

### **ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВ ТА ПРОЕКТІВ**

Досліджено основні підходи оцінки ефективності функціонування інтегрованих інформаційних систем підприємств та проектів, а також область їх застосування. Встановлено що інтеграція інформаційних систем є основним напрямом вирішення проблем ефективного функціонування підприємств, які здійснюють розробку та впровадження інноваційно-інвестиційних проектів. Встановлено, що оцінку ефективності функціонування інтегрованої інформаційної системи можна формалізувати шляхом використання елементів системного аналізу.

*Ключові слова:* проект, ефективність, інтегрована інформаційна система

*М.В. Двоєглазова*

### **ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРОЕКТОВ**

Исследованы основные подходы оценки эффективности функционирования интегрированных информационных систем предприятий и проектов, а также область их применения. Установлено, что интеграция информационных систем является основным направлением решения проблем эффективного функционирования предприятий, осуществляющих разработку и внедрение инновационно-инвестиционных проектов. Установлено, что оценку эффективности функционирования интегрированной информационной системы можно формализовать за счет использования элементов системного анализа.

*Ключевые слова:* проект, эффективность, интегрированная информационная система

*М.В. Dvoyeglazova*

### **APPROACHES TO EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF INTEGRATED INFORMATIONAL SYSTEMS OPERATION**

The basic approaches to assessing the functioning of integrated information systems of enterprises and projects and their applications have been studied. It has been determined that the integration of information systems is the leading way of solving the problem of effective functioning of enterprises in the development and implementation of innovative and investment projects. It was established that the efficiency of the evaluation of an integrated information system can be formalized by the use of elements of system analysis.

*Keywords:* design, efficiency, integrated information system.

**Вступ.** Сьогодні для ефективної реалізації інноваційних та інвестиційних проектів виникає необхідність об'єднувати інформаційні системи підприємства та проекту в єдиний інтегрований інформаційний комплекс з метою підвищення функціонування і розвитку організації. Проте під час об'єднання інформаційних систем в єдиний інформаційний комплекс виникає питання ефективності його функціонування.

**Мета.** Метою статті є дослідження основних шляхів оцінювання ефективності функціонування інтегрованих інформаційних систем підприємств та проектів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженням ефективності функціонування складних систем присвячено роботи Ю.І.Черняка, С. Янга, О.Д.Шарапова, В.Н.Волкова та ін.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз факторів впливу на результат роботи системи може бути структурним та функціональним.

Під структурним підходом розуміємо детальне вивчення досліджуваного об'єкта, його внутрішньої структури, всіх зв'язків як всередині, так і за його межами. Детальний опис всіх взаємодій при цьому значно утруднений як в математичному плані так і в інформаційному аналізі отриманих результатів. Тому, як правило, такий підхід використовується в основному для невеликих систем.

На відміну від структурного, функціональний підхід дає змогу описувати предмет дослідження тільки за основними його проявами – входами та виходами системи, факторними ознаками і результуючими. Виділення основних потоків інформації та встановлення обґрунтованої та адекватної форми зв'язку між ними без врахування внутрішньої структури об'єкта дослідження – основна ідея функціонального підходу.

Якщо вектор входу системи  $x_i$ , вектор виходу  $y_i$ , то впорядкована пара показників  $(x_i, y_i) \in X \cdot Y$  буде характеризувати функціонування системи. Через  $X$  позначено множину всіх векторів входу системи, через  $Y$  – множину всіх векторів виходу системи.

Якщо між  $X$  та  $Y$  існує залежність, яка має форму  $T : X \rightarrow Y$ , то  $T$  визначається як оператор функціонування системи. У випадках, коли множини  $X$  та  $Y$  утворюють евклідовий векторний простір, а впорядкована пара  $(x_i, y_i) \in X \cdot Y$  описує реальні процеси, які відбуваються в СІС, то введення в оцінку роботи СІС векторів інформації, взаємодії, тощо та приведених вище інформаційних властивостей економіко-кібернетичної системи дає змогу проводити чисельну оцінку ефективності функціонування системи за допомогою узагальненого показника виду [1,2,3]:

$$\varepsilon_{(x_i, y_i)} = \frac{\|y_i\|}{\|x_i\|}, \quad (1)$$

де  $\|y_i\|$  та  $\|x_i\|$  – норми векторів виходу та входу відповідно.

При цьому особливе значення має визначення норм в обох векторних просторах – норм векторів входу та виходу. В загальному випадку норма в просторі входів повинна оцінювати затрати, норма в просторі виходів – функціонування системи.

Сучасні підходи до оцінки ефективності функціонування складних ієрархічних систем також базуються на визначенні норм векторів та пов'язані з різними її класифікаціями. Так О.Романова [4] розрізняє внутрішню і зовнішню ефективність, а також статичну і динамічну. Внутрішня ефективність відображає власну оцінку результативності діяльності системи на основі співвідношення ресурсів (затрат) та продукту (результату). Зовнішня ефективність відображає рівень корисності виробленого продукту, потенціальні можливості системи. Статична ефективність є формою оцінки та управління діяльністю системи на невеликому проміжку часу (тактичні та оперативні управління). Динамічна ефективність - на значному періоді часу.

Таким чином з (1) випливає, що ефективність функціонування системи пов'язана з кінцевим результатом, вплив на який здійснюється через вектор вхідних даних та механізм управління.

Вказані базові підходи дають змогу достатньою мірою формалізувати системи, які характеризують прийняття рішень, підвищити інформативну складову як опису таких систем так і їх алгоритмізації, системного аналізу та ефективного управління і прийняття рішень.

Об'єктом дослідження і прийняття рішень обрана складна інтегрована інформаційна система, яка структурно може складатись з двох інформаційних систем підприємства та проекту, кожна з яких має окремий набір входів/виходів, та її взаємодія з зовнішнім середовищем.

Опис інтегрованої ІС з метою прийняття ефективних рішень бажано проводити за допомогою інформативної складової як її структури так і зв'язків між елементами цієї структури. Виділивши в системі основні потоки інформації та зв'язки можна задати її виразом, який задає систему як впорядковану множину всіх дій на ній, всіх внутрішніх і зовнішніх чинників.

Оскільки будь-яка відкрита система існує у взаємодії з зовнішнім середовищем, то при дослідженні систем з метою оптимального управління ними проводиться аналіз функцій, притаманних цим системам.

Розглядаючи складні відкриті системи, більшість авторів описують функцію, поведінку та структуру систем за допомогою наступних основних характеристик системи:

1. Складність (complication) системи  $C$ .

2. Ефективність (efficiency) системи  $e$ .

3. Інерційність (inertance)  $I$  системи чи якість управління (management quality)  $Mq$  системою.

Складність системи (чи системна складність)  $C_C$  системи визначається як сума функціональної (власної)  $C_F$  та структурної (взаємної) складності  $C_\Sigma$ .

Функціональна (власна) складність  $C_F$  системи показує кількість кроків (рахованих та логічних), які необхідні для реалізації конкретно заданої функції  $F$ . Чисельно представляє собою сумарну складність елементів системи без врахування їх зв'язків між собою і визначається як [5]:

$$C_F = L \times K = L_1 \times \left( \frac{L_2}{L_3} + L_4 \right) \times K, \quad (2)$$

де  $L = L_1 \times \left( \frac{L_2}{L_3} + L_4 \right)$ , – логічна глибина обчислень;  $L_1$  – загальна кількість всіх елементів системи;

$L_2$  – показник циклічності структури системи (визначається за допомогою числа циклів);  $L_3$  – показник складності циклів;  $L_4$  – ступінь паралельності обчислень;  $K$  – ступінь складності реалізації системи.

Структурна (взаємна) складність  $C_\Sigma$  системи – метрична величина, яка визначає кількість елементів та кількість зв'язків системи. Характеризує ступінь взаємозв'язку елементів системи і визначається як:

$$C_\Sigma = \frac{m}{n(n-1)} \times \lg \frac{m}{n(n-1)}, \quad (3)$$

де  $m$  – кількість реалізованих зв'язків між елементами;  $n$  – кількість елементів у системі.

Якщо система реалізована, то структурна складність розраховується як:

$$C_\Sigma^* = (1 + \delta \times C_\Sigma) \times \sum_{i=1}^m C_{xi} \quad (4)$$

де  $C_{xi}$  – складність реалізації елементів у системі;  $\delta$  – відносна величина складності реалізації зв'язків і елементів у системі (визначається як відношення складності реалізації елементів до складності реалізації зв'язків у системі).

Ефективність системи  $e$ . В загальному випадку за визначенням дослідників [6] являє собою сукупність властивостей, які характеризують якість функціонування системи.

Тому ефективність системи, як якість її функціонування, можна оцінювати за допомогою метричної величини, яка чисельно дорівнює відношенню планованого результату функціонування системи  $|Y_{пл}|$  до реального значення  $|Y_t|$ , досягненого на (за) заданий момент (інтервал) часу:

$$\varepsilon = \frac{|Y_t|}{|Y_{пл}|} = \frac{F(X, Z_0, \Delta t, V)}{|Y_{пл}|}, \quad (5)$$

де  $F$  – множина функцій управління;  $\varepsilon$  – ефективність системи;  $X$  – початкові дані (вхід);  $Z_0$  – початковий стан (ресурси);  $\Delta t$  – інтервал роботи (час);  $V$  – вхідні дії (оператори входу).

Властивості, які описують ефективність системи, можуть відрізнятися. Це залежить від умов функціонування системи та способів досягнення результатів. Тому при оцінці систем прийнято розрізняти ефективність (якість) систем та ефективність процесів, які реалізують системи (при цьому ефективність відносять до функціонування системи). Іншими словами, можна розрізняти цільову (5) та функціональну (1) ефективності систем.

Під цільовою ефективністю слід розуміти ступінь відповідності функціонування системи її цільовому призначенню, тобто ступінь досягнення цілі. Відповідно під функціональною – ступінь інтенсивності використання ресурсів з точки зору співвідношення між об'ємами випуску продукції та розмірами затрачених ресурсів. Тоді ця характеристика може вимірюватись в загальному випадку векторними показниками, які входять у вираз (1).

Інструментарій, який використовується для дослідження ефективності, залежно від типу, можна розділити на три рівні:

I – базовий: теорія множин. Теорія графів, математичне програмування, теорія диференціальних рівнянь, статистичні методи тощо;

II – спеціалізовані методи дослідження (на основі методів базового рівня): теорія виробничих функцій, імітаційне моделювання тощо;

III – мікроінструменти: методика, що поєднують елементи перших двох рівнів.

Вибір методики оцінки ефективності визначається конкретною задачею та рівнем складності системи. З точки зору системного аналізу найбільш ефективною є методика отримання оцінок ефективності на всіх рівнях ієрархії системи, з корекцією на ефективність підсистем більш високого рівня. Основні етапи оцінювання ефективності складних ієрархічних систем представлені на рис. 1.

Будь-яка інтегрована інформаційна система спрямована на досягнення конкретної мети. При цьому при оцінці застосовності для розв'язку певного переліку задач необхідно визначити:

- функціональну повноту системи;
- непротиворіччя множини функцій системи;
- незалежність задач, які реалізуються системами.

Визначення цих параметрів становить основу для одного із підходів до оцінки застосовності систем. Перший підхід базується на аналізі функціональної повноти та аналізі задач системи. Для визначення функціональної повноти необхідно виконати такі дії:

1. Провести аналіз використання складної системи  $S$ , тобто її предметної області. В результаті цього аналізу будуть виявлені:

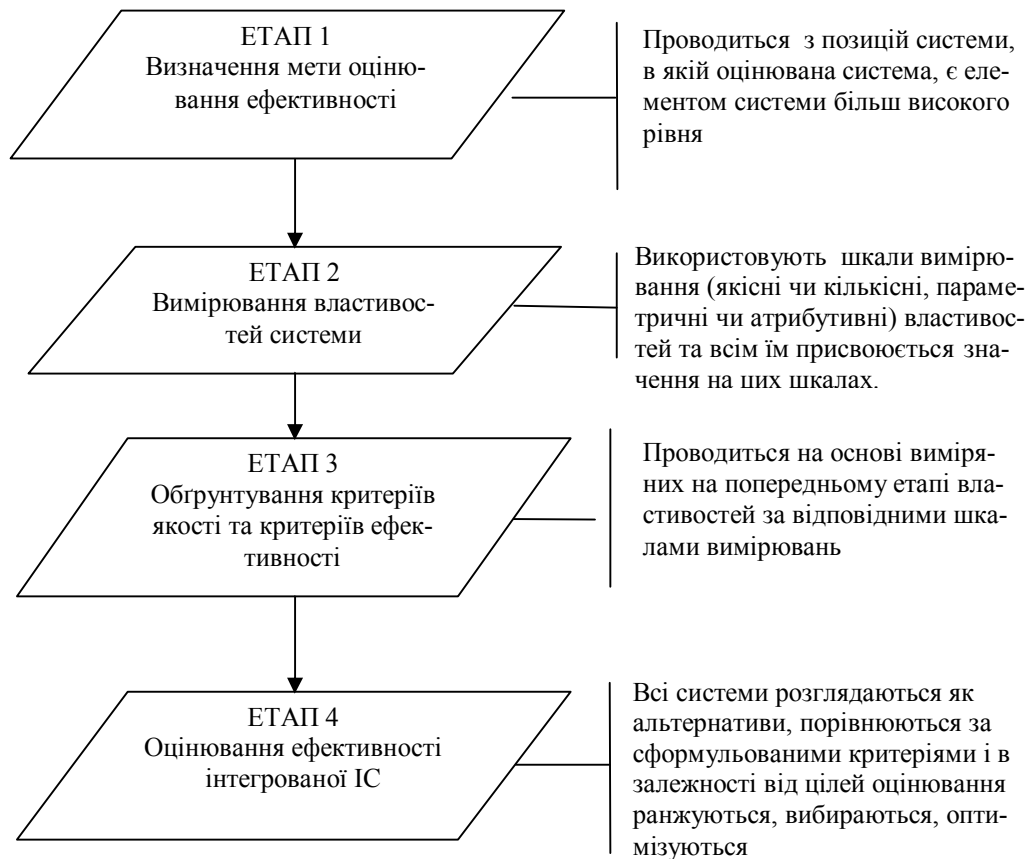
$F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$  – множина функцій управління чи задач, які потребують рішення;

$I_i = f_i(I_{вх_i}, I_{вих_i})$  – інформаційні характеристики цих задач (поток вхідної та вихідної інформації по кожній із задач), причому  $f_i \in F; i = \overline{1, n}$ ;

$U$  – предметна область;

$a_i = f_i(I_{вх}, I_{вих})$  – алгоритм чи метод рішення кожної із поставлених задач.

Множина задач, та пріоритети їх розв'язку і, відповідно, прийняття рішень згідно із визначеною предметною областю базуються на структурних характеристиках матриць  $A$ , які описують систему.



**Рис. 1.** Етапи оцінювання ефективності інтегрованих інформаційних систем

2. На основі проведеного аналізу можна визначити чи є приведена інформаційна система функціонально повною, незалежною та такою, що не має внутрішніх протиріч. Систему можна вважати функціонально повною, якщо виконуються такі 3 правила:

- множина задач  $F$  предметної області має поелементно збігатися із множиною задач які реалізуються цією системою ( $P$ ), тобто  $P(F) \equiv F$  або  $\{f_i\} \equiv \{a_i\}$ ;
- вхідні і вихідні потоки інформації об'єкта мають збігатися з вхідними і вихідними потоками інформації в складній системі, яка описує об'єкт, тобто  $\{I_{вх}^*, I_{вих}^*\}U \equiv \{I_{вх}, I_{вих}\}S$ ;
- алгоритми роботи системи в межах предметної області  $U$  мають збігатися з алгоритмами відповідних процесів в системі  $S$ , тобто  $\{a_i\}U \equiv \{a_i\}S$ .

Якщо вказані пункти виконуються повністю, то систему можна використовувати для створення моделі прийняття рішень. Якщо ж спостерігаються відхилення, то необхідне або доопрацювання системи  $S$  або відмова від неї.

Другий підхід доцільно використовувати, коли задача прийняття рішень про вибір типу системи проводиться на конкретному об'єкті – технічно закритому і є необхідність оцінки структури системи, яка використовується при впровадженні нових технологій чи технологічних про-

цесів. В такому випадку для аналізу систем та прийняття рішень доцільно використовувати структурні матриці матеріальних  $A^M$ , енергетичних  $A^E$  та інформаційних  $A^I$  потоків.

Третій підхід в оцінці інтегрованої системи пов'язаний з представлення об'єкта як технологічної підсистеми. При цьому інтегрована інформаційна система як правило може бути представлена матрицею матеріальних потоків  $A^M$ , інформаційних потоків  $A^I$  та матрицею фінансових потоків  $A^F$ . Тоді проектування оптимальної технології.

В технічних системах поняття ефективності поєднується з поняттям операції – упорядкована сукупність пов'язаних дій, направлених на дослідження певної цілі.

Якість складної системи виявляється певною мірою тільки в процесі її функціонування, використання за призначенням. Тому найбільш об'єктивна оцінка якості системи може бути отримана від ефективності її цільового призначення.

Ефективність, як будь-яка властивість системи, має відповідну інтенсивність свого прояву. Міру інтенсивності прояву ефективності називають показником ефективності  $W$ . В загальній формі загальний показник ефективності великої системи пропонують будувати як деяку функцію або функціонал:

$$W = F(Y_k, Y_n, U_k, U_n), \quad (6)$$

де  $Y_k$  – можливий або фактичний досягнутий корисний ефект (кінцевий ефект (необхідний кінцевий результат) функціонування та розвитку системи;  $U_k$  – можливі або фактичні витрати кількості праці (живого та минулого) для отримання  $Y_k$ ;  $U_n$  – мінімальні необхідні витрати кількості праці (живого та минулого) для отримання  $Y_n$ .

Якщо  $(Y_k, U_k)$  розглядають як можливі величини, тоді мова йде про прогнозування, а в випадку, коли  $(Y_k, U_k)$  фактично отримані, тоді показник  $W$  буде відображувати фактично досягнуту ефективність за деякий період функціонування системи.

Для прийняття рішення про досягнення необхідної мети вводиться поняття «критерій ефективності». Критерій ефективності вводиться на основі концепції раціональної поведінки: придатності, оптимізації, адаптивізації.

1. Концепція придатності. Раціональною являється будь-яка стратегія  $U$ , для якої значення показника ефективності  $W$  не нижче деякого потрібно рівня  $W_{mp}$ :

$$W(u) \geq W_{mp}, \quad u \in U, \quad (7)$$

де  $U$  – множина припустимих стратегій.

Якщо показник ефективності векторний, тоді ця умова записується для кожного частинного показника  $W_i$ , який входить у склад показника  $W$ :

$$W_i(u) \geq W_{i(mp)} \quad \forall i \quad (8)$$

2. Концепція оптимізації. Раціональними вважаються стратегії  $u \in U$ , які дають максимальний ефект:

$$W(u^*) = \max_{u \in U} W(u) \quad (9)$$

Рішенням може бути множина рівноцінних оптимальних стратегій  $U^* \in U$ . При цьому показник ефективності  $W(u)$  - скаляр.

3. Концепція адаптивізації. В рамках такої концепції раціональним вважається така адаптивна стратегія  $u(t)$  з множини  $U(t, \tau)$ , яке забезпечує, наприклад, виконання умови

$$W_t(u^*(t), \tau) \geq W_{i(mp)}(u(t), \tau), \quad u(t) \in U(t, \tau) \quad (10)$$

де  $t$  – час,  $\tau$  – «період прогнозу».

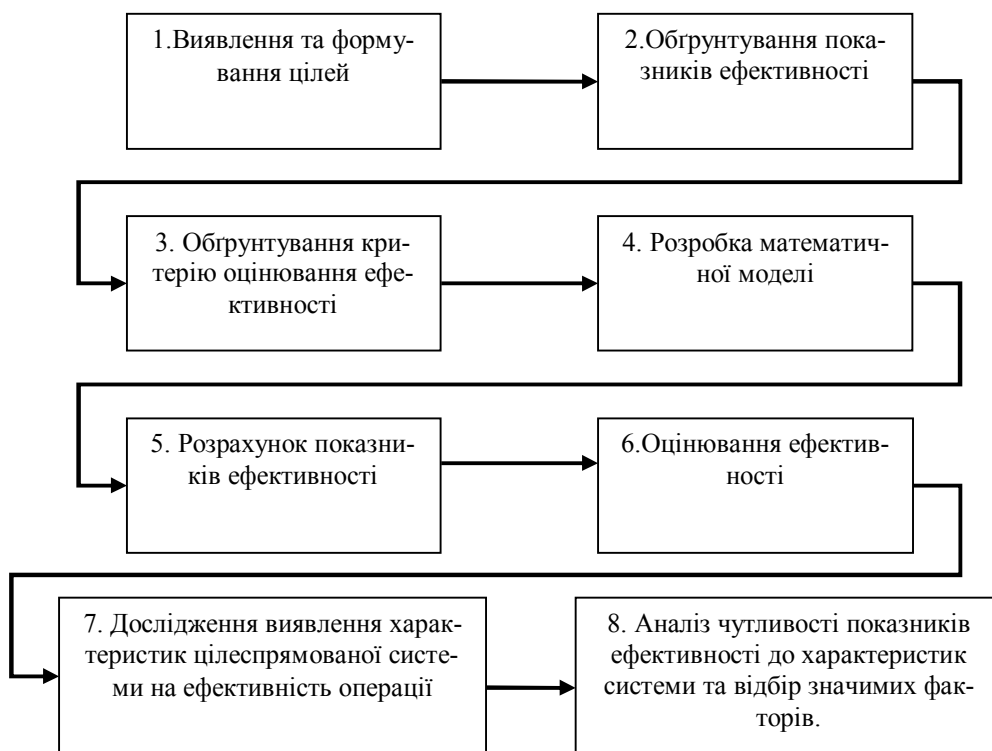
Запис  $W_i(t)$  означає, що показник ефективності може змінюватися в часі.

В застосуванні до технічних систем виконання ефективності операції виглядає, як триєдина задача:

- задача оцінювання (вимірювання) ефективності операції;
- задача аналізу ефективності операції;
- задача оптимального синтезу ефективності операції.

Перші дві частини задачі часто об'єднуються спільною назвою «пряма задача», а третя називається оберненою задачею. Етапи рішення прямої задачі представлені на рис.2.

Таким чином, представляючи інтегровану інформаційну систему підприємства та проекту, яка взаємодіє з зовнішнім середовищем, постановку задачі оцінки її ефективності можна формалізувати завдяки використанню елементів системного аналізу.



*Рис. 2. Етапи рішення задачі аналізу ефективності операцій*

**Висновки.** В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Інтеграція інформаційних систем є основним напрямом вирішення проблем ефективного функціонування промислових підприємств, які здійснюють розробку та впровадження інноваційно-інвестиційних проектів.

2. Досліджено основні підходи оцінки ефективності функціонування інтегрованих інформаційних систем підприємств та проектів, а також область їх застосування.

#### **Список літератури:**

1. **Волкова В.Н.** Теория систем и системный анализ в управлении организациями / В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848с.

2. **Мэнеску М.** Экономическая кибернетика / М. Мэнеску. – М.: Экономика, 1986. – 230 с.

3. **Шарапов О. Д.** Економічна кібернетика: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / О. Д. Шарапов, Д. Є. Семьонов, В. Д. Дербенцев. – К.: КНЕУ, 2004. – 231 с.

4. **Романова О.** Оптимизация поведения предприятия в современных условиях // Проблемы теории и практики управления. – 2002. – № 3.

5. **Скітер І.С.** Математичні методи прийняття управлінських рішень / І.С. Скітер, Н.В. Ткаленко, О.В. Трунова. – Чернігів: ЧДІЕУ, 2011. – 250 с.

6. **Петухов Г.Б.** Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г.Б. Петухов, В.И. Якунин. - М.: АСТ, 2006. – 504 с.

### References:

1. **Volkova V.N.**, Emelyanova A.A. (2006). *Theory of systems and systems analysis in the management of organizations*. Moscow: Financy i statystyka (in Russ.)
2. **Manecku M.** (1986). *Economic cybernetics*. Moscow: Ekonomika (in Russ.)
3. **Sharapov O.D.**, Semenov D.E., Derbentsev V.D. (2004) *Economic cybernetics*. Kyiv: The Kiev Natsional Economic Universitet (in Ukr.)
4. **Romanova O.** (2002). *Optimization of enterprise behavior in modern conditions. Problems of the theory and practice of management*, 3 (in Russ.)
5. **Skiter I.S.**, Tkalenko N.V., Trunova E.V. (2011). *Mathematical methods of adoption of administrative decisions*. Chernigiv: Chernigiv State Institute of Economic and Management (in Ukr.)
6. **Petuhov G.B.**, Yakunin (2006). *Methodological bases of external design of purposeful processes and purposeful systems*. Moscow: AST (in Russ.)

