

УДК 330.4

Н.А. Валиотти

**КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ РЕАКЦИИ РЫНКОВ
НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИЗИС 2008 ГОДА
НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ**

N.A. Valiotti

**USING NEURAL NETWORKS MODEL
FOR ESTIMATION THE EFFECT
OF ECONOMIC CRISIS ON MARKETS**

Предлагается количественное описание реакции рынков на экономический кризис 2008 года. Результаты получены с помощью нового метода количественной оценки внешних воздействий с использованием нейронных сетей специальной архитектуры.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ; АНАЛИЗ ИНТЕРВЕНЦИЙ. ОЦЕНКА КРИЗИСА.

In this article proposes an estimation of economic crisis, 2008 on markets. Results were obtained using the new method of intervention analysis based on the neural network model with specially selected architecture.

NEURAL NETWORKS; INTERVENTION ANALYSIS; CRISIS ESTIMATION.

Наблюдаемая задержка реакции российских рынков на экономический кризис 2008 г. вызвала научный интерес и послужила темой данного исследования. В процессе исследования на данных каждого рынка строятся эконометрические модели [1], изучаются задержка реакции рынков на кризис и продолжительность этого состояния.

Анализируется состояние следующих российских рынков: розничной торговли, пива, подержанных автомобилей, недвижимости.

Для каждого из рынков строится модель, позволяющая количественно описать реакцию на экономический кризис 2008 г. Внешнее воздействие описывается функцией, которая предполагает монотонное возрастание эффекта кризиса и последующее монотонное убывание. Модель опирается на новый метод, использующий нейронные сети

нестандартной архитектуры и предназначенный для количественного измерения эффекта влияния внешних событий (ВЭС) [2]. Метод позволяет рассматривать гипотетическую ситуацию, в которой исключено ВЭС. Таким образом, предполагается возможность моделирования показателей без ВЭС для целей оценки потерь или выигрыша от внешнего воздействия.

К основным результатам исследований можно отнести:

- оценку задержки реакции рынков на кризис – измерение лага между началом кризиса и максимальным воздействием кризиса на рынок;
- измерение доли потерь показателей рынка в разгар кризиса (момент максимального воздействия);
- оценку накопленной суммы эффекта кризиса за все то время, пока воздействие имело место.

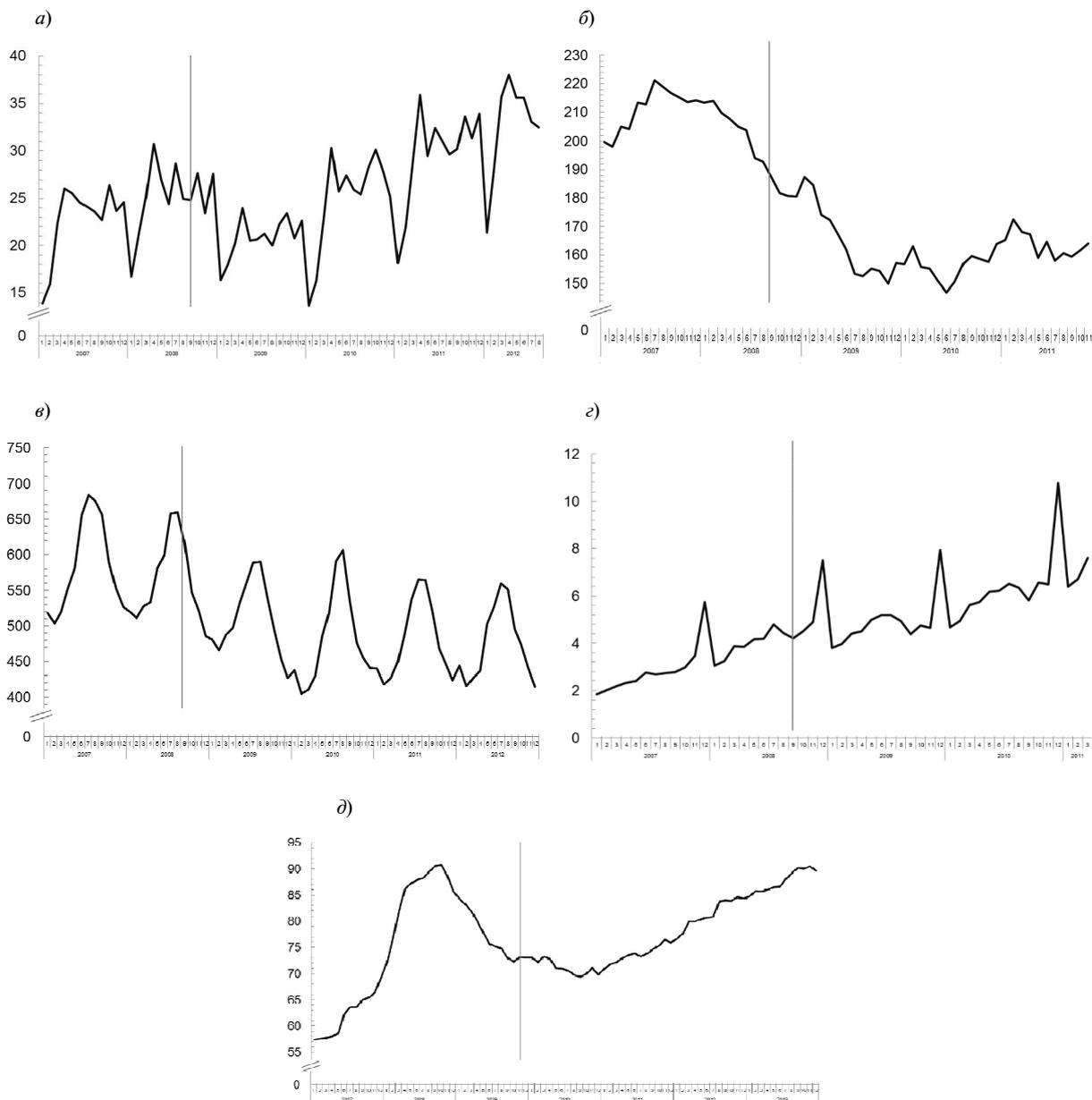


Рис. 1. Динамика отраслей российских рынков до и после кризиса 2008 г.:
 а, б – рынок подержанных автомобилей; в – рынок пива; г – розничная торговля;
 д – вторичная недвижимость

Итак, для изучения мы взяли четыре российских рынка, на которых воздействовал экономический кризис 2008 г.:

1) рынок подержанных автомобилей в Санкт-Петербурге и Москве – объем продаж (количество перерегистраций в ГИБДД), тыс. шт. (рис. 1,а) и цены, тыс. руб. (рис. 1,б);

2) рынок пива – объем продаж, млн л (рис. 1,в);

3) розничная организация – объем продаж, млрд руб. (рис 1,г);

4) вторичная недвижимость в Санкт-Петербурге – цены, тыс. руб. за 1 м² (рис. 1,д).

Динамика исследуемых рынков представлена на графиках. Вертикальная серая линия на диаграммах соответствует дате начала экономического кризиса (сентябрь 2008 г.). Анализируя графики, можно сделать вывод о том,

что потребители этих рынков по-разному отреагировали на кризис. Здесь любопытно отметить взаимодействие эффектов. Например, рассмотрим графики *a*) и *b*) – рынок поддержанных автомобилей (объем продаж и цены на автомобили). Как видим, цены с момента начала кризиса неуклонно падают вниз, следуя за общей экономической рецессией. Одновременно объем продаж также достигает своего минимума. Однако как только цены достигли нижней границы, упав достаточно сильно (в среднем по рынку на 50 тыс. р.), и стабилизировались, потребители стали активно приобретать легковые транспортные средства. После этого динамика объема продаж продолжает расти, а динамика цен существенно отстает.

Модель оценки влияния экономического кризиса. Воздействие кризиса растянуто во времени. Продолжительность и характер влияния – одна из задач, решаемых в данном исследовании. Следуя за классическими работами по изучению влияния внешних воздействий [3–5], характер ВВС зададим следующей функцией:

$$I(t) = \begin{cases} 1 - a_1 \frac{T - t}{T - t_0 + 1}, & t < T; \\ 1, & t = T; \\ 1 - a_2 \frac{t - T}{t_1 - T + 1}, & t > T, \end{cases}$$

где t_0 и t_1 – определенные заранее параметры (более подробно – далее); a_1 , a_2 , T – параметры, оцениваемые при построении модели.

Заданная функция выбрана из предположения, что эффект ВВС вначале монотонно возрастает, а затем монотонно убывает. В предлагаемой модели используется линейная аппроксимация ВВС.

Среди параметров, которые определены заранее, можно отметить: t_0 – номер наблюдения временного ряда, соответствующий дате начала кризиса (сентябрь 2008 г.), и t_1 – номер наблюдения, соответствующий окончанию ВВС (в рассматриваемых примерах – последнее наблюдение рядов данных).

Параметры функции: a_1 , a_2 , T оцениваются перебором с использованием метода *auto-arma* [6] в пакете *R* [1, 7, 8]:

– параметр T отвечает за локальный максимум влияния события, его значение выбирается среди порядковых номеров наблюдений от t_0 до t_1 ;

– параметры a_1 , a_2 определяют, как быстро функция возрастает и, соответственно, убывает.

Все три параметра ищутся перебором. Наилучшие a_1 , a_2 , T выбираются по наименьшему критерию ошибки RMSE. Оценки параметров используются далее при анализе влияния ВВС.

Характер и задержка реакции рынка на экономический кризис. Как отмечалось, задержка реакции разных рынков на кризис и характер реакции различаются. На рис. 2 представлен характер реакции на кризис, т. е. функция $I(t)$ для каждого из рынков с оцененными параметрами a_1 , a_2 , T . На рис. 2 по оси Y отложена доля потерь рынка (%), соответствующая моментам наблюдений.

Изучая графики характера реакции различных экономических рынков на кризис, можно прийти к следующим выводам:

– рынок пива достаточно долго реагировал на кризис – максимальное воздействие кризиса наблюдалось спустя полтора года. Отсюда следует, что потребитель не сразу понял всю глубину кризиса, поэтому в первое время ограничивал свои покупки, но не так, как в 2009 г., когда стало окончательно ясно, что ситуация не простая;

– на рынке автомобилей еще полгода кризис находился в самом разгаре, после чего рост продаж возобновился. Анализируя реакцию цен на кризис на вторичном рынке автомобилей, становится понятно, почему динамика перерегистраций возобновила рост: в разгар кризиса цены зафиксировались на посткризисном уровне, стабилизировались и довольно незначительно корректировались;

– в сфере розничной торговли покупатели незначительно уменьшали свое потребление, наибольшее воздействие кризис оказал только спустя 14 месяцев;

– рынок недвижимости дольше всего реагировал на кризис – максимальное воздействие кризиса наблюдалось спустя два года.

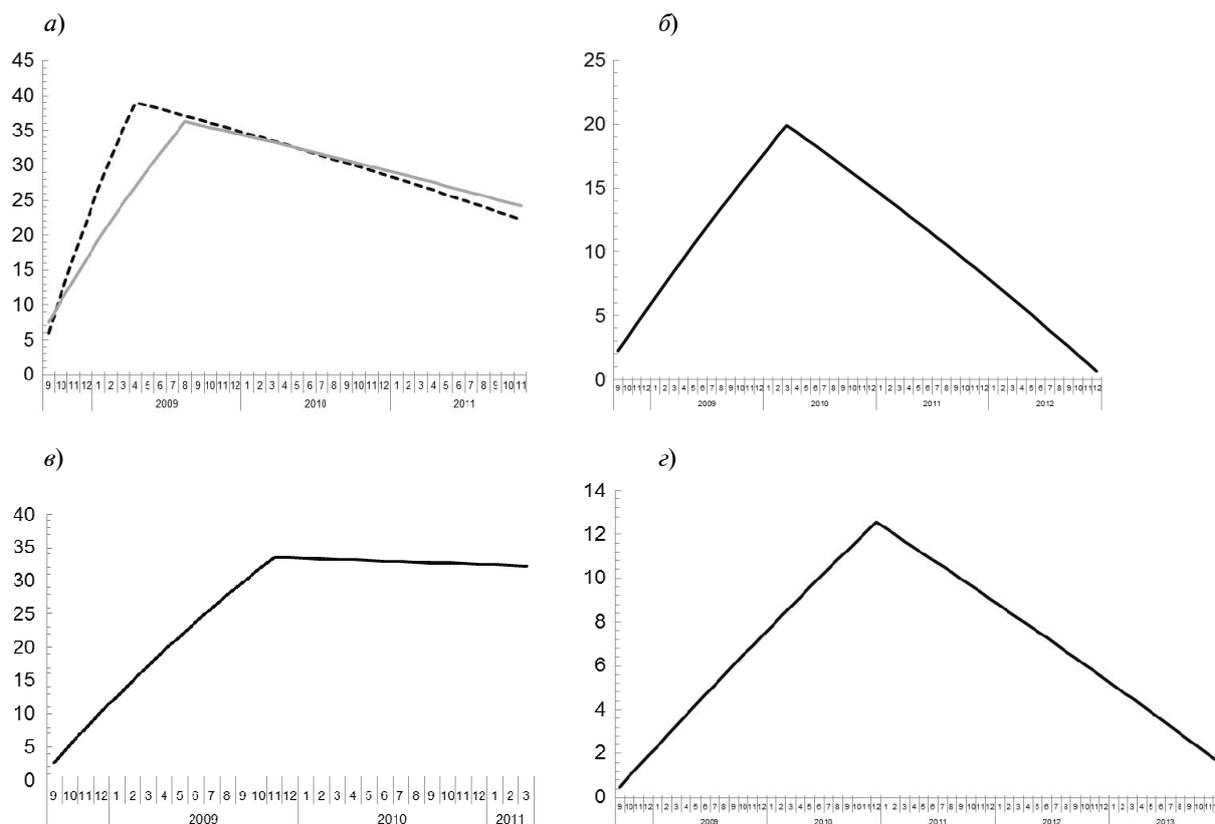


Рис. 2. Характер реакции рынков на экономический кризис 2008 г.:
 а – рынок подержанных автомобилей (черный пунктир) и цен; б – рынок пива;
 в – рынок розничной торговли; г – рынок цен на вторичную недвижимость

Модель для описания поведения рынков при отсутствии кризиса. Предлагаемая модель [9, 10] позволяет рассмотреть гипотетическую ситуацию, в которой исключено влияние кризиса. Таким образом, можно воспроизвести сценарный анализ «что если» и оценить, как развивалась бы ситуация, если бы кризиса не было. Для этого на данных строятся нейронные сети нестандартной архитектуры [11, 12]. Основная особенность заключается в модификации архитектуры сети таким образом, чтобы из нее можно было извлечь информацию о влиянии произошедших событий для количественной оценки эффекта ВВС [13]. Несмотря на то, что в рассматриваемых примерах оценивается влияние экономического кризиса, метод может применяться при оценке влияния любого ВС и пригоден для анализа любых управленческих решений [14].

Предлагаются следующие изменения архитектуры нейронной сети. На вход нейронной сети дополнительно подается k значений,

где k – число событий, эффект которых желательно измерить. Входные значения этих переменных формируются специально, алгоритм определения этих входных значений опишем далее. Затем будут различаться входные переменные и переменные, описывающие ВВС.

К нейронам внутреннего слоя добавляются нейроны, которые будут называться нейронами, отвечающими за ВВС. Из сети исключаются взаимодействия между внешними переменными и нейронами внутреннего слоя, отвечающими за ВВС, а также взаимодействия между переменными, описывающими ВВС, и остальными нейронами на внутреннем слое.

Как и у стандартной нейронной сети, для нейронов на внутреннем слое используется логистическая функция активации. На выходном слое функция активации – линейная.

В итоге получается достаточно необычная топология нейронной сети, которая представлена на рис. 3. Следует обратить внимание

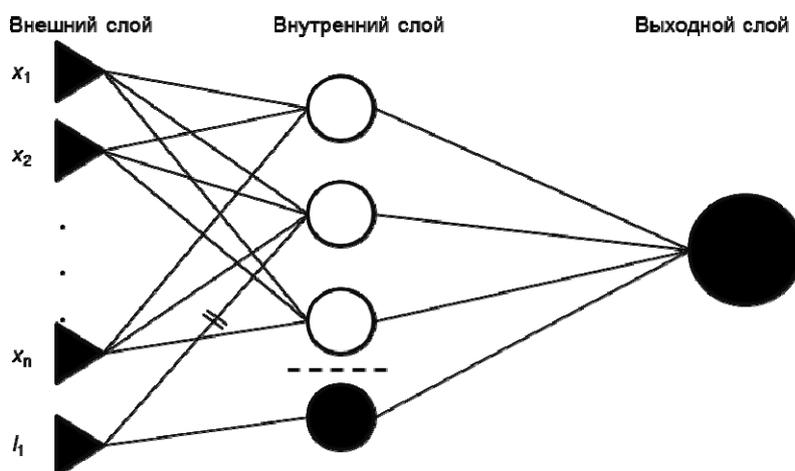


Рис. 3. Архитектура нейронной сети

на то, что перечеркнутые связи на рисунке – это связи, которые присутствуют в классической нейронной сети, но отсутствуют в предлагаемой архитектуре. При этом x_1, x_2, \dots, x_n – входные переменные, I_1 – переменная, описывающая ВВС.

Результаты построения нейронных сетей для каждого из рынков сравниваются со стандартными моделями ARIMA [15, 16] по критерию качества RMSE. В табл. 1 представлены итоги построения моделей для всех рынков. Можно отметить, что критерий RMSE для нейронных сетей в несколько раз меньше, чем для моделей ARIMA. Например, для случая рынка розничной торговли RMSE нейронных сетей в 13 раз меньше, а для рынка пива – в 3 раза.

Таблица 1

Сравнение результатов RMSE для моделей нейронных сетей и моделей ARIMA

Рынок	Нейронные сети	ARIMA
Пиво, л	6477	17 585
Подержанные автомобили:		
перерегистрации, шт.	1989	2247
цены, руб.	502	4363
Розничная торговля, млн руб.	22	289
Вторичная недвижимость, руб.	385	1090

Динамика рынков при отсутствии кризиса.

Предложенный инструмент позволяет исключить ВВС и смоделировать результаты деятельности для целей оценки потерь вследствие кризиса [17, 18]. На рис. 4–7 представлена динамика исследуемых рынков: черная линия отвечает за исходный ряд данных, серая сплошная линия – модель с использованием нейронных сетей.

Рынок пива в период максимального воздействия кризиса потерял 19,9 % объема продаж. Совокупные потери рынка пива вследствие кризиса оцениваются в 3144 млн л, что составляет 11 % от общего объема продаж пива за время воздействия кризиса (рис. 4).

Цены на вторичном рынке автомобилей в самый разгар кризиса оказались ниже на 36,2 % (рис. 5).

Рынок розничной торговли демонстрирует несколько иные результаты: совокупные потери составили 69 млрд р., что составляет 28,1 % от общих объемов продаж рынка. В момент максимального воздействия кризиса потери составили 33,5 % (рис. 6).

На рынке недвижимости в момент максимального воздействия кризиса цены упали на 12,5 % [19] (рис. 7).

В табл. 2 представлены сравнительные характеристики процента потерь в разных отраслях экономики. Больше всего кризис затронул вторичный рынок автомобилей (потери составили 39 %), наименьшее воздействие кризиса – на рынок вторичной недвижимости (12,5 %).

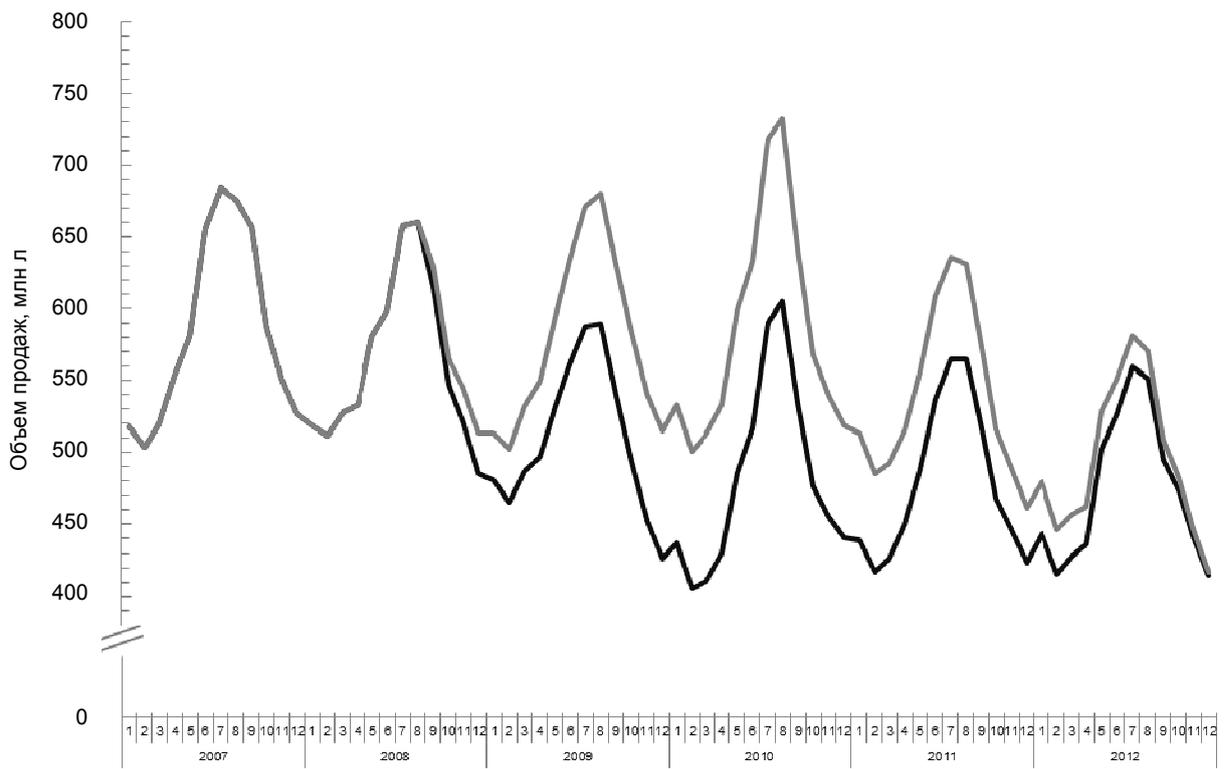


Рис. 4. Моделирование рынка пива с использованием нейронных сетей

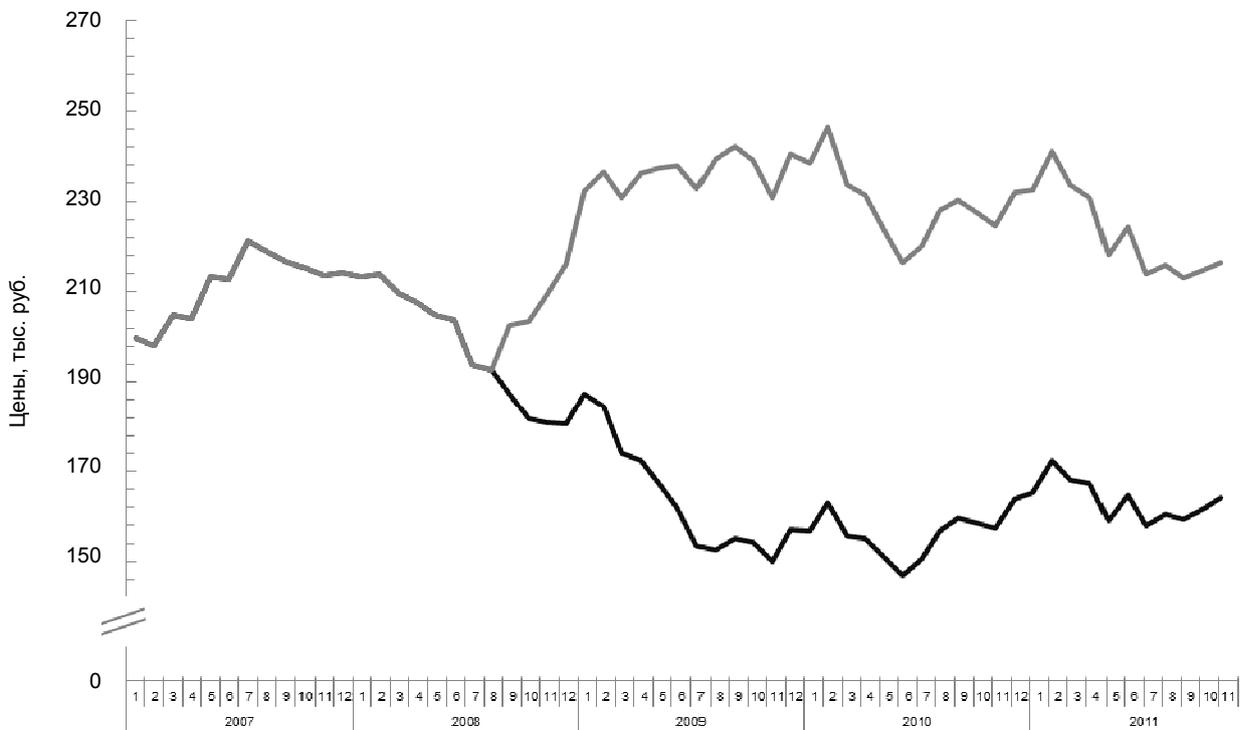


Рис. 5. Моделирование вторичного рынка автомобилей с использованием нейронных сетей

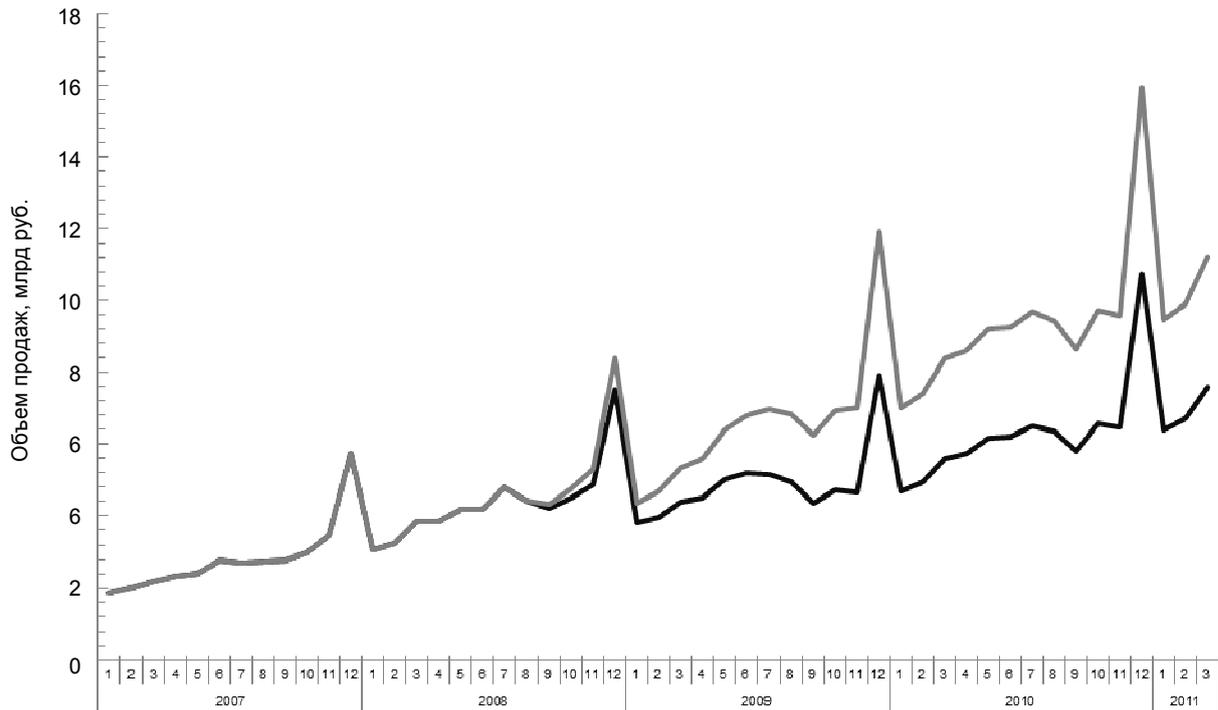


Рис. 6. Моделирование рынка розничной торговли с использованием нейронных сетей

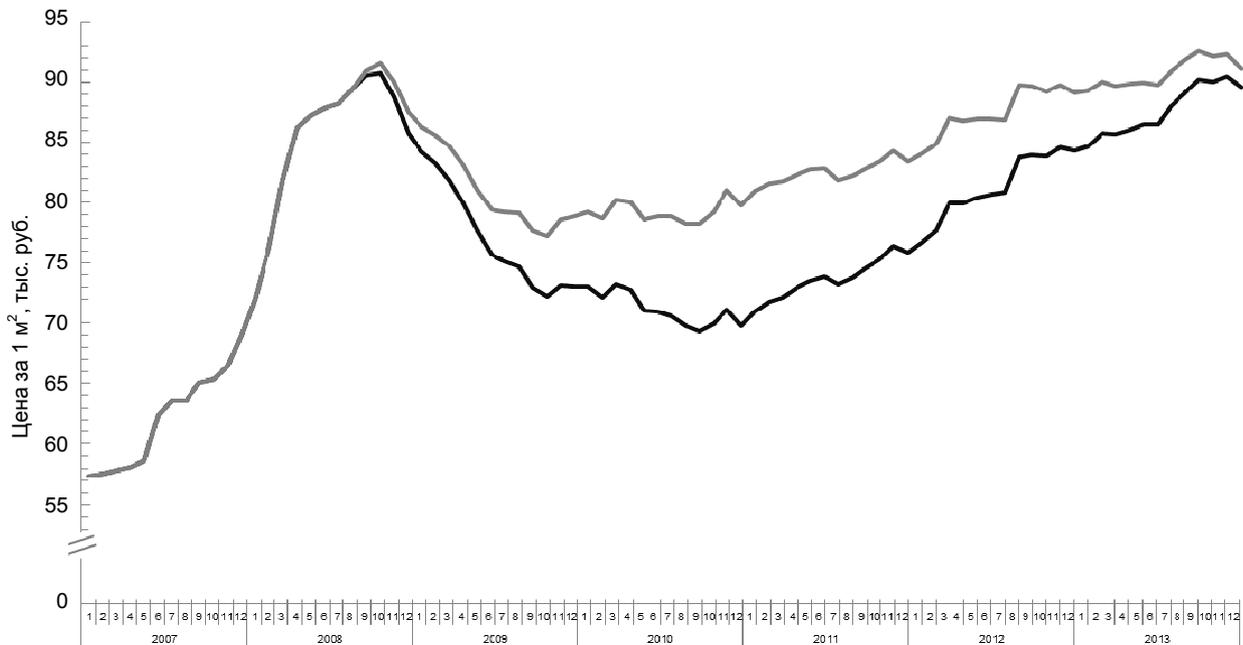


Рис. 7. Моделирование рынка недвижимости с использованием нейронных сетей

Таблица 2

**Сравнение потерь в разгар кризиса
в разных отраслях**

Рынок	Потери в разгар кризиса, %
Пиво (л)	19,9
Подержанные автомобили: перерегистрации (шт.)	39,0
цены, руб.	36,2
Розничная торговля (млн руб.)	33,5
Вторичная недвижимость (руб.)	12,5

Таким образом, изучен характер реакции четырех различных рынков (пиво, вторичная недвижимость, подержанные автомобили, розничная торговля) на экономический кризис 2008 г. Получены ответы на следующие вопросы: каков лаг реакции рынка на кризис?

каковы потери рынка в разгар кризиса? каковы суммарные потери рынка вследствие кризиса?

Как результат исследования следует отметить оценку длительности и характера воздействия кризиса на показатели рынков.

В основу исследований положен новый метод, построенный на нейронных сетях нестандартной архитектуры, предложенный Н.А. Валиотти и В.Л. Аббакумовым в [2]. Метод позволяет представить гипотетический сценарий развития рынка в ситуации, когда ВВС отсутствует, что дает возможность получить количественную оценку суммарных потерь рынка.

Данный метод предлагается рассматривать как инструмент для количественной оценки влияния внешних воздействий. Метод универсален для анализа эффекта ВВС в любой ситуации: как для прогнозируемых и заранее известных управленческих решений, так и для незапланированных внешних событий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аббакумов В.Л., Лезина Т.А.** Бизнес-анализ информации. Статистические методы: учебник // Серия: Учебники экономического факультета СПбГУ. СПб.: Экономика, 2009. 374 с.

2. **Валиотти Н.А., Аббакумов В.Л.** Количественное оценивание последствий управленческих решений на основе нейросетевых моделей // Прикладная информатика. 2013. № 5(47). М.: Синергия-Пресс, 2013. С. 6–13.

3. **Bergstra J., Bengio Y.** Random Search for Hyper-Parameter Optimization. *Universite de Montreal. J. Machine Learning Research*, 2012, vol. 13, pp. 281–305.

4. **Vox G., Tiao G.** Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problem // *Journal of the American Statistical Association*, 1975, pp. 70–79.

5. **Jon P. Nelson.** Consumer Bankruptcies and the Bankruptcy Reform Act: A Time-Series Intervention Analysis // *Journal of Financial Services Research*, 2000, vol. 17, no. 2, pp. 181–200.

6. **Hyndman R., Khandkar Y.** Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R. // *Journal of Statistical Software*, 2008, pp. 8–19.

7. **Юрков А.В.** Информационные системы в экономике : учеб. пособие / под ред. Т.А. Лезиной. СПб.: ОЦЭиМ, 2004. 100 с.

8. **Комаров И.И., Лезина Т.А., Скачкова В.В., Трошин В.И., Чаунин М.П.** Информационные технологии в бизнесе: учебник. СПб.: ОЦЭиМ, 2007. 350 с.

9. **Соколицын А.С., Иванов М.В., Соколицына Н.А.** Экономико-математическая модель опре-

деления величины краткосрочного кредита предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 2–1 (144). С. 121–124.

10. **Тимофеев С.А., Юрьев В.Н.** Модели прогнозирования динамики валютного курса на основе анализа фундаментальных показателей экономики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2013. № 2 (168). С. 146–152.

11. **Haykin S. Neural Networks.** A comprehensive foundation // Prentice-Hall, Inc. Canada, 1999, p. 652.

12. **Peter Zhang G.** Neural Networks in Business Forecasting. *Idea Group Publishing*, 2004, p. 15.

13. **Яковлева Е.А.** Применение модели экономической маржи для анализа экономической эффективности деятельности российской компании // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2013. № 1–2 (163). С. 131–137.

14. **Халин В.Г.** Модель формирования управленческих решений в национальной системе высшего образования // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 5: Экономика. 2008. Вып. 2.

15. **Vox G., Jenkins G.** Time series analysis: Forecasting and control. San Francisco: Holden-Day, 1970, p. 46.



16. Hyndman R.J., Koehler A.B., Ord J.K., Snyder R.D. Forecasting with Exponential Smoothing. *Softcover. The State Space Approach*, 2008, p. 360.
17. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономической динамики // Прикладная информатика. 2010. № 1(25). М.: Синергия-Пресс, 2010. С. 105.
18. Силкина Г.Ю., Богословская Н.М., Харитонова И.Ю. Математические аспекты теории измерений в экономике // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2013. № 1–1 (163). С. 140–147.
19. Липатников В.С., Лобас А.С., Гальдикайте К.В. Прогноз цены на инновационный продукт на основе анализа временных рядов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2013. № 4 (175). С. 128–134.

REFERENCES

1. Abbakoumov V.L., Lyozina T.A. Biznes-analiz informatsii. Statsiticheskie metody: uchebnik. *Seriya: Uchebniki ekonomicheskogo fakulteta SPbGU*. SPb., Ekonomika, 2009. 374 s. (rus)
2. Valiotti N.A., Abbakoumov V.L. Using neural network models for intervention analysis. *Prikladnaya informatika*, 2013, no. 5(47). Moscow, Sinergiya-Press, 2013, pp. 6–13. (rus)
3. Bergstra J., Bengio Y. Random Search for Hyper-Parameter Optimization. *Universite de Montreal. J. Machine Learning Research*, 2012, vol. 13, pp. 281–305.
4. Box G., Tiao G. Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problem. *Journal of the American Statistical Association*, 1975, pp. 70–79.
5. Jon P. Nelson. Consumer Bankruptcies and the Bankruptcy Reform Act: A Time-Series Intervention Analysis. *Journal of Financial Services Research*, 2000, vol. 17, no. 2, pp. 181–200.
6. Hyndman R., Khandkar Y. Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R. *Journal of Statistical Software*, 2008, pp. 8–19.
7. Jurkov A.V. Informatsionnye sistemy v ekonomike: uchebnoe posobie. Pod red. T.A. Lyozinoy. SPb.: OTSEiM, 2004. 100 s. (rus)
8. Komarov I.I., Lyozina T.A., Skatchkova V.V., Troshin V.I., Chaunin M.P. Informatsionnye tehnologii v biznese: uchebnik. SPb.: OTSEiM, 2007. 350 s. (rus)
9. Sokolitsyn A.S., Ivanov M.V., Sokolitsyna N.A. An economically-mathematical model of determining the amount of short-term credit of the enterprise. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2012, no. 2–1(144), pp. 121–124. (rus)
10. Timofeev S.A., Yuriev V.N. Modeling of the forecasting of dynamics of the exchange rate through the analysis of fundamental economic indicators. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2013, no. 2(168), pp. 146–152. (rus)
11. Haykin S. *Neural Networks*. A comprehensive foundation. *Prentice-Hall, Inc. Canada*, 1999, p. 652.
12. Peter Zhang G. *Neural Networks in Business Forecasting*. Idea Group Publishing, 2004, p. 15.
13. E.A. Jakovleva. Economic margin models as basic methods of the economic efficiency of russian companies. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2013, no. 1–2(163), pp. 131–137. (rus)
14. Halin V.G. Model formirovaniya upravlencheskih reshenik v natsionalnoj sisteme vishego obrazovaniya. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Ser. 5: Ekonomika*. 2008. Vip. 2. (rus)
15. Box G., Jenkins G. *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 1970, p. 46.
16. Hyndman R.J., Koehler A.B., Ord J.K., Snyder R.D. Forecasting with Exponential Smoothing. *Softcover. The State Space Approach*, 2008, p. 360.
17. Emeljanov A.A. Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskoy dinamiki. *Prikladnaya informatika*. 2010. № 1(25). М.: Синергия-Пресс, 2010. С. 105. (rus)
18. Silkina G.Yu., Bogoslovskaya N.M., Haritonova I.Yu. Mathematical aspects of the theory of measurements in economy. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2013, no. 1–1(163), pp. 140–147. (rus)
19. Lipatnikov V.S., Lobas A.S., Galdikaite K.V.. The forecast of price for innovative product based on analysis of time series. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2013, no. 4(175), pp. 128–134. (rus)

ВАЛИОТТИ Николай Александрович – аспирант экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

199034, Университетская наб., д. 7-9, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nick.valiotti@gmail.com

VALIOTTI Nikolay A. – St. Petersburg State University.

199034, Universitetskaya nab. 7-9. St. Petersburg. Russia. E-mail: nick.valiotti@gmail.com
