

Г.І. МІХАЛЕВСЬКА, В.Ц. МІХАЛЕВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

КРИТЕРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Розглянуто основні етапи впровадження моделей в системах підтримки прийняття рішень, вибір критеріїв в оптимізаційних моделях СППР. Проаналізовано важливість формулювання критерію оптимізації для побудови математичної моделі, визначено задачі оптимізації з одним критерієм і багатокритеріальні для розвитку інформаційних систем. Описані особливості розв'язання функціональних задач управління та методи добування даних в СППР.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, критерій оптимізації, статистичний аналіз, нейромережеві моделі.

G.I. MIKHALEVSKA, V.TS. MIKHALEVSKYI
Khmelnyskyi National University

CRITERIA OF OPTIMIZATION AND BUILDING OF MATHEMATICAL MODEL FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS

The article considers the main stages of implementation of models in decision support systems. Selection of criteria in optimization models of DSS. The importance of formulating an optimization criterion for constructing mathematical models, optimization problems with one criterion and multicriteria for the development of information systems, has been analyzed. Features of solving functional tasks of management and data extraction methods in DSS are described. Mathematical models are used to obtain scientifically substantiated managerial decisions of the decision support system. Among them, the most popular in use are the following types of models: optimization, statistical analysis, predictive, neural network. The formulation of the optimization criterion is very important for constructing mathematical models. There are tasks of optimization with one criterion and multicriteria tasks. Most optimization tasks are solved with one criterion. If there are several criteria, it is necessary to apply a methodology accordingly, which will allow to optimize the task in fact with one criterion. There are a number of linear, integer, and nonlinear programming methods that allow you to solve a wide range of tasks. Neural network models allow you to build systems with artificial intelligence that can be learned. The game theory apparatus allows you to simulate conflict situations, competition in the market, find the best solution for solving such problems. Decision support systems are used by a variety of organizations and enterprises to support a wide range of decision making, for decision makers and for different parts of the decision-making process. Therefore, the benefits of these systems can be estimated by quantitative and qualitative indicators. Decision support systems allow you to get the best decisions, to improve the process of making the best decisions. The effectiveness of management is measured by such economic indicators as profitability of the enterprise, cost of production, volumes of output. DSS affect on economic indicators indirectly, therefore, the quantitative measurement of the effectiveness of implementing decision support systems is complicated.

Keywords: decision support systems, optimization criterion, statistical analysis, neural network models.

Постановка проблеми. Інформаційні системи, які розвиваються вже більше ніж півсторіччя, спочатку будувалися як автоматизовані системи управління підприємством і мали відповідати запитам менеджерів. Такі системи продукували велику кількість необхідних і корисних для менеджерів документів. Розвиток автоматизованих систем управління в подальшому привів до того, що з'явилися системи підтримки прийняття рішень. Ці системи відрізняються можливостями, які дозволяють користувачам отримувати інформацію або знання з інформаційної системи, яка була запрограмована і налаштована користувачем так, щоб врахувати досвід користувача і його підприємства, а також можливості математичних моделей та сховищ даних, які поліпшують якість прийняття рішень. Подальший розвиток інформаційних систем призводить до побудови обчислювальних середовищ, які включають в себе електронну комерцію, нові можливості аналітики, можливості колективної співпраці, проектування, розробку нової продукції.

Формулювання цілей статті (Постановка завдання). Дослідити особливості та основні характеристики математичних моделей, що використовуються у системах підтримки прийняття рішень. Описати основні вимоги до підходів застосувань математичного апарату.

Вклад основного матеріалу. Знання і управління знаннями є невід'ємною частиною системи управління та систем підтримки прийняття рішень. Існує п'ять методів обробки інформації першого рівня і чотири методи обробки інформації другого рівня [1–3]. Система підтримки прийняття рішень, яка реалізує або сприяє сполученню цих дев'яти класів обробки знань, може реально покращити продуктивність управлінських рішень. Розробники систем підтримки прийняття рішень мають враховувати наступні фактори:

- наукомісткий характер процесу прийняття рішень;
- процес прийняття рішень орієнтується на знання;
- застосування атрибутів знань;
- застосування багаторівневих і багатосторонніх схем прийняття рішень;
- застосування дворівневої системи обробки знань, яка приймає активну участь в розробці управлінських рішень;
- застосування в системах підтримки прийняття рішень методів управління знаннями в сучасній науці та практиці підвищується.

Основні ідеї архітектури систем підтримки прийняття рішень були розроблені у 70-80-х роках двадцятого сторіччя. У подальшому ці ідеї були конкретизовані і розроблені у декількох напрямках. Створені інформаційної системи можна класифікувати наступним чином [1, 2]: 1) текстові СППР; 2) гіпертекстові СППР; 3) орієнтовані на використання баз даних та сховищ даних СППР; 4) табличні СППР; 5) орієнтовані на моделі СППР; 6) СППР, які використовують штучний інтелект; 7) гібридні СППР; 8) Групові СППР.

Моделі в СППР. Для отримання науково обґрунтованих управлінських рішень системи підтримки прийняття рішень використовують математичні моделі. Серед них найбільш популярними у використанні є такі типи моделей: оптимізаційні, статистичного аналізу, прогнозні, нейромережеві.

Впровадження моделей в системах підтримки прийняття рішень містить наступні етапи:

- Формалізація вихідної проблеми.
- Побудова математичної моделі.
- Розв'язання моделі.
- Перевірка адекватності моделі.
- Впровадження результатів розв'язку.

Формалізація проблеми представляє собою осмислення і формулювання в чіткій письмовій формі суті економічної чи організаційної проблеми. На цьому етапі мають бути визначені критерії, за якими буде виконуватися моделювання, а також на цьому етапі має бути визначено економічний зміст критеріїв і обмежень задачі оптимізації, або мета статистичного аналізу, критерії прогнозування та навчання моделей нейронних мереж. Після того, як економічний зміст задачі чітко сформульовано, переходять до етапу переведення задачі на математичну мову, тобто побудову математичної моделі.

Вибір критеріїв в оптимізаційних моделях СППР. Дуже важливим для побудови математичні моделі є формулювання критерію оптимізації. Існують задачі оптимізації з одним критерієм і багатокритеріальні задачі. Більшість задач оптимізації вирішується з одним критерієм. Якщо критеріїв декілька, необхідно застосувати відповідно методіку, яка дозволить оптимізувати задачу фактично за одним критерієм.

Серед найбільш уживаних математичних моделей для оптимізації економічних процесів є моделі лінійного програмування.

Економіко-математичні моделі лінійного програмування. Задачами лінійного програмування називають задачі оптимізації, що мають такі особливості:

- критерій оптимізації є лінійною функцією від невідомих задачі x_1, x_2, \dots, x_n ;
- обмеження, що накладаються на можливі розв'язки мають тип лінійних рівностей або нерівностей;
- змінні приймають невід'ємні значення.

Математична постановка задачі лінійного програмування в загальному випадку сформулюється таким чином:

Нехай x_j – невідомі задачі, a_{ij} – коефіцієнти при невідомих, b_i – обмеження, Z – критерій оптимізації, c_j – коефіцієнти при невідомих у математичному формулюванні критерію оптимізації.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases} \tag{1}$$

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \begin{matrix} \text{max} \\ \text{min} \end{matrix}$$

$$x_j \geq 0$$

Необхідно визначити такі невід'ємні значення змінних $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, що задовольняють умовам (I), при яких лінійна функція Z перетвориться в оптимум (мінімум або максимум у залежності від економічного змісту задачі).

Для розв'язання задач лінійного програмування при довільному числі змінних x_j застосовуються обчислювальні методи, найбільш універсальним серед яких є симплексний метод.

Цілочислові задачі лінійного програмування. Оптимізаційна задача, змінні якої за фізичним змістом можуть приймати лише цілочислові значення, називається задачею цілочислового програмування. Обмежимося розглядом випадку, коли цільова функція й система обмежень задачі є лінійними. При цьому математична модель задачі має вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{max}; \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = \overline{1, m}; \tag{2}$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$x_j - \text{цілочислові} \quad j = \overline{1, n}; \quad (4)$$

Розв'язок задачі (1)–(4) може виявитися як цілочисловим, так і ні. Тому у загальному випадку для визначення цілочислового розв'язку задачі (1)–(4) потрібне застосування спеціальних методів. Одним із найбільше поширених методів розв'язку задачі (1)–(4) є метод Гоморі або метод Гілок і меж.

Задачі дробово-лінійного програмування. Для певного класу практичних задач цільова функція може являти собою відношення двох лінійних функцій. Обмеження при цьому є лінійними. Це задача дробово-лінійного програмування, що має вигляд:

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sum_{j=1}^n d_j x_j} \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, i = \overline{1, m}; \quad (6)$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Тут c_j, d_j, a_{ij}, b_i – задані константи. Крім того, зазначимо, що $\sum_{j=1}^n d_j x_j \neq 0$.

В загальному випадку задача дробово-лінійного програмування (5)–(7) може бути зведена до задачі лінійного програмування. Для цього введемо нові змінні:

$$y_0 = \left(\sum_{j=1}^n d_j x_j \right)^{-1}; \quad (8)$$

$$y_j = y_0 x_j, j = \overline{1, n}. \quad (9)$$

Використовуючи введені позначення (8), (9), початкову задачу (5)–(7) зводимо до наступної задачі:

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j y_j \rightarrow \max; \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} y_j - b_i y_0 = 0, i = \overline{1, m}; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n d_j y_j = 1; \quad (12)$$

$$y_j \geq 0, j = \overline{0, n}. \quad (13)$$

Задача (10)–(13) розв'язується симплексним методом.

Нелінійне моделювання. Загальна постановка задач нелінійного програмування. В загальному випадку задача нелінійного програмування сформулюється так:

$$\begin{aligned} &\text{визначити екстремальне значення функції } f(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr} \end{aligned} \quad (14)$$

за умови, що змінні x_1, x_2, \dots, x_n задовольняють обмеженням

$$\begin{cases} q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i, & i = \overline{1, k} \\ q_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b_j, & j = \overline{k+1, m} \end{cases} \quad (15)$$

$$q_s(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_s, \quad s = \overline{m+1, n}$$

f, q – функції n змінних, b_s – задані числа. ($s = i, j, l$).

Значення змінних x_i ($i = \overline{1, n}$), що задовольняють (15), називаються припустимими розв'язками, а припустимий розв'язок $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, який приводить до екстремуму функцію f , називається оптимальним розв'язком задачі (14), (15). Якщо хоча б одна з функцій є нелінійною, то задача (14), (15) представляє собою задачу нелінійного програмування (НП). Універсальних методів розв'язання задач НП не існує. В залежності від вигляду функції (14) і обмежень (15) застосовується той або інший метод розв'язання.

Якщо система обмежень на змінні x_1, x_2, \dots, x_n містить тільки рівняння, то це окремий випадок

задачі НП:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr}, \quad (16)$$

$$q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (17)$$

Задача (16), (17) на умовний екстремум може бути розв'язана методом множників Лагранжа.

Моделі, які застосовують математичний апарат теорії ігор. Гра — це дійсний або формальний конфлікт, у якому є принаймні два учасники (гравці), кожний з яких прагне досягнення власних цілей. Однозначний опис вибору, який здійснює гравець у кожній з можливих ситуацій, називається стратегією гравця. Стратегія гравця буде оптимальною, якщо при багатократному повторенні гри вона забезпечує гравцю максимальний середній виграш (мінімальний середній програш). Практична реалізація розв'язку на комп'ютері виконується із застосуванням відповідного програмного забезпечення.

Моделі які використовують нейронні мережі. Штучні нейромережі є електронними моделями нейронної структури мозку, які здатні навчатись, використовувати накопичений досвід. Багато проблем, які поки що непідвладні розв'язуванню сучасними комп'ютерами, можуть бути ефективно вирішені блоками нейромереж. В СППР застосовуються методи короткострокового, середньострокового і довгострокового прогнозування. Найбільш поширеними методами є методи короткострокового і середньострокового прогнозування. Практика показує, що чим більший проміжок часу, на який ми прогнозуємо, тим більша похибка прогнозу. Методологічно, задачі довгострокового прогнозу мають найбільшу похибку, тому і використовуються рідше.

Для прогнозування часових рядів, у яких спостерігається тренд, є доцільним використовувати прогнозування із використанням регресійних моделей. Для стаціонарних процесів доцільно застосовувати метод статистичної екстраполяції або ковзного середнього чи експоненційного згладжування. Для приведення нестационарних процесів до стаціонарного вигляду існує ряд ефективних методів.

Ефективне прогнозування передбачає наявність у користувача СППР фахового володіння математичним апаратом методів прогнозу та досвіду застосування моделей.

Методи обробки даних в системах підтримки прийняття рішень. Онлайн аналітична обробка інформації (Online Analytical Processing – OLAP) дозволяє отримувати дані із баз та сховищ даних, обробляти їх за математичними алгоритмами і представляти результати у вигляді аналітичних звітів [3, 4].

Існують три основних методи онлайн обробки інформації, які регулярно використовуються аналітиками, до них відносять: 1) метод розбивки на сегменти; 2) метод обертання; 3) метод консолідації та деталізації. Метод розбивки на сегменти визначається як стратегія розбивки на елементи, візуалізацію і осмислення даних, що отримані з баз даних. Користувач системи підтримки прийняття рішень розбиває великий масив даних на сегменти, які потім розбиваються на невеликі частки. Процес повторюється до тих пір, поки ми отримуємо рівень деталізації, необхідний для аналізу. Консолідація та деталізація — операції, що визначають перехід від детального представлення даних до агрегованого (вгору) і навпаки — від агрегованого до детального (вниз). До даних, як були оброблені за методами розбивки на сегменти, обертання, консолідації та деталізації, аналітики в подальшому застосовують розглянуті вище математичні моделі для виявлення прихованих залежностей або оптимізації управлінських рішень.

Дейтамайнінг (Data mining) – видобування даних в СППР. Це процес виявлення у великих масивах даних – раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних і доступних для інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень у різних галузях людської діяльності.

Інструментальні засоби добування даних використовують різноманітні методи, включаючи доказову аргументацію, візуалізацію даних, методи нечіткої логіки й аналізу, нейромережі та інші.

Доказову аргументацію (міркування за прецедентами) застосовують для пошуку записів, подібних до якогось певного запису чи низки записів. Ці інструментальні засоби дають змогу користувачеві конкретизувати ознаки подібності підібраних записів. За допомогою візуалізації даних можна легко і швидко оглядати графічні відображення інформації в різних аспектах (ракурсах).

Відомі п'ять загальних типів інформації, що можуть бути одержані засобами дейтамайнінгу: 1) *класифікація*: дозволяє робити висновок щодо визначення характеристик конкретної групи (наприклад, споживачі, які були втрачені через дії конкурентів); 2) *кластеризація*: ототожнює групи елементів, які мають показники близькі до параметру, за яким їх об'єднують у групу (кластеризація відрізняється від класифікації, бо не вимагається наперед визначена характеристика); 3) *асоціація*: ідентифікує зв'язки або відношення між подіями, які відбувались у минулому (наприклад, вподобання клієнтів магазину, які відвідували його протягом року); 4) *впорядкування*: подібно асоціації, крім того, установлюється зв'язок в часовому вимірі (наприклад, повторний візит до супермаркету або фінансове планування виготовлення продукту); 5) *прогнозування*: оцінює майбутні значення параметрів і показників економічних процесів, які обчислюються з використанням визначених тенденцій, трендів в передісторії цих процесів із використанням математичних методів.

Методи добування даних в СППР. Методи добування даних, класифікація і технології їх використання показано на рис. 1. На першому рівні дерева рішень визначаються, чи будуть видобуті дані збережені в системі або будуть відфільтровані для подальшої обробки.

Збережені дані знаходяться в системі, далі аналізуються із застосуванням статистичних і математичних методів. Аналіз виконується за допомогою зіставлення даних зі збірцем (шаблоном).

Відповідно до того, співпадають чи не співпадають дані з шаблоном, приймають рішення щодо класифікації даних та їх використання. Широко застосовується статистичний метод кластерного аналізу.

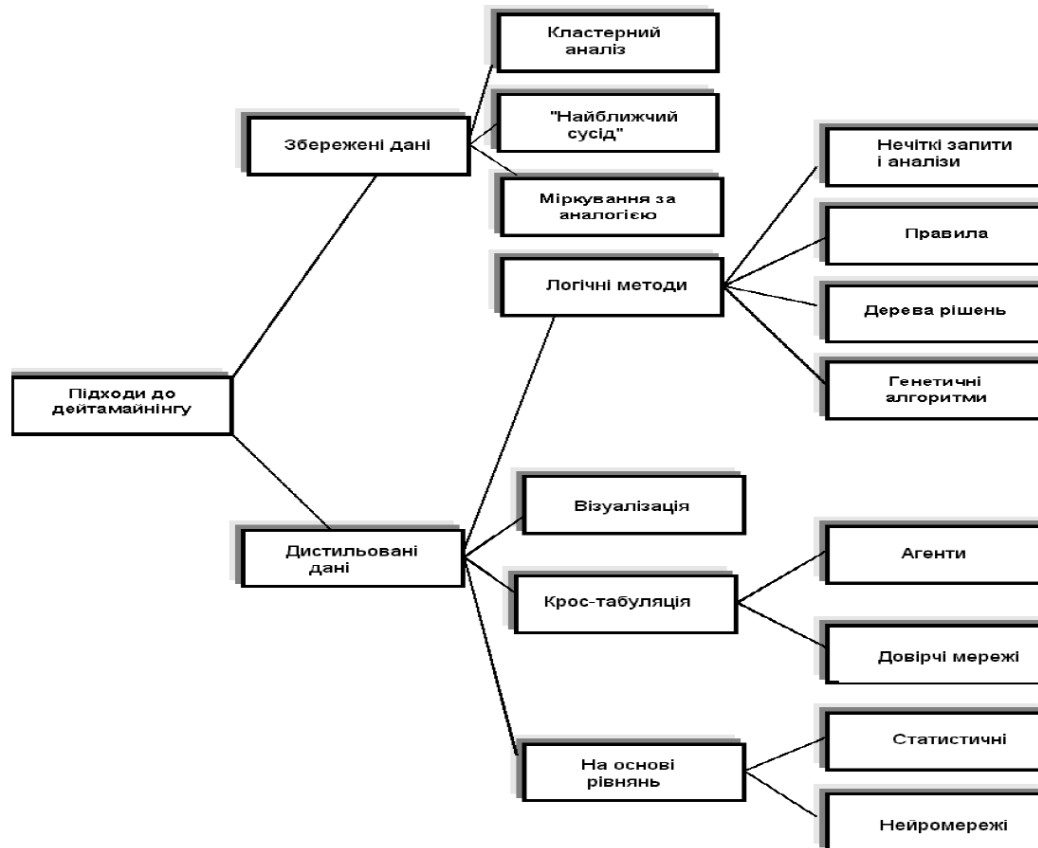


Рис. 1. Методи дейтамайнінгу

Ефект від застосування цих методів залежить від правильності вибору типових даних, з якими зіставляються інші дані.

Дистиляція даних передбачає вибір взірця або шаблону з набору даних і його використання для фільтрації даних із застосуванням чотирьох наступних методів: *логічні методи, візуалізація, крос-табуляції, методи на основі рівнянь*.

Ефективність запровадження систем підтримки прийняття рішень. Системи підтримки прийняття рішень дозволяють отримати кращі рішення, поліпшити процес прийняття оптимальних рішень. Ефективність управління вимірюється такими економічними показниками як прибутковість підприємства, собівартість продукції, обсяги виробництва продукції. Системи ППР впливають на економічні показники опосередковано, тому кількісний вимір ефективності запровадження систем підтримки прийняття рішень ускладнюється, а інколи неможливий.

Системи підтримки прийняття рішень мають наступні переваги: 1) покращують обробку та пошук знань; 2) дозволяють ефективно розв'язувати складні проблеми; 3) скорочують час прийняття рішень; 4) скорочують витрати на розробку оптимального рішення; 5) збільшують можливості по виявленню нових знань та інформації про процес, яким керують; 6) покращують обґрунтованість прийнятих рішень; 7) підвищують надійність прийнятих рішень; 8) поліпшують комунікацію та координацію між працівниками в процесі прийняття рішень; 9) розширюють можливості і надають конкурентні переваги підприємству, яке застосовує систему підтримки прийняття рішень.

Висновки. В системах підтримки прийняття рішень застосовується велика кількість економіко-математичних моделей. Важливим етапом в розробці моделей є правильний вибір критеріїв оптимізації. Існує ряд методів лінійного, цілочислового, нелінійного програмування, які дозволяють розв'язати широкий спектр задач. Нейромережеві моделі дозволяють побудувати системи зі штучним інтелектом, які можуть навчатися. Апарат теорії ігор дозволяє змоделювати конфліктні ситуації, конкуренцію на ринку, знайти оптимальне рішення для розв'язання таких проблем. Системи підтримки прийняття рішень використовуються в різноманітних організаціях і підприємств, для підтримки широкого діапазону рішень, для менеджерів, що приймають рішення і для різних частин процесу прийняття рішень. Тому вигоди від цих систем можуть бути оцінені кількісними і якісними показниками.

Системи підтримки прийняття рішень дозволяють отримати кращі рішення, поліпшити процес прийняття оптимальних рішень. Ефективність управління вимірюється такими економічними показниками як прибутковість підприємства, собівартість випускової продукції, обсяги випускової продукції. Системи підтримки прийняття рішень впливають на економічні показники опосередковано, тому кількісний вимір

ефективності запровадження систем підтримки прийняття рішень ускладнюється.

Література

1. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посібн. / Демиденко М.А. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 104 с.
2. Демиденко М.А. Управління проектами інформатизації : навч. посібн. / Демиденко М.А. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – 118 с.
3. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем : навч. посіб. / Ситник В.Ф. – Вид. 2-е, перероб. і доп. – К. : КНЕУ, 2001. – 420 с.
4. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация. Том. 1 / Спирли Э. ; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 400 с.

References

1. Demidenko M.A. Support Systems of Making Decisions / Teaching. manual - Dnipropetrovsk: NMU, 2016. - 104 p.
2. Demidenko M.A. Information projects management / Teaching. manual - Dnipropetrovsk: NMU, 2014. - 118 p.
3. Sitnik V.F. and others. Fundamentals of Information Systems: Teaching. manual - Kind. 2nd, processing. and add - K.: KNEU, 2001. - 420 p.
4. Spirli E. Corporate data warehouses. Planning, development, implementation. Volume. 1 / transl. from English - M.: Williams, 2001. - 400 p.

Рецензія/Peer review : 15.11.2018 р.

Надрукована/Printed : 19.12.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Сорокатиї Р.В.