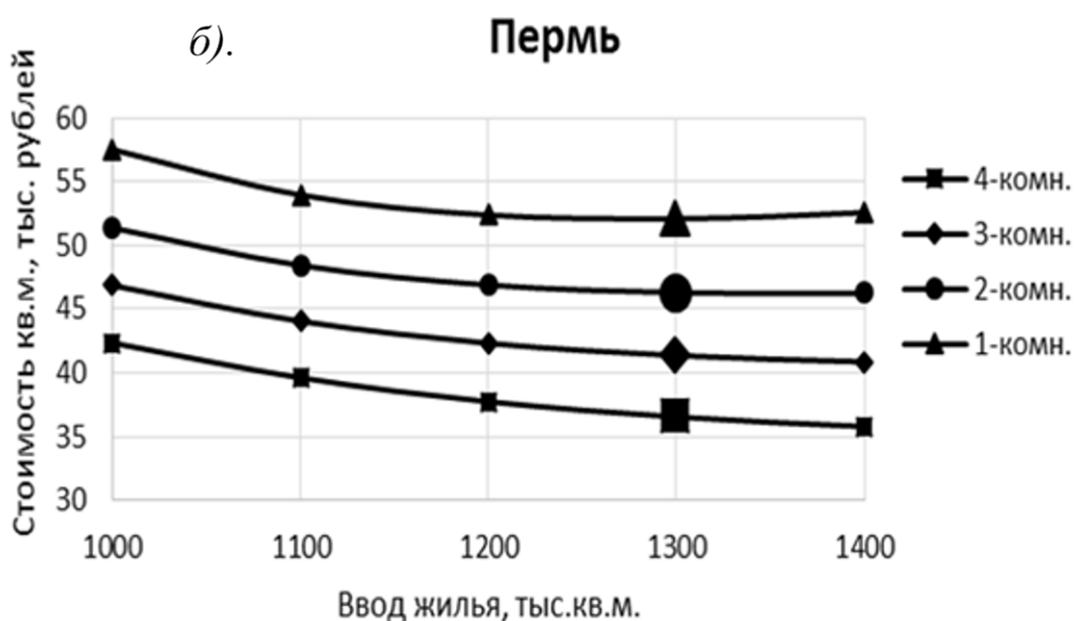
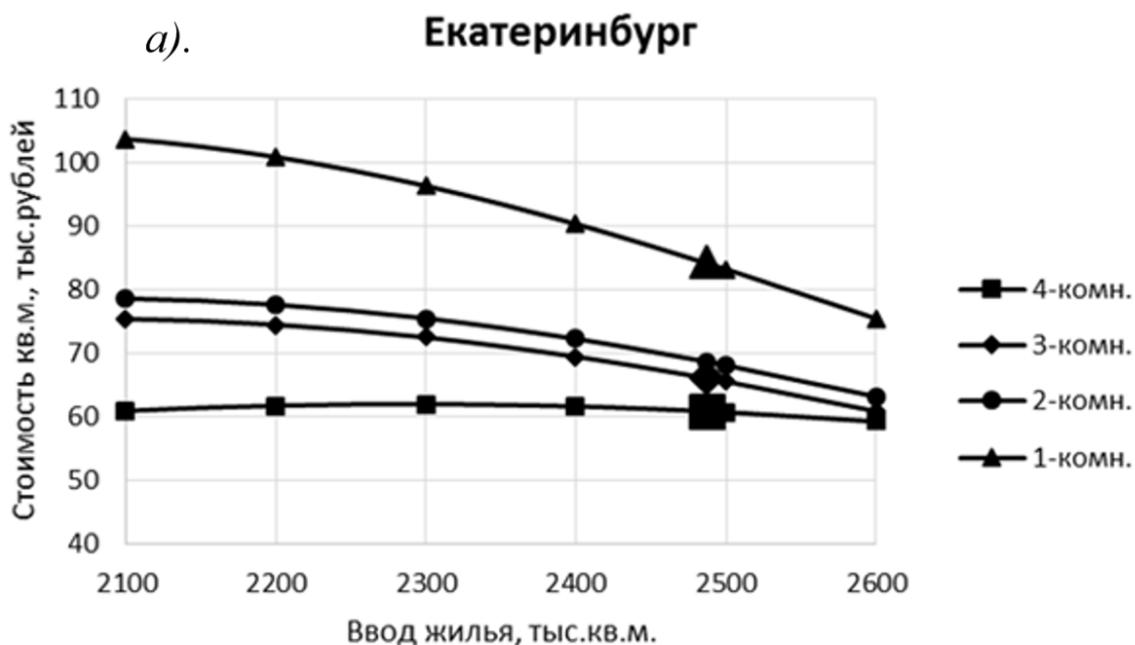


Рис. 30. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости Екатеринбурга (*a*) и Перми (*б*) при изменении объемов жилищного строительства в Свердловской области (*a*) и Пермском крае (*б*)

На рис. 30 приведены результаты, полученные при аналогичном подходе на основании данных рынка жилой недвижимости г. Перми. Ввод жилья в Пермском крае в 2015 г. составил 1152 тыс. кв. м. Как видно из рисунка, дальнейшее увеличение этой цифры до 1400 тыс. кв. м (более чем на те же 5%) в

ближайшей перспективе не вызовет заметного изменения тенденций пермского рынка жилой недвижимости. Таким образом, рынок жилья г. Перми, в отличие от рынка жилья г. Екатеринбурга, находится дальше от порога насыщения, и поэтому ввод новых площадей не приводит к снижению цен на пермские квартиры.

Таблица 17

Параметры влияния фактора ввода жилых объектов в разрезе территорий

Тип объекта недвижимости	Екатеринбург		Пермь	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1- комнатная	-22,160	-0,39	-0,008	-0,14
2- комнатная	-7,692	-0,19	-0,010	-0,19
3- комнатная	-7,159	-0,18	-0,012	-0,27
4- комнатная	8,237	0,27	-0,014	-0,33
Ср. значение	-7,193	-0,12	-0,011	-0,23

В табл. 17 представлены расчеты предельного эффекта и коэффициента эластичности для четырех видов квартир в зависимости от объема ввода жилья. Анализ для каждого вида квартир показывает различную скорость влияния объемов ввода на рыночную стоимость. Видно, что по Перми ввод новых жилых объектов существенно отражается на больших (трех- и четырехкомнатных квартирах), что говорит о насыщении товарной массы данного вида объектов. При этом видно, что наиболее дорогие объекты жилой недвижимости по Екатеринбургу не подвержены снижению стоимости, что является результатом стабильно высокого спроса на данный вид товара.

Проведенное сценарное прогнозирование показало возможность установления степени чувствительности рыночной стоимости объектов жилой недвижимости к изменениям внешней среды, что делает его важным компонентом системы поддержки принятия решений профессиональных участников рынка недвижимости.

Анализ зависимости стоимости жилой недвижимости от стоимости нефти

Цена на нефть определяет «Объем платежеспособного спроса» и способствует росту цен на рынке недвижимости. Данные зависимости для перечня объектов представлены на рис. 31.

Стоимость нефтяного сырья является значимым фактором ценообразования любых рынков транзитивной экономики. Как указано ранее, покупателей на рынке жилой недвижимости можно разделить на две группы: конечные потребители и спекулянты. Для спекулянтов роль стоимости нефти играет большее значение, нежели для конечного потребителя. Однако доля таких сделок более распространена на рынках недвижимости Москвы и Санкт-Петербурга, в которых согласно отчетам аналитиков значение корреляции Пирсона достигает 0,8%. На территории Перми и Екатеринбурга большая часть сделок не имеет инвестиционного характера, вследствие чего фактор стоимости нефти имеет меньшее влияние на рыночную стоимость ОЖН.

Анализ предельного эффекта и коэффициента эластичности показывает положительную связь между стоимостью нефти и рыночной стоимостью объектов недвижимости: при росте цены нефти на 1% средний показатель рыночной стоимости объекта недвижимости увеличивается на 0,03% по Перми и 0,20% по Екатеринбургу. Таким образом, на территории Екатеринбурга доля сделок, носящих инвестиционный характер, имеет большее значение. Таким образом, компьютерный эксперимент демонстрирует, что, несмотря на переход от сырьевой модели (продажа энергоресурсов) к отраслевой, стоимость нефти на международном рынке имеет влияние на экономику РФ в целом, что сказывается на рыночной стоимости ОЖН.

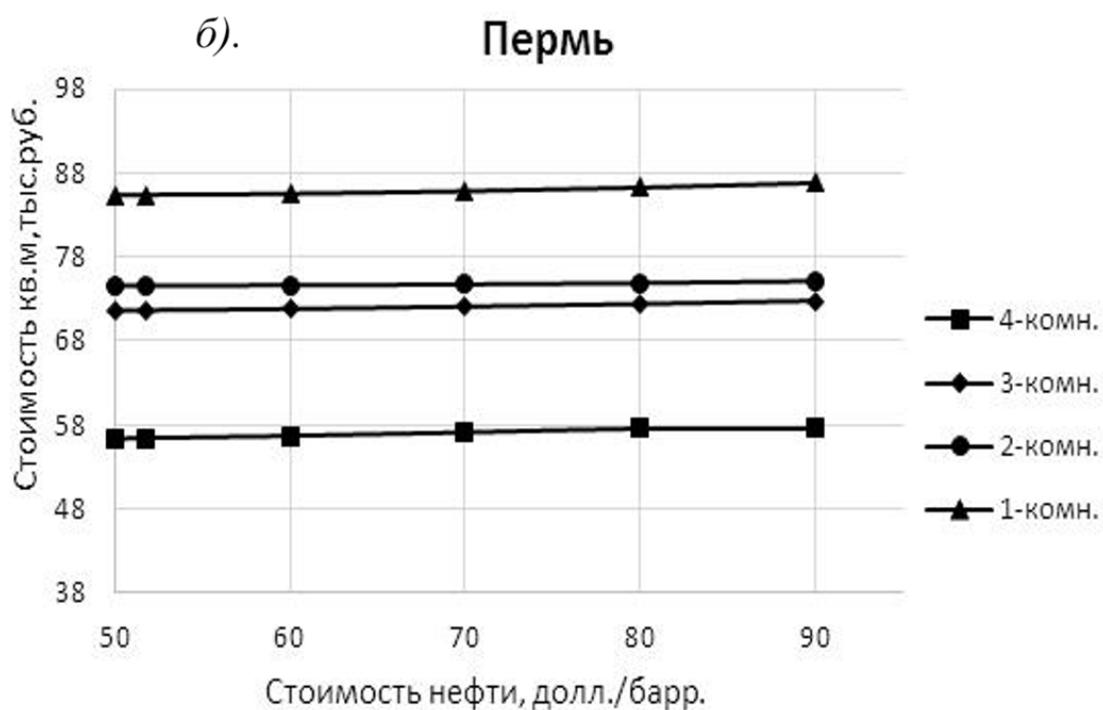
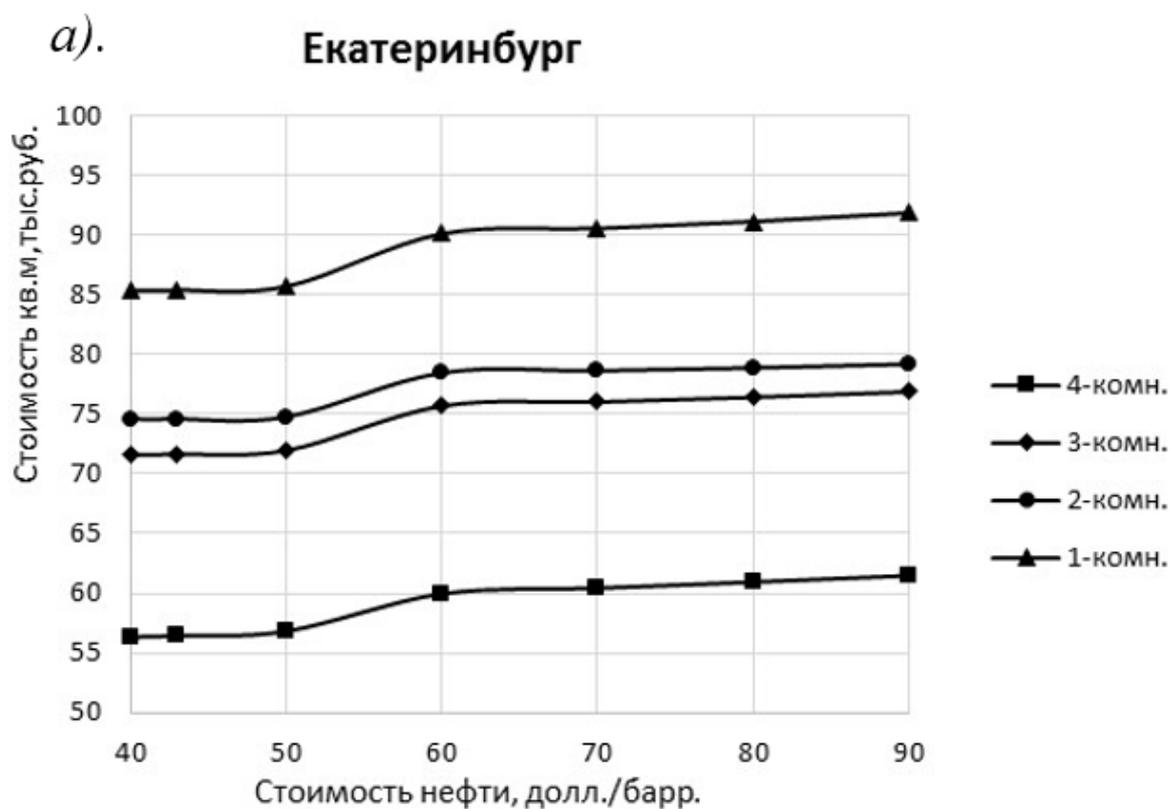


Рис. 31. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости Екатеринбурга (*а*) и Перми (*б*) при изменении стоимости нефти марки Brent

Таблица 18

Параметры влияния фактора стоимости нефти на рыночную стоимость ОЖН в разрезе территорий

Тип объекта недвижимости	Екатеринбург		Пермь	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1- комнатная	0,721	0,08	0,361	0,04
2- комнатная	0,512	0,06	0,134	0,02
3- комнатная	0,587	0,09	0,296	0,04
4- комнатная	0,571	0,57	0,306	0,05
Ср. значение	0,598	0,20	0,274	0,03

Анализ зависимости стоимости жилой недвижимости от курса доллара

Как уже говорилось ранее, все операции на рынках РФ, цены которого номинированы в рублях, также производятся в рублях, и доходы большей части населения не привязаны к валюте. Вследствие чего можно ожидать, что колебания курса рубля не должны существенно влиять на спрос на рынке недвижимости. На рыночную стоимость недвижимости влияет не столько доллар, сколько общая ситуация в экономике. Поэтому эксперты рынка предполагают, что обесценивание рубля относительно доллара не приводит к обесцениванию стоимости ОЖН. При этом рынок недвижимости, как и любой рынок, может реагировать на инфляционные ожидания.

Таблица 19

Параметры влияния фактора стоимости доллара США на рыночную стоимость ОЖН в разрезе территорий

Тип объекта недвижимости	Пермь		Екатеринбург	
	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %	Предельный эффект, руб./ед.	Коэффициент эластичности, %
1- комнатная	17,3	0,04	2,1	0,01
2- комнатная	9,9	0,02	0,2	0,00
3- комнатная	-4	-0,01	-1,7	-0,00
4- комнатная	-10,1	-0,03	-3,8	-0,01
Ср. значение	0,8	0,01	-0,8	0,00

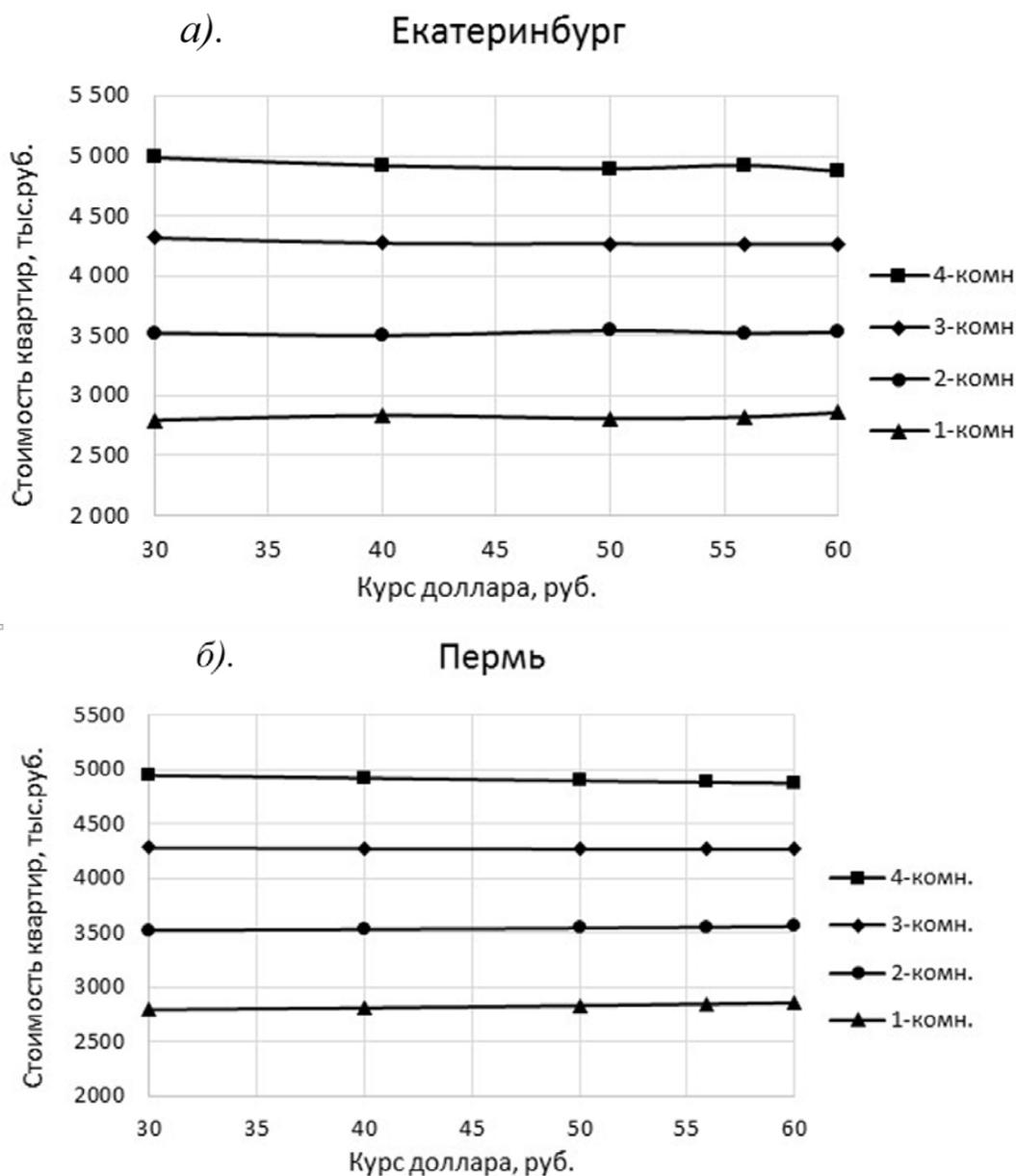


Рис. 32. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости при изменении стоимости доллара США: *а* – Екатеринбург; *б* – Пермь

Это подтверждается средней значимостью коэффициента корреляции, значение которого колеблется от $-0,09$ по Екатеринбурга до $0,08$ по Пермь. Более детальный анализ предельного эффекта и коэффициента эластичности показывает, что объекты с различной площадью реагируют по-разному. В частности, резкие колебания валютных курсов приводят к увеличению спроса на ОЖН с небольшими площадями (большой ликвидностью), поскольку, в

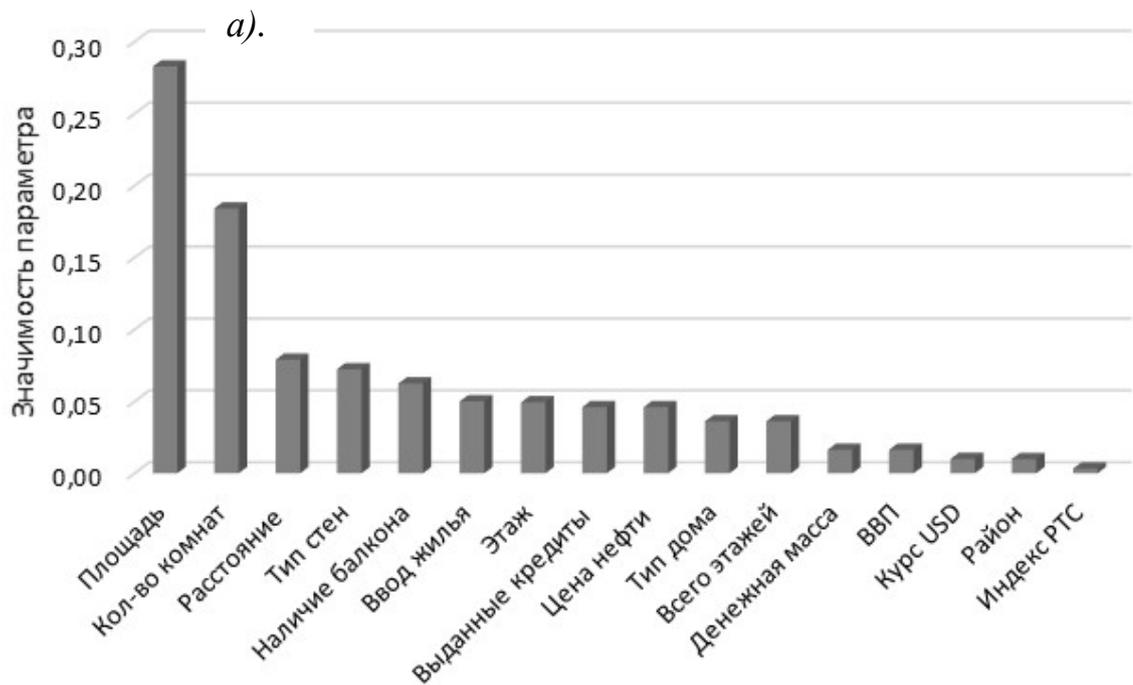
силу слабой развитости фондового рынка, рынок недвижимости остается почти единственным способом сохранения рублевого капитала. Так, увеличение стоимости доллара в положительную сторону (обесценивание рубля) сказывается на небольших ОЖН (1- и 2-комнатных), которые более ликвидны на рынке, а потому чаще используются в инвестиционных целях.

Оценка значимости входных параметров

Оценка значимости факторов, влияющих на цену, выполнена с помощью алгоритма определения значимых параметров, суть которого заключается в том, что из нейронной сети поочередно исключаются входные нейроны и осуществляется поочередное обучение нейронной сети в усеченном виде при отсутствии данного параметра. Далее графически можно построить распределение погрешностей нейросетей по каждому исключенному входному параметру (входному нейрону). Итоговая гистограмма степени влияния ценообразующих факторов на рыночную стоимость жилой недвижимости представлена на рис. 33.

Поскольку обучающая выборка включает данные рыночной стоимости объектов вторичного рынка недвижимости, а потребность девелопера, как правило, заключается в определении ценовой стратегии на первичном рынке, результаты реализованного сценарного прогнозирования необходимо корректировать на величину разницы в стоимости. Заметим, что практика реализации инвестиционно-строительных проектов использует финансово-юридическую схему зачета как способ финансового обеспечения программы продаж. В связи с чем девелоперам может быть необходима информация рыночной стоимости, в том числе объектов вторичного рынка, что подтверждается актом внедрения применения системы поддержки принятия решений в ООО «Рентор» ЖК «Монте-Кристо» (см. приложение 3) и, в агентстве недвижимости ООО «Квартирный вопрос» (см. приложение 4).

Екатеринбург



Пермь

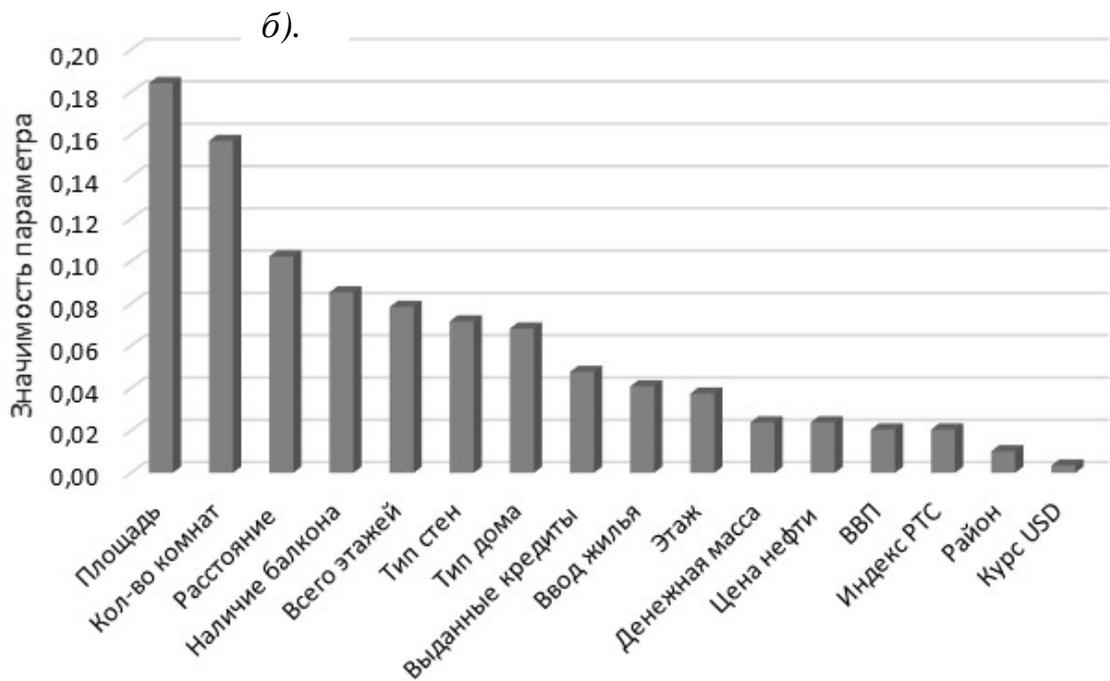


Рис. 33. Распределение значимости входных параметров:
а – для Екатеринбурга; *б* – Перми

Созданная система поддержки принятия решений была использована при разработке маркетинговой стратегии строительства и продвижения жилищного комплекса ЖК «Монте-Кристо» г. Екатеринбург, а также агентством недвижимости при определении рыночной стоимости объектов жилой недвижимости в процессе вывода жилищного комплекса на рынок.

Выводы по III главе

Разработана система поддержки принятия решений для профессиональных участников рынка жилой недвижимости, отличающаяся нейросетевым моделированием процессов сценарного прогнозирования рыночной стоимости. Предложенная система поддержки принятия решений позволяет повысить уровень обоснованности решений профессиональных участников рынка жилой недвижимости за счет установления степени чувствительности рыночной стоимости к изменениям ключевых ценообразующих факторов. Отдельно следует выделить возможности выделения оптимальных решений в области определения сценарных параметров на основе перебора и идентификации наиболее значимых вариантов в многомерном фазовом пространстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе разработаны и исследованы экономико-математические модели процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости на основе учета мезо- и макроэкономических факторов, а также применения математического аппарата искусственных нейронных сетей. В результате выполненного исследования сформулированы следующие выводы:

1. Комплекс теоретических положений нашел подтверждение серией вычислительных экспериментов, показавшей необходимость учета мезо- и макроэкономических факторов при моделировании процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости. Данные модели устойчивы к изменениям экономической ситуации и адаптируемы к локальным рынкам недвижимости РФ.

2. Нейросетевые комплексные модели процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости обладают более высокой точностью по сравнению с традиционными регрессионными моделями.

3. Сценарное прогнозирование рыночной стоимости объектов жилой недвижимости за счет установления степени чувствительности рыночной стоимости к изменениям ключевых ценообразующих факторов повышает степень обоснованности управленческих решений, принимаемых профессиональными участниками рынка.

Перспективное направление дальнейшего исследования носит прикладной характер, поскольку для других локальных рынков недвижимости могут быть разработаны аналогичные высокоэффективные экономико-математические модели и выполнены аналитические исследования, опирающиеся на методы сценарного прогнозирования.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рис. 1. Циклы развития рынка недвижимости

Рис. 2. Система рынка недвижимости как устойчивая кибернетическая система

Рис. 3. Взаимосвязь роста потребностей с экономическим ростом

Рис. 4. Укрупненная структура факторов ценообразования на рынке недвижимости

Рис. 5. Нейрон персептрона, выполняющий преобразование входных сигналов x_{ij} в выходной сигнал y_i

Рис. 6. Концептуальная модель нейронной сети, предназначенной для моделирования процессов массовой оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Рис. 7. Структура факторов спроса на рынке жилой недвижимости и их взаимосвязи

Рис. 8. Структура факторов предложения на рынке жилой недвижимости и их взаимосвязи

Рис. 9. Вектор входных параметров модели процесса массовой оценки и прогнозирования ОЖН

Рис. 10. Алгоритм нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Рис. 11. Однослойный персептрон с J входами и I выходами

Рис. 12. Псевдопараболоид, изображающий зависимость квадратичной ошибки ε от весовых коэффициентов

Рис. 13. Сигмоидная активационная функция

Рис. 14. Двухслойный персептрон, имеющий N входов, I выходов и *скрытый* слой из J нейронов

Рис. 15. Окно выбора оптимальной архитектуры нейронной сети в пакете *Statistica Neural Networks*. Фрагмент анализа

Рис. 16. Архитектура трехслойного персептрона [МП 15:102-6-1:1] с 15 входными нейронами, одним выходным и одним скрытым слоем, содержащем 6 нейронов, сгенерированная с помощью пакета *Statistica Neural Networks*

Рис. 17. Фрагмент тестирования сети: сопоставление заявленных и оцененных с помощью нейронной сети стоимостей квартир для Екатеринбурга (а) и для Перми (б)

Рис. 18. Диаграмма рассеивания отклонений значений выходного вектора прогнозных значений от фактически заявленных значений стоимости для Екатеринбурга (а) и для Перми (б)

Рис. 19. Распределения частот отклонений прогнозных стоимостей квартир от заявленных на тестовом множестве, полученных с помощью нейросетевой и регрессионной линейной и мультипликативной моделей

Рис. 20. Кривые распределения относительных частот отклонений расчетных стоимостей ОЖН от их заявленных стоимостей, полученные путем прогнозирования за период 2011 – 2016 гг. с помощью традиционной (а) и комплексной (б) моделей

Рис. 21. Зависимость ошибки аппроксимации результатов моделирования от количества измерений в обучающем множестве

Рис. 22. Автоматизированная система поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН

Рис. 23. Архитектура автоматизированной системы поддержки принятия решений задачи сценарного прогнозирования рыночной стоимости ОЖН

Рис. 24. Экранная форма запуска нейронной сети

Рис. 25. Экранная форма сценарного прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости

Рис. 26. Результаты сценарного прогнозирования стоимости квартир Екатеринбурга (а) и удельной стоимости их квадратного метра (б) от расстояния до центра города

Рис. 27. Зависимость стоимости квартир Екатеринбурга (а) и удельной стоимости квадратного метра квартир (б) от их площади

Рис. 28. Результаты сценарного прогнозирования зависимости рыночной стоимости ОЖН Екатеринбурга (а) и Перми (б) от объемов ипотечного кредитования в Свердловской области (а) и в Пермском крае

Рис. 29. Результаты сценарного прогнозирования *удельной стоимости* 1 кв. м от объемов ипотечного кредитования в Свердловской области (а) и Пермском крае (б)

Рис. 30. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости Екатеринбурга (а) и Перми (б) при изменении объемов жилищного строительства в Свердловской области (а) и Пермском крае (б)

Рис. 31. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости Екатеринбурга (а) и Перми (б) при изменении стоимости нефти Brent

Рис. 32. Результаты сценарного прогнозирования рыночной стоимости недвижимости Екатеринбурга (а) и Перми (б) при изменении стоимости доллара США

Рис. 33. Распределение значимости входных параметров для Екатеринбурга (а) и для Перми (б)

СПИСОК ТАБЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Таблица 1. Основные подходы к оценке недвижимости
- Таблица 2. Ключевые особенности рынка недвижимости
- Таблица 3. Анализ факторов спроса Г.М.Стерника
- Таблица 4. Анализа факторов предложения Г.М.Стерника
- Таблица. 5. Классификация прогнозов по степени формализации методов
- Таблица 6. Существующие подходы анализа рынка недвижимости
- Таблица 7. Типизация (классификация) жилых строений, используемая при моделировании процесса оценки рыночной стоимости
- Таблица 8. Коэффициенты корреляции ценообразующих факторов, полученные с помощью линейного корреляционного анализа Пирсона для Екатеринбурга
- Таблица 9. Коэффициенты корреляции ценообразующих факторов, полученные с помощью линейного корреляционного анализа Пирсона для Перми
- Таблица 10. Сравнительные статистические показатели различных архитектур нейронных сетей
- Таблица 11. Описательные характеристики линейной, мультипликативной и нейросетевой моделей массовой оценки рыночной стоимости объектов недвижимости г.Екатеринбурга
- Таблица 12. Среднеквадратичные относительные погрешности оценки стоимости квартир, полученные путем прогноза на период 2011–2016гг.
- Таблица 13. Матрица отношений участников рынка недвижимости и возможных сценариев
- Таблица 14. Параметры влияния фактора удаленности от центра
- Таблица 15. Параметры влияния фактора площади на рыночную стоимость ОЖН
- Таблица 16. Параметры влияния фактора ипотечного кредитования на общую стоимость ОЖН

Таблица 17. Параметры влияния фактора ввода жилых объектов в разрезе территорий

Таблица 18. Параметры влияния фактора стоимости нефти на рыночную стоимость ОЖН в разрезе территорий

Таблица 19. Параметры влияния фактора стоимости доллара США на рыночную стоимость ОЖН в разрезе территорий

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалакин Л. И. Логика экономического роста. – М.: Институт экономики РАН, 2002. – 228 с.
2. Азнабаев А. М. Регрессионный анализ для исследования рынка жилья: актуальность применения и существующие проблемы // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С. С. Чернова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. С.163–167.
3. Азрилиян А. Н. Новый экономический словарь. – М.: Институт новой экономики, 2006. – 1088 с.
4. Алексене А., Багдонавичюс А. Организация системы оценки и управление ею в Литве: планирование и оценка необходимых ресурсов // Введение системы массовой оценки на основе рыночной стоимости для налогообложения недвижимого имущества: докл. междунар. конф. – Литва, 2003.
5. Анимица Е. Г., Власова Н. Ю. Градоведение. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2010. – 433 с.
6. Артемьев А. А. Обсуждение проблем и перспектив введения в России налога на недвижимость // Ваш налоговый адвокат. – 2007. – № 4. – С. 8–14.
7. Асаул А. Н., Иванов С. Н., Старовойтов М. К. Экономика недвижимости. СПб.: АНО «ИПЭВ», 2009. – 304 с.
8. Асаул А. Н., Карасев А. В. Экономика недвижимости. – М.: МИКХиС, 2001. – 322 с.
9. Безруков В. Б., Дмитриев М. Н., Пылаева А. В. Налогообложение и кадастровая оценка недвижимости: монография / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. – 155 с.
10. Беляева А.В. Использование пространственных моделей в массовой оценке стоимости объектов недвижимости // Компьютерные исследования и моделирование. 2012. –Т. 4 – № 3. С. 639–650.

11. Беляева А. В. Массовая оценка стоимости объектов недвижимости для целей налогообложения. Требования и ограничения // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – № 2. – С. 77–88.
12. Березин М.Ю. Региональные и местные налоги: правовые проблемы и экономические ориентиры. – М.: Волтерс Клувер, 2006. – 628 с.
13. Боровиков В.Б. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
14. Боровиков В.Б. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: методология и технологии современного анализа данных. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В. П. Боровикова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 392 с.
15. Бородина Ю.И., Литвинова С.А. Налог на недвижимость: новый механизм исчисления // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. Декабрь 2014.
16. Борусьяк К.К., Мунерман И.В., Чижов С.С. Нейросетевое моделирование в задаче массовой оценки нежилой недвижимости г. Москвы // Экономическая наука современной России. – 2009. – № 4. – С. 86–98.
17. Бублик Н.Д., Голичев И.Н., Горбатков С.А., Смирнова А.В. Теоритические основы разработки технологии налогового контроля и управления. – Уфа: РИО БГУ, 2004.
18. Букаев Г.И., Бублик Н.Д., Горбатков С.А., Саттаров Р.Ф. Модернизация системы налогового контроля на основе нейросетевых информационных технологий: монография. – М.: Наука, 2001. – 344 с.
19. Васильева Л. С. Экономика недвижимости: учебник. – М.: Эксмо, 2008. – 477 с.
20. Вессели Р., Ланкин А. Государственная кадастровая (массовая) оценка для целей налогообложения – российский и зарубежный опыт // Экономические стратегии. – 2008. – № 2. – С. 124–131.

21. Вессели Р., Ланкин А. Массовая оценка недвижимости – многофункциональный инструмент для стран в переходном периоде // Налоговая оценка недвижимости и развитие институтов имущественного налогообложения: докл. междунар. конф. – М., 2005.
22. Вессели Р. Опыт кадастровой оценки земель в России // Налоговая оценка недвижимости и развитие институтов имущественного налогообложения: докл. междунар. конф. – М., 2005.
23. Годме П. М. Финансовое право: пер. с фр. – М.: Прогресс, 1978. – 429 с.
24. Гончаренко Л. И., Варнавский А. В., Горбова Н. С. Налоги и налоговая система Российской Федерации: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2009. – 315 с.
25. Горбатков С.А., Полупанов Д.В., Белолипец И.И., Фархиева С.А. Нейросетевые методы отбора налогоплательщиков для проведения выездных проверок [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9, №2. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/32TVN217.pdf> (дата обращения: 19.01.2018).
26. Грибовский С.В., Федотова М.А., Стерник Г.М., Житков Д.Б. Экономико-математические модели оценки недвижимости // Финансы и кредит. – 2005 – № 3(171). – С. 24–43.
27. Грибовский С.М., Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества. М.: Финансы и статистика, 2014. – 368 с.
28. Грязнова А.Г. Оценка недвижимости: учебник / под ред. А. Г. Грязновой, М. А. Федотовой; Финанс. акад. при Правительстве Рос. Федерации. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 492 с.
29. Дайтбегов Д. М. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике. – М.: ИНФА-М, 2008. – 578 с.
30. Демидов А. В. Налоговое право России: учеб. пособие. – М.: РУМЦ, 2006. – 424 с.
31. Дрейпер Н. Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. / пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007. – 912 с.

32. Дударева С. Ю. Оценка будущей стоимости недвижимости в различных целях: материалы межвуз. науч.-практ. конф. молодых ученых «Приоритеты социально-экономического развития России». – Краснодар: ЮИМ, 2004. – С. 157.
33. Евстигнеев Е. Н. Налоги и налогообложение: учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2009. – 320 с.
34. Евстигнеев Е. Н., Викторова Н. Г. Основы налогообложения и налогового законодательства. – СПб.: Питер, 2005. – 256 с.
35. Елинский А. В. Из истории налогообложения зарубежных стран: от древних времен до XVIII века // Финансовое право. – 2006. – № 5. – С. 18–22.
36. Жидкова Е. Ю. Налоги и налогообложение: учеб. пособие. – М.: Эксмо, 2010. – 237 с.
37. Забоев М. В. Использование теории искусственных нейронных сетей для экономического анализа инвестиционно-строительных проектов // Экономическое развитие: теория и практика: материалы междунар. науч. конф., СПбГУ. – СПб., 2007.
38. Иванов А. Г. Понятие администрирования налогов // Финансовое право. – 2005. – № 9. – С. 5–13.
39. Каклюгин В. Г. Налогообложение. – М.: Феникс, 2007. – 192 с.
40. Канеман Д., Тверски А. Рациональный выбор, ценности и фреймы // Психологический журнал. – 2003. – Т. 24. – № 4. – С. 31–42.
41. Качур О. В. Налоги и налогообложение: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КноРус, 2009. – 360 с.
42. Клюкович З. А. Налоги и налогообложение. – М.: Феникс, 2009. – 316 с.
43. Колчин С. П. Налоги и налогообложение. – М.: Вузовский учебник, 2008. – 263 с.
44. Косов М. Е., Майбуров И. А., Ушак Н. В. Теория и история налогообложения: учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 424 с.
45. Косов М. Е., Осокина И. В. Налогообложение физических лиц: учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ, 2009. – 365 с.

46. Круг П. Г. Моделирование искусственных нейронных сетей: учеб. пособие по курсу «Нейронные вычислительные сети». – М.: МГУПИ, 2009 – 96 с.
47. Лунина Н.А. Некоторые вопросы правового решения налогообложения пользователей земельными участками // Нотариус. – 2007. – № 2. – С.13–17.
48. Майбуров И. А. Налоги и налогообложение: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 560 с.
49. Майбуров И. А. Теория и история налогообложения: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 495 с.
50. Малис Н. И., Толкушин А. В. Налоговый учет: учеб. пособие. – М.: Магистр, 2009. – 573 с.
51. Малкина М. Б. Особенности формирования спроса, предложения и равновесия на рынке жилой недвижимости России // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – №16. – С. 2–15.
52. Мандрощенко О. В., Пинская М. Р. Налоги и налогообложение. – М.: Дашков и Ко, 2008. – 343 с.
53. Михайлец В. Б. Ставка дисконтирования в оценочной деятельности // Вопросы оценки. – 2002. – № 3. – С. 35–39.
54. Мишулин Г. М., Стягун А. В. Экономический рост: факторы, источники, механизмы. – М.: Современная экономика и право, 2012. – 212 с.
55. Мишустин М. В. Информационно-технологические основы администрирования имущественных налогов: монография. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 359 с.
56. Молчанова М. Ю., Печенкина А. В. Особенности использования методов фундаментального и технического анализа при прогнозировании цен на рынке недвижимости региона // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2011. – Вып. 3 (10). – С. 54–64.
57. Молчанова М. Ю., Печенкина А. В. Применение сценарного метода при прогнозировании ситуации на рынке жилья г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2015 – №1. – С.79–88.

58. Мунерман И. В. Нейро-нечеткие модели и инструменты для регионального управления объектами коммерческой недвижимости: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.13. М., 2011. 156 с.
59. Мюллер А. Значимость периодического налога на имущество для государственных финансов, налоговой политики и фискальной децентрализации: материалы конф. // Земельные ресурсы Казахстана. – 2005. – № 5. – С. 12–13.
60. Мюллер А. Оценка земли и зданий для целей периодического поимущественного налога и других налогов // Налоговая оценка недвижимости и развитие институтов имущественного налогообложения: докл. междунар. конф. – М., 2005.
61. Мюллер А. Поимущественные налоги и оценка в Дании // Налоговая оценка недвижимости и развитие институтов имущественного налогообложения: докл. междунар. конф. – М., 2005.
62. Налог на недвижимость: результаты эксперимента в Великом Новгороде и Твери: стенограмма «круглого стола» Комитета Совета Федерации по бюджету, 26 янв. 2006 г. // Государственный научно-исследовательский институт системного анализа Счетной палаты Российской Федерации: офиц. сайт. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.niisp.ru/News/Events/art67> (дата обращения: 12.01.2018).
63. Наназашвили И. Х., Литовченко В. А., Наназашвили В. И. Кадастр, экспертиза и оценка объектов недвижимости : справ. пособие. – М.: Высшая школа, 2009. – 430 с.
64. Наумов И.В. Сценарный подход к стратегическому управлению финансовыми потоками региональной территориальной системы // Экономика. Налоги. Право, 2015. – № 3. – С. 109–116.
65. Нитти Ф.С. Основные начала финансовой науки / пер. с итал. И. Шрейдера. – М.: М. и С. Сабашниковы, 1904. – 624 с.
66. Оканова Т. Н., Косов М. Е. Региональные и местные налоги: учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ, 2009. – 156 с.

67. Олми Р. Обзор систем налогообложения имущества в Европе // Введение системы массовой оценки на основе рыночной стоимости для налогообложения недвижимого имущества: докл. междунар. конф. – Литва, 2003.
68. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
69. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 10.01.2018).
70. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес аналитика: от данных к знаниям: учеб. пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.
71. Пансков В. Г. Налоги и налоговая система Российской Федерации. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 493 с.
72. Петров М. А. Налоговая система и налогообложение в России: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 402 с.
73. Петти У. Трактат о налогах и сборах // Классика экономической мысли. – М.: 2000.
74. Поляковский Г. Жилищная экономика. М.: Дело, 1996. – 224 с.
75. Попов А. Л. Системы поддержки принятия решений: учеб.-метод. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. – 80 с.
76. Попова Л. В., Дрожжина И. А., Маслов Б. Г. Оценка и налогообложение недвижимого и другого имущества предприятий: методы и практика: учеб.-метод. пособие для вузов. – М.: Дело и Сервис, 2009. – 509 с.
77. Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке: приказ Министерства экономического развития от 12 мая 2017 г. № 226 // Российская газета. – 2017. – № 4686030. – [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2017/05/30/mer-prikaz226-site-dok.html> (дата обращения: 05.02.2018).
78. Прорвич В. А. Основы экономической оценки городских земель. – М.: Дело, 1998. – 334 с.

79. Пылаева А. В. Процедура кластеризации в методиках государственной кадастровой оценки земель // Сб. тр. аспирантов и магистрантов. Архитектура. Экология / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Н. Новгород, 2007. – С. 181–184.
80. Пылаева А. В., Безруков В. Б., Коваль Ю. Л. Система массовой оценки недвижимости как средство эффективного управления территорией // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – № 3. – С. 83–84.
81. Пылаева А. В. Анализ нормативно-правового обеспечения учета объектов недвижимости в целях налогообложения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2008. – № 6. – С. 41–45.
82. Пылаева А. В. Опыт проведения в Российской Федерации массовой кадастровой оценки земель в целях налогообложения // Государственное регулирование экономики. Региональный аспект: материалы VI междунар. конф. – Н. Новгород, 2007. – Т. 1. – С. 317–320.
83. Пылаева А. В. Проблемы кадрового обеспечения массовой оценки недвижимости // Проблемы многоуровневого образования: материалы XIII Междунар. науч.-метод. конф. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2009. – С. 12–14.
84. Пылаева А. В. Эволюция понятия «кадастровая оценка» в Российской Федерации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – № 10. – С. 31–33.
85. Пылаева А. В., Безруков В. Б., Господчиков Д. В. Вопросы кластеризации в процедуре государственной кадастровой оценки земель садоводческих, огороднических и дачных объединений вне черты поселений // Информационный бюллетень Ассоциации служб кадастра «Приволжье». – 2004. – № 1. – С. 44–47.
86. Пылаева А. В. Методика анализа социально-экономических последствий применения результатов кадастровой оценки недвижимости в целях налогообложения // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – 2010. – № 1. – С. 195–200.

87. Рикардо Д. Начала политической экономии и налогового обложения. – М.: Эксмо, 2007. – 953 с.
88. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017619053. Программный модуль нейросетевого моделирования и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости с учетом внешних экономических параметров: заявка №2017615890 от 14.07.2017 / Ясницкий В. Л. (RU). – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14.08.2017 (РФ).
89. Сердюков А. Э., Вылкова Е. С., Тарасевич А. Л. Налоги и налогообложение: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2008. – 702 с.
90. Сивец С. А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса: учеб. пособие по статистике для оценщиков. – Запорожье, 2011. – 320 с.
91. Скрипниченко В. А. Налоги и налогообложение: учеб. пособие / Ин-т проф. бухгалтеров и аудиторов России. – М.: Питер, 2010. – 463 с.
92. Сотникова Л.В. Имущественные налоги. – М.: Налоговый вестник, 2008. – 319 с.
93. Стерник Г. М. Как прогнозировать цены на жилье (метод. пособие). – М.: РГР, 1996. – 60 с.
94. Стерник Г. М. Методика прогнозирования цен на жилье в зависимости от типа рынка // Имущественные отношения в РФ. – 2010 – № 12. – С. 43–47.
95. Стерник Г. М. Методические рекомендации по анализу рынка недвижимости. – М.: РГР, 1998. – 60 с.
96. Стерник Г. М. Отчет о НИР «Разработка концепции создания Федеральной информационно-аналитической системы рынка жилья (ФИАС)» – М.: Госстрой РФ, 2000. – 80 с.
97. Стерник Г. М. Рынок недвижимости России как сектор рыночной экономики. // Федеральный Справочник. – № 6. – М.: Родина-ПРО, 2000. – С. 415–452.
98. Стерник Г. М. Рынок недвижимости России: закономерности становления и развития в условиях переходной экономики // Вопросы оценки. – 1999. – № 3. – С. 2–24.

99. Стерник Г. М. Семь феноменов становления и развития рынка жилья России в условиях переходной экономики // Материалы международной конференции Европейской сети исследователей жилищного рынка (г. Маастрихт, июнь 1998).
100. Стерник Г. М. Статистический подход к прогнозированию цен на жилье // Экономика и математические методы». – 1998. – Т. 34, №.1. – С. 85–90.
101. Стерник Г. М. Ценообразование на рынке жилья России // Имущественные отношения в РФ. – 2010. – № 5. – С. 67–83.
102. Стерник Г. М. Эконометрический анализ и прогноз цен на жилье в городах России // Материалы международной конференции по эконометрии жилищного рынка Европейской сети исследователей жилищного рынка (г. Вена, 1997 г.).
103. Стерник Г. М., Краснопольская А. Н. Негармоническое разложение ценовой динамики рынка жилья Москвы // Экономическая наука современной России. – 2008. – №3 (42). – С. 110–114.
104. Стерник Г. М., Стерник С. Г. Анализ рынка недвижимости для профессионалов. – М.: Экономика, 2009. – 606 с.
105. Стерник Г. М., Стерник С. Г. Закон соотношения объема спроса, предложения и сделок на рынке недвижимости // Имущественные отношения в РФ. – 2008. – № 12(87). – С. 23–34.
106. Стерник Г. М., Стерник С. Г. Методология прогнозирования российского рынка недвижимости. Ч. 1. Основные допущения, ограничения и рабочие гипотезы // Механизация строительства. – 2013. – № 8 (830). – С. 53–63.
107. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Пять макроэкономических законов функционирования рынка недвижимости как неотъемлемой составляющей глобального финансового рынка в транзитивной экономике // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2010. – № 11(35). – С. 15–29.
108. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Рынок недвижимости: экономико-правовое содержание, закономерности развития в транзитивной экономике (учеб. пособие). – М.: Изд-во ГУ-ВШЭ, 2009. – 180 с.

109. Стерник С.Г., Стерник Г.М. Методология прогнозирования российского рынка недвижимости. Ч. 2. Методы анализа как информационная база прогнозирования рынка // Механизация строительства. – 2013. – №9. – С.54–63.
110. Тарасевич Е.И. Оценка недвижимости. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 422 с.
111. Тарасевич Е.И. К вопросу определения ставки дисконтирования на рынке недвижимости России // Проблемы недвижимости. – 2000. – №2. – С. 117–137.
112. Тарасевич Е. И. Концепция ставки дисконтирования в оценке недвижимости // Вопросы оценки. – 2000. – № 2. – С.18–32.
113. Тарасенко Ф. П. Непараметрическая статистика: монография. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. – 292 с.
114. Титов А. С. Исторический очерк о развитии государственно – правового регулирования сферы налогов и сборов в России // История государства и права. – 2007. – № 12. – С. 14–17.
115. О проведении эксперимента по налогообложению недвижимости в городах Великом Новгороде и Твери: Федеральный закон 92 – ФЗ от 28 июля 2004 г. // Российская газета. – 2004. – № 3539. – [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2004/07/31/nalog-doc-dok.html> (дата обращения: 11.01.2018).
116. О Государственном кадастре недвижимости: Федеральный закон от 24 июля 2007 г. // Российская газета. – 2007. – № 4428. – [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2007/08/01/kadastr-doc.html> (дата обращения: 12.02.2018).
117. О государственной кадастровой оценке: Федеральный закон от 3 июля 2016 г. № 237-ФЗ // Российская газета. – 2016. – № 7014. – [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2016/07/06/kadastr-dok.html> (дата обращения: 12.01.2018).
118. Фридман Д., Ордуей Н. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости: пер. с англ. – М.: Дело, 1997. – 461 с.
119. Худяков А. И., Бродский М. Н., Бродский Г. М. Основы налогообложения: учеб. пособие. – СПб.: Европейский дом, 2002. – 427 с.

120. Цало И. М., Савельева И. П. Влияние мировых макроэкономических показателей на региональные рынки жилой недвижимости // Современные исследования социальных проблем. Электронный журнал. – 2011. – №4 (08). URL: <http://journal-s.org/index.php/sisp> (дата обращения: 12.01.2015).
121. Чечнева Ю. В. Совершенствование оценки качества прогнозирования как условие модернизации налогового администрирования // Финансы и кредит. – 2014. – № 43. – С. 61–66.
122. Шевчук Л. А. Отчет о результатах эксперимента по введению налога на недвижимость в г. Твери. [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.tchirkounov.ru/articles/print.php?id=210> (дата обращения: 07.02.2018).
123. Шейкман Л. Э., Дергунов Д. В. Нейросетевые модели снижения концентрации фенольных соединений в водных средах // Естественные и математические науки в современном мире: собрание статей по материалам II междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2013.
124. Эберг К. Т. Курс финансовой науки. – СПб.: Типография А. Розена, 1913. – 604 с.
125. Эккерт Д., Глаудеманс Р. Д., Олми Р. Р. Организация оценки и налогообложения недвижимости: в 2 т. – М.: Рос. общество оценщиков, 1997. – Т. 1.
126. Эккерт Д., Глаудеманс Р. Д., Олми Р. Р. Организация оценки и налогообложения недвижимости: в 2 т. – М.: Рос. общество оценщиков, 1997. – Т. 2.
127. Янгмен Д., Мальме Д. Развитие налогообложения собственности в странах с переходной экономикой – Рассмотрение примеров из стран Центральной и Восточной Европы // Введение системы массовой оценки на основе рыночной стоимости для налогообложения недвижимого имущества: докл. междунар. конф. – Литва, 2003.
128. Янжул И. И. Основные начала финансовой науки: учение о государственных доходах. – М.: Статут, 2002. – 553 с.
129. Ясницкий В. Л. Нейросетевое моделирование в задаче массовой оценки жилой недвижимости г. Перми // Экономика и управление: проблемы, тенденции,

перспективы развития: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2015. – С. 311–312.

130. Ясницкий В. Л. Создание и исследование с целью извлечения знаний нейросетевой динамической системы массовой оценки стоимости объектов городской недвижимости // Нейрокомпьютеры и их применение: тезисы докладов XIV Всероссийской науч. конф. (г. Москва, 15 марта 2016 г.) / под ред. А.И.Галушкина, А.В.Чечкина и др. – М.: МГППУ, 2016. – С. 124–126.
131. Ясницкий В.Л. Сценарное прогнозирование рынка недвижимости г.Перми и г.Екатеринбурга [Электронный ресурс]: [Статья] // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – вып. №9: по материалам IX Всероссийской молодежной конференции аспирантов, молодых ученых и студентов «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА» (г. Пермь, 5-7 апреля 2017). – Ч.II, октябрь, 2017. – 6 с. – Режим доступа: <http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=9&s=534>.
132. Ясницкий В.Л., Алексеев А.О., Харитонов В.А. К вопросу интеллектуального анализа, массовой оценки и управления рынком недвижимости регионов России // Прикладная математика и вопросы управления. – 2017. – № 1. – С. 87–99.
133. Ясницкий В.Л., Алексеев А.О., Харитонов В.А. Разработка и исследование нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости объектов жилой недвижимости // Нейрокомпьютеры и их применение: тезисы докладов XV Всероссийской науч. конф. (г. Москва, 14 марта 2017 г.) / под ред. А.В.Чечкина, Л.С.Куравского и др. – М: МГППУ, 2017. – С. 206–208.
134. Ясницкий В.Л., Алексеев А.О., Харитонов В.А. Управление рынком недвижимости с помощью сценарного прогнозирования рыночной стоимости на базе нейросетевого моделирования // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Второй всероссийской науч.-практ. конф. (г. Пермь, 16–17 мая 2017 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – С. 47–52.

135. Ясницкий В.Л., Алексеев А.О., Харитонов В.А. Разработка концепции комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2018. – № 1. – С. 11–22.
136. Ясницкий Л. Н. Интеллектуальные системы. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.
137. Almy R. Real property assessment systems. – Lincoln institute of Land Policy, 2004.
138. Almy R. A Survey of Property Tax Systems in Europe. – Lincoln institute of Land Policy, 2003.
139. Ball M., Wood A. Housing Investment: Long Run International Trends and Volatility // Housing Studies. – 1999. – № 14(2). – P. 185–209.
140. Ball M., Colin L., MacGregor B. The Economics of Commercial Property Markets. – L. and N. Y.: Routledge, 1998.
141. Ball M., Morrison T., Wood A. Structures Investment and Economic Growth: A Long-Term International Comparison // Urban Studies. – 1996. – № 33(9). – P. 1687–1706.
142. Becker C., Morrison A.R. Urbanization in transforming economies // Handbook of Regional and Urban Economics. – 1999. – Vol. 3. – P. 1673–1790.
143. Burns A.M., Mitchell W.C. Measuring Business Cycles / New York: National Bureau of Economic Research, 1946.
144. Curry B., Morgan P., Silver M. Neural networks and non-linear statistical methods: An application to the modelling of price-quality relationships // Computers and Operations Research. – 2002. – Vol. 29, no 8, July. – P. 951–969.
145. Davis M., Heathcote J. Housing and the business cycle // Working paper forthcoming in International Economic Review/ – 2001. – Vol.4
146. Davis P. McCluskey W., Grissom T.V., McCord M. An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes // Property Management. – 2012. – Vol. 30, no 3, June. – P. 232–254.

147. Do A.Q., Grudnitski G. A neural network approach to residential property appraisal // *The Real Estate Appraiser*. – 1992. – no 58. – P. 38–45.
148. Evans A., James H., Collins A. Artificial neural networks: An application to residential valuation in the UK // *Journal of Property Valuation and Investment*. – 1991. – no 11(2). – P. 195–204.
149. Fisher I. The debt-deflation theory of great depressions // *Econometrica*. – 1933. – Vol.1, no 4. – P. 337–357.
150. Gloudemans R. *Mass appraisal of Real Property* / International Association of Assessing Officers. – Chicago, 1999.
151. Gonzalez M. A., Formoso C. T. Mass appraisal with genetic fuzzy rule-based systems // *Property Management*. – 2006. – Vol. 24, no 1. – P. 20–30.
152. Gottlieb M. *Long Swings in Urban Development* / New York: National Bureau of Economic Research, 1976.
153. Green R.K. Follow the leader: how changes in residential and nonresidential investment predict changes in GDR // *Real Estate Economics*. – 1997. – №25 (2). – P. 253–270.
154. Greenwood J., Hercowitz Z. The allocation of capital and time over the business cycle // *Journal of Political Economy*. – 1991. – Vol. 99. – P. 1188–1214.
155. Grover R., Törhönen M.P., Munro-Faure P., Anand A. *Property valuation and taxation for fiscal sustainability and improved local governance: case studies from the ECA region* / The World Bank. – Washington DC, 2015.
156. Guan J., Shi D., Zurada J.M., Levitan A.S. Analyzing Massive Data Sets: An Adaptive Fuzzy Neural Approach for Prediction, with a Real Estate Illustration // *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*. – 2014. – Vol. 24, no 1, January. – P. 94–112.
157. Guan J., Zurada J., Levitan A.S. An adaptive neuro-fuzzy inference system based approach to real estate property assessment // *Journal of Real Estate Research*. – 2008. – Vol. 30, no 4. – P. 395–422.

158. Hefferan M. J., Boyd T. Property taxation and mass appraisal valuations in Australia - adapting to a new environment // *Property Management*. – 2010. – Vol. 28, no 3. – P. 149–162.
159. Kilpatrick J. Expert systems and mass appraisal // *Journal of Property Investment and Finance*. – 2011. – Vol. 29, no 4, July. – P. 529–550.
160. Kontrimas V., Verikas A. The mass appraisal of the real estate by computational intelligence // *Applied Soft Computing Journal*. – 2011. – Vol. 11, no 1, January. – P. 443–448.
161. Manganelli B., Pontrandolfi P., Azzato A., Murgante B. Using geographically weighted regression for housing market segmentation // *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*. – 2014. – Vol. 9, no 2. – P. 161–177.
162. Mao Y.H., Zhang M.B., Yao, N.B. Hangzhou housing demand forecasting model based on BP neural Network of Genetic Algorithm Optimization (Conference Paper) // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 587–589. – P. 37–41.
163. McCluskey W.J., Dyson K., McFall D., Anand S. The mass appraisal of residential property in Northern Ireland // *Computer assisted mass appraisal systems*. – L.: Gower Publishers, 1997. – P. 59–77.
164. Muller B., Reinhart J. *Neural networks: an introduction*. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1990.
165. Tay D. P., Ho D. K. Artificial intelligence and the mass appraisal of residential apartments // *Journal of Property Valuation and Investment*. – 1991. – Vol. 10, no 2. – P. 525–540.
166. Youngman J. M., Malme J. H. *An International Survey of Taxes on Land and Buildings*. – Boston: Kluwer Law and Taxation Publishers, 1994.
167. Zhang H., Gao S., Seiler M. J., Zhang Y. Identification of real estate cycles in China based on artificial neural networks // *Journal of Real Estate Literature*. – 2015. – Vol. 23, no 1. – P. 67–83.

Приложение 1. Синаптические веса модели нейронной сети

Синаптические веса модели нейронной сети рынка г.Екатеринбурга

1.Количество комнат ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
1	7,5878	0,89965	1,3521	1,3521	1,1709	-3,8706
2	-1,5434	0,011305	1,3962	1,7044	0,9381	0,8524
3	0,5034	-0,7662	0,1431	-0,2445	-0,1544	-0,6567
4	-0,2409	-0,8098	1,059	0,3696	-0,5048	-0,5696
5	-0,5538	0,006571	0,04507	-0,5499	-0,2868	-0,4959

2.Район ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
6	0,04036	0,03366	0,1606	-0,1264	-0,2727	-0,1589
7	-0,07451	0,1915	0,1145	-0,09671	-0,1208	0,3854
8	0,308	0,3597	0,2936	0,1454	-0,7236	0,7781
9	-0,05925	-0,2821	-0,1995	0,3259	-0,8566	-0,5039
10	-0,6384	-0,03607	0,2399	-0,1103	-0,8606	0,3089
11	-0,4446	-1,527	1,847	-0,4344	-0,2831	0,2519
12	-0,654	-0,111	-0,0345	6,4674	-0,5336	-0,1216
13	0,082943	1,0296	1,0022	-0,04281	0,01131	1,3962
14	-1,5613	-1,8283	0,996	1,167	0,3141	-0,368
15	0,2619	-0,3305	-0,1636	-0,341	-0,3646	0,008543
16	0,008543	0,4976	0,3732	-0,7125	-0,7744	-0,081
17	0,0367	-0,04163	-0,2913	-0,3134	0,041	-0,1415
18	0,2301	-0,2434	0,2481	0,2681	0,09244	0,2956
19	0,2214	0,2459	0,2459	-0,1674	0,37	-0,2321
20	0,156	-0,2235	-0,09691	-0,3047	-0,2029	-0,03433
21	0,1208	0,3075	-0,1251	0,2517	-0,0074	0,114
22	0,1362	-0,3737	0,000438	-0,2263	0,2251	-0,1035
23	-0,04524	0,02068	-0,2434	0,03663	-0,1748	-0,03619
24	0,007991	-0,04007	-0,00677	-0,01143	-0,207	-0,01697
25	0,5334	-0,2527	0,07389	0,04378	0,2649	-0,655
26	0,619	0,617	-0,6295	-0,192	-0,3576	-0,3258
27	0,4264	-0,6004	-0,2463	0,06658	-0,3244	-0,1102
28	-0,2251	0,1356	0,1356	-0,157	0,01371	0,1903
29	-0,7724	-0,4557	0,1655	-0,3289	-0,0882	-0,536
30	-0,0408	0,001026	-0,38442	-0,2132	-0,4162	0,3381
31	-0,1827	-0,09656	-0,02002	-0,3598	-0,0869	0,01515
32	1,9842	-0,00068	0,071468	0,15585	0,29908	-0,31835

3.Этаж ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
33	0,2279	-0,1249	-0,1249	0,08078	-0,0217	0,09879
34	0,1287	0,07881	-0,151	0,1426	-0,0354	0,02418
35	-0,05472	-0,08043	-0,09234	-0,03117	-0,0504	0,02126
36	0,04426	-0,09786	0,08823	-0,01779	0,03349	-0,03296
37	-0,1387	0,002208	-0,09232	0,09727	0,0031	0,007982
38	-0,04565	-0,05517	-0,01507	-0,07453	-0,0343	-0,05925
39	0,0506	-0,0411	-0,03689	-0,0226	0,03458	0,1525
40	-0,06844	0,06277	0,002497	0,1193	-0,2377	0,3259
41	0,1901	-0,2175	-0,08167	-0,1115	-0,0635	0,1415
42	-0,1915	-0,1387	-0,1523	-0,05287	-0,1396	-0,01211
43	0,2279	-0,1249	0,06782	0,08078	-0,0217	0,09879
44	0,1287	0,07881	-0,151	0,1426	-0,1423	0,02418
45	-0,05472	-0,08043	-0,09234	-0,03117	-0,0504	0,02126
46	0,04426	-0,09786	0,08823	-0,01779	0,03349	-0,03296
47	-0,1387	0,002208	-0,09232	0,09727	0,0031	0,007982
48	-0,04565	-0,08167	-0,05517	-0,01507	-0,0745	-0,03429
49	-0,05925	0,0506	-0,0411	-0,03689	-0,0226	0,03458
50	0,1525	-0,06844	0,06277	0,002497	0,1193	-0,2377
51	0,3259	0,1901	-0,2175	-0,08167	-0,1115	-0,06351
52	0,1415	-0,1915	0,04197	-0,1523	-0,0529	-0,1396
53	-0,01211	-0,05862	-0,1014	-0,05871	-0,189	-0,01344
54	-0,1198	-0,09881	-0,1746	-0,2068	-0,16	-0,0406
55	0,37067	0,094784	0,070003	0,006894	0,2455	0,2455
56	0,80561	0,27286	-0,12658	-0,35723	-0,2804	-0,01692

4.Всего этажей здания

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
57	0,08088	-0,02216	0,03964	0,09565	-0,0209	-0,01525
58	-0,04904	-0,01392	-0,00547	0,2058	0,1527	-0,1381
59	-0,07679	-0,0529	0,003522	-0,05663	-0,1879	-0,1231
60	-0,0187	0,08807	-0,03746	0,04412	0,09621	0,1346
61	0,08271	0,0551	-0,00088	0,03953	-0,0354	0,1275
62	-0,04096	0,07062	-0,09323	-0,01625	-0,0006	-0,1276
63	0,1078	-0,02976	0,1869	0,05753	0,03492	0,003321
64	0,02394	0,1084	-0,01062	-0,01228	-0,0123	-0,03324
65	0,02376	0,01529	-0,1035	0,08298	-0,0661	0,05583
66	0,02853	0,06144	0,06705	-0,2381	0,06877	0,1139
67	-0,1101	-0,09449	-0,02262	0,2574	-0,0917	0,09564
68	-0,02121	-0,00688	0,07938	0,07938	-0,024	0,005181
69	-0,05272	-0,00063	0,04197	-0,06334	-0,0066	0,3666

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
70	-0,03343	-0,1341	-0,0273	0,1458	0,01415	0,1158
71	0,4082	-0,282	-0,1258	0,2009	0,1904	0,408
72	-0,195	-0,023	-0,54713	-0,14249	0,00174	-0,16846
73	0,005394	0,76301	0,50711	-0,04818	-0,6511	-0,63749
74	-0,03166	0,05082	-0,00643	0,07461	0,07461	0,04277
75	0,01146	0,008715	0,04191	-0,00962	0,175	-0,1127
76	-0,00081	0,006376	-0,01163	0,1133	-0,0108	-0,01299
77	0,06662	-0,01691	0,1141	0,1009	-0,3547	0,05591
78	-0,06008	-0,1053	0,08697	-0,09172	-0,1818	-0,00932
79	0,02753	-0,09689	-0,09689	0,1214	-0,0135	-0,09362
80	0,04097	0,0227	0,01307	-0,02796	-0,0314	-0,07877

5. Тип дома

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
81	-0,01777	0,0197	0,00963	0,00062	0,1144	-0,01361
82	-0,01689	-0,00624	0,0116	-0,00806	-0,013	0,005387
83	-0,06191	0,0315	0,03864	0,0165	0,04763	-0,0127
84	-0,02696	-0,00962	-0,02107	-0,1044	-0,0553	-0,1012
85	-0,03526	-0,05962	-0,00473	0,05371	-0,0053	0,002005
86	-0,00728	-0,02431	0,009315	-0,02029	-0,0003	0,07682

6. Тип стен

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
87	0,07608	0,05879	-0,0593	-0,03814	-0,021	0,2962
88	0,09336	0,01612	0,2095	-0,5255	0,07069	0,125
89	-0,1574	0,2003	-0,059	0,00273	5,4691	0,14394
90	5,4691	0,14394	0,6355	0,63337	-0,6633	0,26303

7. Наличие лоджии

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
91	-6,9542	-0,6887	22,021	-16,296	-14,58	-5,1107
92	1,5078	-1,2252	-4,0235	1,7793	-3,9167	-7,8028
93	-10,231	2,4046	-0,64855	4,874	-0,001	-0,01012
94	-9,34516	1,834356	-0,12758	3,555963	-0,0005	-0,00672

8. Индекс РТС

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
95	-0,32544	0,051693	0,15989	-3,6419	0,01902	-1,0177

9. Цена нефти

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
96	0,53114	-0,02858	7,2575	3,5072	1,8994	-3,4161

10. Курс доллара

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
97	0,53832	1,9959	-8,5483	0,004834	0,00483	76,517

11. Ввод жилья

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
98	-59,385	-32,64	-0,08342	-0,03387	-0,0065	0,008719

12. Объем выданных кредитов

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
99	0,03431	-0,02384	-0,04419	0,03335	0,1677	-0,01451

13. Показатель ВВП

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
100	0,1004	0,0279	0,08726	-0,3238	0,345	0,3136

14. Расстояние до центра

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
101	-0,37	-0,0457	-0,1516	-0,0325	-0,3187	-0,3187

15.Общая площадь

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
102	-0,01146	-0,02098	-0,11901	-0,01905	-0,0631	-0,28949

16.Выходные синаптические веса скрытого слоя

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
103	-0,33381	-0,04237	-0,0385	-0,02212	-0,1629	-0,25337
104	-0,10141	-0,00721	-0,003	-0,031	-0,0923	-0,00022
105	-0,32778	-0,01368	-0,02735	-0,00096	-0,1463	-0,21785
106	-0,30659	-0,01004	-0,06279	-0,01555	-0,2934	-0,27372
107	-0,13218	-0,02182	-0,09356	-0,01362	-0,1539	-0,07371
108	-0,33303	-0,00938	-0,01719	-0,01016	-0,1597	-0,22605

Синаптические веса модели нейронной сети рынка г.Перми

1.Количество комнат ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
1	3,581807	0,89965	1,3521	1,3521	1,1709	-3,8706
2	-1,21904	0,13262	1,1709	1,1709	-3,8706	-1,5434
3	0,174186	1,3521	-3,8706	-3,8706	-1,5434	0,011305
4	-0,20485	1,1709	-1,5434	-1,5434	0,01131	1,3962
5	-0,11677	-3,8706	0,011305	0,011305	1,3962	1,7044

2.Район ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
6	0,040028	0,008524	0,102461	-0,03592	-0,0633	-0,00364
7	-0,00873	0,143903	0,092538	-0,00532	-0,031	0,1944
8	0,283793	0,261992	0,129762	0,045412	-0,2109	0,159051
9	-0,0493	-0,03362	-0,18683	0,288088	-0,4278	-0,25652
10	-0,2586	-0,01815	0,21798	-0,10974	-0,659	0,273062
11	-0,34169	-0,59873	0,497245	-0,18467	-0,1704	0,011986
12	-0,50955	-0,01365	-0,00549	0,823012	-0,4183	-0,05486
13	0,044268	0,72198	0,528168	-0,02672	0,00737	0,31953
14	-0,00162	-0,02479	0,344829	0,744452	0,16294	-0,01793
15	0,055202	-0,15209	-0,10024	-0,1211	-0,1763	0,004159
16	0,004275	0,282626	0,24064	-0,1739	-0,259	-0,07093
17	0,004906	-0,02014	-0,08935	-0,05084	0,03364	-0,02555
18	0,166068	-0,07418	0,03361	0,081786	0,06759	0,135765
19	0,092893	0,099407	0,067703	-0,05299	0,00565	-0,12841

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
20	0,155002	-0,11498	-0,07439	-0,28507	-0,0263	-0,02656
21	0,029406	0,050372	-0,06762	0,151518	-0,0038	0,002583
22	0,074703	-0,29645	0,000296	-0,2017	0,16064	-0,09887
23	-0,00695	0,018527	-0,18223	0,007136	-0,1709	-0,02591
24	0,006647	-0,02558	-0,00533	-0,0032	-0,195	-0,00474
25	0,344525	-0,16435	0,037468	0,013472	0,17324	-0,41951
26	0,685439	0,376433	-0,32699	-0,11323	-0,2437	-0,2022
27	0,3449	-0,56241	-0,0149	0,005099	-0,1744	-0,04441
28	-0,19392	0,035337	0,11547	-0,14817	0,00219	0,05505
29	-0,62907	-0,35019	0,094304	-0,01044	-0,0678	-0,06165
30	-0,01085	0,000451	-0,19229	-0,02373	-0,2611	0,042592
31	-0,112	-0,03946	-0,01661	-0,11957	-0,065	0,010323
32	1,000309	-0,00027	0,066126	0,02568	0,18914	-0,03519

3.Этаж ОЖН

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
33	0,161087	-0,09328	-0,02857	0,004469	-0,0068	0,050232
34	0,023989	0,035395	-0,12666	0,102402	-0,0218	0,00268
35	-0,05072	-0,03737	-0,01494	-0,00732	-0,0019	0,016234
36	0,011794	-0,00293	0,003554	-0,01745	0,00588	-0,0077
37	-0,12028	0,001181	-0,00281	0,023156	0,00071	0,005752
38	-0,00978	-0,03717	-0,00971	-0,07212	-0,0271	-0,0276
39	0,04291	-0,04094	-0,00463	-0,00122	0,01352	0,11064
40	-0,04866	0,030433	0,002123	0,07709	-0,1321	0,10081
41	0,046919	-0,18627	-0,03142	-0,03033	-0,0024	0,047534
42	-0,06033	-0,07309	-0,08385	-0,00792	-0,0177	-0,00703
43	0,2149	-0,04026	0,03426	0,016087	-0,0097	0,06987
44	0,053111	0,00485	-0,00161	0,112395	-0,0053	0,020964
45	-0,03793	-0,00806	-0,00904	-0,02104	-0,0495	0,002955
46	0,033697	-0,06443	0,082198	-0,01113	0,02071	-0,01346
47	-0,07384	0,00169	-0,05154	0,042912	0,0017	0,000343
48	-0,02432	-0,07575	-0,01955	-0,00866	-0,03	-0,00682
49	-0,03454	0,003512	-0,02671	-0,03455	-0,0137	0,018048
50	0,084454	-0,0017	0,047592	0,000462	0,11219	-0,02522
51	0,071633	0,189397	-0,01377	-0,04624	-0,0638	-0,01072
52	0,047712	-0,07767	0,01493	-0,05812	-0,0178	-0,12019
53	-0,0022	-0,02562	-0,01652	-0,03833	-0,1396	-0,00357
54	-0,10779	-0,03815	-0,04208	-0,05375	-0,0797	-0,02433
55	0,078997	0,09184	0,032817	0,002236	0,11466	0,124659
56	0,045104	0,263496	-0,00956	-0,11037	-0,2667	-0,01666

4.Всего этажей здания

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
57	0,046716	-0,01014	0,032103	0,094422	-0,019	-0,01319
58	-0,01252	-0,00359	-0,00076	0,17917	0,0338	-0,07339
59	-0,04681	-0,01318	0,002945	-0,00622	-0,1093	-0,00407
60	-0,01785	0,087123	-0,0361	0,031205	0,06438	0,045654
61	0,039336	0,011026	-0,00029	0,021509	-0,0168	0,097237
62	-0,0067	0,0267	-0,0459	-0,00269	-0,0006	-0,07071
63	0,07431	-0,01567	0,011309	0,005263	0,02819	0,000683
64	0,00126	0,103259	-0,00753	-0,00259	-0,0043	-0,02865
65	0,021948	0,014172	-0,00473	0,036144	-0,0259	0,012614
66	0,014172	0,05411	0,03721	-0,11994	0,00024	0,103995
67	-0,08336	-0,07381	-0,0024	0,217414	-0,0399	0,051674
68	-0,01423	-0,00519	0,03303	0,002909	-0,0239	6,52E-05
69	-0,02349	-0,00057	0,005428	-0,03929	-0,0028	0,181272
70	-0,01204	-0,12395	-0,0232	0,072528	0,00105	0,076395
71	0,000544	-0,14459	-0,1073	0,04926	0,16958	0,325468
72	-0,10825	-0,01846	-0,5129	-0,11788	0,00103	-0,00556
73	0,003677	0,054681	0,047136	-0,03529	-0,4604	-0,60243
74	-0,02647	0,033286	-0,00277	0,022252	0,06144	0,005186
75	0,011405	0,001808	0,028759	-0,00195	0,07746	-0,0989
76	-0,00061	0,004211	-0,00519	0,026505	-0,0004	-0,00296
77	0,032784	-0,00089	0,063904	0,055299	-0,0277	0,028742
78	-0,04297	-0,03853	0,051163	-0,06489	-0,1048	-0,0018
79	0,002215	-0,05228	-0,02152	0,079023	-0,0115	-0,01228
80	0,013656	0,010429	0,000978	-0,01032	-0,0158	-0,0169

5.Тип дома

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
81	-0,00454	0,002643	0,002956	0,000332	0,00689	-0,00942
82	-0,01129	-0,00179	0,010609	-0,0068	-0,0106	0,001532
83	-0,03696	0,010555	0,029494	0,015599	5,4E-05	-0,01043
84	-0,01518	-1,2E-05	-0,00244	-0,06481	-0,0159	-0,09369
85	-0,01942	-0,01327	-0,00061	0,009118	-0,0006	0,001648
86	-0,00189	-0,02133	0,00383	-0,01369	-0,0003	0,070123

6.Тип стен

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
87	0,03154	0,038686	-0,00493	-0,0359	-0,0144	0,273601
88	0,084087	0,005588	0,151265	-0,40282	0,00181	0,104123
89	-0,09027	0,146181	-0,02035	0,001628	0,14555	0,069797
90	2,552176	0,065469	0,155736	0,540706	-0,1537	0,25627

7.Наличие лоджии

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
91	-1,05351	-0,65364	5,861253	-1,55547	-9,9691	-4,64553
92	0,061575	-0,60431	-0,36092	0,155882	-0,7641	-5,71748
93	-8,4951	1,986595	-0,12361	1,210008	-0,0005	-0,00255
94	-0,16707	0,096646	-0,20501	0,45342	-0,0006	-0,00259

8.Индекс РТС

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
95	-0,01967	0,033025	0,121803	-3,16182	0,0033	-0,50395

9.Цена нефти

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
96	0,502768	-0,02294	3,353004	1,111904	0,71738	-2,14173

10.Курс доллара

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
97	0,306514	0,553717	-2,72456	0,00306	0,00272	16,21748

11.Ввод жилья

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
98	-0,82902	-17,2844	-0,04456	-0,02972	-0,0028	0,002714

12.Объем выданных кредитов

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
99	0,011897	-0,01195	-0,04278	0,01385	0,09841	-0,00898

13.Показатель ВВП

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
100	0,074365	0,015147	0,020208	-0,22431	0,28361	0,087775

14. Расстояние до центра

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
101	-0,08182	-0,0077	-0,03697	-0,00072	-0,1017	-0,15781

15. Общая площадь

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
102	-0,06781	-0,0062	-0,02217	-0,00034	-0,0198	-0,06323

16. Выходные синаптические веса скрытого слоя

Номер входного нейрона	Скрытый слой, номер нейрона					
	1	2	3	4	5	6
103	-0,08168	-0,00303	-0,01706	-0,00068	-0,0096	-0,11965
104	-0,02961	-0,00198	-0,01832	-4,8E-05	-0,0647	-0,01842
105	-0,0523	-0,00305	-0,03452	-0,00013	-0,0497	-0,03102
106	-0,02957	-0,00507	-0,02138	-2,6E-05	-0,0338	-0,09635
107	-0,05734	-0,00129	-0,02644	-0,00035	-0,0715	-0,0628
108	-0,05084	-0,00508	-0,01235	-0,00056	-0,0602	-0,05716

Приложение 2. Справка о внедрении результатов исследования в учебный процесс

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
(ПНИПУ)

614990, Пермский край, г.Пермь, Комсомольский проспект, д.29.
Тел.: 8 (342) 219-80-67, 212-39-27. Факс: 8 (342) 212-11-47
E-mail: rector@pstu.ru; <http://www.pstu.ru>
ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001

№ _____
На № _____ от _____



АКТ

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, профессор
Лобов В.Н.

«13» 24 2018 г.

внедрения результатов кандидатской диссертации

Ясницкого Виталия Леонидовича:

«Нейросетевое моделирование процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости», в учебный процесс на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение»

г. Пермь

от «13» 24 2018 г.

Комиссия в составе:

председатель комиссии:

канд. техн. наук Сарайкина Ксения Александровна, исполняющая обязанности декана строительного факультета

члены комиссии:

канд. экон. наук Алексеев Александр Олегович, заместитель заведующего кафедрой «Строительный инжиниринг и материаловедение»

канд. экон. наук Гуреев Кирилл Александрович, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение»



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

составила настоящий Акт о том, что Ясницким В.Л. на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение» Строительного факультета ПНИПУ используются следующие результаты его диссертационной работы в учебном процессе:

1. Нейросетевая модель массовой оценки рыночной стоимости жилой недвижимости г.Перми используется при изучении дисциплины «Оценка недвижимого имущества», включённой в программу подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», профилю «Экспертиза и управление недвижимостью»;

2. Система поддержки принятия решений профессиональных участников рынка недвижимости, позволяющая осуществлять сценарное прогнозирование рыночной стоимости, используется для построения сценариев развития рынка при изучении дисциплины «Процессы и методы управления стоимостью недвижимого имущества», включённой в программу подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство», профиль «Технологии управление недвижимостью»;

Использование данных результатов существенно дополнило теоретическую и методическую базу кафедры разработанными авторскими результатами в области нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости, что оказало положительное влияние на качество образовательного процесса.

Председатель комиссии:

И.о. декана строительного факультета

Сарайкина К.А.
канд. техн. наук,

Члены комиссии:

Зам. заведующего кафедрой
«Строительный инжиниринг
и материаловедение»

Алексеев А.О.
канд. экон. наук

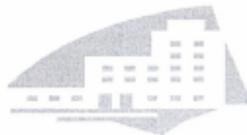
доцент кафедры
«Строительный инжиниринг
и материаловедение»

Гуреев К.А.
канд. экон. наук



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

Приложение 4. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в ООО «Агентство недвижимости Квартирный вопрос»



Общество с ограниченной ответственностью
«Агентство недвижимости Квартирный вопрос»

Россия, 620075 Свердловская область,
г. Екатеринбург, ул. Мамина Сибиряка, 101. Офис 654 Тел. (343) 379 22 41
ОГРН 1146670027063 ИНН/КПП 6670428258/667001001

11.10.2017г № 628/АН

На № _____ от _____

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Система поддержки принятия решений оценочной деятельности объектов жилой недвижимости на основе нейросетевых алгоритмов, разработанная Ясницким Виталием Леонидовичем и реализованная в виде компьютерной программы, внедрена в практику деятельности ООО «Агентство недвижимости Квартирный вопрос» и используется для анализа и прогнозирования рынка недвижимости г.Екатеринбурга.

Директор



М.А.Калинин

Приложение 5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2017619053

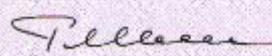
**Программный модуль нейросетевого моделирования и
сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой
недвижимости с учетом внешних экономических
параметров.**

Правообладатель: **Ясницкий Виталий Леонидович (RU)**

Автор: **Ясницкий Виталий Леонидович (RU)**

Заявка № **2017615890**
Дата поступления **14 июня 2017 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **14 августа 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Изrael**

