

УДК 338.27:519.862

**Паянок Т.М.***кандидат економічних наук, доцент,  
завідувач кафедри статистики  
та математичних методів в економіці**Університету державної фіскальної служби України***Задорожня Т.М.***кандидат педагогічних наук, доцент,  
Університету державної фіскальної служби України*

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ У ПРОГНОЗУВАННІ НА ПРИКЛАДІ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

### ECONOMY-MATHEMATICAL METHODS ARE IN PROGNOSTICATION, ON EXAMPLE OF BUILDING INDUSTRY OF UKRAINE

#### АНОТАЦІЯ

Досліджено основні методи прогнозування, що використовуються під час аналізу часового ряду: трендовий аналіз, згладження рівня динаміки за допомогою ковзної середньої, регресійна множинна модель із фіктивними змінними. Вказано переваги та недоліки кожної методики, деталізовано приклади застосування їх на практиці. Розглянуто приклад застосування математичного сподівання для короткострокового прогнозування. Для дослідження використано прикладну програму STATGRAPHICS Plus та Microsoft Excel.

**Ключові слова:** аналіз часового ряду, тренд, прогнозування, фіктивні змінні, кутовий коефіцієнт, регресійна модель, ковзна середня, математичне сподівання.

#### АННОТАЦИЯ

Исследованы основные методики прогнозирования, которые используются при анализе часового ряда: анализ тренда, сглаживание уровня динамики с помощью скользящей средней, регрессионная множественная модель с фиктивными переменными. Указаны преимущества и недостатки каждой методики, детализированы случаи применения их на практике. Рассмотрен пример применения математического ожидания для краткосрочного прогнозирования. Для исследования использована прикладная программа STATGRAPHICS Plus и Microsoft Excel.

**Ключевые слова:** анализ часового ряда, тренд, прогнозирование, фиктивные переменные, угловой коэффициент, регрессионная модель, скользящее среднее, математическое ожидание.

#### ANNOTATION

Basic methodologies are an investigational prognostication that is used for the analysis of sentinel row, namely analysis of trend, smoothing out of level of dynamics by means of sliding middle, regressive plural model with dummy variables. Advantages and lacks of every methodology are indicated, the cases of application of them are gone into detail in practice. The example of application of mathematical hope is considered for short-term prognostication. For research the application program STATGRAPHICS Plus and Microsoft Excel are used.

**Keywords:** analysis of sentinel row, trend, prognostication, dummy variables, angular coefficient, regressive model, sliding middle, mathematical hope.

**Постановка проблеми.** Прогнозування соціально-економічних показників дає змогу планувати діяльність як держави, так і конкретного суб'єкта господарської діяльності. Незважаючи на велику кількість методів прогнозування (емпіричних і математичних), складно розрахувати якісний прогноз через мінливість

зовнішнього та внутрішнього середовища. Застосування конкретних методів повинно максимально наближати прогноз до реальних значень показника. Ця тематика є дискусійною, тому їй приділена значна увага в роботах науковців.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

О. Дегтяр пропонує для прогнозування величини бюджетних надходжень використовувати трендові моделі, у разі відсутності тенденції проводити експоненціальне згладжування даних [1]. Н.Б. Писар аналізує проблеми газового сектору економіки України на основі середнього абсолютного приросту. Пропонує застосовувати метод зважених середніх ковзних, який, на відміну від методу середньої ковзної, передбачає визначення для кожної вузлової точки середньої ковзної відповідної ваги [2]. Т.М. Сердюк прогнозує обсяги пропозиції молока для переробних підприємств на основі методу Хольта (двопараметричного експоненційного згладження) та моделей тренду [3]. В.Г. Шука, Д.І. Мандрик досліджують недоліки і переваги найпоширеніших методів прогнозування. Для прогнозування основних показників фінансово-господарської діяльності підприємства в умовах обмеженої кількості точок спостережень пропонують використовувати метод головних компонент [4]. О.Г. Янковий, Г.В. Кошельок прогнозують грошові потоки підприємства на основі принципу балансу змінних і заснованого на ньому критерію  $V_j$ . Цей підхід, на думку авторів, дозволив вибрати найкращий варіант поєднання форм трендів під час комплексного прогнозування взаємопов'язаних показників: надходжень, відтоку грошових коштів і чистого грошового потоку (парабола другого ступеня) [5].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Застосуванню в аналізі часового ряду фіктивних змінних для збільшення оцінки моделі не приділено належної уваги, економетричні моделі з фіктивними змінними дають можливість усунути випадкові

флуктуації, не зменшуючи ряду спостереження.

**Метою статті** є порівняльний аналіз основних методик прогнозування часового ряду.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Будівельна галузь стрімко розвивається та нарощує свої обороти. Проаналізуємо ринок будівельних послуг, а саме динаміку загальної площі введеної в експлуатацію в Україні (рис. 1). За період 2000–2016 років середньорічний приріст площі, введеної в експлуатацію, становив 277,76 тис. м<sup>2</sup>. Це означає, що в середньому за кожний рік збудована площа зростала на 277,76 тис м<sup>2</sup>. Не можна не відзначити різке скорочення введених в експлуатацію обсягів площі у 2009 році (обсяги скоротилися в 1,64 разу), що пояснюється світовою економічною кризою 2008 року, яка негативно вплинула на будівельну галузь. При цьому необхідно зазначити, що будівельний ринок відновився доволі швидко і в 2010 році поновив показники (8604 тис. м<sup>2</sup>) майже до рівня 2006 року (8628 тис. м<sup>2</sup>).

Кризова ситуація повторилася в 2016 році, хоча її розміри значно менші (1,18 разу). Аналізуючи роки стабільного розвитку, а саме 2000–2008 рр., бачимо, що введення площі в експлуатацію здійснювалося найбільшими темпами, середньорічний приріст становив 652,67 тис. м<sup>2</sup>, а після наслідків економічної кризи тенденція до зростання поновилася, при цьому її темпи менші на 34%, а це 432,33 тис. м<sup>2</sup> щорічно (табл. 1). Наведені показники визна-

чені за допомогою трендового аналізу, його достовірність вимірюється коефіцієнтом апроксимації, він більший за 0,5 і наближається до 1, що є прийнятним для прогнозу. Результати лінійного тренду найкращі, тому його і характеризуємо. Аналіз часового ряду за цією методикою не враховує куткових коефіцієнтів за зміни тенденції, він вказує загальну тенденцію за різноспрямованого руху. Тренд будується із врахуванням усіх точок розсіювання, при цьому якість рівняння втрачається, на що вказує коефіцієнт апроксимації (табл. 1).

Застосування економетричної множинної моделі із фіктивними змінними дасть змогу здійснити якісніший прогноз. Використано таку економетричну модель часового ряду [7, с. 432–433]:

$$Y = \beta_0 + (\alpha_0 + \alpha_1 D_1)t + \beta_2 D_1 + \beta_3 D_2 + \varepsilon, \quad (1)$$

де  $Y$  – загальна площа введена в експлуатацію, тис. м<sup>2</sup>;  $\beta_0$  – параметр множинної регресії в точці перетину результативної ознаки з віссю  $y$ ;  $(\alpha_0 + \alpha_1) = \beta_1$  – при цьому  $\alpha_0$  – загальний тренд за сімнадцять років;  $\alpha_1$  – проміжний коефіцієнт, що враховує зміну напрямку тенденції;  $t$  – тренд;  $\beta_2$  і  $\beta_3$  – параметри множинної регресії при фіктивних змінних;  $D_1$  – розмежування часового ряду на до і після кризовий період;  $D_2$  – вплив світової економічної кризи в 2009 році;  $\varepsilon$  – похибка моделі. За допомогою програми STATGRAPHICS Plus розраховані результати моделювання:

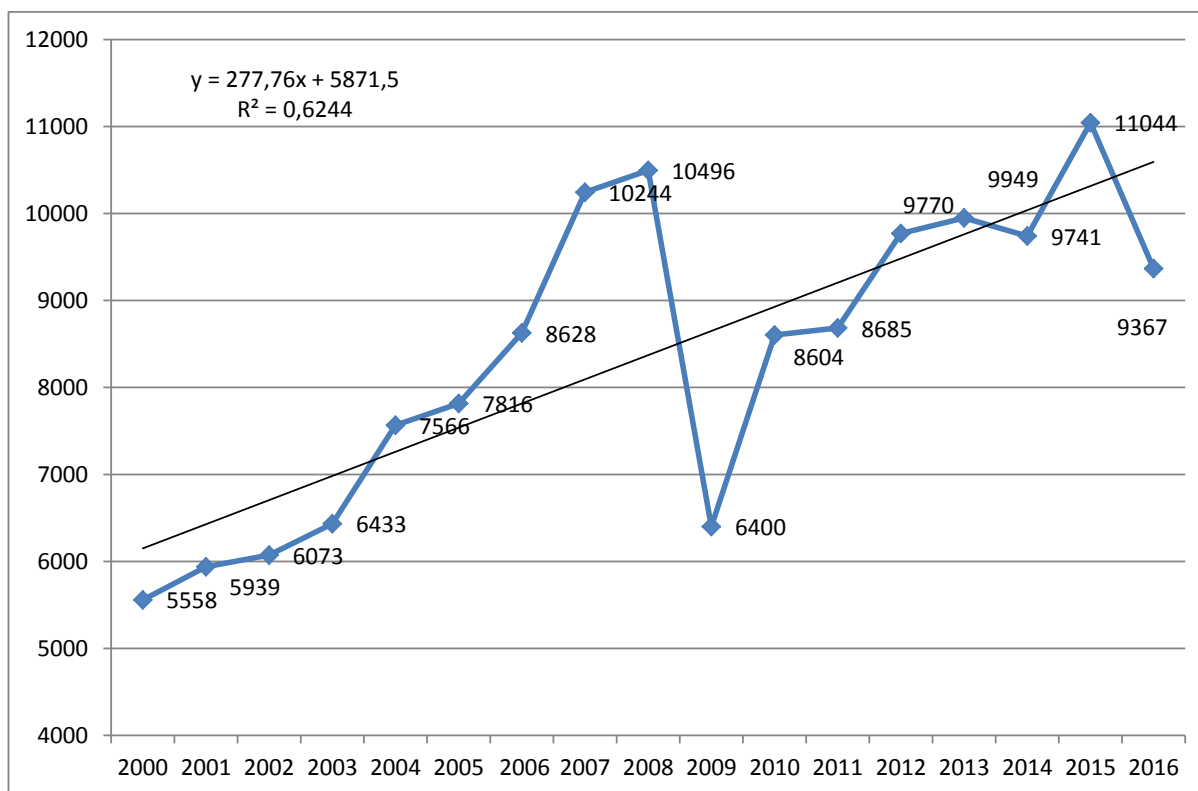


Рис. 1. Динаміка введення в експлуатацію загальної площі за 2000–2016 рр., тис. м<sup>2</sup>

Джерело: побудовано автором за даними [6].

Таблиця 1

Аналіз динаміки введення в експлуатацію загальної площі за 2000–2016 рр., тис. м<sup>2</sup>

| Період        | Рівняння тренду        | Коефіцієнт апроксимації |
|---------------|------------------------|-------------------------|
| 2000–2016 рр. | $y = 277,76x + 5871,5$ | RI = 0,6244             |
| 2000–2008 рр. | $y = 652,67x + 4375,9$ | RI = 0,9434             |
| 2009–2016 рр. | $y = 432,33x + 7249,5$ | RI = 0,6008             |

Джерело: побудовано автором за даними [6]

## Множинний регресійний аналіз

Залежна змінна: загальна площа введена в експлуатацію

| Параметри  | Оцінки    | Стандартні похибки | T статистика | P-значення |
|------------|-----------|--------------------|--------------|------------|
| $\beta_0$  | 4375,889  | 415,864            | 10,522       | 0,000      |
| $\alpha_0$ | 652,667   | 73,901             | 8,832        | 0,000      |
| $\beta_2$  | 1729,397  | 1585,411           | 1,091        | 0,297      |
| $\alpha_1$ | -403,452  | 131,013            | -3,079       | 0,010      |
| $\beta_3$  | -2197,430 | 749,493            | -2,932       | 0,013      |

## Дисперсійний аналіз

| Джерело | Сума квадратів відхилень SS | Число ступенів свободи df | Середня сума квадратів відхилень MS | F-критерій | P-значення |
|---------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------|------------|
| Модель  | 4,64768E7                   | 4                         | 1,16192E7                           | 35,459     | 0,000      |
| Залишок | 3,93218E6                   | 12                        | 327682,0                            |            |            |
| Всього  | (SS)                        | 16                        |                                     |            |            |

R-квадрат = 92,199 відсоток  
R-нормований = 89,599 відсоток  
Стандартна похибка. = 572,435  
Абсолютна похибка = 401,299  
Дарбіна-Уотсона статистика = 1,988 (P=0,168)

Результати моделювання вказують на якісну модель, а саме на 92,2% модель залежить від факторів, включених у модель, і на 7,8% – від інших величин, включаючи стохастичні змінну, критерій Фішера і t-статистика значущі (лише параметр  $\beta_2$  дещо занижений по t-статистиці), автокореляція відсутня, розрахований критерій Дарбіна-Уотсона наближений до 2. Якість моделі можна побачити на рисунку 2 де графічно відображено прогнозоване значення загальної площі.

Пояснимо рівняння регресійної моделі:

1. Загальне:

$$\hat{Y} = 4375,89 + (652,67 + (-403,45) D_1)t + 1729,40 D_1 - 2197,43 D_2.$$

Світова фінансова криза негативно вплинула на будівельну галузь, обсяги загальної площі, введеної в експлуатацію, скоротилися на 2197,43 тис. м<sup>2</sup>.

2. До економічної кризи (2000–2008 рр.):

$$\hat{Y} = 4375,89 + 652,67t - 2197,43 D_2.$$

Абсолютний середньорічний приріст загальної площі протягом дев'яти років становив 652,67 тис. м<sup>2</sup>. Необхідно відзначити, що

результати трендового аналізу повністю збігаються. Поясненням цього є незначні коливання ряду динаміки, які підтверджені коефіцієнтом апроксимації, його значення 0,9434.

3. Після економічної кризи (2009–2016 рр.):

$$\hat{Y} = 6105,286 + 1056,12t - 2197,43 D_2.$$

Абсолютні темпи зростання у після кризовому періоді в 1,6 разу вищі від докризового. Так, протягом восьми років щорічно в середньому 1056,12 тис. м<sup>2</sup> здавалося в експлуатацію загальної площі. Пояснення цьому прискоренню необхідно шукати в девальвації гривні. Споживачі, які заощаджували кошти в доларах (євро), почали активно вкладати кошти у будівництво, адже долар виріс більше ніж у три рази, відповідно вартість новобудов для них стала дешевшою. Так, наприклад, нову, двокімнатну квартиру у передмісті Києва стало можливо купити за 30 тис. доларів, хоча у докризовий період за аналогічну квадратуру платили 60 тис. доларів.

Порівняємо результати моделювання з трендовим аналізом. Через суттєві флуктуації ряду спостереження в післякризовому періоді рівняння тренду зменшило свою достовірність (RI = 0,6008) порівняно з множинною регресією (RI = 0,9220). Звідси простежується зовсім інша ситуація і з параметром моделі (1056,119), він вищий у 2,44 разу за коефіцієнт трендового рівняння (432,33).

Усунути флуктуацію в ряду спостереження можна за допомогою методу ковзної середньої (рис. 3) [8].

Використання параметру згладження ( $m = 9$ ) дало можливість побудувати рівняння тренду з високим рівнем апроксимації (RI = 0,9685).

При цьому ряд спостереження зменшився на 8 точок і аналізується вже динаміка за 9 років, а не за сімнадцять. Отже, протягом 2004–2012 рр. середній щорічний абсолютний темп зростання загальної площі, зданої в експлуатацію, становить 247,15 тис. м<sup>2</sup>. Результат несуттєво відрізняється (на 30,61 тис. м<sup>2</sup>) від трендового аналізу за 17 років.

Спрогнозуємо загальну площу, яку введуть в експлуатацію в 2017 і 2018 роках (табл. 2). Результати прогнозування множинної регресійної моделі показали, що у 2017 році здадуть в експлуатацію загальну площу в розмірі 10591 тис. м<sup>2</sup> і 10840 тис. м<sup>2</sup> у 2018 році.

При цьому трендовий аналіз завищує прогноз на 2,6 і 2,9%, а прогноз по згладженому рівню завищено на 2,1 і 2,0 % відповідно.

У разі відсутності тенденції та наявності суттєвих флуктуацій для прогнозування еконо-

мічних показників можна застосовувати математичне сподівання [9, с. 62–63]. Для цього проводять групування показників:

1) за допомогою формули Стерджеса визначають кількість інтервалів:

$$n = 1 + 3,322 \lg N, \quad (2)$$

де  $N$  – обсяг сукупності (17),  $n$  – число інтервалів;

2) визначають ширину інтервалу і будують інтервальний розподіл:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n}; \quad (3)$$

3) розраховують математичне сподівання:

$$\bar{x} = M(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (4)$$



Рис. 2. Прогнозована загальна площа введена в експлуатацію за 2000–2018 рр., тис. м<sup>2</sup>

Джерело: побудовано автором за даними [6]

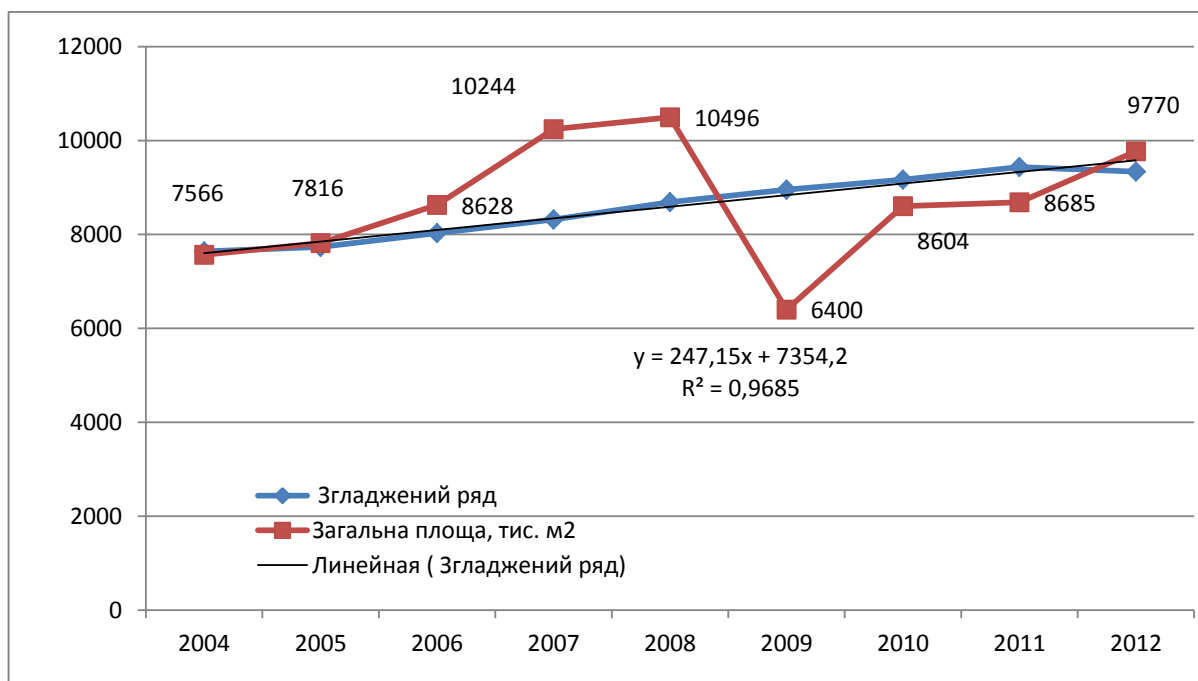


Рис. 3. Динаміка згладженого ряду за допомогою ковзної середньої за 2004–2012 рр., тис. м<sup>2</sup>

Джерело: побудовано автором за даними [6]

Таблиця 2

**Результати прогнозування введеної в експлуатацію загальної площі  
за даними 2000–2016 рр., тис. м<sup>2</sup>**

| Рівняння  | Прогноз на  |              |
|---|-------------|--------------|
|   | 2017 рік    | 2018 рік     |
| $y = 277,76x + 5871,5$  | 10871       | 11149        |
| $\hat{Y} = 4375,89 + (652,67 - 403,45D_1)t + 1729,40D_1 - 2197,43D_2$ | 10591       | 10840        |
| Відхилення абсолютне, тис. м <sup>2</sup> / відносне, %               | 280 / 2,6   | 309 / 2,9    |
| $y = 247,15x_{гр} + 7354,2$   | 10814,3     | 11061,44     |
| $\hat{Y} = 4375,89 + (652,67 - 403,45D_1)t + 1729,40D_1 - 2197,43D_2$ | 10591       | 10840        |
| Відхилення абсолютне, тис. м <sup>2</sup> / відносне, %               | 223,3 / 2,1 | 221,44 / 2,0 |

Джерело: побудовано авторами за даними [6]

Таблиця 3

**Групування загальної площі, введеної в експлуатацію, за даними 2000–2016 рр., тис. м<sup>2</sup>**

| №                      | Інтервал   |             |          | Частота                        | Ймовірність |
|------------------------|------------|-------------|----------|--------------------------------|-------------|
|                        | Нижня межа | Верхня межа | Середина |                                |             |
| 1                      | 5558       | 6655,2      | 6106,6   | 5                              | 0,29        |
| 2                      | 6655,2     | 7752,4      | 7203,8   | 1                              | 0,06        |
| 3                      | 7752,4     | 8849,6      | 8301     | 4                              | 0,24        |
| 4                      | 8849,6     | 9946,8      | 9398,2   | 3                              | 0,18        |
| 5                      | 9946,8     | 11044       | 10495,4  | 4                              | 0,23        |
| Всього                 |            |             |          | 17                             | 1           |
| Математичне сподівання |            | Дисперсія   |          | Середньоквадратичне відхилення |             |
| 8301,00                |            | 2832583,15  |          | 1683,03                        |             |

Джерело: побудовано авторами за даними [6]

де  $x_i$  – значення загальної площі з ймовірністю  $p_i$  ( $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ ), обов'язково аналізується повна група подій;

4) для оцінки математичного сподівання визначають дисперсію (5) та середньоквадратичне відхилення (6):

$$\sigma^2(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot p_i - \bar{x}^2, \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (6)$$

Результати прогнозування наведені в таблиці 3.

Отже, в наступному періоді обсяг загальної площі, введеної в експлуатацію, становитиме 8301,00 тис. м<sup>2</sup>, що на 2290,00 тис. м<sup>2</sup> (22 %) менше від результатів прогнозування регресійної моделі.

**Висновки.** Якщо ряд спостереження має загальну тенденцію без суттєвих флуктуацій і різких змін тенденцій, то рівняння тренду має високий рівень апроксимації (наближений до одиниці) і його можна використовувати для короткострокового прогнозу. В іншому разі при аналізі часового ряду необхідно впроваджувати поправочний кутовий коефіцієнт, який враховує зміну напрямку тенденції. Застосування згладження ряду динаміки за рахунок ковзної середньої збільшує коефіцієнт апроксимації, але результат прогнозування майже не відрізняється від трендового аналізу.

При цьому цей метод має негативний фактор: він зменшує ряд спостереження і характеризує менший проміжок часу.

У разі застосування математичного сподівання отримуємо песимістичний прогноз, його значення найменше серед прогнозних. Перевагою цього методу є можливість прогнозування за відсутності тенденції в ряду спостереження. Недоліком є здатність прогнозувати економічні показники лише на один період. Застосовувати його доречно при нормальному розподілі.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:**

1. Дегтяр О. Прогнозування величини бюджетних надходжень: методологічний аспект. URL: <http://www.kbuara.kharkov.ua/e-book/putp/2012-2/doc/4/03.pdf>.
2. Писар Н.Б. застосування методів прогнозування при формуванні стратегії розвитку підприємства. URL: <https://scholar.google.com.ua>.
3. Сердюк Т.М. Прогнозування та моделювання обсягів пропозиції молока для переробних підприємств. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/5.1/258.pdf>.
4. Щука В.Г., Мандрик Д.І. Дослідження методів прогнозування та обґрунтування вибору кращого з них для прогнозування показників фінансово-господарської діяльності підприємства. URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/4095/1/щука.pdf>.
5. Янковий О.Г., Кошельок Г.В. Прогнозування грошових потоків підприємства на основі принципу балансу змін-

- них. URL: [http://www.visnyk-ekon.uzhnu.edu.ua/images/pubs/49/49\\_47.pdf](http://www.visnyk-ekon.uzhnu.edu.ua/images/pubs/49/49_47.pdf).
6. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL : [Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.](#)
  7. Дудко В.С. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. у 2-х ч. / В.С. Дудко, Т.Д. Краснова, В. В. Лаговський. Ірпінь : НУДПСУ, 2010. 448 с.
  8. Паянок Т.М. Методичні вказівки до проведення практичних занять з використанням комп'ютерних технологій з курсу «Методи економічних та статистичних досліджень»// Т.М. Паянок. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2014. 61 с.
  9. Економічні і фінансові ризики : підручник / А.В. Скрипник, Н.А. Герасимчук. К.: ЦП «Компринт», 2013. 415 с.