

Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

JEL Classification: C53

УДК 338.27

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ М'ЯКИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

Чернов В. Г.
Дорохов О. В.

Анотація. Наведено та проаналізовано основні чинники, що визначають труднощі застосування традиційних класичних методів прогнозування в умовах ситуаційної нерегулярності та невідтворюваності, інших невизначеностей, що притаманні багатьом економічним процесам у сучасних умовах. Обґрунтовано можливість і доцільність використання в цьому випадку комбінації кількісних і якісних, зокрема лінгвістичних, оцінок для отримання надійних і достовірних прогнозних значень. Наведено узагальнений методологічний підхід і послідовність розробки відповідної експоненційної моделі прогнозування. Запропонована модель використовує експертні лінгвістичні оцінки, що обробляються на основі теорії нечітких множин, зокрема, у вигляді їх представлення відповідними функціями приналежності. Викладений нечітко-множинний підхід до реалізації адаптивних методів прогнозування дає можливість підвищення точності та достовірності прогнозів. Він дозволяє отримувати обґрунтовані результати та приймати раціональні управлінські рішення в умовах фактичної недостатності, малодостовірності, нечіткості вхідної інформації для завдань прогнозування в різноманітних економічних умовах.

Ключові слова: адаптивне прогнозування, прогнозування в умовах невизначеності, експоненціальне згладжування, авторегресія.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Чернов В. Г.
Дорохов А. В.

Аннотация. Приведены и проанализированы основные факторы, определяющие трудности применения традиционных классических методов прогнозирования в условиях ситуационной нерегулярности и невоспроизводимости, других неопределенностей, присущих многим экономическим процессам в современных условиях. Обоснована возможность и целесообразность использования в этом случае комбинации количественных и качественных, в частности лингвистических, оценок для получения надежных и достоверных прогнозных значений. Приведены обобщенный методологический подход и последовательность разработки соответствующей экспоненциальной модели прогнозирования. Предложенная модель использует экспертные лингвистические оценки, которые обрабатываются на основе теории нечетких множеств, в частности, в виде их представления соответствующими функциями принадлежности. Изложенный нечетко-множественный подход к реализации адаптивных методов прогнозирования позволяет существенно повысить точность и достоверность прогнозов. Он позволяет получить обоснованные результаты и

принимать рациональные управленческие решения в условиях фактической недостаточности, малодостоверности, нечеткости исходной информации для задач прогнозирования в различных экономических условиях.

Ключевые слова: адаптивное прогнозирование, прогнозирование в условиях неопределенности, экспоненциальное сглаживание, авторегрессия.

POSSIBILITIES OF USING SOFT COMPUTING FOR ADAPTIVE FORECASTING

V. Chernov
O. Dorokhov

Abstract. There presented and analyzed the main factors that cause difficulties in application of traditional classical forecasting methods under situational irregularities and non-repeatability, and other uncertainties inherent in many economic processes in the modern world. The possibility and feasibility of using in this case the combination of quantity and quality evaluations, in particular, linguistic ones to obtain valid and reliable forecasting values is justified. The generalized methodological approach and sequence of development of a corresponding exponential forecasting model are given. The proposed model uses expert linguistic evaluations processed on the basis of the theory of fuzzy sets, in particular, in the form of their representation by corresponding membership functions. The presented fuzzy-set approach to implementation of adaptive forecasting methods can significantly improve the accuracy and reliability of forecasts. It allows to get valid results and make rational management decisions in terms of actual insufficiency, low reliability, fuzziness of initial information for forecasting tasks under different economic conditions.

Keywords: adaptive forecasting, forecasting under uncertainty, exponential smoothing, autoregression.

Вступ. Особливістю багатьох економічних процесів, з якими доводиться стикатися при вирішенні різноманітних завдань прогнозування в умовах ринкового середовища, є ситуаційна нерегулярність і невідтворюваність, значний вплив чинників, що знаходяться за межами компетенції та інформаційного забезпечення дослідника.

Це призводить до того, що генетичне перенесення сформованих тенденцій на перспективу, навіть на обмеженому часовому відрізку, стає невірним підходом, тому що наявність нестабільності руйнує закономірності попереднього сталого розвитку, його темпи та пропорції у перспективі набувають значною мірою невизначеного характеру [1–4].

Аналіз публікацій і визначення проблеми. Унікальність і нетиражованість, що визначають відсутність достатньої передісторії, неможливість надійно використовувати метод аналогій, призводять до того, що числові параметри, на основі яких згодом приймаються рішення, мають вельми невизначений характер. При цьому рівень цієї невизначеності, як правило, в явному вигляді не враховується.

У той же час традиційні класичні методи прогнозування розраховані на використання тільки числових даних, що в умовах їх недостатньої визначеності не дозволяє сподіватися на обґрунтований і достовірний характер прогнозних оцінок [5–7].

Крім цього, в традиційних методах прогнозування практично відсутні можливості оперувати з якісними, лінгвістичними оцінками як такими.

Але в певних умовах такі оцінки можуть виявитися більш інформативними, ніж числові, або взагалі єдиними наявними та можливими. Отже, можна очікувати, що саме комбінація кількісних і якісних оцінок та відповідних методів їх спільної обробки дасть можливість отримати більш надійні прогнозні значення [8–10].

В такому випадку доцільно звернути увагу на адаптивні моделі та методи. Як відомо, адаптивні моделі та методи мають механізм автоматичного налаштування на зміну досліджуваного показника. В них інструментом прогнозу виступає модель, первісна оцінка параметрів якої проводиться за кількома початковими спостереженнями. На її основі здійснюється прогноз, який порівнюється з фактичними спостереженнями [11–13].

Далі модель корегується відповідно до величини помилки прогнозу і знову використовується для прогнозування наступного значення, аж до вичерпання всіх моментів спостереження.

Таким чином, модель постійно сприймає нові дані, пристосовується до них і до кінця періоду спостереження відображає тенденцію, що склалася на поточний момент.

Як базові адаптивні моделі розглядають моделі за схемою середнього змінного або експоненціального згладжування і модель авторегресії.

В цьому випадку оцінкою поточного рівня вважається зважене середнє всіх попередніх рівнів, при цьому ваги при спостереженнях враховують міру віддалення від останнього поточного рівня, тобто інформаційна цінність спостережень тим більше, чим ближче вони до періоду спостережень.



Прогнозування на основі експоненціального згладжування набуло широкого поширення головним чином завдяки його простоті та достовірності при прогнозуванні на один період [14–16]. Одержуваний при цьому прогноз є теоретично стійким.

Виходячи з огляду та аналізу літературних наукових джерел, результати якого стисло наведені вище, а також наявності різноманітних і суттєвих невизначеностей різнобічного походження, що виникають в процесі вирішення практично всіх задач адаптивного моделювання та прогнозування в економіці, нами поставлено за мету окреслити основні методологічні підходи та напрямки покращання адаптивного прогнозування за рахунок використання методології нечіткого моделювання та теорії нечітких множин. Зокрема, пропонується розглянути доцільність і послідовність урахування невизначеностей шляхом побудови нечітких моделей прогнозування на основі нечітких чисел, а в подальшому – лінгвістичних функцій приналежності та їх термів.

Постановка завдання. Експоненціальна модель прогнозу, що досліджується, зазвичай ґрунтується на співвідношенні:

$$y(t+1) = \alpha_1 y(t) + \alpha_2 y(t-1) + \dots + \alpha_r y[t-(r-1)] + \dots$$

При цьому, звичайно $\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_r$, та $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_r = 1$.

$$\alpha_2 = (1-\alpha)\alpha_1,$$

$$\alpha_3 = (1-\alpha)\alpha_2,$$

...

$$\alpha = \text{const.}$$

З умов нормування $\alpha_1 = \alpha$ відповідно випливає, що:

$$\alpha_2 = (1-\alpha)\alpha,$$

$$\alpha_3 = (1-\alpha)^2 \alpha,$$

...

Як вказується в ряді перелічених вище робіт, вибір коефіцієнта α є доволі суб'єктивним і ґрунтується на досить приблизних оцінках коливань процесу, який аналізується. Саме ця обставина дозволяє говорити про доцільність використання м'яких обчислень, тобто обчислень на основі нечітких чисел.

Розв'язання завдання. Як приклад розглянемо нечітку експоненційну модель прогнозування податкових надходжень до бюджету.

Необхідні практичні обчислення (на завершальному етапі) можуть бути виконані за допомогою програми FuziCalc. В цілому вирішення завдання розбивається на кілька етапів.

На першому вибирається початкове значення α , яке розглядається як нечітке число.

Не втрачаючи загальності, будемо використовувати три нечіткі оцінки: «приблизно нуль», «приблизно 0,5», «приблизно одиниця». Відповідні функції приналежності наведені на рис. 1.

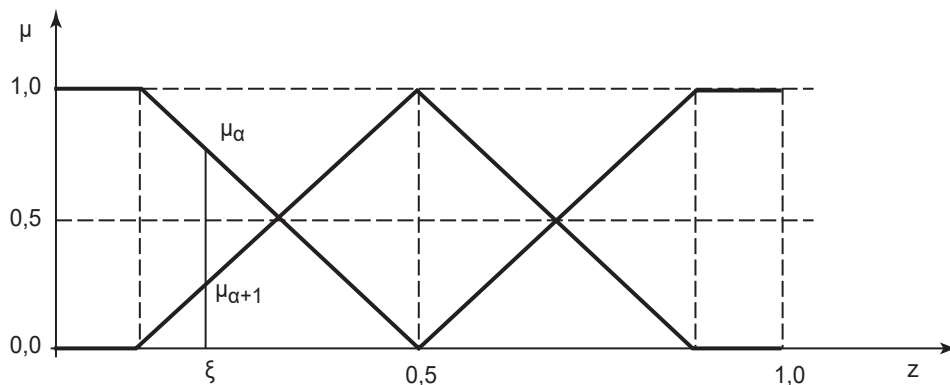


Рис. 1. Функції приналежності для початкового нечіткого числа

Для вибору $\tilde{\alpha}$ оцінюємо такі коливання процесу:

$$\xi = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max}} \quad \text{або} \quad \xi = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \frac{Y(t-(i-1)) - Y_{\max}}{Y_{\max}},$$

де r – довжина передісторії;

Y_{\max}, Y_{\min} – максимальне та мінімальне значення досліджуваного процесу в минулому;

$Y(t - (i - 1))$ – значення досліджуваного процесу в минулому.

Вибір значення $\max \tilde{\alpha}$ визначається як:

$$\max\{\mu_{\alpha}(z = \xi), \mu_{\alpha+1}(z = \xi)\},$$

де μ_{α} і $\mu_{\alpha+1}$ – сусідні функції приналежності.

Згідно з рис. 1 $\mu_{\alpha} > \mu_{\alpha+1}$, тому приймається рішення, що $\tilde{\alpha} =$ «приблизно дорівнює нулю».

Отримане значення α у формі нечіткого числа підставляється у співвідношення для прогнозування, розрахунки за яким ведуться за допомогою електронної таблиці FuziCalc.

Очевидно, що прогнозоване значення, у свою чергу, також отримується у вигляді нечіткого числа з відповідною функцією приналежності.

У певних випадках значення $\tilde{\alpha}$ може залишатися незмінним, при цьому існує можливість виникнення неприпустимо великих помилок. Тому необхідна корекція α , яка може проводитися за таким алгоритмом.

Нехай задана максимально допустима помилка прогнозування ϵ_{\max} .

Використовуючи члени часового ряду $y(t - 1) \dots y(t - (r - 1))$, прогнозуємо значення в момент t і визначаємо помилку прогнозу $\tilde{\epsilon}_t = [y(t) - \tilde{y}_{np}(t)]$, яка в силу нечіткості прогнозного значення $\tilde{y}_{np}(t)$ буде також нечітким числом із деякою функцією приналежності (рис. 2).

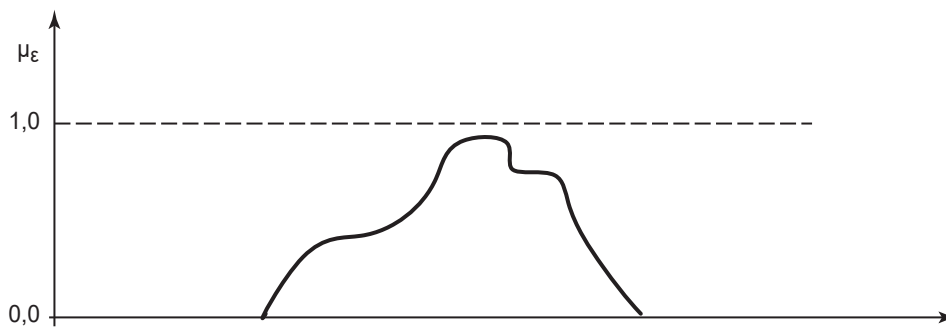


Рис. 2. Функція приналежності для помилки прогнозу

Припустимо, що визначено значення $\tilde{\epsilon}_t^*$ за максимумом μ_{ϵ} або як координата центру тяжіння. Значення $\tilde{\epsilon}_t^*$ порівнюється з ϵ_{\max} .

Якщо $\tilde{\epsilon}_t^* < \epsilon_{\max}$, то вважаємо, що значення α вибрано вірно та надалі може використовуватися для прогнозування $y_{np}(t + 1)$.

Якщо $\tilde{\epsilon}_t^* > \epsilon_{\max}$, то значення α уточнюється за алгоритмом, який наведено на рис. 3.

Тобто нове значення дорівнює $\alpha = \alpha'$ або $\alpha = (\mu_{\alpha}\alpha' + \mu_{\alpha+1}\alpha'') / (\mu_{\alpha} + \mu_{\alpha+1})$.

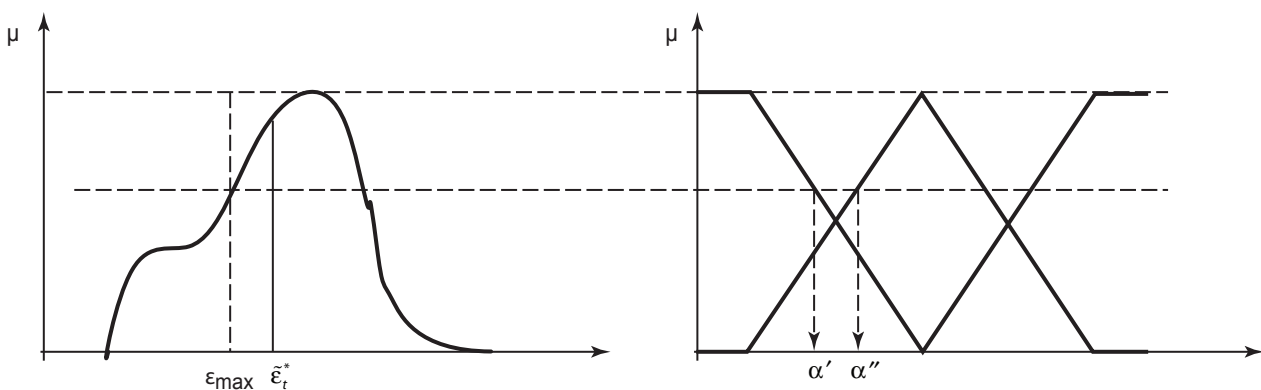


Рис. 3. Корегування коефіцієнта α за помилкою



Зазначимо, що при розглянутому підході прогнозоване значення можна розрахувати також і за співвідношенням

$$\tilde{y}_{np}(t+1) = y(t) = \tilde{\alpha}\tilde{e}_t \text{ або } \tilde{y}_{np}(t+1) = y(t) = \tilde{\alpha}e_t^* .$$

При цьому оцінка прогнозу вибирається або по максимуму функції приналежності нечіткого числа $\tilde{y}_{np}(t+1)$, або по координаті центру тяжіння.

Цей підхід подібний до відомих адаптивних моделей прогнозування Брауна, Хольта, Тригга-Лінча, основна ідея яких полягає у згладжуванні похибки з деяким коефіцієнтом β .

Зокрема, в моделі Тригга-Лінча [17–19] на першому етапі відбувається згладжування похибки з довільним коефіцієнтом відгуку $\beta \in [0,1; 0,3]$:

$$\bar{e}_t = \beta e_t + (1-\beta)\bar{e}_{t-1},$$

а середнє абсолютне відхилення: $m_t = \beta e_t + (1-\beta)m_{t-1}$.

Очевидно, що можна припустити декілька інтерпретацій β як нечіткого числа (рис. 4).

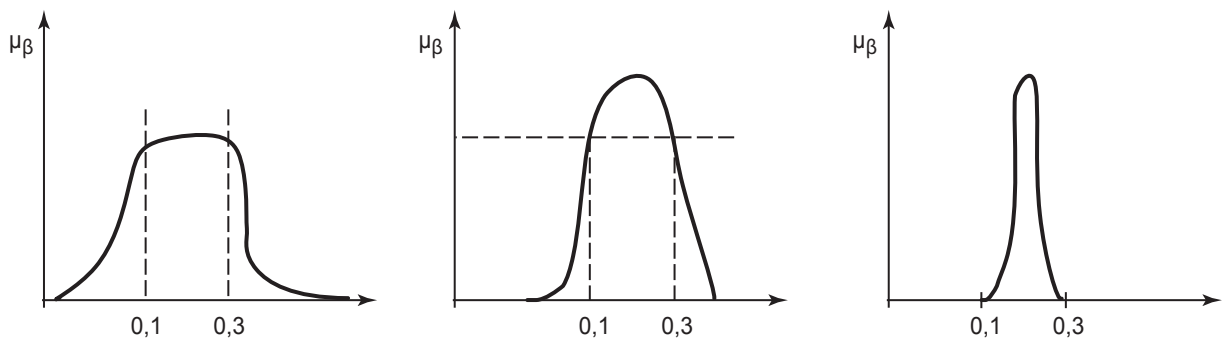


Рис. 4. Можливі інтерпретації β як нечіткого числа

З урахуванням нечіткості β , тобто заміни $\beta \rightarrow \tilde{\beta}$, також нечіткими стануть значення \tilde{e}_t та \tilde{m}_t .

Відповідно, уточнене значення складе $\tilde{\alpha} = \tilde{e}_t / \tilde{m}_t$.

Викладений нечітко-множинний підхід до реалізації адаптивних методів дає очевидні додаткові можливості підвищення точності та достовірності прогнозів.

У подальших дослідженнях нами передбачається здійснити практичне моделювання та отримати числові прогнозні рішення і результати (з використанням описаного вище нечіткого підходу) для ряду різних за походженням і предметною областю задач адаптивного прогнозування з метою дослідити можливі особливості застосування в конкретних, специфічних економічних умовах. Також планується розробити та програмно реалізувати набір відповідних алгоритмів із їх програмною реалізацією у спеціалізованому програмному середовищі MatLab.

Таким чином, можна дійти висновків, що розроблений і проаналізований підхід, котрий полягає у застосуванні адаптивних методів й моделей прогнозування у поєднанні з методологією м'яких (на основі теорії нечітких множин) підходів, дозволяє отримувати досить обґрунтовані результати.

Відповідно, він дає змогу приймати раціональні управлінські та комерційні рішення в умовах фактичної наявності значних ринкових невизначеностей, недостатності, малодостовірності, нечіткості вхідної інформації, що робить запропонований підхід дуже корисним і необхідним інструментарієм в умовах практичного прогнозування для різноманітних економіко-математичних завдань.

Література: 1. Kajal Lahiri. Book Review of Business and Economic Forecasting: Analyzing and Interpreting Econometric Results. *International Econometric Review*. 2016. Vol. 8 (1). P. 1–3. 2. Cerrato, Mario & Kim, Hyunsok & MacDonald, Ronald. Microstructure order flow: statistical and economic evaluation of nonlinear forecasts. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2015. Vol. 39 (C). P. 40–52. 3. Schiman St. Confidence in the USA, Uncertainty in the Euro Area, Fragility in the Emerging Markets. *Medium-term Forecast for the World Economy until 2020. WIFO Bulletin*. 2015. Vol. 20 (11). P. 214–221. 4. Mare D. The Oxford Handbook of Economic Forecasting. *Journal of the Operational Research Society*. 2015. Vol. 66 (12). P. 2102–2102. 5. Giacomini R. Economic theory and forecasting: lessons from the literature. *Econometrics Journal*. 2005. Vol. 18 (2). P. 22–41. 6. Armstrong J., Green K., Graefe A. Golden rule of forecasting: Be conservative. *Journal of Business Research*. 2015. Vol. 68 (8). P. 1717–1731. 7. Beckmann J., Schüssler R. Forecasting exchange rates under parameter and model uncertainty. *Journal of International Money and Finance*. 2016. Vol. 60 (C). P. 267–288. 8. Abdullayeva N. A. Sustainable social environment:



fuzzy assessment and forecasting. *Fuzzy Economic Review*. 2011. Vol. 0 (2). P. 21–32. **9.** Maciel L., Gomide F., Ballini R. Evolving Fuzzy-GARCH Approach for Financial Volatility Modeling and Forecasting. *Computational Economics*. 2016. Vol. 48 (3). P. 379–398. **10.** Ghosh H., Chowdhury S., Prajneshu. An improved fuzzy time-series method of forecasting based on LR fuzzy sets and its application. *Journal of Applied Statistics*. 2016. Vol. 43 (6). P. 1128–1139. **11.** Jörk T., Björn J. Adaptive prediction and reverse martingales. *Stochastic Processes and their Applications*. 1992. Vol. 43 (2). P. 191–222. **12.** Chihyun J., Lim D.-E. Development of an Adaptive Forecasting System: A Case Study of a PC Manufacturer in South Korea. *Sustainability*. 2016. Vol. 8 (3). P. 263–263. **13.** Andreica M., Popescu E., Micu D. Progress in the adaptive forecast management of the economic organizations. *Proceedings of the international management conference*. 2014. Vol. 8 (1). P. 378–388. **14.** Poloni F., Giacomo S. A note on forecasting demand using the multivariate exponential smoothing framework. *International Journal of Production Economics*. 2015. Vol. 162 (C). P. 143–150. **15.** Sbrana G., Silvestrini A. Random switching exponential smoothing and inventory forecasting. *International Journal of Production Economics*. 2014. Vol. 156 (C). P. 283–294. **16.** Massacci D. A simple test for linearity against exponential smooth transition models with endogenous variables. *Economics Letters*. 2012. Vol. 117 (3). P. 851–856. **17.** Trigg D., Leach G. Exponential smoothing with an adaptive response rate. *Oper.Res.Quart.* 1967. Vol. 18 (1). P. 53–59. **18.** Asit Chandmal, Jayaraj C. Communications to the Editor – A Communication on Adaptive Smoothing using Evolutionary Spectra. *Management Science*. 1971. Vol. 18 (1). P. 112–113. **19.** Enns P. G., Machak J. A., Spivey W. A., Wroblewski W. J. Forecasting Applications of an Adaptive Multiple Exponential Smoothing Model. *Management Science*. 1982. Vol. 28 (9). P. 1035–1044.

References: **1.** Kajal Lahiri. Book Review of Business and Economic Forecasting: Analyzing and Interpreting Econometric Results. *International Econometric Review*. 2016. Vol. 8 (1). P. 1–3. **2.** Cerrato, Mario & Kim, Hyunsok & MacDonald, Ronald. Microstructure order flow: statistical and economic evaluation of nonlinear forecasts. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2015. Vol. 39 (C). P. 40–52. **3.** Schiman St. Confidence in the USA, Uncertainty in the Euro Area, Fragility in the Emerging Markets. *Medium-term Forecast for the World Economy until 2020. WIFO Bulletin*. 2015. Vol. 20 (11). P. 214–221. **4.** Mare D. The Oxford Handbook of Economic Forecasting. *Journal of the Operational Research Society*. 2015. Vol. 66 (12). P. 2102–2102. **5.** Giacomini R. Economic theory and forecasting: lessons from the literature. *Econometrics Journal*. 2005. Vol. 18 (2). P. 22–41. **6.** Armstrong J., Green K., Graefe A. Golden rule of forecasting: Be conservative. *Journal of Business Research*. 2015. Vol. 68 (8). P. 1717–1731. **7.** Beckmann J., Schüssler R. Forecasting exchange rates under parameter and model uncertainty. *Journal of International Money and Finance*. 2016. Vol. 60 (C). P. 267–288. **8.** Abdullayeva N. A. Sustainable social environment: fuzzy assessment and forecasting. *Fuzzy Economic Review*. 2011. Vol. 0 (2). P. 21–32. **9.** Maciel L., Gomide F., Ballini R. Evolving Fuzzy-GARCH Approach for Financial Volatility Modeling and Forecasting. *Computational Economics*. 2016. Vol. 48 (3). P. 379–398. **10.** Ghosh H., Chowdhury S., Prajneshu. An improved fuzzy time-series method of forecasting based on LR fuzzy sets and its application. *Journal of Applied Statistics*. 2016. Vol. 43 (6). P. 1128–1139. **11.** Jörk T., Björn J. Adaptive prediction and reverse martingales. *Stochastic Processes and their Applications*. 1992. Vol. 43 (2). P. 191–222. **12.** Chihyun J., Lim D.-E. Development of an Adaptive Forecasting System: A Case Study of a PC Manufacturer in South Korea. *Sustainability*. 2016. Vol. 8 (3). P. 263–263. **13.** Andreica M., Popescu E., Micu D. Progress in the adaptive forecast management of the economic organizations. *Proceedings of the international management conference*. 2014. Vol. 8 (1). P. 378–388. **14.** Poloni F., Giacomo S. A note on forecasting demand using the multivariate exponential smoothing framework. *International Journal of Production Economics*. 2015. Vol. 162 (C). P. 143–150. **15.** Sbrana G., Silvestrini A. Random switching exponential smoothing and inventory forecasting. *International Journal of Production Economics*. 2014. Vol. 156 (C). P. 283–294. **16.** Massacci D. A simple test for linearity against exponential smooth transition models with endogenous variables. *Economics Letters*. 2012. Vol. 117 (3). P. 851–856. **17.** Trigg D., Leach G. Exponential smoothing with an adaptive response rate. *Oper.Res.Quart.* 1967. Vol. 18 (1). P. 53–59. **18.** Asit Chandmal, Jayaraj C. Communications to the Editor – A Communication on Adaptive Smoothing using Evolutionary Spectra. *Management Science*. 1971. Vol. 18 (1). P. 112–113. **19.** Enns P. G., Machak J. A., Spivey W. A., Wroblewski W. J. Forecasting Applications of an Adaptive Multiple Exponential Smoothing Model. *Management Science*. 1982. Vol. 28 (9). P. 1035–1044.

Інформація про авторів

Чернов Володимир Георгійович – доктор економічних наук, професор кафедри інформатики й управління в технічних та економічних системах Володимирського державного університету (вул. Горького, 87, м. Володимир, 600000, Росія; e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

Дорохов Олександр Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (просп. Науки, 9а, м. Харків, 61166, Україна; e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

Информация об авторах

Чернов Владимир Георгиевич – доктор экономических наук, профессор кафедры информатики и управления в технических и экономических системах Владимирского государственного университета (ул. Горького, 87, г. Владимир, 600000, Россия; e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

Дорохов Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Харьковского национального экономического университета имени Семена Кузнеця (просп. Науки, 9а, г. Харьков, 61166, Украина; e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

Information about the authors

V. Chernov – D.Sc. (Economics), Professor of Department of Computer Science and Control in Technical and Economic Systems of Vladimir State University (87 Gorkogo Str., 600000, Vladimir, Russia, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

O. Dorokhov – Ph.D. (Engineering), Associate Professor of Department of Information Systems of Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., 61166, Kharkiv, Ukraine, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

*Стаття надійшла до ред.
01.09.2016 р.*

JEL Classification: C15; R12

УДК 621.382:519.254

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА С КОРРЕКТНЫМ НОРМИРОВАНИЕМ ДАННЫХ

**Ершов И. А.
Стукач О.В.**

Аннотация. На примере решения одной задачи классификации исследована проблема нормирования данных в кластерном анализе. Показано, что некорректный выбор метрики и нормирования переменных и наблюдений приводит к неверной интерпретации результатов. Предложен вариант использования сочетания метода *k*-средних и построения дендрограмм в программном пакете *Statistica* для повышения устойчивости результата. Этот подход позволяет добиться устойчивости результата и его правильной интерпретации за счёт полного сохранения статистических характеристик кластеризуемых данных. Приведены уточнённые данные по кластеризации культур биоэнергетического потенциала в областях Украины

Ключевые слова: кластеризация в экономике, классификация областей, расстояние, урожайность, собираемость.

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІШЕННЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З КОРЕКТНИМ НОРМУВАННЯМ ДАНИХ

**Ершов І. А.
Стукач О. В.**

Анотація. На прикладі рішення однієї задачі класифікації досліджено проблему нормування даних в кластерному аналізі. Показано, що некоректний вибір метрики і нормування змінних і спостережень призводить до невірної інтерпретації результатів. Запропоновано варіант використання поєднання методу *k*-середніх і побудови дендрограм у програмному пакеті *Statistica* для підвищення стійкості результату. Цей підхід дозволяє домогтися стійкості результату та його правильної інтерпретації за рахунок повного збереження статистичних характеристик кластеризованих даних. Наведено уточнені дані по кластеризації культур біоенергетичного потенціалу в областях України.

Ключові слова: кластеризація в економіці, класифікація областей, відстань, врожайність, збируваність.