

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 330.47

Ольга КОВАЛЬЧУК, Марія БУБНЯК

### ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ

*Розглянуто місце та роль інформації у розвитку сучасного суспільства. Обґрунтовано актуальність найважливіших проблем, пов'язаних з інноваційними змінами у суспільстві – впровадження інформаційних технологій у всі сфери економіки в умовах економічної кризи та “інформаційної війни”. Проведено аналіз економетричної моделі з точки зору застосування інформаційних технологій для її реалізації. Окреслено основні завдання та проблеми, які виникають на кожному етапі дослідження цієї моделі, в єдиному інформаційному середовищі. Для зазначених проблем сформульовано напрямки їх розв'язання чи усунення. Для програмної реалізації моделі запропоновано використати найбільш відомі статистичні пакети.*

**Ключові слова:** інформаційні технології, економіко-математична модель, економетрика, автокореляція.

JEL: C 35

**Постановка проблеми.** Сучасне суспільство у своєму розвитку кардинально змінило своє ставлення до інформації та її ролі. Сьогодні інформацію розглядають як найактуальніший і найдорожчий вид ресурсів у всіх сферах діяльності людини та як цінний товар. На поточному етапі людство перейшло в історичну фазу еволюційного розвитку цивілізації – “інформаційне суспільство”, в якому інформація та знання продукуються в єдиному інформаційному просторі. У широкому обігу з'явилися нові поняття: “інформаційне середовище”, “інформаційна кампанія”, “інформаційна безпека”, “інформаційна розвідка”, “інформаційна війна” та інші. Інформатизація й інформаційні технології у ХХІ столітті відіграють фундаментальну роль у житті суспільства і відкривають нові можливості для кардинально якісних змін у світовому інформаційному просторі [1; 2].

В умовах сучасної економічної кризи актуальним є впровадження інформаційних технологій у всі сфери економіки. Сьогодні інформацію вважають четвертим фактором виробництва поряд з фінансовими, матеріальними та трудовими ресурсами [3]. У сучасному світі інформація відіграє вирішальну роль у всіх сферах вітчизняного та міжнародного бізнесу і впливає на основні показники управлінської діяльності.

На сучасному етапі розвитку людства спостерігаються рекордні темпи зростання інформаційних потоків, які не завжди можливо опрацювати традиційними методами. Світова економічна система перейшла в епоху формування світового інформаційного суспільства, заснованого на використанні комп'ютеризованих робочих місць та інформаційних технологій [4]. Сучасні інформаційні технології значно розширюють можливості використання інформаційних ресурсів у різних галузях промисловості та економіки загалом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням застосування інформаційних технологій (ІТ) в економіці займалися багато науковців, зокрема О. В. Грицунов, П. С. Клімушин, В. С. Пономаренко, І. І. Новаківський та ін. Серед інших розглядали проблеми розв'язання економетричних задач засобами сучасних ІТ. Результати таких досліджень відображені у роботах С. А. Айвазяна, В. С. Мхітаряна, Н. Ш. Кремера, В. І. Єлейка та ін. Однак на сьогоднішній день у науковій літературі недостатньо висвітлено питання розв'язання економіко-математичних задач з точки зору застосування інформаційних технологій для їх вирішення. Тому доцільним є розгляд економіко-математичних моделей стосовно дослідження взаємозв'язків інформаційних потоків у єдиному інформаційному просторі.

**Постановка мети і завдань.** Засоби і методи прикладної інформатики використовують у менеджменті і маркетингу. Інформаційні технології зумовлюють радикальні зміни організаційних структур менеджменту, його регламенту, кадрового потенціалу, системи документації, фіксації і передавання інформації [5]. Особливої уваги потребує підхід до створення системи опрацювання даних, зокрема формування інформаційного, організаційного, технічного, програмного та математичного забезпечення. До засобів математичного забезпечення належать засоби моделювання процесів керування, типові завдання керування, методи математичного програмування, математичної статистики, теорії масового обслуговування та ін. [2].

**Виклад основного матеріалу.** Серед актуальних завдань дослідження сучасної економіки, які потребують використання засобів сучасних інформаційних технологій, традиційно виділяють задачі прогнозування економічних процесів та об'єктів. Саме прогноз відображає складні взаємозв'язки між явищами та бізнес-процесами на макро- і мікрорівнях. На сьогоднішній день відомий широкий набір засобів для розв'язання цієї задачі. Серед них: метод ковзної середньої, метод найменших квадратів, метод скінченних різниць та ін. [6; 7; 8; 9; 10].

Термін "економетрика" (economy and metrics) вперше введений у 1926 році норвезьким економістом і статистом Рагнарсом Фішером. Економетрика – це вимірювання в економіці.

Науковці виділяють основні етапи розв'язання задачі прогнозування. Для реалізації кожного з них застосовують відповідну інформаційну технологію. Розглянемо ці етапи на прикладі економетричної задачі.

Перший етап (інформаційна технологія опрацювання даних) включає формування мети дослідження економічного процесу об'єкта (процесу). Саме під час цього етапу виконують аналіз досліджуваного об'єкта, проводять збір та інтеграцію даних, щоб зрозуміти, як побудований даний об'єкт, навчитися управляти об'єктом (процесом), прогнозувати безпосередні та непрямі наслідки реалізації заданих способів і форм дії на об'єкт.

Розрізняють два типи даних: просторові дані та часові ряди. Просторові дані – це набір даних про об'єкт (процес), який досліджуємо, у фіксований момент часу. Часові ряди – це дані, які описують об'єкт (процес) у кожний фіксований момент часу і відображають динаміку змін у часі. На цьому етапі формулюють апріорні взаємозв'язки між даними, висувають ряд гіпотез та ін. Закінчують цей етап формуванням управлінських рішень щодо мети дослідження.

На другому етапі (інформаційна технологія керування) відбувається побудова економетричної моделі, формалізація зібраної інформації.

Таблиця 1

**Вхідний інформаційний масив**

$x_1$	$x_2$	...	$x_p$
$x_{11}$	$x_{21}$	...	$x_{p1}$
$x_{12}$	$x_{22}$	...	$x_{p2}$
...	...	...	...
$x_{1n}$	$x_{2n}$	...	$x_{pn}$

де  $x_{ij}$  – фактичне значення  $i$ -го спостереження  $j$ -ї факторної змінної ( $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, p}$ ).

Важливо вибрати екзогенні (факторні) змінні та енодегенні (результуючі), значення яких будемо шукати. Вибір факторних змінних потрібно обґрунтувати перед початком розрахунків. Для дослідження економічних явищ достатньо вибрати 3–4 фактори. При збільшенні кількості факторних змінних потрібно збільшити кількість даних у статистичній лінійці. Нехай маємо  $p$  факторних змінних і  $n$  спостережень по кожному фактору. Дані повинні бути подані у простій, зрозумілій формі, придатній для сприйняття людиною. Класичним та інтуїтивно-зрозумілим є їх представлення у вигляді табл. 1.

Третій етап (інформаційна технологія підтримки прийняття рішень) – це регресійний аналіз. Основне завдання цього етапу – побудова економетричної моделі вигляду:

$$y = f(x) + \varepsilon, \quad (1)$$

де  $y$  – результуюча змінна;

$\vec{x} = (x_1, \dots, x_p)$  – факторні змінні;

$\varepsilon$  – випадкова величина.

Основним завданням цього етапу є вибір функції  $f(x)$ . Вона може бути лінійною чи або нелінійною (експоненціальною, логарифмічною, показниковою та ін.), залежати від одного чи багатьох факторів. Саме від вигляду цієї функції залежить успіх прогнозування. У статті [11] для однофакторної моделі було запропоновано ряд нелінійних функцій. У праці [12] для багатофакторної моделі використано лінійну модель. В інформаційному середовищі будь-яку економіко-математичну модель зазвичай представляють у вигляді таблиці.

Таблиця 2

**Матриця початкових даних економіко-математичної моделі**

$y$	$x_1$	$x_2$	...	$x_p$	$\varepsilon_0$
$y_1$	$x_{11}$	$x_{21}$	...	$x_{p1}$	$\varepsilon_1$
$y_2$	$x_{12}$	$x_{22}$	...	$x_{p2}$	$\varepsilon_2$
...	...	...	...	...	...
$y_n$	$x_{1n}$	$x_{2n}$	...	$x_{pn}$	$\varepsilon_n$

де  $x_{ij}$  – фактичне значення  $i$ -го спостереження  $j$ -ї факторної змінної ( $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, p}$ );  
 $\varepsilon_i$  –  $i$ -ий залишок.

Четвертий етап (технологія експертних систем) – це етап перевірки гіпотез. Нехай ми маємо багатofактору лінійну модель, тоді необхідно перевірити шість таких гіпотез [7]:

1. Існує лінійний зв'язок між результуючою змінною  $y$  і факторами  $x_1, x_2, \dots, x_p$ , який описує рівняння (1).

2. Факторні змінні  $x_1, x_2, \dots, x_p$  не є випадковими.

3. Математичне сподівання вектора залишків  $\varepsilon$  рівне нулю ( $E\varepsilon_i = 0$ ), і дисперсія  $\varepsilon$  задовольняє умову:  $D\varepsilon_i = \sigma^2$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

4. Компоненти вектора  $\varepsilon$  не є корельованими величинами, тобто  $\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ ,  $i \neq j$  ( $\overline{1, n}$ ). Модель, у якій порушена ця гіпотеза, називається економетричною моделлю з автокореляцією. В такому випадку застосування методу найменших квадратів є неможливим. У статті [12] запропоновано інший підхід до використання узагальненого методу найменших квадратів за умови, що кореляція є відома. Авторами використано апарат теплицевих матриць для побудови швидких алгоритмів, за якими отримують точні, стійкі, нечутливі результати застосування прогновної без будь-яких огрублень параметрів економетричної моделі. У [6] розглянуто випадок, коли кореляція є невідомою, і використано інший підхід до реалізації алгоритму методу найменших квадратів.

5. Випадкова величина  $\varepsilon$  має нормальний розподіл з математичним сподіванням рівним 0 і постійною невеликою дисперсією.

6. Фактори  $x_1, x_2, \dots, x_p$  не є лінійно залежними. Виконання цієї гіпотези гарантує відсутність мультиколінеарності.

На п'ятому етапі (комп'ютерне моделювання) виконують безпосередній розрахунок показників економіко-математичної моделі. Для знаходження параметрів моделі прогнозування використовують метод найменших квадратів, узагальнений метод найменших квадратів або інші. Для практичної реалізації цього етапу створено ряд програмних комплексів, зокрема: SPSS, Statistica, Statgraphics, Systat, BMDP, SAS, CSS, S-plus, Matlab, Mathematica, EViews, Стат-Експерт, Статистик-Консультант та ін. Особливості використання можливостей засобів статистичних пакетів розглянуто в [7].

Шостий етап (аналіз результатів моделювання) полягає в оцінці точності результатів моделювання, стійкості та оцінці чутливості результатів моделювання. На цьому етапі перевіряють істинність і адекватність моделі, точність розрахунків. Основне питання дослідження – наскільки побудова модель відповідає реальному об'єкту (процесу).

**Висновки та вектори подальших досліджень.** У подальших дослідженнях буде розглянуто можливість застосування інформаційних технологій для розв'язання економетричних задач інших типів та накреслено основні аспекти реалізації основних етапів цих задач, використовуючи такий потужний математичний апарат, як теплицеві, ганкелеві матриці та ін.

Системи управління інформацією, побудовані на базі математичних моделей та спеціалізованих прикладних програм, призначені для структурування інформації, прискорення процесу обробки та доступу до неї, збільшення швидкості передачі даних.

У сучасних умовах для забезпечення ефективного управління потрібно вирішувати стратегію розвитку інформатизації, яка й забезпечує власне розвиток бізнесу.

Сучасні інформаційні технології у своїй тисячолітній історії розвиваються на перетині досягнень різних галузей – обчислювальної техніки, математики, філософії, психології та економіки. Вони є одним із визначальних факторів соціально-економічного розвитку держави, однак в Україні на сьогодні не здійснено суттєвих заходів для розвитку цієї важливої галузі прикладних наук, що суттєво позначилося на рівні її розвитку.

### Література

1. Грицунов О. В. *Інформаційні системи та технології : навч. посіб.* / О. В. Грицунов. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 222 с.
2. Ковальчук О. Я. *Інформаційні системи та технології : навч. посіб.* / О. Я. Ковальчук. – Тернопіль : Екон. думка, 2013. – 350 с.
3. Клімушин П. С. *Інформаційні системи та технології в економіці : навч. посіб.* / П. С. Клімушин, О. В. Орлов, А. О. Серенюк. – Харків : Магістр, 2011. – 448 с.
4. Пономаренко В. С. *Інформаційні системи і технології в економіці / під ред. В. С. Пономаренка.* – К. : Академія, 2009. – 542 с.
5. Новаківський І. І. *Інформаційні системи в менеджменті: системний підхід : [навч. посіб.] / І. І. Новаківський, І. І. Грибик, Т. В. Федак.* – Львів : Львів. політехніка, 2010. – 260 с.
6. Айвазян С. А. *Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян.* – М. : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
7. Єлейко В. І. *Економетричний аналіз діяльності підприємств / В. І. Єлейко, Р. Д. Боднар, М. Я. Демчишин.* – Тернопіль : Навч. кн. Богдан, 2011. – 365 с.
8. Кремер Н. Ш. *Эконометрика / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко.* – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 381 с.
9. Мхитарян В. С. *Эконометрика / В. С. Мхитарян, М. Ю. Архипова, В. П. Сиротин.* – М. : ЕАОИ, 2008. – 144 с.
10. Єлейко В. *Основи економетрії. Ч. 1 / В. Єлейко.* – Львів : ТзОв "Марка Лтд", 1995. – 191 с.
11. Ковальчук О. Я. *Математичне моделювання економічних процесів методом екстраполяції / О. Я. Ковальчук, М. М. Бубняк // Фінансова система України.* – 2010. – Вип. 15. – С. 482–488.
12. Ковальчук О. Я. *Застосування швидких алгоритмів для теплицевих матриць до розв'язання задач з автокореляцією / О. Я. Ковальчук, М. М. Бубняк // Вісник КНУТД.* – 2012. – № 5. – С. 202–207.
13. Недашковський М. О. *Обчислення з  $\lambda$ -матрицями / М. О. Недашковський, О. Я. Ковальчук.* – К. : Наук. думка, 2007. – 294 с.

### Reference

1. Gritsunov O. V. *Information systems and technologies : training appliances / O. V. Gritsunov.* – Harkiv : KSAME, 2010. – 222 p.
2. Kovalchuk O. Ya. *Information Systems and Technologies : training appliances / O. Ya. Kovalchuk.* – Ternopil : Ekonomichna dumka, 2013. – 350 p.
3. Klimushyn P. S. *Information systems and technologies in the economy training appliances / P. S. Klimushyn, O. V. Orlov, A. O. Serenok.* – Harkiv : Master, 2011. – 448 p.

4. Ponamarenko V. S. *Information Systems and Technologies in Economics* / ed. V. S. Ponomarenko. – K. : Academy, 2009. – 542 p.
5. Novakivckyy I. I. *Information systems in management training appliances* / I. I. Novakivckyy, I. I. Hrybyk, T. V. Fedak. – Lviv : Lvivcka politehnika, 2010. – 260 p.
6. Ayvazian S. A. *Applied Statistics and Econometrics Basics* / S. A. Ayvazyan, V. S. Mkhitarian. – M. : Unity, 1998. – 1022 p.
7. Yeleyko V. I. *Econometric analysis of enterprises* / V. I. Yeleyko, R. D. Bodnar, M. Y. Demchyshyn. – Ternopil : Navchalnakyha-Bogdan, 2011. – 365 p.
8. Kremer H. S. *Econometrics* / H. S. Kramer, B. A. Putko. – M. : UNITY-DANA, 2002. – 381 p.
9. Mkhitarian V. S. *Econometrics* / V. S. Mkhitarian, M. Y. Arkhipova, V. P. Sirotin. – M. : EAOY, 2008. – 144 p.
10. Yeleyko B. *Econometrics basis. P. 1* / V. Yeleyko. – Lviv : Marka Ltd, 1995. – 191 p.
11. Kovalchuk O. Ya. *Mathematical modeling of economic processes using extrapolation* / O. Ya. Kovalchuk, M. Bubniak // *The financial system of Ukraine*. – 2010. – Vol. 15. – P. 482–488.
12. Kovalchuk O. Ya. *About Solving of the Problem of Autocorrelation by Teplits Matrixes* / O. Ya. Kovalchuk, M. M. Bubniak // *Bulletin KNUTD*. – 2012. – № 5. – P. 202–207.
13. Nedashkovskyy M. O. *Calculation of  $\lambda$ -matrices* / M. O. Nedashkovskyy, O. Ya. Kovalchuk. – K. : Naukova dumka, 2007. – 294 p.

Редакція отримала матеріал 20 березня 2014 р.