



УДК (658.56+658.78): 687

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ — ОСНОВНИЙ КРОК ДО КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ ПОЗИЦІЇ НА РИНКУ

© **О. А. Гавриш, д.т.н., професор, С. М. Лапач,
В. В. Гриценко, НТУУ «КПІ», Київ, Україна**

**Проведен сравнительный анализ трех предприятий
с точки зрения выявления наилучшего, а также
рассчитаны идеальные рейтинги их деятельности
с помощью математического моделирования.**

**The organized benchmark analysis three enterprises
with standpoint of the discovery best, as well as
is calculated best performances to their activity
by means of mathematical modelling.**

Постановка проблеми

Ринок ні в якому разі не відмінює, а тільки змінює планування. На рівні економічного суб'єкту планування виробництва має директивний характер не залежно від економічної формації. Якщо раніше його техніко-економічна частина складалася в «доведенні» стверджувальних зверху контрольних цифр, то зараз при плануванні своєї діяльності підприємства все ширше використовують відносні показники, наприклад, завоювання окремої частки ринку, оцінка досягнення яких-небудь стратегічних цілей і т.д. Інакше кажучи, техпромфінплан еволюціонував у бізнесплан підприємства, абсолютні показники вже перестали мати домінуючу роль. При розгортанні планування з поточного на оперативний горизонт відповідно змінюються індикативні показники. Вони в цьому випадку повинні відображати досягнення оперативних тактичних цілей, пов'язаних з випуском продукції, що і будемо вважати голо-

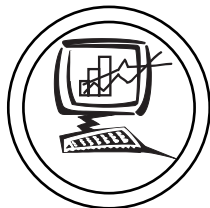
вною задачею оперативно-виробничого планування [1], яке можна прогнозувати за допомогою математичного моделювання.

Аналіз попередніх досліджень

На жаль, не зважаючи на велику кількість сучасних публікацій з проблеми конкурентоспроможного функціонування підприємства на ринку, питання побудови математичної моделі конкурентоздатності видавничо-поліграфічних підприємств у літературі висвітлені недостатньо [2—8].

Мета роботи

Аналіз літературних джерел показує, що математична модель конкурентоспроможності підприємства, на сьогоднішній день не достатньо розроблена. Тому актуальною задачею є побудова математичної моделі підприємств з метою отримання ідеального рейтингу об'єктів за їхніми показниками.



Результати проведених досліджень

При розв'язанні реальних задач об'єкт звичайно описується не одним, а декількома показниками його функціонування чи якості. При оптимізації вимоги до них можуть бути достатньо суперечливими, тобто покращення одного показника веде до погіршення іншого [9—11].

Існують наступні методи розв'язання багатокритеріальних задач.

1. Лінійна згортка критеріїв

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_i f_i(x)$$

2. Використання контрольних (нормативних) показників

$$F(x) = \min_i \frac{f_i(x)}{f_i^*}$$

Задача зводиться до пошуку максимуму $F(x)$.

3. Редукція до одновимірної задачі шляхом приведення всіх показників крім одного до обмежень.

4. Введення метрики в просторі цільових функцій.

5. Компроміси по Парето. Побудови множини результатів, які неможливо покращити.

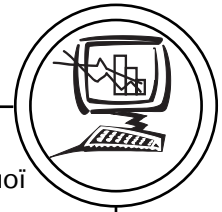
Для даного дослідження ми застосували метод введення метрики в просторі цільових функцій. При використанні цього методу виникає задача визначення деякої компромісної точки, яка повинна в певній мірі відповідати всім вимогам. Це така точка, що будь-яка інша буде гірша від неї за всією сукупністю характеристик (компроміс по Парето). Як правило, результати по кожному окремому показнику якості для цієї окремої точки бу-

дуть гірші, чим у випадку однокритеріальної оптимізації по цьому параметру.

Суть запропонованого підходу в тому, що кожному об'єкту ставиться у відповідність точка в багатовимірному просторі (точніше в M -вимірному, де M — кількість критеріїв якості), координатами яких є параметри, що його описують. Простір нормовано в одиничний гіперкуб таким чином, що по кожній координаті рух від 0 до 1 відповідає зміні параметру від найгіршого до найкращого значення. Точка з координатами $\{1, 1, 1, \dots, 1\}$ завжди відповідає гіпотетичному ідеальному об'єкту, який має найкращі із можливих значення по всім параметрам. Геометрична відстань від цієї вершини гіперкуба до точки, яка відповідає положенню конкретного об'єкту відповідає віддаленості його від ідеального значення і може слугувати оберненою величиною до комплексного «рейтингу» об'єкта. Таким чином, ми маємо строгу, формалізовану процедуру отримання комплексного критерію, що має ясну геометричну інтерпретацію. У випадку нерівнозначності різних параметрів при обчисленні відстаней достатньо додати множники вагових коефіцієнтів, що відповідають значущості параметрів.

Нормування відбувається в залежності від цілі оптимізації по конкретному критерію. Для нормування вихідної змінної Y_k (у випадку, якщо ціллю оптимізації по даній змінній є знаходження мінімуму) використовується наступна формула

МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА



$$Y'_{ki} = \frac{Y_{k,\max} - Y_{ki}}{Y_{k,\max} - Y_{k,\min}} \quad (1)$$

Якщо метою оптимізацією по Y_k є знаходження максимуму, то нормування відбувається по наступній формулі

$$Y'_{ki} = \frac{Y_{ki} - Y_{k,\min}}{Y_{k,\max} - Y_{k,\min}} \quad (2)$$

де $Y_{k,\max}$ — максимальне можливе значення для k -го критерію, $Y_{k,\min}$ — мінімальне можливе значення для k -го критерію, Y_{ki} — поточне значення k -го критерію, Y'_{ki} — нормоване поточне значення. Формула (3) варіюється в залежності від мети оптимізації по критерію Y_k .

У тому випадку, коли метою оптимізації є попадання параметру Y_k в заданий інтервал, причому чим ближче до середини інтервалу — тим краще, то формула нормування простору приймає наступний вигляд

$$Y'_{ki} = \begin{cases} 1 - \frac{|Y_{ki} - \frac{Y_A + Y_B}{2}|}{\frac{Y_B - Y_A}{2}}, & Y_{ki} \in (Y_A; Y_B) \\ 0, & Y_{ki} \notin (Y_A; Y_B) \end{cases} \quad (3)$$

Тут $(Y_A; Y_B)$ — інтервал, до якого має попасти значення критерію, який підлягає оптимізації.

Відстань між ідеальною та поточною точкою визначається як евклідова з доданням вагового коефіцієнту, що дозволяє урахувати нерівно значимість досягнення оптимуму окремих критеріїв для загальної мети. Вона (відстань) обчислюється за формулою

$$L_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M \gamma_j (1 - Y'_{ji})^2} \quad (4)$$

Тут L_i — відстань від ідеальної точки для i -го об'єкту, M — кількість критеріїв якості, j — номер поточного критерію якості, Y'_{ji} — нормоване значення j -го критерію якості для i -го об'єкту, γ_j — ваговий коефіцієнт, що визначає значимість j -го критерію якості, при цьому виконується

$$\text{умова } \sum_{j=1}^M \gamma_j = 1.$$

Для визначення рейтингу окремих об'єктів зручно користуватися величиною, що доповнює відстань до 1, а саме:

$$G_i = 1 - L_i \quad (5)$$

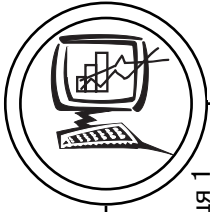
Значення G_i тим більше, чим ближче об'єкт до ідеальної точки. Це дозволяє отримати зручний для порівняння рейтинг об'єктів: чим краще об'єкт — тим більше значення рейтингу він має.

Для аналізу було обрано три видавничо-поліграфічних підприємства.

Основні показники діяльності цих підприємств приведені в табл. 1.

Оскільки метою нашого дослідження є побудова математичної моделі підприємства-лідера за показниками його діяльності, то ми вибрали 13 найважливіших показників, за якими будемо прогнозувати позицію підприємства на ринку. При цьому ми використовуємо вагові коефіцієнти, що отримали, порівнюючи ці 13 показників між собою за ступенем значущості.

Задача визначення значущості (вагових коефіцієнтів) при великій кількості параметрів якості є дуже складною. З одного боку неточне завдання ваги зовсім змінює розраховані рейтинги, з



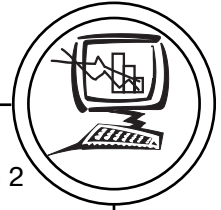
МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА

Таблиця 1

Показники діяльності поліграфічних підприємств за 2007 рік

| Показник | Витрати на 1 грн. ТП, грн. | Фонд довіда-ча, грн. | Рентабельність про-дукції, % | Продуктивність праці, тис. грн. | Коефіцієнт ав-тономії | Коефіцієнт платос-промож-ності | Коефіцієнт аб-солютної ліквід-ності | Коефіцієнт обіго-вості обігових засобів | Рентабельність продаж, % | Коефіцієнт за-товаре-ністю го-товою про-дукцією | Коефіцієнт за-ванта-ження виробни-чих по-тужнос-тей | Коефіцієнт ефективності реклами та засо-бів стиму-лювання збуту про-дукції | Якість продукції |
|----------|----------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|---|---|--|------------------|
| Об'єкт | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,57 | 1,13 | 37,06 | 87,73 | 0,94 | 19,65 | 0,02 | 2,16 | 0,23 | 0,007 | 0,71 | 0,022 | 4,6 |
| B | 0,69 | 0,76 | 26,94 | 52,44 | 0,98 | 40,98 | 0,67 | 0,54 | 0,08 | 0,035 | 0,62 | 0,043 | 4,6 |
| C | 0,72 | 1,3 | 14,06 | 167,6 | 0,06 | 0,06 | 3,7 | 6,72 | 0,1 | 0 | 0,99 | 0 | 4,8 |
| min | 0,5 | 0,5 | 7 | 30 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,4 | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 1 |
| max | 0,99 | 22 | 50 | 350 | 1 | 50 | 12 | 13 | 20 | 2 | 1 | 15 | 5 |

МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА



Таблиця 2

Результати ранжування показників діяльності підприємства
методом попарного порівняння

| Показники | Вагові коефіцієнти |
|---|--------------------|
| Витрати на 1 грн. ТП, грн. | 0,10897 |
| Фондовіддача, грн. | 0,10256 |
| Рентабельність продукції, % | 0,12179 |
| Продуктивність праці, тис. грн. | 0,13462 |
| Коефіцієнт автономії | 0,03205 |
| Коефіцієнт платоспроможності | 0,0641 |
| Коефіцієнт абсолютної ліквідності | 0,03846 |
| Коефіцієнт обіговості обігових засобів | 0,08333 |
| Рентабельність продаж, % | 0,07692 |
| Коефіцієнт затовареністю готовою продукцією | 0,03205 |
| Коефіцієнт завантаження виробничих потужностей | 0,09615 |
| Коефіцієнт ефективності реклами та засобів стимулювання збуту продукції | 0,01923 |
| Якість продукції | 0,08974 |

другого боку при великій кількості параметрів — це задача по складності порівняння з самою побудовою рейтингу. Як правило, при кількості параметрів більшій 3—4 навіть висококваліфікований спеціаліст має труднощі з цією задачею. Тому в таких випадках використовується процедура формалізованого визначення вагових коефіцієнтів, яка базується на попарному порівнянні значимості параметрів. Задача попарного порівняння незрівнянно простіша, ніж визначення всіх вагових коефіцієнтів і, завдяки великій кількості градацій, достатньо точна.

Оскільки в нашому дослідженні значимість окремих показників для оцінки якості об'єкту

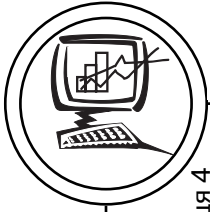
різна, то ми використали програму для оцінки методом попарного порівняння [9] і отримали таблицю значимості, яка буде використана для розрахунку вагових коефіцієнтів (табл. 2).

Виходячи з отриманих даних, ми можемо знайти підприємство (оптимальний об'єкт), яке за сукупністю своїх показників буде займати лідируючу позицію на ринку (табл. 3).

Таблиця 3

Результати пошуку
оптимального об'єкту

| Об'єкти | Ефективність |
|---------|--------------|
| A | 0,411666547 |
| C | 0,339709983 |
| B | 0,16170952 |



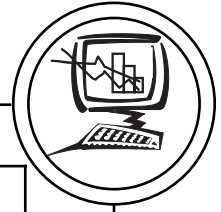
МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА

Таблиця 4

Доля резерву оптимізації по критеріям

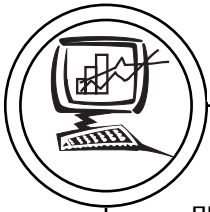
| Критерій | Вагові коефіцієнти | A | B | C |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Витрати на 1 грн. ТП, грн. | 0,108974359 | 0 | 0,0824472 | 0,1677248 |
| Фондовіддача, грн. | 0,102564103 | 0,016646 | 0,122817 | 0 |
| Рентабельність продукції, % | 0,121794872 | 0 | 0,0273965 | 0,1891956 |
| Продуктивність праці, тис. грн. | 0,134615385 | 0,1106993 | 0,1633205 | 0 |
| Коефіцієнт автономії | 0,032051282 | 9,849E-05 | 0 | 0,0469055 |
| Коефіцієнт платоспроможності | 0,064102564 | 0,0286772 | 0 | 0,0957119 |
| Коефіцієнт абсолютної ліквідності | 0,038461538 | 0,0643588 | 0,0303231 | 0 |
| Коефіцієнт обіговості обігових засобів | 0,083333333 | 0,0763377 | 0,0990328 | 0 |
| Рентабельність продаж, % | 0,076923077 | 0 | 0,091187 | 0,08591 |
| Коефіцієнт затовареністю готовою продукцією | 0,032051282 | 0,0338523 | 0 | 0,0469055 |
| Коефіцієнт завантаження виробничих потужностей | 0,096153846 | 0,0933824 | 0,1148471 | 0 |
| Коефіцієнт ефективності реклами та засобів стимулювання збуту продукції | 0,019230769 | 0,0074804 | 0 | 0,0279276 |
| Якість продукції | 0,08974359 | 0,1568008 | 0,1069193 | 0 |

МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА



Закінчення табл. 4

| Величина відставання від лідера | Лідер: | A | Аутсайдер: | C |
|---|------------------|---|------------|---|
| Критерій | Доля відставання | | | |
| Витрати на 1 грн. ТП, грн. | 0,222005497 | | | |
| Фондовіддача, грн. | -0,020708332 | | | |
| Рентабельність продукції, % | 0,248123791 | | | |
| Продуктивність праці, тис. грн. | -0,131916208 | | | |
| Коефіцієнт автономії | 0,059741277 | | | |
| Коефіцієнт платоспроможності | 0,029930394 | | | |
| Коефіцієнт абсолютної ліквідності | -0,078354881 | | | |
| Коефіцієнт обіговості обігових засобів | -0,092429562 | | | |
| Рентабельність продаж, % | 0,117706444 | | | |
| Коефіцієнт затовареності готовою продукцією | 0,002611829 | | | |
| Коефіцієнт авантаження виробничих потужностей | -0,112180838 | | | |
| Коефіцієнт ефективності реклами та засобів стимулювання збуту продукції | 0,010255209 | | | |
| Якість продукції | -0,182828056 | | | |



МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА

Табл. 4 містить інформацію про наявність резерву для підвищення рейтингу за усіма показниками та частки відставання аутсайдера від лідера за окремими показниками.

Рейтинг об'єктів, який розраховано в табл. 3, базується на даних про об'єкти. Це означає, що простір показників формується зі значень, які описують об'єкти аналізу. Тобто мінімальне і максимальне значення по кожному показнику визначається за даною вибіркою. В деяких випадках нам відомі екстремальні значення для генеральної сукупності. Це дає можливість розрахувати рейтинги не відносні — в межах вибірки, а абсолютні: для генеральної сукупності. Формули для розрахунку залишаються такими ж. Різниця полягає в тому, що в формулах (1—3) замість локальних, визначених за вибіркою значень y_{jmax} і y_{jmin} , використовуються значення для генеральної сукупності.

Табл. 5 містить значення рейтингів підприємств, розрахованих з урахуванням інтервалів змін показників, які відповідають генеральній сукупності.

Значення ідеалізованих показників діяльності (мінімальне і максимальне), які використовувались при побудові ідеалізованого рейтингу приведені в останніх двох рядках табл. 1.

Таблиця 5
Рейтинг ідеалізований

| Об'єкти | Ефективність |
|---------|--------------|
| A | 0,316091862 |
| C | 0,264168333 |
| B | 0,288530307 |

В тих випадках, коли рейтинг конкретного об'єкту нас не влаштовує, виникає задача визначення вартості досягнення максимального рейтингу. В найпростішому вигляді необхідно визначити, якого рейтингу і якою ціною можна досягти для конкретного об'єкту.

Для об'єкту, вибраного для моделювання, виділяється множина показників, які можна моделювати $\{Y_{mod}\}$. Для кожного показника з цієї множини знаходиться різниця між ідеально можливим значенням даного показника і конкретним значенням, яке має об'єкт моделювання. Ця різниця залежить також від конкретної мети моделювання. Так, якщо мета по j -му критерію для u -го об'єкту — досягнення максимуму, то різниця визначається $h_j = y_{jmax} - y_{ju}$. Якщо задати розмір кроку, на який можна змінювати кожен показник Δ_j і вартість зміни j -го показника на крок Δ_j (вважаючи її незалежною від величина загальної вартості зміни) S_j , то для більшості реальних задач можливо пошук оптимального варіанту простим перебором. Кількість варіантів в даному випадку

дорівнює $\prod_{i=1}^{N_{mod}} \frac{h_i}{\Delta_j}$. Найкращим

буде варіант з найвищим рейтингом. Вартість досягнення даного рейтингу визначається як

$$\sum_{i=1}^{N_{mod}} S_i \frac{|y_{iopt} - y_{iextr}|}{\Delta_i}. \text{ Тут } N_{mod} —$$

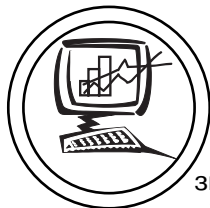
кількість показників, які змінюються; y_{iopt} — досягнуте оптимальне значення показника; y_{iextr} — відповідне екстремальне

МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА



Таблиця 6

| Показник | Фон- довіддача, грн. | Продук- тивність праці, тис. грн. | Коефіцієнт автономії | Коефіцієнт платоспро- можності | Коефіцієнт абсолютної ліквідності | Коефіцієнт обігових за- собів | Коефіцієнт затова- реністю го- товою про- дукцією | Коефіцієнт завантажен- ня виробни- чих потуж- ностей | Коефіцієнт ефектив- ності рекла- ми та за- собів стиму- лювання збуту про- дукції | Якість про- дукції |
|----------|----------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| A | 1,13 | 87,73 | 0,94 | 19,65 | 0,02 | 2,16 | 0,007 | 0,71 | 0,022 | 4,6 |
| B | 0,76 | 52,44 | 0,98 | 40,98 | 0,67 | 0,54 | 0,035 | 0,62 | 0,043 | 4,6 |
| C | 1,3 | 167,6 | 0,06 | 0,06 | 3,7 | 6,72 | 0 | 0,99 | 0 | 4,8 |
| | max | max | max | max | max | max | max | max | max | max |
| Шаг | 0,08 | 25 | 0,02 | 10 | 1,5 | 2,5 | 0,002 | 0,1 | 0,01 | 0,1 |
| Ціна | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА

значення показника (залежить від мети оптимізації по даному критерію).

В даному випадку ми обрали 10 показників (табл. 6), за якими підприємство-лідер не займає

перше місце серед аналізованих з врахуванням кроків зміни та вартості зміни. В середньому ми взяли 1 грн. на кожний показник умовно (реальна інформація конфіденційна).

Таблиця 7

Результати моделювання зміни рейтингу

| Оптимальний варіант | |
|---|------------|
| Рейтинг | 0,73945126 |
| Вартість зміни | 24 |
| Значення параметрів | |
| Фондовіддача, грн. | 1,21 |
| Продуктивність праці, тис. грн. | 137,73 |
| Коефіцієнт автономії | 0,96 |
| Коефіцієнт платоспроможності | 29,65 |
| Коефіцієнт абсолютної ліквідності | 1,52 |
| Коефіцієнт обіговості обігових засобів | 4,66 |
| Коефіцієнт затовареністю готовою продукцією | 0,033 |
| Коефіцієнт завантаження виробничих потужностей | 0,91 |
| Коефіцієнт ефективності реклами та засобів стимулювання збуту продукції | 0,032 |
| Якість продукції | 4,7 |
| Максимальний рейтинг | 0,73945126 |
| Вартість зміни | 24 |
| Значення параметрів | |
| Фондовіддача, грн. | 1,21 |
| Продуктивність праці, тис. грн. | 137,73 |
| Коефіцієнт автономії | 0,96 |
| Коефіцієнт платоспроможності | 29,65 |
| Коефіцієнт абсолютної ліквідності | 1,52 |
| Коефіцієнт обіговості обігових засобів | 4,66 |
| Коефіцієнт затовареністю готовою продукцією | 0,033 |
| Коефіцієнт завантаження виробничих потужностей | 0,91 |
| Коефіцієнт ефективності реклами та засобів стимулювання збуту продукції | 0,032 |
| Якість продукції | 4,7 |

МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЦТВА



В табл. 7 приведені результати моделювання рейтингу.

Висновки

1. Проведено дослідження сукупної дії ринково-виробничих факторів на конкурентоспроможність підприємств на базі утворення оптимізаційної математичної моделі.

2. Запропоновані методики та моделі дозволяють виконати загальну оцінку конкурентоспроможності підприємств.

3. У подальшому доцільним є виконання більш розгалужених досліджень з цієї проблеми з урахуванням дії економічних факторів на етапі сталого розвитку економіки України.

1. Буевич С. Оперативно-производственное планирование: объемный процесс // Полиграфия. — 2006. — № 5. — С. 10. 2. Экономико-математические методы и модели / Под ред. А. В. Кузнецова. — Минск, 2000. — 412 с. 3. Экономико-математические методы и модели: Уч. пос. / Холод Н. И., Кузнецов А. В., Жихарев Я. Н. и др.; Под общ. ред. А. В. Кузнецова. — 2-е изд. — Минск: БГЭУ, 2000. — 412 с. 4. Колемаев В. А. Математическая экономика: Учеб. для вузов — 2-е изд. перераб. и доп. — М: ЮНИТИ — ДАНА, 2002. — 399 с. 5. Минюк С. А. Математические методы и модели в экономике: Уч. пос. / Минюк С. А., Ровба Е. А., Кузьмич К. К. — Минск: Тетра Системс, 2002. — 432 с. 6. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев, А. Н. Гармаш, Д. М. Дайитбегов и др.; Под ред. В. В. Федосеева. — М: ЮНИТИ, 2001. — 391 с. 7. Толбатов Ю. А. Эконометрика: Підручник для студентів екон. спеціальн. вищ. навч. зал. — К.: ТП Пресс, 2003. — 320 с.: іл. 8. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с. 9. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel/ — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: МОРИОН, 2001. — 408 с. 10. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистика в науке и бизнесе. — К.: МОРИОН, 2002. — 640 с. 11. Математичне моделювання та оптимізація технологічних систем: Метод. вказівки до лабор. — комп'ют. практикуму для студ. спец. «Технологія машинобудування» усіх форм навч. / Уклад. С. М. Лапач, С. Г. Радченко та ін. — К.: НТУУ «КПІ», 2007. — 116 с.

Рецензент — М. П. Панченко, д.е.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 29.10.08