

Житомирський національний агроекологічний університет

**Бродський Ю. Б., Молодецька К. В.,
Николюк О. М.**

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В ЕКОНОМІЦІ
Навчальний посібник

Житомир
2014

Автори: Бродський Ю. Б., Молодецька К. В., Николук О. М.

Рецензенти:

Г. Ю. Ткачук – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки підприємств Житомирського державного технологічного університету;

О. А. Карпюк – кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту та адміністрування Житомирського державного університету ім. І. Франка;

Н. О. Куровська – кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів та аудиту Житомирського національного агроєкологічного університету.

Рекомендовано до друку Вченою радою Житомирського національного агроєкологічного університету, протокол № 11 від 25 червня 2014 р.

У навчальному посібнику представлений курс системного аналізу в економіці, який викладається студентам напряму підготовки 6.030509 "Фінанси і кредит". Системний аналіз розглядається як прикладна наукова методологія, призначена для дослідження об'єктів та процесів економіки. Викладено основні визначення, методологічні і теоретичні основи формалізації практичних задач, наведено окремі алгоритми і технології їх розв'язання.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, магістрів, аспірантів та викладачів.

© Бродський Ю. Б.,
© Молодецька К. В.,
© Николук О. М.
© Житомир, 2014.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І СИМВОЛІВ.....	6
1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ.....	7
1.1. Розвиток системних уявлень та необхідність виникнення системного підходу.....	7
1.2. Система як об'єкт дослідження.....	23
1.3. Огляд методів системного аналізу.....	40
1.4. Методи аналізу і синтезу в системних дослідженнях.....	46
1.5. Метод моделювання у системному аналізі.....	51
1.6. Методології і засоби структурного моделювання об'єктів та процесів економіки.....	59
Контрольні питання до розділу 1.....	85
2. МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ.....	88
2.1. М'які обчислення та логіко-лінгвістичне моделювання в економіці.....	88
2.2. Моделі систем масового обслуговування в економіці....	116
2.3. Елементи підготовки та прийняття рішення в системному аналізі.....	126
2.4. Система імітаційного моделювання <i>Arena</i>	139
Контрольні питання до розділу 2.....	158
ІМЕННИЙ ТА ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	169
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	172

ВСТУП

Швидкий розвиток науково-технічного прогресу, зростаюча складність явищ, що досліджуються, тенденція до інтеграції в усіх сферах діяльності, переплетіння економічних, політичних, соціальних та інформаційних процесів, інтенсифікація взаємодії держави та суспільства, виробництва і науки, культури та побутової сфери призвели до виникнення таких понять як складні та великі системи. Тому дослідження сучасної економіки та окремих її складових, як цілісної системи, передбачає використання системного підходу.

Метою вивчення курсу "Системний аналіз в економіці" є розвиток системного мислення, усвідомлення необхідності застосування системного підходу до завдань управління та прийняття рішень, дослідження складних явищ і процесів у соціально-економічних системах.

Основним завданням дисципліни є вивчення інформаційного аспекту дослідження процесів функціонування систем, вивчення проблем управління та їх вирішення за допомогою методології системного аналізу; застосування формалізованих і неформалізованих методів та моделювання як основи проведення системного аналізу. Предметом системного аналізу є методологія вирішення проблем, розв'язування задач підготовки та обґрунтування рішень для досягнення бажаної цілі на основі різного наукового інструментарію.

Теоретичним фундаментом для вивчення дисципліни "Системний аналіз в економіці" є вища математика, інформатика та комп'ютерні мережі, теорія ймовірностей та статистика, економіко-математичні методи та моделі: оптимізаційні методи та моделі, економетрика. Засадничими економічними теоріями для практичного застосування системного підходу при дослідженні економічних процесів і систем є макро- і мікроекономіка, менеджмент, фінанси тощо. Технічною підтримкою системного аналізу є комп'ютерні інформаційні технології.

Навчальний посібник складається з двох розділів. Перший розділ присвячений особливостям предметної області, етапам становлення і розвитку системного аналізу як наукової методології. Викладено основні поняття і визначення для типових об'єктів дослідження, фундаментальні принципи системного аналізу, яких необхідно дотримуватися у формуванні системної методології та її практичної реалізації. У першому розділі наведено огляд методів системного аналізу. Особливу увагу приділено структурній методології моделювання об'єктів та процесів економіки.

Другий розділ присвячений окремим питанням моделювання в системному аналізі. Систематизовано найефективніші прийоми та методи розв'язування задач економіки. Запропоновано методологічні і математичні принципи моделювання на основі теорії нечітких множин і теорії черг. Розглянуто особливості підготовки та прийняття рішень, наведено методологію імітаційного моделювання засобами інтегрованого середовища Arena.

У розділах наведено запитання для контролю знань і варіанти завдань для самопідготовки.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І СИМВОЛІВ

\cup – об'єднання

\cap – перетин

\subset – підмножина

\forall – будь-який

\in – належить

\exists – існує

\wedge – кон'юнкція, логічне "і"

\vee – диз'юнкція, логічне "або"

\setminus – різниця множин

\oplus – диз'юнктивна сума

ІС – інформаційна система

КІС – корпоративна інформаційна система

ОПР – особа, що приймає рішення

ОУ – об'єкт управління

ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина

ПУ – пристрій управління

СМЯ – система менеджменту якості

ТПР – теорія прийняття рішень

1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

1.1. Розвиток системних уявлень та необхідність виникнення системного підходу

Системність існувала завжди, незалежно від людини як загальна властивість матерії, форма її існування, об'єктивна реальність. Поняття системності виникло разом з людиною. Системність завжди була і є одним з методів науки – як для вчених минулого, які незавжди до кінця усвідомлювали, що вони користуються ним, так і сучасних науковців. Спочатку була усвідомлена системність процесу пізнання, представлення знань, а тому й дискусії із системних проблем найперше виникли в філософії, логіці, математиці, тому однією з об'єктивних причин виникнення системних наук є системність мислення людини.

Якщо філософ, вчений викладав досить обґрунтовану сукупність поглядів і теорій, це називали системою цього філософа або вченого. Наприклад, філософська система Платона з основами дедуктивно-аксіоматичного методу; система дедуктивної логіки Аристотеля; система "ідолів" та "індукціонізма" Френсіса Бекона, геліоцентрична система світу Коперніка та Кеплера. Ці приклади можна наводити до нескіченності, кожного разу переконуючись, що це є системи поглядів чи системи знань.

Системність світу ґрунтується на основних компонентах (системах або ієрархіях за Б. С. Флейшманом) [1]:

1) *ієрархії (системи), які виникли природно*: фізико-біологічна (А – В) та соціальна (С) системи;

2) *штучна ієрархія (система)*: технічна (D) (рис. 1.1).

Поєднання класів систем із різних ієрархій або частин формує "змішані" класи, наприклад, сільськогосподарські системи. Наведені на рис. 1.1 ієрархії виникли послідовно одна з одною: кожна має свій особливий клас систем, який породжував наступну гілку (ієрархію, систему): стадо породило людину і вже за появи нової якості – колективу, людина створює нову ієрархію

– технічну, яка, в свою чергу, з ускладненням окремих технічних систем, появою нових кібернетичних систем, розвитком інформаційних технологій починає виходити з-під контролю людства. Однією з найважливіших об'єктивних причин виникнення системних наук є не тільки системність людини, її мислення, а й системність навколишнього середовища і всесвіту в цілому.

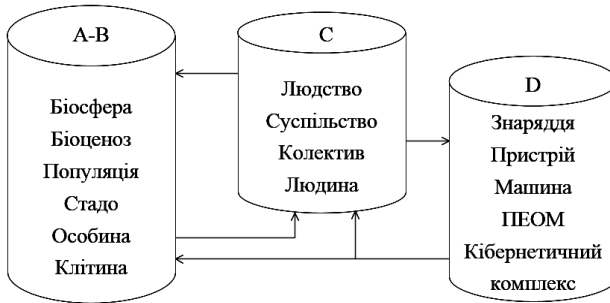


Рис. 1.1. Компоненти системності світу

В процесі розвитку науки можна виділити декілька періодів, які визначаються своїми підходами, методологією, методами дослідження. *Античний період* науки характеризується умоглядним підходом, відірваним від експериментальної практики, а також використанням категорії "цілі". Всі знання ґрунтувалися на емпіризмі та умоглядних аналогіях, які були основою наукової аргументації того часу.

В XVII ст. на зміну умоглядній побудові античної науки прийшов природознавчий підхід. На основі досліджень епохи відродження Ньютон поєднав експериментальні методи з новим математичним методом аналізу нескінченно малих. Для цього періоду з його методологією *фізикалізму* характерне поєднання експериментального та умоглядного (математичного) підходів, "вилучення" категорії "цілі", зведення вивчення цілого до вивчення його частин. Ця методологія виявилася дуже ефективною у процесі вивчення речовинно-енергетичних властивостей простих систем, але для складних систем, де

визначальними є структурно-поведінкові властивості, вона не дала результатів.

Сучасний *системний підхід* визначає третій період розвитку науки (початок ХХ ст.). Він виник із потреби вивчення і наукового осмислення складних систем різної природи. Об'єкт дослідження у цьому випадку вимагає цілісного аналізу його частин, відмови від неможливого класичного експерименту стосовно нього, відповідно, "відновлення" категорії цілі, що поєднує сучасний період з античною методологією (наївною системологією). Це період осмислення кібернетикою свого предмету дослідження – складної системи, що ототожнює її з системологією.

Отже, новий системний період розвитку науки, на відміну від ньютонівського, характеризується не диференціацією, а інтеграцією науки, що також зближує його з єдиною античною наукою періоду наївної системології. Крім того, ідейна близькість основних методів дослідження в обох напрямках (зокрема за допомогою ПЕОМ) також поєднує сучасну та наївну системологію.

Сьогодні фізикалізм і системологія використовуються як дві різні методології дослідження простих і складних систем відповідно (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Методології дослідження систем

З пропозиції австрійського біолога-кібернетика Людвіга фон Берталанфі, який займався питаннями системного підходу при

вивченні живих організмів, у 30 рр. ХХ ст. виникла концепція загальної теорії систем. У 1956 р. він організував наукове товариство з досліджень в області теорії систем. Системний підхід розглядався як універсальна концепція, яка об'єднує інтереси різноманітних наук: кібернетики, теорії інформації, теорії прийняття рішень, топології, факторного аналізу, автоматів, масового обслуговування, графів та мереж, дослідження операцій. Надалі Берталанфі виділяє такі основні тенденції розвитку теорії систем:

– *наука про системи*, що досліджує застосування системних концепцій у природничих (фізичних) та суспільних науках. Увага зосереджується на науковому вивченні цілісного на протигагу поелементного, оцінюванні способів взаємодії між компонентами системи, широкого використання методів математичного моделювання для визначення ізоморфізму в системах;

– *системна технологія*, яка призначена для розв'язку проблем з використанням методології системного підходу і сьогодні використовується в системному аналізі, в управлінні, інженерії різного напрямку та ін.;

– *системна філософія* намагається об'єднати традиційні науки різних галузей і знань у межі філософських концепцій системності.

Одним із основних досягнень Людвіга фон Берталанфі є введення поняття *відкритої системи*. Він підкреслював особливе значення обміну системи речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем (іншими системами). У відкритих системах встановлюється динамічна рівновага, яка може бути спрямована у бік ускладнення організації (за рахунок інформації ззовні), а функціонування є не просто відгуком на зміну зовнішніх умов, але й збереженням попередньої чи встановленням нової рухливої внутрішньої рівноваги системи.

Суттєвий внесок у розвиток системності в науці, виробництві, суспільстві належить великій кількості наукових груп, центрів, вчених: Н. Вінер, У. Р. Ешбі, Ст. Бір, академіки А. Н. Колмогоров, В. М. Глушков, Н. Н. Моїсєєв, група інституту

Кейтса (США) під керівництвом М. Месаровича, школа І. Пригожина (Бельгія), і цей список може бути нескінченним.

Системні дослідження, системний підхід, теорія систем, теорія складних систем, системологія, системотехніка, системний аналіз – це термінологія, яка поєднується загальним для неї поняттям – "системний", "системний погляд", або "системність", тому їх часто плутають. Однак, за явного формального зв'язку, кожне має своє призначення, власні задачі, предмет, об'єкти вивчення та дослідження.

Суть **системних досліджень** полягає у використанні фундаментального методологічного поняття системи як єдиного абстрактного відображення об'єктів будь-якої природи і ступеня складності; виділенні провідних, визначаючих сторін, тенденцій розвитку системи; поданні проблеми як концептуальної системи.

Системний підхід – це метод, в якому всі зв'язки, елементи, функції та проблеми розглядаються у вигляді взаємопов'язаного цілого. Задачею системного підходу є формування на рівні спеціальної методології загальнонаукових принципів, положень, понять, форм та методів системних досліджень, відповідно до яких кожен об'єкт, поданий як система, розглядається не тільки як деяке самостійне ціле, а також як частина системи вищого рівня складності (макросистеми) з усіма її суттєвими взаємозв'язками щодо інших об'єктів, які входять до складу цієї макросистеми.

В основі системного підходу лежить прагнення встановити загальну орієнтацію досліджень та визначити науковими засобами цілісність, організованість об'єкту (системи, процесу, явища, проблеми), що досліджується, з усією багатогранністю його зв'язків. Цей загальний принцип орієнтує на розглядання об'єктів як систем.

Системний підхід, окрім системності об'єкта дослідження, передбачає ще й системність мислення. Повнота, завершеність та ефективність дослідження будуть забезпечені, якщо дослідник організовуватиме своє дослідження як деяку концептуальну систему. Особливості системного підходу, як методологічної

концепції в дослідженні (вивченні) явищ навколишнього світу визначаються таким чином:

1) при дослідженні об'єкта як системи, опис його елементів не є визначальним, оскільки кожен із елементів представляється не як ізольований, а з урахуванням його "місця" в системі;

2) дослідження об'єкта як системи є невід'ємним від дослідження його взаємозв'язків із зовнішнім середовищем, оскільки об'єкт вивчається як підсистема більшої системи, яка виникла поєднанням об'єкта з середовищем;

3) специфічною особливістю є врахування нових властивостей, які виникають при поєднанні елементів у систему (емерджентність).

Загальна теорія систем виступає як інтегральна теорія, предметом якої є закони утворення, поведінки та розвитку будь-яких систем з усією багатоаспектністю їх функціонування. Задачі загальної теорії систем передбачають:

– розробку засобів представлення об'єктів, що досліджуються, як систем;

– побудову узагальнених описових та формальних моделей систем та моделей різних класів і властивостей систем, моделей динаміки процесів та систем, їх цілеспрямованої поведінки, розвитку, ієрархічної структури, процесів управління в системах тощо;

– дослідження концептуальної (логічної) структури системних теорій.

Загальна теорія систем пропонує єдиний абстрактно-математичний апарат для дослідження систем різних типів, класів та призначення – біологічних, економічних, соціальних тощо. Тобто, предметною областю теорії систем виступають фундаментальні поняття й аспекти довільної природи, будь-якої складності та призначення. За допомогою цієї теорії вивчаються не окремі властивості систем, а їх загальна структурна будова. Основою для створення теорії систем є аналогії (ізоморфізми, подібності) процесів в системах різного типу. Доведений ізоморфізм для систем різної природи дає можливість будувати

узагальнені моделі систем та переносити знання із одної предметної області в іншу.

У теорії систем виділяють поняття складної системи. Теорію складних систем називають системологією, яку сьогодні ототожнюють з кібернетикою. Поняття складної системи стало єдиною концептуальною основою сучасної кібернетики. Отже, **системологію** можна визначити, як науку про загальні властивості розвитку складних систем.

Метою *системології* є створення та вивчення найбільш загальних способів опису, законів функціонування та методів аналізу і синтезу складних систем незалежно від їх фізичної природи. У системології розвиваються теорія абстрактних описів і математичного моделювання систем, загальна теорія системних досліджень на базі математичних та евристичних методів.

Складовою системології, яка займається технічними системами, є *системотехніка* – область наукових знань, яка містить теорію, методологію дослідження і створення складних технічних систем, здатних до цілеспрямованих дій у складних ситуаціях.

До задач системотехніки відносять визначення загальної структури технічної системи, організацію взаємодії між підсистемами та елементами; врахування оптимальної структури, параметрів та алгоритмів функціонування систем; синтез складних технічних систем. Термін "системотехніка" спочатку використовувався у зв'язку з розв'язуванням задач проектування. Раніше предметом системотехніки було проектування систем, однак, сьогодні – це науковий напрямок, який охоплює не тільки проектування, але й створення, випробування та експлуатацію складних технічних систем. Системний підхід у сфері техніки є особливо продуктивним з огляду на те, що сучасна техніка, в яких би аспектах вона не розглядалась, за своєю суттю є системною.

Розглянемо місце *системного аналізу* в ряді системних термінів і визначимо предмет системного аналізу. Якщо системний підхід – це деякий загально-методологічний принцип

системних досліджень, то **системний аналіз** – це рецептурна, або апаратна реалізація системного підходу або технологія системного підходу. Він постає як сукупність методичних засобів реалізації системного підходу при підготовці та обґрунтуванні рішень щодо складних проблем різного характеру.

Взагалі, сам термін "системний аналіз" розкриває головні риси дослідження проблем за допомогою такого аналізу. Якщо термін "системний" використовується для пояснення того факту, що в основі досліджень лежить концепція систем, то термін "аналіз" вказує на характер процедури обґрунтування рішень, яка передбачає:

- 1) поділ проблеми на її складові, які більш доступні для розв'язання;
- 2) використання потрібних методів розв'язання окремих задач;
- 3) поєднання частинних розв'язків у загальний.

Отже, провідною концепцією системного аналізу є системний підхід. В свою чергу, системний аналіз є інструментом системного підходу, що ґрунтується на теорії систем. Основу системного аналізу складають загальні ідеї, оригінальний підхід до проблеми, що вирішується, побудова математичних моделей.

Таким чином, **системний аналіз** – це спосіб вивчення складних об'єктів з метою виявлення впливу зв'язку елементів і підсистем на властивості об'єкту в цілому. **Предметом системного аналізу** є методологія (сукупність методологічних засобів, система дій), яка призначена для вирішення проблеми (підготовки та обґрунтування рішень для дослідження цілі) на основі різного наукового інструментарію. Системний аналіз базується на системології, принципах кібернетики та моделюванні і відіграє роль інструмента системного підходу. Крім того, системний аналіз будується на основі математичного аналізу та теорії ймовірності, дискретної математики та дослідження операцій, а також використовує сучасні комп'ютерні технології для реалізації своїх базових методів та розв'язання прикладних задач.

Окремо потрібно виділити зв'язок із методами дослідження операцій, оскільки вони складають вагомую частину математичних методів системного аналізу. Тому, іноді термін "системний аналіз" не вводять, маючи на увазі, що проблематика системного аналізу належить до області дослідження операцій при розширеному тлумаченні останнього терміну, однак, необхідно розмежовувати їх задачі.

Як два напрямки системних досліджень, які базуються на системному підході, системний аналіз та дослідження операцій мають багато спільного. У той же час вони відрізняються своїм відношенням до процесу формулювання цілей. При використанні методів дослідження операцій питання про постановку цілі операції залишаються осторонь: неявно припускається, що ціль вже визначена і необхідно розробити пропозиції щодо плану операції, використовуючи математичні методи. Така постановка задачі не випадкова, оскільки формулювання цілей – процес творчий і майже повністю відноситься до неформальної частини прийняття рішень (до формальної частини відноситься використання методів дослідження операцій).

Отже, проблема формулювання цілі операції – це проблема концептуального характеру. Тому, перевагу відносно формально-математичних методів мають евристичні (перші відіграють допоміжну роль). Цю проблему не можна віднести до області дослідження операцій як теорії математичних моделей прийняття рішень. Тобто визначення цілі знаходиться поза межами дослідження операцій як наукового напрямку системних досліджень. Процес обґрунтування та постановки цілей є важливим елементом системного аналізу і по суті складає його предмет дослідження.

Таким чином, системний аналіз є ширшим за дослідження операцій з точки зору обґрунтування та вибору цілей, для досягнення яких потрібно використати певні ресурси. Якщо в дослідженні операцій виникає питання, як досягнути визначеної цілі, то в системному аналізі перш за все необхідно відповісти на питання: на які цілі слід використати виділені ресурси? Тому,

ІМЕННИЙ ТА ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

A		Д	
Arena	141	декомпозиція.....	22, 49
ARIS	74	дерево цілей	42
карта процесів.....	82	детермінованість.....	26, 28
організаційна діаграма .	80	дефазифікація.....	113
подійний ланцюг		динамічність.....	26
процесів	83	дисципліна розташування у	
		черзі	119
I		доповнення.....	97
IDEF0	62		
IDEF3	63	E	
		Ешбі У. Р.	11, 24, 26
S		експертні оцінки	43
SADT-методологія.....	61		
		З	
A		загальна теорія систем	12
Акоф Р.	48		
агрегування	51	I	
адаптація.....	21	ігровий метод.....	43
активація.....	112	ізоморфізм.....	13, 26
аккумуляція.....	113	інтегративність	21
аналіз.....	45	інформаційний аналіз.....	46
антецедент.....	106		
		K	
B		комунікативність	21
багатокритеріальність	137	консеквент	106
		контекстна діаграма	67
Г		критерій Байєса.....	136
Глушков В. М.....	11	критерій Вальда	135
		критерій Гурвіца.....	136
B		критерій Лапласа	135
відкрита система.....	10	критерій Севіджа	136
властивість	23		
вміщення	96	L	
		Литтл.....	123
Г		лінгвістична змінна	95
гомеостатичність	26	Людвіг фон Бергаланфі.....	9

М			
Месарович М.....	11		
макропідход.....	44		
Мамдані	110		
мета	22		
метод Дельфі.....	41		
мікропідхід	44		
модель			
абстрактна	55		
анімаційна	55		
графічна.....	55		
детермінована	57		
дискретна.....	57		
лінгвістична.....	56		
макетна	57		
математична	56		
натурна	57		
неперервна.....	57		
просторова.....	55		
реальна.....	55, 56		
символічна.....	56		
статична	57		
стохастична	57		
моделювання	52		
мозковий штурм.....	41		
Н			
нечітка множина	91		
нечіткий логічний			
висновок	105		
О			
об'єднання.....	97		
П			
перетин	97		
подія	85		
прийняття рішень.....	129		
пристрій для			
обслуговування.....	119		
			продукційна модель.....
			106
		Р	
		режим роботи.....	119
		рівність.....	97
		рівновага.....	21
		С	
		Саати	100
		середовище.....	22, 27
		активне.....	27
		пасивне	27, 33
		синектика.....	42
		синтез	45
		система.....	3, 23, 35, 37, 105
		абстрактна	32
		велика.....	29
		детермінована	32
		матеріальна.....	32
		природна.....	32
		проста.....	28, 36
		складна.....	28
		стохастична	32
		штучна	32
		система масового	
		обслуговування.....	119
		системна технологія	10
		системна філософія.....	10
		системний аналіз.....	14
		системний підхід.....	9, 11
		системологія.....	9, 13
		стійкість	21
		структура системи	19, 28
		структурний аналіз	45
		сутність	142
		сценарний аналіз.....	43
		Т	
		теорія прийняття рішень .	129
		терм-множина	95

У	
управління	34
Ф	
фізикалізм.....	8
функції системи	22
функціональний аналіз.....	46
функція належності	91
ціль	
ідеал	23

макроціль.....	23
розвитку.....	23
тактична.....	23
функціональна	23
ціль-аналог	23

Х	
Хартлі Л.....	24

Ч	
черга.....	121

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бродський Ю. Б. Інформатика і системологія : [навч. пос.] / Ю. Б. Бродський, К. В. Молодецька. – Житомир : ЖНАЕУ, 2014. – 244 с.
2. Старіш О. Г. Системологія : [підр.] / О. Г. Старіш. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 232 с.
3. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ : [учеб. пособ.] / Ю. П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 368 с.
4. Білоконь С. Ф. Конспект лекцій з дисципліни "Системний аналіз в економіці" / С. Ф. Білоконь, Ю. Б. Бродський; Житомирський нац. агроєкологічний ун-тет. – Житомир : ЖНАЕУ, 2008. – 163 с.
5. Томашевський В. М. Моделювання систем [під ред. М. З. Згуровського] / В. М. Томашевський – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
6. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К. : ВНУ, 2007. – 544 с.
7. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М. : Гл. ред. изд. для зарубежных стран изд-ва "Наука", 1983. – 340 с.
8. Дербенцев В. Д. Системний аналіз : Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов – К. : КНЕУ, 2003. – 154 с.
9. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко – М. : Наука, 1968. – 356 с.
10. Згуровский М. З. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа / М. З. Згуровский, А. В. Доброногов, Т. Н. Померанцева– К. : Наукова думка, 1997. – 224 с.
11. Кухтенко А. И. Кибернетика и фундаментальные науки / А. И. Кухтенко– К. : Наукова думка, 1987. – 74 с.
12. Ларичев О. И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М. : Наука; Физматлит, 1996. – 208 с.

13. Месарович М. Общая теория систем : математические основы / М. Месарович, Я. Тахакара. – М. : Мир, 1978. – 311 с.
14. Маке Д. Теория иерархических многоуровневых систем / Д. Маке, М. Месарович, И. Тахакара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
15. Панкова Л. А. Организация экспертизы и анализ экспертной информации / Л. А. Панкова, А. М. Петровский, М. В. Шнейдерман. – М. : Наука, 1984. – 120 с.
16. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати – М. : Радио и связь, 1993. – 320 с.
17. Форрестер Д. Мировая динамика : пер. с англ. / Д. Форрестер – М. : ООО "Издательство АСТ"; СПб. : Terra Fantastica, 2003. – 379 с.
18. Эшби У. Р. Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. – М. : Изд-во иностр. лит., 1960. – 464 с.
19. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания : пер. с англ. / Л. Клейнрок – М. : Машиностроение, 1979. – 432 с.
20. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т. Л. Саати – М. : Советское радио, 1965. – 510 с.
21. Мамиконов А. Г. Принятие решений и информация / А. Г. Мамиконов – М. : Наука, 1983. – 183 с.
22. Макаров И. М. Теория выбора и принятия решений : [учебн. пособие] / И. М. Макаров – М. : Наука, Главная ред. физ.-мат. литер., 1982. – 328 с.
23. Гриша В. Н. Основы системного анализа и проектирования АСУ [под ред. А. А. Павлова] / В. Н. Гриша, А. А. Павлов, В. М. Томашевский и др. – К. : Вища школа, 1991. – 367 с.
24. Голиков В. А. Теоретические основы системного анализа [под ред. В. И. Новосельцева] / В. А. Голиков, Б. Е. Демин, В. И. Новосельцев и др. – М. : Майор, 2006. – 592 с.
25. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в MatLab и FuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.