

Sukhorukov, A. I., and Kharazishvili, Yu. M. "Teoretyko-metodolohichnyi pidkhid do intehralnoi otsinky ta rehuliuвання rivnia ekonomichnoi bezpeky derzhavy" [Theoretical and methodological approach to the integrated assessment and regulation of economic security]. *Bankivska sprava*, no. 4 (2011): 13-32.

Shlemko, V. T., and Binko, I. F. *Ekonomichna bezpeka Ukrainy : sutnist i napriamy zabezpechennia* [The economic security of Ukraine: the nature and direction of security]. Kyiv: KNEU, 2012.

Tymoshenko, O. V. "Metodychni pidkhody do otsiniuvannia rivnia ekonomichnoi bezpeky derzhavy" [Methodological approaches to evaluation of economic security]. *Biznes Inform*, no. 6 (2014): 32-37.

Vitlinskyi, V. V. et al. *Kredytnyi ryzyk komertsiihnoho banku* [The credit risk of commercial bank]. Kyiv: Znannia; KOO, 2000.

УДК 336.001.57.004

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ЗАСОБАМИ MS EXCEL

© 2015 ГЛОТОВ Є. О.

УДК 336.001.57.004

### Глотов Є. О. Статистичний аналіз результатів імітаційного моделювання інвестиційного проекту засобами MS Excel

У даній роботі розглядається методика статистичного аналізу початкових даних і результатів імітаційного моделювання інвестиційного проекту засобами MS Excel на основі економічної задачі. Визначення кількісних характеристик для оцінки тісноти взаємозв'язку між випадковими величинами в MS Excel пропонується здійснювати двома способами: за допомогою статистичних функцій КОВАР() і КОРРЕЛ() та за допомогою спеціальних інструментів статистичного аналізу даних: Аналіз Даних ► Кореляція. Якщо число досліджуваних змінних більше 2, зручнішим є використання інструментів аналізу Excel. Корисність проведення статистичного аналізу початкових даних та результатів імітаційного експерименту полягає також у тому, що в багатьох випадках він дозволяє виявити некоректності в початкових даних або навіть помилки в постановці задачі. Статистичний аналіз також дозволяє перевірити гіпотезу про нормальний розподіл як початкових даних, так і результатів. Для цього застосовуються спеціальні статистичні критерії Колмогорова – Смирнова, Пірсона тощо. А MS Excel дозволяє швидко та ефективно здійснювати розрахунок необхідного критерію та проводити статистичну оцінку гіпотез за допомогою інструмента ОПИСОВА СТАТИСТИКА, який автоматично обчислює широко використовуваний на практиці характеристики розподілів.

**Ключові слова:** імітаційне моделювання, статистичний аналіз, нормальний розподіл, асиметрія, ексцес, кореляція.

**Рис.:** 5. **Табл.:** 2. **Формул.:** 6. **Бібл.:** 12.

**Глотов Євген Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри економіко-математичних методів та інформаційних технологій, Харківський інститут фінансів Українського державного університету фінансів і міжнародної торгівлі (пер. Плетньовський, 5, Харків, 61003, Україна)

УДК 336.001.57.004

### Глотов Е. А. Статистический анализ результатов имитационного моделирования инвестиционного проекта средствами MS Excel

В данной работе рассматривается методика статистического анализа исходных данных и результатов имитационного моделирования инвестиционного проекта средствами MS Excel на основе экономической задачи. Определение количественных характеристик для оценки тесноты взаимосвязи между случайными величинами в MS Excel предлагается осуществлять двумя способами: с помощью статистических функций КОВАР () и КОРРЕЛ () и с помощью специальных инструментов статистического анализа данных: **Анализ данных ► Корреляция**. Если число исследуемых переменных больше 2, более удобным является использование инструментов анализа Excel. Полезность проведения статистического анализа исходных данных и результатов имитационного эксперимента заключается также в том, что во многих случаях он позволяет выявить некорректности в исходных данных или даже ошибки в постановке задачи. Статистический анализ также позволяет проверить гипотезу о нормальном распределении как исходных данных, так и результатов. Для этого применяются специальные статистические критерии Колмогорова – Смирнова, Пирсона и др. А MS Excel позволяет быстро и эффективно осуществлять расчет необходимого критерия и проводить статистическую оценку гипотез с помощью инструмента описательной статистики, который автоматически вычисляет широко используемые на практике характеристики распределений.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, статистический анализ, нормальное распределение, асимметрия, эксцесс, корреляция. **Рис.:** 5. **Табл.:** 2. **Формул.:** 6. **Библ.:** 12.

**Глотов Евгений Александрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экономико-математических методов и информационных технологий, Харьковский институт финансов Украинского государственного университета финансов и международной торговли (пер. Плетневский, 5, Харьков, 61003, Украина)  
**E-mail:** glotov50@mail.ru

UDC 336.001.57.004

### Hlotov Ye. O. Statistical Analysis of Results of Simulation Modeling the Investment Project with MS Excel

The article examines the methodology of statistical analysis of source data as well as results of simulation modeling the investment project with MS Excel, based on economic task. A quantification to assess the narrowness of relationship between the random variables in MS Excel is proposed to be carried out in two ways: using the statistics functions COVAR () and CORREL () and using special tools for analyzing statistical data: **Data analysis ► Correlation**. If the number of the studied variables is higher than 2, a more convenient choice will be to use the Excel analysis tools. Usefulness of the statistical analysis of source data and the results of the simulation experiment is that in many cases it helps to reveal inexactness in the source data, or even errors in the task statement. Statistical analysis also allows to test the hypothesis about the normal distribution of both source data and results. To do this, special statistical criteria by Kolmogorov-Smirnov, Pearson and others can be used. MS Excel provides to quickly and effectively implement a calculation of the required criterion and conduct a statistical assessment of hypotheses by means of the descriptive statistics tool that automatically calculates the characteristics of distributions, which are widely used in practice.

**Key words:** simulation modeling, statistical analysis, normal distribution, skewness, kurtosis, correlation.

**Pic.:** 5. **Tabl.:** 2. **Formulae:** 6. **Bibl.:** 12.

**Hlotov Yevhen O.** – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Economic and Mathematical Methods and Information Technology, Kharkiv Institute of Finance of the Ukrainian State University of Finance and International Trade (per. Pletnyskyi, 5, Kharkiv, 61003, Ukraine)

**E-mail:** glotov50@mail.ru

В аналізі ризиків інвестиційних проектів, як правило, використовуються за базу для експериментів прогнози дані про обсяги продажів, витрати, ціни тощо [1–3]. Фінансовий аналіз інвестиційного проекту варто здійснювати в рамках ймовірнісного підходу [4, 5], тобто на основі стохастичних моделей економічних процесів, оскільки жорстко детерміновані зв'язки в реальних економічних процесах зустрічаються винятково рідко. Відповідно до цього інвестиційний проект визначається як стохастична прогнозна модель фінансових потоків [5, 6]. При цьому можуть бути використані 7 типів розподілів випадкових величин: рівномірний, нормальний, Бернуллі, Пуассона, біноміальний, модельний і дискретний [7–9]. Як правило, при великій кількості експериментів виходять з припущення про *нормальний розподіл* ключових змінних. Але який розподіл будуть мати результативні показники інвестиційного проекту, такі як: чиста сучасна вартість проекту  $NPV$ , потоки платежів  $NCF$  для будь-якого періоду  $t$  потрібно з'ясувати при проведенні статистичного аналізу результатів імітаційного моделювання інвестиційного проекту. Корисність проведення статистичного аналізу результатів імітаційного експерименту полягає також у тому, що в багатьох випадках він дозволяє виявити некоректності в початкових даних або навіть помилки в постановці задачі, виявити кількісні характеристики для оцінки тісноти взаємозв'язку між випадковими величинами. Теоретичні дослідження розглядалися у наукових працях В. Пикуза, М. В. Грачової, В. В. Царьова, І. Я. Лукасевича, Беннінг Шимона, С. А. Смоляк, С. Savvakis, S. Ross, Winston L. Wayne.

Мета роботи – аналіз випадкових величин економічних задач з використанням описової статистики табличного процесора **Excel** та перевірка гіпотези про нормальний розподіл як початкових даних, так і результатів при проведенні імітаційного моделювання інвестиційного проекту, а також визначення міри їх взаємозв'язку та їх коректність. Для досягнення даної мети розглянемо таку задачу: виробниче підприємство виробляє керамічну плитку типу А. У процесі попереднього аналізу експертами виявлені три ключові параметри проекту: Змінні витрати на одиницю продукції –  $V$ ; Обсяг випуску продукції –  $Q$ ; Ціна за одиницю виробленого продукту –

$P$  і визначені можливі границі їх зміни (табл. 1). Інші параметри проекту вважаються сталими величинами: Початкові інвестиції –  $I_0$ ; Сталі витрати –  $F$ ; Амортизація –  $A$ ; Податок на прибуток –  $T$ ; Норма дисконту –  $r$ ; Термін проекту –  $n$  (табл. 2). У даній задачі визначаються залежності результативного показника від початкових даних. При цьому за результативний показник вибрано чисту сучасну вартість проекту  $NPV$ :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (1)$$

де  $NCF_t$  – величина чистого потоку платежів за період  $t$ .

З метою спрощення вважаємо, що генерований проектом потік платежів має вид ануїтету. Тоді величина потоку платежів  $NCF$  для будь-якого періоду  $t$  однакова і може визначатися з такого співвідношення:

$$NCF = [Q(P - V) - F - A](1 - T) + A. \quad (2)$$

Будемо виходити з припущення про *нормальний розподіл* ключових змінних.

Результати імітації наведені на рис. 1 і рис. 2.

В аналізі стохастичних процесів важливе значення мають статистичні взаємозв'язки між випадковими величинами. Як кількісні характеристики подібних взаємозв'язків у статистиці використовуються два показники: *коваріація* і *кореляція*. Коваріація виражає міру *статистичної залежності* між двома множинами даних і визначається з такого співвідношення:

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - M(X))(Y_i - M(Y)), \quad (3)$$

де  $X, Y$  – множини значень випадкових величин розміру  $m$ ;

$M(X)$  – математичне сподівання випадкової величини  $X$ ;

$M(Y)$  – математичне сподівання випадкової величини  $Y$ .

Як випливає з (3), додатна коваріація спостерігається в тому разі, коли більшим значенням випадкової величини  $X$  відповідають більші значення випадкової величини  $Y$ , тобто між ними існує тісний прямий взаємозв'язок. Відповідно від'ємна коваріація має місце, коли малим значенням випадкової величини  $X$  відпо-

Таблиця 1

Ключові параметри проекту

Сценарій	Змінні витрати (V)	Обсяг випуску продукції (Q)	Ціна за одиницю продукції (P)	Ймовірність
Найгірший	35,00	10000,00	40,00	0,25
Ймовірний	30,00	11000,00	50,00	0,50
Найкращий	25,00	12000,00	60,00	0,25

Таблиця 2

Сталі параметри проекту

Початкові інвестиції ( $I_0$ )	10000,00	Норма дисконту ( $r$ )	13,00%
Сталі витрати ( $F$ )	800,00	Податок на прибуток ( $T$ )	60,00%
Амортизація ( $A$ )	500,00	Термін проекту ( $n$ )	3,00

	A	B	C	D	E
1	<b>Початкові умови експерименту</b>				
2		<b>Змінні витрати (V)</b>	<b>Об'єм випуску продукції (Q)</b>	<b>Ціна за одиницю продукції (P)</b>	<b>Ймовірність</b>
3	<b>Найгірший сценарій</b>	35,00	10000,00	40,00	0,25
4	<b>Ймовірний сценарій</b>	30,00	11000,00	50,00	0,50
5	<b>Найкращий сценарій</b>	25,00	12000,00	60,00	0,25
6					
7	<b>Середнє значення</b>	30	11000	50	
8	<b>Стандартне відхилення</b>	3,54	707,11	7,07	
9					
10	<b>Кількість експериментів =</b>	1000		<b>Номер останнього рядка=</b>	1012
11	<b>Результати проведення імітаційного моделювання</b>				
12	<b>Змінні витрати (V)</b>	<b>Об'єм випуску продукції (Q)</b>	<b>Ціна за одиницю продукції (P)</b>	<b>Надходження (NCFt)</b>	<b>ЧСВ (NPVt)</b>
13	19,30	11293,24	30,68	51401,77	111367,42
14	30,57	10532,48	52,50	92376,95	208116,08
15	26,94	9507,95	53,10	99487,98	224906,30
16	33,09	10886,98	62,54	128211,52	292726,97
17	30,76	11062,86	57,04	116273,67	264539,87

Рис. 1. Початкові умови та фрагмент результатів проведення імітації

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Сталі параметри проекту</b>					
2	<b>Початкові інвестиції (I<sub>0</sub>)</b>	10000,00	<b>Норма дисконту (r)</b>	13,00%		
3	<b>Сталі витрати (F)</b>	800,00	<b>Податок на прибуток</b>	60,00%		
4	<b>Амортизація (A)</b>	500,00	<b>Термін проекту (n)</b>	3,00		
5	<b>Результати аналізу обчислювального експерименту</b>					
6	<b>Показники</b>	<b>Змінні витрати (V)</b>	<b>Об'єм випуску продукції (Q)</b>	<b>Ціна за одиницю продукції (P)</b>	<b>Надходження (NCFt)</b>	<b>ЧСВ (NPVt)</b>
7	<b>Числові характеристики</b>					
8	<b>Середнє значення</b>	29,96	10990,27	50,31	89360,41	200993,55
9	<b>Стандартне відхилення</b>	3,56	706,73	7,08	34695,24	81920,76
10	<b>Коефіцієнт варіації</b>	0,12	0,06	0,14	0,39	0,41
11	<b>Мінімум</b>	18,90	8840,48	27,67	-18917,68	-54667,53
12	<b>Максимум</b>	42,13	13835,05	70,82	218621,15	506197,90
13	<b>Число випадків ЧСВ &lt; 0</b>					5,00
14	<b>Сума збитків (ЧСВ &lt; 0)</b>					-150232,77
15	<b>Сума доходів (ЧСВ &gt; 0)</b>					201143786,80
16	<b>Ймовірнісний аналіз випадкових величин</b>					
17	<b>P(E&lt;=0)</b>	2,12201E-17	7,84376E-55	6,17624E-13	0,005003593	0,007073447
18	<b>P(E&lt;= min)</b>	0,000952173	0,001175467	0,000698166	0,000901699	0,000901699
19	<b>P(M(E)+V&lt;= E&lt;= max)</b>	0,1583352	0,158626799	0,156760943	0,15855783	0,15855783
20	<b>P(M(E)-V&lt;= E&lt;= M(E))</b>	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34

Рис. 2. Сталі параметри задачі, числові характеристики (параметри) розподілу та ймовірнісний аналіз випадкових величин

відають великі значення випадкової величини  $Y$ . При слабко вираженій залежності значення показника коваріації близькі до нуля [9–11].

Коваріація залежить від одиниць виміру досліджуваних величин, що обмежує її застосування на практиці. Більш зручним для використання є похідний від неї показник – коефіцієнт кореляції  $R$ , який обчислюється за формулою:

$$R = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (4)$$

де  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – середні квадратичні відхилення  $X$  та  $Y$ . Коефіцієнт кореляції має ті ж властивості, що й коефіцієнт коваріації, проте є безрозмірною величиною і здобуває значення від  $-1$  (характеризує лінійний зворотний взаємозв'язок) до  $+1$  (характеризує лінійний прямий взаємозв'язок). Для незалежних випадкових величин значення коефіцієнта кореляції близьке до нуля. Визначення кількісних характеристик для оцінки тісноти взаємозв'язку між випадковими величинами в MS Excel може бути здійснено двома способами: за допомогою статистичних функцій КОВАР() і КОРЕЛ(); за допо-



могою спеціальних інструментів статистичного аналізу даних: **Аналіз Даних ► Кореляція**. Якщо число досліджуваних змінних більше 2, більш зручним є використання інструментів аналізу **Excel**. Визначимо міру тісноти взаємозв'язків між змінними  $V$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $NCF$  і  $NPV$ . При цьому за міру тісноти використовуємо показник кореляції  $R$ . Вид одержаної електронної таблиці після виконання відповідних операцій наведено на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F
1		Змінні витрати (V)	Об'єм випуску продукції (Q)	Ціна за одиницю продукції (P)	Надходження (NCFt)	ЧСВ (NPVt)
2	Змінні витрати (V)	1				
3	Об'єм випуску продукції (Q)	0,006457271	1			
4	Ціна за одиницю продукції (P)	0,041957128	-0,023964344	1		
5	Надходження (NCFt)	-0,415971137	0,139855567	0,873698214	1	
6	ЧСВ (NPVt)	-0,415971137	0,139855567	0,873698214	1	1

Рис. 3. Результати кореляційного аналізу інструмента Кореляція

Результати кореляційного аналізу подані в електронній таблиці у вигляді квадратної матриці, заповненої тільки наполовину, оскільки значення коефіцієнта кореляції між двома випадковими величинами не залежить від порядку їх опрацювання. Неважко помітити, що ця матриця симетрична відносно головної діагоналі, елементи якої дорівнюють 1, оскільки кожна змінна корелює сама з собою.

Як випливає з результатів кореляційного аналізу, висунута в процесі розв'язування попереднього прикладу гіпотеза про незалежність розподілів ключових змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$  у цілому підтвердилася. Значення коефіцієнтів кореляції між змінними витратами  $V$ , кількістю  $Q$  і ціною  $P$  (комірки **B3**, **B4**, **C4**) досить близькі до 0. У свою чергу, величина показника  $NPV$  прямо залежить від величини потоку платежів ( $R = 1$ ). Крім того, існує кореляційна залежність між  $Q$  і  $NPV$  ( $R = 0,139855567$ ),  $P$  і  $NPV$  ( $R = 0,873698214$ ). Як і очікувалося, між величинами  $V$  і  $NPV$  існує незначна від'ємна кореляційна залежність ( $R = -0,415971137$ ).

Корисність проведення статистичного аналізу результатів імітаційного експерименту полягає також у тому, що в багатьох випадках він дозволяє виявити некоректності в початкових даних або навіть помилки в постановці задачі. Зокрема, у розглянутому прикладі відсутність взаємозв'язку між змінними витратами  $V$  і обсягами випуску продукту  $Q$  потребує додаткових пояснень, оскільки зі збільшенням останнього величина  $V$  також повинна зростати (змінні витрати часто називаються пропорційними через те, що зі збільшенням обсягів випуску продукту вони зростають лінійно). Таким чином, встановлений діапазон змін змінних витрат  $V$  має потребу в додатковій перевірці і, можливо, коригуванні. Слід зазначити, що близькі до нульового значення коефіцієнти кореляції  $R$  вказують на відсутність лінійного зв'язку між досліджуваними змінними, але не виключають можливості нелінійної залежності. Крім того, висока кореляція не обов'язково завжди означає наявність причинного зв'язку, оскільки дві досліджувані змінні можуть залежати від значень третьої. При про-

веденні імітаційного експерименту і подальшого ймовірнісного аналізу одержаних результатів виходили з припущення про нормальний розподіл початкових і вихідних показників. Разом із тим справедливості цих припущень, принаймні для вихідного показника  $NPV$ , має потребу в перевірці.

Для перевірки гіпотези про нормальний розподіл випадкової величини застосовуються спеціальні ста-

тистичні критерії Колмогорова – Смирнова, Пірсона тощо. У цілому **MS Excel** дозволяє швидко та ефективно здійснювати розрахунок необхідного критерію і проводити статистичну оцінку гіпотез. Проте у найпростішому випадку з цією метою можна використовувати такі характеристики розподілу, як асиметрія (скіс) і ексцес. Нагадаємо, що для нормального розподілу ці характеристики мають дорівнювати 0. На практиці близькими до нульових значеннями можна нехтувати. Для обчислення коефіцієнта асиметрії та ексцесу в **MS Excel** реалізовані спеціальні статистичні функції – **СКІС()** та **ЕКСЦЕС()** [10–12].

Для перевірки гіпотези про нормальний розподіл початкових даних і результатів скористаємось описовою статистикою з інструмента **Аналіз даних MS Excel**. Чим більше характеристик розподілу випадкової величини, тим точніше можна судити про описувані нею процеси. Інструмент **ОПИСОВА СТАТИСТИКА** автоматично обчислює широко використовувані на практиці характеристики розподілів. При цьому значення можуть бути визначені відразу для декількох досліджуваних змінних. Визначимо параметри описової статистики для змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $NCF$ ,  $NPV$ . Після заповнення діалогового вікна описової статистики (рис. 4) та натиску кнопки **ОК** одержимо результати описової статистики (рис. 5).

Багато з наведених у даній електронній таблиці характеристик уже визначалися за допомогою відповідних функцій (див. рис. 2). Тому розглянемо лише ті з них, які не згадувалися раніше. Другий рядок електронної таблиці містить значення стандартних помилок  $\epsilon$  для середніх величин розподілів. Іншими словами, середнє чи очікуване значення випадкової величини  $M(E)$  визначено з похибкою  $\pm \epsilon$ . **Медіана** – це значення випадкової величини, яка ділить площу, обмежену кривою розподілу, навпіл (тобто середина чисельного ряду чи інтервалу). Як і математичне сподівання, медіана є однією з характеристик центра розподілу випадкової величини. У симетричних розподілах значення медіани має бути рівним з математичним сподіванням чи досить близьким до нього. Як випливає з одержаних результа-

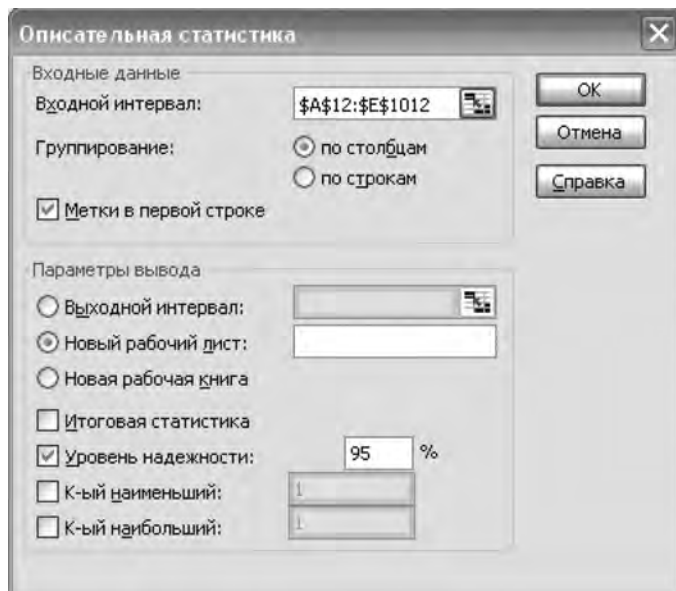


Рис. 4. Діалогове вікно описової статистики

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Змінні витрати (V)		Об'єм випуску продукції (Q)		Ціна за одиницю продукції (P)		Надходження (NCF)		ЧСВ (NPV)	
1										
2										
3	Среднее	29,9632	Среднее	10990,27	Среднее	50,3073	Среднее	89360,40569	Среднее	200993,55
4	Стандартная ошибка	0,11278	Стандартная ошибка	22,35991	Стандартная ошибка	0,22413	Стандартная ошибка	1097,70893	Стандартная ошибка	2591,8583
5	Медиана	30,1926	Медиана	10966,56	Медиана	50,2169	Медиана	89127,3846	Медиана	200443,36
6	Мода	28,1842	Мода	11062,86	Мода	51,4645	Мода	#Н/Д	Мода	#Н/Д
7	Стандартное отклонение	3,5663	Стандартное отклонение	707,0826	Стандартное отклонение	7,08771	Стандартное отклонение	34712,60427	Стандартное отклонение	81961,756
9	Эксцесс	0,16748	Эксцесс	-0,06733	Эксцесс	0,03275	Эксцесс	0,184957368	Эксцесс	0,1849574
10	Асимметричность	-0,0846	Асимметричность	0,099549	Асимметричность	-0,0757	Асимметричность	0,058941649	Асимметричность	0,0589416
11	Интервал	23,2363	Интервал	4994,568	Интервал	43,1472	Интервал	237538,8306	Интервал	560865,43
12	Минимум	18,8962	Минимум	8840,479	Минимум	27,6705	Минимум	-18917,67886	Минимум	-54667,53
13	Максимум	42,1325	Максимум	13835,05	Максимум	70,8177	Максимум	218621,1517	Максимум	506197,9
14	Сумма	29963,2	Сумма	10990274	Сумма	50307,3	Сумма	89360405,69	Сумма	200993554
15	Счет	1000	Счет	1000	Счет	1000	Счет	1000	Счет	1000

Рис. 5. Результати описової статистики для досліджуваних змінних

тів, ця умова дотримується для початкових змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$  (значення медіан перебувають у діапазоні  $M(E) \pm \epsilon$ , тобто – практично збігаються із середніми). Проте для результатних змінних  $NCF$ ,  $NPV$  значення медіан є нижчими за середні, що наводить на думку про правобічний асиметричний їх розподіл. Ексцес характеризує гострокінечність (додатне значення) чи положистість (від'ємне значення) розподілу порівняно з нормальною кривою. Теоретично ексцес нормального розподілу повинен дорівнювати 0. Тому для генеральних сукупностей великих об'ємів його малими значеннями можна нехтувати. У розглянутому прикладі приблизно однаковий додатний ексцес спостерігається в розподілах змінних  $NCF$ ,  $NPV$ . Отже, графіки цих розподілів будуть більш гострокінечні порівняно з нормальною кривою. Відповідно графіки розподілів для змінних  $Q$ ,  $V$  і  $P$  будуть більш положистими відносно нормального. **Асиметричність** (коефіцієнт асиметрії чи скосу –  $s$ ) характеризує зсув розподілу відносно математичного сподівання. При додатному значенні коефіцієнта розподіл скошений впра-

во, тобто його довша частина знаходиться праворуч від центра (математичного сподівання) і навпаки. Для нормального розподілу коефіцієнт асиметрії дорівнює 0. На практиці його малими значеннями можна нехтувати. Зокрема, асиметрію розподілів змінних  $V$ ,  $Q$ ,  $P$  у даному випадку можна вважати несуттєвою, чого не можна сказати про розподіл величин  $NCF$  і  $NPV$ . Здійснимо оцінку значимості коефіцієнта асиметрії для розподілу  $NPV$ . Найбільш простим способом одержання такої оцінки є визначення стандартної (середньої квадратичної) похибки асиметрії, яка розраховується за формулою:

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}, \quad (5)$$

де  $n$  – кількість значень випадкової величини (у нашому випадку – 1000).

Якщо відношення коефіцієнта асиметрії  $s$  до величини похибки  $\sigma_{as}$  менше трьох (тобто:  $s / \sigma_{as} < 3$ ), то асиметрія вважається несуттєвою, а її наявність формується під впливом випадкових факторів. У протилежному ви-

падку асиметрія статистично значима, і факт її наявності вимагає додаткової інтерпретації. Здійснено оцінку значимості коефіцієнта асиметрії для розглянутого прикладу. Введемо в будь-яку комірку електронної таблиці формулу:  $= 0,0589416 / \text{КОРІНЬ}(6*999 / (1001*1003))$  (Результат: 0,762836). Оскільки відношення  $s/\sigma_{as} < 3$ , асиметрію варто вважати неістотною. Таким чином, припущення про правобічну скошеність розподілу NPV не підтвердилося. Аналогічно можна здійснити перевірку значимості величини ексцесу  $e$ . Формула для розрахунку стандартної похибки ексцесу має такий вигляд:

$$\sigma_{ек} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}}, \quad (6)$$

де  $n$  – число значень випадкової величини. Результат 1,20047. Відношення  $e/\sigma_{ек} < 3$ , ексцес вважається незначним, і його величиною можна нехтувати.

## ВИСНОВКИ

Статистичний аналіз початкових даних і результатів імітаційного моделювання інвестиційного проекту доцільно проводити засобами MS Excel. Визначення кількісних характеристик для оцінки тісноти взаємозв'язку між випадковими величинами, якщо число досліджуваних змінних більше 2, пропонується здійснювати за допомогою спеціальних інструментів статистичного аналізу даних: **Аналіз Даних ► Кореляція**. Статистичний аналіз також доцільно проводити для перевірки гіпотези про нормальний розподіл як початкових даних, так і результатів з використанням інструмента MS Excel **ОПИСОВА СТАТИСТИКА**. Корисність проведення статистичного аналізу початкових даних і результатів імітаційного експерименту полягає також у тому, що в багатьох випадках він дозволяє виявити некоректності в початкових даних або навіть помилки в постановці задачі. ■

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Пикуза В.** Экономические и финансовые расчеты в Excel / В. Пикуза, А. Гаращенко. – С-Пб.: Питер, 2006. – 317 с.
2. **Scott, W. R.** Financial Accounting Theory / William R. Scott. – Second Edition. – Scarborough, Ontario: Prentice Hall Canada Inc., 2008.
3. **Ross, S.** The Determination of Financial Structure: The Incentive-Sygnalling Approach / S. Ross // Bell Journal of Economics. – 2009. – Vol. 8. – Pp. 23–40.
4. **Царев В. В.** Оценка экономической эффективности инвестиций / В. В. Царев. – С-Пб.: Питер, 2004. – 464 с.
5. **Грачева М. В.** Риск-анализ инвестиционного проекта / М. В. Грачева. – М.: Юнтит, 2007. – 351 с.
6. Выбор инвестиционного портфеля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stat.bashedu.ru/konkurs/bakirov/aug/vibor.htm>
7. **Лукаевич И. Я.** Имитационное моделирование инвестиционных рисков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.cfn.ru](http://www.cfn.ru)
8. **Шимон Б.** Финансовое моделирование с использованием Excel / Беннинг Шимон. – 2-е издание. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 197 с.
9. **Смоляк С. А.** Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности / С. А. Смоляк. – М.: Наука, 2008. – 305 с.

10. **Savvakis, C.** Savvides «Risk Analysis in Investment Appraisal» / C. Savvakis [Electronic resource]. – Mode of access: <http://mpr.aub.uni-muenchen.de/>

11. **Wayne, L.** Winston «Microsoft Excel 2010: Data Analysis and Business Modeling» / L. Wayne. – Microsoft Press, 2011. – 678 p.

12. **Веденева Е. А.** Функции и формулы Excel 2007. Библиотека пользователя / Е. А. Веденева. – С-Пб.: Питер, 2008. – 384 с.

## REFERENCES

Gracheva, M. V. *Risk-analiz investitsionnogo proekta* [Risk analysis of the investment project]. Moscow: Yuniti, 2007.

Lukasevich, I. Ya. "Imitatsionnoe modelirovanie investitsionnykh riskov" [Simulation of investment risks]. [www.cfn.ru](http://www.cfn.ru)

Pikuza, V., and Garashchenko, A. *Ekonomicheskie i finansovye raschety v Excel* [Economic and financial calculations in Excel]. St. Petersburg: Piter, 2006.

Ross, S. "The Determination of Financial Structure: The Incentive-Sygnalling Approach". *Bell Journal of Economics*, vol. 8 (2009): 23-40.

Scott, W. R. *Financial Accounting Theory*. Scarborough, Ontario: Prentice Hall Canada Inc., 2008.

Shimon, B. *Finansovoe modelirovanie s ispolzovaniem Excel* [Financial Modeling with Excel]. Moscow: Viliams, 2007.

Smoliak, S. A. *Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov v usloviakh riska i neopredelennosti* [Evaluating the effectiveness of investment projects in conditions of risk and uncertainty]. Moscow: Nauka, 2008.

Savvakis, S. "Savvides «Risk Analysis in Investment Appraisal»". <http://mpr.aub.uni-muenchen.de/>

Tsarev, V. V. *Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti investitsiy* [Estimation of economic efficiency of investments]. St. Petersburg: Piter, 2004.

"Vybor investitsionnogo portfelia" [The choice of the investment portfolio]. <http://stat.bashedu.ru/konkurs/bakirov/aug/vibor.htm>

Vedeneva, E. A. *Funksii i formuly Excel 2007. Biblioteka polzovatelia* [Functions and formulas Excel 2007. The library user]. St. Petersburg: Piter, 2008.

Wayne, L. Winston «Microsoft Excel 2010: Data Analysis and Business Model-ing». Microsoft Press, 2011.