

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2020.98.38.013

Модели прогнозирования экономических трендов в региональной экономике

Успаева Милана Гумкиевна

Кандидат экономических наук,
доцент кафедры финансов и кредита,
Чеченский государственный университет,
364093, Российская Федерация, Грозный, ул. Шерипова, 32;
e-mail: uspaeva@mail.ru

Гачаев Ахмед Магомедович

Кандидат физико-математических наук, доцент,
Грозненский государственный нефтяной технический
Университет им. акад. М.Д. Миллионщикова,
364061, Российская Федерация, Грозный, пр. Х. Исаева, 100;
заведующий кафедрой высшей и прикладной математики,
Комплексный научно-исследовательский институт
им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук,
366002, Российская Федерация, Грозный, ул. Старопромысловское ш., 21 а;
e-mail: uspaeva@mail.ru

Аннотация

В статье определены преимущества интерактивных моделей временных рядов над параметрическими моделями для задач прогнозирования спроса на целевых сегментах рынков в системах бизнес-аналитики, поскольку первые включают предыдущие значения стационарного случайного процесса и его возмущений, тем самым повышая индивидуализированность модели. С целью аналитической оценки объема продаж на сегментах рынков применена модель Бокса-Дженкинса, которая дает возможность учесть различные особенности стационарных случайных процессов, получаемых после извлечения тренда из экспериментальных наблюдений. Для более точного построения прогнозов в моменты резкого изменения характера тенденций предлагается адаптировать предложенную модель включением в нее механизмов учета погрешностей по методу Трига-Лича. Предложена нечеткая модель управления ресурсами предприятия на основе сочетания общего метода идентификации нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний, что заключается в наличии этапа настройки нечеткой модели с помощью учебной выборки. Благодаря этому удастся подобрать такие веса нечетких правил и такие функции принадлежности, которые обеспечивают наибольшую близость результатов нечеткого логического вывода к правильным управленческим решениям.

Для цитирования в научных исследованиях

Успаева М.Г., Гачаев А.М. Модели прогнозирования экономических трендов в региональной экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 9А. С. 117-127. DOI: 10.34670/AR.2020.98.38.013

Ключевые слова

База знаний, учебная выборка, функции принадлежности, этап настройки, модель управления.

Введение

Наибольшее распространение в практических приложениях получили треугольные, трапециевидные и другие гауссовские функции принадлежности, параметры которых позволяют менять форму функций [Болотников, Ватутина, 2019]. В рассматриваемом методе идентификации используется простая и удобная для настройки аналитическая модель функции принадлежности, заданная формулой [Гизатулин, Вакуленко, 2017]. Преимущество данного подхода заключается в том, что он не требует постановки и решения сложных задач математического программирования. Вместо этого устанавливают экспертные правила «если – тогда», которые формализуются нечеткой логикой и настраиваются с помощью учебной выборки. Дальнейшее развитие этого подхода может осуществляться в направлении создания адаптивных (нейронечетких) моделей управления запасами, которые настраиваются по мере накопления экспериментальных данных об удачных решениях.

Основная часть

Точное (четкое) значение управляющего действия в момент t определяется по формуле:

$$y(t) = \frac{y\mu^{d_1}(y) + y_1\mu^{d_2}(y) + \dots + y_6\mu^{d_7}(y)}{\mu^{d_1}(y) + \mu^{d_2}(y) + \dots + \mu^{d_7}(y)} \quad (1)$$

Соотношение (1) определяет функциональную зависимость (2) в виде:

$$y(t) = F(x_1(t), x_2(t), W, B_1, C_1, B_2, C_2) \quad (2)$$

где $W = (w_1, w_2, \dots, w_{25})$ – вектор весовых коэффициентов правил в нечеткой базе знаний;

$B_1 = (b_1^{vD}, b_1^D, b_1^{St}, b_1^I, b_1^{vI})$, $B_2 = (b_2^{vL}, b_2^L, b_2^S, b_2^B, b_2^{vB})$ – векторы центров функций принадлежности соответственно переменных $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в соответствующие термины;

$C_1 = (c_1^{vD}, c_1^D, c_1^{St}, c_1^I, c_1^{vI})$, $\tilde{N}_2 = (\tilde{n}_2^{vL}, \tilde{n}_2^L, \tilde{n}_2^S, \tilde{n}_2^B, \tilde{n}_2^{vB})$ – векторы параметров концентрации функций принадлежности переменных $x_1(t)$ и $x_2(t)$ к соответствующим термам;

F – оператор связи входа-выхода, соответствующий формулам (1)-(2).

Предположим, что на основе решений об управлении запасами создана составленная

учебная выборка в виде M пар экспериментальных данных вида [Леонтьева, Мусин, Кочеткова, Романова, 2019] (рисунки 1, 2):

$$(\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t), \hat{y}_3(t)), t = \overline{t_0, t_{\max}}, \quad (3)$$

где $x_1(t)$ и $x_2(t)$ – параметры состояния системы управления запасами в момент времени t ; $y(t)$ – управляющее действие в момент времени t .

Настройка модели управления запасами заключается в подборе таких параметров функций принадлежности b , c и весовых коэффициентов нечетких правил w_i , которые обеспечивают минимум расхождения между модельными и экспериментальными данными [Рачин, Одинцова, 2019]:

$$\sum_{t=1}^M [F(\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t), W, B_1, B_2, C_2) - \hat{y}(t)]^2 = \min_{W, B_1, C_1}, i = 1, 2 \quad (4)$$

Для решения задачи нелинейной оптимизации (4) применено сочетание генетического алгоритма и нейронной сети в соответствии с изложенной методикой [Габдулхакова, Нурийахметова, 2019].

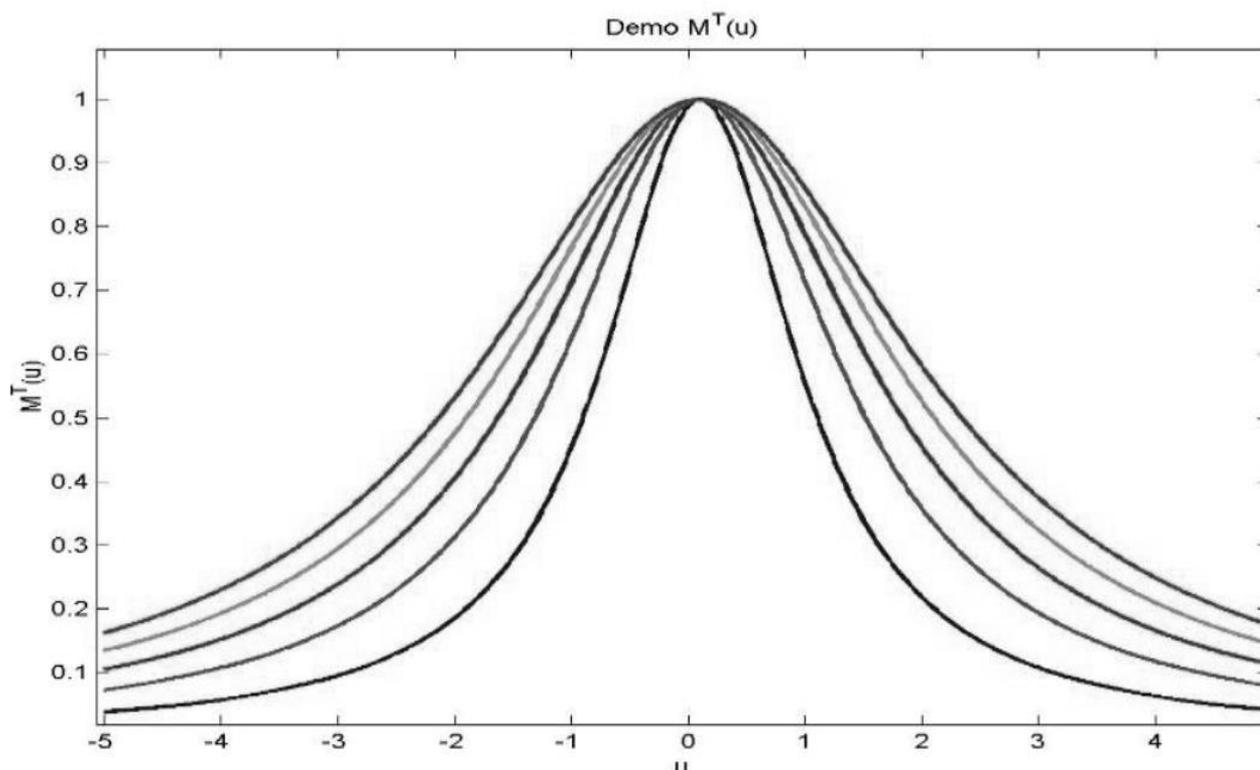


Рисунок 1 - Иллюстрация функции принадлежности

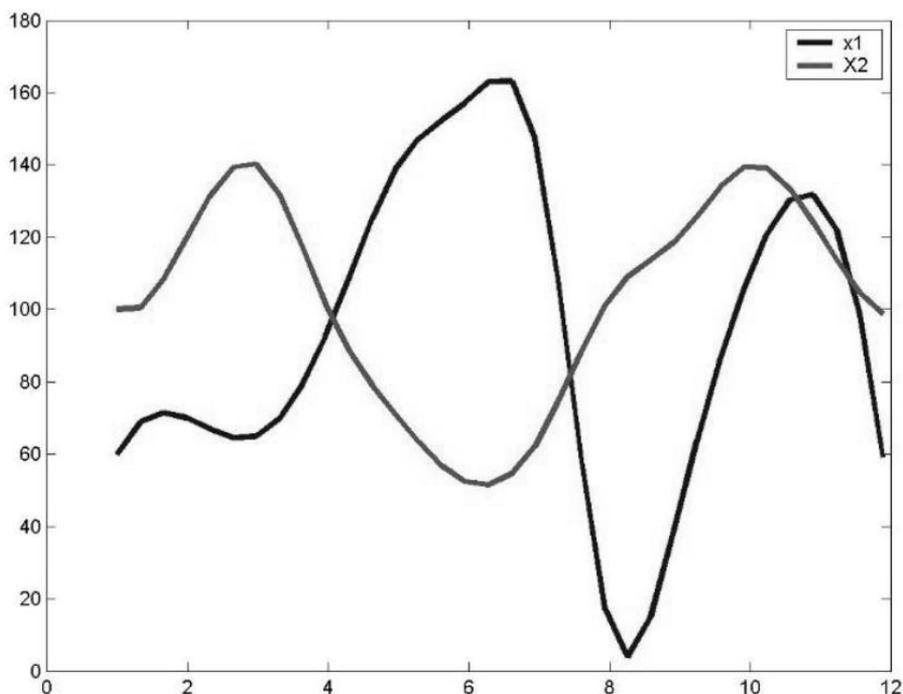


Рисунок 2 - График учебной выборки

Нечеткая модель управления запасами строилась для крупного сборочного предприятия, использующего широкий ассортимент материалов и комплектующих. Диапазоны изменения входных и выходной переменных составляли [Кадырова, Салтыков, 2019]:

$$x_1(t) \in [0, 200] \cdot 10^2 \text{ кг};$$

$$x_2(t) \in [70, 170] \cdot 10^2 \text{ кг};$$

$$y(t) \in [-100, 100] \cdot 10^2 \text{ кг}.$$

(5)

Управление запасами на предприятии осуществляется один раз в день [Мальчиков, 2011].

Как учебная выборка брались значения троек $(\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t), \hat{y}(t))$, что соответствуют действиям опытного менеджера, когда спрос на продукцию удовлетворяется при минимально допустимом запасе продукции на складе [Ларченко, Яськова, 2019].

Определим динамику изменения входных и выходной переменных от времени t по данным 2019 года [Вертинова, Вивдыч, 2019]. Например, в точках $t = 120$ и $t = 320$ управление заключалось в увеличении запаса на $25 \cdot 10^2$ кг и уменьшении запаса на $15 \cdot 10^2$ соответственно. При этом остаток продукции на складе после управления $x_1(t) - x_2(t) - y(t)$ составлял $53 \cdot 10^2$ кг и $2 \cdot 10^2$ кг соответственно. Эти величины не превышают допустимой величины запаса, составляющего $65 \cdot 10^2$ кг. Динамика изменения остатка продукции после управления свидетельствует об устойчивости управления, то есть тенденции стремления показателя отклонения к нулю [Кайко, Лебедева, 2019].

Функции принадлежности нечетких термов для переменных $x_1(t)$ и $x_2(t)$, а также их параметры b и c до и после обучения представлены на рисунках 3-6, а также в таблицах 1 и 2.

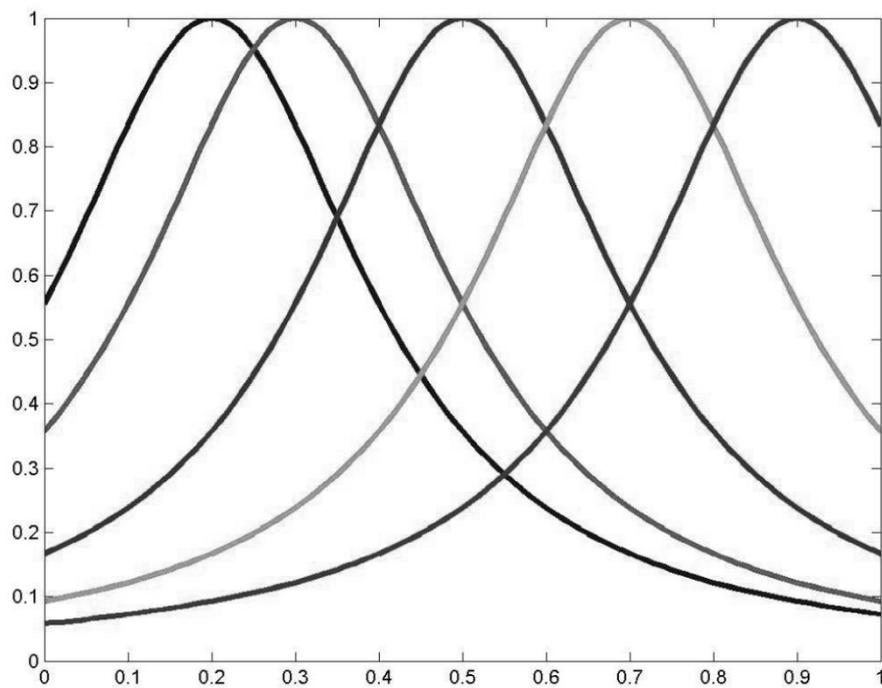


Рисунок 3 - Функции принадлежности нечетких термов $x_1(t)$ к учебе

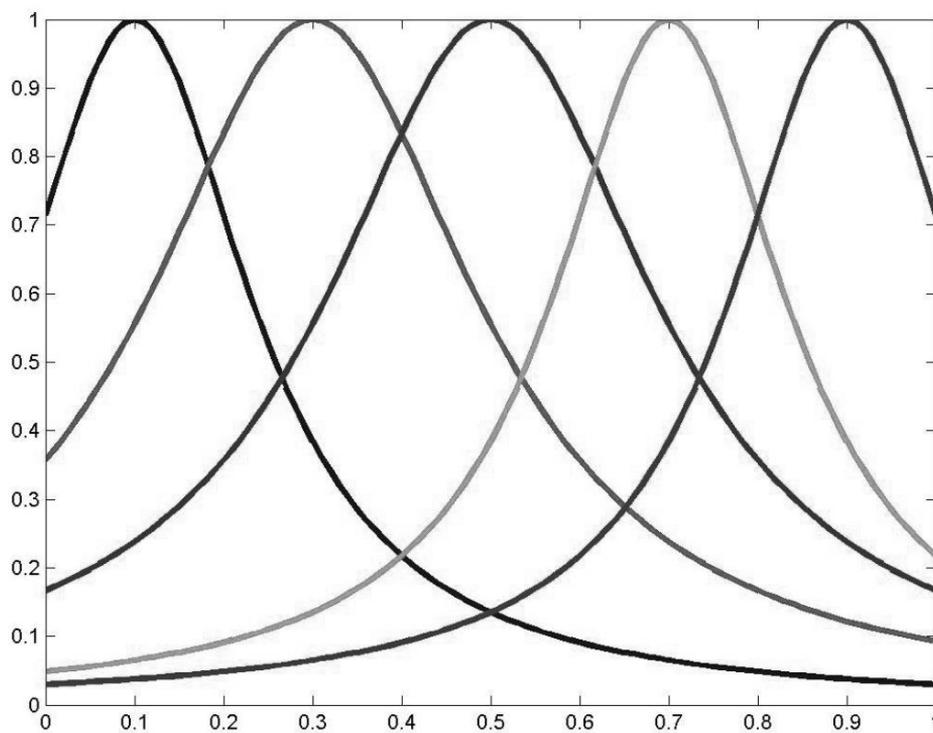


Рисунок 4 - Функции принадлежности нечетких термов $x_2(t)$ к учебе

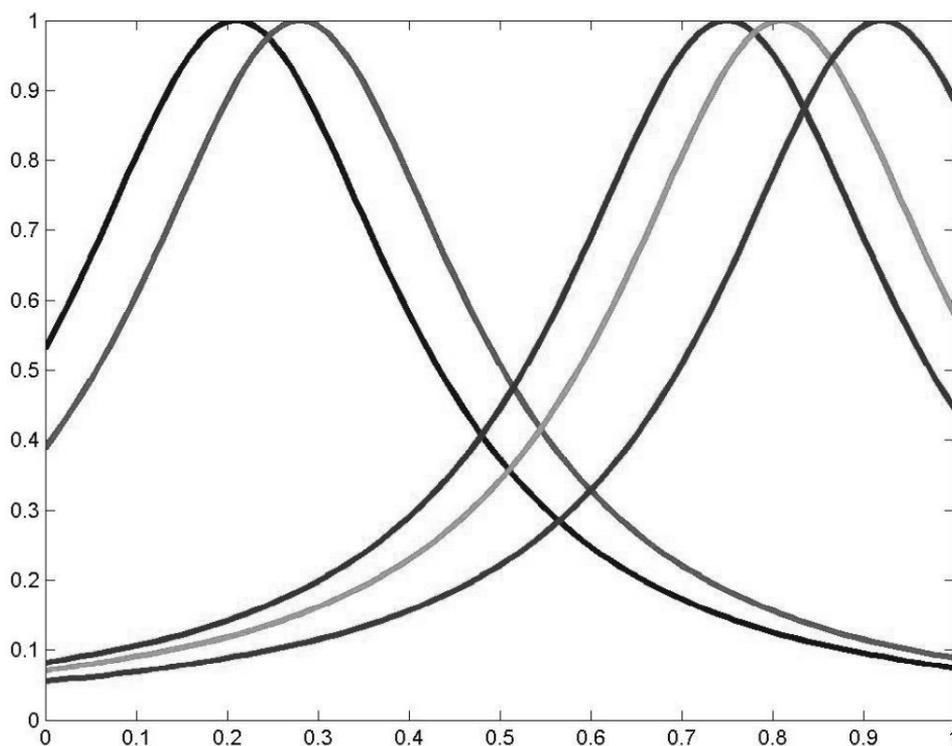


Рисунок 5 - Функции принадлежности нечетких термов $x_1(t)$ после обучения

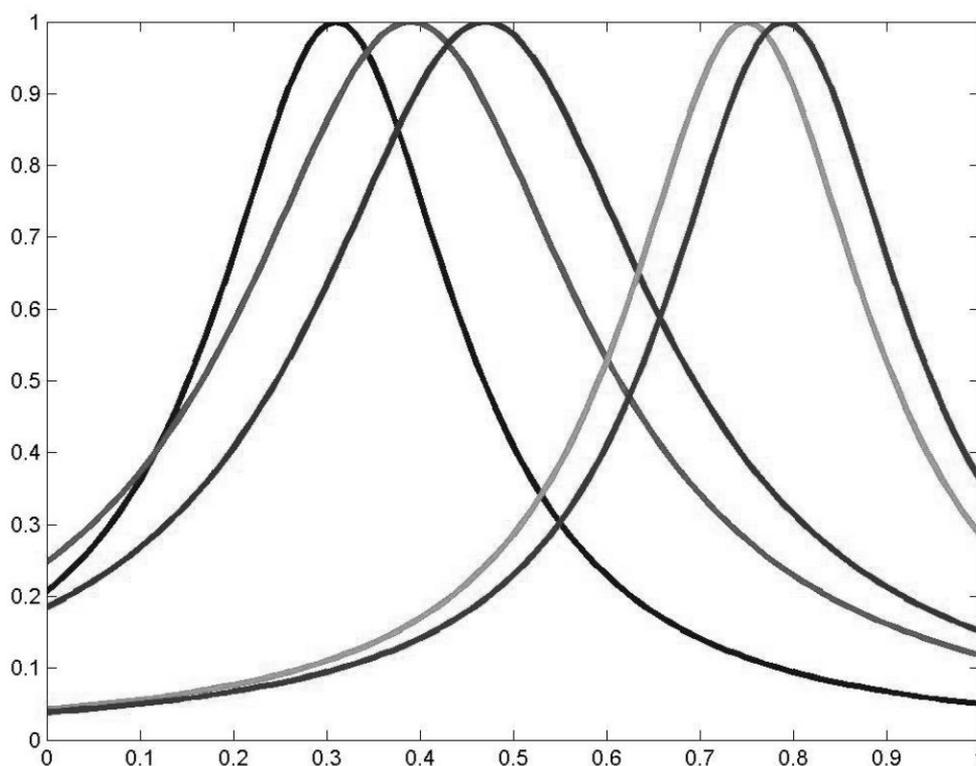


Рисунок 6 - Функции принадлежности нечетких термов $x_2(t)$ после обучения

Таблица 1 - Параметры функций принадлежности нечетких термов переменной $x_1(t)$ до (после) обучения

Лингвистические оценки переменной $x_1(t)$	Значение параметров функции принадлежности	
	b	c
Очень падает (νD)	0 (1.95)	70 (44.11)
Падает (D)	50 (30.54)	70 (42.85)
Устойчивый (St)	100 (105.77)	70 (35.68)
Растет (I)	150 (170.04)	70 (40.12)
Очень растет (νI)	200 (199.43)	70 (47.55)

Таблица 2 - Параметры функций принадлежности нечетких термов переменной $x_2(t)$ до (после) обучения

Лингвистические оценки переменной $x_2(t)$	Значение параметров функции принадлежности	
	b	c
Очень маленький (νL)	70 (75.46)	35 (18.76)
Маленький (L)	95 (85.12)	35 (22.12)
Достаточный (S)	120 (125.15)	35 (16.75)
Большой (B)	145 (157.99)	35 (14.54)
Очень большой (νB)	170 (168.63)	35 (12.69)

В таблице 3 представлены весовые коэффициенты правил, входящих в нечеткую базу знаний, до и после обучения.

Таблица 3 - Весовые коэффициенты правил нечеткой базы знаний

$x_2(t)$	Весы правил до (после) обучения в зависимости от $x_1(t)$				
	νD	D	St	I	νI
$\nu \hat{A}$	1(0.954)	1(0.755)	1(0.999)	1(0.967)	1(0.578)
\hat{A}	1(0.986)	1(0.711)	1(0.897)	1(0.679)	1(0.953)
S	1(0.695)	1(0.538)	1(0.854)	1(0.968)	1(0.680)
L	1(0.842)	1(0.943)	1(0.799)	1(0.869)	1(0.947)
νL	1(0.857)	1(0.851)	1(0.859)	1(0.995)	1(0.867)

Сравнение значения остатка продукции на складе в результате управления до и после обучения нечеткой модели показано на рисунке 7.

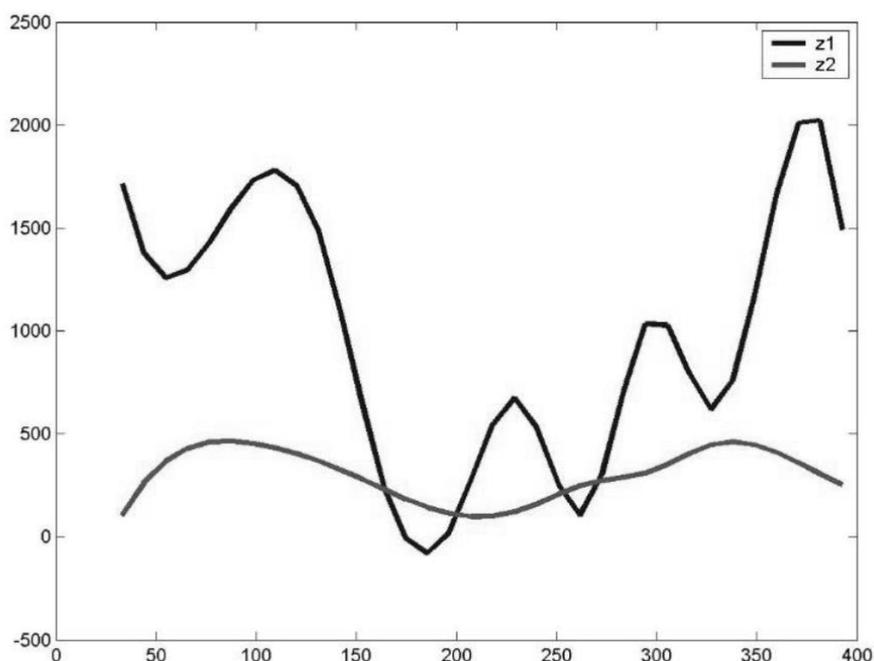


Рисунок 7 - График остатка неиспользованной продукции при управляющем действии до обучения (z_1) и после обучения (z_2) нечеткой модели

Рассмотрен подход к решению задачи управления запасами с использованием доступной информации о текущих значениях спроса на данный вид ресурса и размеры его запаса на складе [Третьякова, Масалова, Глазкова, 2020]. В основу подхода положен метод идентификации нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний. Показано, что настройка нечеткой модели по учебной выборке позволяет приближать модельные управления к решениям опытного эксперта [Джафаров, Птицын, Хромова, 2019].

Заключение

Преимущество предложенного подхода заключается в том, что он не требует постановки и решения сложных задач математического программирования [Маслова, 2012]. Вместо этого устанавливаются экспертные правила «если – тогда», которые формализуются нечеткой логикой и настраиваются с помощью учебной выборки [Шишковец, 2020]. Дальнейшее развитие этого подхода может осуществляться в направлении создания адаптивных (нейронечетких) моделей управления запасами, которые настраиваются по мере накопления экспериментальных данных об удачных решениях [Бахтин, 2020]. При этом учитываются факторы, влияющие на значение спроса и запаса: сезонность, отпускная и закупочная цена, стоимость доставки, мощность заводу поставщика и др.

Библиография

1. Бахтин И.В. Разработка чат-ботов для автоматизации бизнес- процессов // Форум молодых ученых. 2020. № 2 (42). С. 48-50.
2. Болотников С.В., Ватутина Л.А. Применение количественного (частотного) анализа для управленческой операционализации понятия «современный бизнес-процесс» // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 12 (102).

- С. 180-184.
3. Вертинова А.А., Вивдыч Ю.О. Управление качеством в бизнес-процессах // Актуальные вопросы современной экономики. 2019. № 6-2. С. 264-272.
 4. Габдулхакова М.Н., Нурыяхметова С.М. Современные подходы к моделированию и анализу бизнес-процессов предприятия // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9 (110). С. 850-852.
 5. Гизатулин А.М., Вакуленко Д.В. Системно-динамическое моделирование логистических бизнес-процессов предприятия пищевой промышленности // Новое в экономической кибернетике. 2017. № 3. С. 17-29.
 6. Джафаров Э.И., Птицын С.Д., Хромова А.В. Анализ рынка нефтепродуктов самарской области и рассмотрение бизнес-процесса в системе «Коммитент-комиссионер» // Вектор экономики. 2019. № 12 (42). С. 34.
 7. Кадырова О.В., Салтыков А.В. Факторы, влияющие на эффективность системы управления бизнес-процессами // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9 (110). С. 1136-1139.
 8. Кайко А.М., Лебедева М.Н. Совершенствование системы управления бизнес-процессами в рыбной отрасли // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9 (110). С. 820-824.
 9. Ларченко Ю.Г., Яськова К.Г. Анализ показателей бизнес-процесса // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. Т. 2. № 4 (40). С. 104-107.
 10. Леонтьева Ю.С., Мусин У.Р., Кочеткова С.Ф., Романова О.В. Внедрение технологических инноваций в бизнес-процессы машиностроительного предприятия // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 10-1. С. 41-50.
 11. Мальчиков М.С. Концептуальный подход к оценке эффективности бизнес-процессов в системе управления строительным предприятием // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9 (110). С. 1115-1118.
 12. Маслова Т.Е. Механизм управления инновационными бизнес-процессами на основе кластеризации фармацевтических промышленных предприятий // Экономика и предпринимательство. 2019. № 9 (110). С. 897-902.
 13. Рачин В.А., Одинцова Н.П. Автоматизация бизнес-процессов материально-технического снабжения в цепи поставок предприятия // Журнал «У». Экономика. Управление. Финансы. 2019. № 4 (18). С. 129-138.
 14. Третьякова В.А., Масалова Д.А., Глазкова А.М. Применение экологических концепций в бизнес-процессах // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 2 (36). С. 516-518.
 15. Шишковец Е.А. Анализ бизнес-процессов с использованием технологии Process mining // Центральный научный вестник. 2020. Т. 5. № 4-6 (93-95). С. 8-9.

Models for forecasting economic trends in the regional economy

Milana G. Uspaeva

PhD in Economics,
Associate Professor of the Department of finance and credit,
Chechen State University,
364093, 32 Sheripova st., Grozny, Russian Federation;
e-mail: uspaeva@mail.ru

Akhmed M. Gachaev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Grozny State Oil Technical University
named after Academician M.D. Millionschikov,
364061, 100 Kh. Isaev Ave., Grozny, Russian Federation;
Head of the Department of higher and applied mathematics,
Complex Scientific Research Institute named after H.I. Ibragimov
of the Russian Academy of Sciences,
366002, 21 a, Staropromyslovskoe sh., Grozny, Russian Federation;
e-mail: uspaeva@mail.ru

Abstract

The article determines the advantages of interactive time series models over parametric models for forecasting demand in target market segments in business intelligence systems, since the former include the previous values of a stationary random process and its perturbations, thereby increasing the individualization of the model. For the purpose of analytical estimation of sales volume in market segments, the Box-Jenkins model is applied, which makes it possible to take into account various features of stationary random processes obtained after extracting a trend from experimental observations. For more accurate forecasting at times of sharp changes in the nature of trends, it is proposed to adapt the proposed model by including mechanisms for accounting for errors using the Trigg-Leach method. A fuzzy model of enterprise resource management is proposed based on a combination of a general method for identifying nonlinear dependencies with fuzzy knowledge bases, which consists in the presence of a stage for setting up a fuzzy model using a training sample. This makes it possible to choose such weights of fuzzy rules and such membership functions that ensure the greatest proximity of the results of fuzzy logical inference to the correct management decisions.

For citation

Uspæeva M.G., Gachaev A.M. (2020) Modeli prognozirovaniya ekonomicheskikh trendov v regional'noi ekonomike [Models for forecasting economic trends in the regional economy]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (9A), pp. 117-127. DOI: 10.34670/AR.2020.98.38.013

Keywords

Knowledge base, training sample, membership functions, configuration stage, management model.

References

1. Bakhtin I.V. (2020) Razrabotka chat-botov dlya avtomatizatsii biznes- protsessov [Development of chat bots for automating business processes]. *Forum molodykh uchenykh* [Forum of young scientists], 2 (42), pp. 48-50.
2. Bolotnikov S.V., Vatutina L.A. (2019) Primenenie kolichestvennogo (chastotnogo) analiza dlya upravlencheskoi operatsionalizatsii ponyatiya «sovremennyi biznes-protsess» [Application of quantitative (frequency) analysis for managerial operationalization of the concept of "modern business process"]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and business: ways of development], 12 (102), pp. 180-184.
3. Dzhafarov E.I., Ptitsyn S.D., Khromova A.V. (2019) Analiz rynka nefteproduktov samarskoi oblasti i rassmotrenie biznes-protssesa v sisteme «Kommitent-komissioner» [Analysis of the market of petroleum products of the Samara region and consideration of the business process in the system "Commissary-commissioner"]. *Vektor ekonomiki* [Vector of Economics], 12 (42), pp. 34.
4. Gabdulkhakova M.N., Nuryiakhmetova S.M. (2019) Sovremennye podkhody k modelirovaniyu i analizu biznes-protsessov predpriyatiya [Modern approaches to modeling and analysis of enterprise business processes]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 9 (110), pp. 850-852.
5. Gizatulin A.M., Vakulenko D.V. (2017) Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie logisticheskikh biznes-protsessov predpriyatiya pishchevoi promyshlennosti [System-dynamic modeling of logistic business processes of a food industry enterprise]. *Novoe v ekonomicheskoi kibernetike* [New in economic cybernetics], 3, pp. 17-29.
6. Kadyrova O.V., Saltykov A.V. (2019) Faktory, vliyayushchie na effektivnost' sistemy upravleniya biznes-protsessami [Factors affecting the efficiency of the business process management system]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship], 9 (110), pp. 1136-1139.
7. Kaiko A.M., Lebedeva M.N. (2019) Sovershenstvovanie sistemy upravleniya biznes-protsessami v rybnoi otrasli [Improving the management system of business processes in the fish industry]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 9 (110), pp. 820-824.
8. Larchenko Yu.G., Yas'kova K.G. (2019) Analiz pokazatelei biznes-protssesa [Analysis of business process indicators].

- Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Uchenye zapiski Komsomolsk-on-Amur State Technical University], 2/4 (40), pp. 104-107.
9. Leont'eva Yu.S., Musin U.R., Kochetkova S.F., Romanova O.V. (2019) Vnedrenie tekhnologicheskikh innovatsii v biznes-protsessy mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Introduction of technological innovations into business processes of a machine-building enterprise]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economy: yesterday, today, tomorrow], 9(10-1), pp. 41-50.
 10. Mal'chikov M.S. (2019) Kontseptual'nyi podkhod k otsenke effektivnosti biznes-protsessov v sisteme upravleniya stroitel'nym predpriyatiem [Conceptual approach to assessing the effectiveness of business processes in the management system of a construction enterprise]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship], 9 (110), pp. 1115-1118.
 11. Maslova T.E. (2019) Mekhanizm upravleniya innovatsionnymi biznes-protsessami na osnove klasterizatsii farmatsevticheskikh promyshlennykh predpriyatii [A mechanism for managing innovative business processes based on clustering of pharmaceutical industrial enterprises]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship], 9 (110), pp. 897-902.
 12. Rachin V.A., Odintsova N.P. (2019) Avtomatizatsiya biznes-protsessov material'no-tekhnicheskogo snabzheniya v tsepi postavok predpriyatiya [Automation of business processes of material and technical supply in the supply chain of an enterprise]. *Zhurnal "U". Ekonomika. Upravlenie. Finansy* [Journal of U. Economics. Control. Finance], 4 (18), pp. 129-138.
 13. Shishkovets E.A. (2020) Analiz biznes-protsessov s ispol'zovaniem tekhnologii Process mining [Analysis of business processes using the Process mining technology]. *Tsentral'nyi nauchnyi vestnik* [Central Scientific Bulletin], 5(4-6)/ (93-95), pp. 8-9.
 14. Tret'yakova V.A., Masalova D.A., Glazkova A.M. (2020) Primenenie ekologicheskikh kontseptsii v biznes-protsessakh [Application of ecological concepts in business processes]. *Nauchnyi elektronnyi zhurnal Meridian* [Scientific electronic journal Meridian], 2 (36), pp. 516-518.
 15. Vertinova A.A., Vivdych Yu.O. (2019) Upravlenie kachestvom v biznes-protsessakh [Quality management in business processes]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki* [Actual problems of modern economics], 6-2, pp. 264-272.