

Добуляк Л. П.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри математичного моделювання
соціально-економічних процесів
Львівського національного університету імені Івана Франка

Костенко С. Б.
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри математичного моделювання
соціально-економічних процесів
Львівського національного університету імені Івана Франка

Dobuliak Lesia
PhD in Economics,
Professor's Assistant of the Department of Mathematical Modeling
of Social and Economic Processes
Ivan Franko National University of Lviv

Kostenko Svitlana
PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling
of Social and Economic Processes
Ivan Franko National University of Lviv

ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНДОВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА В УКРАЇНІ

Анотація. Метою статті є розроблення комплексу економіко-математичних моделей для моделювання та прогнозування тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні, що дають змогу ґрунтовно досліджувати процес розвитку малого підприємництва на основі аналізу статистичних даних. Нами розглянуто статистичні дані про кількість малих підприємств в Україні за період з 1991 по 2017 роки і на їхній основі побудовано такі часові тренди, як лінійний, логарифмічний, степеневий, а також логістичний. На основі одержаних моделей розраховано теоретичні та прогнозні значення досліджуваного показника. Побудовано графіки апроксимуючих функцій. Для порівняння якості моделей розраховано їхні коефіцієнти множинної кореляції. Для збільшення точності апроксимації було побудовано адитивні поліномні моделі (як приклад наведена лінійна адитивна модель 15-го степеня). Для підвищення чутливості моделі до нових даних (під час побудови прогнозу) було здійснено експоненційне згладжування лінійного часового тренда.

Ключові слова: мале підприємництво, часовий тренд, лінійна модель, логарифмічна модель, степенева модель, логістична модель, адитивна поліномна модель, адаптивна модель, експоненційне згладжування.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Малий бізнес відіграє важливу роль у формуванні економіки кожної країни. На нього припадає значна частка насичення ринку споживчими товарами та послугами, зайнятості працездатного населення, підтримки здорової конкуренції та формування середнього класу. У розвинених державах саме малі підприємства є основним «стовпом» економіки.

Розвиток малого підприємництва – складний динамічний процес, який проходить під впливом багатьох чинників як економічного, так і соціально-політичного та навіть і психологічного характеру, не всі з яких можна виявити, дослідити і кількісно оцінити. Щоб зробити певні висновки про стан цього сектору економіки, а також можливі майбутні перспективи, доцільно звернути увагу на наявні тенденції цього процесу, що склалися за часи незалежності України.

Прогнозування тенденцій різноманітних процесів навколишнього світу є важливим науковим завданням як для теорії, так і для практики, оскільки таким способом можна зменшити невизначеність майбутнього і спробувати налагодити керування цими процесами. Побудова часових трендів на основі динамічного ряду – один із найпростіших методів статистичного прогнозування. Це є той метод моделювання, який, як правило, рекомендується застосовувати на початку аналізу для попереднього

оцінювання та з'ясування, які моделі для апроксимації цього процесу потрібно застосовувати надалі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мале підприємництво є органічним структурним елементом ринкової економіки, стале функціонування якого забезпечує підвищення стандартів життя населення та сприяє соціально-політичній стабільності суспільства. Світовий досвід показує, що навіть у періоди глибокої кризи малий бізнес завдяки своїй гнучкості і мобільності позитивно впливав на розвиток економіки завдяки здатності створювати робочі місця та наповнювати державний бюджет коштами, які перераховуються у вигляді податків та зборів, він також є одним із елементів формування структури ВВП [1; 2].

Дослідження динаміки економічних процесів, у тому числі й у сфері малого бізнесу, є складним завданням через невизначеність зовнішнього середовища і велику кількість факторів, що впливають на цей процес. У зв'язку з тим, що соціально-економічні системи мають дуже складну структуру та поведінку, виникає необхідність використовувати спеціальні методи прогнозування, щоб відтворити якомога точніше їхні властивості. Наразі є багато методів прогнозування, класифікація яких подана в [3].

Дослідженням поточного стану та тенденцій розвитку малого бізнесу України загалом та її регіонів на основі

статистичних даних зокрема займалися М. Тонюк [4], О. Квасниця [5]. Основну увагу в зазначених дослідженнях приділено абсолютним показникам розвитку, зокрема кількості малих підприємств, їхньому розподілу за регіонами, рівню зайнятості на малих підприємствах, прибутковості діяльності тощо.

Також дослідженням тенденцій розвитку малого підприємництва в Україні в умовах диспропорційності економічного зростання присвячена публікація [6]. Авторами запропонована двофакторна виробнича регресія Кобба-Дугласа для визначення можливих управлінських дій щодо змін обсягів реалізації продукції малими підприємствами залежно від робочої сили та основних засобів галузі.

У статті [7] визначено оптимальне співвідношення фінансових коефіцієнтів для аналізу ключових показників діяльності підприємства. Розглядається методика комплексної бальної оцінки та адаптивна модель Брауна, які дають змогу прогнозувати фінансовий стан підприємства на кілька періодів наперед.

Проте, незважаючи на низку досліджень, що стосуються діяльності підприємницьких структур, визначення тенденцій розвитку малого бізнесу України та побудови економіко-математичних моделей для цих цілей, завдання надалі залишається актуальним і потребує подальшого дослідження.

Мета дослідження. Мета статті – дослідити та побудувати такі трендові моделі, які відтворюють тенденції розвитку малого бізнесу України за роки незалежності і можуть бути використані для детального аналізу цього сектору економіки та прогнозування його розвитку.

Виклад основного матеріалу. Мале підприємництво в Україні як самостійне соціально-економічне явище існує понад 25 років, функціонує у складних умовах за нестабільного політичного клімату.

Здійснювати ефективне управління підприємствами малого бізнесу на макро- та мікроекономічному рівні

можна тільки ґрунтовно вивчаючи та аналізуючи розвиток цього сектору економіки в часовому вимірі.

Одним з основних показників, що характеризують процес становлення малого бізнесу, є динаміка кількості суб'єктів малого підприємництва. Протягом усього періоду існування незалежної України триває тенденція збільшення кількості малих підприємств (рис. 1), незважаючи на те, що становлення малого бізнесу проходило (і далі проходить) у динамічних, часто змінюваних умовах. У 2007 році в Україні їх діяло понад 320 тис. У 2012 році спостерігається незначне зменшення кількості малих бізнесових структур порівняно з попередніми роками (2010 та 2011 рр.). У 2013 році кількість малих підприємств досягла 373 809 одиниць. Це максимальне значення цього динамічного ряду. Після 2013 року в загальній кількості малих підприємств України перестали враховувати підприємства АР Крим та частини Донецької та Луганської областей, що скоротило їх число до показника 2007 року. Економічна криза підсилила спад бізнесової активності в Україні у 2016 році. У 2017 році кількість малих підприємств знову дещо зросла і досягла 322 920 одиниць.

На основі динамічних рядів можна будувати прогнози з урахуванням закономірностей, які склалися в попередніх періодах. Трендові моделі є найрозповсюдженішими моделями такого типу [13].

Рівнянням тренда називається залежність виду

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t,$$

де $f(t)$ – детермінована (невипадкова) компонента процесу (явища);

ε_t – стохастична (випадкова) компонента процесу;

t – номер періоду $t = \overline{1, n}$, де n – кількість досліджуваних періодів.

Найчастіше в макро- та мікроекономічних дослідженнях використовуються такі типи залежностей, що описують рівняння тренда:

– Адитивні моделі (параметри оцінюються методом найменших квадратів):

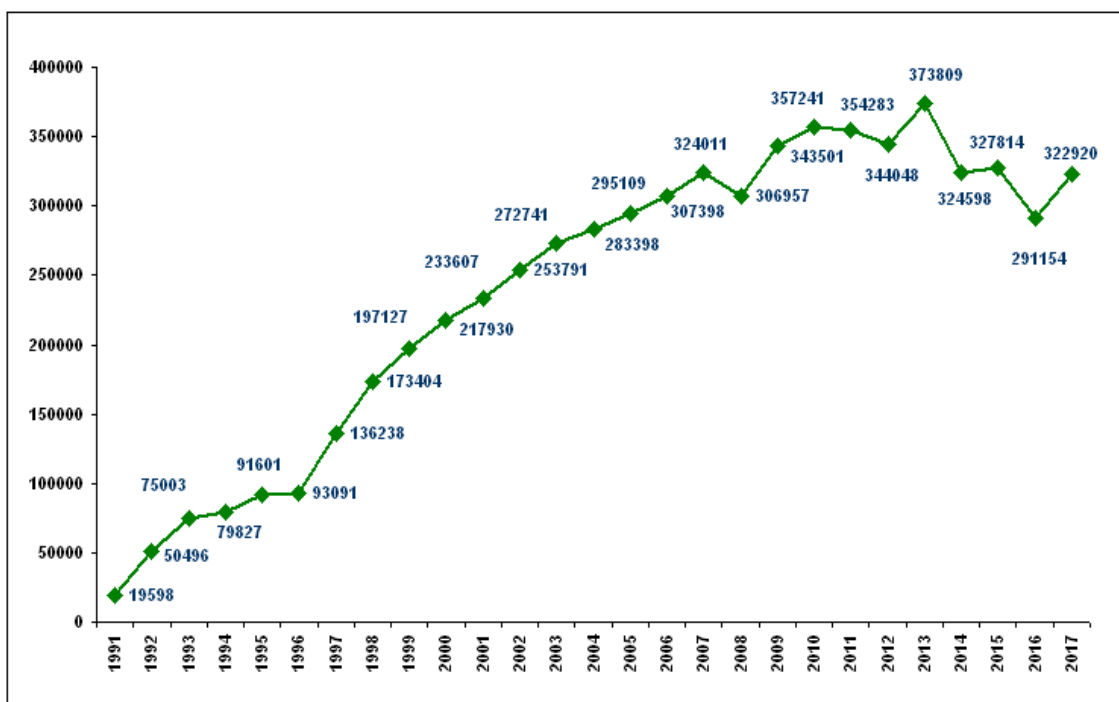


Рис. 1. Кількість малих підприємств в Україні у 1991–2017 рр.

Джерело: [8; 9; 10; 11; 12]

- лінійна $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$;
- логарифмічна $\tilde{y} = a_0 + a_1 \ln t$;
- гіперболічна $\tilde{y} = a_0 + a_1 \frac{1}{t}$.
- Мультиплікативні моделі (які зводяться до адитивних шляхом логарифмування):
 - степенева $\tilde{y} = a_0 t^{a_1}$;
 - показникова $\tilde{y} = a_0 a_1^t$;
 - експоненційна $\tilde{y} = a_0 e^{a_1 t}$.
- Моделі, які не зводяться до адитивних (параметри оцінюються методом трьох точок):
 - модифікована експонента $\tilde{y} = a_0 + a_1 a_2^t$;
 - крива Гомперца $\tilde{y} = e^{a_0 + a_1 a_2^t}$;
 - логістична крива $\tilde{y} = \frac{1}{a_0 + a_1 a_2^t}$;

де a_0, a_1, a_2 – невідомі параметри, які потрібно оцінити.

Для наведеного динамічного ряду кількості малих підприємств в Україні за період з 1991 по 2017 роки ($y_t, t = \overline{1, 27}$) найкращі результати були отримані під час екстраполяції такими трендовими моделями, як: лінійна (рис. 2) коефіцієнт множинної кореляції $r = 0,9177$,

логарифмічна (рис. 3) $r = 0,9482$, степенева (рис. 4) $r = 0,9319$, логістична крива (рис. 5) $r = 0,9856$.

Для того щоб відтворити поведінку динамічного ряду, використовують адитивні поліномні моделі, такі як:

- лінійна поліномна $\tilde{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_m t^m$;
- логарифмічна поліномна $\tilde{y} = a_0 + a_1 \ln(t) + a_2 \ln^2(t) + \dots + a_m \ln^m(t)$;
- гіперболічна поліномна $\tilde{y} = a_0 + a_1 \cdot \frac{1}{t} + a_2 \cdot \frac{1}{t^2} + \dots + a_m \cdot \frac{1}{t^m}$;
- експоненційна поліномна $\tilde{y} = a_0 + a_1 e^t + a_2 e^{2t} + \dots + a_m e^{mt}$.

Ці моделі добре згладжують коливання вхідних даних. Невідомі параметри цих рівнянь розраховуються за методом найменших квадратів шляхом розв'язування нормальної системи рівнянь. Продемонструємо апроксимацію лінійного поліномного тренда 15-го порядку (рис. 6). Коефіцієнт множинної кореляції становить $r = 0,9972$.

Під час вибору функції тренду важливо враховувати, чи буде вона використовуватися тільки для ретроспективного аналізу, чи також для прогнозування (тобто за межею періоду, для якого оцінено параметри функції). У пер-

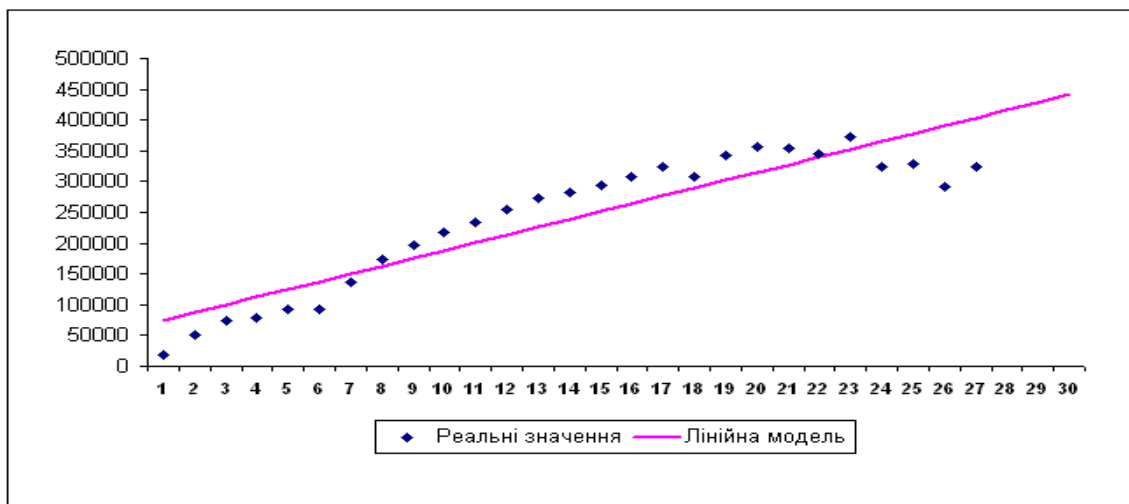


Рис. 2. Лінійна модель

Джерело: побудовано автором

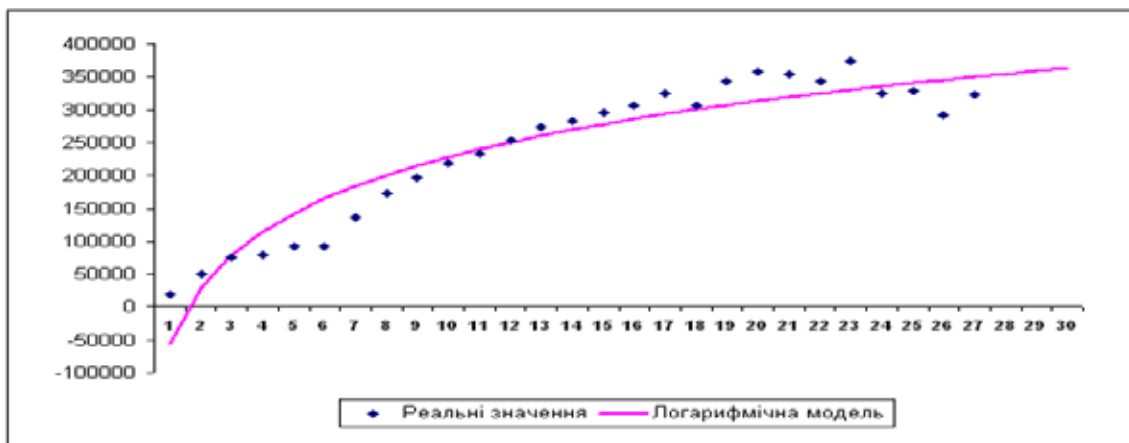


Рис. 3. Логарифмічна модель

Джерело: побудовано автором

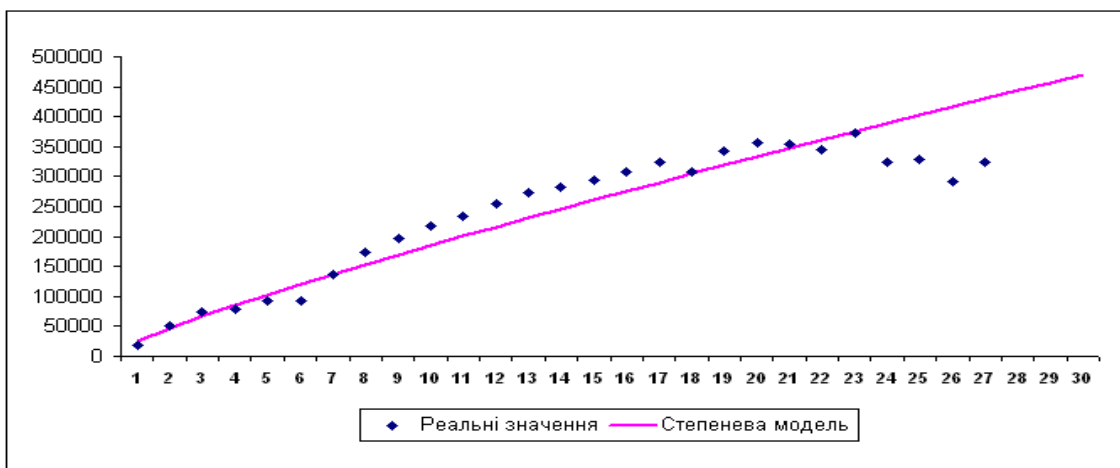


Рис. 4. Степеневая модель

Джерело: побудовано автором

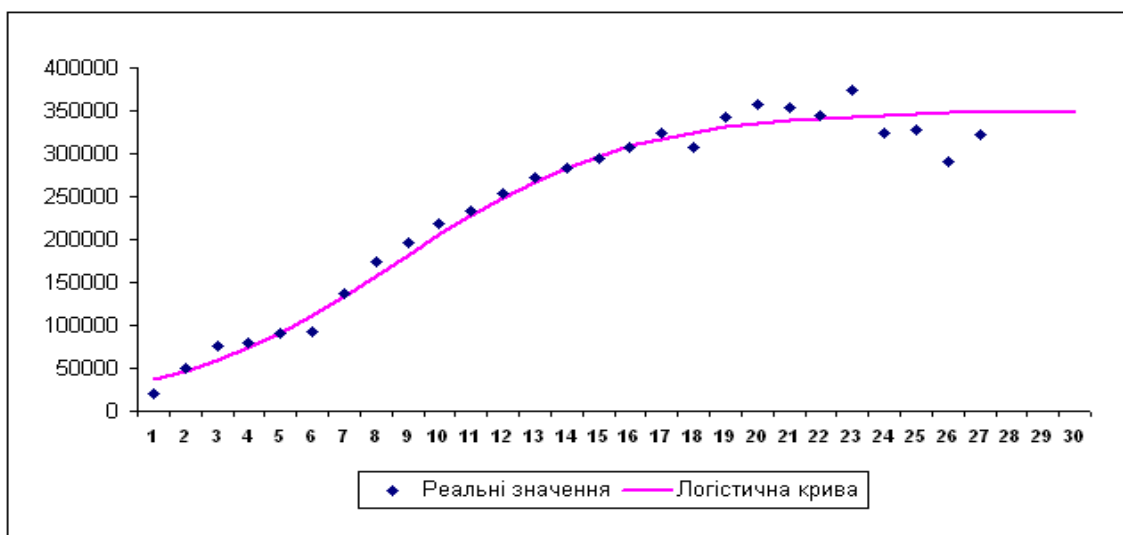


Рис. 5. Логістична модель

Джерело: побудовано автором

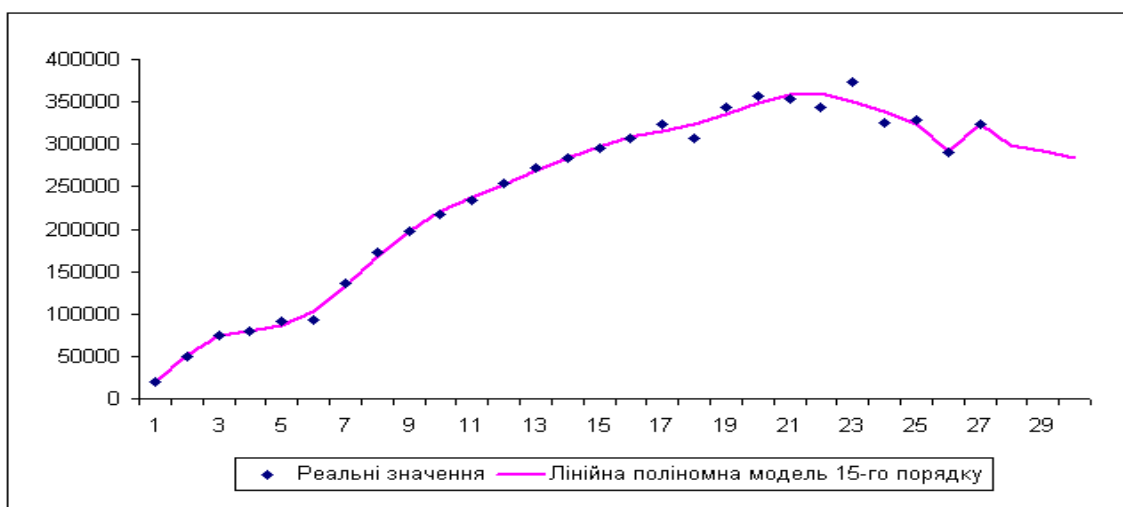


Рис. 6. Лінійна поліномна модель 15-го порядку

Джерело: побудовано автором

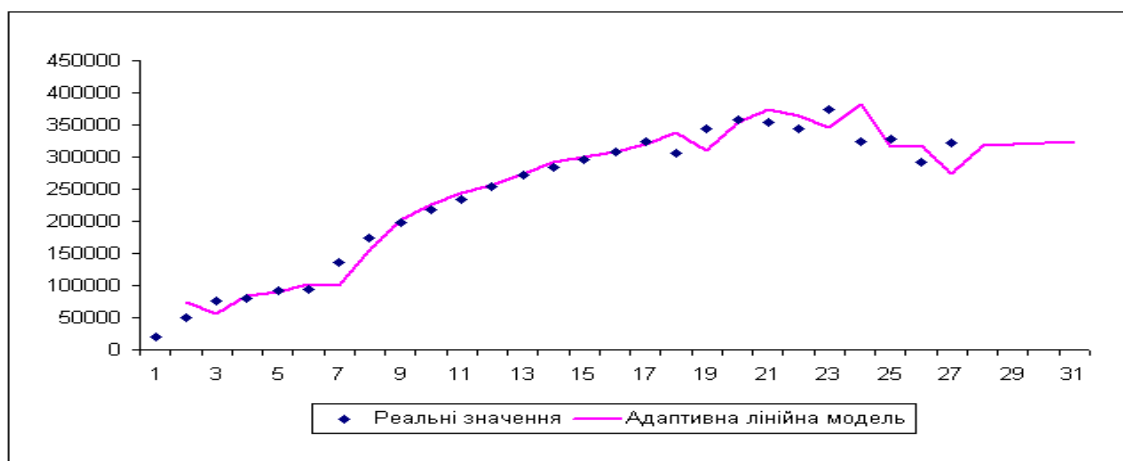


Рис. 7. Адаптивна лінійна модель

Джерело: побудовано автором

шому разі потрібно, щоб функція добре згладжувала весь вихідний динамічний ряд. Якщо ж функція тренду призначається для проведення прогнозів, то перевага віддається функції, яка має кращі характеристики апроксимації для останньої частини динамічного ряду. Це пояснюється тим, що тенденції розвитку, котрі складаються наприкінці ретроспективного періоду, справляють, як правило, найбільший вплив на майбутній розвиток. Для кращої адаптації моделей до нових даних доцільно застосовувати адаптивні методи, у яких результати прогнозу головним чином залежать від рівнів ряду, які розташовані найближче до початку прогнозного періоду.

Динамічний ряд кількості малих підприємств в Україні спочатку демонструє стійкий ріст (1991–2007 рр.), потім – сповільнений ріст (2008–2013 рр.), а потім – сповільнений спад (2013–2017 рр.), тому доцільніше будувати прогноз за допомогою адаптивної моделі, ніж із використанням простих трендових моделей.

До методів адаптивного прогнозування відноситься метод експоненційного згладжування. Суть цього методу полягає в тому, що кожен рівень часового ряду згладжується за допомогою плинної середньої з вагами, що підпорядковуються експоненційному закону і розраховуються за формулами [14]:

$$\begin{cases} S_t^{[1]} = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1 & \begin{cases} S_t^{[1]} = \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1}^{[1]} \\ S_t^{[2]} = \alpha S_t^{[1]} + (1-\alpha) S_{t-1}^{[2]} \end{cases} \\ S_t^{[2]} = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 \end{cases}$$

де $S_t^{[k]}$ – експоненційна середня k -го порядку у точці t ;

α – параметр згладжування ($\alpha \in [0; 1]$);

a_0, a_1 – параметри лінійного тренда, що розраховуються методом найменших квадратів.

Кориговані значення адаптивної лінійної моделі $\tilde{y}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 t$ розраховуються для кожного t за формулами:

$$\begin{cases} \hat{a}_0 = 2S_t^{[1]} - S_t^{[2]}; \\ \hat{a}_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S_t^{[1]} - S_t^{[2]}). \end{cases}$$

Результати експоненційного згладження наведені на рис. 7. Коефіцієнт множинної кореляції для отриманої адаптивної моделі $r = 0,9761$.

Висновки. Трендові моделі здебільшого добре апроксимують зміни показника в часі та підходять для моделювання будь-яких динамічних рядів. Вони дають змогу зробити попереднє оцінювання досліджуваного процесу і спрогнозувати можливі майбутні зміни. Для моделювання тенденцій розвитку малого підприємництва України добре підходять проста лінійна, логарифмічна, степенева та логістична модель, проте поліномні моделі краще згладжують нерівності вхідного ряду. Адаптивні моделі є більш чутливими до нових даних, а тому з їх допомогою можна обчислювати точніші прогнози. Більшість побудованих моделей дають можливість дійти висновку, що кількість малих бізнесових структур в Україні у 2018–2020 рр. буде коливатися в межах від 27 000 до 33 000 одиниць. Для подальших досліджень розвитку малого підприємництва України, на нашу думку, доцільно провести аналіз факторів, які впливають на цей сектор економіки в часовому вимірі на державному та регіональному рівнях.

Список використаних джерел:

1. Спіфанова І.М., Маковецька О.А. Основні аспекти розвитку малого бізнесу в Україні. *Труди Одеського політехнічного університету*. 2009. № 1(31). С. 211–215.
2. Лукань Л.П. Розвиток підприємництва в Україні: проблеми та перспективи. *Вісник Львівського інституту економіки і туризму*. 2008. № 3. С. 17–22.
3. Кривда О.В., Сидоренко Ю.В., Романова Д.П. Прогнозування динаміки економічних процесів за допомогою методів фрактальної геометрії. *Економічний вісник НТУУ "КПІ"*. 2017. № 14. С. 483–490.
4. Тонюк М.О. Проблеми розвитку малого бізнесу в Україні. *Формування ринкової економіки : зб. наук. праць ДВНЗ "Київський нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана"*. 2012. № 27. С. 116–125.
5. Квасниця О. Ретроспективний аналіз розвитку малих підприємств в Україні. *Економічний аналіз. Збірник наукових праць*. 2011. Випуск 9. Ч. 2. С. 217–221.
6. Сімків Л.Є., Побігун С.А. Тенденції розвитку малого підприємництва в Україні в умовах диспропорційності економічного зростання. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Випуск 3. С. 560–564.
7. Боднар Т., Боднар А. Система прогнозування економічних показників фінансового стану підприємства. *Економічний аналіз. Збірник наукових праць*. 2009. Випуск 9. Ч. 1. С. 40–43.

8. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua. (дата звернення: 20.02.2019).
9. Статистичний щорічник України за 2001 рік : статистичний збірник / Державний комітет статистики України. Київ, 2002. 644 с.
10. Статистичний щорічник України за 2007 рік : статистичний збірник / Державний комітет статистики України. Київ, 2008. 572 с.
11. Діяльність суб'єктів малого підприємництва у 2012 році : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2013. 158 с.
12. Діяльність суб'єктів великого, середнього, малого та мікропідприємництва у 2017 році. : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2013. 343 с.
13. Кочура С.В., Косарев В.М. Моделювання макроекономічної діяльності : навчальний посібник. Київ, 2003. 236 с.
14. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування і планування : навчальний посібник. Київ, 2003. 188 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНДОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В УКРАИНЕ

Аннотация. Целью статьи является разработка комплекса экономико-математических моделей для моделирования и прогнозирования тенденций развития малого бизнеса в Украине, позволяющих основательно исследовать процесс развития малого предпринимательства на основе анализа статистических данных. Нами рассмотрены статистические данные о количестве малых предприятий в Украине за период с 1991 по 2017 годы и на их основе построены такие временные тренды как линейный, логарифмический, степенной, а также логистический. На основе полученных моделей рассчитано теоретические и прогнозные значения исследуемого показателя. Построены графики аппроксимирующих функций. Для сравнения качества моделей рассчитано их коэффициенты множественной корреляции. Для увеличения точности аппроксимации были построены аддитивные полиномиальные модели (как пример, приведена линейная аддитивная модель 15-й степени). Для повышения чувствительности модели к новым данным (при построении прогноза) было осуществлено экспоненциальное сглаживание линейного временного тренда.

Ключевые слова: малое предпринимательство, временной тренд, линейная модель, логарифмическая модель, степенная модель, логистическая модель, аддитивная полиномиальная модель, адаптивная модель, экспоненциальное сглаживание.

USING TREND MODELS FOR ANALYSIS OF SMALL BUSINESS DEVELOPMENT TENDENCIES IN UKRAINE

Summary. Issues related to the activity, development, problems and prospects of small business are important and extremely relevant for Ukraine in the current period. Small business is an organic structural element of a market economy, the stable functioning of which ensures an increase in living standards and promotes socio-political stability of society. The formation of small business in Ukraine has been taking place in dynamically changing conditions, uncertain economic and political situation, which is always difficult to predict. The aim of the article is to develop a complex of economic and mathematical models for modeling and forecasting tendencies of small business development in Ukraine that allow thoroughly investigate the process of small business' development on the basis of statistical data. We used the method of extrapolation of dynamic series by time trends in order to study the tendencies of small business' development in Ukraine. This method involves the use of typical dependencies, such as linear, logarithmic, hyperbolic, power, exponential, logistic, modified exponential, and others. We can also construct polynomial additive models to increase the accuracy of approximation. Adaptive methods, in particular the exponential smoothing method, are used to better adapt predictions to new data. We have reviewed the statistics on the number of small enterprises in Ukraine for the period from 1991 to 2017, and constructed linear, logarithmic, power, logistic trends. On the basis of the obtained models, the theoretical and predictive values of the investigated indicator are calculated. Graphs of approximating functions are constructed. To compare the quality of models, their multiplicity correlation coefficients are calculated. In order to increase the accuracy of the approximation, additive polynomial models were constructed (as an example, a linear additive model of the fifteenth degree is given). We also made an exponential smoothing of the linear time trend to increase the sensitivity of the model to new data (for constructing the forecast). Forecasting the trends of processes is an important scientific task both for theory and for practice, because it is a way to reduce the uncertainty of the future and try to adjust the management of these processes.

Key words: small business, time trend, linear model, logarithmic model, power model, logistic model, additive polynomial model, adaptive model, exponential smoothing.