

- 5.5. Зачем использовать GRASSHOPPER Часть 2. Проектирование [Электронный доступ] URL: <https://softculture.cc/blog/entries/articles/zachem-ispolzovat-grasshopper-proektirovanie> (дата обращения: 21.01.2021).
- 6.6. Еремеев, А. В. Генетические алгоритмы и оптимизация: учебное пособие / А. В. Еремеев. — Омск : ОмГУ, 2020. — 50 с. — ISBN 978-5-7779-2439-1. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136351> (дата обращения: 21.01.2021).
7. Corus, D., Dang, D., Eremeev, A.V., Lehre, P.K., "Level-Based Analysis of Genetic Algorithms and Other Search Processes", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2017 [Электронный доступ] URL: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-0243/2017/0354-02431700003E.pdf> (дата обращения: 21.01.2021).
8. Дэвид Руттен. Эволюционные принципы, применяемые для решения проблем URL: <https://webhamster.ru/mytetrashare/index/mtb372/1498801157mcpu9iw1ny> (дата обращения: 04.03.2021).
9. Evolutionary Principles applied to Problem Solving David Rutten [Электронный доступ] URL: <https://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles> (дата обращения: 21.01.2021).
10. An Evolutionary Multi-Objective Optimization and Analytic Engine for Grasshopper 3D [Электронный доступ] URL: <https://www.wallacei.com/> (дата обращения: 21.01.2021).

© Н. В. Князева

Ссылка для цитирования:

Князева Н. В. Использование эволюционных алгоритмов для автоматизации рутинных задач перебора вариантов проектных решений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 73-77.

УДК 519.862.6
DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-77-82

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ РИСКА ДЛЯ МОДЕЛЬНОГО ОПИСАНИЯ КОЛЕБАНИЯ ЦЕН НА РЫНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

С. И. Носков, А. А. Хоняков

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

В работе приведен краткий обзор методов моделирования цен на рынке недвижимости. Описано применение функции риска для модельного описания колебания цен на рынке жилой первичной недвижимости. В качестве независимых переменных использованы цены на различные строительные материалы: блоки силикатные стеновые, плиты перекрытий железобетонные, товарный бетон, смеси песчано-гравийные. Описана методика организации конкурса моделей для функции риска. В качестве критериев сравнения были использованы средняя относительная ошибка аппроксимации и вектор срабатываний, на основе которых выполнен также анализ полученной модели. Дополнительно к кусочно-линейной модели построена линейная регрессионная модель с тем же набором независимых факторов.

Ключевые слова: рынок недвижимости, регрессия, функция риска, булевы переменные, частично булево линейное программирование.

APPLICATION OF RISK FUNCTION TO MODEL DESCRIPTION OF PRICE FLUCTUATIONS IN THE REAL ESTATE MARKET

S. I. Noskov, A. A. Khonyakov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

The paper provides a brief overview of methods for modeling prices in the real estate market. The application of the risk function for the model description of price fluctuations in the residential primary real estate market is described. The prices for various building materials were used as independent variables: silicate wall blocks, reinforced concrete floor slabs, concrete, sand and gravel mixtures. The technique of organizing a competition of models for the risk function is described. The comparison criteria were the average relative approximation error and the trigger vector, on the basis of which the obtained model was analyzed. In addition to the piecewise linear model, a linear regression model with the same set of independent factors was built.

Keywords: real estate market, regression, risk function, boolean variables, partially boolean linear programming.

Введение

Согласно пирамиде потребностей, составленной психологом Абрахамом Маслоу, потребность в жилище является базовой потребностью человека. Кроме того, согласно этой же пирамиде, недвижимость призвана удовлетворять потребности более высокого порядка, превращаясь из простого средства укрытия от внешней среды в некий маркер успешности самореализации человека. Поэтому не вызывает сомнений справедливость утверждения о важности рынка недвижимости в современном обществе.

Исследованию отечественного рынка недвижимости, в частности, цен на жильё, посвящено большое количество научных работ.

Одна группа работ посвящена анализу факторов, оказывающих влияние на стоимость жилой недвижимости. Так в работе [1] проведено исследование и систематизация факторов, влияющих на изменение цены жилья на первичном рынке недвижимости. Предложена классификация факторов в зависимости от среды функционирования и степени зависимости. Выделяются внутренние факторы и факторы внешней среды. К внутренним факторам относятся трудовые ресурсы, организационные, производственные и финансовые показатели. Внешние факторы подразделяются на факторы косвенного воздействия (экономические, политические, правовые, международные, экологиче-

ские и пр.) и факторы прямого воздействия (поставщики, потребители, конкурентная среда и т. д.). Классификация по степени зависимости позволяет оценить степень взаимодействия факторов между собой.

Другая группа работ ставит своей целью анализ влияния отдельных событий и факторов на цены рынка недвижимости. Например, в работе [2] выполнена оценка влияния рынка ипотечного кредитования на рынок недвижимости. В [3] описано влияние экономического кризиса на рынок недвижимости конкретного региона.

Анализ исходных показателей является важным начальным этапом моделирования. Для выбора конкретных факторов в качестве модельных нужно иметь их полный перечень с описанием соответствующих свойств. Исследования, представленные выше, дают некоторое понимание поведения исследуемого объекта, что позволит получить в результате его достаточно адекватную модель.

Для анализа рынка жилья часто применяется аппарат регрессионного моделирования. В качестве базовой можно принять (см., например [4–6]) линейную регрессионную модель вида:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j x_{ij} + \varepsilon_i, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где n – объем выборки; m – количество независимых переменных; y_i и x_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ – известные значения зависимой и независимых переменных соответственно; α_i , $i = \overline{0, m}$ – подлежащие оцениванию параметры; ε_i , $i = \overline{1, n}$ – ошибки аппроксимации.

В исследовании [7] была применена более сложная мультипликативная многомерная регрессионная модель вида (2):

$$y_i = \alpha_0 \cdot x_{i1}^{\alpha_1} \cdot x_{i2}^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot x_{im}^{\alpha_m} \cdot \varepsilon_i, i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

Также крайне популярной формой связи переменных в регрессионных моделях можно считать квазилинейные регрессии, несомненным преимуществом которых является возможность применения обычного метода наименьших квадратов для оценки параметров:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j f_j(x_{ij}) + \varepsilon_i, i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $f_j(\cdot)$, $j = \overline{1, m}$ – вещественные скалярные функции от векторного аргумента.

Такие модели применены, например, в исследовании [8], где в качестве $f_j(\cdot)$ использована логарифмическая функция. В данной работе выполнено моделирование изменения индекса цен на первичном и вторичном рынках

жилья в регионах Центрального федерального округа. Причем моделирование производилось для трех различных кластеров, в которые были определены регионы в зависимости от степени интенсивности роста цен.

Кроме того, в уравнение регрессии могут включаться факторы, относящиеся к разным периодам. Так в работе [9] описана модель изменения цены жилой недвижимости вида:

$$\ln Pr_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(I\$_t) + \beta_2 \ln(I\$_{t-1}), \quad (4)$$

где Pr_t – индекс цен на жилую недвижимость (отношение цены на жилую недвижимость в рублевом выражении в текущем месяце к предыдущему); $I\$_t$ – индекс обменного курса (отношение курса долл./руб. в текущем месяце к предыдущему).

Другим достаточно популярным подходом к моделированию уровня цен на рынке недвижимости можно считать нейронные сети [10–11]. Кроме того, для решения подобной задачи применяются методы нечеткого вывода [12].

Стоит отметить, что показатели рынка недвижимости могут использоваться для моделирования и других экономических факторов, например, валового регионального продукта [13].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что проблема моделирования цен на рынке недвижимости является весьма актуальной. Наиболее распространенной моделью при этом можно считать обычную линейную регрессионную модель.

Целью данной работы является моделирование стоимости жилья на первичном рынке при помощи одной из разновидностей кусочно-линейных регрессионных моделей – функции риска.

Моделирование цен на рынке жилой недвижимости

Функция риска или кусочно-линейная регрессия с максимумом в правой части [14] имеет вид:

$$y_k = \max\{\alpha_1 x_{k1}, \alpha_2 x_{k2}, \dots, \alpha_m x_{km}\} + \varepsilon_k, \quad k = \overline{1, n}. \quad (5)$$

В этой модели выходной фактор имеет негативный характер – риск, угроза, уязвимость и т.д. Входные же параметры представляют собой некоторые частные проявления этого негативного фактора. Особенностью этой модели является то, что снижение любой локальной характеристики риска не приведет к снижению риска обобщенного, который характеризует выходная переменная.

Идентификация параметров такой модели сводится к задаче частично булевого линейного программирования [14–18], содержащей $mn + 3n + m$ переменных (из которых mn – булевы) и $2(mn + n)$ ограничения. Следовательно, для модели с 3 независимыми пере-

менными и 16 наблюдениями задача частично-булевого линейного программирования будет иметь 99 переменных и 128 ограничений. Становится очевидным, что составление такой задачи вручную является весьма громоздкой операцией, поэтому для автоматизации вычислений вектора параметров был разработан соответствующий программный комплекс [19].

Исходные данные для моделирования были получены из официальных источников [20–22] за период с первого квартала 2017 г. по четвертый квартал 2020 г.

В таблице 1 представлены значения зависимой переменной y – средней цены 1 м² об-

щей площади квартир на рынке жилья (первичный рынок, все типы квартир), а также значения независимых переменных:

- x_1 – средние цены на блоки стеновые силикатные, руб./м³;
- x_2 – средние цены на плиты перекрытий железобетонные, руб./м³;
- x_3 – средние цены на бетон, готовый для заливки (товарный бетон), руб./м³;
- x_4 – средние цены на смеси песчано-гравийные, руб./м³.

Таблица 1

Исходные данные

Период	y	x_1	x_2	x_3	x_4
1 кв. 2017 г.	56347,2	2736,02	8135,41	4070,86	493,97
2 кв. 2017 г.	56516,78	3005,78	7674,03	4078,51	467,73
3 кв. 2017 г.	56560,78	3314,48	6871,25	4116,51	480,21
4 кв. 2017 г.	56882,19	3246,47	7573,13	4229,41	484,57
1 кв. 2018 г.	58875,59	2778,77	7456,61	4228,41	821,91
2 кв. 2018 г.	59969,66	2593,70	7669,22	4170,09	888,62
3 кв. 2018 г.	60952,83	2568,98	7660,49	4151,64	864,15
4 кв. 2018 г.	61831,57	2565,72	7500,41	4231,30	934,46
1 кв. 2019 г.	60705,14	2807,52	7633,85	4400,09	744,54
2 кв. 2019 г.	61618,25	2139,36	7116,18	4235,73	660,90
3 кв. 2019 г.	62891,94	1929,09	8038,15	4254,28	616,54
4 кв. 2019 г.	64059,49	1856,09	8002,18	4316,17	858,05
1 кв. 2020 г.	71503,24	3331,57	8806,35	4465,26	915,28
2 кв. 2020 г.	73438,05	3729,79	8752,90	4573,92	1088,31
3 кв. 2020 г.	76167,22	3646,54	8894,36	4826,51	908,00
4 кв. 2020 г.	79003	3582,75	8688,18	4774,14	880,35

Следует пояснить, почему для моделирования цен была выбрана именно функция риска, а в качестве независимых переменных – цены на строительные материалы. Главная причина, как уже отмечено выше, кроется в особенности функции риска, которая заключается в том, что рост значений одной из независимых переменных даже при отсутствии роста остальных приводит к росту величины выходного фактора. Следовательно, если цена на один вид материалов для строительства резко повысится относительно других материалов, одно это приведет к росту стоимости жилья – такая особенность функции полностью соотносится с поведением исследуемого объекта.

Для построения модели проведем так называемый «конкурс» моделей – построим множество вариантов модели и на основании ряда критериев адекватности выберем наилучший из них.

В качестве критериев выбора будем ориентироваться на два критерия. Первый – средняя относительная ошибка аппроксимации. Второй критерий – вектор срабатываний [23] вида:

$$Ind^{max} = (ind^{max}_1, \dots, ind^{max}_n), \quad (6)$$

где ind_k – номер переменной, значение которой с учетом значения параметра является

наибольшим в k -ом наблюдении выборки, то есть номер переменной, которая «сработала» в k -ом наблюдении.

Лучшей будет считаться модель с наименьшей средней ошибкой аппроксимации и вектором срабатываний с наибольшим разнообразием значений.

Полученные модели представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результат проведения «конкурса» моделей

Независимые переменные	Ошибка аппроксимации, %	Вектор срабатываний (порядковые номера переменных)
x_1, x_2, x_3, x_4	3,85	(2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 4, 3, 3, 2, 2, 2, 4, 2, 2)
x_1, x_2, x_3	4,35	(2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2)
x_1, x_2, x_4	4,08	(2, 2, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2)
x_1, x_3, x_4	4,42	(2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2)
x_2, x_3, x_4	3,85	(1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 3, 2, 2, 1, 1, 1, 3, 1, 1)

Проанализируем полученные модели. Модель 1 можно считать неудачной, так как в векторе срабатываний отсутствует срабатывание переменной x_1 . По этой же причине можно от-

вергнуть модели 2 и 4. Выбирая между моделями 3 и 5, остановим свой выбор на модели 5 из-за меньшей средней относительной ошибки аппроксимации и более представительного вектора срабатываний.

Таким образом, полученная в результате модель имеет вид:

$$y = \max(7,8958 x_2; 13,7963 x_3; 67,479 x_4). \quad (7)$$

Для более детального анализа выполним расчёт относительной матрицы срабатываний [23], представленной в табл.3. Эта матрица позволяет оценить соотношение факторов для каждого наблюдения выборки. Элементы этой матрицы представляют собой отношение произведения независимой переменной и значения соответствующего параметра на расчётное значение зависимой переменной для каждого наблюдения. Таким образом, значение 1 в матрице указывает на «сработавшую» переменную.

На рисунке 1 представлен график, который позволяет наглядно выявить, какой из факторов сработал в каждый момент времени, а так-

же оценить динамику поведения независимых и зависимого факторов.

Таблица 3

Относительная матрица срабатываний

Период	x_2	x_3	x_4
1 кв. 2017 г.	1	0,874326	0,518912
2 кв. 2017 г.	1	0,928634	0,520888
3 кв. 2017 г.	0,955301	1	0,570569
4 кв. 2017 г.	1	0,975823	0,546832
1 кв. 2018 г.	1	0,990837	0,94201
2 кв. 2018 г.	1	0,950081	0,990233
3 кв. 2018 г.	1	0,946956	0,964062
4 кв. 2018 г.	0,939186	0,925779	1
1 кв. 2019 г.	0,992923	1	0,827623
2 кв. 2019 г.	0,961506	1	0,763156
3 кв. 2019 г.	1	0,924776	0,655507
4 кв. 2019 г.	1	0,942447	0,916382
1 кв. 2020 г.	1	0,885966	0,88824
2 кв. 2020 г.	0,941081	0,859271	1
3 кв. 2020 г.	1	0,948167	0,872456
4 кв. 2020 г.	1	0,960136	0,865962

Линиями различной штриховки отмечены значения независимых переменных, умноженные на рассчитанные параметры. Крестиками отмечены значения выходной переменной.

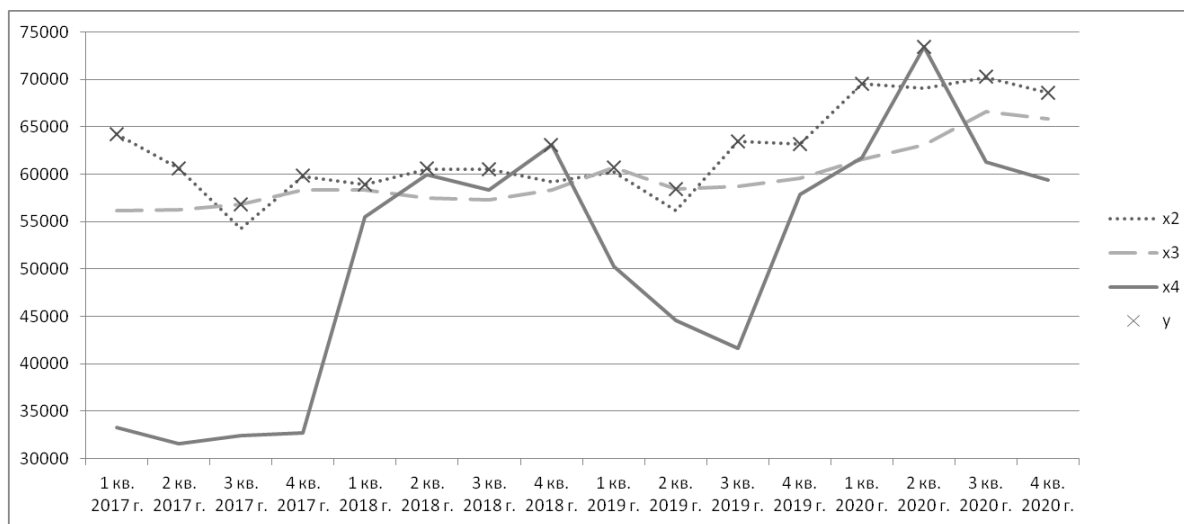


Рис. 1. График расчётных значений зависимой переменной

Анализ этих данных показывает, что наибольшее влияние на выходной фактор оказывает переменная x_2 (стоимость плит) – она встречается наибольшее число раз в векторе срабатываний, ее значение в относительной матрице срабатываний превышает 0,9. Меньшее влияние оказывает переменная x_3 (стоимость товарного бетона) – эта переменная срабатывает трижды, ее значение в относительной матрице срабатываний достаточно высоко – более 0,85. Из рисунка 1. следует, что именно значения переменных x_2 и x_3 в большей степени определяют поведение выходной переменной.

Весьма показательна ситуация с характером влияния на y переменной x_4 (стоимость песчано-гравийных смесей) – она начинает усиливать

своё влияние после большого скачка стоимости в первом квартале 2018 г. (значение в относительной матрице повышается с 0,55 до 0,94 и после дальнейшего роста приводит к «срабатыванию» в четвертом квартале 2018 г.), а также в четвертом квартале 2019 г. (продолжающийся рост стоимости приводит к срабатыванию во втором квартале 2020 г.). Такие результаты позволяют убедиться в корректности применения в данном исследовании именно функции риска.

На рисунке 2 приведен график расчётных и фактических значений зависимой переменной.

Заметное расхождение фактических и расчётных значений зависимой переменной, начинающееся со второго квартала 2020 г., можно объяснить влиянием неучтенного фактора – глобальной пандемии.

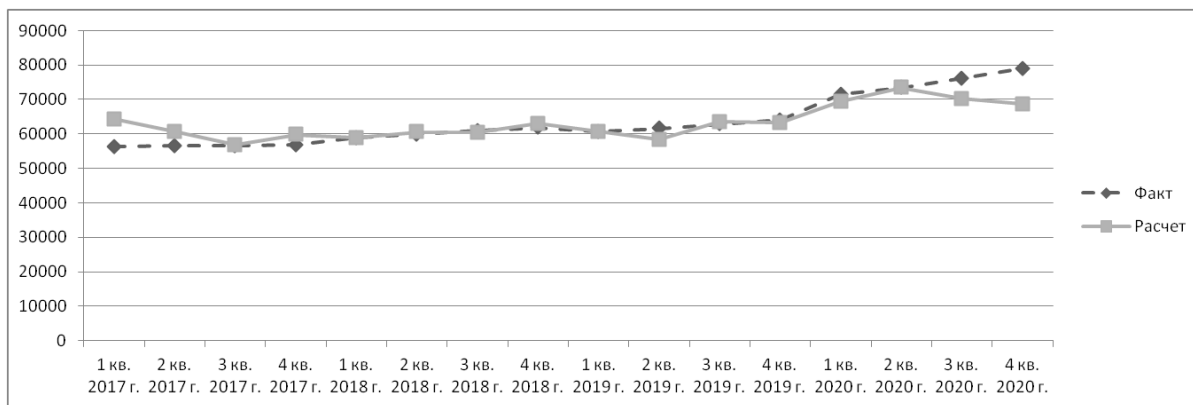


Рис. 2. График расчётных и фактических значений зависимой переменной

Линейная модель, построенная для переменных x_2, x_3, x_4 имеет вид:

$$y = -54675,3 + 2,73x_2 + 21,27x_3 + 6,23x_4. \quad (8)$$

Средняя относительная ошибка аппроксимации для модели (8) составляет 2,29 %.

Знаки коэффициентов перед независимыми переменными согласуются с полученными ранее результатами – повышение цен на материалы приводит к повышению цен на первичную недвижимость. Несмотря на более низкую ошибку, линейная модель значительно уступает в данном случае функции риска, в значительно большей степени согласующейся с характером объекта исследований и позволяющей получить гораздо более значимые аналитические результаты.

При продолжении исследований по моделированию цен на рынке недвижимости авторы

намерены использовать результаты, опубликованные в работах [18, 24, 25].

Заключение

В данной работе проведен анализ используемых методов моделирования цен на рынке недвижимости. Среди всего многообразия используемых моделей наиболее популярной следует считать регрессионную модель.

Для моделирования цен на рынке жилой недвижимости была применена функция риска, являющаяся разновидностью кусочно-линейной регрессионной модели. Обоснована возможность применения функции риска для моделирования цен на рынке недвижимости и описана методика проведения «конкурса» моделей для подобного класса регрессионных моделей. Кроме того, на основании рассчитанных критериев адекватности проведен верификационный анализ полученной модели.

Список литературы

1. Денисюк, Е. А. Исследование и систематизация факторов, влияющих на изменение цены жилья в регионе на первичном рынке недвижимости / Е. А. Денисюк // Социально-экономические науки и гуманитарные исследования. – 2016. – № 16. – С. 128-133.
2. Попова, И. В. Влияние рынка ипотечного кредитования на стимулирование рынка жилой недвижимости / И. В. Попова, С. В. Шиндяпина // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 4. – № 3. – С. 182-184.
3. Лопатина, А. Б. Влияние экономического кризиса на рынок недвижимости на примере города Перми / А. Б. Лопатина // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-1. – С. 186-190.
4. Трифоненко, А. И. Статистический анализ динамики средней цены жилой недвижимости на первичном рынке в Российской Федерации / А. И. Трифоненко // Журнал У. Экономика. Управление. Финансы. – 2019. – № 4(18). – С. 108-115.
5. Пирогова, О. Е. Использование множественной линейной регрессии в прогнозировании цен на жилую недвижимость Санкт-Петербурга / О. Е. Пирогова, А. Емельянов // Глобальный научный потенциал. – 2019. – № 11(104). – С. 209-213.
6. Кибатаева, А. Н. Эконометрическое моделирование влияния факторов на стоимость индивидуальных жилых домов в сельской местности Оренбургской области / А. Н. Кибатаева // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 12. – С. 13-16.
7. Казимиров, И. А. Определение динамики цен на вторичном рынке жилой недвижимости с использованием многомерной регрессионной модели / И. А. Казимиров, В. В. Пешков // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9. – № 3(30). – С. 476-487. – DOI 10.21285/2227-2917-2019-3-476-487.
8. Вашурина, А. В. Экономико-математическое моделирование и прогнозирование динамики ценообразования на рынке недвижимости / А. В. Вашурина // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2018. – № 2(36). – С. 46-51.
9. Сальников, В. А. Модели прогнозирования цен на московском рынке жилой недвижимости / В. А. Сальников, О. М. Михеева // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 1(166). – С. 129-139.
10. Капитонова, Е. А. Нейросетевая модель прогнозирования средней цены на жилую недвижимость / Е. А. Капитонова // Colloquium-journal. – 2020. – № 6-3(58). – С. 17-19.
11. Сурков, Ф. А. Сравнение временных рядов и нейросетевых методов в задаче прогнозирования стоимости и оценки недвижимости / Ф. А. Сурков, Н. В. Петкова, С. Ф. Суховский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 3(22). – С. 88-103.
12. Математическая модель прогнозирования уровня цен на региональном рынке жилой недвижимости / Е. В. Воронина, О. Б. Ярош, Н. В. Береза, М. В. Россинская // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 40-55. – DOI 10.15688/jvolsu3.2019.1.4.

13. Баенхаева, А. В. Моделирование валового регионального продукта Иркутской области на основе применения методики множественного оценивания регрессионных параметров / А. В. Баенхаева, М. П. Базилевский, С. И. Носков // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10-1. – С. 9-14.
14. Носков С.И. Идентификация параметров кусочно-линейной функции риска// *Транспортная инфраструктура Сибирского региона*. – 2017. – Т. 1. – С. 417-421.
15. Ильина Н.К., Лебедева С.А., Носков С.И. Идентификация параметров некоторых негладких регрессий//*Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем*. – 2016. – № 17. – С. 111.
16. Носков С.И., Лоншаков Р.В. Идентификация параметров кусочно-линейной регрессии//*Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем*. – 2008. – № 6. – С. 63-64.
17. Носков С.И. Технология моделирования объектов с нестабильным функционированием и неопределенностью в данных. – Иркутск: Облформпечать. – 1996. – 320 с.
18. Носков, С. И. Оценка параметров аппроксимирующей функции с постоянными пропорциями / С. И. Носков // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2013. – № 2(38). – С. 135-136.
19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613936 Российская Федерация. Программный комплекс построения кусочно-линейных регрессий с максимумом в правой части : № 2021613052 : заявл. 12.03.2021 : опубл. 16.03.2021 / С. И. Носков, А. А. Хоняков ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения».
20. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistic>
21. Витрина статистических данных статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://showdata.gks.ru/finder/>
22. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/>
23. Носков С.И. Применение функции риска для моделирования экономических систем / С.И. Носков, А.А. Хоняков // *Уж-но-Сибирский научный вестник*. – 2020. – № 5. – С. 85-92.
24. Носков, С. И. Точечная характеристика множества Парето в линейной многокритериальной задаче / С. И. Носков // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2008. – № 1(17). – С. 99-101.
25. Носков, С. И. Регрессионная модель динамики эксплуатационных показателей функционирования железнодорожного транспорта / С. И. Носков, И. П. Врублевский // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2016. – № 2(50). – С. 192-197.

© С. И. Носков, А. А. Хоняков

Ссылка для цитирования:

Носков С. И., Хоняков А. А. Применение функции риска для модельного описания колебания цен на рынке недвижимости // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 77-82.*

УДК 612.821
DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-82-88

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

А. А. Трифонов¹, Е. В. Петрунина², Л. П. Лазурин³

¹ *Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия*

² *Московский государственный гуманитарно-экономический университет, г. Москва, Россия*

³ *Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия*

Современные методы нейровизуализации играют важную роль для эффективного использования роботизированных устройств в нейрореабилитации и открывают путь для разработки новых решений, направленных на повышение терапевтической эффективности лечения. Эффективное использование реабилитационных роботов требует тщательно разработанного протокола реабилитации. Для достижения этой цели в последние десятилетия было проведено большое количество работ, направленных на исследования процессов обучения двигательным навыкам. Фундаментальным аспектом планирования роботизированной терапии, направленной на ускорение сенсомоторного восстановления, является четкое понимание того, как мозг управляет движениями, и какие механизмы применяются для обучения новым навыкам. В данной статье представлен анализ современных тенденций в области реабилитации постинсультных больных, рассмотрены методы и модели нейрореабилитации. Проведен анализ мультимодальных оценок механизмов реабилитации, дающих возможность оценить эффективность применения протокола роботизированной реабилитации на основе клинических шкал. Проведенный анализ показал, что современные тенденции развития технологии нейрореабилитации строятся с использованием последних достижений в области нейробиологии человека.

Ключевые слова: *методы нейрореабилитации, модели нейрореабилитации, методы нейровизуализации, интерфейс мозг-компьютер, экзоскелеты.*

CONTEMPORARY TENDENCES OF THE ROBOT-ASSISTED NEUROREHABILITATION

A. A. Trifonov¹, E. V. Petrunina², L. P. Lazurina³

¹ *South-West State University, Kursk, Russia*

² *Moscow State University for the Humanities and Economics, Moscow, Russia*

³ *Kursk State Medical University, Kursk, Russia*

State-of-the-art methods of neurovisualization are instrumental for the efficient application of robotic devices in neurorehabilitation. They pave the way for the development of further robotic solutions aiming to enhance the effectiveness of therapeutic treatments. A thoroughly developed rehabilitation training protocol is imperative for the effective application of robots in patient care. In recent decades, a tremendous number of studies have been conducted in order to achieve this objective. They were aimed at gaining a full understanding of motor learning processes. An insight into both the way the brain controls movements and the mechanisms