

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 332.85+004.942

DOI: 10.26456/2219-1453/2024.2.171–179

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАНДЕМИИ
COVID-19 НА ПОКУПАТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ
НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЫНКА
НЕДВИЖИМОСТИ ВЕЛИКОБРИТАНИИ)**

А.В. Затонский¹, С.А. Варламова², Р.В. Красовский¹

¹ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермский край, г. Березники

² ПАО «Уралкалий», Пермский край, г. Березники

Целью исследования является оценка влияния последствий пандемии Covid-19 на покупательную способность на рынке недвижимости Великобритании. Для выполнения количественной оценки влияния последствий пандемии предложен авторский критерий оценки покупательной способности. В нём формальным методом, без использования экспертных мнений, определена сравнительная важность частных критериев. Предложены факторы, влияющие на значение критерия. Построена конечно-разностная дифференциальная модель влияния годовых рядов факторов на годовой ряд критерия. Методом постпрогноза доказана способность модели к прогнозированию. Произведено сравнение результатов моделирования при помощи модели, построенной по данным до начала пандемии, с фактическими значениями критерия. Научная новизна исследования заключается в разработке и применении предлагаемой методики для количественной оценки покупательной способности жителей Великобритании на рынке недвижимости на фоне пандемии.

Ключевые слова: *недвижимость, Великобритания, критериальное оценивание, прогноз, пандемия.*

Пандемия *COVID-19* оказала глубокое влияние на экономику многих стран по всему миру, данная проблема не обошла и Великобританию. Сложившаяся ситуация привела к серьезным изменениям в различных секторах, в том числе и в недвижимости. В данной статье авторы обращаются к анализу влияния пандемии на показатель возможности покупки дома в Великобритании и оценивают прогноз, исследуя, как бы выглядел этот показатель, если бы не произошло вспышки *COVID-19*.

Перед пандемией рынок недвижимости в Великобритании испытывал постепенный рост, цены на жилье росли постепенно. Низкие процентные ставки по ипотекам и стабильное экономическое развитие способствовали росту спроса на жилье. Однако, в марте 2020 г., когда пандемия *COVID-19* достигла своего пика, все изменилось.

Вмешательство правительства и введение строгих ограничений на движение людей привели к остановке многих отраслей экономики, включая

строительство и рынок недвижимости. Большое количество людей столкнулось с увольнениями или временной потерей дохода, что негативно сказалось на спросе на жилье и на показателе возможности покупки дома.

Показатель возможности покупки дома является одним из ключевых показателей, определяющих состояние и динамику рынка недвижимости в Великобритании. Он играет важную роль не только для потенциальных покупателей, но и для страны в целом, то есть для социального, экономического и финансового развития Великобритании. Он отражает доступность жилья для населения, влияет на инвестиционную активность, а также способствует повышению финансовой стабильности населения.

Цель исследования – сравнение возможного развития отрасли без пандемии с её фактическим состоянием в 2020 и 2021 гг. Анализ этих данных помогает лучше понять последствия кризиса и его влияние на рынок недвижимости, а также предоставляет ценные данные для стратегического планирования в этой области. Обычно для таких целей используется линейно-многофакторная модель, в данном исследовании будет показана её точность в сравнении с конечно-разностной моделью второго порядка, будет выбран наиболее подходящий вариант.

Для достижения цели исследования можно применять различные модели [3, 4]. В данном исследовании для составления прогноза использованы модели ЛММ [20, 2], КРМ-1 и КРМ-2, описанные далее. Из них будет выбрана та, которая обладает лучшими прогнозными свойствами.

Прежде, чем строить модель, определен комплексный критерий покупательной способности недвижимости в Великобритании. Она не может быть оценена непосредственно. Поэтому её оценка проведена, используя следующие частные критерии, годовые ряды которых доступны:

– количество одобренных за год ипотечных кредитов (Y_1). Вероятно, существует некоторая зависимость между ним и возможностью покупки дома: чем больше выдается ипотечных кредитов, тем больше должны расти в цене сами дома;

– процентная динамика изменения цен на домостроения в Великобритании (Y_2). Рост или падение цены влияют как на саму возможность их приобрести, так и на отношение населения к необходимости покупки;

– средняя цена покупки домостроения в Великобритании (Y_3), дополняющая предыдущий показатель.

Таблица 1

Ряды частных критериев за 2009–2021 гг. [17–15]

Годы	Y_1	Y_2	Y_3
2009	32,433	-16,2	161799,8
2010	46,456	1,1	170019,2
2011	42,894	-1,6	166094,8
2012	55,613	-1,3	166594,18
2013	52,274	-0,3	167379,9
2014	74,092	7,5	181067,43
2015	59,064	7,8	193081,8

Годы	Y_1	Y_2	Y_3
2016	72,376	9,5	209889,8
2017	68,032	6,5	218691,4
2018	65,727	2,7	226399,7
2019	65,093	1,3	230783,8
2020	69,415	4	239252,78
2021	96,811	6	251831,62

Для формирования комплексного критерия Y обычно применяется линейная комбинация частных критериев наподобие $Y = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot Y_i$, где α_i это вес i -го частного критерия. Предварительно ряды частных критериев нормируются для исключения влияния размерности (то же самое далее делается и для рядов факторов).

Однако определение весов экспертным методом может привести к субъективному результату. В [9] приводится методика определения рангов или весов частных критериев на основании гипотезы, что в любой крупной социально-экономической системе комплексные показатели деятельности не должны изменяться резко в силу природы системы. Иначе говоря, веса должны быть такими, чтобы неплavnость критерия U оказалась минимальной:

$$U = \sum (Y(t_k) - Y(t_{k-1}))^2 \rightarrow \min$$

где k – номер годового отсчета.

Решая вышеприведенную задачу, получили веса $\alpha_1 = -0.15$, $\alpha_2 = 0.057$,

Линейная многофакторная модель (ЛММ) чаще всего используется в исследованиях по прогнозированию экономических показателей [3]. Она имеет вид

$$Y_{\text{расч}}(t_k) = a + \sum_{i=1}^m c_i \cdot X_i(t_k)$$

где a – свободный коэффициент, c_i – вес i -го фактора X_i , m – количество факторов. Коэффициенты модели определяются методом наименьших квадратов, то есть решением задачи улучшения аппроксимации

$$S = \sum (Y(t_k) - Y_{\text{расч}}(t_k))^2 \rightarrow \min.$$

В свою очередь – большая часть социально-экономических показателей нелинейные, а значит можно испытать нелинейные методы для прогнозирования, например, воспользуемся конечно-разностными моделями (КРМ) первого и второго порядков, описанными в [4]. Модель 1-го порядка описывает влияние факторов на скорость изменения критерия dY/dt , а 2-го – на ускорение изменения критерия, что примерно соответствует второму закону Ньютона. Обе модели основаны на интегрировании получающихся дифференциальных уравнений с шагом в один год. Иначе говоря, основой для построения, например, КРМ-2 служит формула

$$\frac{Y(t_k) - 2Y(t_{k-1}) + Y(t_{k-2}))}{\Delta t^2} \approx a + b \cdot Y(t_{k-1}) + \sum_{i=1}^m c_i \cdot X_i(t_k) + d \cdot \frac{Y(t_{k-1}) - Y(t_{k-2}))}{\Delta t},$$

где a – свободный коэффициент, b – коэффициент влияния предыдущего достигнутого состояния системы, c_i – веса факторов, d – коэффициент, характеризующий внутреннее сопротивление в системе. В левой части этого уравнения находится численное значение второй производной комплексного критерия. Выразив неизвестное, получаем следующую расчетную формулу:

$$Y(t_k) = a + (b + d + 2) \cdot Y(t_{k-1}) - (1 + d) \cdot Y(t_{k-2}) + \sum_{i=1}^m c_i \cdot X_i(t_k).$$

Таким образом, КРМ является неким сочетанием ЛММ и авторегрессионной модели, в которой значения в следующих отсчетах по времени зависят от значений в предыдущие моменты. Коэффициенты КРМ, как и ЛММ, ищутся методом наименьших квадратов.

В качестве факторов выберем следующие социально-экономические показатели в Великобритании, информация о которых доступна в [6–19]:

- X_1 – средняя цена бензина;
- X_2 – доходы от туризма;
- X_3 – количество зарегистрированных автомобилей;
- X_4 – объём производства в строительном секторе;
- X_5 – чистые заимствования государственного сектора;
- X_6 – количество туристических прибытий;
- X_7 – ВВП от строительства;
- X_8 – ВВП в целом;
- X_9 – объём кредитов на недвижимость;
- X_{10} – ипотечная ставка;
- X_{11} – уровень безработицы.

Все перечисленные факторы прямо или косвенно могут влиять на способность и желание жителей приобретать недвижимость. Например, покупка автомобиля уменьшает семейный бюджет и препятствует покупке дома. Таблица с годовыми рядами факторов достаточно громоздкая, поэтому приводить её здесь не будем. Как описано выше, ряды нормируются, а затем производится поиск коэффициентов моделей.

Чтобы проверить, какая из моделей (ЛММ, КРМ-1 и КРМ-2) обладает лучшими прогнозными свойствами, проверим их методом постпрогноза. Построим эти модели по данным за 2009–2017 гг. и подставим значения факторов за 2018–2019 гг., когда влияния пандемии ещё не было. На рис. 1 видно, что лучшими прогнозными свойствами обладает модель КРМ-2, погрешность «прогноза» на два года около 2 %.

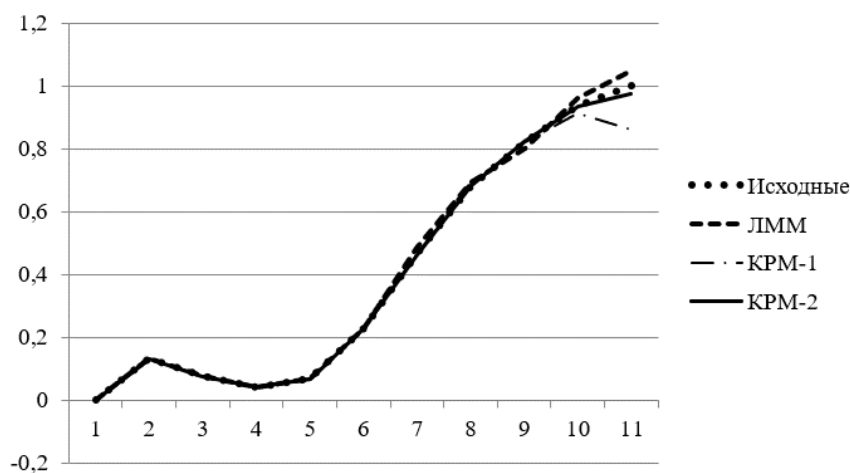


Рис. 1. Проверка моделей методом постпрогноза

Поэтому построим именно модель КРМ-2 по данным 2009–2019 гг. и подставим значения факторов в 2020–2021 гг. В нашем случае наибольшие положительные коэффициенты оказались у факторов № 4 и № 9, что вполне объяснимо. Интересно, что отрицательные коэффициенты имеют оба фактора, связанных с туризмом. Напомним, что в КРМ факторы влияют не на конечный результат, а на его вторую производную по времени (ускорение), то есть приходится говорить о том, что развитие туристической отрасли каким-то образом замедляет динамику рынка недвижимости в Великобритании. Коэффициент внутреннего сопротивления d оказался отрицательным, что также соответствует здравому смыслу (чем больше скорость, тем больше сопротивление, то есть отрицательное воздействие на ускорение). Следовательно, можно предполагать, что построенная КРМ-2 адекватна и может использоваться для прогноза.

Сравним расчетные значения с фактическими (рис. 2).

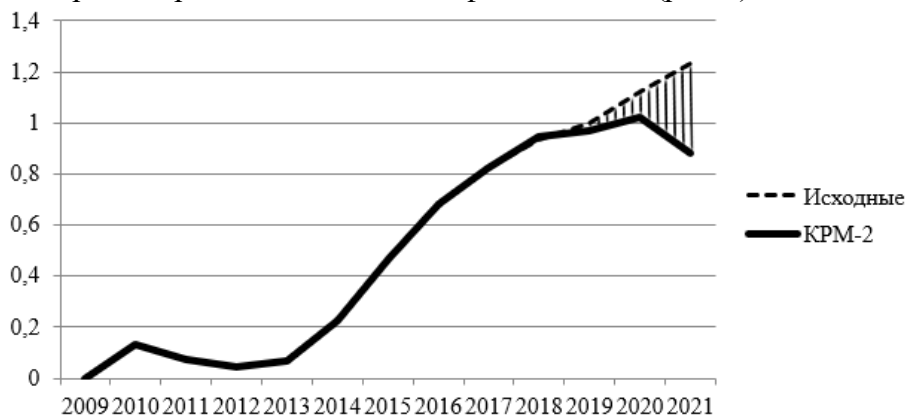


Рис.1. Сравнение исходных данных и прогноза КРМ-2

Из сравнения можно сделать следующие выводы. Некоторые внешние факторы в 2020–21 гг. существенно выросли: например, цена на

бензин и ВВП от строительства. Они по-разному могли повлиять на способность населения к покупке дома. Рост бензина увеличивает расходы, а рост ВВП от строительства означает, что больше продаётся материалов, а значит потенциально будет больше построено жилья, и цены на него могут быть доступнее. Так же в 2020 г. соотношения домов-кредитов испытало рост. Вполне вероятно, что «трудные времена» заставили не терять время и оформить приобретения жилья даже в кредит, так как дальше оно могло резко возрасти в цене из-за сложившейся обстановки. Таким образом, как следует из рис. 2, если бы не пандемия, вероятно, покупательная способность в отношении недвижимости в Великобритании несколько снизилась бы. Однако у населения резко повысился спрос на недвижимость (о чем говорит рост количества одобренных ипотечных кредитов более чем на 40 % только за 2021 г.), поэтому временно покупательная способность в целом возросла. Стабильность роста за два года говорит о желании населения обезопасить себя и приобрести дом, несмотря на рост цен, пока он не стал ещё дороже, или же пока внешние условия не воспрепятствовали покупке вовсе.

Таким образом, как не парадоксально, приходится констатировать некоторую пользу от пандемийного проекта, хотя бы для отрасли индивидуального жилищного строительства и рынка домовладений в Великобритании.

Список литературы

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ / Т. Андерсон. - М.: ГИФМЛ, 1963. 500 с.
2. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. - М.: Статистика, 1973. 351 с.
3. Олейников Е.А. Многофакторные модели по оценке экономического потенциала компании / Е.А. Олейников, С.А. Филин, А.С. Муравьев // Экономический анализ: теория и практика. 2003. № 10. С.35–44.
4. Сиротина Н.А. Об аппроксимации факторов дифференциальной модели социально-экономической системы / Н.А. Сиротина, Т.В. Янченко, А.В. Затонский // Современные исследования социальных проблем (электронный журнал). 2012. № 11(19).
5. Сиротина Н.А. Применение конечно-разностных моделей для краткосрочного прогнозирования природно-ресурсного потенциала Пермского края / Сиротина Н.А., Копотева А.В., Затонский А.В. // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2021. № 2. С.154–166.
6. Статистика по ВВП Великобритании от строительства в миллионах фунтов стерлингов [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/gdp-from-construction> (Дата обращения 01.04.2023).
7. Статистика по ВВП Великобритании с горнодобычи [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/gdp-from-mining> (Дата обращения 01.04.2023).

8. Статистика по доходам от туризма в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/tourism-revenues> (Дата обращения 01.04.2023).
9. Статистика по изменению стоимости дома в Великобритании в процентах [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://www.investing.com/economic-calendar/halifax-house-price-index-844> (Дата обращения 01.04.2023).
10. Статистика по количеству туристических прибытий в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/tourist-arrivals> (Дата обращения 01.04.2023).
11. Статистика по объемам производства в строительном секторе Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/construction-output> (Дата обращения 01.04.2023).
12. Статистика по проценту ипотечной ставки Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/mortgage-rate> (Дата обращения 01.04.2023).
13. Статистика по регистрациям автомобилей в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://www.statista.com/statistics/265959/vehicle-sales-in-the-uk/> (Дата обращения 01.04.2023).
14. Статистика по соотношению дома-кредиты Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/home-loans> (Дата обращения 01.04.2023).
15. Статистика по средним ценам на жилье в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/average-house-prices> (Дата обращения 01.04.2023).
16. Статистика по уровню безработицы в процентах в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/unemployment-rate> (Дата обращения 01.04.2023).
17. Статистика по ценам на бензин (пенс за литр) в Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://www.racfoundation.org/data/uk-rump-prices-over-time> (Дата обращения 01.04.2023).
18. Статистика по числу одобренных ипотечных кредитов [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/mortgage-approvals> (Дата обращения 01.04.2023).
19. Статистика по чистым заимствованиям государственного сектора Великобритании [Электронный ресурс] – режим доступа на 01.04.2023: <https://ru.tradingeconomics.com/united-kingdom/public-sector-net-borrowing>.
20. Янченко Т.В. Определение оптимальной ранжировки частных критериев оценки краевого социального ресурса / Т.В. Янченко, А.В. Затонский // Экономика и менеджмент систем управления. 2013. № 4. С.99–104.

Об авторах:

ЗАТОНСКИЙ Андрей Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Березниковский филиал, г. Березники (614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29); e-mail: z Xenon@narod.ru, ORCID: 0000-0003-1863-2535, Spin-код: 3197-0372.

ВАРЛАМОВА Светлана Александровна – кандидат технических наук, доцент, аналитик ПАО «Уралкалий», Березниковский филиал, г. Березники (618426, Пермский край, ул. Пятилетки, 63); e-mail: varlamovasa@mail.ru.

КРАСОВСКИЙ Роман Валерьевич – магистрант ФГАОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, г. Березники (614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29); e-mail: romus-kras@mail.ru, ORCID: 0009-0008-1842-9848, Spin-код: 4490-3890.

NUMERICAL SIMULATION OF THE COVID-19 PANDEMIC IMPACT OF THE ON THE PURCHASING POWER OF THE POPULATION (USING THE EXAMPLE OF THE UK REAL ESTATE MARKET)

A. V. Zatonskiy¹, S. A. Varlamova², R. V. Krasovskiy¹

¹FSAEI HE “Perm National Research Polytechnic University”, Perm Territory,
Berezniki

²PJSC “Uralkali”, Perm Territory, Berezniki

The purpose of this research is to assess the impact of the effects of the Covid-19 pandemic on purchasing power in the UK real estate market. In order to quantify the impact of the pandemic effects, the author's criterion for assessing the purchasing power is proposed. It uses a formal method, without the use of expert opinions, to determine the comparative importance of particular criteria. Factors influencing the value of the criterion are proposed. A finite-difference differential model of the influence of annual series of factors on the annual series of criteria was constructed. The post-forecast method proved the model's ability to predict. The simulation results were compared using a model built using pre-pandemic data with the actual values of the criterion. The scientific novelty of the study consists in the development and implementation of the proposed methodology to quantify the purchasing power of UK residents in the real estate market against the context of a pandemic.

Keywords: *real estate, UK, criteria-based assessment, forecast, pandemic.*

About the authors:

ZATONSKIJ Andrej Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automation of Technological Processes, FSAEI HE “Perm National Research Polytechnic University”, Bereznikovsky Branch, Berezniki (614990, Perm Territory, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29); e-mail: z xenon@narod.ru, ORCID: 0000-0003-1863-2535, Spin-код: 3197-0372.

VARLAMOVA Svetlana Aleksandrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Analyst of PJSC “Uralkali”, Bereznikovsky Branch, Berezniki (618426, Perm Territory, Pyatiletki St., 63, Russia); e-mail: varlamovasa@mail.ru.

KRASOVSKIJ Roman Valer'evich –master's student of FSAEI HE “Perm National Research Polytechnic University”, Bereznikovsky branch, Berezniki (614990, Perm Territory, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29); e-mail: romus-kras@mail.ru, ORCID: 0009-0008-1842-9848, Spin-код: 4490-3890.

Статья поступила в редакцию 09.02.2024 г.

Статья подписана в печать 18.06.2024 г.