

УДК 332.8+004.89

А.О. Алексеев, В.А. Харитонов, В.Л. Ясницкий

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

**К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ,
МАССОВОЙ ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИИ РЫНКОМ
НЕДВИЖИМОСТИ РЕГИОНОВ РОССИИ**

Обсуждаются преимущества использования информационного подхода к моделированию регионального рынка жилой недвижимости. На примере г. Екатеринбурга показана необходимость учета влияния мега-, макро- и мезоэкономических факторов при построении компьютерной модели рынка, пригодной как для анализа и прогнозирования рыночной стоимости жилых объектов, так и для массовой оценки кадастровой стоимости, лежащей в основе эффективной системы налогообложения, направленной на справедливое распределение налоговой нагрузки. Помимо этого, интеллектуальный анализ моделей «что если» позволяет видеть, как изменения ключевых ценообразующих факторов влияют на рыночную стоимость объектов, что может быть использовано для поддержки принятия решений, направленных на развитие рынка недвижимости. Сделан вывод о том, что такие модели можно встраивать в системы мониторинга и обновления кадастровых таблиц недвижимости регионов в режиме реального времени, когда изменение экономической ситуации в регионе, стране и мире влечет автоматическое обновление кадастровых данных.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, аналитика, компьютерное моделирование, business intelligence, нейронные сети, анализ рынка, оценка.

A.O. Alekseev, V.A. Kharitonov, V.L. Iasnitskii

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**DISCUSSION OF DATA MINING, MASS APPRAISAL
AND MANAGEMENT OF REAL ESTATE REGIONAL MARKET**

Discusses the advantages of using "information approach" to modeling the regional real estate market. Shows the importance of considering the influence of mega-, macro-and meso-economic factors when building computer models of market, suitable for analysis and forecasting of the market value of residential properties, and mass cadastral valuation, the underlying effective tax system to more fairly distribute the tax burden. In addition, mining models "what if" allows you to see how changes in the key pricing factors will affect the market value of objects, what is the decision support aimed at the development of the real estate market. It is concluded that such models can be embedded in a monitoring system of the housing market and updates inventory tables real estate regions in real time, when change of the economic situation in the region, the country and the world entails an automatic update of inventory data.

Keywords: data mining, analytics, computer simulation, business intelligence, neural networks, market analysis, cadastral evaluation.

Введение

За последнее время российский рынок недвижимости стал более развитым, сформированным и сбалансированным, что позволяет не только изучать его поведение, но и прогнозировать. Рынок недвижимости, будучи саморегулируемой системой, 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. В связи с этим анализ и исследование моделей региональных рынков недвижимости позволяют решать вопрос более эффективного использования территории, что обуславливает высокую актуальность компьютерного моделирования. Одной из задач, решаемой с помощью компьютерного исследования рынка, является построение эффективной налоговой политики.

До недавнего времени стоимость всех объектов жилой недвижимости устанавливалась государством «раз и навсегда». Введение принципа взимания налога на имущество, при котором налогооблагаемой базой жилых объектов служит такой индикатор, как кадастровая стоимость¹, которая, в свою очередь, зависит от ситуации на региональных локальных рынках недвижимости, является важным шагом реформирования налоговой системы и переходом от директивно-административного управления к индикативному, что является гибким и более эффективным механизмом регионального управления. Налоговая политика, построенная на основе организации системы массовой оценки², соответствующей текущему уровню цен и базирующейся на изучении местного рынка, при ее правильном применении является важнейшим аспектом социальной политики региона [1].

Очевидно, что реализация стратегии взимания налога на недвижимость в зависимости от кадастровой стоимости объектов прежде всего требует совершенствования системы массовой оценки недви-

¹ Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке: приказ Минэкономразвития России № 358 от 07.06.2016; О государственной кадастровой оценке: Федер. закон № 237-ФЗ от 03.07.2016.

² Массовая оценка – это систематическая оценка групп объектов недвижимости по состоянию на определенную дату с использованием стандартных процедур и статистического анализа [1].

мости. От субъектов оценочной деятельности потребуется более строгая доказательность результатов оценки. В соответствии с опытом других стран [2, 3] именно корректное применение в оценочной деятельности статистических методов приводит к более доказательным результатам.

1. Регрессионный и нейросетевой подходы к построению моделей

Моделирование – это универсальный метод получения, описания и использования знаний. Его основная цель состоит в том, что созданная модель должна достаточно хорошо отображать функционирование моделируемой системы. Модель всегда исследуется каким-либо методом (численным, качественным и т.п.). С одинаковым успехом описывать эти закономерности могут различные модели. Чтобы получить ответ на вопрос, какой метод выбрать, необходимо проанализировать свойства используемого математического аппарата. Таким образом, выбор метода моделирования часто означает выбор модели.

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 таком подходе отправной точкой являются данные, характеризующие исследуемый объект, и модель подстраивается под действительность. Таким образом, параметры модели полностью определяются входными данными. Это является преимуществом информационного подхода, который лежит в основе большинства современных технологий и методов анализа данных: самообучающихся алгоритмов, машинного обучения, методов Data Mining. Основным ограничением концепции «моделей от данных» является качество исходных данных, поскольку их «зашумление» иногда может приводить к моделям и выводам, не имеющим никакого отношения к действительности.

При построении моделей рынка недвижимости обычно используют две разновидности информационного подхода: регрессионную [2, 4–8] и нейросетевую [9–19]. В качестве входных (независимых) переменных, как правило, учитывают строительно-эксплуатационные параметры, такие как тип объекта, место его расположения, площадь, количество комнат, этажей, наличие балкона, лоджии, парковки и др.

Здесь необходимо отметить, что обе разновидности предназначены для выявления и оценки так называемых статистических зависимостей, которые являются зависимостями в среднем для совокупностей объектов. Разница состоит в том, что при построении регрессионных моделей необходима гипотеза о виде математического выражения, описывающего поведение моделируемого объекта, тогда как при построении нейросетевых моделей такой гипотезы не требуется [20]. Вследствие этого регрессионные модели имеют ряд недостатков, наиболее существенный из которых заключается в том, что регрессионные уравнения, описывающие моделируемые системы, не исключают высокую вероятность ошибки в случае изменения рыночных тенденций, что особенно актуально для развивающихся рынков, к которым относится рынок российской недвижимости.

В силу данного ограничения, по нашему мнению, более предпочтительным является подход моделирования с помощью аппарата нейросетевого анализа, который не требует предварительного введения каких-либо гипотез о математической форме выявляемых зависимостей.

Это мнение подтверждается результатами вычислительных экспериментов ряда авторов [13, 14, 17], а также полученными нами данными, приведенными на рис. 1. Наши вычислительные эксперименты выполнялись на примере моделирования рынка жилой недвижимости г. Екатеринбурга, представленного в работах [21, 22], причем в экспериментах участвовали три модели: регрессионная линейная, регрессионная мультипликативная и нейросетевая. По оси абсцисс отложены значения отклонений прогнозной стоимости от заявленной, полученные для объектов недвижимости на тестовом множестве, элементы которого не были использованы при вычислении коэффициентов регрессионных уравнений и не участвовали в обучении нейронной сети. По оси ординат отложена частота, т.е. количество квартир, соответствующее указанным на оси абсцисс отклонениям.

Как видно на рис. 1, для оценки, выполненной с помощью нейронной сети, имеется наибольшее количество объектов, отклонение прогнозной стоимости которых от фактической ближе всего находится к нулевому значению, что говорит о более высоком качестве нейросетевой модели по сравнению с мультипликативной и линейной регрессионными моделями.



Рис. 1. Распределение частот отклонений прогнозных стоимостей квартир от заявленных на тестовом множестве, полученных с помощью нейросетевой и регрессионных моделей (мультипликативной и линейной)

Исследование также показало, что прогноз, выполненный на тестовом множестве с помощью нейронной сети, имеет наибольшее значение коэффициента детерминации R^2 (87 %) и наименьшую среднеквадратичную относительную погрешность (6,5 %), т.е. дает лучшие результаты.

2. Традиционные и комплексные модели

Следует отметить, что как регрессионные, так и нейросетевые модели [2, 4–17, 19], учитывающие одни только строительно-эксплуатационные факторы, традиционно используются для массовой оценки недвижимости в ряде стран с развитой и достаточно стабильной экономикой. В развивающихся же странах, включая Россию, рынок недвижимости подвержен влиянию быстроменяющихся мега-, макро- и мезоэкономических факторов. В связи с этим для нашей страны возможность эффективного использования традиционных западных моделей массовой оценки недвижимости, по-видимому, имеет ряд критических ограничений, которые рассмотрим далее на примере г. Екатеринбурга.

Поскольку рынок недвижимости как сложная система является подсистемой для систем более высокого уровня (региональной экономики, экономики страны и мировой экономики), для стабильной работы модели в условиях изменяющейся экономической обстановки, а также чтобы она обладала прогностическими способностями, необходимо учитывать в составе ценообразующих факторов мезо-, макро- и мегаэкономические параметры.

Как видно из табл. 1, в которой приведены данные коэффициентов корреляции Пирсона между значениями ценообразующих параметров и стоимостью квартир в Екатеринбурге, собранными за десятилетний период (с 2006 по 2016 гг.), помимо строительно-эксплуатационных факторов, на стоимость квартир оказывают существенное влияние такие мезо-, макро- и мегаэкономические параметры, как денежная масса, цена нефти, ВВП, ввод жилья, объем ипотечных кредитов, курс доллара.

Таблица 1

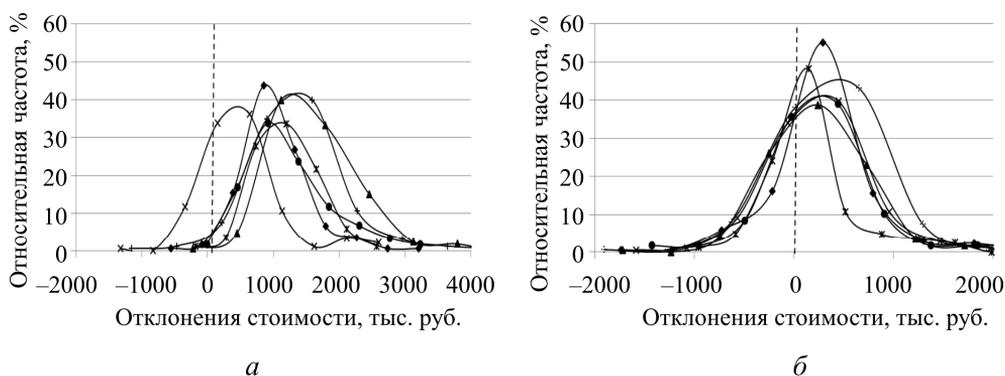
Корреляционные коэффициенты Пирсона

Факторы	Район	Кол-во комнат	Тип дома	Этаж	Тип стен	Общая площадь	Наличие балкона	Сезон	РТС	Денежная масса	Цена нефти Brent	ВВП	Курс USD	Ввод жилья	Кредиты	Индекс доступности жилья	Стоимость квартиры
Район	1,00																
Кол-во комнат	-0,02	1,00															
Тип дома	-0,04	0,01	1,00														
Этаж	-0,04	0,06	-0,06	1,00													
Тип стен	-0,02	0,11	-0,24	0,10	1,00												
Общая площадь	0,00	0,80	0,21	0,23	0,04	1,00											
Наличие балкона	-0,01	0,15	-0,10	0,34	0,11	0,28	1,00										
Сезон	0,04	0,02	0,07	0,04	-0,03	0,07	0,17	1,00									
РТС	-0,07	-0,06	0,00	-0,09	0,04	-0,15	-0,23	-0,46	1,00								
Денежная масса	0,06	-0,05	0,14	0,12	-0,01	-0,01	0,08	0,37	-0,28	1,00							
Цена нефти Brent	-0,03	-0,06	0,08	-0,04	0,06	-0,10	-0,12	-0,08	0,67	0,08	1,00						
ВВП	0,05	-0,06	0,15	0,09	0,00	-0,03	0,07	0,42	-0,18	0,97	0,23	1,00					
Курс USD	0,07	0,00	0,08	0,13	-0,03	0,06	0,15	0,43	-0,71	0,81	-0,45	0,71	1,00				
Ввод жилья	0,05	-0,05	0,12	0,12	-0,03	-0,02	0,08	0,26	-0,25	0,93	-0,08	0,87	0,80	1,00			
Кредиты	0,01	-0,08	0,13	0,05	-0,01	-0,05	0,01	0,00	0,25	0,57	0,56	0,59	0,07	0,55	1,00		
Индекс доступности жилья	-0,06	-0,02	-0,01	-0,11	0,00	-0,07	-0,17	-0,05	0,73	-0,42	0,38	-0,33	-0,68	-0,41	0,02	1,00	
Стоимость квартиры	-0,05	0,45	0,27	0,33	-0,04	0,67	0,29	0,07	0,12	0,37	0,26	0,39	0,12	0,34	0,48	0,02	1,00

Первые попытки построения комплексных моделей, учитывающих как строительно-эксплуатационные, так и мезо-, макро- и мегаэкономические параметры, были предприняты в работах [21–23]. Исследования этих моделей показали, что, помимо массовой оценки стоимости квартир, они позволяют проводить анализ «что если», т.е. видеть, как изменения ключевых ценообразующих параметров влияет на рыночную стоимость объекта. Например, можно посмотреть, как влияет на стоимость квартир увеличение темпов жилищного строительства или введение льгот по ипотечному кредитованию.

Такие возможности комплексных моделей позволяют разрабатывать меры по рациональному управлению регионом, оптимальному использованию его ресурсов, в частности сделать более совершенной систему налогообложения.

Кроме того, комплексные модели не требуют постоянной актуализации, чего нельзя сказать о статических (традиционных) моделях, учитывающих исключительно строительно-эксплуатационные параметры. В подтверждение этому на рис. 2 приведены результаты следующих вычислительных экспериментов. Из комплексной модели [22] были исключены все мезо-, макро- и мегаэкономические параметры, и она была обучена на данных квартирному рынка г. Екатеринбурга, охватывающих период одного только 2010 г. Качественно обучить нейронную сеть на более широком временном промежутке не получается ввиду возникновения (после исключения экономических факторов) так называемых конфликтных примеров [20], т.е. случаев, когда квартиры с одинаковыми строительно-эксплуатационными параметрами имеют совершенно разную стоимость.



✱ Прогноз на 2011 г. ✚ Прогноз на 2012 г. ✛ Прогноз на 2013 г.
 ✜ Прогноз на 2014 г. ✞ Прогноз на 2015 г. ✟ Прогноз на 2016 г.

Рис. 2. Кривые распределения относительных частот отклонений расчетных стоимостей квартир от их заявленных стоимостей, полученные путем прогнозирования на 2011–2015 гг. с помощью традиционной (а) и комплексной (б) моделей

На рис. 2, а представлены кривые распределения относительных частот отклонений расчетной стоимости, полученные на тестовых

множествах данных, относящихся к 2011–2015 гг. Видно, что со временем качество модели ухудшается: кривые смещаются вправо, т.е. модели дают существенно заниженные стоимости квартир. Как видно на рис. 2, б, комплексная модель ведет себя значительно более стабильно. Аналогичный вывод можно сделать, основываясь на данных табл. 2, в которой приведены среднеквадратичные относительные погрешности прогнозных оценок квартир, выполненных на 2011–2016 гг. с помощью традиционной и комплексной моделей.

Таблица 2

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

Год	Традиционная модель, %	Комплексная модель, %
2011	7,7	5,9
2012	11,6	6,9
2013	17,6	8,1
2014	18,9	7,0
2015	20,5	7,6
2016	22,2	8,9

Заключение

В данной работе показано, что традиционно применяемые в ряде западных стран модели массовой оценки недвижимости, учитывающие одни только строительно-эксплуатационные параметры, в условиях нестабильной экономики, характерной для регионов России, быстро устаревают. Разработанные для какого-либо одного периода, в течение которого экономическая обстановка в регионе, а также в стране и мире меняется слабо, они могут быть применены для массовой оценки стоимости недвижимости в одном только этом временном периоде. Комплексные модели указанного недостатка не имеют. Они не требуют постоянной актуализации и могут быть использованы для массовой оценки стоимости объектов недвижимости в течение длительных периодов времени. Это свойство комплексных моделей позволяет встраивать их в системы мониторинга жилищного рынка и обновления кадастровых таблиц недвижимости регионов в режиме реального времени, когда изменение, например, курса доллара или цен на нефть влечет автоматическое обновление кадастровых данных.

Список литературы

1. Эккерт К.Д. Организация оценки и налогообложения недвижимости: пер. с англ. А.В. Воронкина. – М.: Стар Интер, 1997. – Т. 2. – 444 с.
2. An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes / P. Davis, W. McCluskey, T.V. Grissom, M. McCord // *Property Management*. – 2012. – Vol. 30, № 3. – P. 232–254.
3. Hefferan M.J., Boyd T. Property taxation and mass appraisal valuations in Australia – adapting to a new environment // *Property Management*. – 2010. – Vol. 28, № 3. – P. 149–162.
4. Грибовский С.М., Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества. – М.: Финансы и статистика, 2014. – 368 с.
5. Экономико-математические модели оценки недвижимости / С.В. Грибовский, М.А. Федотова, Г.М. Стерник, Д.Б. Житков // *Финансы и кредит*. – 2005. – № 3 (171). – С. 24–43.
6. Сивец С.А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса. – Запорожье: Просвіта, 2001. – 310 с.
7. Kilpatrick J. Expert systems and mass appraisal // *Journal of Property Investment and Finance*. – 2011. – Vol. 29, № 4. – P. 529–550.
8. Using geographically weighted regression for housing market segmentation / B. Manganeli, P. Pontrandolfi, A. Azzato, B. Murgante // *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*. – 2014. – Vol. 9, № 2. – P. 161–177.
9. 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.
10. Мунерман И.В. Нейро-нечеткие модели и инструменты для регионального управления объектами коммерческой недвижимости: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. – М., 2011. – 156 с.
11. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты / Л.Н. Ясницкий, В.В. Бондарь, С.Н. Бурдин [и др.]. – 2-е изд. – М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – 75 с.
12. Borst R.A. Artificial neural networks in mass appraisal // *Journal of Property Tax Assessment & Administration*. – 1995. – Vol. 1, № 2. – P. 5–15.
13. Do A.Q., Grudnitski G.A. Neural network approach to residential property appraisal // *The Real Estate Appraiser*. – 1992. – № 58. – P. 38–45.

14. Evans A., James H., Collins A. Artificial neural networks: an application to residential valuation in the UK // *Journal of Property Valuation and Investment*. – 1991. – № 11 (2). – P. 195–204.

15. Analyzing massive data sets: an adaptive fuzzy neural approach for prediction, with a real estate illustration / J. Guan, D. Shi, J.M. Zurada, A.S. Levitan // *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*. – 2014. – Vol. 24, № 1. – P. 94–112.

16. 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.

17. The mass appraisal of residential property in Northern Ireland / W.J. McCluskey, K. Dyson, D. McFall, S. Anand // *Computer Assisted Mass Appraisal Systems*. – London: Gower Publishers, 1997. – P. 59–77.

18. Tay D.P., Ho D.K. Artificial intelligence and the mass appraisal of residential apartments // *Journal of Property Valuation and Investment*. – 1991. – Vol. 10, № 2. – P. 525–540.

19. Identification of real estate cycles in China based on artificial neural networks / H. Zhang, S. Gao, M.J. Seiler, Y. Zhang // *Journal of Real Estate Literature*. – 2015. – Vol. 23, № 1. – P. 67–83.

20. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.

21. 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).

22. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Technique of design of integrated economic and mathematical model of mass appraisal of real estate property by the example of Yekaterinburg housing market // *Journal of Applied Economic Sciences*. – 2016. – Vol. XI, iss. 8 (46). – P. 1519–1530.

23. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Методика создания комплексной экономико-математической модели массовой оценки стоимости объектов недвижимости на примере квартирного рынка города Перми // *Вестник Перм. ун-та. Экономика*. – 2016. – № 2 (29). – С. 54–69. DOI: 10.17072/1994-9960-2016-2-54-69

References

1. Ekkert K.D. Organizatsiia otsenki i nalogooblozheniia nedvizhivosti [Organization of the assessment and taxation of real estate]. Moscow, Star Inter, 1997, vol. 2, 444 p.
2. 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, pp. 232–254.
3. 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, pp. 149–162.
4. Gribovskii S.M., Sivets S.A. Matematicheskie metody otsenki stoimosti nedvizhimogo imushchestva [Mathematical methods for valuation of immovable property]. Moscow, Finansy i statistika, 2014. 368 p.
5. Gribovskii S.V., Fedotova M.A., Sternik G.M., Zhitkov D.B. Ekonomiko-matematicheskie modeli otsenki nedvizhimosti [Economic-mathematical assessment model of real estate]. *Finansy i kredit*, 2005, iss. 171, no 3, pp. 24–43.
6. Sivets S.A. Statisticheskie metody v otsenke nedvizhimosti i biznesa [Statistical methods in the evaluation of real estate and business]. Zaporozhye, LTD RIA «Prosvita», 2001. 310 p.
7. Kilpatrick J. Expert Systems and Mass Appraisal. *Journal of Property Investment and Finance*, 2011, Vol. 29, no 4, July, pp. 529–550.
8. Manganeli 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, pp. 161–177.
9. Borusiak K.K., Munerman I.V., Chizhov S.S. Neurosetevoe modelirovanie v zadache massovoi otsenki nezhiloi nedvizhimosti g. Moskvy [Neural network modeling in the problem of mass appraisal of residential real estate in Moscow]. *Ekonomicheskaiia nauka sovremennoi Rossii*, 2009, no. 4, pp. 86–98.
10. Munerman I.V. Neuro-nechetkie modeli i instrumenty dlia regional'nogo upravleniia ob'ektami kommercheskoi nedvizhimosti. [Neuro-fuzzy models and tools for regional management of commercial real estate]. Ph. D. thesis. Moscow, 2011, 156 p.
11. Iasnitskii L.N., Bondar' V.V., Burdin S.N. i dr. Permskaia nauchnaia shkola iskusstvennogo intellekta i ee innovatsionnye proekty [Perm scientific school of artificial intelligence and its innovative designs]. 2nd ed. Moscow-Izhevsk, Scientific center «Regular and chaotic dynamics», 2008, 75 p.

12. Borst R.A. Artificial neural networks in mass appraisal. *Journal of Property Tax Assessment & Administration*, 1995, vol. 1, no 2, pp. 5–15.

13. Do A. Q., Grudnitski G. A Neural Network Approach to Residential Property Appraisal. *The Real Estate Appraiser*, 1992, no 58, pp. 38–45.

14. Evans A., James H., Collins A. Artificial Neural Networks: An Application to Residential Valuation in the UK. *Journal of Property Valuation and Investment*, 1991, iss. 11, no. 2, pp. 195–204.

15. 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, pp. 94–112.

16. 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, pp. 37–41.

17. McCluskey W.J., Dyson K., McFall D., Anand S. The Mass Appraisal Of Residential Property in Northern Ireland. *Computer Assisted Mass Appraisal Systems*. London, Gower Publishers, 1997, pp. 59–77.

18. 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, pp. 525–540.

19. 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, pp. 67–83.

20. Iasnitskii L.N. *Intellectual'nye sistemy [Intellectual systems]*. Moscow, Laboratorija znaniy, 2016. 221 p.

21. Iasnitskii L.N., Iasnitskii V.L. Razrabotka i primeneniye kompleksnykh neurosetevykh modelei massovoi otsenki i prognozirovaniia stoimosti zhilykh ob"ektov na primere rynkov nedvizhimosti Ekaterinburga i Permi [The development and application of integrated neural network models for mass valuation and forecasting the value of residential properties on the example of the real estate markets of Yekaterinburg and Perm]. *Imushchestvennye otnosheniia v Rossiiskoi Federatsii*. 2017, iss. 186, no. 3.

22. Iasnitskii L.N., Iasnitskii V.L. Metodika sozdaniia kompleksnoi ekonomiko-matematicheskoi modeli massovoi otsenki stoimosti ob"ektov nedvizhimosti na primere kvartirnogo rynka goroda Permi [The Methodology Of Creating A Comprehensive Economic And Mathematical Model For Mass Appraisal Of Real Estate (A Case Study Of The City Of Perm)].

Perm University Herald. Economy, 2016, iss. 29, no. 2, pp. 54–69. doi: 10.17072/1994-9960-2016-2-54-69.

23. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. Technique of design of integrated economic and mathematical model of mass appraisal of real estate property by the example of Yekaterinburg housing market. *Journal of Applied Economic Sciences*. 2016, vol. XI, iss. 46, no. 8, pp. 1519-1530.

Получено 18.02.2017

Об авторах

Алексеев Александр Олегович (Пермь, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

Харитонов Валерий Алексеевич (Пермь, Россия) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: cems@pstu.ru).

Ясницкий Виталий Леонидович (Пермь, Россия) – соискатель кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: yasnitskiy@mail.ru).

About the authors

Aleksandr O. Alekseev (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Construction Engineering and Material Sciences, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

Valerii A. Kharitonov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: cems@pstu.ru).

Vitalii L. Iasnitskii (Perm, Russian Federation) – Postgraduate, Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: yasnitskiy@mail.ru).