

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## SOME ASPECTS OF FORECASTING SOCIO-ECONOMIC PROCESSES ON THE BASIS OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES

УДК 330.4: 004

<https://doi.org/10.32843/infrastruct42-66>**Карімов Г.І.**к.е.н., доцент,  
доцент кафедри менеджменту  
організацій і адміністрування  
Дніпровський державний  
технічний університет**Карімов І.К.**к.ф.-м.н., доцент,  
завідувач кафедри вищої математики  
Дніпровський державний  
технічний університет**Звонарьова К.А.**аспірант кафедри менеджменту  
організацій і адміністрування  
Дніпровський державний  
технічний університет**Karimov Hennadii**

Dniprovsk State Technical University

**Karimov Ivan**

Dniprovsk State Technical University

**Zvonarova Kateryna**

Dniprovsk State Technical University

У статті розглядаються підходи до прогнозування соціально-економічних процесів із використанням математичного апарату сучасних інформаційних технологій. Незважаючи на широку доступність комп'ютерної техніки та відповідних засобів прогнозування, автоматичне використання наявного програмно-математичного апарату може призвести до значних похибок або й до невірних результатів прогнозування. Процес прогнозування соціально-економічного процесу проілюстровано на прикладі прогнозування індексу регіонального людського розвитку Дніпропетровської області. Розглянуто два основних підходи до прогнозування: спочатку визначити прогнозні значення окремих складових (блоків), а потім на їх основі обчислити інтегральну оцінку; на основі відомих даних відразу побудувати регресійне рівняння інтегральної оцінки і на його основі визначити прогнозне значення. Показано відмінності між результатами прогнозів на основі різних регресійних рівнянь та проаналізовано їх походження.

**Ключові слова:** прогнозування, соціально-економічний процес, сучасні комп'ютерні технології, індекс регіонального людського розвитку, регресійне рівняння.

В статье рассмотрены подходы к прогнозированию социально-экономических про-

цессов с использованием математического аппарата современных информационных технологий. Несмотря на широкое распространение компьютерной техники и связанных с ней способов прогнозирования, автоматическое использование существующего программно-математического аппарата может привести к существенным ошибкам или даже к неверным результатам прогнозирования. Процесс прогнозирования социально-экономического процесса проиллюстрирован на примере прогнозирования регионального индекса человеческого развития Днепропетровской области. Рассмотрены два основных подхода к прогнозированию: сначала определить прогнозные значения отдельных компонентов (блоков), а затем на их основе рассчитать интегральную оценку; основываясь на известных данных, сразу построить регрессионное уравнение интегральной оценки и на его основе определить прогнозное значение. Показаны различия между результатами прогнозов, основанных на различных регрессионных уравнениях, и проанализировано их происхождение.

**Ключевые слова:** прогнозирование, социально-экономический процесс, современные компьютерные технологии, индекс регионального человеческого развития, регрессионное уравнение.

*In the article the approaches to forecasting socio-economic processes with the use of mathematical apparatus of modern information technologies are considered. Despite the widespread availability of computer equipment and related means of forecasting, automatic use of an existing software-mathematical apparatus can lead to significant error or incorrect results of forecasting. The process of forecasting the socio-economic process is illustrated by the example of forecasting the index of regional human development of Dnepropetrovsk region, which represents the sum of intermediate indices on six blocks of indicators. Two main approaches to prediction are considered: first-first define the forecasted values of separate components (blocks – for the regional human development index, according to the methodology of experts from the Institute of Demography and Social research. M. V. Ptuhy NAS of Ukraine, it is "reproduction of population", "social status", "comfortable life", "welfare", "decent work" and "education"), and then on their basis calculate an integral assessment; the second-based on known data to immediately build a regression equation of the integral evaluation and on its basis determine the prognostic value. Used the automated build of trend lines and the settlement refinement of coefficients of regression equations by means of MS Excel. It is also considered possibilities of MathCad mathematical packet concerning the construction of regression equations, in particular the linfit function. Using the listed tools built regression equations for an integrated assessment of regional human development. The differences between the results of forecasts based on regression equations obtained by different means are shown. Depending on the type of selected regression equation can change even the direction of the process. It is shown, that when using the apparatus trend lines special attention on the accuracy of presenting coefficients of the regression equations. When using the linfit function from the selected elementary functions depends on the quality of the received model, which once again emphasizes the importance of preliminary analysis of the investigated situation in terms of patterns process progress.*

**Key words:** forecasting, socio-economic process, modern computer technologies, index of the regional human development, regression equation.

**Постановка проблеми.** Під прогнозуванням в економіці та управлінні мається на увазі науково обґрунтоване передбачення ймовірнісних шляхів розвитку явищ і процесів для більш-менш віддаленого майбутнього. Задачі прогнозування в економіці й управлінні дуже популярні, оскільки можуть бути використані, наприклад, для завбачення майбутніх продажів, потреб в устаткуванні або тенденцій споживання.

Прогнозування засноване на зберіганні загальної тенденції розвитку явищ у часі, тому на практиці процес прогнозування зводиться до побудови регресійних моделей на підставі даних минулих періодів. Прогноз досліджуваного показника

одержують підстановкою необхідних значень, факторів, що на нього впливають, в отримане регресійне рівняння.

Сьогодні накопичений багатий досвід прогнозування на основі часових рядів, що відображають плин соціально-економічних процесів у суспільстві. Сучасні комп'ютерні засоби дають змогу значно полегшити процес побудови прогнозів та роблять процес прогнозування доступним для широкого кола користувачів. Водночас механічне застосування комп'ютерного інструментарію може призвести до значних похибок у прогнозах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Даному питанню присвячено праці багатьох віт-

чизняних та зарубіжних учених, які досліджували проблеми прогнозування різноманітних соціально-економічних процесів, зокрема М. Еддоуса, В.Р. Кігель, Н.І. Костіної, І.В. Крючкової, Т.С. Максимової, О.М. Марюти, М.Т. Пашути, І.С. Светунова, Д.В. Соколова, Р. Стенсфилда, Х.А. Таха, В.П. Чернова та ін. Але, незважаючи на достатньо повний опис проблеми, деякі питання побудови адекватної моделі за допомогою сучасних комп'ютерних технологій та її використання для прогнозування в певних умовах є актуальними та потребують подальших досліджень.

**Постановка завдання.** Отже, головною метою роботи є визначення особливостей застосування комп'ютерного інструментарію для прогнозування соціально-економічних процесів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо використання сучасних комп'ютерних технологій на прикладі прогнозування індексу регіонального людського розвитку Дніпропетровської області.

Загальна постановка задачі така: відомі оцінки регіонального людського розвитку за окремими блоками (блок 1 «Відтворення населення», блок 2 «Соціальне середовище», блок 3 «Комфортне життя», блок 4 «Добробут», блок 5 «Гідна праця», блок 6 «Освіта») та інтегральна оцінка ІРЛР за 2004–2017 рр. Відповідну інформацію наведено в табл. 1, складеній на основі [1; 2].

Необхідно спрогнозувати значення індексу регіонального людського розвитку (ІРЛР) на наступні періоди.

Зауважимо, що інтегральна оцінка регіонального людського розвитку розраховується як сума оцінок окремих складників (блоків), отже, для отримання її прогнозу можна використати два підходи:

1 – спочатку визначити прогнозні значення окремих складників (блоків), а потім на їх основі обчислити інтегральну оцінку;

2 – на основі відомих даних відразу побудувати регресійне рівняння інтегральної оцінки і на його основі визначити прогнозне значення.

Одним із найдоступніших засобів побудови регресійних моделей є використання ліній тренду в середовищі табличного процесора MS Excel. Відповідну процедуру описано в численній літературі, наприклад [3; 4].

На рис. 1 показано фрагмент листа MS Excel, на якому побудовано дві лінії тренду для блоку 1 «Відтворення населення» з указівкою рівняння регресії і параметра  $R^2$ , який характеризує достовірність рівняння.

Діаграми наочно показують, що квадратична функція краще описує відомі дані, ніж лінійна функція (цей факт підтверджують і значення параметра  $R^2$ ). Апроксимацію можна дещо поліпшити підвищенням степеню поліноміальної функції, але регресійне рівняння при цьому стає складнішим, зростає вплив точності представлення коефіцієнтів на прогнозні значення. Інші функції, доступні в рамках інструменту «Лінія тренду», показують гірші результати.

Як наслідок, для апроксимації оцінки блоку 1 вибрано квадратичну функцію.

Результати аналогічного аналізу для інших блоків наведено в табл. 2.

Результати побудови ліній тренду для індексу регіонального людського розвитку (ІРЛР), представлені на рис. 2, свідчать про значний вплив виду регресійного рівняння на прогнозні значення.

Якщо квадратичне рівняння

$$y = -0,0003x^2 + 0,0259x + 3,5005 \quad (1)$$

показує подальше зростання індексу, то поліном четвертого степеню

$$y = -0,0002x^4 + 0,005x^3 - 0,0503x^2 + 0,2086x + 3,3197 \quad (2)$$

прогнозує спадання, причому досить різке.

Таблиця 1

Оцінки регіонального людського розвитку Дніпропетровської області

Роки	Оцінки за блоками						ІРЛР
	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Блок 5	Блок 6	
2004	0,5789	0,3203	0,5723	0,5379	0,681	0,7872	3,4776
2005	0,5818	0,3794	0,557	0,5413	0,7457	0,7916	3,5969
2006	0,5982	0,3473	0,5489	0,5493	0,7562	0,7902	3,5901
2007	0,5979	0,3424	0,5413	0,5700	0,7457	0,7996	3,5969
2008	0,6088	0,3439	0,5501	0,6724	0,7114	0,7997	3,6864
2009	0,6535	0,3355	0,5562	0,6370	0,6252	0,8294	3,6368
2010	0,6439	0,3391	0,5496	0,6438	0,6021	0,8354	3,6140
2011	0,6495	0,3448	0,5524	0,6162	0,6265	0,8250	3,6143
2012	0,6504	0,3555	0,5818	0,6882	0,6166	0,8476	3,7400
2013	0,6779	0,3548	0,557	0,6729	0,6159	0,8531	3,7316
2014	0,6754	0,3754	0,5835	0,7022	0,5919	0,8583	3,7867
2015	0,6609	0,3812	0,5651	0,6979	0,6207	0,8558	3,7816
2016	0,6633	0,4109	0,5752	0,7167	0,6131	0,8487	3,8279
2017	0,6640	0,4444	0,5547	0,7267	0,5159	0,8629	3,7686

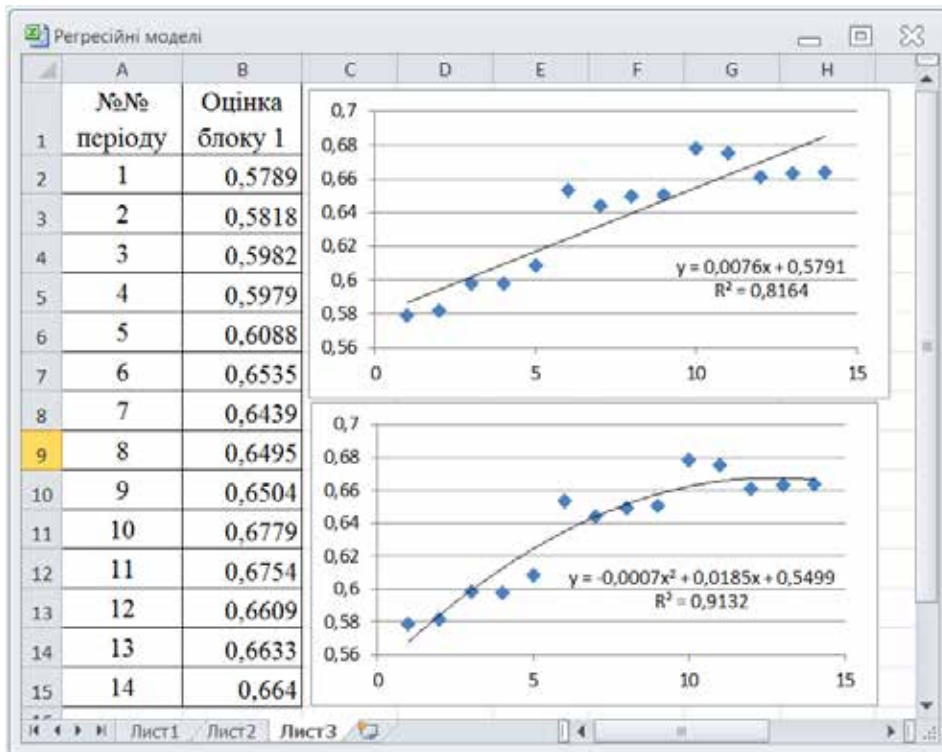


Рис. 1. Лінії тренду для оцінок блоку 1

Таблиця 2

## Регресійні рівняння оцінок за блоками

Блок	Регресійне рівняння	R²
Блок 1	$y = -0,0007x^2 + 0,0185x + 0,5499$	0,9132
Блок 2	$y = 0,0012x^2 - 0,0117x + 0,3659$	0,8006
Блок 3	$y = -0,0002x^3 + 0,004x^2 - 0,0251x + 0,593$	0,9132
Блок 4	$y = -0,0006x^2 + 0,024x + 0,5048$	0,874
Блок 5	$y = -0,014x + 0,7529$	0,7036
Блок 6	$y = 0,00064x + 0,7793$	0,9004

У табл. 3 наведено результати визначення індексу ІРЛР на наступні два періоди за першим із наведених вище підходів. При цьому спочатку обчислювалися прогнози значення оцінок по кожному з блоків шляхом підстановки  $x=15$  і  $x=16$  у формули з табл. 2, а потім визначався індекс ІРЛР як сума оцінок по блоках.

У табл. 3 наведено також значення індексу ІРЛР, обчислені за формулами (1) і (2) відповідно. Звертає на себе увагу велика розбіжність обчислених значень. Аналіз формул (1)–(2) показує, що проблема може критися в точності представлення коефіцієнтів у цих формулах. Дійсно, якщо регресійне рівняння на діаграмах (рис. 2) відформатувати засобами MS Excel, то формули (1)–(2) набудуть вигляду:

$$y = -0,00028x^2 + 0,02594x + 3,50048; \quad (3)$$

$$y = -0,000167x^4 + 0,005029x^3 - 0,050339x^2 + 0,20859x + 3,319679 \quad (4)$$

Із використанням цих формул одержимо нові значення:  $ІРЛР_1=3,8266$  і  $3,8438$ ;  $ІРЛР_2=3,6408$  і  $3,4246$  відповідно. Як видно, уточнення коефі-

цієнтів регресійних рівнянь суттєво вплинуло на прогнозні значення, особливо під час використання формул (2), (4). Якщо ж останні прогнозовані значення  $ІРЛР_1$  і  $ІРЛР_2$  усереднити, то одержимо  $ІРЛР^*=3,73367$ ,  $ІРЛР^{**}=3,63422$ . Ці значення значно краще корелюються зі значеннями, одержаними відповідно до першого підходу.

Проблеми, що виникли під час розв'язання задачі за допомогою апарату ліній тренду, пов'язані передусім з обмеженим набором доступних функцій. Можливості математичного пакету MathCad у цьому плані значно ширші [4; 5]. Нагадаємо, що серед стандартних функцій MathCad є функції *expfit*, *lgfit*, *logfit*, *pwrfit*, *sinfit*, які дають можливість обчислення коефіцієнтів апроксимуючих виразів виду  $a \cdot e^{bx} + c$ ,  $\frac{a}{1 + be^{-cx}}$ ,  $a \cdot \ln bx + c$ ,  $a \cdot x^b + c$ ,  $a \cdot \sin(x + b) + c$ . Ще ширші можливості надаються функцією *linfit*, яка повертає вектор **M** коефіцієнтів рівняння регресії виду

$$\tilde{y} = m_1 f_1(x) + m_2 f_2(x) + \dots + m_k f_k(x).$$

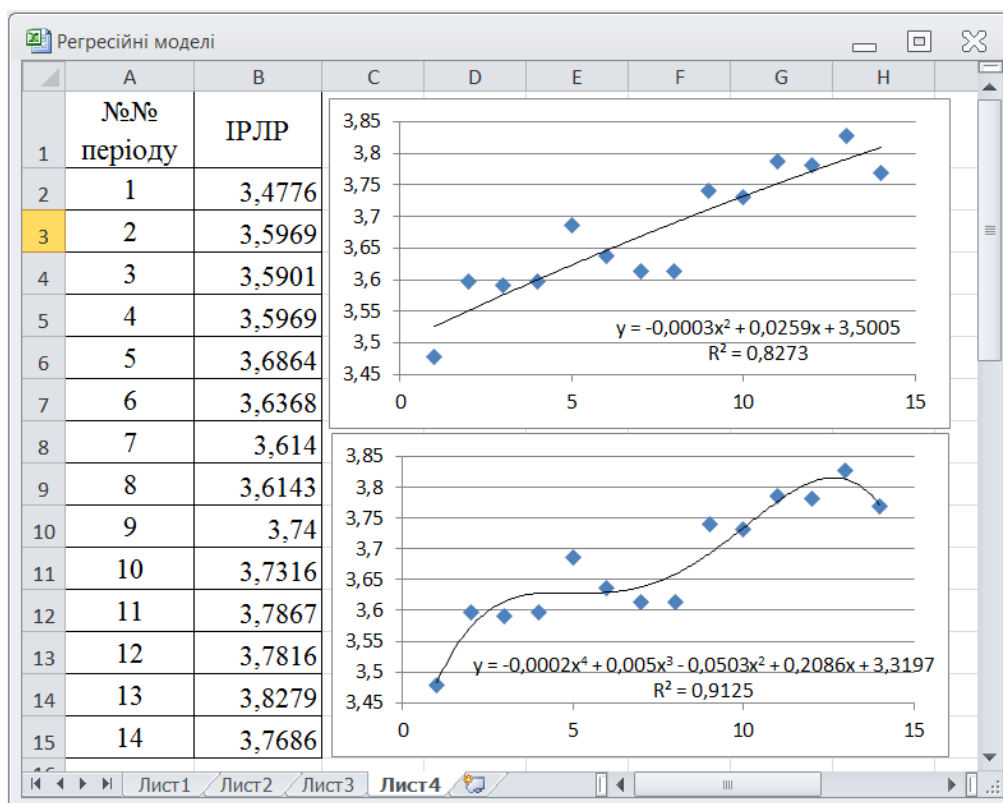


Рис. 2. Лінії тренду для ІРЛР.

Таблиця 3

Прогнозні значення

Роки	Оцінки за блоками						ІРЛР	ІРЛР <sub>1</sub>	ІРЛР <sub>2</sub>
	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Блок 5	Блок 6			
2018	0,6667	0,4604	0,4415	0,7298	0,5429	0,8753	3,7166	3,8215	1,8812
2019	0,6699	0,4859	0,3962	0,7352	0,5289	0,8817	3,6978	3,8381	1,1533

На рис. 3 наведено фрагмент документа MathCad, за допомогою якого одержане регресійне рівняння для інтегральної оцінки регіонального людського розвитку ІРЛР

$$y = -0,02343 \sin(x) + 0,10389 \sqrt{x} + 3,4048 . \quad (5)$$

Достовірність такого рівняння оцінюється значенням  $R^2 = 0,85423$ . Прогнозні значення на основі даного рівняння на два наступні періоди становлять 3,79193 і 3,82711.

Отримані результати згруповано в табл. 4.

Як видно з табл. 4, у більшості випадків отримані схожі результати (окрім поліному четвертого ступеню до уточнення коефіцієнтів), проте вони мають різну спрямованість. Варіанти 1, 5, 6 та 7 прогнозують спад показника, а 2, 4 та 8, навпаки, – зростання. Тобто від вибору прогнозної функції змінюється тенденція розвитку показника.

**Висновки з проведеного дослідження.**

Показано, що під час використання апарату ліній тренду особливу увагу слід звертати на точність представлення коефіцієнтів регресійного рівняння. У разі коли наявний набір функцій,

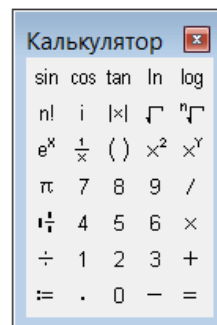
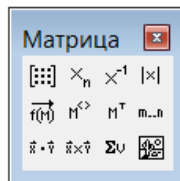
доступних апарату ліній тренду, не дає задовільних апроксимацій, рекомендується використання стандартних функцій MathCad, зокрема функції *linfit*. Якість одержаної моделі при цьому залежить від вибраних елементарних функцій, що ще раз підкреслює важливість попереднього аналізу досліджуваної ситуації з погляду закономірностей перебігу процесу.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:**

1. Регіональний людський розвиток : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2018. 73 с.
2. Регіональний людський розвиток : статистичний бюлетень / Державна служба статистики України. Київ, 2014. 63 с.
3. Ульяновченко О.В. Дослідження операцій в економіці : підручник. Суми : Довкілля, 2010. 594 с.
4. Карімов Г.І. Моделювання та прогнозування в управлінні : навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2018. 163 с.
5. Кирьянов Д.В. Mathcad 14. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. 686 с.

ORIGIN := 1

$$X := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 3.4776 \\ 3.5969 \\ 3.5901 \\ 3.5969 \\ 3.6864 \\ 3.6368 \\ 3.614 \\ 3.6143 \\ 3.74 \\ 3.7213 \\ 3.7867 \\ 3.7816 \\ 3.8279 \\ 3.7686 \end{pmatrix}$$



$$F(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ \sqrt{x} \\ \sin(x) \end{pmatrix}$$

$$V := \text{linfit}(X, Y, F)$$

$$g(t) := F(t) \cdot V$$

i := 1..14

$$V = \begin{pmatrix} 3.4048 \\ 0.10389 \\ -0.02343 \end{pmatrix}$$

$$g(15) = 3.79193$$

$$g(16) = 3.82711$$

$$R2 := 1 - \frac{\sum_{i=1}^{14} \left[ \left[ Y_i - V_1 - (V_2 \cdot \sqrt{X_i}) - V_3 \cdot \sin(X_i) \right] \right]^2}{14 \cdot \text{var}(Y)}$$

$$R2 = 0.85423$$

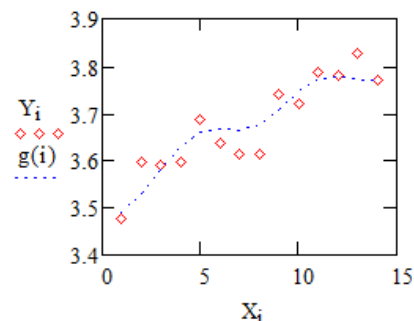


Рис. 3. Фрагмент документа MathCad

Таблиця 4

Результати прогнозування ІРЛР

Роки	Сума прогнозних значень за блоками	Квадратичне рівняння	Поліном четвертого степеню	Після уточнення коефіцієнтів		Усереднені значення		Регресійне рівняння на основі функції linfit
				квадратичне рівняння	поліном четвертого степеню	квадратичне рівняння	квадратичне рівняння	
2018	3,7166	3,8215	1,8812	3,8266	3,6408	3,73367	3,63422	3,79193
2019	3,6978	3,8381	1,1533	3,8438	3,4246			3,82711

REFERENCES:

1. State Statistics Service of Ukraine (2018). *Regionalnyj ljuds'kyj rozvytok. Statystychnyj zbirnyk* [Regional Human Development. Statistical collection], Kyiv: State Statistics Service of Ukraine.

2. State Statistics Service of Ukraine (2014). *Regionalnyj ljuds'kyj rozvytok. Statystychnyj bjuletenj* [Regional Human Development. Statistical bulletin], Kyiv: State Statistics Service of Ukraine.

3. Uljanchenko O.V. (2014) *Doslidzhennja operacij v ekonomici* [Operations research in the economy]. Sumy: Dovkillja. (in Ukrainian)

4. Karimov H.I. (2018) *Modeljuvannja ta prohnozuvannja v upravlinni* [Modeling and forecasting in management]. Kamianske: DSTU. (in Ukrainian)

5. Kyrianov D.V. (2007) *Mathcad 14*. Saint Petersburg: BKhV-Peterburh. (in Russian)