

Научная статья

Original article

УДК 330.42

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_6_302

**ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ
APPLICATION OF STOCHASTIC METHODS TO FORECAST THE
VALUE OF REAL ESTATE**



Шалагин Алексей Александрович, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, E-mail: alexru17@yandex.ru

Тесаловский Андрей Альбертович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой городского кадастра и геодезии Вологодский государственный университет, г. Вологда, E-mail: andrew-tesalovsky@yandex.ru

Shalagin Alexey Alexandrovich, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, E-mail: alexru17@yandex.ru

Tesalovsky Andrey Albertovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of Department of Urban Cadastre and Geodesy, Vologda State University, E-mail: andrew-tesalovsky@yandex.ru

Аннотация. Наиболее распространёнными формами инвестиции в недвижимость являются: Покупка объекта недвижимости для дальнейшей сдачи его в аренду на длительный срок. В данном случае инвестор планирует получение дивидендного дохода от владения недвижимостью; Покупка объекта недвижимости на стадии строительства по цене ниже рыночной и продажа по более высокой, после завершения строительства. В данном случае инвестор планирует получение арбитражного дохода от перепродажи

объекта недвижимости. Важно отметить, что в данном случае рынок недвижимости не стоит на месте, и рыночная стоимость недвижимости может как вырасти, так и упасть за годы строительства самого объекта, отсюда возникает потребность в прогнозировании рыночной стоимости объектов недвижимости.

Abstract. The most common forms of investment in real estate are: Purchase of real estate for the further lease it for a long period. In this case, the investor plans to receive dividend income from the ownership of real estate; Purchase of real estate under construction at a price below market and sale at a higher price after completion of construction. In this case, the investor plans to receive arbitrage income from the resale of the real estate object. It is important to note that in this case, the real estate market is not standing still, and the market value of real estate can both rise and fall over the years of construction of the object itself, hence the need to forecast the market value of real estate.

Ключевые слова: недвижимость, инвестиции, прогнозирование, стохастические методы

Keywords: real estate, investment, forecasting, stochastic methods

Введение

Проблема прогнозирования стоимости недвижимости остается актуальной во все времена. Это связано с тем, что прогнозирование неопределенного будущего помогает снизить риски. Данная проблема актуальна не только для государственных органов управления, но также для обычных граждан, покупающих или продающих недвижимость, и для риелторов. Для обычных граждан прогнозирование позволяет сэкономить на покупке недвижимости или заработать на ее продаже. А для государства, прогнозирование вносит существенный вклад в улучшение качества государственного управления. Ведь государство может выступать с законодательной инициативой, а также быть инвестором в приоритетных отраслях жилищного строительства, используя данные прогноза стоимости

недвижимости. Прогнозирование стоимости недвижимости осуществляется при помощи различных прогностических моделей. Эти модели позволяют оценить текущее состояние рынка недвижимости и его возможное будущее состояние.

Экономико-математическое моделирование позволяет оценить и определить влияние различных факторов на динамику цен на рынке жилья, а также разработать инструменты для управления этой динамикой. В связи с усложнением экономических процессов, вызванных глобализацией, стандартные методы моделирования и прогнозирования не всегда эффективны, поэтому необходимо создание специфических моделей, которые учитывают особенности ценообразования на различных уровнях.

Стоимость объектов недвижимости является ключевым показателем, отражающим реальное состояние рынка. Цены на недвижимость особенно чувствительны к изменениям на рынке, поэтому ценовая ситуация является основным объектом прогнозирования. Цена недвижимости складывается из множества факторов, включая качественные характеристики объекта, общее состояние и динамику рынка. Кроме того, на ценообразование могут влиять внешние факторы, такие как экономическая ситуация в стране, политическая стабильность, изменения в законодательстве и т.д.

Актуальность исследований, связанных с составлением прогнозов стоимости недвижимости, обусловлена тем фактом, что полученные данные необходимы как органам государственной власти, так и частным инвесторам [3]. Органам государственной власти и местного самоуправления, прогнозирование стоимости недвижимости необходимо: при составлении плана развития в социальной сфере (например, при формировании жилищного фонда.); для расчета денежных потоков в бюджеты разных уровней и т.д. Для инвесторов прогнозирование рынка недвижимости дает представление о том, что будет с рынком недвижимости в будущем, тем

самым позволяя определить верно ли принято инвестиционное решение и будет ли оно эффективным.

Прогнозирование рынка недвижимости основывается на ретроспективных данных об изменениях на рынке в предыдущие годы, анализе этих данных и выявлении закономерностей, которые могут помочь определить будущие тенденции. Для этого проводится детальный анализ процессов, происходящих на рынке, и определяются факторы, влияющие на его развитие. Это позволяет строить более точные и надежные прогнозы, что помогает предпринимателям и инвесторам принимать обоснованные решения в своей деятельности [1]. Кроме того, следует отметить, что оценка недвижимости на региональном уровне является особенно важной, так как рынок недвижимости имеет региональный характер и является одной из сфер территориального управления. Это объясняется тем, что в нашей стране существуют значительные различия в уровне развития различных регионов, что приводит к различиям в тенденциях изменений цен спроса и предложений на недвижимость. В связи с этим, учет территориальной принадлежности объектов недвижимости является одной из ключевых задач при построении прогностических моделей [4].

Вышеперечисленные факторы являются наглядным примером актуальности исследований в этой области и объясняют необходимость проведения стоимостной оценки на рынке недвижимости по причине ее социальной и экономической важности.

Следует отметить, что методы и модели прогнозирования ценовой ситуации на рынке недвижимости постоянно развиваются и с каждым годом появляется все большее число исследований, посвященных данной тематике. В данной работе основное внимание будет уделено применению стохастических методов для прогнозирования рыночной стоимости объектов недвижимости. В данном исследовании выдвигается гипотеза о том, что динамика рыночной стоимости во времени носит стохастический характер.

Будущую стоимость недвижимости не всегда можно спрогнозировать с помощью классических методов прогнозирования, таких как метод наименьших квадратов или эконометрических моделей прогнозирования (ARIMA, VAR и др.). В данной работе для моделирования движения рыночной стоимости будут применяться стохастических методы, а именно метод Монте-Карло и биномиальная модель.

Объектом исследования является жилая недвижимость рынка новостроек города Санкт-Петербург.

Предмет исследования – стохастические методы моделирования движения рыночной стоимости.

Целью данного исследования является анализ результатов применения стохастических методов для прогнозирования рыночной стоимости объектов недвижимости на примере однокомнатной квартиры в ЖК «Сибирь» города Санкт-Петербург.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи: описать метод Монте-Карло и биномиальную модель; собрать необходимую для анализа информацию; провести моделирование движения рыночной стоимости и оценить результаты.

Обзор литературы

Прогнозированию стоимости недвижимости посвящено большое количество исследований с совершенно разными подходами. В России начиная с 1990-х С.В. Грибковским, Г.М. Стерником и др. публикуются серии научных работ, посвященных развитию экономико-математических методов оценки недвижимости [8, 11]. Огромный вклад в исследование данной области внес Стерник Г.М., который рассмотрел ценообразование на рынке жилья в России, выделил ценообразующие факторы и разделил их по уровням относительно спроса и предложения [10, 11]. Данная классификация широко применяется в исследованиях, касающихся рынка недвижимости, и является основополагающей для других исследований. Молчанова М.Ю. и

Печенкина А. В. применили сценарный метод для прогнозирования ситуации на рынке недвижимости, который заключался в выдвижении нескольких сценариев хода событий на рынке жилья [9]. В области прогнозирования недвижимости стали применяться модели нейросетевого моделирования с целью обучения выборки без привязки к территориальной принадлежности. Именно такую модель в своих исследованиях разрабатывали Алексеев А.О. и Ясницкий Л.Н. [2, 14].

Описание биномиальной модели

В данном исследовании под биномиальной моделью понимается случайный процесс $X(\omega, t)$, определенный на множестве $V = \{t_0, t_0+h, t_0+2h, \dots, t_0+kh, \dots\}$, где $h > 0$ [1]. При этом должны выполняться следующие условия:

1) $X(\omega, t) = x$, где x – некоторое заданное вещественное число;

2) $X(\omega, t_0+kh) = X(\omega, t_0+(k-1)h) \varepsilon_k(\omega)$, $k = 1, 2, \dots$, где случайные величины $\varepsilon_1(\omega), \varepsilon_2(\omega), \dots, \varepsilon_k(\omega), \dots$ независимы и принимают следующие значения [5]:

$$\varepsilon_k(\omega) = \begin{cases} u, & \text{с вероятностью } p, \\ d, & \text{с вероятностью } (1-p), \end{cases} \quad (u > 1; 0 < d < 1).$$

Если выполняются все ранее перечисленные условия, то для случайного процесса $X(\omega, t)$, являющегося биномиальной моделью, математическое ожидание можно найти по формуле 1 [5]:

$$M_x(t_0 + kh) = x[up + d(1-p)]^k \quad (1)$$

где: x – некоторое заданное вещественное число; p – вероятность наступления события; u – коэффициент повышения; d – коэффициент понижения; k – количество периодов ($k = 0, 1, 2, \dots$).

А дисперсию можно найти по формуле 2 [1]:

$$D_x(t_0 + kh) = x^2\{[u^2p + d^2(1-p)]^k - [up + d(1-p)]^{2k}\} \quad (2)$$

где: x – некоторое заданное вещественное число; p – вероятность наступления события; u – коэффициент повышения; d – коэффициент понижения; k – количество периодов ($k = 0, 1, 2, \dots$).

На основе биноминальной модели в данной статье будет проведено моделирование движения рыночной стоимости для однокомнатной квартиры в ЖК «Сибирь».

Описание метода Монте-Карло

Другим методом моделирования движения рыночной стоимости, основанным на компьютерной имитации, является метод Монте-Карло, под которым понимают определенный метод решения некоторого класса экономических или математических задач, в которых те или иные параметры, в нашем случае рост или падение цены недвижимости, моделируются в форме случайных величин. Этот метод основан на компьютерной имитации распределений этих случайных величин и формировании соответствующих оценочных показателей проектов на основе этих распределений. Он представляет собой имитационный метод анализа устойчивости, который исторически получил свое название по названию города, в котором располагаются известные игорные дома и казино [6].

Моделирование методом Монте-Карло по сути является генерацией случайных событий или процессов с помощью компьютера. Эти события могут возникать "естественным образом" в рамках моделирования реальной системы, например, сложной дорожной сети, транспортировки нейтронов или эволюции фондового рынка.

Во многих случаях случайные события в методе Монте-Карло вводятся "искусственно" для решения чисто детерминированных задач. В этом случае метод просто включает случайную выборку из определенных распределений вероятностей. В естественных или искусственных условиях применения метода Монте-Карло, главная его идея состоит в том, чтобы повторить эксперимент много раз (или использовать достаточно длительный цикл моделирования), чтобы получить много интересных величин, используя Закон больших чисел и другие методы статистического анализа.

Преимущества метода Монте-Карло:

Простота и эффективность. Алгоритмы Монте-Карло, как правило, просты, гибки и масштабируемы. При применении к физическим системам методы Монте-Карло позволяют свести сложные модели к набору основных событий и взаимодействий, открывая возможность кодировать поведение модели через набор правил, которые могут быть эффективно реализованы на компьютере. Это, в свою очередь, позволяет реализовать и изучить на компьютере гораздо более общие модели, чем это возможно с помощью аналитических методов. Такие реализации имеют тенденцию к высокой масштабируемости [15].

Случайность как сильная сторона. Случайность, присущая методу, не только необходима для моделирования реальных случайных систем, но и очень полезна для детерминированных численных вычислений. Например, при использовании для рандомизированной оптимизации случайность позволяет стохастическим алгоритмам естественным образом избегать локального оптимума, что позволяет лучше исследовать пространство поиска - качество, которое обычно не присуще их детерминированным аналогам.

Можно выделить следующие общие этапы метода Монте-Карло:

- 1) Определение основных показателей оценки инвестиционного проекта;
- 2) Выделение параметров, которые будут рассматриваться как случайные величины;
- 3) Генерация значений выбранных параметров на основе выбранного закона распределения с помощью генераторов случайных чисел (чаще всего для генерации случайных используют нормальный закон распределения);
- 4) Расчеты денежного потока на основе моделированных значений соответствующих параметров потока и определение значений искомых показателей;
- 5) Последовательное многократное повторение действий 3 и 4;

6) Определение ожидаемого значения искомых показателей, а также стандартного отклонения, коэффициента вариации и вероятности реализации отрицательного значения чистой настоящей стоимости и т.д.

7) Анализ полученных результатов.

В данной статье метод Монте-Карло будет использоваться для генерации динамики изменения рыночной стоимости, необходимой для оценки инвестиционного проекта, связанного с покупкой однокомнатной квартиры на стадии строительства дома с целью её дальнейшей продажи после окончания строительства.

Практическое применение биномиальной модели для моделирования движения рыночной стоимости

Для начала рассмотрим простой случай прогнозирования изменяющейся рыночной стоимости при помощи биномиальной модели. Для примера разберем инвестиционный проект покупки однокомнатной квартиры на стадии строительства в ЖК "Сибирь» (старт продаж начался в 2021 году, выдача ключей в 2024 году). Важно отметить, что в данном примере будет учитываться, что выдача ключей будет осуществляться в 2024 году, однако окончание строительства должно произойти в конце 2023 года. На момент старта продаж стоимость 1 м² в данном ЖК составляла 108 000 руб. [3]. На рис. 1 приведен график изменения средней рыночной стоимости в Колпинском районе города Санкт-Петербург, где и расположена рассматриваемая квартира.

Согласно информации, на рис.1 в 2021 году средняя рыночная стоимость 1 м² в Колпино на момент старта продаж квартиры уже составляла 135 491 руб., что делает данную инвестицию привлекательной [12].

Однако большой интерес вызывает вопрос, а какая же средняя рыночная стоимость 1 м² будет в 2024 году в Колпинском районе? Что бы ответить на данный вопрос, воспользуемся биномиальной моделью для построения прогноза динамики рыночной стоимости.

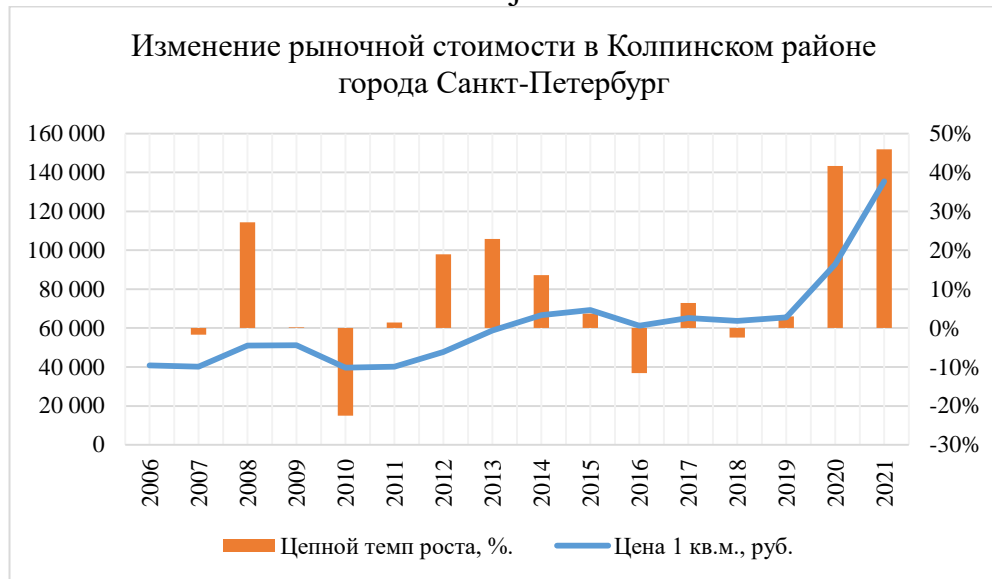


Рисунок 1. График изменения рыночной стоимости в Колпинском районе города Санкт-Петербург

Зададим условия для модели: будем считать, что при благоприятных рыночных условиях рыночная стоимость недвижимости растет на 7% в год ($u = 1,07$), а при неблагоприятных, падает на 3% в год ($d = 0,97$); вероятность наступления благоприятного условия будет составлять 80%. На рис. 2 изображены траектории изменения рыночной стоимости, построенные при помощи биномиальной модели, при заданных параметрах.

Из графика следует, что даже при реализации наихудших условий средняя рыночная стоимость 1 м² в 2024 году в Колпинском районе будет составлять 123 659 руб., что на 14,5% выше начальной стоимости покупки.

По формуле (1) определим математическое ожидание:

$$M_x(t_0 + kh) = 135\,491[1,07 * 0,8 + 0,97(1 - 0,8)]^3 = 156\,848 \text{ руб.}$$

Согласно результатам прогнозирования, в 2024 году рыночная стоимость 1 м² в Колпинском районе города Санкт-Петербург будет составлять 156 848 руб. Согласно центру оценки и аналитики «Бюллетень недвижимости» на апрель 2023 года средняя рыночная стоимость 1 м² в Колпино составляет 166 284 руб., что выше прогнозного значения. Однако данные результаты не говорят о не рентабельности модели, так как есть ряд

важных допущений: прогноз составлен до 2024 года, а значит модель прогнозирует возможное падение рыночной стоимости в данном районе; прогноз составлен на основе субъективной информации о темпах роста, а значит изменение этой информации приведет к изменению результатов прогнозирования.

Период						
2021	2022		2023		2024	
0	1		2		3	
Цена	p	Цена	p	Цена	p	Цена
					0,51	165 982 p.
			0,64	155 124 p.		
	0,8	144 975 p.			0,38	150 470 p.
135 491 p.			0,32	140 626 p.		
	0,2	131 426 p.			0,10	136 407 p.
			0,04	127 483 p.		
					0,01	123 659 p.

Рисунок 2. Траектория биномиального процесса ($x = 135\,491$; $u = 1,07$; $d = 0,93$) для $k = 3$.

Хоть данная модель и показывает благоприятные значения для инвестора, вопрос о возможности её применения является все еще открытым и требует дополнительного исследования, так как в условиях нынешней геополитической обстановки рынок недвижимости может вести себя не предсказуемо.

Практическое применение метода Монте-Карло для моделирования движения рыночной стоимости

В данном разделе рассмотрим более сложную версию ранее рассмотренного примера. Условия задачи в данном случае будет иметь следующий вид: имеется возможность покупки квартиры 36 м² в ЖК

"Сибирь" (Колпино) для инвестиций (в 2021 году). На начало строительства стоимость квартиры составляет 3 650 000 руб. Первоначальный взнос составляет 10% от стоимости. Платеж по ипотеке составляет 21 855 руб. в месяц. Ипотека от застройщика 0,1%. За ставку дисконтирования возьмем доходность альтернативных инвестиций, а именно ставку по вкладу в банке "Газпромбанк", которая составляет 8% годовых [7]. Полная информация приведена в таблице 1.

Таблица 1. Вводные данные для задачи

Характеристики	Значения
Стоимость квартиры	3 650 000 руб.
Площадь	36 м ²
Начальная стоимость 1 м ²	101 400 руб.
Платёж по ипотеке	21 855 руб. в месяц или 262 260 руб. в год.
Срок	24 месяца
Первоначальный взнос	365 000 руб.
Математическое ожидание темпа роста цены	10 % в год
Стандартное отклонение	5 %

В данной работе будущий рост цены за 2 года является неизвестной величиной, который генерируется для каждого года с применением имитационного моделирования. Рыночная стоимость 1 м² в новостройке на 2021 год составляет: 135 491 руб.

В таблице 2 приведены результаты отражения риска инвестиций, полученные при помощи имитационного моделирования изменения

рыночной стоимости в Колпинском районе города Санкт-Петербург. По данным имитационного моделирования были рассчитаны основные показатели для оценки инвестиционного проекта, связанного с покупкой однокомнатной квартиры в ЖК «Сибирь».

Таблица 2. Результаты имитационного моделирования.

Циклы имитационных расчетов	Ожидаемое значение NPV, руб.	Стандартное отклонение NPV, руб.	Коэф. вариации	Вероятность отр. знач. NPV	NPV max, руб.	NPV min	Средняя ожидаемая доходность
1	1092797	333293	0,3	0	1945194	452273	79,10%
2	1026503	347737	0,34	0	1879647	320259	81,34%
3	1151876	320135	0,28	0	1978427	393670	80,11%
4	1086397	322916	0,3	0	2228993	439139	75,82%
5	1144608	328417	0,29	0	2026396	506472	79,64%
6	1096029	339513	0,31	0	2040633	381878	76,45%
7	1019087	318749	0,31	0	1755947	260732	71,41%
8	1090751	302539	0,28	0	1898821	420871	76,11%
9	1083608	323809	0,3	0	1918152	240648	75,64%
10	1089608	353322	0,32	0	2272793	412290	76,03%
Итог	1088127	329043	0,3	0	1994500	382823	77,17%

По данным, приведенным в таблице 2, построен график изменения ожидаемой доходности инвестиционного проекта, который приведен на рис.

3.

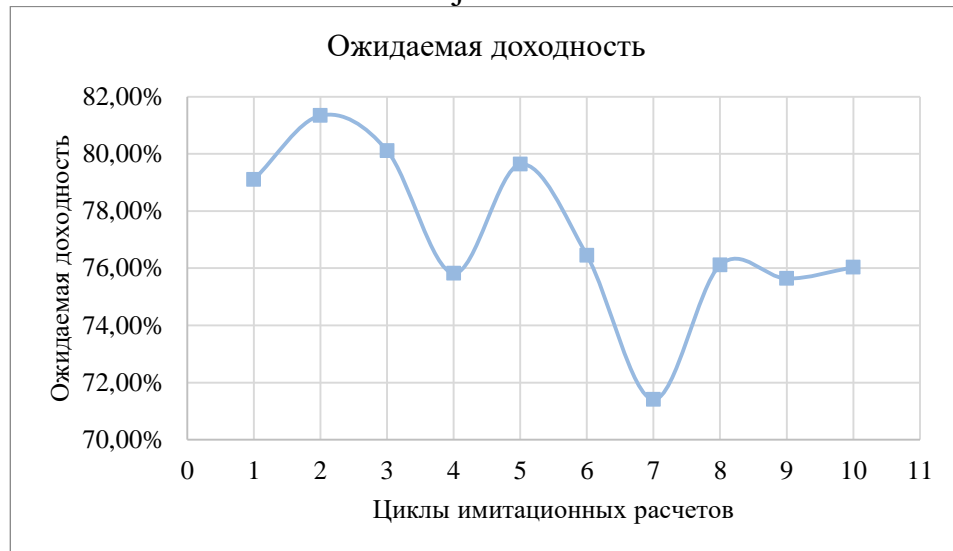


Рис. 3 – График изменения доходности инвестиционного проекта

При анализе графика, приведенного на рис. 3, очевидно, что полученный интервал колебаний доходности достаточно узок. Если использовать максимальное и минимальное значения этой доходности, то можно показать, что отклонения от среднего значения этой доходности по данной выборке, которое равно 0,76, составляет примерно 8% в обе стороны.

Рассмотрим конечные результаты оценки инвестиционного проекта, связанного с покупкой однокомнатной квартиры в ЖК «Сибирь» на начальной стадии строительства, полученные при помощи имитационного моделирования изменения рыночной стоимости за время строительства жилого дома. Результаты оценки приведены в таблице 3, в которой указаны: начальные инвестиции в проект; ожидаемая выручка; прибыль и др.

Таблица 3. Результаты оценки инвестиционного проекта

N	Характеристики	Результаты
1	Вложения в инвестицию	896 518 р.
2	Средняя ожидаемая цена продажи квартиры	5 892 156 р.
3	Средняя ожидаемая выручка	2 242 156 р.
4	Средняя ожидаемая прибыль	1 352 636 р.

5	Средняя ожидаемая доходность	77,17 %
6	Ожидаемое значение NPV	1 088 127
7	Стандартное отклонение NPV	329 043
8	Коэф. Вариации	0,30
9	Вероятность отр. знач. NPV	0,00
10	NPV max	1 994 500
11	NPV min	382 823

При заданных параметрах (Доходность 1 и 2 года меняется в пределах $\pm 5\%$.) можно сделать следующие выводы: Ожидаемое значение NPV во всех 10 имитационных расчетах положительно, среднее ожидаемое значение NPV = 1 088 127 руб. (с вероятностью отклонения от заданной суммы в пределах $\pm 329 043$ руб.). Стандартное отклонение для каждого распределения NPV меньше ожидаемого значения NPV. Данное выражение подтверждает коэффициент вариации, который для всех циклов меньше единицы и в среднем составляет 0,33. Данный факт позволяет сделать вывод о реализации положительного значения NPV в процессе исполнения данного проекта. Этот вывод подтверждают полученные оценки вероятности отрицательного значения NPV, проект окажется невыгодным относительно альтернативных вложений под 8% с вероятностью 0 %. Максимальные и минимальные значения NPV проекта дают представление о возможном интервале колебаний или разброса значений NPV проекта. Указанные данные еще раз подтверждают, что стандартное отклонение характеризует лишь часть интервала колебаний значения NPV проекта, определенного в результате имитационных расчетов. Среднее максимальное значение NPV по циклам составляет 1 994 500 руб. а минимальное 382 823 руб. Приведенные расчет можно анализировать и графически. Так как NPV проекта, с вероятностью 0 % может стать отрицательным, то данный проект не является рисковым.

Выводы

Стохастические методы, такие как биномиальной модель и метод Монте-Карло, являются мощным инструментом для прогнозирования рыночной стоимости недвижимости. Они позволяют анализировать большое количество данных и выявлять скрытые закономерности, которые могут быть использованы для более точного прогнозирования, при этом они опираются на теорию больших чисел. Однако, для успешного применения этих методов необходимо учитывать множество факторов, таких как местоположение, состояние здания, наличие инфраструктуры и т.д. Также важно проводить регулярные обновления моделей и тестирование на новых данных, чтобы обеспечить точность и актуальность прогнозов.

В результате построения прогнозов движения рыночной стоимости в Колпинском районе города Санкт-Петербург, были получены следующие результаты: согласно прогнозу, составленному при помощи биномиальной модели, средняя рыночная стоимость 1 м² для однокомнатных квартир в Клопиком районе в 2024 году будет составлять 156 848 руб.; при построении прогноза с помощью имитационного моделирования, средняя рыночная стоимость в 1 м² на конец 2023 года должна составить 163 671 руб. При этом, согласно центру оценки и аналитики «Бюллетень недвижимости» на апрель 2023 года средняя рыночная стоимость 1 м² в Колпино составляет 166 284 руб., а значит имитационная модель показывает наиболее близкие к реальным данным результаты прогнозирования. Однако при использовании данного метода необходимо знать достоверную информацию о темпах роста рыночной стоимости в анализируемом районе. К сожалению, реальная информации о темпах роста рыночной стоимости не всегда правдива и актуальна, отсюда возникает необходимость в дополнительном исследовании данного вопроса.

Список источников

1. Айвазян С.А. Методы эконометрики: учебник. – Москва: Магистр: ИНФРА-М, 2010.

2. Алексеев А. О., Харитонов В. А., Ясницкий В. Л. Разработка концепции комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2018. – Т. 8. – №. 1 (24). – С. 11-22.
3. Асаул А. Н., Гордеев Д. А., Ушакова Е. И. Развитие рынка жилой недвижимости как самоорганизующейся системы / под ред. засл. строителя РФ, д-ра экон. наук, проф. А. Н. Асаула. – СПб.: ГАСУ, 2008. – 334 с.
4. Бердникова В.Н. Цены на первичном и вторичном рынке жилья: взаимосвязи и тенденции развития / В.Н. Бердникова, С.С. Коплик // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 11-3 (76-3). – С. 984-988.
5. Вавилов С. А., Ермоленко К. Ю. Финансовая математика. Стохастический анализ: учебник и практикум для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 244 с.
6. Воронцовский А. В. Управление рисками : учебник и практикум для вузов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 485 с.
7. Газпромбанк [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.gazprombank.ru> (дата обращения:12.01.2023).
8. Грибовский С. В. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества. – Москва, 2008. – 368 с.
9. Молчанова М. Ю., Печенкина А. В. Применение сценарного метода при прогнозировании ситуации на рынке жилья г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2015. – №. 1 (24). – С. 79-88.
10. Стерник Г. М. Ценообразование на рынке жилья России // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2010. – №. 5. – С. 67-83.
11. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Анализ рынка недвижимости для профессионалов. М., 2009. – 606 с.

12. Центр оценки и аналитики «Бюллетень недвижимости» [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.bn.ru/analytics> (дата обращения: 26.03.2023).
13. ЦИАН [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://zhk-sibir-spb.cian.ru/> (дата обращения: 26.03.2023).
14. Ясницкий Л. Н., Ясницкий В. Л. Разработка и применение комплексных нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования стоимости жилых объектов на примере рынков недвижимости Екатеринбурга и Перми //Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2017. – №. 3 (186). – С. 68-84.
15. Kroese D. P. et al. Why the Monte Carlo method is so important today //Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. – 2014. – Vol. 6. – №. 6. – pp. 386-392.

References

1. Ajvazyan S.A. Metody ekonometriki: uchebnik. – Moskva: Magistr: INFRA-M, 2010.
2. Alekseev A. O., Haritonov V. A., YAsnickij V. L. Razrabotka koncepcii kompleksnogo nejrosetevogo modelirovaniya processov massovoj ocenki i scenarnogo prognozirovaniya rynochnoj stoimosti zhiloy nedvizhimosti //Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. – 2018. – Т. 8. – №. 1 (24). – С. 11-22.
3. Asaul A. N., Gordeev D. A., Ushakova E. I. Razvitie rynka zhiloy nedvizhimosti kak samoorganizuyushchejsya sistemy / pod red. zasl. stroitelya RF, d-ra ekon. nauk, prof. A. N. Asaula. – SPb.: GASU, 2008. – 334 s.
4. Berdnikova V.N. Ceny na pervichnom i vtorichnom rynke zhil'ya: vzaimosvyazi i tendencii razvitiya / V.N. Berdnikova, S.S. Koplík // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2016. – № 11-3 (76-3). – С. 984-988.

5. Vavilov S. A., Ermolenko K. YU. Finansovaya matematika. Stohasticheskij analiz: uchebnik i praktikum dlya vuzov. – Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2023. — 244 s.
6. Voroncovskij A. V. Upravlenie riskami : uchebnik i praktikum dlya vuzov. — 2-e izd. — Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2023. — 485 s.
7. Gazprombank [Elektronnyj resurs]: ofic. sajt – Rezhim dostupa: <https://www.gazprombank.ru> (data obrashcheniya:12.01.2023).
8. Gribovskij S. V. Matematicheskie metody ocenki stoimosti nedvizhimogo imushchestva. – Moskva, 2008. – 368 s.
9. Molchanova M. YU., Pechenkina A. V. Primenenie scenarnogo metoda pri prognozirovanii situacii na rynke zhil'ya g. Permi // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika. – 2015. – №. 1 (24). – S. 79-88.
10. Sternik G. M. Cenoobrazovanie na rynke zhil'ya Rossii //Imushchestvennye otnosheniya v Rossijskoj Federacii. – 2010. – №. 5. – S. 67-83.
11. Sternik G.M., Sternik S.G. Analiz rynka nedvizhimosti dlya professionalov. M., 2009. – 606 s.
12. Centr ocenki i analitiki «Byulleten' nedvizhimosti» [Elektronnyj resurs]: ofic. sajt – Rezhim dostupa: <https://www.bn.ru/analytics> (data obrashcheniya: 26.03.2023).
13. CIAN [Elektronnyj resurs]: ofic. sajt – Rezhim dostupa: <https://zhk-sibir-spb.cian.ru/> (data obrashcheniya: 26.03.2023).
14. YAsnickij L. N., YAsnickij V. L. Razrabotka i primenenie kompleksnyh nejrosetevyh modelej massovoj ocenki i prognozirovaniya stoimosti zhilyh ob"ektov na primere rynkov nedvizhimosti Ekaterinburga i Permi //Imushchestvennye otnosheniya v Rossijskoj Federacii. – 2017. – №. 3 (186). – S. 68-84.

Для цитирования: Шалагин А.А., Тесаловский А.А. Применение стохастических методов для прогнозирования стоимости недвижимости // Московский экономический журнал. 2023. № 6.

Московский экономический журнал. № 6. 2023

Moscow economic journal. № 6. 2023

URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-6-2023-47/>

© Шалагин А.А., Тесаловский А.А., 2023. *Московский экономический журнал*,
2023, № 6.