МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
РІВНЕНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ВІДКРИТОГО МІЖНАРОДНОГО УНІВЕРСИТЕТУ РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ «УКРАЇНА»

Лисак Тарас Олександрович

ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТІ ЦІНИ ТОВАРУ І ПОПИТУ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОНТЕ-КАРЛО

Апроксимація поліномом першого степеня

Модель ЕП – 2-13

Науковий керівник:
кандидат технічних наук,
Доцент Р. М. Літнарович

Рівне – 2008

УДК 303.725.33

Лисак Т. О. Побудова і дослідження економіко-математичної моделі залежності ціни товару і попиту методом статистичних випробувань Монте-Карло.Апроксимація поліномом першого степеня.Модель ЕП- 2- 13. Науковай керівник Р.М. Літнарович. РІВМУРоЛ, Рівне, 2008, 30с.

Рецензент: В. Г. Бурачек, доктор технічних наук, професор;

Відповідальний за випуск: Й. В. Джунь, доктор фізико-математичних наук, професор.

На основі фактичних даних залежності ціни товару і попиту на нього побудована математична модель залежності впливу ціни товару на попит у вигляді поліному першого степеня по способу найменших квадратів.

В даній роботі генеруються середні квадратичні похибки, які приводяться до заданих нормованих, будується спотворена модель, зрівноважується по способу найменших квадратів. Знаходяться ймовірніші значення коефіцієнтів а, в поліному першого степеня апроксимуючої математичної моделі.

Робиться оцінка точності і даються узагальнюючі висновки.

Примінений метод статистичних випробувань Монте Карло дав можливість провести широкомасштабні дослідження і набирати велику статистику.

Для студентів і аспірантів економічних вузів.

Зміст

Передмова

За результатами фактичних даних залежності ціни товару і попиту на нього, будується математична модель у вигляді поліному першого степеня.

Вихідними даними для проведення досліджень в даній роботі береться ціна товару (Уі) в тис грн. і попит на нього (Хі) тис. шт.

По цим даним була побудована математична модель у вигляді поліному першого степеня способом найменших квадратів. Дана модель приймалась за істинну модель.

Генерувались випадкові числа, знаходився коефіцієнт пропорційності K і дані випадкові числа приводилися до середньої квадратичної похибки 0,1 .

Будується спотворена модель, яка зрівноважується по способу найменших квадратів.

Дається оцінка точності елементів, зрівноважених процедурою способу найменших квадратів. Робляться узагальнюючі висновки.

1. Представлення істинної моделі

За результатами строгого зрівноваження отримана емпірична формула залежності попиту на товар X від ціни товару $У$.

$$y = -4{,}717425x^3 + 33{,}731505x^2 - 85{,}78331x + 88{,}244437$$

Таблиця 1. Вихідні дані істинної моделі у табличному вигляді

x	1,6	2	2,1	2,3	2,5	2,8	2,9	3	3,1	3,3
y	18,021	13,864	13,167	11,986	10,898	8,949	8,101	7,108	5,939	2,965

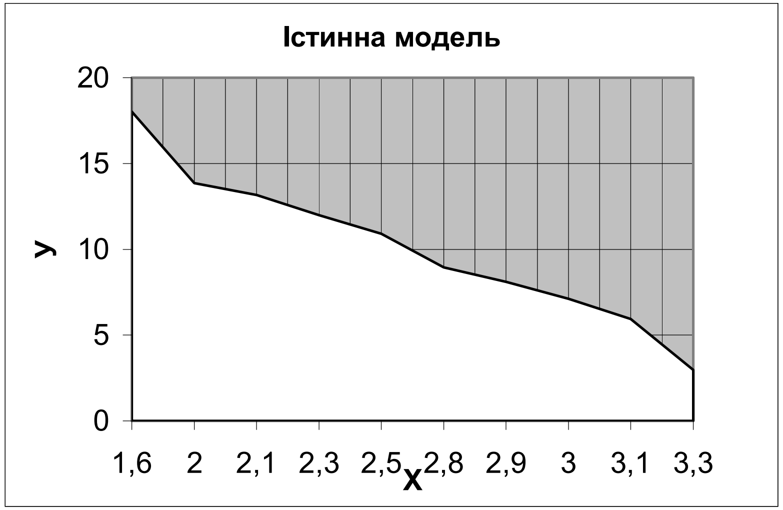


Рис.1. Точкова діаграма і графік істинної моделі

За даними таблиці 1 побудуємо точкову діаграму і графік.

Побудувавши ймовірнішу модель по способу найменших квадратів і зробивши оцінку точності її елементів, в подальшому необхідно провести дослідження точності залежності ціни товару і попиту на нього методом статистичних випробувань Монте Карло. Для цього необхідно генерувати істинні похибки за допомогою генератора випадкових чисел.

2. Генерування істинних похибок для дослідження математичної моделі методом статистичних випробувань Монте Карло

У нашому випадку незалежні змінні представляються з точністю 0,1.

Тому логічно генерувати випадкові похибки з точністю, яка б дорівнювала 0,05, тобто половині шкали, з якою ми працюємо. Але, поставимо перед собою задачу ще дослідити математичні моделі з граничною точністю, яку приймемо вдвічі більшу за 0,05,

тобто рівну 0,1. Сучасні калькулятори мають «вшиті» генератори для генерування випадкових чисел від 0 до 1. Але вони генерують числа тільки зі знаком «плюс».

Приведемо методику розрахунку випадкових чисел, які приймемо в подальшому, як істинні похибки для побудови спотвореної моделі.

1. Отримавши ряд випадкових (а точніше псевдо-випадкових) чисел $\xi_{ср.}$,

$$\xi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \xi_i}{n} \qquad (2.1)$$

Де n – сума випадкових чисел.

2. Розраховуються попередні значення істинних похибок Δ'_i за формулою

$$\Delta'_i = \xi_i - \xi_{cp} \qquad (2.2)$$

3. Знаходять середню квадратичну похибку попередніх істинних похибок за формулою Гауса

$$m_{\Delta'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta'^2 i}{n}} \qquad (2.3)$$

4. Знаходять коефіцієнт пропорційності K, для визначення істинних похибок необхідності точності

$$\mathrm{K} = \frac{c}{m'_\Delta}\ , \qquad (2.4)$$

де c – необхідна константа.

Так, наприклад, при $m'_\Delta = 0{,}28$ і необхідності побудови математичної моделі з точністю $c = 0{,}1$, будемо мати

$\mathrm{K}_{0,1} = \frac{0{,}1}{0{,}28} = 0{,}357$, а при $c = 0{,}05$, отримаємо

$\mathrm{K} = \frac{0{,}05}{0{,}28} = 0{,}178$.

5. Істинні похибки розраховуються за формулою

$$\Delta_i = \Delta'_i \cdot \mathrm{K} \qquad (2.5)$$

6. Заключним контролем служить розрахунок середньої квадратичної похибки m_Δ генерованих істинних похибок Δ

$$m_\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta^2}{n}} \qquad (2.6)$$

і порівняння

$$m_\Delta = c \qquad (2.7)$$

Таблиця 2. Генерування псевдо-випадкових чисел і розрахунок істинних похибок

№	ξ_i	ξ_{cp}	$\Delta'_i = \xi_i - \xi_{cp}$	Δ'^2_i	$\Delta_i = \Delta'_i \cdot K$	Δ_i^2
1	0,97	0,448	0,522	0,272484	0,18241	0,03327195
2	0,84		0,392	0,153664	0,137	0,01876331
3	0,2		-0,248	0,061504	-0,0867	0,00751001
4	0,43		-0,018	0,000324	-0,006	0,00003956
5	0,66		0,212	0,044944	0,07408	0,00548794
6	0,54		0,092	0,008464	0,032	0,00103351
7	0,03		-0,418	0,174724	-0,1461	0,02133486
8	0,25		-0,198	0,039204	-0,069	0,00478705
9	0,22		-0,228	0,051984	-0,0797	0,00634756
10	0,34		-0,108	0,011664	-0,0377	0,00142425
n=10	4,48		-5,82867E-16	0,81896	-2,1E-16	0,10000000

Середня квадратична похибка попередніх істинних похибок

$$\Delta'_m = \sqrt{\frac{0{,}81896}{10}} = 0{,}287$$

Коефіцієнт пропорційності $\mathrm{K} = \frac{0{,}1}{0{,}287} = 0{,}349$.

Середня квадратична похибка при генеруванні випадкових чисел з точністю $c = 0{,}1$

$$m_{\Delta_i} = \sqrt{\frac{0{,}1000000}{10}} = 0{,}1$$

Таблиця 3. Побудова спотвореної моделі

№	Істинна модель		Δ_i	$x_{спотв.} = x_{іст.} + \Delta_i$
	$x_{іст}$	$y_{іст}$		
1	1,6	18,021	0,18241	1,782
2	2	13,864	0,137	2,137
3	2,1	13,167	-0,0867	2,013
4	2,3	11,986	-0,006	2,294
5	2,5	10,898	0,07408	2,574
6	2,8	8,949	0,032	2,832
7	2,9	8,101	-0,1461	2,754
8	3	7,108	-0,069	2,931
9	3,1	5,939	-0,0797	3,020
10	3,3	2,965	-0,0377	3,262
	$\Sigma 25{,}6$	$\Sigma 100{,}998$	-2,1E-16	25,600

По даним спотвореної моделі виконують строге зрівноваження методом найменших квадратів і отримують ймовірніші моделі, яким роблять оцінку точності зрівноважених елементів і дають порівняльний аналіз на основі якого заключають на предмет поширення даної моделі для рішення даної проблеми в цілому.

3. Представлення системи нормальних рівнянь

У результаті проведеного експерименту ми маємо ряд результатів X_i, Y_i, функціональну залежність між якими будемо шукати за допомогою поліному степені К, де коефіцієнти a_i являються невідомими.

Тоді, система нормальних рівнянь буде

$$
\begin{aligned}
&na_0 + a_3[x] + a_2[x^2] + \ldots + a_m[x^m] - [y] = 0,\\
&a_0[x] + a_3[x^2] + a_2[x^3] + \ldots + a_m[x^{m+1}] - [xy] = 0,\\
&a_0[x^2] + a_1[x^3] + a_2[x^4] + \ldots + a_m[x^{m+1}] - [x^2 y] = 0, \qquad (3.1)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&a_0[x^m] + a_1[x^{m+1}] + a_2[x^{m+2}] + \ldots + a_m[x^{2m}] - [x^m y] = 0,
\end{aligned}
$$

де знаком [ ] позначена сума відповідного елемента.

Для поліному першої степені виду

$$y = a + вx \qquad (3.2)$$

Система нормальних рівнянь буде

$$
\begin{aligned}
&в[x^2] + a[x] - [yx] = 0,\\
&в[x] + na - [y] = 0, \qquad (3.3)
\end{aligned}
$$

В подальшому будемо рішати систему лінійних нормальних рівнянь (3.3) одним із відомих в математиці способів.

4. Встановлення коефіцієнтів нормальних рівнянь

Приведемо розрахункову таблицю, на основі якої отримують коефіцієнти нормальних рівнянь.

Таблиця 4. Розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь.

№	$x_{спотв}$	$y_{іст}$	x^0	x^2	xy	y^2
1	1,782	18,021	1	3,177	32,12074	324,756
2	2,137	13,864	1	4,567	29,62708	192,210
3	2,013	13,167	1	4,054	26,50964	173,370
4	2,294	11,986	1	5,261	27,49241	143,664
5	2,574	10,898	1	6,626	28,05233	118,766
6	2,832	8,949	1	8,021	25,34489	80,085
7	2,754	8,101	1	7,584	22,30963	65,626
8	2,931	7,108	1	8,590	20,83221	50,524
9	3,020	5,939	1	9,122	17,93773	35,272
10	3,262	2,965	1	10,642	9,672603	8,791
Σ	25,600	100,998	10	67,644	239,899	1193,065

Таким чином, на основі проведених розрахунків нами отримана наступна система нормальних рівнянь

$$b[X^2] + a[X] - [УX] = 0, \qquad (4.1)$$

$$b[X] + na - [У] = 0.$$

67,644b + 25.6a - 239,899=0, (4.1‘)
25.600b + 10.0a -100.998 =0.

5. Рішення системи лінійних рівнянь способом Крамера

Нехай, маємо систему лінійних рівнянь

$$\begin{aligned} &a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_{1n} = b_1, \\ &a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n = b_n. \end{aligned} \qquad (5.1)$$

Для того, щоб із цієї системи визначити невідомі c , складемо із коефіцієнтів при невідомих визначних Δ, який називається визначником системи рівнянь (5.1).

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots a_{2n} \\ \ldots a_{n1} & \ldots a_{n2} & \ldots a_{nn} \end{vmatrix} \qquad (5.2)$$

Помножимо ліву і праву частини рівності (5.2) на x_i. В лівій частині будемо мати Δx_i, в правій же частині введемо у всі члени i -го стовпчика визначника a_{K} і множник x_i

$$\Delta \cdot x_i = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots a_{1i}x_i \ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots a_{2i}x_i \ldots a_{2n} \\ \ldots a_{n1} & \ldots a_{n2} & \ldots a_{ni}x_i \ldots a_{nn} \end{vmatrix} \qquad (5.3)$$

Потім до i -го стовпчика визначника (5.3) додамо всі інші стовпчики, помножені відповідно на $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Величина

визначника від цього не зміниться. Тоді i -стовпчик представить собою ліву частину системи рівнянь (5.1).

Замінимо його вільними членами цієї системи і позначимо через Δ_i

$$\Delta \cdot x_i = \Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots b_1 \ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots b_2 \ldots a_{2n} \\ \ldots a_{n1} & \ldots a_{n2} & \ldots b_n \ldots a_{nn} \end{vmatrix} \qquad (5.4)$$

Звідки, $$x_i = \frac{\Delta_i}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots b_1 \ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots b_2 \ldots a_{2n} \\ \ldots a_{n1} & \ldots a_{n2} & \ldots b_n \ldots a_{nn} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \ldots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \ldots a_{2n} \\ \ldots a_{n1} & \ldots a_{n2} & a_{n3} \ldots a_{nn} \end{vmatrix}}. \qquad (5.5)$$

Формула (5.5) дає можливість визначити кожне невідоме системи лінійних рівнянь (5.1).

Якщо вільні члени системи лінійних рівнянь рівні нулю, то вона буде системою лінійних однорідних рівнянь.

Система лінійних однорідних рівнянь може мати рішення відмінне від нульового, якщо визначник системи Δ не рівний нулю.

Нехай,

A=[xy]-1/n([x][y]),
B=[X^2]-1/n([x]^2), **(5.6)**
C=[У^2]-1/n([У]^2).

І в нашому випадку

A=	[XY]-[X][Y]/n=	-18,655611
B=	[X^2]-[x]^2/n=	2,1077943
C=	[Y^2]-[Y]^2/n =	173,005238

При цьому коефіцієнт кореляції r

$$r^2=A^2/BC \ , \quad (5.7)$$

тобто

$$r= A/\sqrt{(BC)}. \quad (5.8)$$

При цьому

r= 0,976935139

що говорить про надто високий зв'язок між факторною Х і результуючою ознакою У. А це дає нам підстави вивести емпіричну формулу математичної моделі впливу ціни товару на його попит.

Таким чином, невідомий коефіцієнт b буде

$$b= A/B \ . \quad (5.9)$$

І в нашому випадку

b= -18,655611/2,1077943=-8,850774.

Коефіцієнт а знайдемо за формулою

$$a= 1/n([У] – b[X]). \quad (5.10)$$

При цьому

a = 1/10(**100,998 – (**-8,850774)* **25,6)=** 32,757781,

тобто математична модель, розроблена в даній монографії, буде

$$y' = 32{,}757781 - 8{,}850774x \ . \quad (5.11)$$

6. Контроль зрівноваження

Контроль зрівноваження виконується за формулою

$$[У^2] – b[УХ] – a[У] = [\varepsilon\varepsilon] \quad (6.1)$$

І в нашому випадку

1193,065 -8,850774*239,899269 - 32,757781***100,998=**7,8886470,

а з другої сторони

[εε] = 7,8886470,

що говорить про коректність виконаної процедури строгого зрівноваження за способом найменших квадратів.

7. Оцінка точності параметрів, отриманих із рішення системи нормальних рівнянь

Середня квадратична похибка одиниці ваги розраховується за формулою

$$\mu = \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n-K}} \quad (7.1)$$

У формулі (7.1) n - число початкових рівнянь, K - число невідомих. В нашому випадку $n=10; K=2.$ ε- різниця між вирахуваним значенням y' і вихідним значенням y_i

$$\varepsilon_i = y_i' - y_i \quad (7.2)$$

Підставляючи у виведену нами, формулу (5.11) значення X спотвореної моделі отримаємо розрахункові значення y', які будуть дещо відрізнятися від вихідних значень Y.

Середня квадратична похибка одиниці ваги за результатами наших досліджень

$$\mu = \sqrt{(7{,}8886470/8)} = 0{,}99302$$

Середня квадратична похибка коефіцієнта b

$$m_b = \mu\sqrt{(1/B)} \quad , \qquad (7.3)$$

де вага P коефіцієнта b розраховується за фомулою

$$P_b = (n[X^2] - [X][X])/n),$$

тобто

$$P_b = B. \qquad (7.4)$$

І в нашому випадку

$$m_b = 0{,}99302\sqrt{(1/2{,}1077943)} = 0{,}684.$$

Середня квадратична похибка коефіцієнта а

$$m_a = \mu\sqrt{([X^2]/B*n)}, \qquad (7.5)$$

де вага Р коефіцієнта а розраховується за формулою

$$P\ a = (n[X^2] - [X][X])/[X^2]), \qquad (7.6)$$

тобто

$$P\ a = B*n/[X^2]. \qquad (7.7)$$

І в нашому випадку

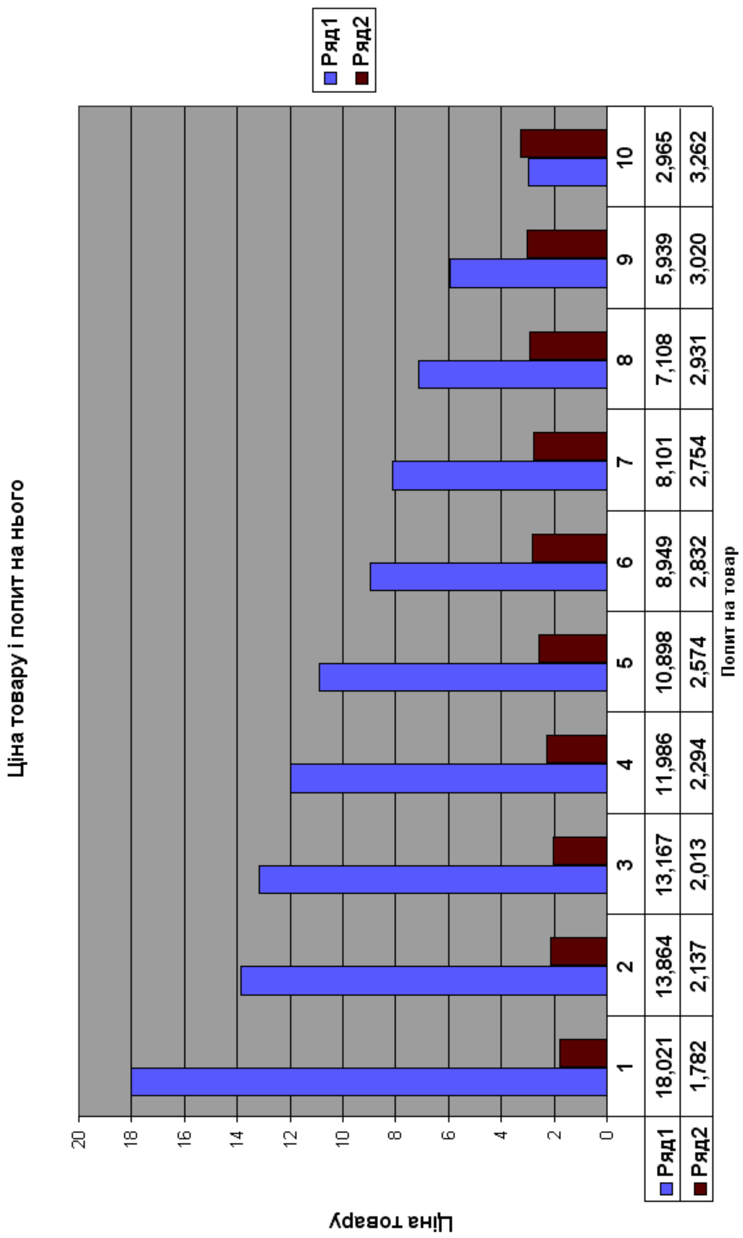
$$m_a = 0{,}99302\sqrt{(67{,}644/2{,}1077943*10)} = 1{,}7789$$

Середню квадратичну похибку зрівноваженої функції У′ розраховують за формулою

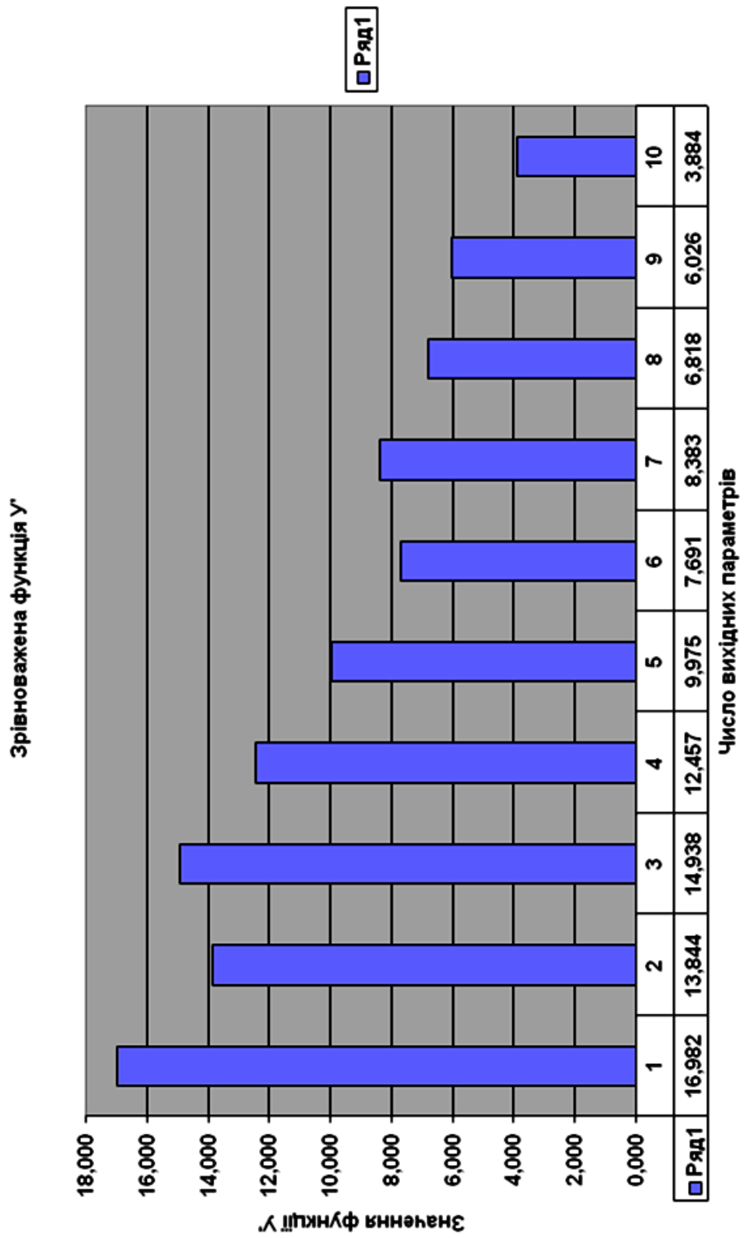
$$m_{y'} = \sqrt{(m_b^{\,2}(X_{сп.} - [X]/n)^2 + \mu^2/n))}. \qquad (7.8)$$

Таблиця 5. Порівняльний аналіз результатів строгого зрівноваження

№	$x_{спотв}$	$y_{іст}$	$y'_{зрівноваж}$	$\varepsilon = y'_i - y_i$	ε^2
1	**1,782**	**18,021**	**16,982**	**-1,038892**	**1,0792956**
2	**2,137**	**13,864**	**13,844**	**-0,0201388**	**0,0004056**
3	**2,013**	**13,167**	**14,938**	**1,7711669**	**3,1370323**
4	**2,294**	**11,986**	**12,457**	**0,470671**	**0,2215315**
5	**2,574**	**10,898**	**9,975**	**-0,922824**	**0,8516046**
6	**2,832**	**8,949**	**7,691**	**-1,257922**	**1,5823679**
7	**2,754**	**8,101**	**8,383**	**0,282322**	**0,0797054**
8	**2,931**	**7,108**	**6,818**	**-0,290169**	**0,0841979**
9	**3,020**	**5,939**	**6,026**	**0,0865374**	**0,0074887**
10	**3,262**	**2,965**	**3,884**	**0,9192483**	**0,8450174**
***n*=10**	**25,600**	**100,998**	**100,998**	**0,0000000**	**7,8886470**

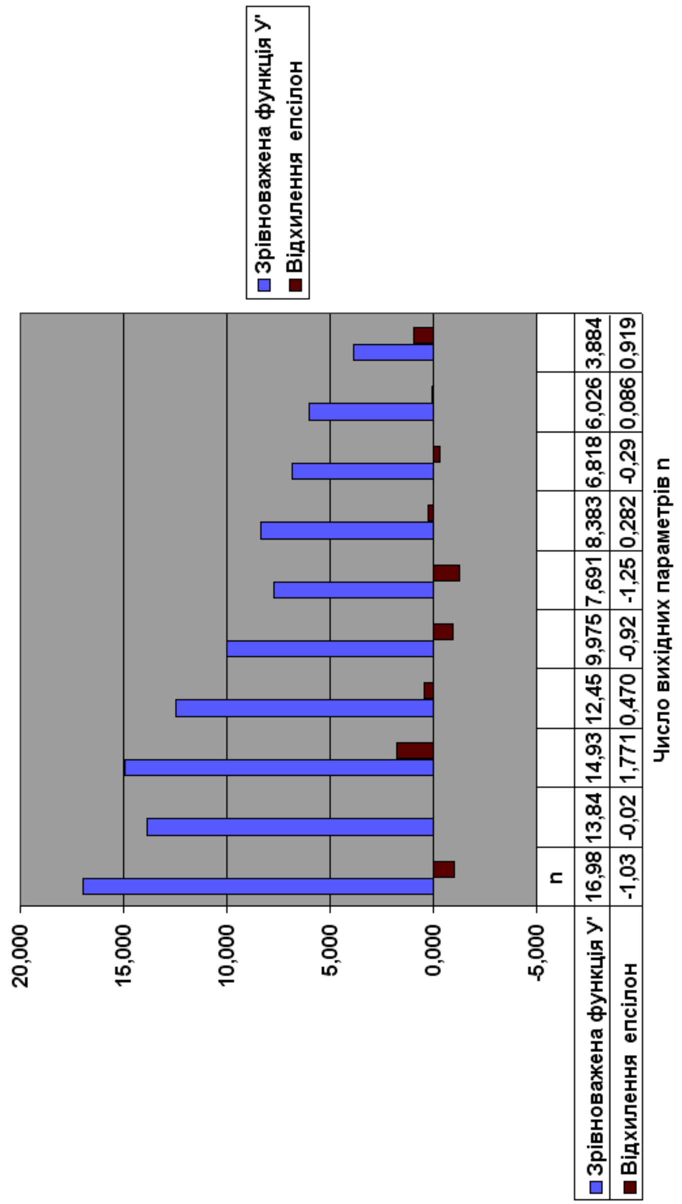


Ціна товару і попит на нього
Ціна товару
Попит на товар
Ряд1
Ряд2
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ряд1 18,021 13,864 13,167 11,986 10,898 8,949 8,101 7,108 5,939 2,965
Ряд2 1,782 2,137 2,013 2,294 2,574 2,832 2,754 2,931 3,020 3,262



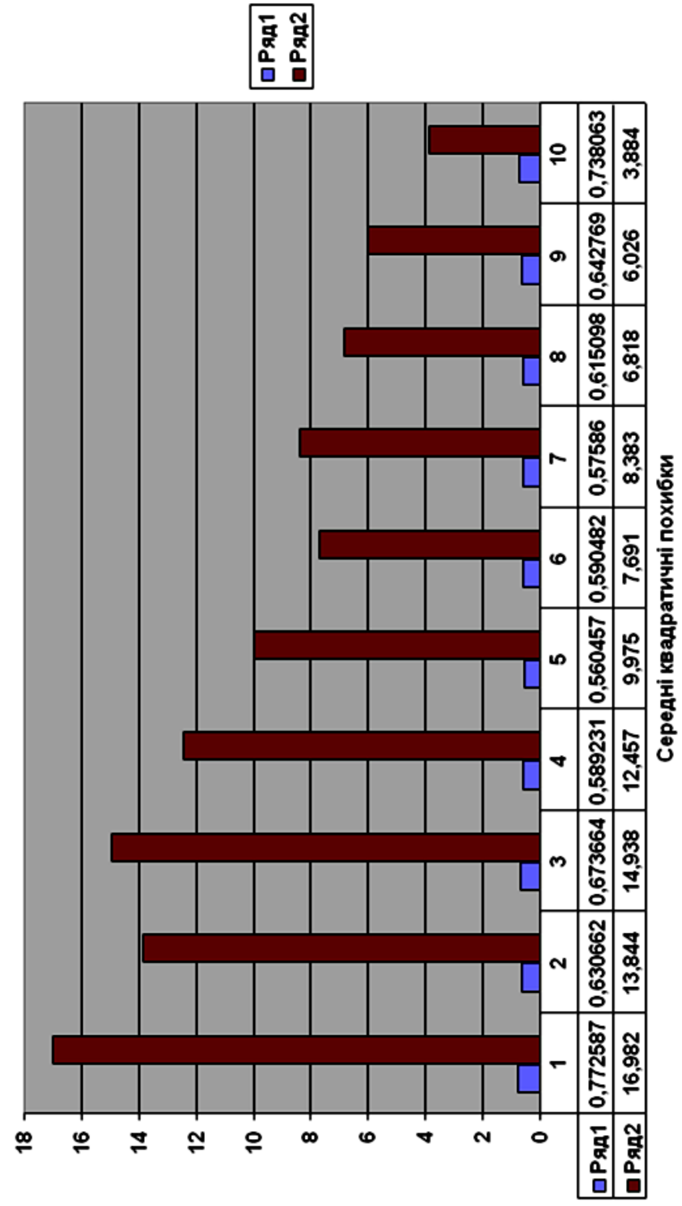
Зрівноважена функція У'
Значення функції У'
Число вихідних параметрів
Ряд1
18,000
16,000
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
0,000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ряд1 16,982 13,844 14,938 12,457 9,975 7,691 8,383 6,818 6,026 3,884

Зрівноважена функція У' і абсолютна похибка епсілон



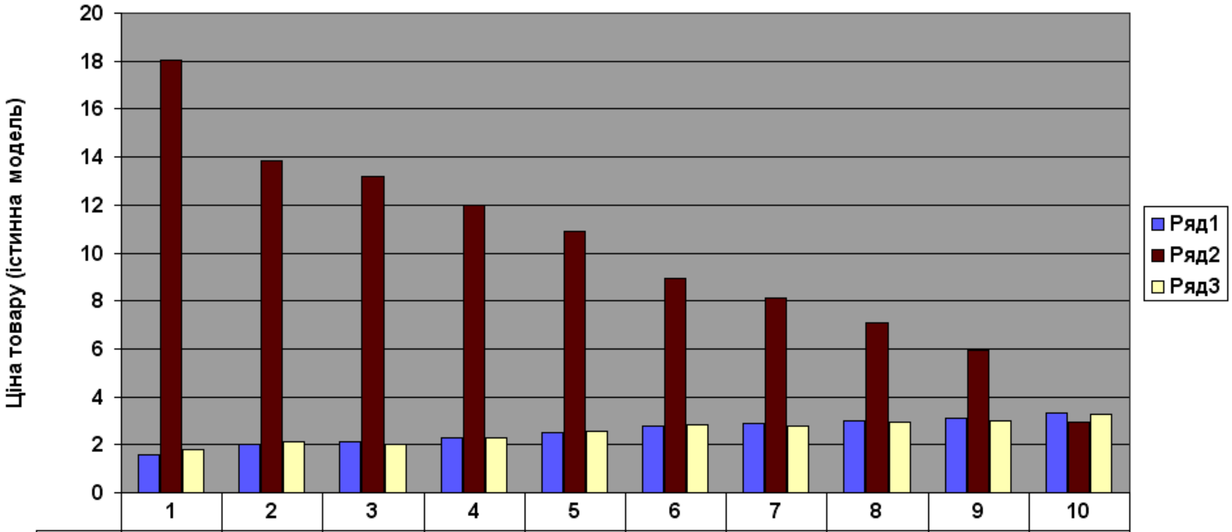
n										
Зрівноважена функція У'	16,98	13,84	14,93	12,45	9,975	7,691	8,383	6,818	6,026	3,884
Відхилення епсілон	-1,03	-0,02	1,771	0,470	-0,92	-1,25	0,282	-0,29	0,086	0,919

Математична модель і її похибки



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ряд1	0,772587	0,630662	0,673664	0,589231	0,560457	0,590482	0,57586	0,615098	0,642769	0,738063
Ряд2	16,982	13,844	14,938	12,457	9,975	7,691	8,383	6,818	6,026	3,884

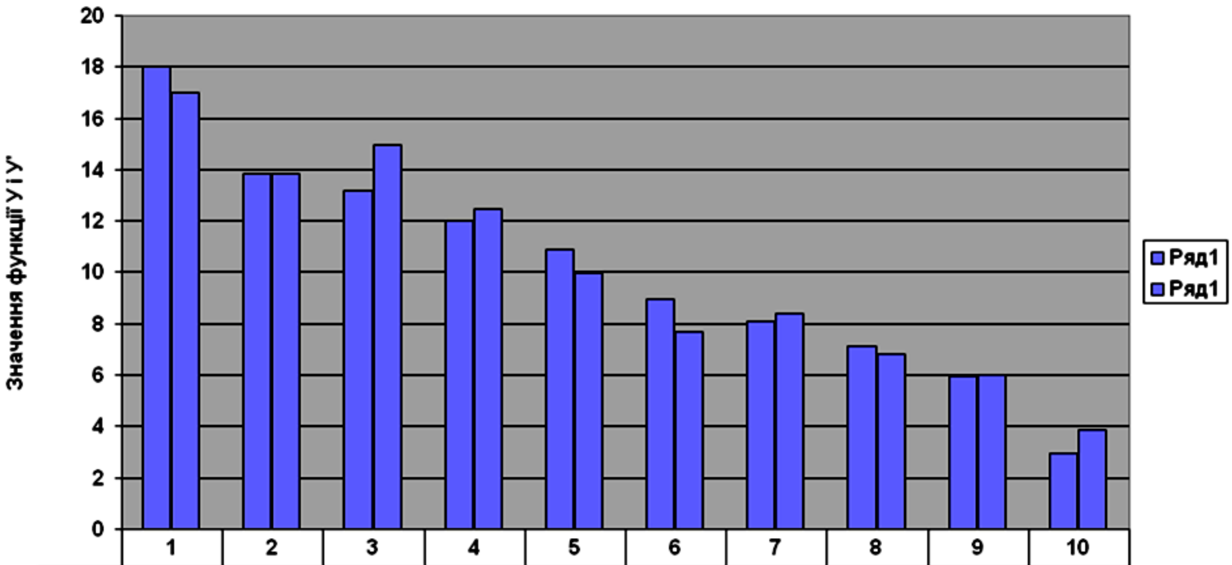
Ціна товару і попит на нього (істинна і спотворена моделі)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ряд1	1,6	2	2,1	2,3	2,5	2,8	2,9	3	3,1	3,3
Ряд2	18,021	13,864	13,167	11,986	10,898	8,949	8,101	7,108	5,939	2,965
Ряд3	1,782	2,137	2,013	2,294	2,574	2,832	2,754	2,931	3,020	3,262

Попит на товар (істинна і спотворена моделі)

Істинна (зліва) і побудована (справа) математичні моделі)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ряд1	18,021	13,864	13,167	11,986	10,898	8,949	8,101	7,108	5,939	2,965
Ряд1	16,982	13,844	14,938	12,457	9,975	7,691	8,383	6,818	6,026	3,884

Число вихідних параметрів

На першій діаграмі «Ціна товару і попит на нього» першим рядом (лівим стовпчиком) представлена ціна товару істинної математичної моделі, розробленої Р.М.Літнаровичем і приведеної значеннями «У» табл1

Другим рядом (правим стовпчиком) представлені значення «Х» спотвореної математичної моделі, побудованої автором даної монографії. Як бачимо, ціна товару обернено пропорційна попиту на нього, тобто із зниженням ціни товару зростає попит на нього. Ціна товару набагато більша попиту на нього і лише в останньому стовпчику ,при самій низькій ціні товару, попит на нього переважає його ціну.

На другій діаграмі приведені значення «У'» ціни товару зрівноваженої моделі, побудованої автором даної монографії.

На третій діаграмі представлена зрівноважена функція У' і абсолютні похибки (відхилення) даної функції від її істинної моделі.

На четвертій діаграмі представлена побудована автором даної монографії математична модель і середні квадратичні похибки даної моделі.

На п'ятій діаграмі приведено порівняння істинної і зрівноваженої математичної моделі «Ціна товару і попит на нього».

Шоста діаграма ілюструє порівняння істинної і зрівноваженої математичної моделі.

Висновки

На основі проведених досліджень в даній роботі:

1. Генеровані випадкові числа, які приведено до нормованої досліджуваної точності.
2. На основі істинної моделі і генерованих істинних похибок побудована спотворена модель залежності ціни товару і попиту на нього.
3. Математична модель апроксимована по способу найменших квадратів поліномом першого степеня.
4. Отримана формула

| Y'=a+bX= 32,75778097 -8,850774 X |

залежності попиту на товар **Х** від ціни товару **У**.

5. Встановлено, що середня квадратична похибка одиниці ваги за результатами зрівноваження складає 1,10711 ціни одиниці товару;
   - середня квадратична похибка визначення коефіцієнта a $m_a = 1,7789;$
   - середня квадратична похибка визначення коефіцієнта b при x $m_b = 0,684$
   - середні квадратичні похибки зрівноваженої функції
   -
   - 0,61764081
   0,42699407
   0,48827454
   0,36301758
   - 0,3141669
   0,36504444
   0,34088629
   0,40365171
   0,44468129
   0,57386927

R

mφ

6. Розроблена методика підготовки істинних похибок наперед заданої точності.
7. Дана робота відкриває дорогу для проведення досліджень методом статистичних випробувань Монте Карло.
8. Вона дає можливість охопити велику аудиторію, тому що генеруються похибки індивідуально і вони не повторюються в других моделях.
9. Робота виконується вперше. Нам не відомі літературні джерела, де б виконувались аналогічні дослідження в економіці.

Література

- Бугір М.К. Математика для економістів.Київ.Видавничий центр «Академія», 2003,-519 с.
- Ржевський С.В., Александрова В.М. Дослідження . операцій. Київ, «Академвидав», 2006, -558 с.
- 3. Соколенко О.І. Вища математика.Київ, Видавничий центр «Академія», 2003,-431 с.
- 4. Літнарович Р.М. Алгебра матриць. Курс лекцій. МЕГУ, Рівне,2007, - 108 с.
- 5. Літнарович Р.М. Лінійна алгебра. Елементи теорії визначників. Курс лекцій.МЕГУ, Рівне,2007, - 72 с.
- 6.Літнарович Р.М. Основи математики. Дослідження результатів психолого-педагогічного експерименту експоненціальною функцією. Навчальний посібник.Частина 4. МЕГУ, Рівне, 2006, -17 с.
- Літнарович Р.М. Основи математики. Дослідження результатів психолого-педагогічного експерименту степеневою функцією. Навчальний посібник.Частина 5. МЕГУ, Рівне, 2006, -17 с.

Додаток 1
Генерування псевдовипадкових чисел, підпорядкування їх нормальному закону розподілу і розрахунок істинних похибок.

0,97	0,448	0,522	0,272484	0,18241	0,03327195
0,84	0,448	0,392	0,153664	0,137	0,01876331
0,2	0,448	-0,248	0,061504	-0,0867	0,00751001
0,43	0,448	-0,018	0,000324	-0,006	0,00003956
0,66	0,448	0,212	0,044944	0,07408	0,00548794
0,54	0,448	0,092	0,008464	0,032	0,00103351
0,03	0,448	-0,418	0,174724	-0,1461	0,02133486
0,25	0,448	-0,198	0,039204	-0,069	0,00478705
0,22	0,448	-0,228	0,051984	-0,0797	0,00634756
0,34	0,448	-0,108	0,011664	-0,0377	0,00142425
4,48	Суми	-6E-16	0,81896	-2,1E-16	0,10000000
A	B	C	D	E	F

Додаток 2. Побудова спотвореної моделі.

0,18241	1,782	1,6	18,021	1,782
0,137	2,137	2	13,864	2,137
-0,0867	2,013	2,1	13,167	2,013
-0,006	2,294	2,3	11,986	2,294
0,07408	2,574	2,5	10,898	2,574
0,032	2,832	2,8	8,949	2,832
-0,1461	2,754	2,9	8,101	2,754
-0,069	2,931	3	7,108	2,931
-0,0797	3,020	3,1	5,939	3,020
-0,0377	3,262	3,3	2,965	3,262
-2,1E-16	25,600	25,6	100,998	25,600
E	I	G	H	I
Істинні похиб.	Xспотв.	Xіст.	Yіст.	Xспотв.

Додаток 3. Розрахункова таблиця.

18,021	**1,782**	1	3,177	32,12073881	324,756
13,864	**2,137**	1	4,567	29,62708005	192,210
13,167	**2,013**	1	4,054	26,50964344	173,370
11,986	**2,294**	1	5,261	27,49240971	143,664
10,898	**2,574**	1	6,626	28,05233042	118,766
8,949	**2,832**	1	8,021	25,34489412	80,085
8,101	**2,754**	1	7,584	22,30963078	65,626
7,108	**2,931**	1	8,590	20,83220822	50,524
5,939	**3,020**	1	9,122	17,93773041	35,272
2,965	**3,262**	1	10,642	9,67260334	8,791
100,998	**25,600**	10	67,644	239,899269	1193,065
H	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**
Уіст.	**Хспотв.**	**X0**	**X^2**	**Y*X**	**Y^2**

Додаток 4. Розрахунок коефіцієнта кореляції

Розраху	нок коефіці	єнта A=	[XY]-[X][Y]/n=	-18,655611
Розраху	нок коефіці	єнта B=	[X^2]-[x]^2/n=	2,1077943
Розраху	нок коефіці	єнта C=	[Y^2]-1/n*[Y]^2=	173,005238
Розраху	нок коефіці	єнта коре	ляції r^2=A^2/BC=	0,9544023
	r=√r^2=	0,976935139		

Додаток 5. Вільні члени нормальних рівнянь.

[УХ]= 239,899269

[У]=100.998

Додаток 6. Розрахунок коефіцієнтів апроксимуючого поліному.

Розраху	нок коефіці	єнта b	
	b=A/B=	-8,850774	
Розраху	нок коефіці	єнта а	
	a=1/n([Y]-b[X])=		32,757781

Нами виведена формула за результатами теоретичних досліджень.

Формула	побудованої моделі	математи	чної
Y'=a+bX=	32,75778097	-8,850774	X

Додаток 7. Оцінка точності функції φ У'

$$m_{\varphi} = \sqrt{m_b^2 \left[X_{cn.} - \frac{1}{n} \left[X \right] \right]^2 + \mu^2 / n}$$

mφ=

0,61764081	0,36504444
0,42699407	0,34088629
0,48827454	0,40365171
0,36301758	0,44468129
0,3141669	0,57386927

Додаток 8. Контроль зрівноваження.

Контроль	зрівноважен	ня	
[Y^2]-	b[YX]-	a[Y]=	7,8886470
[εε]=	7,8886470		

Додаток 9. Оцінки точності зрівноважених елементів.

Середня квадратична похибка одиниці ваги
μ=√(**[εε]/(n-k))=** 0,99302

Середня квадратична похибка коефіцієнта a коефіцієнта b
mb=
μ√(1/B)= 0,684

Се редня квадратична похибка коефіцієнта в коефіцієнта a
ma= μ√([x^2]/B*n) 1,7789
Вага коефіцієнта b
Pb= B= 2,10779
Вага коефіцієнта a
Pa= B*n/[X^2] 0,3116

Додаток 10.Блок-схема розрахунків в Ms Excel

Лисак Тарас Олександрович

ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТІ ЦІНИ ТОВАРУ І ПОПИТУ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОНТЕ-КАРЛО

Апроксимація поліномом першого степеня

Наукове видання

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент <u>Літнарович Руслан Миколайович</u>

Комп'ютерний набір, верстка – дизайн у редакторі Microsoft® Office 2003® Word

Лисак Тарас Олександрович

РІВНЕНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ВІДКРИТОГО МІЖНАРОДНОГО УНІВЕРСИТЕТУ РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ «УКРАЇНА»

Кафедра Економічної теорії та інформаційних технологій

33028, м. Рівне, вул. Котляревського, 1