

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

ТЕОРІЯ СИСТЕМ І СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Харків
ХНУМГ
2014

УДК [001.5:001.8:65.012](075)

ББК 73я73-6+65.291.21я73-6

Т33

Автори:

Анатолій Єгорович Ачкасов, доктор економічних наук, професор;
Володимир Андрійович Лушкін, доктор економічних наук, професор,
заслужений енергетик України та СНД, академік Міжнародної
інженерної академії, Академії Інженерних наук України;
Вячеслав Миколайович Охріменко, кандидат технічних наук, доцент;
Тетяна Борисівна Воронкова, старший викладач.

Рецензенти:

С.Д. Бушуєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри управління проектами Київського національного університету будівництва і архітектури, академік Української академії наук;

П.Г. Перерва, доктор економічних наук, професор, декан економічного факультету, завідувач кафедри організації виробництва та управління персоналом Національного технічного університету «ХПІ», академік Академії економічних наук;

В.О. Тимофєєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою Харківського національного університету радіоелектроніки.

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки України

як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

(лист № 1/11-8274 від 15. 05. 2013 р.)

Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб. / А.Є. Ачкасов,
Т33 В.А. Лушкін, В.М. Охріменко, Т.Б. Воронкова; Харк. нац. ун-т
міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 167 с.

ISBN 978-966-695-319-6

Навчальний посібник написано відповідно до програми підготовки бакалаврів напряму «Менеджмент». Викладено теми курсу, питання для самоконтролю знань і теми для написання рефератів. Наведено загальну характеристику системного підходу, основні положення теорії систем. Розглянуто питання застосування методології системного аналізу під час моделюванні бізнес-процесів, дослідженнях проблем і прийнятті рішень.

Призначений для студентів економічних спеціальностей, викладачів та інших читачів, які цікавляться питаннями практичного застосування системного підходу.

УДК [001.5:001.8:65.012](075)

ББК 73.я73-6+65.291.21я73-6

ISBN 978-966-695-319-6

© А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін,
В. М. Охріменко, Т. Б. Воронкова, 2014
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014

ЗМІСТ

Передмова	5
Вступ	7
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ	10
Тема 1. Системний підхід – методологія наукового дослідження	10
1.1 Загальна характеристика системного підходу.....	10
1.2 Сутність і принципи системного підходу	13
1.3 Загальна теорія систем	16
1.4 Системний підхід у менеджменті організацій.....	19
Список рекомендованих джерел	23
Питання для самоконтролю.....	23
Теми рефератів.....	23
Тема 2. Система та її властивості.....	24
2.1 Основні категорії теорії систем.....	24
2.2 Класифікація систем.....	27
2.3 Характеристики системи.....	28
2.4 Властивості системи.....	29
2.5 Призначення системи	30
2.6 Функції системи.....	32
2.7 Структура системи.....	34
2.8 Потoki і процеси в системі.....	36
Список рекомендованих джерел	38
Питання для самоконтролю знань.	39
Теми рефератів.....	39
Тема 3. Моделі й моделювання	39
3.1 Поняття та визначення	40
3.2 Основні вимоги до моделей.....	42
3.3 Принципи моделювання	44
3.4 Види моделей і ознаки їхньої класифікації.....	45
3.5 Технологія моделювання	48
3.6 Методи моделювання систем	54
Список рекомендованих джерел	58
Питання для самоконтролю	58
Теми рефератів	59
Тема 4. Моделі складних систем	59
4.1 Модель типу «чорний ящик».....	59
4.2 Модель типу «склад системи».....	61
4.3 Модель типу «структура системи»	62
4.4 Морфологічна модель системи	65
4.5 Функціональна модель системи	67
4.6 Інформаційна модель системи	69
4.7 Динамічна модель системи.....	73
Список рекомендованих джерел	75
Питання для самоконтролю	75
Теми рефератів	75

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ	76
Тема 5. Цілі та завдання системного аналізу	76
5.1 Зміст системного аналізу	76
5.2 Об'єкт і предмет системного аналізу	78
5.3 Задачі системного аналізу.....	80
5.4 Принципи системного аналізу.....	84
5.5 Технологія системного аналізу	87
5.6 Системне управління та системний аналіз організації	90
Список рекомендованих джерел	98
Питання для самоконтролю	98
Теми рефератів	99
Тема 6. Методології моделювання бізнес-процесів	99
6.1 Методологічні підходи до моделювання бізнес-процесів.....	99
6.2 Методології функціонального моделювання	104
6.3 Методологія ARIS та інструментальні засоби її реалізації.....	107
6.4 Методологія IDEF0	113
6.5 Порівняння методологій	118
Список рекомендованих джерел	120
Питання для самоконтролю	120
Теми рефератів	121
Тема 7. Елементи теорії прийняття рішень	121
7.1 Загальні відомості про теорію прийняття рішень	121
7.2 Основні поняття та визначення.....	125
7.3 Методи прийняття рішень	130
7.4 Види невизначеностей	137
Список рекомендованих джерел	138
Питання для самоконтролю	138
Теми рефератів	139
Тема 8. Дослідження проблеми	139
8.1 Поняття проблеми	139
8.2 Проблема як система.....	144
8.3 Системний аналіз і вирішення проблеми	146
Список рекомендованих джерел	156
Питання для самоконтролю	156
Теми рефератів	156
Список джерел	157
Терміни та скорочення	160
Предметний покажчик	164

ПЕРЕДМОВА

Сучасний менеджер повинен мати глибокі теоретичні знання, добре розуміти механізм економічних, соціальних і психологічних взаємозв'язків, які існують на державному та регіональному рівнях, уміти аналізувати тенденції соціально-економічного розвитку територій, знати економічні, інформаційні й техногенні характеристики як свого підприємства, так і регіону, володіти сучасними науково обґрунтованими методами комплексного дослідження соціально-економічної ситуації й уміти користуватися його результатами для узагальнених висновків і оцінок.

В умовах сьогодення багато менеджерів зустрічаються з парадоксальною ситуацією: маючи великий обсяг знань, вони не здатні ефективно їх реалізувати. У процесі практичної діяльності їм усе частіше доводиться розв'язувати нестандартні задачі, для вирішення яких недостатньо апріорної інформації, що досить швидко старіє, часто не відповідає тому середовищу й ситуації, у яких вона застосовується.

Вихід із цього становища можна знайти за допомогою теорії систем і системного аналізу, які зорієнтовані на метазнання (знання про знання) й істотно меншою мірою залежать від ситуації, середовища й сфери діяльності та повільніше застарівають. Володіючи такими знаннями, менеджер швидше адаптується до зовнішнього середовища й ефективніше вирішує складні проблеми управління організаціями та підприємствами.

Системний підхід (використання методів теорії систем і системного аналізу на практиці) сьогодні вважається одним із високоефективних інструментальних засобів, які застосовуються майже в усіх сферах професійної діяльності. Володіння системним аналізом, системним моделюванням і конструюванням, системною практичною діяльністю – одна з вимог до сучасного менеджера-економіста.

У наш час системні уявлення досягли такого рівня, що корисність і важливість системного підходу для розв'язання складних проблем стали звичними, загальноприйнятими та вийшли за межі спеціальних дисциплін.. Системність з розряду абстрактних перейшла до розряду прагматичних категорій, увійшовши в життя як реально діючі виробничі, технічні, комунікаційні, господарські та інші системи. Окрім того, відсутність системності часто є причиною неправильних чи неефективних рішень. З метою ефективного керування в умовах складних системних відносин та поза межних інформаційних потоків потрібен новий підхід до аналізу виникаючих проблем і прийняття управлінських рішень, який дає змогу охопити проблемну ситуацію не вроздріб, а повністю, знайти ефективне рішення і втілити його в життя.

Мета написання цього посібника – допомогти вивчити методологію системного аналізу, сформувати навички та вміння самостійного застосування системного підходу у практиці управління підприємствами й організаціями. Основними завданнями тут є: визначення загальної структури системи; організація необхідної взаємодії між складовими

системи; урахування впливу зовнішнього середовища; оптимізація структури системи; розроблення оптимальних алгоритмів функціонування.

Зміст посібника відповідає структурно-логічній схемі підготовки бакалаврів з напрямку «Менеджмент», висвітлює основні положення теорії систем і методологію системного аналізу.

Посібник містить практичні завдання після кожної теми, які сприяють оволодінню теоретичними положеннями загальної теорії систем і основними методологічними прийомами системного аналізу. До кожної теми подаються запитання для самоперевірки та теми рефератів, що дає читачам змогу поглиблено вивчити методологію системного підходу. Під час викладання матеріалу автори виходили з того що читачам відомі загальні положеннями теорії пізнання (курс філософії).

Посібник підготовлений авторським колективом у складі:

доктора економічних наук, професора А.Є. Ачкасова – теми 1, 2, 3;

доктора економічних наук, професора В.А. Лушкіна – теми 5, 6, 8;

кандидата технічних наук, доцента В.М. Охріменка – теми 1, 3, 4, 6;

старшого викладача Т.Б. Воронкової – теми 2, 5, 7, 8.

Книга розрахована на широке коло читачів: студентів, фахівців підприємств та організацій, магістрів, аспірантів, які вивчають економічні й управлінські дисципліни.

Автори висловлюють щире подяку рецензентам, доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри управління проектами Київського національного університету будівництва і архітектури, академіку Української академії наук С.Д. Бушуєву, доктору економічних наук, професору, декану економічного факультету, завідувачу кафедри організації виробництва та управління персоналом Національного технічного університету «ХПІ», академіку Академії економічних наук П.Г. Перерві, доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри економічної кібернетики і управління економічною безпекою Харківського національного університету радіоелектроніки В.О. Тимофєєву за корисні зауваження й поради щодо змісту та методики викладання матеріалу посібника.

ВСТУП

У часи становлення капіталізму та бурхливого промислового зростання виникла потреба в талановитих керівниках, які б могли виробити стратегію ефективного керування організацією, успішного розвитку її бізнесу, а, в разі невдачі, урятувати від банкрутства. Саме в цей час почали застосовуватися теорії менеджменту, що безпосередньо спираються на наукові школи, однією з яких була школа управління, яка базувалася на ситуаційному і процесному, а потім і системному підходах до вирішення завдань управління.

У середині ХХ сторіччя на Заході зародився новий напрям, який отримав назву системного підходу. Предметом нової теорії стали принципи й закономірності, справедливі для систем узагалі, не залежно від їхньої субстанціональної сутності.

Сьогодні процес управління будь-якою організацією розглядається як вплив на єдине ціле й усе більшою мірою має системний характер. Системний підхід в управлінні дає змогу менеджерам з максимальною ефективністю виконувати свої основні функції: планування, організації, керівництва та контролю поточної діяльності фірми, прогнозування її майбутнього стану.

Із погляду сучасної науки як навколишній світ, так і діяльність людини, спрямовані на пізнання й перетворення світу, мають системний характер. Системність світу виявляється як об'єктивно існуюча ієрархія порізногому організованих природних і штучних систем, що взаємодіють одна з одною. Системність мислення полягає в тому, що знання утворюють ієрархічну систему взаємозалежних моделей навколишнього світу.

Ефективне пізнання й перетворення навколишнього середовища, потребує розроблення моделей досліджуваних об'єктів і явищ, адекватних цілям дослідження. Розмаїтість і складність навколишнього світу й обмежені можливості людського розуму у процесі історичного розвитку призвели до появи досить складної ієрархії спеціалізованих наукових дисциплін. Подальше послідовне осмислення понять складних, великих, біологічних, функціональних, соціальних та інших систем стало поштовхом до появи міждисциплінарної науки системології – науки про системи та системну організацію процесів і явищ природи, науки, техніки, суспільства тощо. Характерною рисою системології є те, що вона узагальнює різноманітні дані про системи та виводить основні закономірності їхнього виникнення, розвитку й перетворення. Її знання та методологію можна використовувати в усіх без винятку розділах традиційної науки, саме тому їх іноді називають метазнаннями, або знаннями, інваріантними до об'єкта дослідження.

Системологія як наука включає два наукових напрями: теорію систем і системний аналіз. Теорія систем займається питаннями дослідження та побудови моделей складних систем, виявленням їхніх ізоморфних властивостей. Системний аналіз розглядають як сукупність методологічних засобів, що використовують для підготовки й обґрунтування рішень складних

проблем, які виникають у процесі відносин об'єктів із зовнішнім середовищем. За допомогою теорії систем системологія об'єднує всі напрями конкретних наук, які займаються системами та систематизацією, і забезпечує для них теоретичний базис. Отже, системологія є одним з об'єктів, продуктів та інструментів методології. Інакше кажучи, системологія формує методологію дослідження, проектування, управління й використання природної системності світу та його базових категорій.

Одним з постулатів системології є твердження, що *системність - це загальна властивість матеріального світу, форма його існування* [20, 36]. Відомі форми існування матерії: рух, простір, час, структурованість - становлять часткові аспекти системного світу. Практика, зокрема мислення, так само має системний характер. Окрім того, будь-яка діяльність може різною мірою бути системною. До того ж, поява проблеми - ознака недостатньої системності, а вирішення проблеми - наслідок підвищення системності.

Системність світу вимагає адекватного підходу до його пізнання. Такий підхід отримав назву *системного підходу* і став загальнонауковим методологічним напрямом, інструментарієм розроблення методів і способів теоретичного дослідження складних об'єктів, явищ і процесів. Системний підхід виходить, насамперед, із якісного аналізу цілісних об'єктів та явищ і розкриття механізмів інтеграції їхніх частин у ціле. Він спрямований на теоретичне розгортання знання, на формування та розвиток специфічних предметів наукового дослідження. До того ж системний аналіз є не тільки методом обґрунтування рішень, але і джерелом особливих знань, що формують комплексний світогляд дослідника, спрямований на те, щоб допомогти йому розкрити багатоаспектну сутність досліджуваних явищ і вже на цій основі прийняти правильне управлінське рішення.

У сучасній теорії системного аналізу набувають природничо-наукового трактування і формалізуються такі категорії, як еволюція, криза, необоротність, циклічність, координованість, взаємна рефлексія. Дослідницькі методики та моделі, які ґрунтуються на системному розумінні та формальному визначенні цих категорій, дають змогу проектувати і створювати системи, що мають підвищену стійкість до конфліктів, збільшену продуктивність, надійність у керуванні, необхідну екологічність тощо.

З огляду на вищезазначене основна думка зводиться до такого твердження: якщо ми маємо справу з дійсно складною практично значущою проблемою, то треба виходити з того, що жодна теорія, узята окремо, не здатна забезпечити її вирішення. Розв'язати системну проблему можна тільки шляхом використання комплексу наукових методів і знань, адекватного проблемі за складністю, що охоплює своїми пізнавальними можливостями найістотніші аспекти явищ, які зумовили появу та розвиток цієї проблеми. Роль такого координатора й виконує теорія системного аналізу.

Загалом, необхідно зазначити, що системологія, яка інтегрує знання та методи гуманітарних і природничих наук, спрямована на формування у фахівців різного профілю широкого погляду на реальні процеси, зосереджуючи їхню увагу не на подробицях, а на закономірностях. Вона озброює їх знаннями, що відкривають дорогу до самостійного та творчого вирішення проблем у практичній діяльності.

Системні знання необхідні менеджерам усіх видів і рівнів управлінської діяльності: це може бути керівництво відділом, підприємством, корпорацією або галуззю економіки. До того ж зовсім не обов'язково знати подробиці математичного апарату, але розуміти сутність системних концепцій настільки ж необхідно, як потрібно володіти деталями своєї професійної майстерності.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ

Тема 1. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД – МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика системного підходу

У процесі розвитку цивілізації й пізнання людиною навколишнього світу, з погляду філософії, беруть участь два головних елементи пізнавального процесу: суб'єкт і об'єкт пізнання. Під *суб'єктом* розуміють індивіда або співтовариство індивідів, яке володіє певним рівнем знання і здійснює пізнання або перетворення дійсності. Отже суб'єктом пізнання виступає суспільно-історична істота, яка наділена свідомістю, здатністю до цілеспрямованої, предметної, творчої діяльності. З цього погляду суб'єкт пізнання, якщо брати його в усій повноті соціальних визначень і духовно-практичних характеристик, - це не тільки окрема людина, а й соціальна група, клас, суспільство, що уособлює ту чи іншу історичну епоху.

Об'єкт пізнання - це той бік дійсності (навколишнього світу, буття), який потрапив в коло практичної й пізнавальної діяльності людини. Сфера об'єкта пізнання з розвитком суспільства постійно розширюється. Об'єкт пізнання зазвичай визначався шляхом виділення частини об'єктивної реальності, яку включали до людської виробничої та пізнавальної діяльності. Надалі об'єктом пізнання стає й саме пізнання (мислення людини), а також абстрактні, неіснуючі у природі об'єкти (наприклад, математичні поняття як об'єкт науки математики).

Розвиток людства призвів до появи розмаїття наукових дисциплін, які стали теоретичною базою перетворення дійсності та створення складних технічних пристроїв. У першій половині ХХ століття розробники нової техніки стикалися з проблемами, зумовленими її структурною складністю: великою кількістю складових і зв'язків між ними. У цей же час з'являються такі нові наукові напрями, як кібернетика, теорія інформації, теорія прийняття рішень, дослідження операцій та ін., предметом вивчення яких стали інформаційні та структурні аспекти досліджуваних об'єктів і явищ.

Ці наукові напрями стали основою створення нової методології – *системного підходу*. Термін «системний підхід» почав застосовуватися в перших роботах, у яких елементи нового наукового напрямку - загальної теорії систем використовувалися в практичних додатках. Уживаючи цей термін, підкреслювали необхідність дослідження об'єкта з різних сторін, комплексно, на відміну від раніше прийнятого поділу досліджень на фізичні, хімічні та ін. Виявилось, що за допомогою багатоаспектних досліджень можна отримати повніше уявлення про реальні об'єкти, виявити їхні нові властивості, краще визначити взаємини об'єкта із зовнішнім середовищем, із іншими об'єктами.

У межах нової методології об'єкт дослідження назвали системою, його окремі складові частини - підсистемами, складові підсистеми - елементами системи, а більш загальний об'єкт, частиною якого є об'єкт дослідження, – надсистемою (метасистемою), а саму методологію створення й удосконалення об'єктів-систем - системним підходом.

Засновники системного підходу звернули увагу на те, що будь-який об'єкт складається з певної множини складових частин, і його властивості виявляються внаслідок взаємодії цих частин одна з одною у процесі виконання певної функції.

Для складних систем, з якими все частіше доводилося мати справу на практиці, застосування класичного експериментального методу дослідження обмежене його високою вартістю, а в ряді випадків (екологія, макроекономіка та ін.) натурні експерименти стають або зовсім неможливими, або, принаймні, надто, ризикованими. З огляду на це як основний метод дослідження складних систем почали використовувати метод *машинного експерименту* – метод пізнання, заснований на використанні системних імітаційних моделей.

Системний підхід сформувався як напрям методології наукового пізнання й соціальної практики, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем. Він орієнтує дослідника на розкриття цілісності об'єкта, на виявлення різноманітних зв'язків у ньому та зведення їх у єдину теоретичну картину [3].

Отже, у другій половині ХХ сторіччя сформувалася *системологія* – міждисциплінарна наука про системи й системну організацію процесів і явищ природи, науки, техніки, суспільних формацій, функціональних утворень і структур. Сьогодні системологія проникає у природничо-наукові та гуманітарні, теоретичні та прикладні науки, узагальнюючи різні дані про системи й визначаючи основні закономірності їхньої появи, розвитку та перетворення.

В умовах ринкової економіки та інтенсивного розвитку технологій менеджер має сприймати, переробляти й систематизувати величезний обсяг інформації та знань, які необхідні для прийняття управлінських рішень. Йому потрібна системна методологія, за допомогою якої можна співвідносити одні напрямки діяльності своєї організації з іншими, знаходити раціональні управлінські рішення.

Системний підхід становить сукупність методів і засобів, що дають змогу досліджувати властивості, структуру та функції об'єктів і процесів загалом, представивши їх як систему зі складними міжелементними взаємозв'язками, взаємним впливом елементів на систему й на середовище, а також впливом самої системи на її структурні елементи.

Принцип системного підходу вимагає розглядати досліджуваний об'єкт як комплекс взаємозалежних підсистем та елементів, об'єднаних загальною метою, дає змогу розкрити його інтегральні властивості, а також внутрішні та зовнішні зв'язки [4]. Особливістю системного підходу є оптимізація функціонування не окремих елементів, а всієї системи загалом.

лом. Системний підхід може застосовуватися як на етапі аналізу системи, так і на етапі її синтезу. Об'єкти розглядають як системи, що складаються із закономірно структурованих і функціонально організованих елементів. Системний підхід - це систематизація й об'єднання предметів або знань про них шляхом установлення істотних зв'язків між ними. Він припускає послідовний перехід від загального до складової частки, коли в основі розгляду лежить конкретна кінцева мета, для досягнення якої функціонує досліджувана система. Такий підхід означає, що кожна система є інтегрованим цілим навіть тоді, коли вона складається з відокремлених роз'єднаних підсистем.

Отже, *сутність системного підходу* полягає в комплексному, цілісному розгляді та вирішенні різних аспектів і сторін проблем формування, функціонування та поліпшення складних систем. Системний підхід замість інтуїтивних рішень, заснованих на практичному досвіді та здоровому глузді фахівців, висуває методи раціональних, якісних і кількісних оцінок. За системного підходу всі часткові локальні цілі та задачі підпорядковуються загальній глобальній меті.

Особливість системного підходу полягає в тому, що під час вивчення будь-якого складного об'єкта або процесу насамперед виявляють і аналізують найбільш загальні властиві їм системні аспекти, що визначають їхнє функціонування та розвиток. Використання системного підходу дає змогу побачити в новому світлі об'єкти і процеси, які здавалися добре вивченими. Окрім того часто вдається виявити раніше непомічені властивості, важливі для розуміння сутності процесів і визначення тенденцій їхнього розвитку.

Методологія системного підходу дає змогу абстрагуватися від конкретного виду об'єкта й досліджувати вплив на властивості останнього кількості та розмаїтості його складових частин, а також особливостей їхньої взаємодії одна з одною. Найдені закономірності враховуються при створенні нових й удосконаленні вже існуючих об'єктів.

Таким чином, у межах системного підходу *система* - це будь-який об'єкт, що розглядається як *цілісна сукупність визначеної множини взаємодіючих частин і одночасно як складова частина більш загального об'єкта*.

Становлячи методологічний напрям у науці, основним завданням якого є розроблення методів дослідження складних об'єктів, системний підхід став історичним етапом у розвитку методології наукового дослідження, способів пояснення й опису сутності об'єктів, процесів і явищ. У його арсеналі - методи вироблення, прийняття й обґрунтування рішень під час створення та керування складними системами.

Зазначені особливості системології й системного аналізу визначають їхнє особливе місце у структурі наукових дисциплін [33] (рис. 1.1). Із одного боку, системологія, ґрунтуючись на ідеології системного підходу, становить дослідницьке поле, на якому спеціальна наука усвідомлює характер, стан і відповідність (або невідповідність) наявних або створюваних

нею методологічних засобів специфічним завданням дослідження й конструювання складних об'єктів. Із другого боку – системний аналіз виступає своєрідним координатором та інтегратором, що дає змогу у процесі вирішення конкретної системної проблеми перетворити конгломерат спеціальних дисциплін на систему знань і методів, що має чітку цільову спрямованість та керовану ієрархічну структуру. Завдяки цьому створюються умови для прискореного впровадження наукових результатів у практику, відбувається органічне інтегрування фундаментальних і прикладних знань у цілеспрямований комплекс, що уможливорює розв'язання проблем, які не можна вирішити в межах окремих дисциплін і часткових підходів.

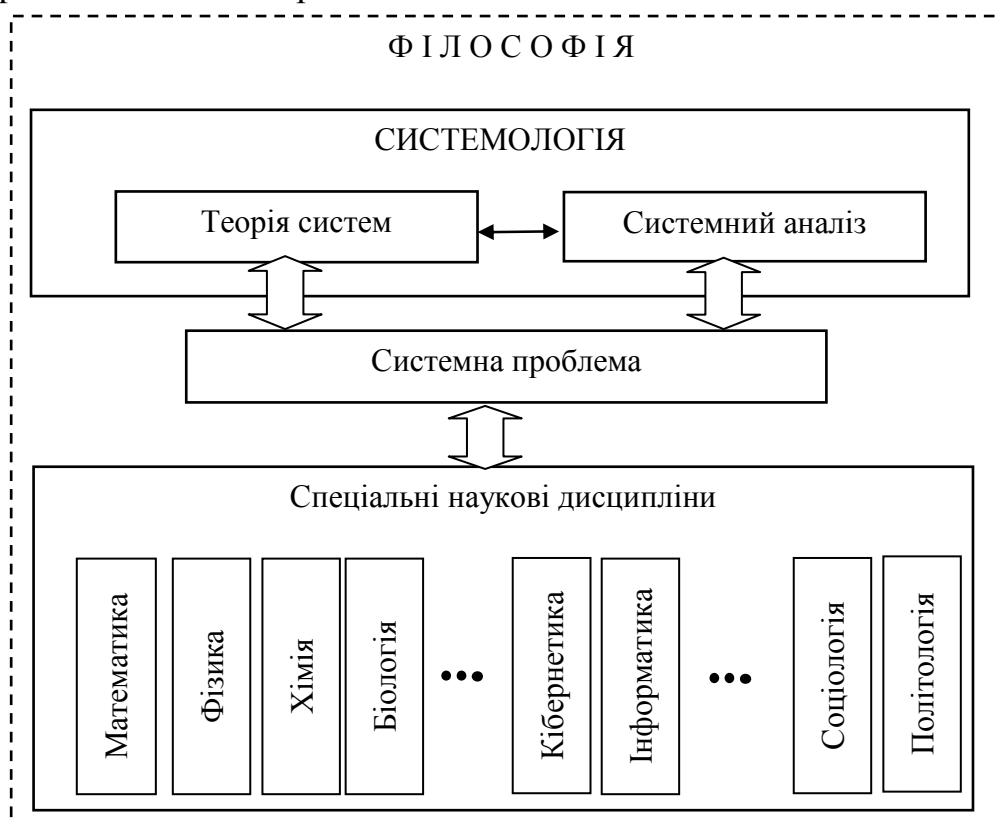


Рис. 1.1 - Місце системного аналізу у структурі наукових дисциплін

1.2 Сутність і принципи системного підходу

На підставі розглянутого в п. 1.1 можна навести таке визначення поняття **системний підхід**: *напрямок методології наукового пізнання й соціальної практики, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем і який становить сукупність методів і засобів, що дають змогу досліджувати властивості, структуру та функції об'єктів і процесів загалом, представивши їх як системи із складними міжелементними взаємозв'язками, взаємовпливом елементів на систему й на оточуюче середовище, а також впливом самої системи на її структурні елементи.*

Системологію як галузь науки умовно можна поділити на дві частини:

- теоретичну – яка використовує такі напрями як теорія ймовірностей, теорія інформації, теорія ігор, теорія графів, теорія розкладів, теорія рішень, топологія, факторний аналіз та ін.;

- прикладну – засновану на прикладній математичній статистиці, методах дослідження операцій, системотехніці та ін.

Системологія широко використовує досягнення багатьох галузей науки, і це використання безупинно розширюється.

Системологія має свій особливий метод - *системний підхід* до визначених задач. *Сутність цього методу* у спрощеному формулюванні полягає в тому, що всі елементи системи, усі процеси й усі зв'язки в системі мають розглядатися лише як одне ціле, лише в сукупності, лише у взаємозв'язку один із одним.

Історичний досвід розв'язання системних проблем свідчить про те, що локальні рішення, урахування недостатньої кількості факторів, локальна оптимізація на рівні окремих елементів системи майже завжди призводили до неефективного загалом, а іноді й небезпечного за наслідками результату.

Розглянемо основні принципи системного підходу [12, 20].

1. *Принцип багатоглядності* полягає в тому, що будь-який об'єкт розглядають у декількох аспектах:

- як певну якісну одиницю, що має свої специфічні особливості;

- як частину своєї видово-родової макросистеми, закономірностям якої підкорюється досліджуваний об'єкт або явище;

- в плані мікросистем, закономірностям яких він також підкоряється;

- в плані його зовнішніх взаємодій та ін.

2. *Принцип багатомірності* полягає в тому, що будь-якому складному об'єкту притаманна велика сукупність властивостей, об'єднаних у групи (кластери), кожна з яких описує ті або інші його особливості. Об'єктивний опис об'єкта можна одержати тільки в тому випадку, якщо досліджуються всі групи властивостей і зв'язки між ними.

3. *Принцип ієрархічності* полягає в тому, що вивчення складних об'єктів має базуватися на уявленні про ієрархічність їхньої структури, тобто на уявленні про розташування частин або елементів цілого в порядку від вищого до нижчого [30]. Ієрархічну структуру мають не тільки моделі складу системи (системи – підсистеми – елементи), а також властивості якості цих систем і критерії, застосовувані під час їхньої оцінки.

4. *Принцип різнопорядковості властивостей* полягає в тому, що ієрархічність побудови системи та її властивостей породжує закономірності різного рівня. Одні закономірності властиві всім рівням ієрархії, тобто всій системі. Другі - належать лише певній групі рівнів, треті - властиві тільки елементам одного рівня, а четверті - лише окремим елементам одного рівня.

5. *Принцип динамічності* полягає в тому, що системний підхід вимагає розгляду досліджуваних об'єктів у розвитку на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

Динамічність властива системам будь-якої природи, вона змінює їх у кожний момент часу так, що система кожної миті змінює свої параметри. І що характерно: незворотність і мінливість систем є основою їхнього розвитку. Поступове накопичення незворотних змін під час безперервного

оновлення призводить у кінцевому підсумку до глибоких якісних змін сутності систем.

Яскраво виражений динамічний характер мають живі й соціальні системи, які, розвиваючись, із одного боку, зберігають свою якісну специфіку, а з другого - набувають інноваційних рис і властивостей.

6. Принцип цілісності вимагає розглядати об'єкт у єдності його взаємодіючих частин. Цілісний об'єкт виявляє властивості та способи дії, які не можна пояснити простим підсумовуванням властивостей і способів дії частин, що його утворюють. Сама цілісність розглядається як здатність об'єкта як цілого протистояти збуджуючим діям навколишнього середовища, зберігаючи водночас свою специфіку та якісну визначеність. Цілісність є наслідком більшої інтенсивності й сили внутрішніх зв'язків системи в порівнянні з її зовнішніми зв'язками та їхнім впливом.

7. Принцип максимуму ефективності систем. Доволі важливим атрибутом системи є її ефективність. Теоретично доведено, що завжди існує функція цінності системи у вигляді залежності її ефективності (здебільшого це економічний показник) від умов побудови й функціонування. Окрім того, ця функція обмежена, а це означає, що вона має максимум. Максимум ефективності системи може вважатися третім її основним принципом.

Принципи системного підходу лежать в основі системної методології управління та реалізуються в конкретних аспектах системного вивчення об'єктів. Будь-яка складна система вимагає двобічного вивчення й аналізу. По-перше, її потрібно розглядати у предметному бутті, у статиці, ізольовано від навколишнього середовища й без урахування динаміки її реального існування. Лише за такої «зупинки» пізнання здатне схопити сутність, описати, змодельювати структуру та будову самої системи.

По-друге, систему потрібно вивчити в динаміці її дійсного існування, яка виявляється двояко: із одного боку, рух системи як процес її функціонування, що відображає її діяльність, з другого - рух системи як її розвиток (виникнення, становлення, еволюція, руйнування та перетворення).

Відповідно до вищезазначеного адекватне модельне уявлення про складно-динамічну систему потребує поєднання трьох основних аспектів її дослідження: структурного, функціонального та генетичного, - які є необхідними й достатніми методологічними підставами системного підходу.

Структурний аспект системного дослідження включає вирішення двох взаємопов'язаних завдань: виявлення компонентів (підсистем), із яких складається система, і визначення того, як ці компоненти між собою пов'язані. Інакше кажучи, він визначає закономірний спосіб їхнього зв'язку. Тут ми маємо справу з аналізом підсистем (частин) і структури цієї системи.

Функціональний аспект дослідження системи так само має два напрями: по-перше, вивчення внутрішнього функціонування, механізму взаємодії елементів усередині цієї системи, по-друге, аналіз її зовнішнього функціонування - взаємодії системи з навколишнім середовищем.

Внутрішнє функціонування досліджують як процес взаємодії елементів, спрямованих на збереження системи, здійснення її головної функції,

яку вона виконує у складі системи більш високого порядку (метасистеми). Залежно від такої спрямованості окремі елементи системи можуть бути функціональними, дисфункціональними та функціонально нейтральними (байдужими) до існування системи. На цій підставі встановлюється необхідний і достатній склад елементів системи.

Зовнішнє функціонування системи можна уявити або в кібернетичних поняттях про прямий і зворотний зв'язок з середовищем («чорний ящик»), або описати як обмін речовиною та енергією із середовищем, у процесі якого середовище впливає на систему, остання сприймає та відбиває ці впливи відповідно до своєї внутрішньої природи. Під час кожного такого акту структура системи зазнає зворотних (іноді незворотних) зміни у відповідності до природи впливу.

Таким чином, зовнішнє і внутрішнє функціонування системи становлять єдине ціле. Відбиваючи вплив, система сама активно впливає на середовище, свідомо чи несвідомо, навмисне або ненавмисне. Тут відбувається взаємодія і взаємовідбиття середовища та системи, їхня взаємодетермінація і взаєморецептивність. Система адаптується до середовища, й одночасно середовище адаптується до системи.

Генетичний аспект включає історичний і прогностичний вектори дослідження. Перший має на меті висвітлити походження цієї системи, процес її формування та розвитку аж до того моменту, коли система стала об'єктом вивчення. Прогностичний вектор, зі свого боку пов'язаний із розглядом перспектив подальшого розвитку системи, її можливого науково передбачуваного майбутнього.

1.3 Загальна теорія систем

Із позиції системності, як зазначалося у вступі, Світ складається з систем і сам є системою. Поняття «система» просякає все, що наповнює Світ, у якому ми існуємо й розвиваємося.

Уважають, що перші уявлення про системи виникли в античній філософії, яка висунула онтологічне тлумачення системи як упорядкованості й цілісності буття. Ще в давньогрецькій філософії (Евклід, Платон, Аристотель, стоїки) розроблялася ідея системності знання (аксіоматична побудова логіки, геометрії). Ідеї й уявлення про системність буття, започатковані в античності, продовжували розвиватися як у системно-онтологічних концепціях Б. Спінози і Г. Лейбніца, так і в побудовах наукової систематики 17–18 ст., яка прагнула до природної (а не теологічної) інтерпретації системності світу. Поняття про систему використовувалося під час дослідження наукового знання, і спектр пропонованих рішень був дуже широкий.

Згідно з І. Кантом, наукове знання є системою, у якій ціле переважає над складовими. Ф. Шеллінг і Г. Гегель трактували системність пізнання як найважливішу вимогу діалектичного мислення. У буржуазній філософії II половини XIX – початку XX ст. за загального ідеалістичного вирішення

основного питання філософії наявні формулювання, а в окремих випадках і вирішення деяких проблем системного дослідження специфіки теоретичного знання як системи (неокантіанство), особливостей цілого (холізм), методів побудови логічних і формалізованих систем (неопозитивізм).

У марксистській філософії, на відміну від попередньої концепції, за основу дослідження систем було прийнято принцип матеріалістичної діалектики, тобто загального зв'язку явищ, розвитку, протиріччя та ін. (К. Маркс і Ф. Енгельс).

Із другої половини ХІХ ст. почалося інтенсивне проникнення поняття системи в різні сфери конкретно-наукового знання. Важливе значення для цього мало створення еволюційної теорії Ч. Дарвіна (1859 р.), теорії відносності, квантової фізики, структурної лінгвістики та ін. Постало завдання побудови суворого визначення поняття системи й розроблення оперативних методів аналізу систем, яке остаточно не вирішено й зараз.

У 40–50-х рр. ХХ ст. для задоволення потреб стрімкого розвитку складних систем життєзабезпечення людини, кібернетики, електроніки та інформатики інтенсивні дослідження системної проблематики провадяться з новою силою.

Запропонована наприкінці 40-х рр. австрійським біологом Л. Берталанфі ідея побудови «*загальної теорії систем*» (ЗТС) стала однією з перших спроб узагальненого аналізу системної проблематики. Л. Берталанфі запропонував підхід, орієнтований на дослідження загальних властивостей систем, не зважаючи на їхню сутність [13]. Реалізацію цієї ідеї він убачав у віднайденні структурної подібності законів, установлених у різних науках, та виведенні на цій основі загальносистемних закономірностей. Деякі конкретно-наукові принципи аналізу систем були сформульовані дещо раніше в тектології А.А. Богданова [9, 10], у роботах В.І. Вернадського та ін.

Л. Берталанфі підкреслював особливе значення обміну між системою та зовнішнім середовищем речовиною, енергією й інформацією, тобто встановлення динамічної рівноваги, яку можна спрямувати в бік ускладнення організації (усупереч другому закону термодинаміки, завдяки введенню інформації зовні). Із огляду на це функціонування – не просто відгук на зміну зовнішніх умов, а збереження старої або встановлення нової рухомої рівноваги системи. Тут необхідно зважити як кібернетичні ідеї гомеостазу, так і нові моменти, витoki яких лежать у біології.

Варто зазначити, що спроби побудувати всеосяжну теорію про наш Світ робилися й раніше. Щойно людина почала усвідомлювати навколишній світ, вона намагалася зрозуміти його та пояснити, тобто побудувати теорії світобудови. Не зважаючи на примітивність перших уявлень і понять, основою цих теорій були *закони ієрархії, збереження і причинно-наслідкових обмежень*. Отже, розроблення трьох основних законів, що лежать в основі ЗТС, почалася ще у стародавні часи. Саме тоді народилася *ідея ієрархії* сил, яка в остаточному підсумку призвела до ідеї єдиного бога - монотеїзму. Сильний завжди правий, і сильний займає верхню схо-

динку ієрархії. Ця ідея перетворилася на аксіому, що не впливала з жодних інших ідей або знань, а тільки зі спостережень, із того, що ніхто ще не бачив, щоб цей закон порушувався, із фактів.

Закон збереження відкритий ще у давнину. Логіка й математика, що зародилися в Давньому Єгипті та набули значного розвитку у Давній Греції, повністю базувалися на законі збереження. Цей закон стверджує: нічого не з'являється з нічого й не зникає в нікуди.

Із закону збереження випливає **закон причинно-наслідкових обмежень**: усе у Світі має причину. Нічого не проявляється без причини. Поява будь-якого об'єкта або його дія зумовлені причиною: падіння каменя має причину, у повені - так само є причина.

Отже, усі три закони - **ієрархії, збереження та причинно-наслідкових обмежень** – були відомі давно. І якщо спочатку вважалося, що у природі панує хаос, то сьогодні з накопиченням знань і вивченням сил природи кількість зрозумілих та усвідомлених фундаментальних фізичних взаємодій скоротилася до чотирьох: гравітаційної, електромагнітної, сильної та слабкої (фізичні взаємодії). Окрім того, останнім часом уже говорять про Велике об'єднання сил.

У кінцевому підсумку різні теософські теорії змінюються на натурфілософськими і сучасними фізичними концепціями. Потри те, що сучасне розуміння законів ієрархії, збереження і причинно-наслідкових зв'язків значно відрізняється від попередніх трактувань, ці ідеї не втратили актуальності й зараз. Так чи інакше на них ґрунтуються всі спроби розробити ЗТС. І ці намагання продовжуються й зараз, оскільки досі немає чіткого й однозначного визначення поняття система, хоча все, що наповнює наш світ, є системами. Окрім фізичних взаємодій у природі існують й інші: біологічні, соціальні, моральні, психічні, взаємодії культур тощо.

Можна сказати, що загальна теорія систем - це загальна теорія Всесвіту (з погляду матеріального, абстрактного та духовного) й усього, що в ньому є. Така теорія має пояснити необхідність існування та будови всього - від елементарних часток, атомів і молекул до всього Всесвіту, зокрема еволюцію людини. Ми бачимо наш Світ у розвитку, отже, він мав початок і, можливо, матиме кінець. Якщо це так, то ЗТС має показати, яким чином виник наш Світ і хто або що створило цю систему, якщо в нього був початок, чому він змінюється і за якими законами, чому є життя і як воно розвивається. ЗТС має дати пояснення еволюції всіх неживих об'єктів і видів живих істот, показати напрям цієї еволюції та її етапи. І якщо Світ має кінець, то ЗТС мусить показати, яким чином і чому цей кінець буде. Якщо ж у Світу не було початку і не буде кінця, тоді чому Світ вічний.

Як бачимо, більш грандіозним завданням, ніж поставлене перед ЗТС, немає в жодній іншій теорії. Якщо Світ сам є системою й заповнений системами, то фахівці всіх галузей знання мають знати ЗТС, тому що наше знання - це завжди знання про ті об'єкти Світу, які є системами.

Привабливу ідею побудувати **загальну теорію систем** як нову логіко-математичну дисципліну, однак, надзвичайно важко реалізувати. У

кінцевому підсумку може статися так, що найбільшою цінністю ЗТС буде не стільки її математичне оформлення, скільки розроблення цілей і завдань системних досліджень, розвиток методології аналізу систем, встановлення загальносистемних закономірностей.

Усе вищезазначене свідчить про те, що людина ще дуже мало знає про наш Світ, тому не тільки наразі не підвела єдиного підґрунтя всіх взаємодій, які існують у природі, а навіть не має бази всіх просто фізичних взаємодій. В той же час усе, що є в природі, має єдину основу і, таким чином, мусить стати зрозумілим з єдиних позицій, тобто за допомогою загальної теорії систем і системного аналізу.

1.4 Системний підхід у менеджменті організацій

Системний підхід застосовується в різних наукових школах менеджменту, однією з яких є школа управління. Школа управління розглядає системний, процесний і ситуаційний підходи до управління. Доповнюючи один одного, ці підходи формують сучасні теорію і практику управління. Сьогодні процес управління все більшою мірою має системний характер, управління будь-якою організацією здійснюється як вплив на єдине ціле. Системний підхід в управлінні дає змогу менеджерам більш продуктивно реалізовувати свої основні функції: прогнозування, планування, організації, керування, контролю. Він розглядає організацію як цілісну сукупність різних видів діяльності й елементів, що перебувають у суперечливій єдності й взаємозв'язку із зовнішнім середовищем, передбачає врахування всіх факторів, що впливають на неї, й акцентує увагу на взаємозв'язках між її елементами.

Застосування системного підходу в теорії та практиці менеджменту організацій відбито у працях багатьох вітчизняних і закордонних учених. Як приклади розглянемо деякі напрями його застосування.

Один з напрямів системного підходу в менеджменті наведений у [12], де викладена комплексна системна методологія інтерактивного моделювання, за допомогою якої здійснюється об'єднання ітеративного підходу, системної динаміки й самоорганізації соціокультурних систем. Основою запропонованої там платформи є праці Рассела Л. Акоффа (R. L. Ackoff), який у 70-і роки ХХ ст. розробив концепцію моделювання цілеспрямованих систем [2].

Ще один відомий напрям системного підходу розробляв Пітер Сенге (P. Senge) [28]. Він зробив системне мислення інструментом аналізу проблем менеджменту й лідерства та запропонував використовувати системні архетипи для вирішення проблем бізнесу.

У [26] акцентується на ситуаціях, що виникають в особистому житті й соціальній практиці.

Найбільш загальним підходом до вивчення систем, що еволюціонують, вважають дослідження американського Інституту Санта-Фі (SFI) [16],

яке подає рекомендації для менеджерів щодо створення адаптивної організації у мінливому середовищі.

Сьогодні системний підхід у менеджменті – це сукупність теоретичних положень і методичних рекомендацій для вирішення організаційних проблем. Він не тільки швидко адаптується до нових викликів теорії та практики менеджменту, але і служить евристикою й методологією, що оцінює теоретичний і практичний потенціал нових підходів у менеджменті. Системний підхід сприяє виробленню правильного методу мислення про процес керування організацією. Керівник має мислити відповідно до системного підходу. Під час застосування системного підходу утверджується такий спосіб мислення, який, з одного боку, сприяє усуненню зайвої ускладненості, а з другого боку, - допомагає керівникові усвідомлювати сутність складних проблем і приймати рішення на основі чіткого уявлення про навколишнє середовище.

Розмаїтість системних методів аналізу організаційних проблем робить актуальним завдання розроблення методології аналізу шляхів розвитку власне системного підходу в менеджменті й виділення типів і класів організаційних проблем, для яких найефективнішими у застосуванні є ті чи інші конкретні системні підходи.

Можна назвати такі аспекти актуальності проблеми становлення та розвитку системного підходу в менеджменті організацій. По-перше, актуальність проблеми визначається необхідністю удосконалення та розвитку теорії менеджменту. По-друге, існує реальна проблема адаптації управлінських теорій до реалій сьогодення, зважаючи на специфіку цих реалій. По-третє, важливе завдання полягає в розробленні методів і методик адаптації системних підходів до існуючих навчальних курсів підготовки фахівців-менеджерів. По-четверте, необхідно всіляко розвивати зусилля зі зміцнення в культурі загалом системної ідеології, розуміння цінності системного аналізу проблем і тенденцій розвитку дійсності.

Важливість системного підходу для раціоналізації вирішення проблем менеджменту організацій зростає у зв'язку з необхідністю зважати на **нові реалії та виклики**, із якими стикаються організації в сучасних умовах. До таких реалій належать:

1) **збільшення динамізму мінливості середовища існування організацій**. Сучасні умови ринку, насиченого товарами та послугами високої якості, призводять до посилення конкурентної боротьби, швидкої появи нових сегментів ринку товарів і послуг, скорочення життєвих циклів товарів і послуг. Ці обставини вимагають від керівників оперативного прийняття рішень щодо організаційних змін, що виникають як відповідь на поточні та прогнозовані виклики зовнішнього конкурентного середовища існування організацій. Як свідчить практика, кращих результатів в організаційних змінах можна досягти лише в тих випадках, коли зміни є запланованими, коли для інших її складових наслідки змін в частинах або функціях організації також є передбаченими. Такі прогнози та розрахунки найбільш результативні під час розгляду організацій як систем, коли зрозумі-

ло, яким чином пов'язані між собою елементи і як зміни одних із них впливають на зміни інших;

2) *інтернаціоналізація бізнесу*, розмивання національних, регіональних меж, усе більше домінування на світових ринках транснаціональних корпорацій породжує безліч проблем, тісно пов'язаних із традиціями, етнічними, соціально-психологічними, політичними особливостями населення великих регіонів світу. Такі проблеми мають комплексний, системний характер, адже важко виявити ієрархію важливості діючих сил і факторів розвитку. Вирішити ці проблеми (або, принаймні, пом'якшити їхню гостроту) можна на за допомогою системного підходу;

3) реалії сьогодення вимагають приділення особливої уваги проведенню *аналізу й вдосконаленню (перетворенню) організаційних структур* підприємств і організацій. Традиційні та домінуючі в бізнесі, адміністративному та суспільному керуванні лінійно-функціональні структури, орієнтовані на стабільне зовнішнє середовище, уже не забезпечують необхідного динамізму організаційних змін. Їм на зміну приходять мережні, матричні, «віртуальні» структури. Використання нових можливостей проектування організаційних структур, структурно-функціональної організації бізнесу та керування найбільш повно реалізується під час системного проектування організацій. Із цією метою сучасні системні методи в менеджменті надають відповідний методологічний арсенал;

4) особлива увага приділяється використанню *творчого потенціалу людських ресурсів організації*. Формування культури партисипативності (залучення працівників), співучасті членів організації у формуванні організаційних цілей, шляхів їхнього досягнення, розподілу ресурсів, організації контролю, ефективної комунікації - нові теми системної аналітики, яка розробляє спеціальні методи вирішення подібних надзвичайно складних проблем підвищення результативності використання творчого потенціалу працівників організації.

У системному підході важливого значення набуває вивчення характеристик організації як системи, тобто характеристик «входу», «процесу» і «виходу».

За системного підходу на основі маркетингових досліджень спочатку досліджуються параметри «виходу», тобто товари або послуги, а саме: що робити, з якими показниками якості, з якими витратами, для кого, у які терміни продавати і за якою ціною. Відповіді на ці питання мають бути чіткими і своєчасними. На «виході» в остаточному підсумку має бути конкурентоздатна продукція або послуги.

Потім вивчають параметри «входу», тобто досліджується потреба в ресурсах (матеріальних, фінансових, трудових та інформаційних), що визначається після детального вивчення організаційно-технічного рівня розглянутої системи (рівня техніки, технології, особливості організації виробництва, праці та керування) і параметрів зовнішнього середовища (економічної, геополітичної, соціальної, екологічної та ін.).

І, нарешті, не менш важливого значення набуває дослідження параметрів процесу, що перетворює ресурси на готову продукцію. На цьому етапі залежно від об'єкта дослідження розглядається виробнича технологія, або технологія керування, а також фактори і шляхи її удосконалення.

У сфері проектування та модернізації інформаційних систем (ІС) підприємств і організацій методологія системного підходу забезпечує зменшення складності процесу створення ІС за допомогою повного й точного опису цього процесу та застосування сучасних методів і технологій створення ІС на всьому життєвому циклі ІС - від задуму до реалізації, експлуатації й утилізації.

Як основні завдання, вирішення яких забезпечує методологія створення інформаційних систем (разом із відповідним набором інструментальних засобів), можна навести такі:

забезпечення створення ІС, які відповідають цілям і завданням організації, вимогам автоматизації процесів управління всіма сторонами господарської діяльності;

гарантування створення системи із заданою якістю в заданий термін і в межах виділеного бюджету;

забезпечення створення ІС, які відповідають вимогам відкритості, перенесення та масштабованості;

підтримка зручного супроводу, модифікації й нарощування системи, можливість ІС реагувати на швидку зміну вимог у роботі організації;

підтримка та використання в розроблюваній ІС напрацювань у сфері інформаційних технологій, які існують в організації (програмного забезпечення, баз даних, засобів обчислювальної техніки, телекомунікацій, технологій).

Потужного імпульсу розвитку методологій надала поява двох принципово нових підходів до створення інформаційних систем: інформаційного інжинірингу та реінжинірингу ділових процесів.

Інжиніринг - це процес застосування взаємозалежного набору формальних технологій (моделей) для аналізу, проектування, створення й експлуатації інформаційних систем. Пропоновані в інжинірингу методи дають змогу описувати, аналізувати і проектувати структуру та діяльність організацій подібно до технічних систем.

Реінжиніринг - це процес застосування формальних технологій, який дає змогу відновлювати модель розглянутої існуючої системи за її інформаційними компонентами.

Наразі продовжується активний процес розвитку й удосконалення методологій створення інформаційних систем.

Отже, системний підхід має широкий спектр застосування, й основні концепції менеджменту виявляють прямий зв'язок із розвитком системного підходу.

Підготовка бакалаврів із менеджменту організацій, зокрема зі спеціалізації «Інформаційні системи в менеджменті» передбачає вивчення дисципліни «Теорія систем і системний аналіз», яка є теоретичною базою по-

дальшого вивчення таких спеціальних курсів професійної підготовки менеджерів, як «Операційний менеджмент» «Стратегічний менеджмент», «Менеджмент персоналу», «Інформаційні системи в менеджменті» та ін.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела: [12, с. 54–66]; [16, с. 25–28]; [20, с. 10–20].

Додаткові джерела: [11], [27], [25].

Питання для самоконтролю

1. Поясніть поняття системний підхід.
2. Що є предметом системології як науки?
3. У чому полягає системність Світу?
4. Які основні етапи становлення системних уявлень Ви знаєте?
5. Поясніть місце системного аналізу у структурі наукових дисциплін.
6. У чому полягає сутність системного підходу?
7. Охарактеризуйте основні принципи системного підходу.
8. Стисло охарактеризуйте загальну теорію систем.
9. Поясніть сутність законів ієрархії, збереження і причинно-наслідкових обмежень.
10. У чому полягають переваги використання системного підходу в менеджменті організацій?

Теми рефератів

1. Історичні етапи становлення системних уявлень.
2. Принципи системного підходу.
3. Передумови появи теорії систем.
5. Застосування системного підходу в менеджменті організацій.

Тема 2. СИСТЕМА ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

2.1 Основні категорії теорії систем

У науковій літературі, словниках та енциклопедіях існує велика кількість визначень категорії «система». Така ситуація є наслідком спроб дати єдине визначення цього поняття. Зважаючи на те, що будь-які визначення наводять щоб виділити певний клас об'єктів із безлічі інших, і те, що будь-який об'єкт Усесвіту можна розглядати як систему, то коректніше говорити про те, що це поняття є винятково методичним.

Із огляду на вищезазначене, розглянемо основні категорії теорії систем у такій послідовності:

- 1) система та її внутрішня будова – підсистема, елемент;
- 2) зовнішнє оточення системи – зовнішнє середовище, надсистема, метасистема, Всесвіт.

Далі розглянемо низку поширених визначень поняття «система».

Система – це виділена із середовища сукупність матеріальних або абстрактних об'єктів (явищ), які мають певний набір властивостей і взаємодія яких забезпечує досягнення необхідної функції (мети) протягом певного часу [11, 21].

Система – це функціонально визначена, структурно впорядкована з адаптивною реорганізацією множина складових частин [17]. Зовнішні та внутрішні функції систем, їхні ієрархічні або однорівневі структури характеризуються відповідними обмінними потоками. Адаптивна організація та дезорганізація систем є визначальною властивістю для їхнього існування.

Система - природне поєднання складових частин, що самостійно існують у природі, а також щось абстрактне, створене уявою людини. Такий підхід до визначення поняття системи заздалегідь припускає існування зв'язків між її елементами.

Надалі, якщо інше не зазначено, під системою розумітимемо певний об'єкт, явище або процес.

Елементи системи можуть становити поняття [13], у цьому випадку ми маємо справу з *понятійною системою*. Прикладом такої системи може бути мова як засіб спілкування. Елементами системи можуть бути об'єкти, наприклад, у комп'ютері об'єктами є його окремі частини. Елементами системи можуть бути суб'єкти, наприклад, гравці футбольної команди. Нарешті, система може складатися з понять, об'єктів і суб'єктів, наприклад, система людина – машина включає всі три види елементів. Отже, система - це сукупність живих чи неживих елементів або перших та других разом.

Уважаючи на вищесказане, звернемо увагу на те, що в межах дослідження конкретної системи розглядають її складові - *підсистеми* і *елементи*. У випадках, коли дослідження спрямоване зовні системи, виділяють великі системи, що містять досліджувану систему. Такі системи

називають загальними або суперсистемами. Наприклад, дослідження проводять у такій послідовності: надсистема що включає досліджувану систему; метасистема що містить надсистему, тощо. Найзагальнішою системою можна вважати Всесвіт, до складу якого входять усі метасистеми, над системи, системи, підсистеми і елементи.

Підсистема - частина системи, виділена за певною ознакою, що має певну самостійність і припускає розкладання на складові частини (елементи) в межах цього дослідження системи.

Систему можна поділити на елементи не одразу, а лише за допомогою послідовного розчленовування на підсистеми. Останнє здебільшого проводиться на основі визначення незалежної функції, яку виконує певна сукупність елементів для досягнення деякої часткової цілі, що забезпечує досягнення загальної функції (мети) системи. Підсистема відрізняється від простої групи елементів, для якої не виконується умова цілісності.

Послідовне розбивання системи у глибину призводить до ієрархії підсистем, нижнім рівнем яких є елемент.

Елемент - певний об'єкт (матеріальний, енергетичний, інформаційний), що має низку важливих властивостей і реалізує в системі (підсистемі) визначену функцію (складову, підфункцію) системи, внутрішня структура якого в межах мети дослідження системи не розглядається.

Іншими словами, елемент - це неподільна найменша функціональна частина досліджуваної системи, яку представляють як «чорний ящик» (рис. 2.1). Докладніше поняття «чорний ящик» розглянемо в розділі 4.1. Функціональну модель елемента можна подати у вигляді виразу [4]:

$$y(t) = F^S(x, n, t), \quad (2.1)$$

де F^S – закон функціонування елемента;

$x(t)$ – вхідний потік (ресурси) елемента;

$y(t)$ – видний потік (продукція) елемента;

$n(t)$ – завади;

t – час.

Вхідні сигнали, впливи зовнішнього середовища й керівні сигнали є незалежними змінними. За суворого підходу зміна кожної з незалежних змінних спричиняє зміну стану елемента системи. Із огляду на це узагальнено позначатимемо ці сигнали як $x(t)$, а функціональну модель елемента - як $y(t) = FS(x(t))$, якщо це не ускладнює аналізу системи.

Вихідний сигнал $y(t)$, зі свого боку, подають у вигляді сукупності характеристик елемента $y_j \in Y, j = \overline{1, k_j}$.

Під **зовнішнім середовищем** розуміють сукупність усіх об'єктів (явищ) S' поза цією системою, зміна властивостей яких впливає на систему, а також тих об'єктів (явищ), властивості яких змінюються внаслідок функціонування системи. До зовнішнього середовища включатимемо також речовинні, енергетичні та інформаційні ресурси середовища.

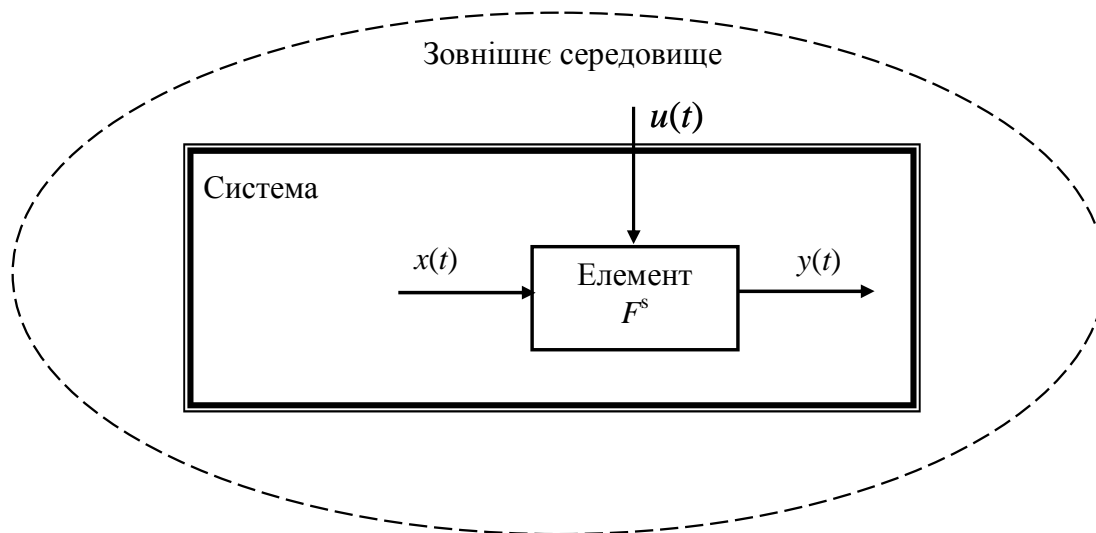


Рис. 2.1 – Елемент системи як «чорний ящик»

Кількість відносин реальної системи із зовнішнім середовищем дуже велика (майже нескінчена). Це стосується як факторів зовнішнього середовища, що розглядаються (виявляються) як входи системи, так і чинників впливу системи на зовнішнє середовище, які розглядаються (виявляються) як виходи системи.

Під час побудови моделі дослідник відбирає з цієї безлічі тільки їхню певну кінцеву кількість, що включається у список входів і виходів. Критерієм відбору є цільове призначення моделі, значущість того або іншого фактора щодо мети дослідження.

Зазначимо, що виключення низки чинників, які формують входи та виходи моделі системи, не призводить до їхнього зникнення на практиці. Із огляду на це помилки, які припускаються під час формування списку входів і виходів, можуть мати надалі непередбачені й часто важкі наслідки.

Правильне розмежування досліджуваної системи та зовнішнього середовища є необхідним етапом системного аналізу. Визначення *метасистеми* (частини зовнішнього середовища, для якої досліджувана система є підсистемою, або елементом) дає змогу досліджувати зв'язки, які забезпечують взаємодію системи й метасистеми і створюють умови для існування та розвитку як системи, так і метасистеми. Наприклад, для деякої організації (підприємства) в межах вирішення завдання збуту продукції надсистемами (у напрямі підвищення рівня ієрархії) будуть місто, у якому розташована організація, країна, світове співтовариство. Щоб виготовити свою продукцію підприємству потрібні ресурси (матеріальні, енергетичні тощо), які можна отримати від метасистем вищих рівнів ієрархії (підприємств регіонального, державного, або навіть закордонного рівнів). Продукція підприємства, зі свого боку, потрібна метасистемам. Унаслідок взаємодії (товарообігу) системи (підприємства) і метасистем забезпечується їхнє існування та розвиток. Урахування характеру і складових цієї взаємодії дає змогу менеджерам в умовах

конкурентних відносин розробляти ефективні стратегії управління організацією.

Із погляду менеджменту організацій важливим є також завдання визначення оптимальної кількості підсистем (структурних одиниць) організації, яка забезпечує її найкращі техніко-економічні показники (результати діяльності організації). Кількість підсистем залежить від структури загальної системи управління: децентралізовані, централізовані, розподілені системи управління. Вона залежить також від того, як організоване перероблення вхідних потоків (речовини, енергії, фінансів тощо), тобто від організації технологічного процесу підприємства, фірми, корпорації тощо.

2.2 Класифікація систем

Зважаючи на широту поняття система (всі об'єкти та явища навколишнього світу), стає зрозуміло, що доволі важко встановити єдину класифікацію систем. Під час досліджень у межах наукових напрямів системи поділяють на класи за різними ознаками об'єктів предметної області і залежно від розв'язуваної задачі. Систему до того ж можна охарактеризувати однією або кількома ознаками. Як приклад розглянемо деякі класифікації систем.

За науковим напрямом - математичні, фізичні, хімічні, біологічні тощо.

За походженням – природні (створені у природі незалежно від людини), штучні (створені людиною), комбіновані (у складі природні та штучні елементи).

За ознакою основних елементів - абстрактні, елементи яких є поняттями (мова, філософські системи), і реальні, елементи яких є реальними об'єктами.

За ознакою змінних - якісний опис, кількісний опис, змішаний опис.

За ознакою взаємодії із зовнішнім середовищем розрізняють системи замкнені та відкриті. *Замкнена система* у процесі функціонування не взаємодіє із зовнішнім середовищем (система кондиціонування в замкненому об'ємі повітря). *Відкрита система* реагує на вплив зовнішнього середовища, і сама впливає на зовнішнє середовище.

За ознакою складності - прості, складні та дуже складні системи. *Простим системам* властива невелика кількість елементів, зв'язки між якими легко можна описати. *Складні системи* мають велику кількість елементів і характеризуються розгалуженою структурою, виконують складніші функції. Зміна окремих елементів і (або) зв'язків спричиняє зміну багатьох інших елементів. Окремі конкретні стани системи можна описати (автомати, ЕОМ, галактики). *Дуже складним системам* властива велика кількість різноманітних елементів, вони мають безліч структур, не можуть бути повністю описані (мозок людини, світова економіка).

За ознакою керування - системи, що керуються ззовні, самокеровані, із комбінованим керуванням.

За ознакою організованості - добре організовані, погано організовані, самоорганізовані системи.

Систему можна вважати *добре організованою*, якщо визначені склад її компонентів і зв'язки між ними та цілями системи. Проблемну ситуацію можна формалізувати (математично описати зв'язок мети з критеріями ефективності та критеріями функціонування), якщо відомий метод її вирішення.

Під час подання об'єкта у вигляді *погано організованої системи* її характеризують певним набором макропараметрів і закономірностями, що визначають на підставі дослідження не всього об'єкта, а на підставі визначеної за допомогою певних правил вибірки компонентів, що характеризують досліджуваний об'єкт або процес. На ґрунті такого вибіркового дослідження одержують характеристики або закономірності (статистичні, економічні) і поширюють їх на всю систему загалом. Окрім того, роблять відповідні застереження. Наприклад, за одержання статистичних закономірностей їх поширюють на поведінку всієї системи з певною довірчою імовірністю.

Відображення об'єкта як самоорганізованої системи - це підхід, що дає змогу досліджувати найменш вивчені об'єкти і процеси. *Самоорганізована система* має такі ознаки:

- непередбачуваність поведінки;
- здатність адаптуватися до зміни умов зовнішнього середовища;
- здатність змінювати власну структуру під час взаємодії з середовищем із збереженням цілісності;
- здатність формувати можливі варіанти поведінки й обирати з них найкращий та ін.

Прикладами є біологічні організми, колективна поведінка людей, організація керування на рівні підприємства, галузі, держави загалом, тобто в тих системах, де обов'язково присутній людський фактор.

Більш детальну класифікацією систем можна знайти в [17, 21, 33].

2.3 Характеристики системи

Характеристика пояснює певну властивість системи. Її задають ім'ям та областю припустимих значень. Ім'я дає змогу однозначно ідентифікувати характеристику серед множини властивостей системи. Область припустимих значень задається або перерахуванням цих значень, або функціонально, за допомогою правил обчислення (вимірювання) та оцінки.

Характеристики поділяють на *кількісні* та *якісні* залежно від типу відносин на множині їхніх значень.

Характеристика є кількісною, якщо на множині значень задано метризовані відносини, тобто вказується не тільки факт виконання відносини (значення характеристики системи А є більшим за значення характеристики системи Б), але також і ступінь кількісної переваги (у два

рази, або на дві одиниці). Наприклад, розмір екрана (см), максимальна розподільна здатність (піксель) є кількісними характеристиками моніторів, оскільки існують шкали вимірювань цих характеристик у сантиметрах і пікселях відповідно, що припускає упорядкування можливих значень за ступенем кількісної переваги: розмір екрана першого монітора перевищує розмір екрана другого монітора на 3 см.

Якщо простір значень не метричний, то характеристику називають якісною. Наприклад, така характеристика монітора, як комфортна розподільна здатність, хоча й вимірюється в пікселях, є якісною. Оскільки на комфортність впливають мерехтіння, нерізкість, індивідуальні особливості користувача та ін., єдиним відношенням на шкалі комфортності є відношення еквівалентності, що уможливує розрізнення моніторів як комфортних і некомфортних без установлення кількісних переваг.

*Кількісну характеристику називають **параметром**.* Часто в літературі поняття «параметр» і «характеристика» ототожнюються на тій підставі, що їх можна вимірювати. Загалом корисно поділяти параметри та якісні характеристики, тому що не завжди можливо або доцільно розробляти процедуру кількісної оцінки будь-якої властивості.

Характеристиками системи є залежні змінні, які відбивають властивості системи.

2.4 Властивості системи

Під *властивістю* розуміють *сторону об'єкта, що зумовлює його відмінність від інших об'єктів або подібність до них* і виявляється в процесі взаємодії з іншими об'єктами.

Властивості задають за допомогою відносин - одного з основних математичних понять, що застосовують при аналізі й обробленні інформації. Мовою відносин уніфіковано образом можна описати вплив, властивості об'єктів і зв'язки між ними, що задаються різними ознаками. Існує кілька форм подання відносин: функціональна (у вигляді функції, функціонала, оператора), матрична, таблична, логічна, у вигляді графа, подання перетинами, алгоритмічна (у вигляді словесного правила відповідності).

Властивості поділяють на *зовнішні*, що виявляються у формі вихідних характеристик тільки за взаємодії із зовнішніми об'єктами (системами), і *внутрішні*, які виявляються як змінні стану в процесі взаємодії з внутрішніми складовими досліджуваної системи (підсистемами, елементами).

Одна з основних цілей системного аналізу - виявлення внутрішніх властивостей системи, які визначають її поведінку.

За структурою властивості поділяють на прості та складні (інтегральні).

Зовнішні прості властивості досяжні безпосередньому спостереженню, внутрішні властивості будуються в нашій свідомості логічно й недоступні для спостереження.

Важливо пам'ятати, що **властивості виявляються тільки за взаємодії системи з іншими об'єктами або при взаємодії елементів одного об'єкта один з одним.**

За ступенем деталізації відображення властивостей виділяють **горизонтальні** (ієрархічні) **рівні аналізу системи**. За характером відображення властивостей виділяють **вертикальні рівні аналізу** - аспекти. На цьому механізмі ґрунтується твердження про те, що **для одного реального об'єкта (системи) можна побудувати безліч моделей абстрактних систем.**

У цьому випадку виділяють істотні для цього дослідження властивості шляхом абстрагування від неістотних щодо мети аналізу подробиць.

Формально властивості можна подати й у вигляді закону функціонування системи.

Законом функціонування F^S називають залежність, що описує процес функціонування системи в часі (2.1). Із певним уточненням її можна записати в такому вигляді:

$$y(t) = F^S(x, n, u, t), \quad (2.2)$$

де x_i – множина вхідних потоків $x_i \in X, i = \overline{1, k_x}$, які піддані перетворенню в системі;

n_j – множина впливів зовнішнього середовища $n_j \in N, j = \overline{1, k_n}$ (завади);

u_n – множина керівних впливів $u_n \in U, n = \overline{1, k_u}$, які змінюють стан системи;

t - час.

Оператор F^S перетворює незалежні змінні на залежні та відбиває **поведінку системи** в часі - процес зміни стану системи, оцінюваний за ступенем досягнення мети її функціонування. Поняття поведінки прийнято застосовувати тільки до цілеспрямованих систем і оцінювати за визначеними показниками.

Мета - ситуація (або область ситуацій), якої треба досягнути під час функціонування системи за певний проміжок часу. Мета може задаватися вимогами до показників результативності, ресурсоємності, оперативності функціонування системи або до траєкторії досягнення заданого результату. У багатьох випадках мета системи визначається надсистемою, а саме тією, у якій досліджувана система є підсистемою.

2.5 Призначення системи

Розглянемо окремі системні аспекти поняття *призначення системи*.

Дослідження системи провадять із метою визначення «точок втручання» (точок керування), у яких функції, параметри і структуру системи

можна змінити так, щоб вони задовольняли призначенню системи. Із огляду на це інформація, закладена у визначення призначення системи, є основним первісним джерелом сприйняття конкретної системи.

Призначення системи [21] – це задекларована здатність системи реалізувати на практиці функції, що забезпечують досягнення необхідної мети.

Варто розрізнити **заплановане** та **можливе** призначення системи.

Заплановане – це *призначення, заради якого створюється система*, а **можливе** – це те призначення, яке система може реалізувати, маючи певну структуру і процеси.

Можливі призначення системи можуть виявлятися, коли [21]:

система опинилася в незапланованому середовищі;

користувач системи пристосував її для досягнення інших цілей;

користувач системи не знає справжнього призначення системи й використовує її на свій розсуд;

система після утилізації перейшла в інший життєвий цикл.

Наприклад, на останньому етапі життєвого циклу авіадвигун можна використовувати як:

засіб очищення аеродрому від снігу та льоду;

генератор шуму для відлякування птахів у районі злітно-посадочної смуги;

наочний навчально-практичний матеріал в авіаційних навчальних закладах;

сировину для металургійної промисловості.

Необхідно також розрізнити поняття «призначення» і «мета» системи.

Призначення системи забезпечує можливість використання системи як засосу досягнення мети. Наведемо кілька прикладів [21]:

1) призначення побутового холодильника – забезпечувати необхідний діапазон низьких температур у холодильній камері, а мета його створення й використання – збільшення терміну зберігання продуктів;

2) призначення туристської байдарки – забезпечити транспортування вантажу по воді, а мета створення – надання можливості проведення турпоходів для фізичного та морального оздоровлення людини.

Розглядаючи призначення системи, потрібно обов'язково фіксувати «погляд на систему». У будь-якій штучній системі є її творці й користувачі (іноді вони співпадають). Призначення системи для цих двох «поглядів» зазвичай буває різним.

Основним для формулювання призначення системи має бути погляд користувача системи.

Наприклад, дешева за рахунок утрати якості продукція підприємства з метою розширення ринку збуту (погляд виробника), може відторгатися багатьма покупцями (погляд користувача).

Наявність різних поглядів на систему призводить до появи конфлікту між ними з приводу визначення призначення системи.

У соціотехнічних системах, де основним компонентом є людина, досягнення згоди щодо призначення системи є найважливішим етапом розв'язання конфліктів.

Істотний вплив на призначення системи чинить зовнішнє середовище. Щоб забезпечити сумісність призначення системи із зовнішнім середовищем, необхідно розглядати їх вкупі. Система може виглядати недосконалою з погляду її мети, проте вона може добре гармоніювати із середовищем. В той же час, система з чітким і зрозумілим призначенням, але погано узгоджена із середовищем, функціонуватиме незадовільно.

Проблеми, що виникають під час функціонування системи, можна розглядати або як відхилення у функціонуванні самої системи, або як недоліки у взаємодії системи із зовнішнім середовищем. Наприклад, зменшення результативності діяльності підприємства (прибутку) може бути спричинено внутрішніми причинами (зносом основних фондів і незапланованими зупинками виробництва, хворобою працівників унаслідок недостатності уваги до поліпшення умов праці та ін.) або факторами взаємодії із зовнішнім середовищем (перебоями в поставці сировини й матеріалів, недостатністю врахуванням ситуації на ринку, успіхами конкурентів тощо).

2.6 Функції системи

Функція системи (від лат. *functio* – виконання, діяльність) характеризує прояву її властивостей у певній сукупності відносин і виявляється як спосіб дії системи під час взаємодії із зовнішнім середовищем. Отже **функція** – це поведінка системи в зовнішньому середовищі.

Функцією системи визначається її роль у надсистемі, і місце, яке вона займає серед оточуючих об'єктів.

Важливо те, що функція, з одного боку визначається внутрішньою будовою (структурою) системи, а з другого боку – зовнішнім середовищем. В основі функції – об'єктивно існуюча здатність структури системи відповідати на запит надсистеми на виконання певних дій (переробляти речовинні, енергетичні й інформаційні ресурси), а також змінювати свій стан у просторі та часі. Остання реалізується у структурі і, унаслідок її відносної консервативності, є відносно постійною.

Функція системи є виявом її властивостей, якостей у взаємодії з іншими (зовнішніми) об'єктами.

У теорії систем розрізняють основну та неосновні функції системи [33]. Основна функція - це призначення системи. Сам факт існування системи припускає наділення її основною функцією або призначенням. Із розвитком в системи можуть виникати інші функції, безпосередньо не пов'язані з призначенням, що певною мірою чинять вплив на неї. Такі функції називають неосновними. Неосновні функції - ситуативні й минулі, а основна функція - постійна й неминуща. Вона виявляється в різних формах і властива доти, доки існує сама система. Зміна основної функції означає докорінну зміну системи і свідчить або про перетворення цієї системи на іншу, або про її загибель.

Із погляду на те, як впливають неосновні функції на здатність системи виконувати свою основну функцію, їх можна поділити на позитивні та негативні (рис. 2.2) [33]. Позитивні неосновні функції сприяють виконанню системою свого призначення. Негативні неосновні функції виявляються в перешкоджанні виконанню системою основної функції. Поряд із цим доцільно виділити нейтральні неосновні функції, які наразі суттєво не впливають на основну функцію, проте треба завжди передбачати можливість зміни ситуації в той чи інший бік. У нейтральних функціях криється позитивний або негативний потенціал системи, що може виявлятися за певних умов. Механізм впливу неосновних функцій може бути двояким: опосередкованим - через зовнішнє середовище, коли система провокує (навмисне чи ненавмисне) негативний або позитивний вплив зовнішнього оточення на саму себе, і безпосереднім, коли система (навмисне чи ненавмисне) чинить негативний або позитивний вплив сама на себе, безвідносно до середовища. Чим складнішою є система, тим повнішою є палітра її неосновних функцій, тим різноманітнішими стають її взаємозв'язки з основною функцією.

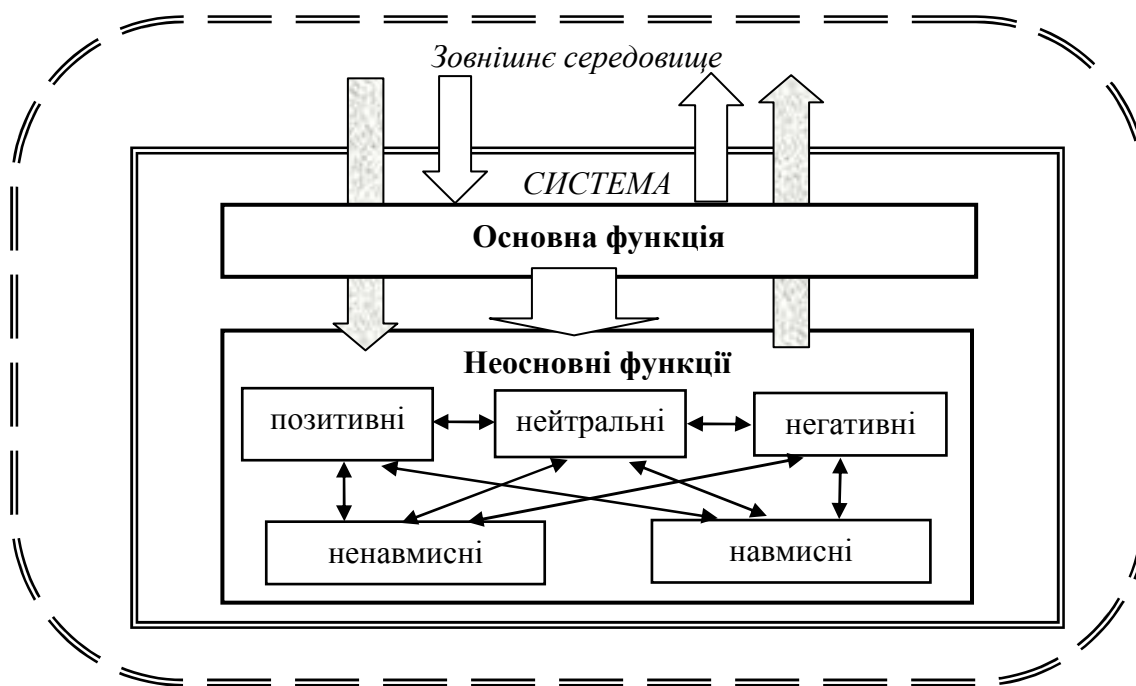


Рис. 2.2 – До поняття функції систем

У теорії системного аналізу за постулат приймають те, що будь-яка система, незалежно від її природи, має основну й неосновні функції (позитивні, негативні та нейтральні, навмисні та ненавмисні). До того ж частина з них виявлена, а інша прихована як від самої системи, так і від дослідника. Зазвичай у досліджуваній системі приховані якісь неосновні функції або незрозумілими є їхні зв'язки з основною функцією. Окрім того, непоодинокими є ситуації, коли невідомою або апріорі неправильно визначеною є основна функція системи. З погляду на це будь-яке системне дослідження

починається з установлення (уточнення) основної функції досліджуваної або проектованої системи, коли її розглядають як «чорний ящик», що функціонує у складі надсистеми і заданий характеристиками, відомими на пильний проміжок часу. Уточнення функцій системи та виявлення характеру їхніх взаємозв'язків до того ж має проводитись на всіх етапах системного аналізу, і лише після завершення можна визначити таке:

- місце, що займає ця система в надсистемі;
- справжнє призначення системи;
- додаткові відносини, що можуть існувати між об'єктом аналізу й зовнішнім середовищем;
- характер впливу зовнішнього середовища на основну функцію системи;
- шляхи зниження негативних прояв неосновних функцій;
- шляхи підвищення впливу позитивних складових та ін.

2.7 Структура системи

Структура - сукупність елементів і зв'язків між ними, що утворюють систему. У структурі системи важливу роль відіграють зв'язки. Так, змінюючи зв'язки за збереження елементів, можна одержати іншу систему, яка має нові властивості або реалізує інший закон функціонування. Як приклад [4], можна навести паралельне (рис. 2.3, а) і послідовне (рис. 2.3, б) з'єднання трьох резисторів R_1 , R_2 , R_3 . У випадку паралельного з'єднання система А має загальний опір $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, а у випадку послідовного з'єднання загальний опір системи Б - $R_0 = R_1 + R_2 + R_3$. Отже системи А і Б мають різний опір (різні властивості) електричному струму.

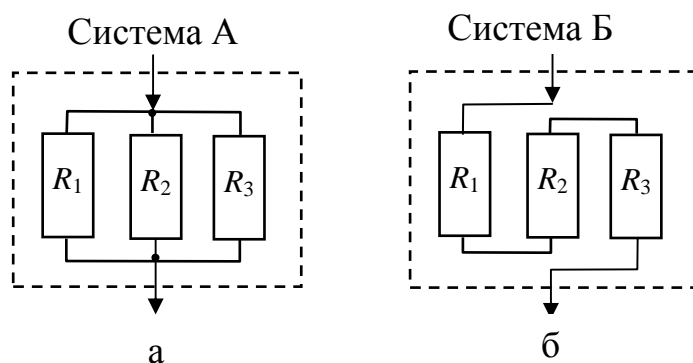


Рис. 2.3 – Роль зв'язків в структурі системи

У науковій літературі зустрічається велика кількість різних визначень структури. Як приклад наведемо низку, на наш погляд типових тлумачень.

Структура системи - це стійка впорядкованість її елементів і зв'язків між ними.

Структура - це форма подання певного об'єкта у вигляді складових частин.

Структура - це множина усіх можливих відносин між підсистемами й елементами всередині систем.

Під структурою розуміють сукупність елементів і зв'язків між ними, що визначаються, з огляду на розподіл функцій і цілей, поставлених перед системою.

Структура системи - це те, що залишається незмінним у системі в разі зміни її стану, реалізації різних форм поведінки, виконання системою операцій та ін.

Разом ці визначення відбивають головні, притаманні будь-якій структурі: елементний склад, наявність зв'язків, інваріантність (незмінність) у часі. За змістом лише остання властивість дає змогу розмежувати поняття системи і структури. Зважати лише на інваріантність структури, однак, недостатньо. Оскільки структура - це частина системи, необхідно чітко зазначити, яка саме частина, які властивості й ознаки системи є структурними, а які - ні. Відповіді на ці питання залежать від цілей дослідження системи, на що також необхідно зважати. Із погляду на вищезазначене під **структурою розумітимемо сукупність тих властивостей системи, які є значущими з погляду проведеного дослідження, й мають інваріантність на всьому інтервалі функціонування системи.**

Залежно від цілей вивчення дослідника цікавитимуть різні інваріантні в часі властивості системи. Із цього випливає, що для однієї системи можна побудувати різні структури, й **між системою та її структурою відсутня однозначна відповідність.**

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що формування структури є частиною розв'язання загального завдання побудови системи, причому такого, яке не визначає систему в цілому, а лише виявляє її конфігурацію. Отже, побудова структури - самостійне завдання, що випереджає синтез системи в цілому і полегшує його проведення.

Система виділяється людиною із зовнішнього середовища за функціональними або просторовими ознаками. Наприклад, живі й технічні системи - за просторовою ознакою; економічні, організаційні - за функціональною.

Треба мати на увазі, що структура системи формується внаслідок еволюції в певному класі середовищ і відбиває постійні фактори певного середовища. В еволюційному аспекті саме середовище «формує» структуру системи. Із погляду філософії це означає, що життя є атрибутивною властивістю матерії. Кожна жива істота формується матеріальним середовищем і фактично є «продовженням» цього середовища. Вона народжується в оточуючому матеріальному середовищі як відгук на запит середовища на виконання певної функції, розвивається в середовищі, виконуючи цю функцію, і зникає після реалізації цієї функції.

2.8 Потоки і процеси в системі

Розглянемо поняття «процес» і «потік», що посідають важливе місце в теорії систем.

Процес (лат. processus - просування) – це *послідовна зміна станів стадій розвитку, сукупність послідовних дій для досягнення певного результату* (наприклад, виробничий процес – послідовна зміна трудових операцій).

Зазначимо, що процес як філософська категорія характеризує сукупність незворотних, взаємозалежних, тривалих змін (спонтанних, керованих, організованих, самоорганізованих тощо).

Під **процесом у системі** ми розумітимемо *будь-яку зміну її властивостей під час взаємодії складових системи одна з одною або із зовнішнім середовищем*.

Процес перетворює вхід системи на вихід. *Здатність переводити заданий вхід у заданий вихід називають властивістю заданого процесу*. У системі, зазвичай, протікає декілька процесів, між якими існує зв'язок. Зв'язок визначає послідовність процесів так, що вихід одного процесу є входом іншого.

Виділити систему в реальному світі - означає вказати всі процеси, що формують заданий вихід при заданих входах.

Будь-який процес має містити такі складові [30]:

- 1) об'єкт процесу, тобто те, що змінюється або перебуває у процесі;
- 2) часові відносини;
- 3) просторові відносини;
- 4) напрямок.

Об'єкт процесу. Без об'єкта процесу не можна спостерігати, усвідомлювати або описувати жоден процес, жодний динамічний стан узагалі. Об'єкт може бути річчю, певним динамічним станом, наприклад, процесом інтеграції, зростання, дегенерації, поширення.

Незважаючи на те, що об'єкт змінюється, перебуваючи у процесі, він має уявлятися таким, що зберігає свою ідентичність протягом усього процесу, у якому він знаходиться. Будь-який об'єкт процесу існує доти, доки він зберігає свою тотожність або ідентичність.

Часові відносини. Будь яка зміна, процес, рух, динамічний стан містить час як фактор фіксації параметрів цієї зміни.

Просторові відносини. Будь-який процес відбувається в певному місці й перебуває в просторовому зв'язку з іншими процесами та явищами, обраними за початок відліку. У протилежному випадку процес не можна локалізувати і він залишається невизначеним. Однак, для адекватного опису багатьох соціокультурних явищ потрібна особлива категорія соціального простору й часу з його власною системою координат.

Напрямок – необхідна складова поняття «процес». Саме напрям, спирається на той факт, що процес перебігає від чогось до чогось, що зміна припускає перехід із одного стану в інший. Будь-який динамічний стан

означає певну модифікацію одиниці в категорії «від ... до». Цей рух «від ... до» і є напрямом процесу. Різноманітні напрями процесу можна звести до чотирьох видів: напрям у часі, напрям у просторі, якісний напрям і кількісний напрям.

У кожній штучній системі існують три різних за своєю роллю процеси [27]: **основний процес, зворотний зв'язок і обмеження.**

Основний процес перетворює вхід на вихід.

Зворотний зв'язок виконує такі процедури:

порівнює реальний вихід системи з нормованим виходом і виділяє розбіжності;

оцінює розбіжності існуючого виходу з бажаним;

виробляє рішення відповідно до розбіжностей;

формує процес уведення рішення (утручання в основний процес системи) і впливає на основний процес із метою зближення реального і бажаного (нормованого) виходів.

Обмеження визначаються (виробляються) споживачем результатів функціонування системи, який аналізує виходи системи. Цей процес впливає на вихід і керування системою, забезпечуючи відповідність виходу системи цілям споживача.

Розглянемо систему як посередника в реалізації певного процесу (рис. 2.4), в якому зміна «А» (сукупність параметрів) має викликати зміну «Б» (сукупність параметрів) не прямо, а через певну зміну в об'єкті, тобто в системі. Зрозуміло, що в систему має дещо надійти відповідно до зміни в «А» так, щоб система забезпечила закономірну зміну «Б».



Рис. 2.4 – 1) вхідний потік; 2) вихідний потік.

Під час перебігу процесів системи виконують свої функції за наявності (за допомогою) потоків енергії, матерії й інформації. У системі можуть циркулювати одночасно кілька потоків.

Розрізняють такі види потоків:

енергетичні;

матеріальні;

інформаційні;

фінансові;

людські (кадрові) тощо.

Потоки і структура системи перебувають у тісній взаємозалежності.

Структура виконує роль обмежень на потоки у просторі та часі. Структура ініціює потоки, спрямовує їх за визначеними шляхами, піддає потрібним для виконання своєї функції перетворенням.

Розрізняють *підтримуючі потоки* й *потоки продукції* (або відходів). Перші необхідні для стабілізації або збереження первинної структури, другі є наслідком структурного впливу.

Можливі чотири види взаємодії структури та потоків:
структура змінюється природно або штучно, а потоки не змінюються;
потоки змінюються (природним або штучним чином), а структура не змінюється;

зміна структури спричиняє зміну потоку (якісну або кількісну);

зміна потоків спричиняє зміну структури.

Кожна з цих комбінацій має різні наслідки для системи, її якісного стану й ефективності функціонування.

Варто зазначити, що категорії «потоки» і «процеси» втілюються на практиці в межах рекомендацій міжнародного стандарту ISO 9000:2000, який подає визначення процесу як стійкої, цілеспрямованої сукупності взаємозалежних видів діяльності, що за певною технологією перетворює входи на виходи, які становлять цінність для споживача.

Упровадження процесного підходу в управлінні, дає змогу розглядати процес управління як послідовність робіт, об'єднаних в етапи, кожний із яких має чітко визначену мету. Етапи можуть виділятися за функціями керування або за специфікою змісту робіт.

Одне з перших ефективних упроваджень процесного підходу у виробництві здійснено в японській компанії Тойота у 70-і роки минулого сторіччя за активної участі С. Синго, який надав точні визначення поняттям «процес» і «операція» [20]: "Коли ми розглядаємо процес, то бачимо рух матеріалу в часі й у просторі, перетворення сировини спочатку на напівоброблену заготовку, а потім – на готову продукцію. Окрім того, коли ми розглядаємо операції, то бачимо роботу, виконувану для цього перетворення, - взаємодію та рух засобів виробництва й робітників у часі і просторі. Під час аналізу процесу вивчається потік матеріалу або продукції; під час аналізу операцій вивчається діяльність робітників і верстатів щодо перетворення продукту».

Запровадження процесного підходу дає змогу вдосконалити керованість організації, зменшити вплив людського фактора під час управління організацією та виконанні окремих бізнес-процедур, зменшити витрати організації.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела [4, с. 3–8, 32–41], [16, с. 16–24], [20, с. 21–36].
Додаткові джерела [12, с. 17–20, 29–38], [32, с. 96–160].

Питання для самоконтролю

1. Прокоментуйте розповсюджені визначення поняття система.
2. Поясніть поняття «підсистема», «елемент», «зовнішнє середовище».
3. Що розуміється під характеристикою системи?
4. За якими ознаками класифікують системи? Наведіть приклади.
5. Що розуміють під властивістю системи? Як поділяють властивості системи?
6. Поясніть поняття «призначення системи».
7. Що мають на увазі під функціями системи?
8. Поясніть взаємозв'язок між структурою та функціями системи.
9. Поясніть поняття «поток» і «процеси» в системах.

Теми рефератів

1. Структура організації: вплив внутрішніх і зовнішніх факторів.
2. Процеси в організації, процесний підхід до управління.
3. Призначення системи на прикладі організації (банківська установа, торговельно-розважальний центр, театр, університет).
4. Класифікація систем.

Тема 3. МОДЕЛІ Й МОДЕЛЮВАННЯ

Викладені в темах 1 і 2 положення є однією з важливих складових частин категорійного і одночасно методологічного апарату теорії систем, глибоке розуміння якого потрібне для повноцінного вирішення реальних проблем управління організаціями та підприємствами. Іншою, не менш важливою складовою є методичний апарат (принципи, технологія та методи побудови моделей систем), який дає змогу реалізувати на практиці ефективно розв'язання цих проблем.

У цій темі ми розглянемо основні положення моделювання, яке сьогодні вважається основним методом наукового пізнання, що забезпечує отримання інформації про досліджувані об'єкти та явища, накопичення нових знань шляхом проведення модельних експериментів. Значного поширення цей метод набув завдяки можливостям сучасної комп'ютерної техніки й комп'ютерних технологій.

Сутність методу моделювання полягає в тому, що поряд із системою-оригіналом SO розглядають її модель, у якості якої виступає деяка інша система SM , яка становить собою образ (аналог) оригіналу SO за умови моделюючого відображення (подібності).

Модель здебільшого є спрощеним образом оригіналу, і це спрощення здійснюється завдяки відображенню, за якого із системи SO свідомо видаляють деякі компоненти і зв'язки й отримують підсистему SM . Водночас модель має у визначеному сенсі коректно відображати оригінал, хоча можливе й певне наближення.

Залежно від характеру наближення для одного оригіналу можна одержати кілька різних моделей. Стратегія моделювання полягає у спробі шляхом спрощення отримати модель, властивості й поведінку якої можна ефективно вивчати, але яка водночас залишається подібною до оригіналу, щоб результати вивчення можна було застосовувати до оригіналу.

Розглянемо основні поняття теорії моделювання.

3.1 Поняття та визначення

Модель (від лат. *modulus* - міра, аналог, зразок) - це штучно створений образ конкретного об'єкта, процесу або явища, у кінцевому підсумку, будь-якої системи [3].

Поняття моделі пов'язано з наявністю будь-якої подібності між двома об'єктами, один із яких є оригіналом, а другий - його образом, що виконує роль моделі. Модель - це відображення реальної системи (оригіналу), яке має певну об'єктивну відповідність їй і дає змогу прогнозувати й досліджувати її функціональні характеристики. Під час складання моделі відображають окремі аспекти функціонування системи, тобто специфіку, спрямовану на розв'язання поставленого цільового завдання дослідження системи. Подібність двох об'єктів із погляду виконання будь-яких функцій, цілей або завдань дає змогу стверджувати, що між ними існує відношення подібності оригіналу й моделі.

Модель є завжди спрощеним описом системи, що дає істотні переваги у використанні (наочність, безпечність, доступність проведення випробувань та ін.).

Моделювання - це процес дослідження системи (об'єкта, процесу чи явища), який передбачає побудову моделі, вивчення її характеристик і перенесення отриманих відомостей на досліджувану систему.

Загальними функціями моделювання є опис, пояснення і прогнозування поведінки реальної системи.

Типовими цілями моделювання можуть бути пошук оптимальних або близьких до оптимальних рішень, оцінка ефективності рішень, визначення властивостей системи, установлення взаємозв'язків між характеристиками системи, впливу факторів зовнішнього середовища на систему й системи на зовнішнє середовище. Термін «модель» має достатню кількість трактувань. Надалі дотримуватимемось такого визначення: *модель* - це об'єкт, створений для дослідження реального об'єкта (прототипу), що має в деяких відносинах подібність до прототипу і використовується як засіб опису, пояснення і прогнозування поведінки прототипу [3].

Особливо велике значення має моделювання для дослідження систем, натурні експерименти над якими неможливі через складність, великі фінансові витрати, загрози екологічних катастроф, унікальність чи практичну неможливість проведення тощо.

Можна виділити *три основних сфери застосування моделей* [3]: наукові дослідження, навчання та керування. У наукових дослідженнях

моделі виступають засобом отримання, фіксування й упорядкування нової інформації, що забезпечує розвиток теорії та практики. У системі навчання моделі дозволяють досягти високої наочності відображення різних об'єктів і полегшити передачу знань про них. Це переважно моделі, що дають змогу описати й пояснити систему. У керуванні моделі використовуються для обґрунтування рішень. Вони забезпечують як опис, так і пояснення та прогнозування поведінки систем.

Будь-яка діяльність людини має цільовий характер і спрямована на досягнення певної мети. **Мета** в цьому випадку - це образ бажаного майбутнього, тобто *модель стану, на досягнення якого спрямована діяльність*.

Системність діяльності виявляється в тому, що вона організується за певним планом або алгоритмом. Алгоритм є моделлю планованої діяльності. Отже, моделювання є неминучою процедурою в будь-якій доцільній діяльності.

Варто наголосити, що *модель* не загалом якість відображення оригіналу, а *цільове відображення оригіналу*. Мета моделювання визначає, які властивості оригіналу і якою мірою (із якою точністю) мають відтворюватися в моделі.

Якщо розглядають дві подібні системи SO і SM, із яких SO - досліджувана система, а SM - її бажане уявлення, то SO називають реальною системою (системою оригіналом), а SM - моделюючою системою або моделлю системи SO. Окрім того, з позиції подібності систем SO і SM треба звернути увагу на термінологічні нюанси [21]. Оскільки відношення подібності симетричне (як і будь-яке відношення еквівалентності), то можна й систему SM розглядати як систему оригінал. Яка з двох систем розглядається як система оригінал, залежить від обставин. Наприклад, у процесі розроблення нового зразка виробу проектно-конструкторська документація може розглядатися як система оригінал, а експериментальний зразок виробу – як модель цієї системи. Після закінчення етапу освоєння виробництва (у процесі якого проектно-конструкторська документація є еталоном, під який підганяється виріб) новий виріб може розглядатися як реальна система, а його проектно-конструкторська й технологічна документації – як модель цього виробу.

Питання про те, чи можна використовувати якусь систему як модель для реальної системи, вирішується винятково з прагматичних міркувань. Це рішення приймає дослідник. Він обирає потрібну модель як заміник реальної, якщо, на його думку, вона має очевидні переваги порівняно зі справжньою і водночас не гірша за будь-яку іншу з наявних у його розпорядженні моделей.

Отже, термін «модель» використовується у зв'язку з визначеним відношенням між двома системами.

В іншій інтерпретації термін «модель» уживається для номінації безлічі припущень, за яких вирішується задача. Такими припущеннями є, наприклад, аксіоми в математичних теоріях.

У літературі термін «модель» використовують також на позначення системи, яка є спрощеною модифікацією іншої системи. Оскільки відношення спрощення асиметричне, а відношення подібності симетричне, то термінологічно треба розрізняти ці поняття.

3.2 Основні вимоги до моделей

Головна вимога до будь-якої моделі полягає в тому, що вона має бути адекватною об'єкту дослідження, в іншому випадку втрачається сенс моделювання. Під адекватністю моделі зазвичай розуміють ступінь її відповідності системі-оригіналу. Повної (абсолютної) відповідності, однак, бути не може за визначенням моделі. Із огляду на це в системному аналізі як критерій адекватності використовується придатність моделі розв'язувати конкретні проблеми, поставлені замовником перед дослідником. Іншими словами, системна модель вважається адекватною реальній, якщо отримані за її допомогою закономірності не суперечать фактам, що спостерігаються, а одержувані з її залучанням висновки дають змогу досягти цілей цього дослідження.

Отже, адекватною називають таку модель, для якої вимоги повноти, точності й істинності моделі виконуються не загалом, а лише настільки це потрібно щоб досягти мети моделювання [21].

Серед інших вимог до моделі можна назвати вимоги, які не потребують особливих пояснень: точності результатів, отримуваних при використанні моделі; надійності функціонування моделі; продуктивності (мінімального часу отримання результатів) моделі тощо. Вирізняють також модифікаційні вимоги до моделі (можливість її модернізації в разі появи нових задач моделювання).

Очевидний той факт, що створення адекватної моделі можливе тільки в тому випадку, коли властивості й взаємозв'язки об'єкта моделювання відомі та достатньою мірою вивчені. В той же час, якщо об'єкт вивчений, то навіщо його моделювати? І навпаки, якщо об'єкт невивчений – як можна побудувати його адекватну модель? Маємо **парадокс моделювання**, який можна зустріти не тільки в системних, але й у будь-яких інших дослідженнях.

У традиційних наукових напрямках вихід знаходять у тому, що модель не обґрунтовують, а постулюють на базі емпіричних знань, які має дослідник на даний момент часу. Так у класичній і квантовій механіці другий закон І. Ньютона (основна модель механіки макросвіту) і хвильове рівняння нерелятивістської квантової механіки Е. Шредінгера (основна модель мікросвіту) не виводяться з будь-яких передумов, а постулюються. Рівняння Д. К. Максвелла, що описують динаміку електромагнетизму, також не доводяться, а приймаються як аксіоми. Такий самий підхід простежується в тео-

ретичній біології, де логістичне рівняння, за допомогою якого описують динаміку біологічних популяцій, приймається як вихідне й не доводиться.

У період становлення системне моделювання розвивалося приблизно таким самим шляхом: з математики запозичувався будь-який придатний метод, який надалі модифікувався та доопрацьовувався з погляду на особливості системи-оригіналу, насичувався відповідною термінологією, доводився до обчислювальних процедур і подавався як модель системи. Потім проводилися дослідження цієї моделі, за результатами яких формулювалися висновки й надавалися рекомендації замовникові щодо раціональних способів його поведінки в тих або інших ситуаціях. До того ж у неочевидному вигляді постулювалося, що аксіоматика, прийнята під час розроблення математичного методу, відповідає принципам побудови та сутності функціонування того реального об'єкта, для моделювання якого використовувався цей метод. Так уважалося, що методи теорії масового обслуговування однаково придатні для імітації процесів функціонування систем зв'язку і процесів ведення бойових дій. Таку концепцію побудови системних моделей можна назвати редукціонізмом (від лат. *reductio* - повернення, зведення складного до простого).

Наразі прийнято *гомеостатичну концепцію моделювання систем* [33], (від грець. *homoios* - подібний + *status* - стан). На практиці вона реалізується різними способами, суть у яких одна: покрокове приведення вихідної моделі до стану подібності до об'єкта-оригіналу завдяки включенню до моделі програмних механізмів адаптації й інтерпретації, а також організації режиму ефективного діалогу з дослідником.

Ідея побудови гомеостатичної моделі проста, але її практичне втілення вимагає залучення принципово нових інформаційних технологій. На першому кроці, використовуючи дані описової моделі, створюється так званий каркас системної моделі (її вихідне, нульове наближення), що враховує апріорі відомі властивості й аспекти модельованої системи. Цей каркас, далекий від адекватності об'єкта-оригіналу, не дає змоги сформулювати значущих практичних висновків, але водночас у нього закладаються спеціальні алгоритми, які уможливають зміну вихідних передумов (базові аксіоми і правила висновків) відповідно до одержання нових даних про об'єкт вивчення. Далі проводиться модельний експеримент, отримані дані якого використовуються для коригування каркаса - формується модель системи в першому її наближенні. Потім за допомогою цієї моделі проводиться експеримент, за результатами якого модель знову коригується - формується модель системи у другому її наближенні, й так далі. Такий циклічний дослідницький процес «експеримент - дані – корегування» багаторазово повторюється та ніколи не завершується побудовою остаточної системної моделі. Це завжди буде наближенням до системи-оригіналу, яке потребує уточнення під час подальших досліджень. *Адекватність систе-*

мної моделі об'єкту вивчення не можна довести. Вона може бути або прийнятою як тимчасова угода, або відкинута на тій підставі, що одержані за її допомогою оцінки та висновки суперечать спостережуваним фактам і не дають змоги досягти цілей дослідження. Системна модель завжди відрізнятиметься від оригіналу й може лише асимптотично наближатися до нього за виконання певних умов, специфічних для кожної практичної задачі.

3.3 Принципи моделювання

Побудова та використання моделей базується на таких основних принципах [20]:

1. **Принцип інформаційної достатності.** За повної відсутності інформації про систему побудова її моделі неможлива. У разі наявності повної інформації про систему немає необхідності її моделювати. В усіх проміжних ситуаціях дослідник використовує модель системи, рівень адекватності якої визначається певним критичним рівнем апріорної інформації про систему.

2. **Принцип реалізованості.** Модель, що розробляється дослідником, має забезпечити досягнення поставленої мети з практичною ймовірністю та протягом визначеного часу. Рівень практичної ймовірності визначається характером розв'язуваної задачі й можливих негативних наслідків. Наприклад, для моделі, що описує відсоток виборців, які виявлять цікавість до виборів, цілком прийнятним можна вважати рівень практичної впевненості, оцінюваний ймовірністю, що дорівнює 0,9. Така гарантія якості моделі для атомної електростанції, однак, вочевидь недостатня, і рівень практичної впевненості в цьому випадку має задаватися не нижче 0,99999.

3. **Принцип множинності моделей.** Складність досліджуваних систем і велика розмаїтість їхніх властивостей не дають змоги побудувати одну достатню адекватну модель. З огляду на це постає необхідність у побудові певної множини моделей, які разом дають доволі повне уявлення про систему й усі процеси, що пробігають у ній.

4. **Принцип агрегування.** Будь-яка складна система включає підсистеми, агрегати і елементи, для кожного з яких можна побудувати модель із визначеним рівнем адекватності. Реалізація цього принципу дає змогу доволі гнучко керувати якістю моделі.

5. **Принцип параметризації.** Сутність цього принципу полягає в тому, що під час побудови моделі складної системи деякі її компоненти можуть моделюватися в достатньо простій абстрактній формі – у вигляді скалярного або векторного параметра. Така параметризація системи уможливорює спрощення модель системи, хоча це знижує рівень її адекватності.

У кожному конкретному випадку ступінь реалізації зазначених вище принципів різний. Залежить це як від погляду дослідника, який створює модель, так і від умов та обмежень, у яких ця модель створюється.

3.4 Види моделей і ознаки їхньої класифікації

Оригінал і модель, а також різні моделі одного оригіналу можуть відрізнитися за своєю реалізацією, під якою розуміють спосіб моделюючого відображення. Залежно від особливостей системи-оригіналу та завдань дослідження застосовуються різні способи моделюючого відображення, а самі моделі одержують відповідну класифікацію.

Як ознаки класифікації моделей використовують такі: класифікація за сферою використання; за фактором часу; за галуззю знань, за формою подання.

За сферою використання розрізняють:

навчальні моделі – використовуються у процесі навчання;

дослідно-експериментальні моделі – зменшені або збільшені копії об'єкта проектування (застосовують для дослідження і прогнозування майбутніх характеристик);

науково-технічні моделі – для дослідження процесів і явищ;

ігрові моделі – репетиція поведінки об'єкта за різних умов;

імітаційні моделі – відображення реальності тією чи іншою мірою (метод проб і помилок).

За фактором часу розрізняють моделі *статичні* (описують стан системи в певний проміжок часу) і *динамічні* (описують процеси зміни та розвитку системи в часі).

Класифікація моделей *за галуззю знань* - це класифікація за галуззю діяльності людини: *математичні, біологічні, хімічні, соціальні, економічні, історичні* тощо.

Однією з основ класифікації моделей є співвіднесення типів моделей з типами цілей моделювання. Наприклад, моделі можна поділити на пізнавальні та прагматичні.

Пізнавальні моделі є формою організації та подання знань, засобом об'єднання нових знань із наявними. Тому при виявленні розбіжності між моделлю і реальністю встає задача усунення цієї розбіжності за допомогою зміни моделі шляхом наближення її до реальності.

Прагматичні моделі є засобом керування, засобом організації практичних дій, способом подання зразково правильних дій або їхнього результату. Із огляду на це в разі виявлення розбіжності між моделлю і реальністю повстає завдання усунення цієї розбіжності за допомогою зміни реальності в напрямку наближення до моделі. Прикладами прагматичних моделей можуть бути плани, програми дій, статuti організацій, кодекси законів, алгоритми, проектно-конструкторська документація, тощо.

Отже, прагматичні моделі мають нормативний характер, відіграють роль стандарту, тобто зразка, під який «підганяються» як сама діяльність, так і її результат (стандарт, що використовують як зразок для діяльності та її результатів).

За *формою подання* розрізняють моделі *матеріальні* й *абстрактні*.

Матеріальні - це предметні (фізичні) моделі. Вони завжди мають реальне втілення. Відбивають зовнішню властивість і внутрішню будову вихідних об'єктів, сутність процесів і явищ об'єкта-оригіналу. Це експериментальний метод пізнання навколишнього середовища.

Абстрактна модель - це опис об'єкта досліджень будь-якою мовою. Абстрактність моделі виявляється в тому, що її компонентами є поняття, а не фізичні елементи (наприклад, словесні описи, креслення, схеми, графіки, таблиці, алгоритми або програми, математичні вирази).

Абстрактні моделі описують поведінку об'єкта-оригіналу, але не копіюють його. До них зараховують гносеологічні, сенсуальні, концептуальні, математичні моделі тощо.

Гносеологічні моделі спрямовані на вивчення об'єктивних законів природи (наприклад, моделі сонячної системи, біосфери, світового океану, катастрофічних явищ природи).

Сенсуальні моделі - моделі почуттів, емоцій, або моделі, що впливають на почуття людини (наприклад, музика, живопис, поезія).

Концептуальна модель - це абстрактна модель, що виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єкту й істотні в рамках визначеного дослідження. Основне призначення концептуальної моделі - виявлення набору причинно-наслідкових зв'язків, на яких необхідно зважити, щоб отримати потрібні результати. Об'єкт залежно від мети дослідження може, подаватися у вигляді різних концептуальних моделей. Так, одна концептуальна модель може відображати часові аспекти функціонування системи, інша - вплив відмовлень на працездатність системи.

Математична модель - абстрактна модель, утілена в мові математичних відносин. Вона має форму функціональних залежностей між параметрами, які враховуються відповідною концептуальною моделлю. Ці залежності конкретизують причинно-наслідкові зв'язки, виявлені в концептуальній моделі, і характеризують їх кількісно.

Отже *модель* - це спеціальний об'єкт, який у деяких відносинах заміщає оригінал. Власне кажучи не існує моделі, яка була б повним еквівалентом оригіналу. Будь-яка модель відбиває лише деякі сторони оригіналу. Зважаючи на це, з метою отримання більш глибоких знань про об'єкт-оригінал використовують сукупністю моделей. Складність моделювання як процесу полягає у відповідному виборі такої сукупності моделей, що заміщують реальний об'єкт у необхідних відносинах.

Незважаючи на велику кількість розробок у сфері моделювання систем різного призначення, наразі не створено єдиної класифікації моделей і теорії побудови системних моделей, яка б повною мірою реалізовувала концепцію системного підходу.

Як приклад розглянемо один із варіантів класифікації системних моделей, наведений у [33] (див. рис. 3.1).

Залежно від призначення системні моделі поділяють на керуючі, моделі для проектування та моделі для планування. Моделі для проектування

призначені для забезпечення проектування технічних, технологічних, організаційних та інших систем, а також для наукових досліджень. Моделі керуючого типу – для управління реальними технологічними, технічними, виробничими й іншими процесами. Наприклад, такі моделі використовуються в автоматизованих системах керування рухом залізничного й повітряного транспорту. У тому випадку, коли системні моделі розробляються та використовуються для відпрацювання планів застосування будь-яких засобів, вони називаються моделями для планування.

Системні моделі, що працюють тільки в режимі «запитання – відповідь», належать до класу експертних. Якщо предметна база містить лише прагматичний рівень, тобто складається тільки з бази даних, то такі моделі називаються інформаційно-пошуковими. Моделі, що працюють в інтерактивному режимі, називаються інформаційно-логічними, а у випадку, коли об'єктом керування є певна система спеціального математичного забезпечення або пакет прикладних програм, їх називають інформаційно-розрахунковими.

Індивідуальні моделі реалізуються на базі локальних комп'ютерних засобів і призначені для персональної дослідницької, управлінської та планувальної роботи. **Колективні системні моделі** розробляються на базі розподілених комп'ютерних мереж. Вони призначені для проведення комплексних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у масштабі інституту або дослідно-конструкторського бюро, а також для керування просторово-розподіленими об'єктами. Такі моделі входять до складу відповідних автоматизованих систем керування, утворюють їхнє інтелектуальне й інформаційне ядро. Зазвичай, кожному типу системних моделей властиві певні особливості структурної побудови, а також своя специфіка у способах програмної реалізації.

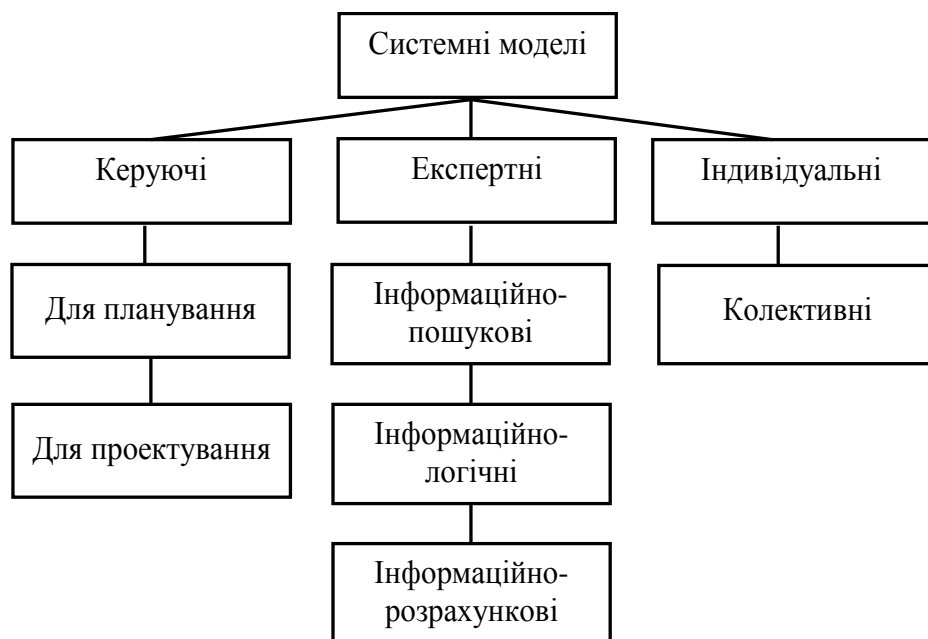


Рис. 3.1 – Варіант класифікації системних моделей

Розгляд методів моделювання виходить за рамки даного посібника. Детальніше з класифікаціями моделей і видів моделювання можна ознайомитися в [3, с. 43–53], [20, с. 64–72].

3.5 Технологія моделювання

Процес моделювання загалом включає низку етапів, основні з яких:

1) *формулювання проблеми та визначення цілей моделювання*. Результатом цього етапу є складений змістовий опис об'єкта моделювання;

2) *розроблення концептуального опису*. Результатом цього етапу є концептуальна модель і вибір способу формалізації для заданого об'єкта моделювання;

3) *формалізація моделі*. Складається формальний опис об'єкта моделювання;

4) *програмування моделі (розроблення імітатора)*. Здійснюється вибір засобів автоматизації моделювання, алгоритмізація, програмування та налагодження моделі;

5) *випробування й дослідження моделі, перевірка моделі*. Проводиться верифікація, оцінка адекватності, дослідження властивостей та інші процедури комплексного тестування розробленої моделі.

6) *планування й проведення модельного експерименту*. Здійснюється стратегічне й тактичне планування модельного експерименту. Результатом є складений і реалізований план експерименту, задані умови проведення дослідження для обраного плану;

7) *аналіз результатів моделювання*. Дослідник проводить інтерпретацію результатів моделювання і їхнє використання.

Розглянемо детальніше зміст цих етапів.

Формулювання проблеми та визначення цілей імітаційного дослідження. На першому етапі формулюють проблему, що постала перед дослідником і приймають рішення про доцільність застосування методу моделювання. Потім визначаються цілі, яких потрібно досягти внаслідок моделювання. Від формулювання цілей значною мірою залежить вибір типу моделі й характер подальшого дослідження на моделі. На цьому етапі визначається та детально вивчається об'єкт моделювання, ті сторони його функціонування, що становлять інтерес для дослідження. Результатом робіт на цьому етапі є змістовий опис об'єкта моделювання із зазначенням цілей моделювання й аспектів функціонування об'єкта моделювання, які необхідно вивчити за допомогою моделі. Змістовий опис складають у термінології реальної системи мовою предметної області, зрозумілою замовникові.

Під час складання *змістового (концептуального) опису* об'єкта моделювання встановлюють границі дослідження об'єкта моделювання, поють опис зовнішнього середовища. Формулюють основні критерії ефективності, за якими передбачається проводити порівняння на моделі різних варіантів рішень, проводять генерацію й опис альтернатив для

розгляду. Загального рецепта складання змістового опису не існує. Успіх залежить від інтуїції розробника і знання реальної системи. Загальна технологія (або послідовність дій) на цьому етапі є такою:

збирання даних про об'єкт моделювання і складання його змістового опису;

далі впливає:

1) вивчення проблемної ситуації - визначення діагнозу й постановка задачі;

2) уточнення цілей моделювання;

3) обґрунтування необхідності моделювання і вибір методу моделювання.

На цьому етапі чітко й конкретно формулюються цілі моделювання.

Цілі моделювання визначають загальний задум моделі та пронизують усі подальші етапи моделювання. Далі здійснюється формування концептуальної моделі досліджуваного об'єкта.

Структурування вихідної проблеми. Формулювання проблеми. Менеджер, насамперед, має вміти аналізувати проблему. Він вивчає і структурує вихідну проблему, виконує її чітке формулювання.

Аналіз проблеми необхідно починати з детального розгляду всіх аспектів функціонування системи. Тут важливо розуміти деталі, тому треба бути або фахівцем у конкретній предметній області, або взаємодіяти з експертами. Розглянута система пов'язана з іншими системами, тому важливо правильно визначити задачі. Загальну задачу моделювання при цьому розбивають на часткові задачі.

Системний підхід до вирішення проблем передбачає таке:

1) системний розгляд сутності проблеми:

обґрунтування сутності та місця досліджуваної проблеми, формування загальної структури досліджуваної системи, виявлення повної множини значущих факторів, визначення функціональних залежностей між факторами;

2) побудову єдиної концепції вирішення проблеми:

дослідження об'єктивних умов вирішення проблеми, обґрунтування цілей, задач, необхідних для вирішення проблеми, структурування задач, формалізацію цілей,

розроблення засобів і методів вирішення проблеми: опис альтернатив, сценаріїв, правил розв'язання та керівних впливів для відпрацювання в подальшому на моделі процедур прийняття рішень;

3) системне використання методів моделювання:

системна класифікація (структурування) задач моделювання;

системний аналіз можливостей методів моделювання;

вибір ефективних методів моделювання.

Виявлення цілей. Перший і найважливіший крок під час створення будь-якої моделі полягає у визначенні її цільового призначення. Тут може застосовуватися метод декомпозиції цілей, що припускає поділ цілого на частини: цілей - на підцілі, задач - на підзадачі й т. д. На практиці цей підхід призводить до ієрархічних деревоподібних структур (побудови

дерева цілей). Цю процедуру проводять фахівці й експерти з проблеми. Отже, тут має місце суб'єктивний фактор. Побудоване в наслідок цієї процедури дерево цілей може надалі виявитися корисним під час формуванні множини критеріїв.

Треба мати на увазі деякі труднощі цього етапу. Те, що для одного рівня є метою, для іншого – є засобом, і часто відбувається змішування цілей. У складній системі з великою кількістю підсистем цілі можуть бути суперечливими. Ціль рідко буває єдиною, за множини цілей існує небезпека неправильного ранжування.

Сформульовані та структуровані на першому етапі цілі моделювання визначають весь хід подальшого дослідження.

Формування критеріїв. Винятково важливим є чітке й однозначне визначення критеріїв. Це впливає на процес створення й дослідження моделі. Окрім того, неправильне визначення критерію призводить до неправильних висновків. Розрізняють критерії, за допомогою яких оцінюють ступінь досягнення мети системою, і критерії, за якими оцінюють спосіб руху до мети (або ефективність засобу досягнення цілі). Для багатокритерійних систем моделювання формують набір критеріїв, їх необхідно структурувати за підсистемами або ранжувати за важливістю.

Розроблення концептуальної моделі об'єкта моделювання. Концептуальна модель - це логіко-математичний опис системи відповідно до сформульованої проблеми.

Основний зміст цього етапу - формулювання загального задуму моделі, перехід від реальної системи до логічної схеми її функціонування. Тут приводиться опис об'єкта в термінах математичних понять і алгоритмізація функціонування її складових. Концептуальний опис - це спрощене алгоритмічне відображення реальної системи.

Під час розроблення концептуальної моделі з'ясовують основну структуру моделі, що включає статичний і динамічний опис системи. Установлюють границі системи, наводять опис зовнішнього середовища, виділяють значущі елементи та подають їхній опис, формують змінні, параметри, функціональні залежності як для окремих елементів і процесів, так і для всієї системи, обмеження, цільові функції, критерії.

Результат роботи на цьому етапі - документований концептуальний опис і обраний спосіб формалізації досліджуваної системи. Під час створення невеликих моделей цей етап поєднується з етапом складання змістового опису досліджуваної системи. На цьому етапі уточнюють методику модельного експерименту.

Побудова концептуальної моделі починається з того, що на базі мети моделювання встановлюються границі досліджуваної системи, визначаються впливи зовнішнього середовища. Висуваються гіпотези й фіксуються всі припущення, необхідні для побудови моделі. Обговорюють рівень деталізації процесів, що підлягають моделюванню.

Можна визначити систему як сукупність взаємозалежних елементів. У конкретній предметній області визначення системи залежить від мети

моделювання й від того, хто визначає систему. На цьому етапі здійснюють **декомпозицію системи**. Визначають найбільш важливі з погляду сформульованої проблеми елементи системи (виконують структурний аналіз системи) і взаємодії між ними, виявляють основні аспекти функціонування системи (*складають функціональну модель*), наводять опис зовнішнього середовища. Декомпозиція системи (об'єкта моделювання), або виділення підсистем, - це операція аналізу. Елементи моделі мають відповідати реально існуючим фрагментам у системі. Складну систему розбивають на частини, зберігаючи при цьому зв'язки, що забезпечують взаємодію. Можна скласти функціональну схему, яка виявить специфіку динамічних процесів, що відбуваються в розглядуваній системі. Важливо визначити, які компоненти будуть включені в модель, які будуть винесені в зовнішнє середовище і які взаємозв'язки будуть установлені між ними.

Опис зовнішнього середовища виконують виходячи з тих міркувань, що елементи зовнішнього середовища впливають на елементи системи, проте вплив самої системи на них, здебільшого, неістотний.

Під час обговорення рівня деталізації моделі важливо розуміти, що будь яка декомпозиція ґрунтується на двох суперечливих принципах: повноти і простоти. На початкових етапах складання моделі зазвичай спостерігається тенденція до врахування надмірно великої кількості компонентів і змінних. Проте гарна модель – це проста модель. Відомо, що ступінь розуміння явища зворотно пропорційний кількості змінних, які фігурують у його описі. Модель, перевантажена деталями, може стати складною й важкою в реалізації.

Концептуальна модель – це систематизований змістовий опис системи (або проблемної ситуації) неформальною мовою. Неформалізований опис розроблюваної моделі включає визначення основних елементів модельованої системи, їхніх характеристик і взаємодію між елементами. Окрім того, можуть використовуватися таблиці, графіки, діаграми тощо. Неформалізований опис моделі потрібен як самим дослідникам (під час перевірки адекватності моделі, її модифікації та ін.), так і фахівцям інших профілів для досягнення взаєморозуміння.

Концептуальна модель містить вихідну інформацію для системного аналітика, який виконує формалізацію системи і використовує для цього певну методологію та технологію, тобто на базі неформалізованого опису здійснюється розроблення більш суворого й докладного формалізованого опису.

Потім формалізований опис перетворюється на програму-імітатор відповідно до певної методики (технології моделювання).

Основне завдання етапу формалізації - подати формальний опис складної системи, звільнений від другорядної інформації, що міститься у змістовому описі, а також алгоритмічне подання об'єкта моделювання. Мета формалізації – одержати формальне подання логіко-математичної

моделі, тобто алгоритмів поведінки компонентів складної системи, і відтворити на рівні моделюючого алгоритму взаємодію між компонентами.

Може виявитися, що інформації, наявної у змістовому описі недостатньо для формалізації об'єкта моделювання. У цьому разі необхідно повернутися до етапу складання змістового опису та доповнити його даними, необхідність у яких виявилася під час формалізації об'єкта моделювання. На практиці таких повернень може бути декілька. Формалізація корисна в певних межах і для простих моделей недоцільна.

Спостерігається істотне розмаїття схем (концепцій) формалізації та структуризації, що знайшли застосування в моделюванні. Схеми формалізації орієнтуються на різні математичні теорії й виходять із різних уявлень про досліджувані процеси. Звідси їхнє різноманіття і проблема вибору підходящої (для опису цього об'єкта моделювання) схеми формалізації.

Програмування моделі. Концептуальний, або формальний, опис моделі складної системи перетворюється на програму-імітатор відповідно до певної методики програмування із застосуванням мов і систем моделювання. Важливим є коректний вибір інструментального засобу для реалізації моделі.

Збирання й аналіз вихідних даних. Не завжди цей етап виділяється як самостійний, але виконувана під час його реалізації робота має велике значення. Якщо програмування і трасування моделі можна виконувати на гіпотетичних даних, то майбутнє експериментальне дослідження необхідно провадити на реальному потоці даних. Від цього залежить точність одержуваних результатів моделювання й адекватність моделі реальній системі.

Тут перед розроблювачем моделі постають два питання:

де і як одержати і зібрати вихідну інформацію;

як обробити зібрані дані про реальну систему.

Основні методи одержання вихідних даних:

з існуючої документації на систему (дані звітів, статистичні збірники, наприклад, для соціально-економічних систем, фінансова й технічна документація для виробничих систем та ін.);

фізичне експериментування (іноді для задавання вихідної інформації необхідно провести натурні експерименти на модельованій системі або її прототипах);

попередній, апріорний синтез даних.

Іноді вихідні дані можуть не існувати, а модельована система виключає можливість фізичного експериментування. У цьому випадку пропонують різні прийоми попереднього синтезу даних. Наприклад, під час моделювання інформаційних систем термін виконання інформаційної вимоги оцінюється на базі трудомісткості реалізованих алгоритмів. До цих методів належать різні процедури, засновані на загальному аналізі проблематики, анкетуванні, інтерв'юванні, широкому застосуванні методів експертного оцінювання.

Друге питання пов'язане з проблемою ідентифікації вхідних даних для дослідження стохастичних систем, тобто таких, динаміка яких залежить від випадкових факторів. Вхідні (і вихідні) змінні стохастичної моделі, це здебільшого випадкові величини, вектори, функції, випадкові процеси. Через це з'являються додаткові труднощі, пов'язані із синтезом рівнянь щодо невідомих законів розподілу та визначенням імовірнісних характеристик (математичних сподівань, дисперсій, кореляційних функцій та ін.) для аналізованих процесів і їхніх параметрів. Необхідність статистичного аналізу під час збирання й аналізу вхідних даних пов'язана з задачами визначення виду функціональних залежностей, що описують вхідні дані, з оцінкою конкретних значень параметрів цих залежностей, а також із перевіркою значущості параметрів. З метою добору теоретичних розподілів випадкових величин застосовують методи математичної статистики, засновані на визначенні параметрів емпіричних розподілів і перевірці статистичних гіпотез, із залученням критеріїв узгодження щодо того, чи узгоджуються емпіричні дані з відомими законами розподілу.

Випробування та дослідження властивостей моделі. Після реалізації моделі на ЕОМ необхідно провести випробування для оцінки адекватності моделі. На етапі випробування та дослідження розробленої моделі організовують комплексне тестування моделі - планований ітеративний процес, спрямований на підтримку процедур верифікації моделей і даних.

Якщо після проведених процедур модель виявиться недостатньо достовірною, то можна виконати калібрування моделі (у моделюючій алгоритм убудовують коефіцієнти калібрування) з метою забезпечення адекватності моделі. У складніших випадках можливі численні ітерації з метою одержання додаткової інформації про об'єкт моделювання або дороблення моделі. Наявність помилок у взаємодії компонентів моделі повертає дослідника на етап її створення. Причиною цього може бути первісно спрощена модель процесу або явища, що призводить до неадекватності моделі об'єкту. У випадку, якщо вибір способу формалізації виявився невдалим, то необхідно повторити етап складання концептуальної моделі з огляду на нову інформацію і отриманий досвід. Нарешті, коли виявилось, що недостатньо інформації про об'єкт, необхідно повернутися до етапу складання змістового опису системи й уточнити його, зважаючи на результати випробування.

Спрямований обчислювальний експеримент на моделі. Аналіз результатів моделювання і прийняття рішень. На заключних етапах моделювання потрібно проводити стратегічне й тактичне планування експерименту. Організація спрямованого обчислювального експерименту на моделі припускає вибір і застосування різних аналітичних методів для оброблення результатів дослідження. З цією метою застосовують методи планування обчислювального експерименту, регресійний і дисперсійний аналіз, методи оптимізації. Організація і проведення експерименту вимагає

коректного застосування аналітичних методів. За отриманими результатами проведене дослідження має дати змогу зробити висновки, достатні для прийняття рішень.

3.6 Методи моделювання систем

Методи моделювання об'єктів і явищ формувалися у процесі історичного розвитку конкретних наукових напрямів, кожний із яких вивчає системи у своїй предметній сфері. Як приклади розглянемо деякі з методів, що застосовуються в моделюванні й вирішенні проблем в економіці та менеджменті.

3.6.1 Якісні методи моделювання

Методи типу «мозковий штурм». Ці методи зазвичай використовуються у формі проведення обговорень, пропозицій або проміжних результатів аналізу, отриманих із застосуванням різних методів. Під час проведення сесії колективної генерації ідей здебільшого намагаються дотримуватися таких правил:

забезпечити якомога більшу свободу мислення;

вітати будь-які ідеї;

не припускати критики будь-яких ідей;

висловлювати як найбільше ідей, особливо нетривіальних.

Метод сценаріїв. Метод підготовки й узгодження уявлень про проблему або аналізований об'єкт, викладений у письмовій формі, одержав назву «сценарію». *Сценарієм* називають документ, що містить аналіз розглянутої проблеми і пропозиції щодо її розв'язання або щодо розвитку системи. Роль фахівців із системного аналізу під час підготовки сценарію полягає в допомозі залученим спеціалістам відповідних галузей виявити загальні закономірності розвитку системи, проаналізувати зовнішні і внутрішні фактори, що впливають на її розвиток і формулювання мети. Сценарій є попередньою інформацією, на якій ґрунтується подальша робота з прогнозування або розроблення варіантів розв'язання проблеми.

Метод Дельфі. Назва методу походить від імені давньогрецького Дельфійського оракула. Метод припускає відмову від колективних обговорень і передбачає таку послідовність дій:

формується група (переважно з експертів, але в окремих випадках можуть залучатися люди, які не є експертами), причому важливо те, що вони не спілкуються безпосередньо між собою;

кожному члену групи пропонується анонімно висловити пропозицію щодо проблеми, з якої має бути прийняте рішення;

після узагальнення всіх пропозицій кожен член групи отримує звіт про висловлені припущення (іноді перераховуються всі пропозиції);

на підставі отриманого звіту учасникам знову пропонується висловити свої думки.

Подібні цикли повторюються або протягом установленого часу, або доти, поки узагальнений звіт перестане змінюватися, що означатиме, що кожен член групи зостається зі своєю думкою.

Метод дерева цілей. Термін «дерево цілей» передбачає використання ієрархічної структури, отриманої шляхом поділу загальної мети на підцілі. Побудова «дерева цілей» виконується для повнішого виявлення й систематизації факторів, які необхідно врахувати для побудови цільової функції й обмежень.

Метод орієнтований на отримання повної та відносно стійкої структури цілей, тобто такої, яка мало змінюється в разі змін у системі.

3.6.2 Методи експертних оцінок

Експертними оцінками називають групу методів, що використовуються для оцінювання систем на якісному рівні.

Припустимо, що є кінцеве число оцінюваних альтернатив і сформульовані ознаки порівняння:

$$A = \{a_1, \dots, a_n\}.$$

Методи виміру розрізняються процедурою порівняння об'єктів. Ця процедура включає побудову відносин між об'єктами, вибір перетворення φ і визначення типу шкал виміру.

Метод ранжирування. Цей метод є процедурою впорядкування об'єктів, яка виконується експертом. Унаслідок порівняння всіх об'єктів складається упорядкована послідовність:

$$a_1 > a_2 > \dots > a_n.$$

Об'єкт a_1 вважається найкращим. Для цього відношення доведено існування числової системи, елементами якої є дійсні числа, пов'язані між собою відношенням нерівності «>». Це означає, що упорядкуванню об'єктів відповідає упорядкування чисел:

$$\begin{aligned} x_1 > x_2 > \dots > x_n, \\ x_i = \varphi(a_i). \end{aligned}$$

У практиці ранжирування найчастіше застосовуються подання у вигляді натуральних чисел:

$$\begin{aligned} x_1 = \varphi(a_1) &= 1, \\ x_2 = \varphi(a_2) &= 2, \\ &\dots, \\ x_n = \varphi(a_n) &= n. \end{aligned}$$

Переваги цього методу полягають у простоті процедури.

Серед недоліків – складнощі експертів в побудові ранжирування для кількості об'єктів понад 10–15.

Метод парного порівняння. Цей метод є процедурою встановлення переваги об'єктів. Під час порівняння ймовірних пар об'єктів можливі або відношення сурового порядку, або – еквівалентності. У практиці парного порівняння використовуються такі числові подання:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a_i \geq a_j \\ 0, & \text{якщо } a_i < a_j, \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } a_i \succ a_j \\ 1, & \text{якщо } a_i \approx a_j \\ 0, & \text{якщо } a_i \prec a_j. \end{cases}$$

Результати порівняння всіх пар подають у формі матриць:

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
a ₁	1	1	1	0
a ₂	0	1	1	0
a ₃	0	0	1	0
a ₄	1	1	1	

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
a ₁	1	2	2	0
a ₂	0	1	2	0
a ₃	0	0	1	0
a ₄	2	2	2	

Загалом використання експертних методів ґрунтується на тому, що досліджувана проблема достатньо добре забезпечується інформацією і групова думка експертів близька до істини, але є клас маловивчених проблем, щодо яких думка одного експерта важливіша за думки інших. У зв'язку з цим, у задачах такого класу треба застосувати якісні методи оброблення результату, тому що методи усереднення можуть призвести до помилок.

Експертні оцінки можуть мати колективно-суб'єктивні риси. Усунути цей недолік можна, звертаючи особливу увагу на формування групи експертів і на оброблення результатів, виділяючи рідкісні та суперечливі думки.

3.6.3 Методи формалізованого подання систем

Існують різні класифікації методів формалізованого подання. Розглянемо таку:

- аналітичні;
- статистичні;
- методи дискретної математики;
- графічні методи.

Аналітичні методи ґрунтуються на методах класичної математики. Більшість напрямів математики не містять засобів постановки задач і доведення адекватності моделі. Адекватність доводиться експериментальним шляхом.

До аналітичних методів належить математичне програмування. Привабливість методів математичного програмування для рішення слабоформалізованих задач пояснюється низкою особливостей:

уведення понять «цільова функція» і «обмеження» є фактично засобом постановки задачі. У процесі проведення дослідження можливе уточнення уявлень про проблемну ситуацію;

з'являється можливість об'єднання в єдиній моделі різнорідних критеріїв (різних розмірностей, граничних значень).

модель припускає і навіть орієнтує вихід на межу області визначення змінних;

методи математичного програмування дають змогу одержати уявлення про покрокове наближення до рішення.

Графічна інтерпретація задачі дає наочне уявлення про області припустимих рішень, що допомагає у практичних ситуаціях, коли не вдається знайти формального відображення цільової функції та суворо вирішити задачу.

Підсумовуючи вищезазначене, можна сказати, що аналітичні методи застосовують, коли знання про процеси й події в певному інтервалі часу дають змогу визначити їхню поведінку поза цим інтервалом.

Для складних систем одержати аналітичні залежності вкрай важко і практично неможливо довести їхню адекватність.

Статистичні методи. Статистичним називають відображення системи за допомогою випадкових процесів, що описуються ймовірнісними характеристиками і статистичними закономірностями.

Розширення можливостей порівняно з аналітичними методами, можна пояснити тим, що процес постановки задачі частково замінюється статистичними дослідженнями, які дають змогу не виявляти всіх детермінованих зв'язків.

На основі вибіркового дослідження можна одержати статистичні закономірності й поширити їх на поведінку всієї системи загалом.

Окрім того, не завжди можна визначити репрезентативну вибірку, довести правомірність застосування отриманих на її основі статистичних закономірностей. У таких випадках доцільно звернутися до методів дискретної математики.

3.6.4 Методи дискретної математики

Теоретико-множинні подання. Ці методи ґрунтуються на поняттях теорії множин. Вони знайшли поширення для уточнення ряду математичних напрямків. Важливі результати, зокрема були отримані в теорії чисел, комбінаториці, топології тощо.

Будь-яку систему можна подати у вигляді сукупності множин і підмножин, різнорідних компонентів. В описаній за допомогою цього апарата проблемній ситуації, однак, можуть виявитися парадокси.

Логічні методи та математична логіка. Логічні подання переводять реальну систему на мову однієї з алгебр. На базі математичної логіки створені й розвиваються:

теорія логічного аналізу та синтезу;
теорія автоматів.

Застосовуються під час дослідження нових структур і систем різноманітної природи.

На базі логічних уявлень розвиваються мови моделювання проблемних ситуацій.

Можливості логічних методів обмежені й не завжди дають змогу адекватно відобразити реальну проблемну ситуацію.

Лінгвістичні та семіотичні методи. У системних дослідженнях використовують поєднання математичних, лінгвістичних, семіотичних методів. Ці методи виникли у зв'язку з потребою в аналізі тексту й мов. Вони є зручним апаратом для першого етапу постановки та формалізації задач у ситуаціях із великою початковою невизначеністю.

На базі цих методів розробляють мови моделювання й автоматизації проектування.

Графічні методи - зручний і наочний засіб дослідження структур і процесів у складних системах. До графічних представлень належать діаграми, гістограми, графіки Ганта, а також різні графічні відображення, які виникли на основі їхніх теорій - теорії графів, теорії мережевого планування й керування.

Детальний опис методів моделювання можна знайти у джерелах, рекомендованих до теми 3.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела [3, с. 101–124]; [4, с. 41–60]; [20, с. 61–78]; [31, с. 47–66]; [32, с. 162–188]; [34, с. 27–42].

Додаткові джерела [23, с. 53–65]; [35, с. 44–59].

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під моделлю та моделюванням?
2. Які відношення між моделлю та реальним об'єктом?
3. Які вимоги висуваються до моделей об'єктів і явищ?
4. Поясніть основні принципи моделювання.
5. Наведіть приклади ознак класифікації моделей.
6. Наведіть приклади математичних моделей імовірності банкрутства підприємства.

7. Наведіть приклади математичних моделей фінансової стійкості підприємства.

8. Наведіть приклад концептуальної моделі організації (туристична фірма, готель, торговельно-розважальний центр).

9. У чому полягає парадокс моделювання?

10. Поясніть послідовність процедури моделювання системи.

11. Охарактеризуйте якісні методи моделювання.

12. Охарактеризуйте методи експертних оцінок.

13. Охарактеризуйте методи формалізованого подання систем.

14. Охарактеризуйте графічні методи.

Теми рефератів

1. Роль моделювання у процесі пізнання об'єктивної дійсності.
2. Технологія моделювання системи.
3. Принцип адекватності моделі.
4. Математичні моделі та їхня роль у розвитку науки та техніки.
5. Методи експертних оцінок.

Тема 4. МОДЕЛІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

4.1 Модель типу «чорний ящик»

У п. 2.1 було надано опис елемента як «чорного ящика», тобто неподільної частини системи, розгляд внутрішньої будови якої з погляду задач конкретного дослідження не має сенсу. У випадках, коли апріорна інформація про об'єкт дослідження мінімальна (майже відсутні відомості про внутрішню будову) використовують подання системи у вигляді непрозорого «ящика», виділеного з оточуючого середовища. Звернемо увагу на два моменти. По-перше, ця максимально проста модель уже відображає дві важливі властивості системи: цілісність і відокремленість від середовища. По-друге, не зважаючи на те, що «чорний ящик» відокремлений від середовища, його не вважають повністю ізольованим. Отже, система пов'язана з середовищем і за допомогою цих зв'язків впливає на нього. Ці зв'язки називають виходами системи. У цій моделі виходи системи відповідають поняттю «мета» (ціль) системи. Окрім того, система виступає як засіб реалізації «мети», тому необхідно зважати й на зовнішні впливи на систему, які називаються входами системи. Із огляду на це має місце модель, яка називається «чорний ящик» (рис. 4.1).

Ця модель, не зважаючи на зовнішню простоту та відсутність даних про внутрішню будову системи, часто виявляється досить корисною. Побудова моделі типу «чорний ящик» не є, однак, тривіальною задачею, оскі-

льки питання про те, що є входами і що є виходами моделі, не завжди має однозначну відповідь.

Модель «чорний ящик» складається з чотирьох моделей: границя, зовнішнє середовище, входи та виходи системи. Вона акцентує увагу дослідника на взаємодії системи з зовнішнім середовищем. Така взаємодія здійснюється шляхом впливу системи на середовище через наслідки її цілеспрямованого функціонування, тобто через цільовий продукт. Цільовим продуктом системи є її виходи. Зовнішнє середовище, з свого боку, впливає на систему через ресурсне забезпечення, керування та різні контрольовані й неконтрольовані фактори, що сприяють або перешкоджають нормальному функціонуванню системи.

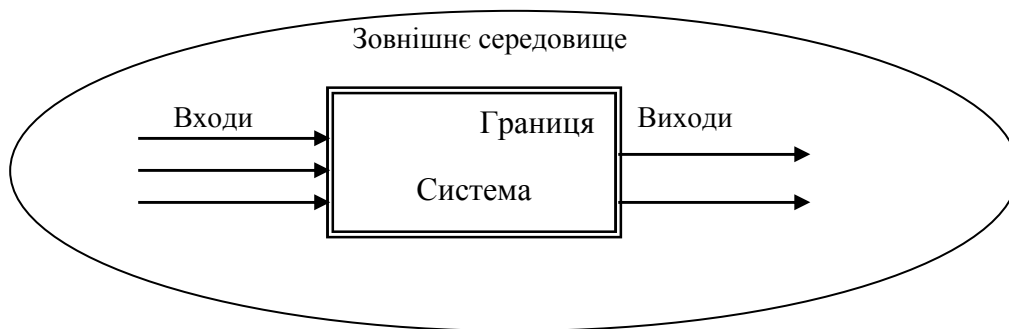


Рис. 4.1 - Модель системи типу «чорний ящик»

Зовнішня простота моделі «чорний ящик» на практиці обертається труднощами, пов'язаними з визначенням складових моделі: границь, зовнішнього середовища, входів і виходів системи.

Границя системи. У теорії систем зустрічаються різні визначення поняття «границя системи». Нижче наведено два найбільш удалих, які відбивають фізичну та інформаційну сутності цього поняття [21]. Границя системи це:

лінія або поверхня в певному просторі, що розділяє саму систему та навколишнє середовище (державний кордон, границя заповідника, границя території мешкання будь-якого виду тваринного світу тощо);

межа, до якої поширюється і в якій перетворюється керівна інформація системи (границя дії супутникової навігаційної системи; границя, у межах якої прослуховується віщання радіопередавача та ін.).

Побудову моделі границі системи завжди пов'язують із метою використання системи в надсистемі.

Зовнішнє середовище системи – сукупність усіх об'єктів поза границею системи, зміна властивостей яких впливає на систему, а також тих об'єктів, чії властивості змінюються внаслідок поведінки системи.

Виділяє середовище для системи (або систему із середовища) дослідник, який визначає (обмежує) об'єкти, що включаються в зовнішнє середовище, від інших згідно з певним набором цільових критеріїв. Як об'єкт дослідження зовнішнє середовище характеризується такими основними властивостями:

складністю, яка описується кількістю та різноманітністю факторів, що істотно впливають на систему;

взаємозв'язком чинників, що характеризується силою, із якою зміна одного чинника впливає на зміну іншого;

рухливістю, яка вимірюється відносною швидкістю зміни властивостей середовища;

невизначеністю, яка вимірюється відносною кількістю інформації про середовище і мірою впевненості у вірогідності цієї інформації.

Під час визначення зовнішнього середовища з усієї безлічі об'єктів, розташованих поза границею системи, виділяють найбільш значущі з погляду активності взаємодії із системою через входи та виходи. Таку сукупність об'єктів середовища називають **актуальним середовищем**.

Актуальне середовище поділяється на **середовище прямого впливу** та **середовище непрямого впливу**. На рис. 4.2 наведено приклад спрощеної моделі актуального середовища підприємства, у якій виділені підсистеми середовища прямого та середовища непрямого впливу.

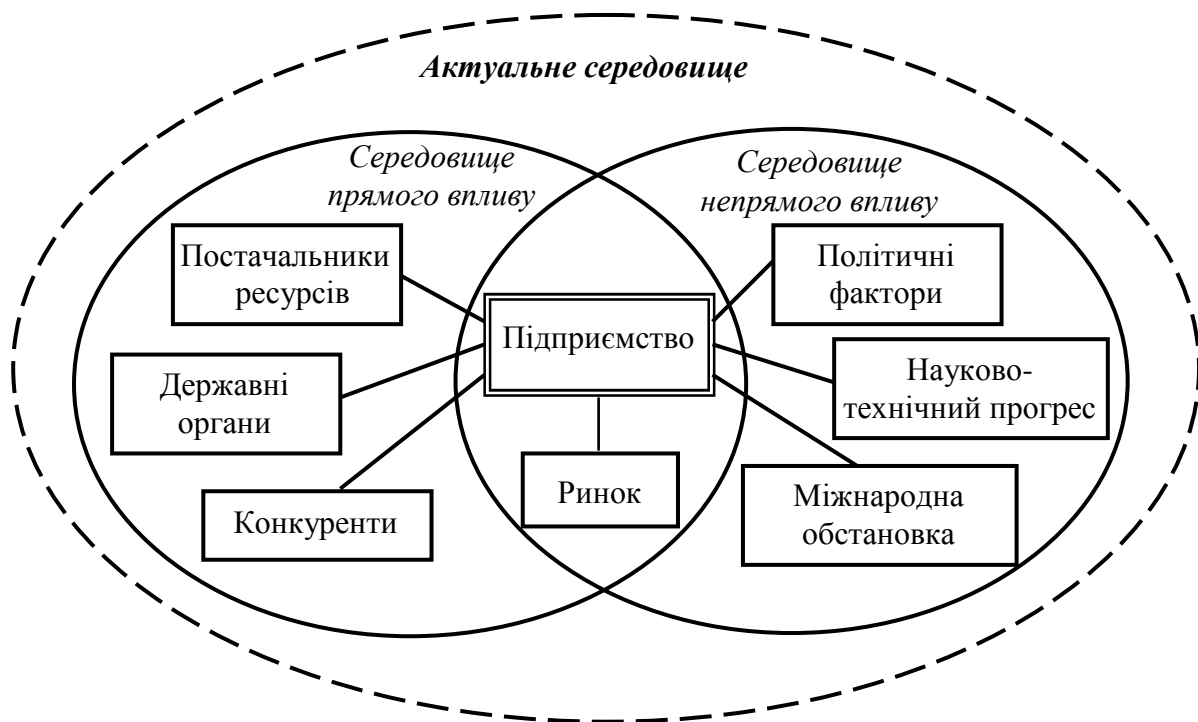


Рис. 4.2 – Модель актуального середовища підприємства

4.2 Модель типу «склад системи»

Під час розгляду будь-якої системи виявляється, що її цілісність і відокремленість, відображені в моделі «чорного ящика», виступають як зовнішні властивості. Внутрішність же «ящика» виявляється неоднорідною, що дає змогу розрізнити складові частини самої системи. За детального розгляду деякі частини системи можуть бути, зі свого боку, розбиті на складові частини і т. д. Ті частини системи, які у процесі дослідження роз-

глядаються як неподільні, називаються *елементами*. Частина системи, що складається більш ніж з одного елемента, називають *підсистемами*. У разі необхідності вводять позначення або терміни, що вказують на ієрархію частин. Наприклад, цехи у складі підприємства, – підсистеми системи «підприємство», ділянки в цехах є підсистемами системи «цех», а «робоче місце» є елементом системи «ділянка», яка є підсистемою системи «цех» у випадку, коли в дослідження включаються й робочі місця, або елементом підсистеми «цех», якщо робочі місця в модель не включені. Як наслідок маємо модель типу «склад системи підприємство», яка описує, з яких підсистем і елементів складається досліджуване підприємство (рис. 4.3).

Зауваження. Підсистеми складаються з різного набору елементів. Не будь-яка сукупність елементів, однак, визначається як підсистема, а тільки та, яка виконує певну функцію, що підтримує базову функцію системи більш високого рівня.

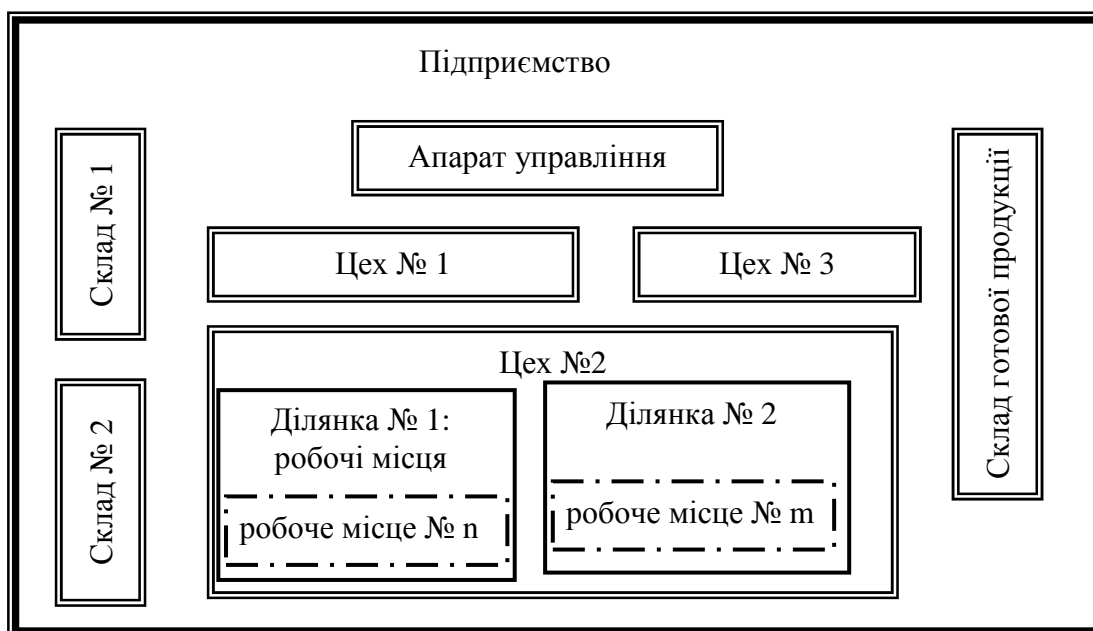


Рис. 4.3 – Варіант моделі «склад системи підприємство»

4.3 Модель типу «структура системи»

Незважаючи на корисність розглянутих вище моделей систем існують проблеми, вирішити які за допомогою таких моделей неможливо. Наприклад, щоб одержати велосипед, недостатньо мати окремі його деталі (хоча склад системи в наявності). Необхідно ще правильно з'єднати всі деталі між собою, або установити між елементами визначені зв'язки - відносини.

*Сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети відносин між елементами називається **структурою системи**.*

Коли розглядаємо якусь сукупність об'єктів як систему, то з усіх відносин обираємо важливі, тобто значущі для досягнення мети. Точніше, у модель структури (у список відносин) ми включаємо лише кінцеву кіль-

кість зв'язків, вплив яких або можна оцінити, або наявність яких забезпечує необхідний рівень адекватності моделі.

Очевидним є той факт, що розглядати модель «структура системи» безвідносно до сукупності елементів системи (моделі «склад системи») неправомерно. Із огляду на це модель будується разом із моделлю «склад системи».

Самостійну роль може відігравати етап вивчення різних структур, їхніх переваг і недоліків у контексті елементного складу системи. У цьому разі увага на сутностях елементів, між якими устанавлюються відносини, не акцентується. Якщо як елементи розглядаються функції системи, то ми матимемо справу з *функціональною структурою*; якщо елементи - джерела інформації, то матимемо *інформаційну структуру*; якщо елементи - це посадові особи організації, тоді говорять про *управлінську структуру* та ін.

Усі структурні схеми мають дещо спільне, і це спонукало математиків розглядати їх як об'єкт математичних досліджень. Із цією метою довелося абстрагуватися від змістової сторони структурних схем, унаслідок чого вийшла схема, у якій позначається тільки наявність елементів і зв'язків між ними. Така схема називається *графом*.

Граф складається з позначень елементів довільної природи, що називаються *вершинами*, і позначень зв'язків між ними, які називаються *ребрами* (або *дугами*). На рис. 4.4 наведено приклад зображення графа. Вершини позначені у вигляді кіл, а ребра - ліній.

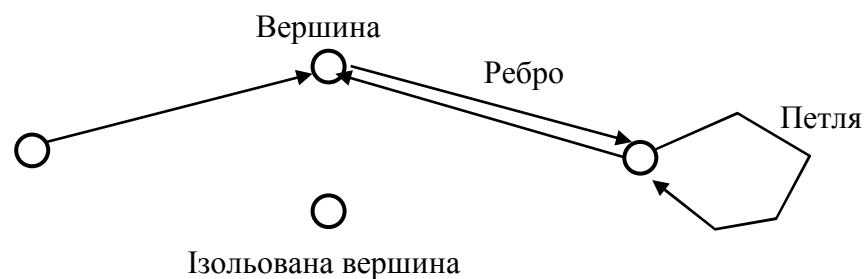


Рис. 4.4 – Приклад графа

Якщо напрями зв'язків не позначаються, то граф називається неорієнтованим, за наявності стрілок на ребрах - орієнтованим. Будь-яка пара вершин може бути з'єднана будь-якою кількістю ребер. Вершина може з'єднуватися сама з собою (тоді ребро називається *петлею*). Якщо у графі потрібно відобразити інші розбіжності між елементами або зв'язками, то або ребрам приписують різні ваги (зважені графи), або розфарбовують вершини або ребра (розфарбовані графи).

Для графів розроблена змістова теорія, що має численні застосування. Різноманітні задачі цієї теорії пов'язані з різними перетвореннями графів, а також із можливістю розгляду різних відносин на графах: ваг, рангів, кольорів, імовірнісних характеристик (стохастичні графи) і т. д. Оскільки

множини вершин і ребер формально можна поміняти місцями, то існують два різних подання системи у вигляді вершинного або реберного графа.

Графи можуть відбивати будь-які структури, якщо не накладати обмежень на перетин ребер. Певні типи структур мають особливості, важливі для практики, тому їх виділено з поміж інших і присвоєно спеціальні назви. Так, в організаційних системах часто зустрічаються (див. рис. 4.5) лінійні, деревоподібні (ієрархічні) і матричні структури; у технічних системах частіше зустрічаються мережні структури. Особливе місце в теорії систем займають структури зі зворотними зв'язками, що відповідають кільцевим шляхам в орієнтованих графах.

Модель типу «структура системи» є найдосконалішою й повною моделлю будь-якої системи на цьому етапі нашого пізнання. До того ж завжди залишається актуальним питання адекватності цієї моделі. Відповідь на це питання дає практика використання моделі.

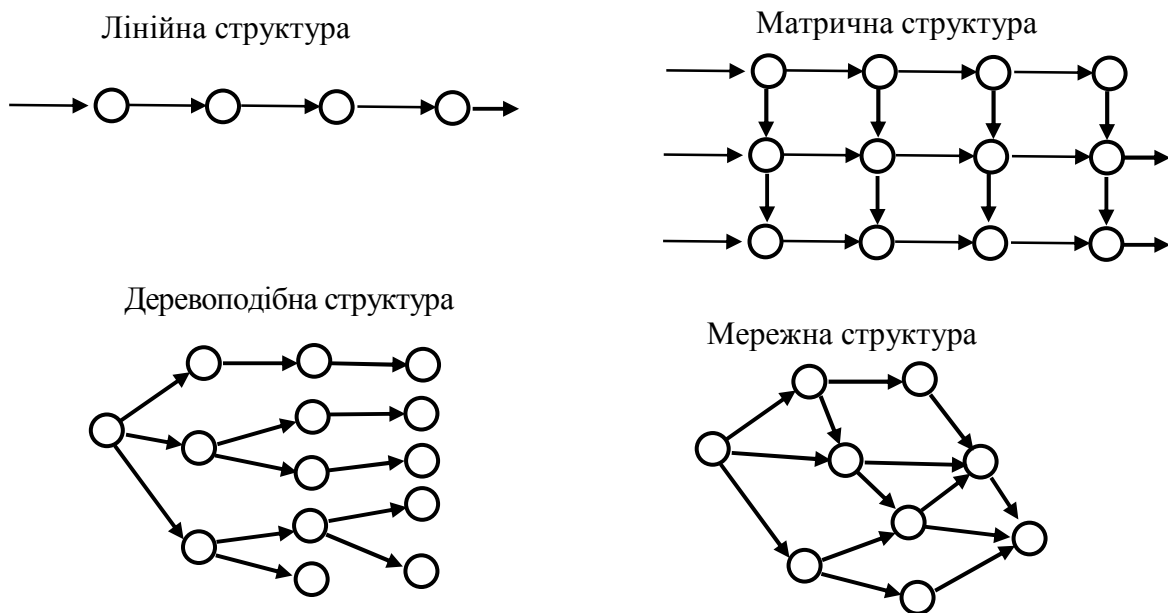


Рис. 4.5 – Приклади структур систем

Структурні властивості систем визначаються характером і стійкістю відносин між елементами. За характером відносин між елементами структури поділяються на багатозв'язні, ієрархічні, змішані.

Найбільш стійкими є детерміновані структури, у яких відносини або постійні, або змінюються в часі за детермінованими законами. Імовірнісні структури змінюються в часі за ймовірнісними законами. Хаотичним структурам властива відсутність обмежень, елементи в них вступають у зв'язок відповідно до індивідуальних рис. Із огляду на це їх класифікують за домінуючою ознакою.

Структура відіграє основну роль у формуванні нових властивостей системи, відмінних від властивостей її компонентів, у підтримці цілісності та стійкості її властивостей щодо зміни елементів системи в певних межах.

Важливими структурними компонентами є відносини координації та субординації. Координація виражає впорядкованість елементів системи «за горизонталлю». Тут мова йде про взаємодію компонентів одного рівня організації.

Зауваження. Як зазначалося в пп.3.3, складність систем і неможливість їхнього достатнього опису однією моделлю потребує побудови декількох моделей. Моделі високого рівня абстрагування в теорії систем називають **формальними моделями**. Ці моделі використовують як шаблони, за допомогою яких будують змістові моделі.

Змістова модель - це формальна модель, наповнена змістовою сутністю із заданої предметної сфери, тобто термінологічно «прив'язана» до об'єкта моделювання.

Розглянуті моделі типу «чорний ящик», «склад системи» і «структура системи» належать до формальних моделей, а модель зображена на рис. 4.3, у випадку відображення складу конкретного підприємства з найменуваннями його підрозділів, буде віднесена до категорії змістових моделей.

4.4 Морфологічна модель системи

Сукупність розглянутих моделей «чорний ящик», «склад системи» і «структура системи» складає **морфологічну модель** системи, яка дає уявлення про побудову системи (морфологія - наука про форму, побудову). Глибина опису, рівень деталізації, тобто визначення компонентів системи що розглядатимуться як елементарні (неподільні), зумовлюються метою дослідження системи. Морфологічний опис є ієрархічним. Конфігурація морфологічної моделі задається на стількох рівнях, на скількох це потрібно для вивчення (моделювання) основних властивостей системи.

Цілями дослідження морфологічної моделі можуть бути:
розроблення правил символічного відображення систем;
оцінка якості структури системи;
вивчення структурних властивостей системи загалом та її підсистем;
обґрунтування висновків про оптимальність структури системи та рекомендацій щодо подальшого її удосконалення.

Під час розроблення і дослідженні морфологічної моделі можна виділити два етапи: визначення складу системи (кількості підсистем і елементів) і з'ясування зв'язків між ними. Основна проблема побудови морфологічних моделей полягає у знаходженні компромісу між простотою моделі та ступенем її деталізації.

Вивчення морфології системи починається з елементного складу. Він може бути:

- гомогенним (однотипні елементи);
- гетерогенним (різнотипні елементи);
- змішаним.

Гомогенність здебільшого супроводжується надмірністю й наявністю прихованих (потенційних) можливостей, додаткових резервів.

Гетерогенні елементи є спеціалізованими, вони економічні й можуть бути ефективними у вузькому діапазоні зовнішніх умов, але швидко втрачають ефективність поза цим діапазоном.

Бувають системи, елементний склад яких визначити не вдається.

Важливою ознакою морфології є призначення елементів. Розрізняють *елементи інформаційні, енергетичні та речовинні*. Такий розподіл елементів системи певною мірою умовний і відбиває лише переважні властивості елемента. Загалом передача інформації неможлива без енергії, перенесення енергії неможливе без інформації.

Інформаційні елементи призначені для прийому, зберігання, перетворення та передачі інформації. Перетворення може полягати у зміні виду енергії, яка несе інформацію, у зміні способу кодування (подання в певній знаковій формі) інформації, у стисканні інформації шляхом скорочення надмірності та ін.

Перетворення енергії полягає у зміні параметрів енергетичного потоку. Потік вхідної енергії може надходити ззовні або від інших елементів системи. Вихідний енергетичний потік спрямований в інші системи або в навколишнє середовище. Процес перетворення енергії природним чином потребує інформації.

Процес перетворення речовини може бути механічним (наприклад, штампування), хімічним, фізичним (наприклад, різання), біологічним. У складних системах перетворення речовини має змішаний характер.

Загалом потрібно мати на увазі, що будь-які процеси, в будь-якому разі призводять до перетворення речовини, енергії та інформації.

Морфологічні властивості системи значно залежать від характеру зв'язків між елементами.

Поняття зв'язку входить у будь-яке визначення системи. Воно водночасно характеризує й побудову (статичку) й функціонування (динаміку) системи. Зв'язки забезпечують виникнення і збереження структури та властивостей системи. Виділяють інформаційні, речовинні й енергетичні зв'язки, визначаючи їх у тому самому сенсі, у якому були визначені елементи.

Характер зв'язку визначається питомою вагою відповідного компонента (або цільовою функцією).

Зв'язок характеризується напрямом, силою, характером. За першими двома ознаками *зв'язки поділяють* на *спрямовані та неспрямовані, сильні та слабкі*, за характером розрізняють *зв'язки підпорядкування, породження* (генетичні), *рівноправні* і *зв'язки керування*, за спрямованістю процесів - *прямі, зворотні, нейтральні*.

Прямі зв'язки призначені для передачі речовини, енергії, інформації або їхніх комбінацій від одного елемента іншому відповідно до послідовності виконуваних функцій.

Якість зв'язку визначається його пропускнуою здатністю та надійністю.

Дуже важливу роль відіграють зворотні зв'язки. Вони є основою для саморегулювання та розвитку систем, їхнього пристосування до зміни

умов існування. Вони здебільшого використовуються для керування процесами. Найпоширенішими є інформаційні зворотні зв'язки.

Нейтральні зв'язки не належать до функціональної діяльності системи, вони є непередбачуваними та випадковими. Нейтральні зв'язки, однак, можуть певним чином вплинути під час адаптації системи, бути вихідним ресурсом для формування прямих і зворотних зв'язків, використовуватися як резерв.

Загалом морфологічну модель системи можна подати у вигляді такого виразу:

$$SM = \{S, V, d, K\}, \quad (4.1)$$

де $S = \{S_i\}_i$ - множина елементів і їхніх властивостей (під елементом у цьому разі розуміють підсистему, усередину якої морфологічний опис не проникає);

$V = \{V_j\}_j$ – множина зв'язків;

d - структура;

K – композиція.

Усі множини вважаються кінцевими. Причому у множині елементів S виділяють:

склад – гомогенний, гетерогенний, змішаний (велика кількість гомогенних елементів за певної кількості гетерогенних), невизначений;

властивості елементів – інформаційні, енергетичні, інформаційно-енергетичні, матеріально-енергетичні, невизначені (нейтральні).

У множині зв'язків V вирізняють:

призначення зв'язків – інформаційні, матеріальні, енергетичні;

характер зв'язків – прямі, зворотні, нейтральні.

У множині структур d виокремлюють:

стійкість структури – детерміновану, імовірнісну, хаотичну.

побудову структури – ієрархічну, багатозв'язкову, змішану, перетворювану.

У множині K розрізняють такі композиції: слабкі, із ефекторними підсистемами, із рецепторними підсистемами, з рефлексивними підсистемами, повні, невизначені.

4.5 Функціональна модель системи

Будь-який об'єкт характеризується результатами свого існування, місцем, яке він займає серед інших об'єктів, роллю, яку він відіграє в середовищі. Функціональний опис необхідний для того, щоб усвідомити важливість системи, визначити її місце, оцінити відносини з іншими системами.

Функціональна модель системи дає змогу дослідити орієнтацію зовнішніх зв'язків системи, її контакти з оточуючим середовищем, напрями її можливої зміни. Функціональний опис виходить із того, що будь-яка система виконує певні функції: просто пасивно існує, є зоною існування інших систем, обслуговує системи більш високого порядку, використовується як засіб створення досконаліших систем.

Як уже зазначалося, система може бути однофункціональною та багатофункціональною.

Оцінка функцій системи багато в чому залежить від погляду того, хто її оцінює.

Функціонування системи може описуватися числовим функціоналом, що залежить від функцій, які описують внутрішні процеси системи, або якісним функціоналом (упорядкування в термінах «краще», «гірше», «більше», «менше» та ін.).

Функціонал, який кількісно або якісно описує діяльність системи, називають **функціоналом ефективності**.

Функціональна організація може бути описана:

алгоритмічно;

аналітично;

графічно;

як таблиця;

за допомогою часових діаграм функціонування;

вербально (словесно).

Функціональна модель має відповідати концепції розвитку систем певного класу та задовольняти певним вимогам:

бути відкритою і припускати можливість розширення (звуження) спектра функцій, що реалізуються системою;

передбачати можливість переходу від одного рівня розгляду до іншого, тобто забезпечувати дослідження систем будь-якого рівня.

Під час опису системи розглядатимемо її як структуру, до якої в певні моменти часу щось уводиться (матеріал, енергія, інформація) і з якої в певні моменти часу щось виводиться.

Загалом виді функціональний опис системи в будь-якій динамічній системі подається сімкою:

$$S_f = \{T, x, C, Q, y, \varphi, \eta\}, \quad (4.2)$$

де T – множина моментів часу; x – множина миттєвих значень вхідних впливів, $C = \{c: T \rightarrow x\}$ – множина припустимих вхідних впливів, Q – множина станів; y – множина значень вихідних величин; $Y = \{u: T \rightarrow y\}$ – множина вихідних величин; $\varphi = \{T \times T \times T \times c \rightarrow Q\}$ – перехідна функція стану; $\eta: T \times Q \rightarrow y$ – вихідне відображення; c – відрізок вхідного впливу; u – відрізок вихідної величини.

Такий опис системи охоплює широкий діапазон властивостей.

Недоліком цього опису є неконструктивність і труднощі інтерпретації та практичного застосування. Функціональний опис має відбивати такі характеристики складних і мало досліджених систем як *параметри, процеси, ієрархія*.

Приймемо, що система S виконує N функцій $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s, \dots, \psi_N$, які залежать від процесів $F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n$. Ефективність виконання i -ї функції:

$$E_s = E_S(\psi_s) = E(F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n) = E_S(\{F_i\}), i=1 \dots n, s=1 \dots N.$$

Загальна ефективність системи – вектор-функція $E=\{F_s\}$. Ефективність системи залежить від величезної кількості внутрішніх і зовнішніх

факторів. Подати цю залежність в явній формі надзвичайно складно, а практична цінність такого подання є незначною через багатовимірність і багатозв'язність. Раціональний шлях формування функціонального опису є застосування такої багаторівневої ієрархії описів, за якої опис більш високого рівня залежатиме від узагальнених і факторизованих змінних нижчого рівня.

4.6 Інформаційна модель системи

Методологія системного підходу вимагає під час дослідження систем разом з розглядом матеріальної і енергетичної сторін системи досліджувати її інформаційні аспекти: цілі, інформаційні потоки, процеси керування, організацію системи та ін. Створення нових і удосконалення існуючих об'єктів (систем) залежить від вирішення питань, що дають змогу аналізувати наявну інформацію, «відсівати» її надлишкову частину, виділяти основну, проводити оцінку й забезпечувати формування альтернатив для прийняття рішень.

Кожна складна система, зокрема й економічна, у процесі свого існування споживає та виробляє великий обсяг інформації. Окрім того, в умовах технічної й технологічної революції обсяг інформації, необхідний для нормального функціонування економічних систем, і вимоги до швидкості сприйняття інформації постійно зростають.

Інформаційний опис має давати уявлення про організацію та керування системою.

Термін «інформація» має кілька значень:

- 1) сукупність певних відомостей, знань про будь-що;
- 2) відомості, що є об'єктом зберігання, передавання та перероблення;
- 3) сукупність кількісних даних, які виражаються за допомогою цифр або кривих, графіків і використовуються під час збирання й оброблення будь-яких відомостей;
- 4) відомості, сигнали про навколишній світ, які сприймають організми у процесі життєдіяльності;
- 5) у біології - сукупність хімічно закодованих сигналів, що передаються від одного живого організму до іншого (від батьків – до нащадків) або від одних кліток, тканин, органів до інших у процесі їх розвитку;
- 6) у математиці, кібернетиці - кількісна міра усунення ентропії (невизначеності), міра організації системи;
- 7) у філософії - властивість матеріальних об'єктів і процесів зберігати та породжувати певний стан, який у різних матеріально-енергетичних формах може передаватися від одного об'єкта до іншого; ступінь, міра організованості будь-якого об'єкта (системи).

Визначення 1–4 трактують інформацію як відомості, дані, повідомлення, сигнали, що підлягають передачі, прийомові, обробленню, зберігання й відображенню реальної дійсності або інтелектуальної діяльності. Із

цього погляду **інформація** - відображення в певний простір символів. Надалі будемо називати її **інформацією відображення**.

Фізично інформація визначає передбачуваність властивостей і поведінки об'єкта в часі. Чим вищим є рівень організації (більше інформації), тим менше об'єкт піддається впливу середовища.

Організованість, упорядкованість системи - здатність визначати свою перспективу, своє майбутнє. Зрозуміло, перспектива системи залежить і від середовища, однак і здатність системи виконувати роботу залежить від середовища.

Чим сильніший хаос у системі, тим більше її перспектива залежить від випадкових факторів (внутрішніх і зовнішніх). Підвищення упорядкованості означає збільшення залежності між чинниками, що визначають поведінку (стан) системи. Щодо зовнішніх випадкових факторів це означає наявність у системі можливостей устанавлення відповідності між властивостями середовища та функціями системи. Устанавлення відповідності вимагає відображення середовища в системі.

Таким чином, ступінь організованості можна розуміти як потенційний ступінь передбачуваності майбутнього системи, кількісну характеристику можливості передбачення стану (поведінки) системи. *Інформація про організацію системи* - це кількісна характеристика можливості передбачення її стану (поведінки) на відповідному рівні деталізації системи. *Інформація про середовище* - кількісна характеристика можливості передбачення впливу середовища. Інформація про організацію системи складає частину її внутрішньої інформації.

За *інформаційного підходу* досліджувану систему в найбільш абстрактному вигляді можна подати як ієрархічну структуру, на нижньому рівні якої розташовані ділянки технологічного процесу, а на більш високих - вузли керування, пов'язані з об'єктами управління та один із одним каналами зв'язку.

Перший інформаційний рівень - це рівень безпосереднього керування технологічними операціями, що здійснюють робітники й автомати (роботи). На наступних рівнях утворюються виробничо-технологічні підрозділи (ділянки, цехи) підприємства. Залежно від поставлених завдань дослідник сам визначає кількість рівнів у системі, сутність кожного елемента структури системи та їхню кількість.

Інформація, що циркулює в системі, може мати три форми:

інформуюча - рухається переважно від об'єктів керування до відповідних вузлів керування (здебільшого інформуюча інформація передається каналами зворотного зв'язку);

керівна - рухається у зворотному напрямі й містить указівки, директиви та ін.;

перетворююча - визначає закономірності поведінки вузла керування й алгоритми функціонування його окремих елементів.

Вузли керування перетворюють інформуючу інформацію на керівну за допомогою перетворюючої інформації, закладеної у структурі й алгоритмах вузла керування.

Із рухом нагору за ієрархією інформація поступово узагальнюється, перетворюється в різних вузлах керування та надходить до головного вузла керування, розташованого на вершині ієрархії.

Цей вузол, використовуючи отриману інформуючу інформацію, генерує керівну інформацію, яка, рухаючись донизу деталізується в розташованих нижче вузлах. Чим менше потрібно інформації від вищерозташованих вузлів для формування інформації керування в деякому і-ому вузлі, тим більш автономним є цей вузол.

Досягнення мети та підмети керування (реалізації «дерева цілей») залежить від того, чи надходить у відповідні вузли керування достатньо цінної (потрібної) інформації. Із цієї причини у процесі керування складними системами першочерговими є смислові та ціннісні характеристики інформації.

Інформуюча і керівна інформації можуть генеруватися і споживатися як усередині системи керування, так і поза нею, утворювати інформаційні потоки, що зв'язують систему керування з зовнішнім середовищем.

Інформаційні потоки системи фактично є відображенням функціональної та структурної організації досліджуваного об'єкта з погляду механізму прийняття рішень усередині системи.

Під час інформаційного аналізу в системі виділяють рівні ієрархії керування, окремі вузли керування (інформаційні елементи) і потоки інформації, що їх об'єднують. Уся система подається у вигляді спрямованого графа, вершинами якого служать вузли керування, а ребрами - інформаційні потоки. Напрямки ребер відповідають напрямкам інформаційних потоків. Оскільки потоки керівної та інформуючої інформації мають, здебільшого, протилежну спрямованість, то в загальному випадку будується два графа.

Рух інформації в економічній системі має доволі складний характер і повністю відбиває ієрархічну структуру економічного об'єкта. Результатом інформаційного опису системи є:

- 1) визначення складу інформаційних елементів;
- 2) визначення складу і структури інформаційних потоків між ними;
- 3) кількість і цінність інформації, що надходить (виходить) до (з) інформаційних елементів;
- 4) алгоритми перетворення інформації у відповідних інформаційних елементах.

Якість побудови інформаційної моделі можна значно підвищити, якщо мати чітке уявлення про основні функції інформаційного забезпечення розглянутої системи. До таких функцій належать такі:

- пошук інформації;
- збирання інформації;
- збереження інформації;
- перероблення інформації;
- перетворення інформації;

поширення інформації;
використання інформації.

Реалізацію кожної з перерахованих функцій можна забезпечити тільки за умови використання принципів системного підходу до створення інформаційної моделі.

Сукупність функціонального, морфологічного та інформаційного описів дає змогу відбити головні властивості систем.

Методика побудови інформаційної моделі системи включає опис [20]: зовнішнього оточення системи (у термінах меж проекту і границь системи);

зовнішніх об'єктів, що обмінюються даними із системою;
потоків вхідної та вихідної інформації;
потоків даних у межах границі системи;
сховищ даних;
задач обробки інформації, які утворюють потоки даних і забезпечують їхнє збереження.

Кінцевим продуктом реалізації методики є такі документи:

1 каталог даних;

2 модель інформаційних потоків:

- 2.1 схема зовнішнього оточення;
- 2.2 схема інформаційних потоків;
- 2.3 опис функцій;
- 2.4 опис зовнішніх об'єктів;
- 2.5 опис інтерфейсів функцій;

3 довідник інформаційних об'єктів і сховищ даних.

Цілями реалізації методики моделювання інформаційних потоків є: визначення загальних вимог до системи; виявлення подій, що відбуваються в системі, і функцій підсистем і елементів;

перевірка коректності логічної моделі даних.

Під час побудови моделі інформаційних потоків рекомендується дотримуватися такої послідовності етапів роботи:

узгодити з користувачем предмет обговорення й орієнтовні границі системи, керуючись при цьому документом, що ініціює розроблення;

з'ясувати основні вхідні та вихідні інформаційні потоки системи;

з'ясувати джерела і споживачів кожного інформаційного потоку й позначити їх на схемі інформаційних потоків як зовнішні об'єкти;

для кожного потоку даних у границях системи виявити задачу, для якої він несе вхідну або вихідну інформацію; установити, які сховища даних для вхідної, вихідної та проміжної інформації із огляду на це мають використовуватися;

з'єднати лініями інформаційних потоків зовнішні об'єкти, задачі та сховища даних;

з'ясувати задачі, локалізовані в границях системи (це можуть бути задачі перетворення даних, фіксації результатів діяльності користувачів

усередині системи або архівування), а також пов'язані з ними інформаційні потоки та додаткові сховища даних;

з'єднати задачі відсутніми інформаційними потоками;

перевірити схему на несуперечливість і повноту, а потім провести неформальне обговорення з користувачами.

Під час перевірки моделі на повноту та несуперечливість звертають увагу на таке:

назва кожної задачі в ідеальному випадку має містити активне дієслово (наприклад, «Перевірити виконання умови (8)», «Оцінити результат розрахунку»), якщо не вдається чітко назвати задачу, то, швидше за все, її зміст до кінця не виявлений або її треба чіткіше виокремити з поміж інших задач;

для кожної задачі має очевидно простежуватися зв'язок між вхідними та вихідними потоками даних;

чим менше на схемі потоків даних, що з'єднують пари задач, тим кращий їхній поділ;

задачі не мають виконувати ролі сховищ або одержувачів даних; задача перетворює вхідний інформаційний потік на вихідний;

кожне сховище даних мусить мати вхідні та вихідні інформаційні потоки; інакше кажучи, дані мають створюватися й використовуватися.

4.7 Динамічна модель системи

Недоліком розглянутих вище моделей систем є їхній статичний характер, тобто параметри моделі вважаються незмінними в часі. *Моделі, які описують систему з урахуванням зміни характеристик системи в часі, називаються динамічними.*

Динамічні моделі дають змогу досліджувати в часі процеси функціонування, зростання та розвитку системи.

Функціонування системи – це процеси, які забезпечують реалізацію основної функції (цілі) системи. Наприклад, міський транспорт функціонує для забезпечення виконання функції (задачі) перевезення громадян.

Зростання системи - таке її функціонування, за якого певні функціональні характеристики системи зазнають кількісних змін. Наприклад, у місті побудовано новий житловий масив, і для вирішення транспортної проблеми збудовані нові транспортні маршрути (зросла потреба населення у транспортних послугах визначеного типу, і для її задоволення збільшили існуючий транспортний парк і довжину маршрутів). Інакше кажучи, зі зростанням, здебільшого, пов'язують збільшення витрат ресурсів із метою підвищення результативності системи.

Розвиток системи - таке її функціонування, за якого в ній відбуваються якісні зміни. Наприклад, у системі міського транспорту вводяться технологічно нові види пасажироперевезень (метрополітен, високошвидкісний транспорт на магнітній подушці, повітряний транспорт для екскурсійного обслуговування тощо). Розвиток системи пов'язаний зі зміною ці-

лей системи. Досягнення нових цілей потребує від системи нових функцій, що вимагає, зі свого боку, від підсистем, агрегатів і елементів системи нових властивостей. Нові властивості система матиме, якщо відбудеться її перебудова: з'являться нові підсистеми, зникнуть деякі старі, утворяться нові зв'язки (зміниться структура) та ін.

Варто зазначити, що зростання та розвиток системи необов'язково супроводжують один одного. Розвиток може здійснюватися без зростання або навіть за зменшення ресурсних витрат і кінцевої продукції. Наприклад, випуск якіснішого холодильника, у якого різко збільшені продуктивність (обсяг) і надійність і застосована нова технологія виробництва (з нового матеріалу), може призвести до зниження необхідних ресурсів і зменшення кількості холодильників, що випускаються.

Будь-яка складна система зазвичай рідко перебуває в якійсь одній динамічній фазі. Здебільшого мають місце всі три фази динаміки системи, тобто система функціонує, зростає та розвивається одночасно. З огляду на це побудова динамічних моделей системи є завжди складним завданням.

Динамічну модель системи загалом можна описати в нижче наведений спосіб [20]. Уводять поняття «стан системи» як деяку «внутрішню» характеристику системи. Стан системи зазвичай характеризується набором величин $z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t)$, що утворюють вектор $\vec{Z}(t)$, який є функцією часу. Вектор входу системи $\vec{X}(t) = (x_1(t), x_2(t) \dots x_n(t))$ і вектор виходу системи $\vec{Y}(t) = (y_1(t), y_2(t) \dots, y_m(t))$ також є функціями часу.

Вектори входу $\vec{X}(t)$, виходу $\vec{Y}(t)$ і стану $\vec{Z}(t)$ пов'язані один із одним співвідношенням:

$$\vec{Y}(t) = f(\vec{X}(t), \vec{Z}(t)). \quad (4.3)$$

Отже, **динамічна модель системи** - це сукупність співвідношень, яка визначає вихід системи залежно від її входу і стану (рис. 4.6).

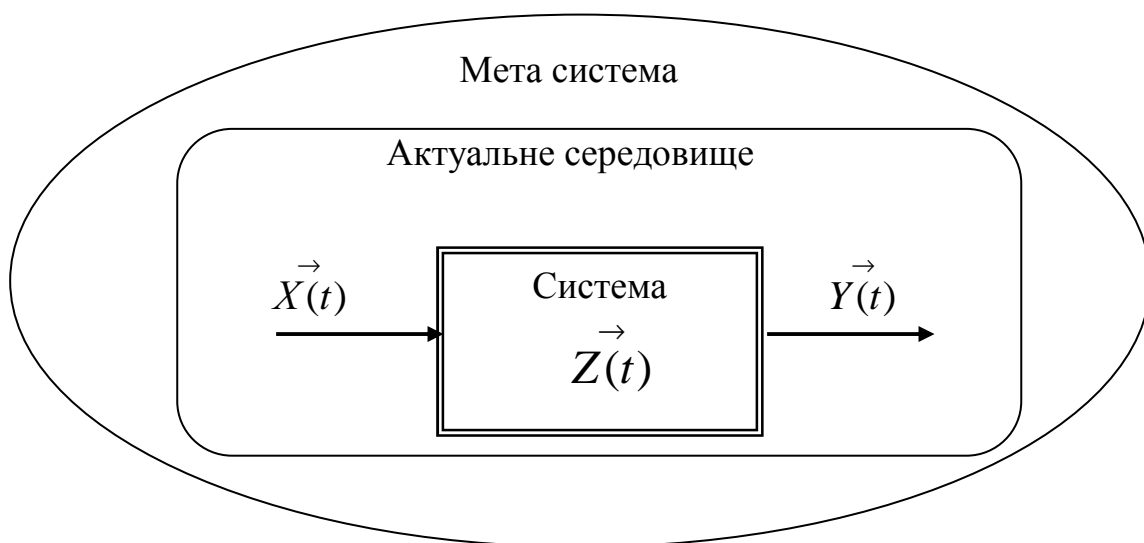


Рис. 4.6 – Динамічна модель системи

Сучасні інформаційні технології дають змогу за допомогою спеціальних програмних CASE-засобів (Computer Aided Software Engineering) розробляти динамічні моделі для великих складних систем. Особливості методологій функціонального моделювання організацій і їхніх бізнес-процесів розглянемо в шостій темі.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела [16, с. 35–53], [20, с. 80–134], [34, с. 49–54].
Додаткові джерела: [3, с. 101–125], [4, с. 41–61], [32, с. 161–187].

Питання для самоконтролю

1. Які складові входять до моделі «чорний ящик»?
2. Поясніть складові моделі зовнішнього середовища.
3. Що розуміють під моделлю типу «склад системи»?
4. Що розуміють під моделлю типу «структура системи»?
5. Наведіть приклади структур систем. Поясніть їх.
6. Що розуміють під поняттям «морфологічна модель системи»?
7. Які компоненти входять до морфологічної моделі загального вигляду?
8. Які особливості функціональної моделі системи Ви знаєте?
9. Що розуміють під інформаційною моделлю системи?
10. У яких формах виявляється інформація в системі? Поясніть ці форми.
11. Опишіть методику побудови інформаційної моделі системи.
12. Які особливості динамічної моделі системи Вам відомі?

Теми рефератів

1. Застосування графів у задачах оптимізації структури організації.
2. Моделювання впливу внутрішніх факторів на ефективність діяльності організації.
3. Моделювання впливу зовнішніх факторів на ефективність діяльності організації.
4. Інформаційна модель організації на прикладі (торговельного центру, стадіону, центру зайнятості тощо).

РОЗДІЛ 2 ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Тема 5. ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

5.1 Зміст системного аналізу

Системний аналіз (СА) сьогодні – це наукова дисципліна, спрямована на вирішення системних проблем, що виникають у різних сферах людської діяльності, шляхом інтегрування розрізнених наукових знань і методів у єдиний технологічний процес комплексного дослідження на базі системної ідеології. Він реалізує на практиці основний принцип системного підходу до вивчення об'єктів і явищ: вирішити практичну системну проблему можна лише в тому випадку, якщо протиставити їй адекватний за складністю комплекс наукових методів і знань, що охоплює своїми пізнавальними можливостями найбільш значущі сторони об'єктів та явищ, які зумовили виникнення і розвиток даної проблеми.

Можна стверджувати, що відбулося поступове перетворення СА з методу, що рекомендує керівникові вибір оптимальної лінії поведінки, на комплексну наукову дисципліну, яка реалізує на практиці системний підхід до вивчення явищ і спрямована на:

розкриття сутності й взаємозв'язків явищ, що зумовили виникнення цієї проблеми, шляхом побудови математичних та інших моделей;

усебічний аналіз можливих варіантів вирішення системних проблем з оглядом на такі реалії, як ресурсні обмеження, невизначеність умов зовнішньої обстановки, фінансові та інші ризики;

обґрунтування на цій основі рекомендацій особам, які приймають рішення, щодо вибору їхньої раціональної лінії поведінки у складних управлінських ситуаціях.

Отже, у вузькому розумінні СА – це методологія прийняття рішень, а в широкому – синтез ЗТС, системного підходу та системних методів обґрунтування і прийняття рішень. Спираючись на сучасну комп'ютерну техніку, СА все більше набуває рис інформаційної технології, потрібної менеджерам для вирішення економічних, технічних, соціальних та інших проблем.

Управління підприємствами і організаціями в умовах сьогодення - це комплексна і складна проблема, яка потребує врахування залежностей між окремими питаннями, які раніше вважалися неважливими і незначущими. Потрібно зважити на все більшу кількість взаємопов'язаних факторів за обмежених лімітах часу. Потрібні методи, які дають змогу аналізувати складні проблеми як ціле, забезпечують розгляд багатьох альтернатив, кожна з яких описується великою кількістю змінних, уможливають відображення об'єктивних і суб'єктивних невизначеностей. Методологією розв'язання таких проблем є системний аналіз.

Системний аналіз [20] – це сукупність формалізованих, слабоформалізованих і неформалізованих методів та процедур, які дають змогу застосовувати системний підхід до управління системною діяльністю людини й функціонуванням складних систем на різних етапах їхнього життєвого циклу.

Із *методологічного боку* системний аналіз є прикладною діалектикою [20], він реалізує ідеї діалектики щодо конкретних практичних задач, особливість яких полягає в необхідності виявлення причин їхньої складності й усуненні цих причин.

Із *методичного боку* системний аналіз відрізняє міждисциплінарний і наддисциплінарний характер із залученням до досліджень як неформальних, евристичних, експертних методів, так і точних математичних методів.

Із *практичного боку* системний аналіз є системою методів дослідження або проектування складних систем, пошуку, планування та реалізації змін, спрямованих на ліквідацію проблеми.

У СА використовуються як математичний апарат ЗТС, так і інші якісні та кількісні методи математичної логіки, теорії прийняття рішень, теорії ефективності, теорії інформації, структурної лінгвістики, теорії нечітких множин, методів штучного інтелекту, методів моделювання та ін.

Зважаючи на все вищезазначене *системний аналіз* - це логічно пов'язана сукупність теоретичних та емпіричних положень математики, природничих наук і досвіду розроблення складних систем, яка забезпечує підвищення обґрунтованості вирішення конкретної проблеми.

Можна констатувати, що СА:

застосовуються у випадках, коли задачу не можна одразу подати за допомогою математичних методів;

приділяє увагу процесу постановки задачі і використовує не тільки формальні методи, але й методи якісного аналізу;

спирається на основні поняття теорії систем;

допомагає організувати процес колективного прийняття рішень, поєднуючи фахівців різних галузей знань;

вимагає обов'язкового розроблення методики системного аналізу, що визначає послідовність етапів проведення аналізу та методу їхнього виконання;

досліджує процеси цілепокладання й розроблення засобів роботи з цілями;

як метод використовує розчленовування великої невизначеності на доступнішу для огляду, що краще піддається дослідженню (що відповідає поняттю аналізу) за умови збереження цілісного (системного) подання об'єкта дослідження.

Найбільш ефективно СА можна здійснити лише на основі системного підходу, який передбачає не тільки органічне поєднання аналітичного розчленовування проблеми на частини і дослідження зв'язків і відносин між цими частинами, але і звертає особливу увагу на розгляд цілей і завдань,

загальних для всіх частин. Відповідно до цього виконується синтез загального рішення з часткових рішень. У СА методи аналізу та синтезу взаємно переплітаються. Під час здійснення аналітичної процедури увагу звертають на способи об'єднання окремих результатів у єдине ціле і вплив кожного з елементів на інші елементи системи.

У межах завдань менеджменту СА можна визначити як застосування системних концепцій до функцій управління організаціями та підприємствами. Розглядаючи організацію як підсистему системи досягнення мети (тобто вирішення встановленої проблеми), системний аналіз зовсім повному «висвітлює» діяльність людини в організації. Мислення та діяльність людини в такій організації набуває системний характер. Оволодіння системною методологією дає окремій особі розуміння того, що «має бути», очевидне відчуття необхідності колективної роботи й потребу в удосконаленні методів роботи організації, а також чітке розуміння свого місця та ролі в цій роботі. Менеджери, які володіють «системними уявленнями», мають можливість віднаходити шляхи проведення змін в організації або обґрунтування зміни цілей організації.

Застосування системного аналізу під час побудови інформаційних систем організацій дає можливість виділити перелік і вказати доцільну послідовність виконання взаємозалежних задач, що дають змогу не випустити з розгляду важливі сторони і зв'язки досліджуваного об'єкта автоматизації. Іноді говорять, що системний аналіз - це методика поліпшуючого втручання в проблемну ситуацію.

5.2 Об'єкт і предмет системного аналізу

Об'єкт дослідження у гносеології (теорії пізнання) - це та частина об'єктивної реальності, із якою дослідник має справу, а предмет дослідження - це сукупність знань про цю частину об'єктивної реальності.

Об'єктом СА є реальні об'єкти, явища і процеси природи та суспільства, що розглядаються як системи. Характерними прикладами об'єктів СА є проблеми різного ієрархічного рівня, пов'язані зі створенням нових і удосконаленням (модернізацією) існуючих організаційних, технічних, технологічних, концептуальних, інформаційних, економічних, військових та інших систем. До таких проблем належать:

формування соціально-економічного курсу держави та визначення стратегії розвитку галузей промислово-господарського комплексу країни, регіону, міста, району;

обґрунтування способів комплексного розв'язання глобальних і регіональних економічних, політичних, екологічних і техногенних протиріч;

техніко-економічне обґрунтування і проектування складних систем різного функціонального призначення;

удосконалення організаційно-управлінських структур організацій, підприємств, фірм і промислових об'єднань в умовах ринкових відносин;

розроблення бізнес-планів і обґрунтування маркетингових стратегій підприємств і фірм зважаючи на конкуренцію, нестабільність ринків збуту продукції, економічні кризи та ін.

Отже, системний аналіз передбачає системне бачення об'єкта.

Предмет СА та його місце в загальній структурі наукових знань визначаються, насамперед, тим, що він *утілює на практиці ідеологію системного підходу до вивчення природних і суспільних явищ із метою вирішення виникаючих проблем*. Ідеться про те, що в основі його категорійного апарату, концепцій, методів і прийомів лежать ідеї системного підходу, конкретизовані стосовно до проблеми, яка потребує вирішення.

Окрім того, системний підхід і системний аналіз - це різні наукові напрями. Системний підхід щодо системних аналітичних досліджень є своєрідною базою ідей, філософським підґрунтям. Зі свого боку СА наповнює ідеї та концепції системного підходу конкретним змістом і надає відповідної інтерпретації. Спільний розвиток цих наукових напрямів відбувається через вирішення діалектичного протиріччя «загальне – частка», що призводить до їхнього взаємного збагачення.

З історичного погляду СА є спадкоємцем дослідження операцій, що є напрямом кібернетики, заснованим на апараті математичного програмування, теорії масового обслуговування, математичної статистики, теорії ігор та ін. Його виникнення було реакцією прикладної науки на потребу вирішення економічних, військово-технічних, адміністративно-управлінських та інших масштабних проблем, де застосування операційних методів виявилось малоефективним. І сьогодні методи теорії дослідження операцій становлять методичний базис СА.

На сьогодні накопичений великий досвід практичного застосування методології СА для розв'язання задач різного рівня значущості. З'явилися важливі теоретичні та практичні результати, які дають змогу уточнити місце цієї дисципліни в загальній структурі наукових знань і переосмислити вихідні положення, що визначають підхід до постановки системних проблем, принципи, методи і процедури їхнього вирішення.

У процесі свого розвитку СА сформувався як міждисциплінарний науковий напрям, *предмет* якого можна визначити в такий спосіб: по-перше, це *концепції та принципи постановки і вирішення практичних проблем на базі системної ідеології*. По-друге, *способи інтегрування методів і результатів дослідження спеціальних дисциплін у цільову технологію, спрямовану на вирішення проблемних ситуацій*. По-третє, *методики, прийоми й моделі комплексного дослідження і проектування різних системних об'єктів*.

До **предмета СА** належать також **численні характеристики системності**, типовими серед яких є:

склад системи (типологія й численність елементів, залежність елемента від його місця й функцій у системі, види підсистем, їхні властивості, вплив на властивості цілого);

структура системи (типологія і складність структури, різноманіття зв'язків, прямі та зворотні зв'язки, ієрархічність структури, вплив структури на властивості й функції системи);

організація системи (часовий і просторовий аспекти);

організація, типологія організації, композиція системи, стійкість, гомеостат, керованість, централізація та периферійність, оптимізація організаційної структури);

функціонування системи: цілі системи та їхня декомпозиція, вид функції (лінійна, нелінійна, внутрішня, зовнішня), а в умовах невизначеності, у критичних ситуаціях, механізм функціонування, узгодженість внутрішніх і зовнішніх функцій, проблема оптимальності функціонування та перебудови функцій;

положення системи в середовищі (границі системи, характер середовища, відкритість, рівновага, стабілізація, збалансованість, механізм взаємодії системи й середовища, адаптація системи до середовища, чинники впливу середовища);

розвиток системи (місія, системоутворюючі фактори, життєвий шлях, етапи і джерела розвитку, процеси в системі - інтеграція й дезінтеграція, динаміка, ентропія або хаос, стабілізація, кризи, самовідновлення, перехідність, випадковість, інноваційність і перебудова).

Одночасно з розширенням предмета й об'єкта якісно змінився сам користувач (споживач) теорії системного аналізу. Якщо в період свого становлення системний аналіз забезпечував діяльність переважно керівників вищого рангу, то в останні роки до них приєдналися інженери проектів, технологи виробництва, наукові співробітники, менеджери дрібних і середніх фірм. Загалом, усі фахівці, чия діяльність пов'язана з вирішенням технічних, наукових, фінансових та інших системних проблем локального або навіть особистісного характеру. Окрім того, останнім часом цей напрям привертає все більше уваги фахівців гуманітарних галузей знання (соціологів, філологів, юристів, політологів, економістів та ін.), які вбачають у ньому не тільки інструментарій розв'язання різних проблем, а й ефективний засіб міжнаукової комунікації.

5.3 Задачі системного аналізу

У процесі дослідження існуючих або створення нових систем дослідники прагнуть до найповнішого й об'єктивного подання об'єкта: опису його внутрішньої структури, яка пояснює причинно-наслідкові закони функціонування й дає змогу передбачити, а отже, і керувати його поведінкою.

До складу задач СА входять задачі декомпозиції, аналізу й синтезу (рис. 5.1).

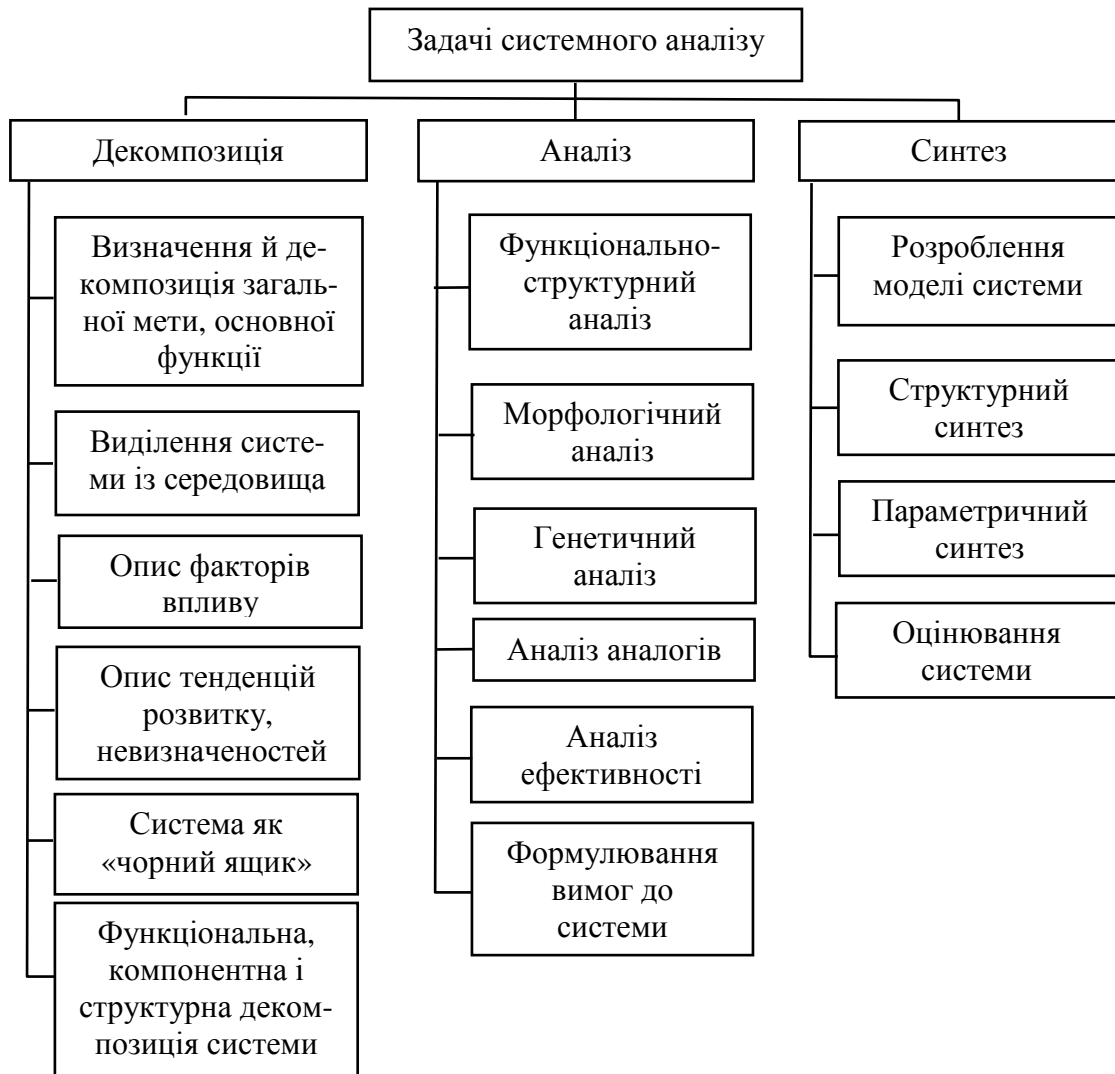


Рис. 5.1 – Основні задачі системного аналізу

Задача декомпозиції полягає в поданні системи у вигляді підсистем та елементів.

На етапі декомпозиції здійснюють:

визначення й декомпозицію загальної мети дослідження й основної функції системи як обмеження траєкторії у просторі станів системи або в області припустимих ситуацій. Декомпозиція здебільшого проводиться шляхом побудови «дерева цілей» і «дерева функцій»;

виділення системи із середовища (поділ на систему й оточуюче середовище) за критерієм участі кожного розглянутого елемента у процесі, що приводить до результату на основі розгляду системи як складової частини надсистеми;

опис факторів впливу;

опис тенденцій розвитку, невизначеностей різного виду;

опис системи як «чорного ящика».

функціональну (за функціями), компонентну (за видом елементів) і структурну (за видом відносин між елементами) декомпозиції системи.

Глибина декомпозиції обмежується. Декомпозиція має припинитися, якщо необхідно змінити рівень абстракції - подати елемент як підсистему. Якщо під час декомпозиції з'ясується, що модель починає описувати внутрішній алгоритм функціонування елемента замість закону його функціонування у вигляді «чорного ящика», то в цьому випадку відбулася зміна рівня абстракції. Це означає вихід за межі мети дослідження системи і, отже, викликає припинення декомпозиції.

В автоматизованих методиках типовою є декомпозиція моделі на глибину 5–6 рівнів. Така глибина декомпозиції властива підсистемам. Функції, що вимагають такого рівня деталізації, дуже важливі, і їхній детальний опис дає ключ до розуміння роботи всієї системи.

У загальній теорії систем доведено, що більшість систем підлягають декомпозиції на базові подання підсистем. До них належать послідовне (каскадне) з'єднання елементів, паралельне з'єднання елементів, з'єднання за допомогою зворотного зв'язку.

Проблема проведення декомпозиції полягає в тому, що у складних системах відсутня однозначна відповідність між законом функціонування підсистем і алгоритмом його реалізації. Із огляду на це здійснюють формування кількох варіантів (або одного варіанта, якщо система відображена у вигляді ієрархічної структури) декомпозиції системи.

Розглянемо деякі стратегії декомпозиції.

Функціональна декомпозиція. Декомпозиція ґрунтується на аналізі функцій системи. До того ж ставиться питання, що робить система, незалежно від того, як вона працює. Підставою поділу на функціональні підсистеми є спільність функцій, виконуваних групами елементів.

Декомпозиція за життєвим циклом. Ознака виділення підсистем - зміна закону функціонування підсистем на різних етапах циклу існування системи «від народження до загибелі». Рекомендують застосовувати цю стратегію, коли метою системи є оптимізація процесів і коли можна визначити послідовні стадії перетворення входів на виходи.

Декомпозиція за фізичним процесом. Ознака виділення підсистем - кроки виконання алгоритму функціонування підсистеми, стадії зміни станів. Хоча ця стратегія стає в нагоді під час опису існуючих процесів, результатом її часто може стати занадто послідовний опис системи, що неповною мірою враховуватиме обмеження, накладені функціями одна на одну. До того ж може виявитися прихованою послідовність керування. Застосовувати цю стратегію потрібно лише в тому випадку, якщо метою моделі є опис фізичного процесу як такого.

Декомпозиція на підсистеми (структурна декомпозиція). Ознака виділення підсистем - міцний зв'язок між елементами за одним із типів існуючих у системі (інформаційних, логічних, ієрархічних, енергетичних та ін.). Силу зв'язку, наприклад, за інформацією можна оцінити коефіцієнтом інформаційного взаємозв'язку підсистем $k = N / N_0$, де N - кількість взаємно використовуваних інформаційних масивів у підсистемах, N_0 - загальна кількість інформаційних масивів.

Задача аналізу полягає у виявленні різного роду властивостей системи або зовнішнього середовища. Метою аналізу може бути визначення закону перетворення інформації, що задає поведінку системи. В останньому випадку мова йде про агрегацію (композицію) системи в один елемент.

Етап аналізу забезпечує формування детального уявлення про систему. На цьому етапі здійснюються:

1) функціонально-структурний аналіз існуючої системи, що дає змогу сформулювати вимоги до створюваної системи. Він включає уточнення складу й законів функціонування елементів, алгоритмів функціонування і взаємовпливів підсистем, поділ керованих і некерованих характеристик, завдання простору станів, завдання параметричного простору, в якому задана поведінка системи, аналіз цілісності системи, формулювання вимог до створюваної системи;

2) морфологічний аналіз - аналіз взаємозв'язку компонентів;

3) генетичний аналіз - аналіз передісторії, причин розвитку ситуації, наявних тенденцій, побудова прогнозів;

4) аналіз аналогів;

5) аналіз ефективності (за результативністю, ресурсоемністю, оперативністю). Він включає вибір шкали вимірювань, формування показників ефективності, обґрунтування та формування критеріїв ефективності, безпосереднє оцінювання та аналіз отриманих оцінок;

б) формування вимог до створюваної системи, зокрема вибір критеріїв оцінки й обмежень.

Задача синтезу системи протилежна задачі аналізу. Необхідно, маючи опис закону перетворення, побудувати систему, що фактично виконує це перетворення за певним алгоритмом. Окрім того, попередньо потрібно визначити клас елементів - складових системи, яка реалізує алгоритм функціонування.

Етап синтезу системи можна подати у вигляді спрощеної функціональної діаграми (рис. 5.2). На цьому етапі здійснюється:

1) розроблення моделі необхідної системи (вибір математичного апарата, моделювання, оцінка моделі за критеріями адекватності, простоти, відповідності між точністю і складністю, балансу погрешностей, багатоваріантності реалізацій, блочності побудови);

2) синтез альтернативних структур системи;

3) синтез параметрів системи;

4) оцінювання варіантів синтезованої системи (обґрунтування схеми оцінювання, реалізація моделі, проведення експерименту з оцінювання, оброблення результатів оцінювання, аналіз результатів, вибір найкращого варіанта).

СА завершується оцінкою ступеня адекватності отриманої моделі досліджуваній системі або відповідності створеної системи завданню на її проектування.

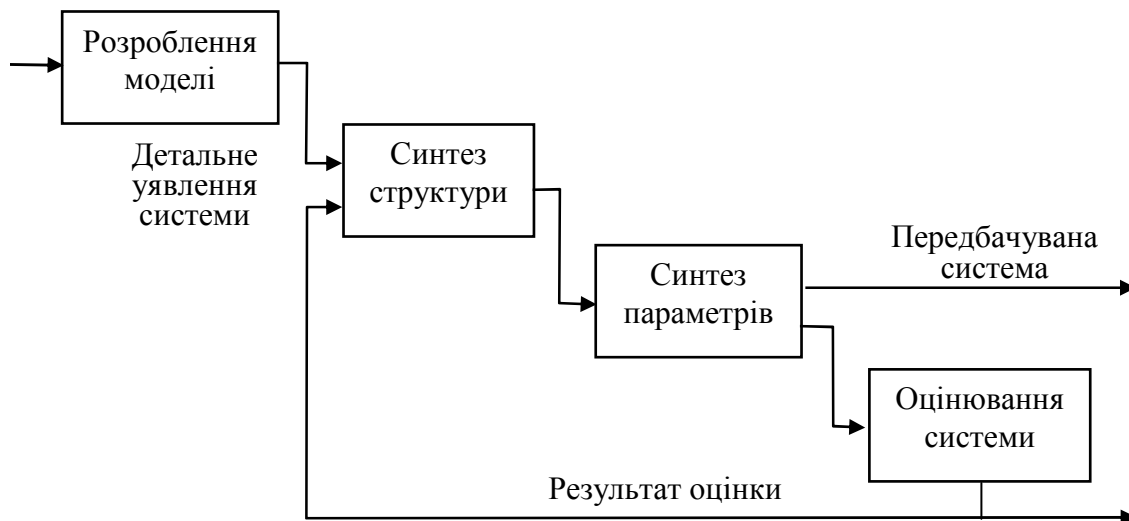


Рис. 5.2 – Спрощена функціональна діаграма етапу синтезу системи

Найбільш складними у виконанні є етапи декомпозиції та аналізу. Це пов'язано з високим ступенем невизначеності, яку потрібно подолати під час дослідження.

Системний аналіз як наука ґрунтується на **визначенні понять і принципів проведення аналізу**. Основні поняття було розглянуто у другій темі. Розглянемо основні принципи СА.

5.4 Принципи системного аналізу

Принципи системного аналізу - це певні положення загального характеру, які є узагальненням досвіду роботи людини зі складними системами. Різні автори викладають принципи з певними відмінностями, оскільки загальноприйнятих формулювань наразі немає. Усі формулювання, однак, описують одні поняття.

Більшість дослідників до системних зараховують такі принципи: принцип кінцевої мети, принцип вимірювання, принцип еквівіальності, принцип єдності, принцип сполучуваності, принцип модульної побудови, принцип ієрархії, принцип функціональності, принцип розвитку (історичності, динамічності), принцип децентралізації, принцип невизначеності.

Принцип кінцевої мети. Це абсолютний пріоритет кінцевої (глобальної) мети. Принцип має кілька правил:

для проведення системного аналізу необхідно, насамперед, сформулювати мету дослідження. Розпливчасті, недостатньо визначені цілі спричиняють неправильні висновки;

аналіз потрібно проводити на базі першочергового з'ясування основної мети (функції, основного призначення) досліджуваної системи, що дасть змогу визначити її основні істотні властивості, показники якості та критерії оцінки;

під час синтезу систем будь-яка спроба зміни або удосконалення має оцінюватися з погляду, допомагає чи заважає вона досягненню кінцевої мети;

мета функціонування штучної системи задається здебільшого системою, у якій досліджувана система є складовою частиною.

Принцип вимірювання. Про якість функціонування будь-якої системи можемо говорити тільки з погляду системи більш високого рівня. Інакше кажучи, для визначення ефективності функціонування системи її потрібно подати як частину більш загальної і проводити оцінку зовнішніх властивостей досліджуваної системи щодо цілей і задач надсистеми.

Принцип еквіфінальності. Система може досягти необхідного кінцевого стану, який не залежить від часу й зумовлений винятково власними характеристиками системи за різних початкових умов і різних шляхів. Це форма стійкості щодо початкових і граничних умов.

Принцип єдності. Це одночасний розгляд системи як цілого і як сукупності складових частин (елементів). Принцип орієнтований на «погляд усередину» системи, на розчленовування її зі збереженням цілісних уявлень про систему.

Принцип поєднуваності. Розгляд будь-якої частини водночас із її оточенням передбачає проведення процедури виявлення зв'язків між елементами системи і виявлення зв'язків із зовнішнім середовищем (урахування зовнішнього середовища). Відповідно до цього принципу систему, передусім, потрібно розглядати як частину (елемент, підсистему) іншої системи (надсистеми).

Принцип модульної побудови. Варто виділити модулі в системі й розглядати її як сукупність модулів.

Принцип указує на можливість замість частини системи досліджувати сукупність її вхідних і вихідних впливів (абстрагування від зайвої деталізації).

Принцип ієрархії. Корисним є введення ієрархії частин і їхнє ранжирування, що спрощує розроблення системи й установлює порядок розгляду частин.

Принцип функціональності. Це спільний розгляд структури і функції з пріоритетом функції над структурою.

Принцип стверджує, що будь-яка структура тісно пов'язана з функцією системи та її частин. У випадку додавання до системи нових функцій корисно переглядати її структуру, а не намагатися втиснути нову функцію у стару схему. Оскільки виконувані функції складають процеси, то доцільно розглядати окремо процеси, функції, структури. Процеси, зі свого боку, зводяться до аналізу потоків різних видів:

- матеріальний потік;
- потік енергії;
- потік інформації;
- зміна станів.

Із цього погляду структура - це безліч обмежень на потоки у просторі і у часі.

Принцип розвитку. Це врахування змінюваності системи, її здатності до розвитку, адаптації, розширення, заміни частин, нагромадження інформації. З одного боку, синтезована системи має ґрунтуватися на можливості розвитку, нарощування, удосконалення. Звичайне розширення функцій передбачається завдяки забезпеченню можливості включення нових модулів, сумісних з наявними. З другого боку, під час аналізу системи для розкриття закономірностей її функціонування важливо зважати її передісторію та тенденції зміни в певний час.

Одним зі способів врахування цього принципу розробниками є розгляд системи в межах її життєвого циклу. Умовними фазами життєвого циклу штучно створюваної системи є проектування, виготовлення, уведення в експлуатацію, експлуатація, нарощування можливостей (модернізація), зняття з експлуатації (заміна), знищення.

Окремі автори цей принцип називають принципом динаміки (історичності) або відкритості. *Для того щоб система функціонувала, вона має змінюватися, взаємодіяти із оточуючим середовищем.*

Принцип децентралізації. Це поєднання у складних системах централізованого та децентралізованого керування, яке переважно полягає в тому, що ступінь централізації має бути мінімальним і забезпечувати досягнення поставленої мети.

Недолік децентралізованого керування - збільшення часу адаптації системи. Він істотно впливає на функціонування системи у швидко мінливих середовищах. Те, що в централізованих системах можна зробити за короткий час, у децентралізованій системі втілюватиметься доволі повільно.

Недоліком централізованого керування є складність управління через величезний потік інформації, що підлягає переробці у старшій системі керування. Через це у складній системі зазвичай присутні два рівні керування.

У повільно мінливій обстановці децентралізована частина системи успішно справляється з адаптацією системи до середовища і з досягненням глобальної мети системи за допомогою оперативного керування, а за різких змін середовища здійснюється централізоване керування з переведенням системи в новий стан.

Принцип невизначеності. Це врахування невизначеностей і випадковостей у системі. Принцип стверджує, що можна мати справу із системою, у якій структура, функціонування або зовнішні впливи неповністю визначені.

Складні відкриті системи не підкорюються ймовірнісним законам. У таких системах можна оцінювати «найгірші» ситуації і розгляд провадити для них. Цей спосіб зазвичай називають **методом гарантованого результату**. Його застосовують у випадках, коли невизначеність не описується апаратом теорії ймовірностей.

За наявності інформації про ймовірнісні характеристики входів (математичне сподівання, дисперсію тощо) можна визначити ймовірнісні характеристики виходів у системі.

Зазначені принципи мають дуже високий ступінь узагальнення. Для безпосереднього застосування дослідник має наповнити їх конкретним змістом щодо предмета дослідження. Така інтерпретація уможливило обґрунтування висновку щодо малої значущості будь-якого принципу.

Знання принципів, однак, дає змогу краще побачити важливі аспекти розв'язуваної проблеми, зважити на весь комплекс взаємозв'язків, забезпечити системну інтеграцію.

5.5 Технологія системного аналізу

Логіка системного аналізу включає процедури, пов'язані з процесом прийняття управлінських рішень, і має на меті сформуванню логічно-структурну схему аналізу. В опублікованих роботах по-різному описується послідовність цих процедур. Спільним у них є те, що більшість авторів наголошують на тісному зв'язку методології системного аналізу із загальними принципами й ідеями системного підходу. За такого трактування логіка системного аналізу за змістом значною мірою збігається із системним підходом до аналізу досліджуваних явищ.

Розглянемо *технологію СА* як процес формування загального й детального подання системи, до якого входять дев'ять основних стадій.

Формування загального подання системи

Стадія 1. Виявлення головних функцій (властивостей, цілей, призначення) системи. Формування (вибір) основних предметних понять, використовуваних у системі. На цій стадії мова йде про з'ясування основних виходів у системі. Саме з цього найкраще починати її дослідження. Потрібно визначити тип виходу: матеріальний, енергетичний, інформаційний. Виходи необхідно віднести до будь-яких фізичних або інших понять (вихід виробництва - продукція (яка?), вихід системи керування - командна інформація (для чого? у якому вигляді?), вихід автоматизованої інформаційної системи – відомості (про що?) та ін.).

Стадія 2. Виявлення основних функцій і частин (підсистем, елементів) у системі. Усвідомлення єдності цих частин у границях системи. На цій стадії відбувається перше знайомство з внутрішнім змістом системи, виявляється, з яких крупних частин вона складається і яку роль кожна частина відіграє в системі. Це стадія одержання початкових відомостей про структуру та характер основних зв'язків. Такі відомості треба подавати й вивчати за допомогою структурних або об'єктно-орієнтованих методів аналізу систем, де, наприклад, з'ясовується наявність переважно послідовного або рівнобіжного характеру з'єднання частин, взаємної або переважно односторонньої спрямованості впливів між частинами та ін. Уже на цій стадії

необхідно звернути увагу на так звані системоутворюючі фактори, тобто на ті зв'язки, взаємозумовленості, які роблять систему системою.

Стадія 3. Виявлення основних процесів у системі, їхньої ролі, умов перебігу; виявлення стадійності, стрибків, змін станів у функціонуванні; у системах із керуванням - виділення основних керуючих факторів. Тут досліджується динаміка найважливіших змін у системі, перебіг подій, вводяться параметри стану, розглядаються фактори, які впливають на ці параметри, що забезпечують перебіг процесів, а також умови початку й завершення процесів. Визначається, чи керовані процеси і чи сприяють вони виконанню системою своїх головних функцій. Для керованих систем виявляються основні керівні впливи, їхній тип, джерело і ступінь впливу на систему.

Стадія 4. Виявлення основних елементів оточуючого середовища (актуальне середовище), із якими пов'язана досліджувана система. Виявлення характеру цих зв'язків. На цій стадії вирішується низка окремих проблем. Досліджуються основні зовнішні впливи на систему (входи). Визначається їхній тип (речовинний, енергетичний, інформаційний), ступінь впливу на систему, основні характеристики. Фіксуються границі того, що вважається системою, визначаються елементи «актуального середовища», на які спрямовані основні вихідні впливи. Тут же корисно простежити еволюцію системи, шлях її формування. Саме це здебільшого призводить до усвідомлення структури й особливостей функціонування системи. Загалом ця стадія дає змогу краще усвідомити головні функції системи, її залежність і вразливість або відносну незалежність у зовнішньому середовищі.

Стадія 5. Виявлення невизначеностей і випадковостей у ситуації, їхнього визначального впливу на систему (для стохастичних систем).

Стадія 6. Виявлення розгалуженої структури, ієрархії, формування уявлень про систему як про сукупності модулів, пов'язаних входами-виходами.

Стадія 6 завершується формуванням загальних уявлень про систему. Цього здебільшого достатньо, якщо мова йде про об'єкт, із яким ми безпосередньо не працюватимемо. Якщо ж мова йдеться про систему, якою потрібно займатися для її глибокого вивчення, поліпшення, керування, то доведеться піти далі циклічним шляхом поглибленого дослідження системи.

Формування детального подання системи

Стадія 7. Виявлення всіх елементів і зв'язків, важливих для цілей розгляду. Їхнє віднесення до структури ієрархії в системі. Ранжирування елементів і зв'язків за їхньою значущістю.

Стадії 6 і 7 тісно пов'язані одна з одною, тому їх варто обговорювати одночасно. Стадія 6 - це межа пізнання «всередину» достатньо складної системи. Більш ґрунтовні знання про систему (стадія 7) матиме лише фахівець, відповідальний за її окремі частини. Для не дуже складного об'єкта рівень стадії 7 - знання системи загалом - досяжний і для однієї людини. Таким чином, попри схожу сутність стадій 6 і 7 та сама, у першій із них обмежуємося розумним обсягом відомостей доступних одному дослідникові.

За заглибленої деталізації важливо виділяти саме істотні для розгляду елементи (модулі) і зв'язки, відкидаючи все те, що нецікаво для цілей дослідження. Пізнання системи припускає не завжди тільки відокремлення значущого від неістотного, а й акцентування на важливому. Деталізація має торкнутися й уже розглянутого на стадії 4 зв'язку системи з актуальним оточуючим середовищем. На стадії 7 сукупність зовнішніх зв'язків уважається з'ясованою настільки, що можна говорити про доскональне знання системи.

Стадії 6 і 7 підбивають підсумок загального, всебічного вивчення системи. Подальші стадії вже розглядають тільки її окремі сторони. Із огляду на це важливо ще раз звернути увагу на системоутворюючі фактори, на роль кожного елемента й кожного зв'язку, на розуміння, чому вони саме такі або мають бути саме такими в аспекті єдності системи.

Стадія 8. Урахування змін і невизначеностей у системі. Тут досліджується повільна, зазвичай небажана зміна властивостей системи, яку прийнято називати «старінням», а також можливість заміни окремих частин (модулів) на нові, які дають змогу не тільки протистояти старінню, але й підвищити якість системи порівняно з початковим станом. Таке удосконалення штучної системи прийнято називати розвитком. До нього також належать поліпшення характеристик модулів, підключення нових модулів, накопичення інформації для кращого її використання, а подекуди й перебудова структури, ієрархії зв'язків.

Основні невизначеності у стохастичній системі вважаються дослідженими на стадії 5. Недетермінованість, однак, завжди має місце в системі, непризначеній працювати в умовах випадкового характеру входів і зв'язків. Окрім того, урахування невизначеностей у цьому разі зазвичай перетворюється на дослідження чутливості найважливіших властивостей (виходів) системи. *Під чутливістю розуміють ступінь впливу зміни входів на зміну виходів.*

Стадія 9. Дослідження функцій і процесів у системі з метою керування ними. Уведення керування і процедур ухвалення рішення. Керівні дії як системи керування. Для цілеспрямованих та інших систем з керуванням ця стадія має велике значення. Основні керівні фактори були з'ясовані під час розгляду стадії 3, але там це мало характер загальної інформації про систему. Із метою ефективного введення керувань або вивчення їхніх впливів на функції системи і процеси в ній необхідне глибоке знання системи. Саме тому ми говоримо про аналіз керувань тільки зараз, після всебічного розгляду системи. Нагадаємо, що керування може бути надзвичайно різноманітним за змістом: від команд спеціалізованої керуючої ЕОМ до міністерських наказів.

Можливість однакового розгляду всіх цілеспрямованих втручань у поведінку системи, однак, дає змогу говорити вже не про окремі управлінські акти, а про систему керування, що тісно переплітається з основною системою, але чітко виділяється у функціональному відношенні.

На цій стадії з'ясовується, де, коли і як (у яких точках системи, у які моменти, у яких процесах, логічних переходах та ін.) система керування впливає на основну систему, наскільки це ефективно, прийнятно і зручно реалізовано. Під час уведення керувань у системі мають бути досліджені варіанти перетворення входів і постійних параметрів у керовані, визначені припустимі межі керування і способи їхньої реалізації.

Після завершення стадій 6–9 дослідження систем продовжується на якісно новому рівні: реалізується специфічна стадія моделювання. Про створення моделі можна говорити тільки після повного вивчення системи.

5.6 Системне управління та системний аналіз організації

Управління організацією на базі використання системного підходу передбачає проведення таких послідовних етапів:

- визначення місця організації в галузі, у регіоні, місії організації;
- формулювання мети;
- розчленування системи (моделі організації) на складові й детальне дослідження кожної підсистеми;
- вивчення факторів, що впливають на підсистеми та систему загалом, їхнє угруповання й ранжирування;
- пошук відхилень існуючого стану системи від заданого;
- визначення об'єктивних і суб'єктивних причин відхилень;
- установлення основних способів, методів і засобів приведення системи в заданий стан;
- пошук власних ресурсів для вирішення проблеми;
- придбання додаткових ресурсів;
- реалізація запланованих дій;
- контроль та аналіз результатів.

Використання засобів системного підходу для розв'язання завдань управління сприяє кращому усвідомленню структурно-функціонального змісту процесів управління організацією, їхніх багатоаспектних взаємозв'язків між собою й оточуючим середовищем, дій різноманітних системоутворюючих факторів, їхнього існування та розвитку.

Головне призначення системного підходу полягає не просто в аналізі організацій як систем, а в системному розгляді деяких сукупностей елементів і зв'язків між ними, які дослідник відповідно до своїх завдань визначає саме як модель системи «досліджувана організація».

Причому на підставі того самого об'єкта дослідження можна змоделювати різноманітні системи: залежно від обраного критерію, тобто того його компонента або властивості, який буде визначено як системоутворююча ознака.

Безперечною перевагою системного підходу є спрямування на слабкоструктуровані проблеми, пошук оптимального варіанта їхнього вирішення. Такі проблеми виникають на рівні складних систем.

Потрібно також зазначити, що системний підхід можна застосовувати на різних рівнях: від певної ділянки до всієї організації. У будь-якому разі об'єкт управління розглядається як цілісна система. Управління є ефективним за умови оптимального підбору елементів системи і скоординованості дії.

Системний аналіз як інструментарій досліджень у сфері прийняття управлінських рішень ефективно застосовують під час вирішенні завдань управління економічними системами, зокрема управління організаціями. Під **організацією** розумітимемо *соціально-економічну систему, що поєднує групу людей, які разом реалізують певну спільну мету та діють на основі певних принципів і правил.* У межах спеціальності «Менеджмент організацій» це - підприємства різних галузей господарства і різних масштабів діяльності (від малих підприємств до корпорацій), наукові установи, заклади освіти, культури тощо.

Розглядаючи організацію як систему, методологія системного аналізу дає змогу побудувати її модель, подану на рис. 5.3.

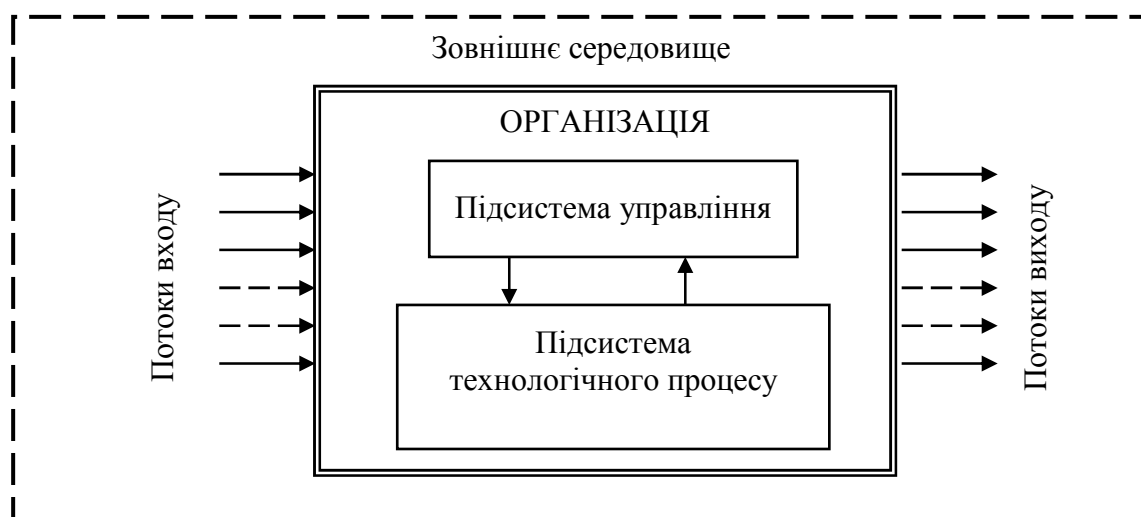


Рис. 5.3 – Варіант моделі організації

У структурі системи «організація» виділені дві підсистеми: підсистема управління та підсистема технологічного процесу. Завдання підсистеми технологічного процесу - реалізація функції організації, а завдання підсистеми управління – вироблення керівних впливів, які забезпечують реалізацію функції організації як системи.

Існують різні наукові підходи до управління організаціями: структурний, ситуаційний, процесний, маркетинговий тощо. Недолік підходів різних шкіл до управління, однак, полягає в тому, що кожна з них зосереджує увагу лише на одному важливому елементі, а не розглядає ефективність управління як результативну дію, яка залежить від багатьох факторів.

Системний підхід до управління передбачає, що керівники мають бачити організацію як сукупність взаємопов'язаних елементів: персонал, матеріальні та фінансові ресурси, завдання та технології, які орієнтовані на досягнення різних цілей за мінливих умов зовнішнього середовища. Іншою

важливою особливістю системного підходу до управління є те, що управлінські рішення зважають на наявність системного (синергетичного) ефекту, зумовленого якісно новими властивостями системи (властивості емерджентності), які відсутні у її складових.

Розглянемо деякі аспекти СА організації.

Аналіз зовнішнього середовища

Організація розглядається як ***відкрита система***, яка поєднується із зовнішнім середовищем багатьма зв'язками. До входів організації із зовнішнього середовища надходять певні потоки входу (матеріальні, енергетичні, фінансові, людські, інформаційні тощо). У процесі функціонування організації здійснюється перетворення цих потоків на потоки виходу (продукція, послуги, відходи виробництва та ін.).

Важливою особливістю організацій є взаємозв'язок із зовнішнім середовищем та істотна залежність від останнього, що виявляється в необхідності отримання ресурсів для їхнього функціонування та розширення кола споживачів. Організація не може залишатися ізольованою, їй потрібно взаємодіяти з іншими системами (суспільними організаціями, постачальниками, замовниками, вищими органами управління, профспілками тощо) для забезпечення умов існування та розвитку.

Зовнішнє середовище організації досліджується з метою визначення загроз і можливостей, на які необхідно зважати під час визначення та досягнення цілей. Аналіз зовнішнього середовища, насамперед, передбачає аналіз актуального середовища організації, виділення середовища прямого та середовища непрямого впливу (див. п. 4.1).

До ***середовища непрямого впливу*** належать фактори, які можуть не чинити безпосереднього та негайного впливу на ефективність і стійкість функціонування організації, але все ж мають певний (опосередкований) вплив на неї. Аналіз має містити дослідження міжнародних факторів (воєнні конфлікти, економічні кризи), політичних процесів у країні, правового регулювання, стану економіки, рівня науково-технічного й технологічного розвитку суспільства, соціальної та культурної складових суспільства, екологічного стану навколишнього середовища тощо.

До ***середовища прямого впливу*** належать постачальники сировини, матеріалів, енергетичних і фінансових ресурсів, споживачі продукції або послуг, конкуренти, ринок робочої сили, а також органи державного управління та відповідні закони, що регламентують діяльність організацій.

Аналіз середовища організації покладається на аналітичні відділи та відділи маркетингу. До їхніх обов'язків входить, передусім, вирішення проблеми інформаційного забезпечення. Так, найпоширенішими методами збирання інформації для відстеження стану зовнішнього середовища є:

кабінетні дослідження, які здійснюються через пошук вторинної інформації на електронних і паперових носіях (аналіз матеріалів, надрукованих у періодичних виданнях, книгах, інформації в електронних ЗМІ, Інтернеті);

участь у професійних конференціях;
аналіз досвіду співробітників організацій;
маркетингові дослідження ринку.

Одним із методів аналізу середовища є SWOT-аналіз, відповідно до якого вся множина факторів впливу на діяльність організації групується у чотири блоки:

S (Strengths) – сильні сторони діяльності організації;

W (Weaknesses) – слабкі сторони діяльності організації;

(Opportunities) – можливості поліпшення стану організації;

T (Threats) – загрози, із якими стикається організація на шляху поліпшення своєї діяльності.

Методологія SWOT-аналізу передбачає виявлення сильних і слабких сторін, загроз і можливостей, а потім - устанавлення зв'язків між ними, які в подальшому можна використати для формування стратегії організації. Із метою встановлення таких зв'язків складають матрицю SWOT, що має вигляд таблиці (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Матриця взаємозв'язків у SWOT-аналізі

	Можливості	Загрози
	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Сильні сторони 1. 2. 3.	Поле "СіМ"	Поле СіЗ
Слабкі сторони 1. 2. 3.	Поле СЛіМ	Поле СЛіЗ

Ліворуч виділяють два стовпчики (сильні та слабкі сторони), до яких вносять усі виявлені сильні та слабкі сторони організації. Верхній рядок ділять навпіл (можливості та загрози), а потім записують усі виявлені можливості та загрози.

На перетині розділів утворюються чотири поля: **СіМ** (Сильні сторони і **М**ожливості), **СіЗ** (Сильні сторони і **З**агрози), **СЛіМ** (Слабкі сторони і **М**ожливості), **СЛіЗ** (Слабкі сторони і **З**агрози). На кожному з цих полів необхідно розглянути всі можливі комбінації пар виявлених властивостей і виділити ті, які мають бути враховані для розроблення стратегії. Для пар із поля СіМ слід розробляти стратегію із залученням сильних сторін організації для отримання віддачі від виявлених можливостей, які з'явилися в зовнішньому середовищі. Для тих пар, що опинилися в полі СЛіМ, стратегію необхідно розробляти так, щоб за допомогою можливостей, які з'явилися, спробувати нівелювати наявні в організації слабкі сторони. Для поля СіЗ

стратегія має передбачати використання сили для нейтралізації загроз. Для пар, що перебувають у полі СЛІЗ, потрібно розробити таку стратегію, яка б дала змогу позбутися слабкостей і запобігти загрозам.

Застосування цього методу потребує також виконання ранжирування виявлених можливостей (загроз) із погляду ймовірності їхнього використання (реалізації).

Аналіз внутрішнього середовища організації. Серед факторів **внутрішнього середовища** організації, що мають аналізуватися, можна виділити такі:

- технологічний потенціал організації;
- фінансовий потенціал організації;
- персонал організації;
- управління організацією;
- економічна безпека організації;
- корпоративна культура організації.

Дослідження внутрішнього середовища спрямоване на з'ясування сильних і слабких сторін організації. Сильні сторони є тією базою, на яку організація спирається в конкурентній боротьбі та яку вона має розширювати й укріплювати. Слабкі сторони мають перебувати під пильною увагою керівництва з метою їхнього усунення.

Аналіз фінансового потенціалу організації. Метою аналізу фінансового потенціалу є наочна оцінка динаміки розвитку організації та її фінансового стану. Серед основних завдань можна виділити такі:

- аналіз рентабельності та фінансової стійкості організації;
- аналіз ефективності використання майна організації;
- аналіз динаміки ліквідності, платоспроможності та фінансової стійкості організації;
- аналіз ділової активності організації;
- аналіз ефективності використання фінансових ресурсів тощо.

Деталі аналізу фінансового потенціалу розглядаються у спеціальних дисциплінах «Аналіз господарської діяльності», «Економічна діагностика», «Потенціал підприємства» та ін.

Аналіз корпоративної культури організації. Основна функція корпоративної культури полягає в регулюванні відносин між працівниками організації за допомогою принципів, правил і норм. Культура дає організації відчуття стабільності, а її співробітникам – емоційного залучення до діяльності організації. Вона сприяє реалізації однієї з важливих потреб людини – потреби в самовираженні, яка мотивує позитивну оцінку будь-якого працівника. Значущість корпоративної культури зростає в умовах жорсткої конкуренції, швидкої ротації товарів, мінливості ринкової позиції постачальників і клієнтів. У таких умовах збут

продукції стає проблематичнішим, ніж її виробництво. Серед факторів, що сприяють корпоративній культурі, можемо назвати такі:

- збільшення контактів із зовнішнім середовищем;
- аналіз потреб клієнтів;
- аналіз досягнень і перспектив зростання конкурентів;
- залучення зовнішніх консультантів;
- навчання та підвищення кваліфікації працівників організації;
- постійні увага та контроль діяльності організації з боку її засновників;
- добір кадрів на об'єктивній основі.

Серед факторів, що стримують розвиток корпоративної культури, виділяємо такі:

- зосередження на внутрішніх процедурах і правилах організації;
- незрозумілі критерії оцінки успіху організації та її окремих працівників;
- домінуюча позиція організації на ринку;
- низька професійна мобільність управлінських кадрів, великий стаж роботи на одному місці;
- інтуїтивний добір кадрів, заснований на суб'єктивних критеріях оцінки.

Практика засвідчує, що більшість стримуючих факторів властива орієнтованій на виробництво стабільно функціонуючій замкненій організації. Серед сприятливих чинників – елементи ринкових вимог, еластичних, відкритих до змін організацій, що діють в умовах підвищеного ризику. Отже, основні умови, що змушують організації формувати корпоративну культуру, зводяться до поширення конкуренції, урізноманітнення операцій, розширення діяльності, запровадження нових технологій.

Оцінюють ефективність корпоративної культури організації шляхом аналізу всіх аспектів її діяльності на ринку, а саме:

- скарг споживачів;
- скарг працівників організації;
- інших скарг (наприклад, порушення зобов'язань владними структурами);
- браку у виготовленій продукції;
- помилковості прийняття управлінських рішень;
- ефективності функціонування організації;
- оборотності капіталу;
- збоїв у роботі тощо.

Аналіз цілей організації. Важливе місце займає аналіз цілей організації. Серед усіх цілей організації необхідно виділити провідну, базову ціль, яка є головним стимулом її діяльності й має відігравати не лише організаційну й інтегруючу ролі, а й виконувати пропагандистську функцію. Така мета - це **місія організації**, її призначення - задоволення певних потреб споживачів. Місія є своєрідною філософською та соціальною настановою організації, провідним напрямом її діяльності.

Місія організації є орієнтиром для розроблення стратегічних цілей організації. Інші цілі організації мають бути засобами для їхньої реалізації. До них належать маркетинг, виробництво, добір і навчання персоналу, проведення науково-дослідних робіт тощо.

Маючи на увазі можливе значне різноманіття підходів до визначення та структурування сфер і цілей, можна дійти висновку про те, що *для комерційних організацій* цільова орієнтація має бути пов'язаною з прибутковістю діяльності. Усі інші цілі не матимуть першочергового значення і залишаться засобами досягнення прибутковості, тому що саме прибуток зумовлює можливість існування та розвитку комерційної організації.

Наведемо перелік найпоширеніших соціально-економічних цілей організацій:

- зростання доходів;
- збільшення обсягів виробництва продукції (послуг) і продажу;
- збільшення частки ринку;
- зниження собівартості;
- підвищення якості продукції (послуг);
- підвищення конкурентоспроможності;
- розширення номенклатури та поліпшення якості товарів і послуг;
- поліпшення обслуговування клієнтів;
- підвищення продуктивності праці;
- соціальна відповідальність;
- добробут найманих працівників.

Природно, що ефективно здійснити місію організації можна лише тоді, коли всі засоби, які для цього використовуються, об'єднані в гармонійну систему. Окрім того, кожний із цих засобів, відповідно, також є системою, що складається з різних компонентів. Сукупність засобів, призначених для досягнення певної цілі, - це система, що містить багато підсистем, ніби «вкладених» одна в одну. До того ж кожна з них є водночас і метою, і засобом. Із одного боку, можна говорити про інтегральну якість, роль цієї системи, тобто її мету, для досягнення якої призначені компоненти системи як засоби, а з другого - уся ця система є засобом досягнення цілей вищого рівня ієрархії.

Зважаючи на загальні цілі, не завжди легко вдається правильно визначити завдання, що постають перед органами управління організації на певному етапі її життєвого циклу. До того ж завжди виникають труднощі з переходом до практичних форм і методів їхньої реалізації. Якщо відбувається розрив між цілями та засобами їхнього досягнення, то організація не зможе вирішити поставлених завдань.

Методом системного аналізу, спрямованим на забезпечення єдності обраної цілі та засобів її досягнення, є побудова «дерева цілей». Починається побудова цього «дерева» з процедури структуризації - поділу основної цілі на елементи, тобто підцілі (цілі нижчого рівня ієрархії), кожна з яких є засобом або напрямом її досягнення. Потім кожна з підцілей, відповідно, поділяється на компоненти або завдання. Процес поділу треба вести

доти, доки на найнижчому рівні «дерева» не опиняться засоби, реалізація яких не викликає принципових труднощів і сумнівів.

Необхідно зауважити, що на практиці процес структуризації цілей провадити дуже важко. Він вимагає особливої чіткості мислення, тому що в реальних системах багато неформальних відносин, складних взаємодій, які важко врахувати.

Окрім цього, цілі мають бути гнучкими (має існувати можливість коригування цілей відповідно до змін у зовнішньому та внутрішньому середовищах).

Після визначення місії та цілей організації обирають певну стратегію їхньої реалізації. **Стратегія організації** - це генеральний план дій, що визначає пріоритети стратегічних завдань, ресурси та послідовність дій для їхнього досягнення, тому побудова «дерева цілей» має доповнюватися впорядкованим переліком засобів їхньої реалізації.

Стратегія організації реалізується в межах **стратегічного управління**, яке спрямоване на ефективне досягнення перспективних цілей організації на базі адекватного реагування на зміни в зовнішньому та внутрішньому середовищах. Зважаючи на те, що майбутньому стану організації властивий значний ступінь невизначеності, і на те, що традиційні екстраполяційні прогнози не спрацьовують, застосовують системний, ситуаційний, сценарний підходи до вирішення цього завдання. Через ситуаційний підхід реалізується принцип адаптивності, що надзвичайно важливо для стратегічного управління. Його суть полягає в тому, що внутрішня структура (організаційна структура, система планування, культура організації тощо) є реакцією організації на зміни в зовнішньому середовищі та деякі зміни у внутрішньому середовищі.

Стратегічне управління є процесом, що визначає послідовність дій організації з розроблення та реалізації її місії. Воно охоплює визначення цілей, розроблення стратегії, визначення необхідних ресурсів і підтримку взаємовідносин із зовнішнім середовищем, що уможлиблює вирішення поставлених завдань і досягнення цілей організації.

Поточне (оперативне) управління має на меті застосування існуючої стратегічної позиції організації для досягнення цілей. Менеджер, який займається оперативним управлінням, має забезпечити перетворення потенціалу організації на реальний результат. Його функції зводяться до визначення загальних оперативних завдань, мотивації, координації та контролю як керівників нижчої ланки, так і виконавців у межах організації.

Перевага системного підходу до завдань управління організаціями полягає в органічній єдності процедур аналізу та синтезу. Досвід свідчить, що організації усе частіше користуються аналізом у вузькому розумінні цього слова, здійснюючи поділ завдань і проблемних ситуацій на складові. Набагато рідше користуються синтезом, для застосування якого потрібне діалектичне мислення, певна філософська культура.

Водночас сучасний менеджмент вимагає інтегрованого, системного підходу, оскільки управління - це діяльність, що, передусім, спрямована на об'єднання, синтез інтересів людей. Застосування методу «дерева цілей» у процесі прийняття управлінського рішення є використанням результату аналітичної та синтетичної роботи. Поділ загальної цілі на підцілі є способом їхнього об'єднання, оскільки водночас виявляються не лише окремі компоненти, а й відносини між ними, зв'язки з головною метою. Таким чином, структуризація здійснюється одночасно з інтеграцією.

Незважаючи на той факт, що «дерево цілей» відображає структуру системи неповністю й замінити собою всієї сукупності процедур системного аналізу не може, воно допомагає унаочнити цільовий підхід до організації, що дуже важливо за умов динамічного середовища, яке постійно впливає на цілі та зумовлює необхідність їхнього коригування.

Докладніше з питаннями системного управління та системного аналізу організацій можна ознайомитися у спеціальних джерелах [4, 15, 23, 25].

Список рекомендованих джерел

Основні джерела [20, с. 258–264], [22, с. 258–305]; [30, с. 182–203, 214–230, 240–251];

Додаткові джерела [16, с. 24–28].

Питання для самоконтролю

1. Поясніть визначення поняття «системний аналіз».
2. Наведіть приклади доцільності застосування СА в менеджменті організацій.
3. Що розуміють під об'єктом СА?
4. Що розуміються під предметом СА?
5. Які основні задачі системного аналізу?
6. Які стратегії декомпозиції застосовують на практиці?
7. Поясніть основні принципи системного аналізу.
8. Які стадії формування загального подання системи?
9. Які стадії формування детального подання системи?
10. Поясніть підходи до системного аналізу організацій.
11. Що розуміють під системним управлінням?
12. Поясніть зв'язок між СА і методологією SWOT-аналізу.

Теми рефератів

1. Об'єкт і предмет системного аналізу.
2. Принципи системного аналізу.
3. Завдання системного аналізу.
4. Технологія системного аналізу.
5. Системний аналіз в управлінні організацією.

Тема 6. МЕТОДОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

6.1 Методологічні підходи до моделювання бізнес-процесів

Під час вироблення управлінських рішень менеджери користуються певною інформацією, яка відтворює реальний стан об'єкта управління – підприємства або організації. Модель організації становить формалізовану й об'єктивну інформацію про реальний стан об'єкта управління. Розроблення моделі забезпечує формування певної корпоративної бази знань про будову організації та принципи її функціонування, лежить в основі розроблення або модернізації її інформаційної системи. Ця база знань забезпечує підтримку та підвищення ефективності прийняття рішень із управління організацією.

Побудова моделей діяльності підприємств і організацій ґрунтується на методологіях моделювання систем, які дають змогу відтворити всі механізми і принципи взаємозв'язку різних підсистем у межах одного бізнес-процесу, ефективно аналізувати «вузькі місця» в управлінні й оптимізувати загальну схему бізнесу. Їхнє застосування забезпечує ефективне відтворення й аналіз моделей діяльності широкого спектра підприємств у різних аспектах.

В основі досліджень лежить моделювання предметної області. До того ж, під **моделлю предметної області** розуміють *деяку систему, яка імітує структуру або функціонування досліджуваної предметної області й відповідає основній вимозі - бути адекватною цій області*. У практичній реалізації – це програмна система. До моделей *предметних областей* висувають вимоги, що відповідають принципам моделювання (див. пп. 3.3):

формалізація, що забезпечує однозначний опис структури предметної області;

зрозумілість для замовників і розробників на основі застосування графічних засобів відображення моделі;

реалізованість, що припускає наявність засобів фізичної реалізації моделі предметної області у програмній системі;

забезпечення оцінки ефективності реалізації моделі предметної області на основі певних методів і обчислюваних показників.

З метою реалізації перелічених вимог здебільшого будується система моделей, яка відображає структурний і оціночний аспекти функціонування предметної області.

Структурний аспект передбачає побудову:

об'єктної структури, що відбиває склад взаємодіючих у процесах матеріальних та інформаційних об'єктів предметної області;

функціональної структури, що відбиває взаємозв'язок функцій (дій) щодо перетворення об'єктів у процесах;

структури управління, що відбиває події та бізнес-правила, які впливають на виконання процесів;

організаційної структури, що відбиває взаємодію організаційних одиниць підприємства та персоналу у процесах;

технічної структури, яка описує топологію розташування і способи комунікації комплексу технічних засобів.

Відображення структурного аспекту моделей предметних областей здебільшого потребує графічних методів, які забезпечують можливість структурної декомпозиції специфікацій системи з максимальним ступенем деталізації й узгоджень описів на суміжних рівнях декомпозиції.

Із моделюванням безпосередньо пов'язана проблема вибору мови подання проектних рішень, що дає змогу залучати майбутніх користувачів системи до її розроблення. **Мова моделювання** - це нотація, переважно графічна, яка використовується для опису проектів. **Нотація** становить сукупність графічних об'єктів, використовуваних у моделі. Мова моделювання, із одного боку, має робити рішення проектувальників зрозумілими користувачеві, з другого – надавати проектувальникам засоби формалізованого й однозначного визначення проектних рішень, що підлягають реалізації у вигляді програмних комплексів.

Головний критерій адекватності структурної моделі предметної області полягає у функціональній повноті розроблюваної ІС.

Оціночні аспекти моделювання предметної області пов'язані з показниками ефективності автоматизованих процесів, до яких належать:

час вирішення завдань;

вартісні витрати на оброблення даних;

надійність процесів;

непрямі показники ефективності, такі як обсяги виробництва, продуктивність праці, оборотність капіталу, рентабельність тощо.

Із метою розрахунку показників ефективності використовують статичні методи функціонально-вартісного аналізу та динамічні методи імітаційного моделювання.

Різні методології моделювання предметної області ґрунтуються на принципах послідовної деталізації абстрактних категорій. Зазвичай моделі будуються на трьох рівнях: зовнішньому (визначення вимог), концептуальному (специфікації вимог) і внутрішньому рівні (реалізація вимог). Так, на зовнішньому рівні модель відповідає на запитання, що має робити система, тобто визначається склад основних компонентів системи: об'єктів, функцій, подій, організаційних одиниць, технічних засобів. На концептуальному рівні модель відповідає на питання, як має функціонувати система? Інакше кажучи, визначається характер взаємодії компонентів системи одного та різних типів. На внутрішньому рівні модель відповідає на питання: за допомогою яких програмно-технічних засобів реалізуються вимоги до системи?

Розглянемо особливості побудови моделей предметної області на трьох рівнях деталізації.

Об'єктна структура. *Об'єкт* - це сутність, яка використовується під час виконання деякої *функції* або *операції* (перетворення, оброблення фор-

мування тощо). Об'єкти можуть мати динамічну або статичну природу: динамічні об'єкти використовуються в одному циклі відтворення, наприклад, замовлення на продукцію, рахунки на оплату, платежі; статичні об'єкти використовуються в багатьох циклах відтворення, наприклад, обладнання, персонал, запаси матеріалів.

На зовнішньому рівні деталізації моделі виділяють основні види матеріальних об'єктів (наприклад, сировину, матеріали, напівфабрикати, готові вироби, послуги) та основні види інформаційних об'єктів або документів (наприклад, замовлення, накладні, рахунки та ін.).

На концептуальному рівні побудови моделі предметної області уточнюють склад класів об'єктів, визначають їхні атрибути і взаємозв'язки. Таким чином будують узагальнене уявлення структури предметної області.

Далі концептуальну модель *на внутрішньому рівні* відображають у вигляді файлів бази даних, вхідних і вихідних документів програмної системи. Динамічні об'єкти подають до того ж у вигляді одиниць змінної інформації або документів, а статичні об'єкти - одиниць умовно-постійної інформації у вигляді списків, номенклатури, цінників, довідників, класифікаторів. Модель бази даних як постійно підтримуваного інформаційного ресурсу відображає зберігання умовно-постійної та накопичуваної змінної інформації, використовуваної в повторюваних інформаційних процесах.

Функціональна структура. *Функція (операція)* становить певний перетворювач вхідних об'єктів на вихідні, послідовність взаємопов'язаних за входами і породжуваних об'єктів будь-якої природи (матеріальні, грошові, інформаційні). До того ж бізнес-процеси та інформаційні процеси, здебільшого, нерозривні, тобто функції матеріального процесу не можуть здійснюватися без інформаційної підтримки. Наприклад, відвантаження готової продукції здійснюється на основі документа «Замовлення», який, з свого боку, породжує документ «Накладна», що супроводжує партію відвантаженого товару.

Функцію можна подати у вигляді однієї дії або певної сукупності дій. В останньому випадку кожній функції може відповідати певний процес, у якому можуть існувати свої підпроцеси. Далі розглядають складові підпроцесів. І так доти, доки кожна з підфункцій не буде відбивати деяку послідовність дій, що вже не підлягає декомпозиції.

На зовнішньому рівні моделювання визначають список основних бізнес-функцій або видів бізнес-процесів. Таких функцій, зазвичай, налічується 15–20.

На концептуальному рівні виділені функції підлягають декомпозиції і будують ієрархії взаємозалежних функцій.

На внутрішньому рівні - відображають структуру інформаційного процесу в комп'ютері: визначають ієрархічні структури програмних модулів, що виконують задачу реалізації функцій.

Структура управління. У сукупності функцій бізнес-процесу можливі альтернативні або циклічні послідовності залежно від різних умов пе-

ребігу процесу. Ці умови пов'язані з *подіями*, що відбуваються в зовнішньому середовищі або в самих процесах і з утворенням певних станів об'єктів (наприклад, замовлення прийняте, відкинута, відправлене, повернене на коригування). *Події* викликають виконання *функцій*, які, зі свого боку, змінюють стан об'єктів і формують нові події. Процедура повторюється поки не буде завершено певний *бізнес-процес*. Отже, послідовність цих подій спричиняє конкретну реалізацію *бізнес-процесу*.

Кожна подія описується з двох поглядів: *інформаційного* та *процедурного*. Інформаційно подія відбивається як певне повідомлення, що фіксує факт виконання деякої *функції* зміни стану або появи нового стану. Процедурно подія зумовлює виконання нової *функції*, і тому для кожного стану об'єкта мають бути задані описи цих викликів. Отже, події виступають як посередники виконання *функцій* *бізнес-процесів*.

На зовнішньому рівні визначають список зовнішніх подій, що викликаються взаємодією підприємства із зовнішнім середовищем (платежі податків, відсотків за кредитами, поставки за контрактами тощо), і список цільових настанов, яким мають відповідати *бізнес-процеси* (регламент виконання процесів, підтримка рівня матеріальних запасів, рівень якості продукції тощо).

На концептуальному рівні встановлюють *бізнес-правила*, що визначають умови виклику *функцій* у разі виникнення подій і досягнення станів об'єктів.

На внутрішньому рівні виконують формалізацію *бізнес-правил*.

Організаційна структура. Організаційна структура становить сукупність організаційних одиниць, пов'язаних здебільшого ієрархічними і процесними відносинами. *Організаційна одиниця* - це підрозділ, що є об'єднанням людей (персоналу) для виконання сукупності загальних *функцій* або *бізнес-процесів*. У функціонально-орієнтованій організаційній структурі організаційна одиниця виконує набір *функцій*, що належать до однієї *функції* управління та входять у різні процеси. У процесно-орієнтованій структурі організаційна одиниця виконує набір *функцій*, що входять в один тип процесу й належать до різних *функцій* управління.

На зовнішньому рівні будують структурну модель підприємства у вигляді ієрархії підпорядкування організаційних одиниць або списків взаємодіючих підрозділів.

На концептуальному рівні для кожного підрозділу задають організаційно-штатну структуру посад (ролей персоналу).

На внутрішньому рівні визначають вимоги до прав доступу персоналу до *функцій* інформаційної системи.

Технічна структура. Топологія визначає територіальне розміщення технічних засобів за структурними підрозділами підприємства, а комунікація - технічний спосіб реалізації взаємодії структурних підрозділів.

На зовнішньому рівні моделі визначають типи технічних засобів оброблення даних і їхнього розміщення за структурними підрозділами.

На концептуальному рівні визначають способи комунікацій між технічними комплексами структурних підрозділів: фізичне переміщення документів, машинних носіїв, обмін інформацією каналами зв'язку та ін.

На внутрішньому рівні будують модель «клієнт-серверної» архітектури обчислювальної мережі.

Описані моделі предметної області спрямовані на проектування окремих компонентів інформаційної системи організації: даних, функціональних програмних модулів, керуючих програмних модулів, програмних модулів інтерфейсів користувачів, структури технічного комплексу. Із метою якісного проектування зазначених компонентів потрібна побудова моделей, що узгоджує різні компоненти між собою одне з одним. У найпростішому випадку у якості таких моделей взаємодії можуть використовуватися матриці перехресних посилянь: «об'єкти - функції», «функції - події», «організаційні одиниці - функції», «організаційні одиниці - об'єкти», «організаційні одиниці - технічні засоби» та ін. Такі матриці ненаочні й не відображають особливостей реалізації взаємодій.

Із метою правильного відображення взаємодій компонентів інформаційної системи важливо здійснювати одночасне моделювання таких компонентів, особливо зі змістового погляду об'єктів і функцій. Із метою розв'язання таких задач застосовують методологію структурного системного аналізу.

Структурним аналізом прийнято називати метод дослідження системи, який починається з її загального огляду, а потім деталізується, набуваючи ієрархічної структури з дедалі більшою кількістю рівнів. Для таких методів характерно:

- розподіл на рівні абстракції з обмеженою кількістю елементів (від 3 до 7);
- обмежений контекст, що включає лише істотні деталі кожного рівня;
- використання формальних правил запису;
- послідовне наближення до результату.

Структурний аналіз ґрунтується на принципові ієрархічної упорядкованості. Розв'язання складної задачі шляхом поділу її на множину менших незалежних підзадач (чорних ящиків) і організація цих підзадач в деревоподібну ієрархічну структуру.

Розглянемо основні поняття *структурного аналізу*.

Операція - елементарна (неподільна) дія, що виконується на одному робочому місці.

Функція - сукупність операцій, згрупованих за певною ознакою.

Бізнес-процес - пов'язана сукупність функцій, під час виконання якої споживаються певні ресурси і створюється продукт (предмет, послуга, наукове відкриття, ідея), що становить цінність для споживача.

Підпроцес - це бізнес-процес, який є структурним елементом певного бізнес-процесу і становить цінність для споживача.

Бізнес-модель - структурований графічний опис мережі процесів і операцій, пов'язаних з даними, документами, організаційними одиницями

та іншими об'єктами, що відображають існуючу або передбачувану діяльність підприємства.

Існують різні методології структурного моделювання предметної області, серед яких треба виділити функціонально-орієнтовані та об'єктно-орієнтовані методології.

6.2 Методології функціонального моделювання

Процес бізнес-моделювання можна реалізувати в межах різних методик, що різняться, насамперед, підходом до того, що таке організація (система), яка підлягає моделюванню. Відповідно до різних уявлень про організацію *методики поділяють на об'єктні та функціональні (структурні)*.

Об'єктні методики розглядають організацію як набір взаємодіючих об'єктів - виробничих одиниць. Об'єкт визначається як реальність - предмет або явище, що мають чітко визначену поведінку. Метою застосування цієї методики є виділення об'єктів, складових організації, й розподіл між ними відповідальності за виконувани дії.

Функціональні методики розглядають організацію як набір *функцій*, що перетворює потік вхідної інформації на вихідний потік. Процес перетворення інформації споживає певні ресурси. Основна відмінність від *об'єктної методики* полягає в чіткому відділенні *функцій* (методів оброблення даних) від самих даних.

Із погляду бізнес-моделювання кожен із наведених підходів має свої переваги. Об'єктний підхід дає змогу побудувати більш стійку до змін систему, краще відповідає існуючим структурам організації. Функціональне моделювання застосовують у випадках, коли організаційна структура перебуває у процесі зміни або взагалі слабо оформлена.

На сьогодні існує кілька методологій функціонального моделювання, прикладом практичної реалізації яких є розв'язання задач управління бізнес-процесами (BPM – Business Process Management). Однією з важливих складових цієї задачі є побудова інтегрованої моделі бізнес-процесу. Модель процесу формують на основі структури бізнес-процесу, під якою розуміють склад і взаємозв'язки між елементами бізнесу, що визначаються з огляду на цільові орієнтири і функціональних завдань його учасників. Отже бізнес розглядають як набір процесів і, відповідно, управління організацією – як управління процесами.

Під час побудови моделі бізнес-процесу зважають на функцію та її складові (підфункції), які виконує система та підсистеми, що до неї входять (організація та її підрозділи), зв'язки між ними й часову зміну стану системи та її складових. Вирішення цієї задачі потребує використання методології DFD (**Data Flow Diagrams** – діаграми потоку даних) і методології SADT (**Structured Analysis and Design Technique** – методологія структурного аналізу і проектування).

6.2.1 Діаграми потоку даних DFD (Data Flow Diagrams) – один із основних інструментаріїв структурного аналізу та проектування інформаційних систем і бізнес-процесів. Модель DFD – це ієрархічна модель. Кожний процес може піддаватися декомпозиції, розкладанню на структурні складові, відносини між якими можна в тій самій нотації показати на окремій діаграмі. Коли досягнуто потрібної глибини декомпозиції, процес нижнього рівня супроводжується текстовим описом. Таким чином, отримують модель системи як ієрархічно структуровану сукупність діаграм потоку даних, що описують бізнес-процес. Діаграми верхнього рівня ієрархії визначають основні процеси або підсистеми бізнес-процесу із зовнішніми виходами й деталізуються діаграмами нижнього рівня.

Нотація DFD є зручним засобом для формування контекстної діаграми, тобто діаграми, яка показує досліджувану систему в комунікації з зовнішнім середовищем. Це діаграма верхнього рівня в ієрархії діаграм DFD. Її призначення - обмежити границі системи, визначити, де закінчується система й починається середовище. Під час формування контекстної діаграми використовують такі нотації:

External Entity (зовнішня сутність) - матеріальний предмет або фізична особа, що становить джерело або приймач інформації, наприклад, замовники, персонал, постачальники, клієнти, склад. Визначення певного об'єкта або системи як зовнішньої сутності вказує на те, що вона перебуває за межами границь аналізованої системи. У процесі аналізу деякі зовнішні сутності можуть переноситися всередину діаграми аналізованої ІС, якщо це необхідно, або, навпаки, частина процесів системи може виноситися за межі діаграми й подаватися як зовнішня сутність;

Process (системи та підсистеми) – під час побудови моделі складної системи її можна подати на контекстній діаграмі в загальному вигляді як одну систему (єдине ціле), або декомпонувати на ряд підсистем. Процес становить перетворення вхідних потоків даних на вихідні відповідно до певного алгоритму. Фізично процес можна реалізувати різними способами: це може бути підрозділ організації (відділ), що виконує оброблення вхідних документів і випуск звітів, програма, апаратно реалізований логічний пристрій та ін.;

Datastore (накопичувач даних) становить абстрактний пристрій для збереження інформації, яку можна в будь-який момент помістити в накопичувач і через певний час витягти, до того ж способи розміщення і витягування можуть бути будь-якими;

Dataflow (потік даних) визначає інформацію, передану в один із можливих способів від джерела до приймача.

6.2.2 Методологія SADT (Structured Analysis and Design Technique – методологія структурного аналізу і проектування) використовується в організації бізнес проектів і проектів, що ґрунтується на моделюванні всіх процесів як адміністративних, так і організаційних. Її складовими частинами є виходи процесу (продукти, які створюються у процесі та

призначені для зовнішніх або внутрішніх клієнтів бізнес-процесу), а також виходи, які характеризують склад ресурсів, необхідних для здійснення процесу. Вона забезпечує інтеграцію процесу моделювання, управління конфігурацією проекту, використання додаткових мовних засобів і керівництво проектом зі своєю графічною мовою. Процес моделювання можна поділити на кілька етапів: опитування експертів, створення діаграм і моделей, поширення документації, оцінка адекватності моделей, прийняття моделей для подальшого використання.

Сучасний рівень інформаційних технологій надає багатий вибір засобів для створення автоматизованої підтримки SADT. Найбільш доступним на сьогодні SADT-засобом є Design/IDEF (Meta Software Corp.), створений у рамках програми інтегрованої комп'ютеризації виробництва й наразі використовуваний у різних галузях діяльності. Автоматизована підтримка SADT перебуває в розвитку від просто графічного засобу до програмного забезпечення, що функціонує на базі знань більш загальних понять моделювання. Такі розвинені засоби мають здатність розуміти семантику взаємозалежної мережі діаграм SADT і множини моделей, а також поєднувати цю множину зведень і правил із іншими технологіями.

6.2.3 IDEF. Подальшим розвитком SADT є сімейство методів інформаційного моделювання виробничих систем IDEF (**ICAM DEFINITION**), початком якого стала реалізація програми комп'ютерної підтримки виробництва (**ICAM – Integrated Computer-Aided Manufacturing**, США, 70-ті роки минулого століття).

Сьогодні до сім'ї методик функціонального, інформаційного й поведінкового моделювання та проектування входять такі 14 IDEF-методологій:

IDEF0 (Function Modeling Method) - функціональне моделювання. Методологія IDEF0 стала подальшим розвитком методології SADT. Рекомендується для початкових стадій проектування складних штучних систем керування, виробництва, бізнесу, що включають людей, устаткування, програмне забезпечення;

IDEF1 та **IDEF1X** (Information and Data Modeling Method) - інформаційне моделювання. Методологія моделювання інформаційних потоків у системі дає змогу відтворювати їхню структуру та взаємозв'язки;

IDEF2 (Simulation Modeling Method) - поведінкове моделювання. Методологія динамічного моделювання розвитку систем. Вона ґрунтується на моделях і методах імітаційного моделювання систем масового обслуговування, мережі Петрі;

IDEF3 (Process Flow and Object State Description Capture Method) – моделювання діяльності. Методологія документування процесів у системі, описуються сценарії й послідовність операцій для кожного процесу;

IDEF4 (Object-oriented Design Method) – об'єктно-орієнтоване проектування. Методологія побудови об'єктно-орієнтованих систем;

IDEF5 - систематизація об'єктів додатка (Ontology Description Capture Method). Методологія онтологічного дослідження систем;

IDEF6 - використання раціонального досвіду проектування (Design Rational Capture Method);

IDEF7 – аудит інформаційних систем;

IDEF8 (User Interface Modeling) - взаємодія людини та системи. Методи розробки інтерфейсів взаємодії оператора й системи;

IDEF9 (Business Constraint Discovery) - урахування умов і обмежень. Модель призначена для аналізу наявних умов і обмежень (зокрема фізичних, юридичних, політичних) та їхнього впливу на прийняті рішення у процесі реінжинірингу;

IDEF10 (Implementation Architecture Modeling) - моделювання архітектури виконання;

IDEF11 - Information Artifact Modeling;

IDEF12 (Organization Modeling) - організаційне моделювання;

IDEF13 (Three Schema Mapping Design) - трисхемне проектування перетворення даних;

IDEF14 (Network Design) - метод проектування комп'ютерних мереж.

Частина цієї сім'ї з 14 стандартів, що належать до методів і технологій створення моделей складних систем і проектування комп'ютерних систем, безпосередньо стосується моделювання бізнес-процесів, а саме: IDEF0 (модель функцій), IDEF1 та його розширення IDEF1X (інформаційна модель і модель даних відповідно), IDEF2 (динамічна модель), IDEF3 (модель процесів) та IDEF4 (об'єктно-орієнтовані методи проектування). Частина стандартів сім'ї (стандарт IDEF2, IDEF7, IDEF10-IDEF14) не доведена до повного розроблення й фактично залишилася на папері. Методологія IDEF0 була затверджена на рівні державного стандарту у США (1993 р.) і Росії (2000 р.).

Зазначимо, що поряд з методологіями і стандартами IDEF поширення набула концепція ARIS, розроблена компанією Software AG (Германія).

6.3 Методологія ARIS та інструментальні засоби її реалізації

ARIS - це методологія й розроблене на її базі компанією Software AG (Німеччина) сімейство програмних продуктів для структурованого опису, аналізу й удосконалення бізнес-процесів підприємств і організацій.

6.3.1 Концепція ARIS (Architecture of Integrated Information Systems - Архітектура інтегрованих інформаційних систем) заснована на ідеї інтеграції, яка є складовою частиною комплексного аналізу бізнес-процесів. Перший крок під час створення архітектури полягає в розробленні моделі бізнес-процесів, яка описує всі основні функції організації. Отримана в такий спосіб надзвичайно складна модель поділяється на типи моделей, відповідно до типів уявлень. Це дає змогу

значно знизити ступінь складності моделі. Зміст типів моделей можна описати за допомогою методів, призначених для конкретного типу подання. Численні взаємозв'язки між типами моделей водночас не враховуються. Згодом ці взаємозв'язки інкорпуються в загальну модель для аналізу всього процесу.

Іншим підходом, що зменшує складність моделі бізнес-процесу, є аналіз кожного типу моделей на різних рівнях. Відповідно до концепції моделі життєвого циклу різні методи опису інформаційних систем диференціюються за ступенем їхнього наближення до інформаційних технологій. Це гарантує цілісність опису на всіх етапах, починаючи з проблем керування бізнесом до технічної реалізації інформаційних систем.

6.3.2 Інструментальні засоби. Архітектура ARIS стала основою ARIS Toolset - інструментального середовища, розробленого компанією Software AG-IDS Sheer (Німеччина). Інструментарій ARIS дає змогу проводити побудову, аналіз та оцінку робочих процесів у компаніях в термінах методології організації бізнес-процесів. Як додаткові компоненти ARIS Toolset, використовуються елементи, що розширюють основне середовище або застосовуються як самостійні модулі. Така структура ARIS створює сімейство продуктів даного напрямку, у межах якого можна скомпонувати оптимальний склад системи для оптимізації бізнес-процесів організації.

До сімейства ARIS входять такі модулі:

ARIS Toolset – базове інструментальне середовище;

ARIS Easy Design – спрощене середовище моделювання;

ARIS Simulation – модуль динамічного імітаційного моделювання;

ARIS Link for R/3 – модуль, що забезпечує інтеграцію з репозиторієм R/3;

ARIS Analyzer for R/3 – модуль перевірки створюваних моделей на відповідність методології SAP;

ARIS Prompt – модуль вартісного аналізу;

додаткові модулі-інтерфейси, що забезпечують інтеграцію із системами Microsoft Project тощо.

Програмні продукти ARIS використовуються як засоби моделювання й аналізу на всіх етапах циклу робіт зі створення і розвитку бізнесу: під час розроблення стратегії компаній, реорганізації їхніх бізнес-процесів і організаційних структур, під час керування вартістю процесів і моніторингу їхнього виконання. Застосування інструментальних засобів ARIS реалізує низку найважливіших переваг, таких як ефективна стандартизація діяльності компанії, підвищення якості та точності проектування бізнес-процесів, підтримка багаторазового використання моделей, реалізація широкого кола інструментів для аналізу бізнес-процесів.

Програмні продукти ARIS згруповані в чотири спеціалізованих модулі:

ARIS Strategy Platform дає змогу створювати системи збалансованих показників та оптимізувати відповідні бізнес-процеси;

ARIS Design Platform дає змогу виявляти організаційні, структурні й технологічні недоліки та визначати можливості оптимізації;

ARIS Implementation Platform дає змогу реалізовувати бізнес-процеси в рамках інформаційної системи підприємства;

ARIS Controlling Platform використовується для пошуку можливостей удосконалення шляхом оцінки й візуалізації виконаних процесів, імпортованих із інформаційної системи підприємства.

Організація в ARIS розглядається з чотирьох поглядів: організаційної структури, функціональної структури, структури даних і структури процесів.

Кожен із цих поглядів до того ж поділяється ще на три підурівні: опис вимог, опис специфікації, опис упровадження. Із метою опису бізнес-процесів пропонується використовувати понад 100 типів моделей, кожна з яких належить до того або іншого аспекту. Наявна репрезентативна графіка робить моделі зручними для візуального подання.

Серед наявних методів опису можна виділити такі:

EPC (event-driven process chain) - метод опису процесів, що застосовується в системі SAP R/3;

ERM (Entity Relationship Model) - модель сутність-зв'язок для опису структури даних;

UML (Unified Modeling Language) – об'єктно-орієнтована мова моделювання.

6.3.3 Методологія моделювання ARIS становить сукупність різних методологій, інтегрованих у рамках системного підходу. Це дає змогу говорити про єдину архітектуру розглянутої методології. ARIS підтримує чотири типи моделей, що відбивають різні аспекти досліджуваної системи:

організаційні моделі, які відбивають структуру системи (ієрархію організаційних підрозділів, посад і конкретних осіб, різноманіття зв'язків між ними, територіальне прив'язування структурних підрозділів тощо);

функціональні моделі, які містять ієрархію цілей із сукупністю «дерев функцій», необхідних для досягнення поставлених цілей;

інформаційні моделі, які відбивають структуру інформації, необхідної для реалізації всієї сукупності функцій системи;

моделі керування, що представляють комплексний погляд на реалізацію ділових процесів у межах системи.

У межах кожного із зазначених типів створюються моделі різних видів, що відбивають відповідні сторони досліджуваної системи. ARIS підтримує велику кількість методів моделювання (понад 80), використовуваних для побудови цих моделей. Серед них є такі відомі методи, як діаграми Чена, Unified Modeling Language (UML), Object Modeling Technique (OMT) та ін.

Окрім того, ARIS не накладає обмежень на послідовність пророблення зазначених вище чотирьох аспектів. Процес аналізу і проектування можна починати з кожного з них залежно від конкретних умов і цілей,

переслідуваних розробниками. Зручні й ефективні засоби моделювання та навігації, а також підтримка повноцінної багатокористувальницької роботи дають змогу одночасно працювати над всіма аспектами.

Іншою особливістю методології ARIS, яка забезпечує цілісність розроблювальної системи, є використання різних рівнів опису, що підтримує теорію життєвого циклу системи, яка існує в сфері інформаційних технологій. В ARIS Toolset використовується трифазна модель життєвого циклу, тобто кожний із зазначених аспектів має три рівні подання:

1) рівень визначення вимог. На цьому рівні розробляються моделі, які описують, що має робити система, тобто як вона організована, які ділові процеси в ній мають місце, які дані при цьому використовуються;

2) рівень проектної специфікації, що відповідає концепції інформаційної системи, яка визначає основні шляхи виконання встановлених вимог;

3) рівень опису реалізації. На цьому етапі життєвого циклу створення інформаційних систем відбувається перетворення специфікації на фізичний опис конкретних програмних і технічних засобів. Це завершальний етап проектування систем, з якого випливає етап фізичної реалізації (програмування). Рівень опису реалізації породжує документи, на основі яких можна забезпечити процес розроблення програмних модулів (або добору готових програмних компонентів, що відповідають поставленим вимогам), а також вибору й організації технічних засобів реалізації системи.

6.3.4 Імітаційне моделювання в ARIS. Після побудови статичної моделі системи, яка описує її структуру, принципи функціонування та використовувані дані, важливо оцінити поведінку системи в часі залежно від зміни вхідних даних. Розв'язання цієї задачі забезпечує модуль ARIS Simulation. Він надає дані, які можуть бути отримані тільки завдяки моделюванню динаміки процесів у часі. Дослідження спільного впливу різних факторів на деякому часовому відрізку дає змогу виявити «вузькі місця», наприклад, критичні ситуації, що виникають у зв'язку з нестачею ресурсів, або виявити низький відсоток завантаження ресурсів. Унаслідок динамічного аналізу ділових процесів можна виявити тривалість періодів простою у процесах, наприклад, динаміки часу очікування та ситуації браку ресурсів.

Імітація уможливорює передбачення появи незапланованого часу очікування на певних ланках процесу, допомагаючи таким чином виявити брак людських ресурсів. У такому випадку функція процесу не може бути виконана через те, що всі призначені співробітники зайняті виконанням інших функцій.

Це обмеження можна виявити й усунути за допомогою імітаційних статистичних таблиць.

Модуль ARIS Simulation використовується:

для оцінки можливостей оптимізації/модифікації процесів (наприклад, фінансових або часових витрат);

для виявлення «вузьких місць»;

для виявлення на ранніх стадіях і оцінки критичних ситуацій, пов'язаних із нестачею ресурсів;

для оцінки потенційних можливостей модифікації моделей у реальних ситуаціях;

для оцінки різних сценаріїв за допомогою кількісних характеристик;

для оперативної оптимізації ділових процесів.

6.3.5 Вартісний аналіз у ARIS. Ще одним важливим аспектом під час моделювання стає проведення аналізу фінансових витрат, необхідних для забезпечення нормальної життєдіяльності системи. Задача вартісного аналізу підтримується модулем ARIS Prompt.

ARIS Prompt - це автономний модуль, що може працювати із середовищем ARIS Toolset. Він здійснює аналіз вартості на базі моделей процесів за допомогою аналітичних методів оцінки і дослідження операцій.

З метою реорганізації ділових процесів потрібні інтегровані показники, що забезпечують оцінку цих процесів загалом. Це означає, що витрати процесу розглядаються як величина, використовуючи яку можна оцінювати процес у кількісних одиницях і здійснювати моніторинг процесу.

Сьогодні ділові процеси здебільшого описувалися за допомогою значень кількісних і часових параметрів на рівні операцій. У такому контексті дійсною вартістю ділового процесу, що виражається в таких одиницях, як собівартість, ціна, доходи, витрати і т. д., часто нехтували. Справа в тому, що система фінансових розрахунків зазвичай тісно пов'язана з функціональною структурою організації і/або з конкретною бухгалтерською системою.

Сучасна методика керування процесами не має інструментарію, що дає змогу проаналізувати ефективність упровадження планованих удосконалень. Методика розрахунку вартості процесу дає змогу ліквідувати цей недолік і показати на базі вартісного аналізу й аналізу на основі продуктивності, як ті чи інші зміни ділового процесу впливають на накладні витрати. Нарешті, з'являється можливість моніторити «витратні центри» йї одержувати інформацію, що раніше, під час проведення періодичних (статичних) розрахунків ефективності, наочно не представлялася. Водночас з'являється можливість оптимального використання ресурсів.

На відміну від структурно-орієнтованих моделей, розрахунок вартості процесу дає змогу значно підвищити ефективність керування вартістю як окремих операцій, так і ділового процесу загалом. Це є складовою частиною керування процесами на рівні міжнародних стандартів.

6.3.6 ARIS i R/3. R/3 є комплексною системою керування виробництвом. Вона забезпечує виконання таких функцій, як виробниче планування й керування виробництвом, запасами, складами, матеріально-технічним постачанням та ін.

Упровадження й експлуатація такої багатофункціональної системи вимагає належної підтримки. В інтегрованій системі ARIS така підтримка реалізована за допомогою набору модулів ARIS for R/3. За його допомогою вона документує й аналізує результати проекту.

ARIS for R/3 - це узагальнений термін для кількох продуктів сімейства ARIS, що підтримують середовище SAP R/3. Основні продукти цієї серії такі: ARIS Easy Design for R/3 та ARI Toolset for R/3.

Кожний із них містить компоненти відповідних продуктів, а також засоби інтеграції, що дають змогу здійснювати доступ до середовища R/3.

Оскільки вся інформація, змодельована в ARIS for R/3, зберігається в репозиторії, її можна проаналізувати за допомогою спеціалізованих функцій. Дотримання угод SAP є вкрай необхідним для забезпечення несуперечливості та можливості повторного використання даних моделювання. З метою перевірки дотримання цих угод ARIS for R/3 пропонує семантичну перевірку, що виявляє помилки моделювання. Із метою полегшення процесу моделювання складних вимог усі моделі SAP можна перенести в репозиторій ARIS.

6.3.7 Використання ARIS. Завдяки широкому спектру можливостей технологія використання ARIS може значно змінюватися залежно від цілей проекту, що реалізується за допомогою цієї системи. Загалом, однак, можна виділити певну послідовність етапів такої технології. Ця послідовність може включати такі етапи:

- збирання інформації про об'єкт;
- побудова моделі об'єкта «як є»;
- аналіз побудованих моделей;
- побудова моделей «як має бути»;
- проектування інформаційної системи (у разі потреби).

Збирання інформації є першим етапом реалізації проекту з реорганізації підприємства.

Отримана в результаті дослідження об'єкта інформація вимагає формалізації та структуризації. На цьому етапі й залучається система ARIS. За допомогою цього програмного продукту будуються моделі об'єкта, що відбивають його життєдіяльність із різних боків. Це може бути організаційна структура підприємства, «дерево його цілей», інформаційні моделі, що відображають структуру інформації, використовуваної на підприємстві тощо. Конкретний набір методів, використовуваних для побудови таких моделей, формується залежно від цілей проекту з числа методів, що підтримує система ARIS.

Окрім того, водночас визначається, які з чотирьох аспектів архітектури ARIS (організаційна структура, функціональна складова,

інформаційна складова і процесна складова) будуть відображені в підсумковому наборі моделей. Із метою всебічного опису системи необхідно побудувати моделі, що відбивають усі зазначені аспекти, але для окремих проектів повний набір може бути надлишковим, і тоді потрібно дослідити один-два аспекти, наприклад, організаційний і процесний.

Моделі в ARIS являють собою графічні схеми, що відображають відповідні аспекти системи.

Елементами таких схем є об'єкти, підтримувані ARIS. Прикладами об'єктів є «Функція», «Подія», «Структурний підрозділ», «Документ» тощо. Між об'єктами встановлюються різноманітні зв'язки. Так, між об'єктами «Функція» і «Структурний підрозділ» можуть бути встановлені зв'язки таких видів:

- виконує;
- приймає рішення;
- бере участь у виконанні;
- має бути проінформованим про результати;
- консультує виконавців;
- приймає результати та ін.

Кожному об'єкту відповідає встановлений для нього набір атрибутів, що дають змогу ввести додаткову інформацію про конкретний об'єкт. На наступних етапах уведені значення атрибутів можуть використовуватися під час імітаційного моделювання або проведення вартісного аналізу.

Таким чином, за результатами виконання цього етапу виникає набір взаємозалежних моделей, що становлять вихідний матеріал для подальшого аналізу.

Як уже відзначалося, у межах методології ARIS підтримуються вартісний та імітаційний динамічний аналізи. За результатами аналізу проектується нова система, що має з'явитися в наслідок реорганізації діючої. На цьому етапі ARIS використовується для побудови моделей проектованої системи, що дає змогу формалізувати прийняті в межах реорганізації рішення й полегшити процес їхнього погодження.

ARIS може використовуватися не тільки як засіб реорганізації підприємств з погляду перетворення ділових процесів, наявних на ньому. Важливою складовою функціональних можливостей ARIS є супровід процесу проектування й упровадження автоматизованої інформаційної системи.

Отже, методологія ARIS дає змогу здійснити комплексне дослідження системи, створити її формалізований опис, проаналізувати отримані моделі, спроектувати інформаційну систему й описати її реалізацію. У цій методології найповніше втілюються базові принципи системного підходу, який вимагає повного й усебічного розгляду досліджуваної системи.

6.4 Методологія IDEF0

Методологія IDEF0 ґрунтується на чотирьох основних поняттях: функціональний блок, інтерфейсна дуга, декомпозиція, глосарій.

Функціональний блок (Activity Box) становить певну конкретну *функцію* в межах розглянутої системи. Згідно з вимогами стандарту назву кожного функціонального блоку формулюють у дієслівній формі (наприклад, «виробляти послуги»). На діаграмі функціональний блок зображується у вигляді прямокутника (рис. 6.1). Кожна з чотирьох сторін функціонального блоку має певне значення (роль):

- верхня сторона має значення «Управління» (Control);
- ліва сторона має значення «Вхід» (Input);
- права сторона має значення «Вихід» (Output);
- нижня сторона має значення «Механізм» (Mechanism).

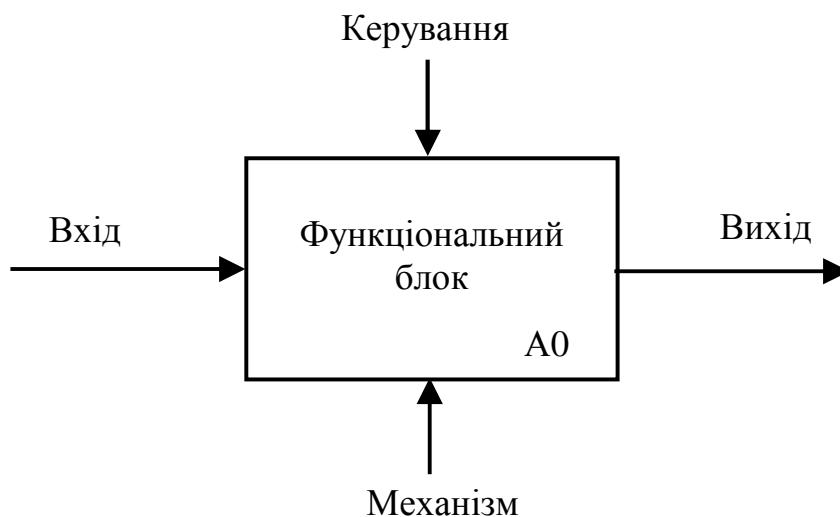


Рис. 6.1 – Функціональний блок

Інтерфейсна дуга (Arrow) відображає елемент системи, який обробляється функціональним блоком або чинить інший вплив на *функцію*, представлену цим функціональним блоком. Інтерфейсні дуги часто називають потоками.

За допомогою інтерфейсних дуг відображають різні об'єкти, що тією чи іншою мірою визначають процеси, які відбуваються в системі. Такими об'єктами можуть бути елементи реального світу (деталі, вагони, співробітники тощо) або потоки даних та інформації (документи, дані, інструкції тощо).

Залежно від того, до якої зі сторін підходить інтерфейсна дуга, вона називається «вхідною», «вихідною», або «керуючою». Окрім того, «джерелом» (початком) і «приймачем» (кінцем) кожної функціональної дуги можуть бути тільки функціональні блоки, до того ж «джерелом» може бути лише вихідна сторона блоку, а «приймачем» - будь яка з інших трьох сторін.

Необхідно зазначити, що будь-який функціональний блок згідно з вимогами стандарту повинен мати принаймні одну керуючу інтерфейсну дугу й одну вихідну. Отже, кожен процес має відбуватися за певним правилом (відображається керівною дугою) і має видавати певний результат (ві-

дображається вихідною дугою), інакше його розгляд позбавлений жодного сенсу.

Обов'язкова наявність керівних інтерфейсних дуг є однією з головних відмінностей стандарту IDEF0 від інших методологій класів DFD (Data Flow Diagram) і WFD (Work Flow Diagram).

Декомпозиція (Decomposition) є основним поняттям стандарту IDEF0. Принцип декомпозиції застосовується під час розбивання складного процесу на *функції*, що його складають. До того ж рівень деталізації процесу визначається безпосередньо розробником моделі.

Декомпозиція дає змогу поступово і структуровано подавати модель системи у вигляді ієрархічної структури окремих діаграм, що робить її менш перевантаженою та легко засвоюваною.

Глосарій (Glossary). Для кожного з елементів IDEF0 (діаграм, функціональних блоків, інтерфейсних дуг) існуючий стандарт передбачає створення та підтримку набору відповідних визначень, ключових слів, викладів тощо, які характеризують об'єкт, відображений цим елементом. Цей набір називається глосарієм, що описує сутність певного елемента. Глосарій гармонійно доповнює наочну графічну мову, надаючи діаграмам необхідну додаткову інформацію.

Модель IDEF0 завжди починається з подання системи як єдиного цілого - одного функціонального блоку з інтерфейсними дугами, що тягнуться за межі цієї області. Така діаграма з одним функціональним блоком називається **контекстною діаграмою** та позначається ідентифікатором «A-0».

У пояснювальному тексті до контекстної діаграми має зазначатися **мета** (Purpose) побудови діаграми у вигляді короткого опису й зафіксуватися **точка зору** (Viewpoint).

Визначення та формалізація мети розроблення IDEF0-моделі є вкрай важливим аспектом. Мета фактично визначає відповідні області в досліджуваній системі, на які необхідно насамперед звернути увагу.

Точка зору визначає основний напрям розвитку моделі та рівень необхідної деталізації. Чітке фіксування точки зору дає змогу «розвантажити» модель, відмовившись від деталізації й дослідження окремих елементів, які не є необхідними, виходячи з обраної точки зору на систему. Правильний вибір точки зору значно скорочує часові витрати на побудову кінцевої моделі.

Виділення підпроцесів. У процесі декомпозиції функціональний блок, який у контекстній діаграмі відображає систему як єдине ціле, піддається деталізації на іншій діаграмі. Отримана діаграма другого рівня містить функціональні блоки, що відображають головні підфункції функціонального блоку контекстної діаграми, і називається дочірньою (Child Diagram). Кожен із функціональних блоків, які належать дочірній діаграмі, відповідно називається дочірнім блоком - Child Box. Функціональний блок-пращур, зі свого боку, називається батьківським блоком щодо дочірньої діаграми (Parent Box), а діаграма, до якої він належить - батьківською

діаграмою (Parent Diagram). Кожну з підфункцій дочірньої діаграми можна далі деталізувати шляхом аналогічної декомпозиції відповідного функціонального блоку. У кожному випадку декомпозиції функціонального блоку всі інтерфейсні дуги, що входять у цей блок або виходять з нього, фіксуються на дочірній діаграмі. Таким чином досягається структурна цілісність IDEF0-моделі. Приклад декомпозиції наведено на рис. 6.2. Варто звернути увагу на взаємозв'язок нумерації функціональних блоків і діаграм: кожен блок має свій унікальний порядковий номер на діаграмі (цифра у правому нижньому куті прямокутника), а позначки під правим кутом указують на номер дочірньої для цього блоку діаграми. Відсутність цієї позначки свідчить про те, що декомпозиції для цього блоку не існує.

Іноді окремі інтерфейсні дуги вищого рівня не має сенсу продовжувати розглядати на діаграмах нижнього рівня, або навпаки, окремі дуги нижчого – відображати на діаграмах більш високих рівнів, це тільки перевантажуватиме діаграми й ускладнюватиме їхнє сприйняття. З метою вирішення подібних завдань у стандарті IDEF0 передбачено **поняття тунелювання**. Позначка «тунелю» (Arrow Tunnel) у вигляді двох круглих дужок навколо початку інтерфейсної дуги означає, що остання не була успадкована від функціонального батьківського блоку і з'явилася (з «тунелю») тільки на цій діаграмі. Така сама позначка навколо кінця (стрілки) інтерфейсної дуги поблизу від блоку-приймача означає, зі свого боку, що в дочірній щодо цього блоку діаграмі дуга не відобразатиметься і не розглядатиметься.

Зазвичай IDEF0-моделі містять складну та концентровану інформацію. Щоб обмежити їхню перевантаженість і полегшити читання, у стандарті прийняті відповідні обмеження складності.

Рекомендується подавати на діаграмі від трьох до шести функціональних блоків, а кількість інтерфейсних дуг, що підходять до одного функціонального блоку (або виходять із одного функціонального блоку), передбачається не більше чотирьох.

Стандарт IDEF0 містить набір процедур, що дають змогу розробляти й узгоджувати модель великою групою людей, які досліджують різні сфери діяльності модельованої системи. Процес розроблення зазвичай є ітеративним і складається з наведених нижче умовних етапів.

1. *Створення моделі* групою фахівців, які належать до різних сфер діяльності підприємства. Ця група в термінах IDEF0 називається авторами (Authors). Побудова початкової моделі є динамічним процесом, протягом якого автори опитують компетентних осіб про структуру різних процесів, створюючи моделі діяльності підрозділів. Їх цікавлять відповіді на такі питання:

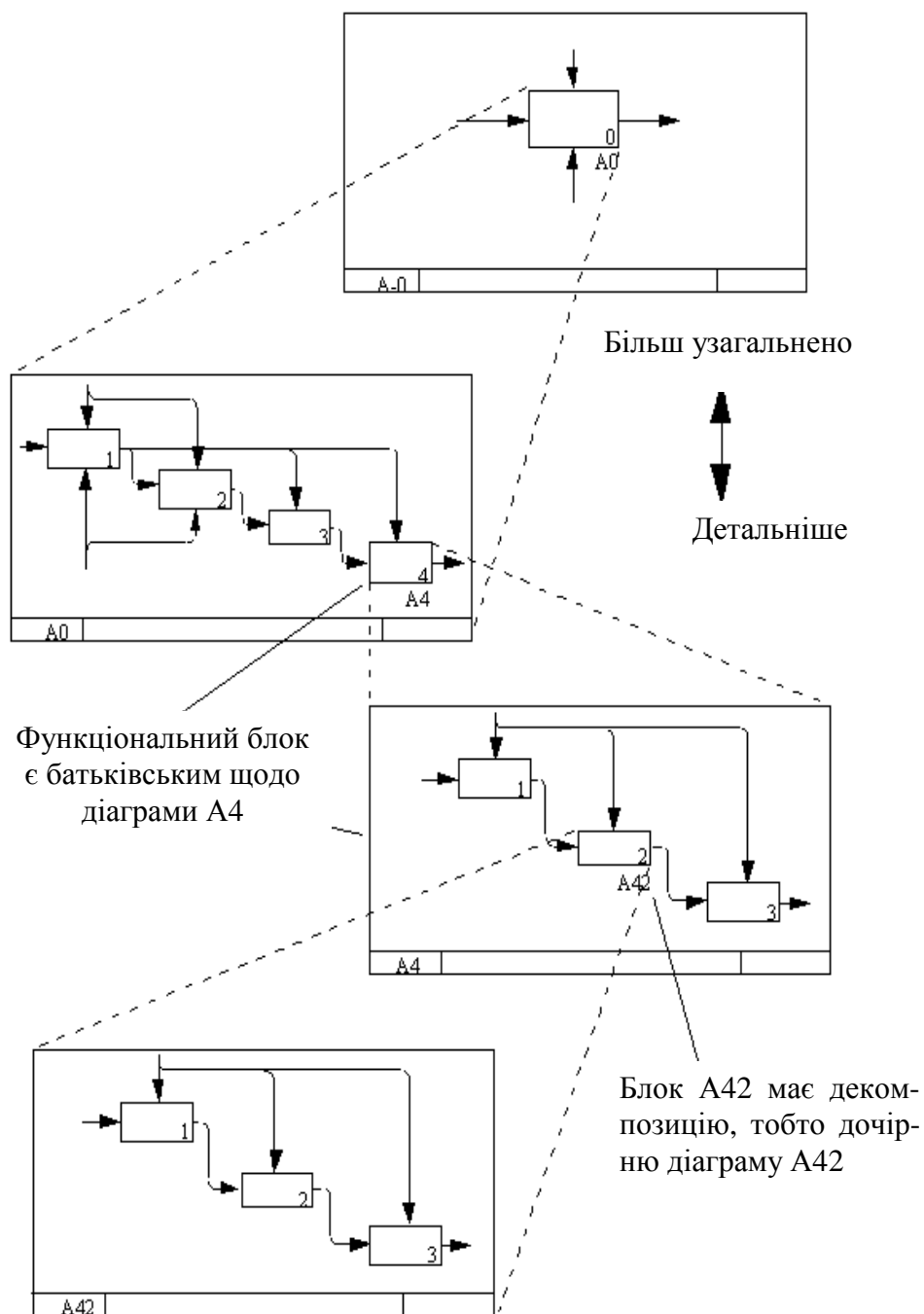


Рис. 6.2 – Декомпозиція функціональних блоків

Що надходить до підрозділу «на вході»?

Які *функції* і в якій послідовності виконуються в межах підрозділу?

Хто відповідає за виконання кожної з *функцій*?

Чим керується виконавець під час виконання кожної з *функцій*?

Що є результатом роботи підрозділу (на виході)?

На основі наявних положень, документів і результатів опитувань створюється чернетка (Model Draft) моделі.

2. *Поширення чернетки* для розгляду, узгоджень і коментарів. На цій стадії відбувається обговорення чернетки моделі з широким колом компетентних осіб (у термінах IDEF0 – читачів) на підприємстві. Кожна з діаграм

чорнової моделі письмово критикується та коментується, а потім передається автору. Автор, зі свого боку, також письмово погоджується з критикою або відкидає її з викладом логіки ухвалення рішення і знову повертає відкориговану чернетку для подальшого розгляду. Цей цикл продовжується доти, доки автори та читачі не дійдуть згоди.

3. *Офіційне затвердження моделі.* Затвердження узгодженої моделі відбувається керівником робочої групи в тому випадку, якщо в авторів моделі й читачів відсутні розбіжності з приводу її адекватності. Остаточна модель становить узгоджене уявлення про підприємство (систему) із заданого погляду і для заданої мети.

Наочність графічної мови IDEF0 робить модель читабельною для осіб, які не брали участі у проекті її створення, а також ефективною для проведення показів і презентацій. Надалі на базі побудованої моделі можуть бути організовані нові проекти, спрямовані на внесення змін у модель.

6.5 Порівняння методологій

У *функціональних моделях* (DFD-діаграмах потоків даних, SADT-діаграмах) головними структурними компонентами є *функції (операції, дії, роботи)*, які на діаграмах пов'язуються одна з одною потоками об'єктів.

Беззаперечною перевагою функціональних моделей є реалізація структурного підходу до проектування системи за принципом «зверху вниз», коли кожен функціональний блок можна декомпонувати на безліч підфункцій, виконуючи таким чином модульне проектування системи. Функціональним моделям властиві процедурна суворість декомпозиції системи та наочність подання.

За *функціонального підходу* об'єктні моделі даних у вигляді ER-діаграм «об'єкт – властивість – зв'язок» розробляються окремо. Із метою перевірки коректності моделювання предметної області між функціональними й об'єктними моделями встановлюються взаємно однозначні зв'язки.

Головний *недолік функціональних моделей* полягає в тому, що процеси та дані існують окремо одне від одного, окрім функціональної декомпозиції, існує структура даних, що розташована на другому плані. Окрім того, незрозумілими є умови виконання процесів оброблення інформації, які можуть динамічно змінюватися.

Зазначені *недоліки функціональних моделей* відсутні в *об'єктно-орієнтованих моделях*, у яких головним структуроутворюючим компонентом є *клас об'єктів* із набором *функцій*, які можуть звертатися до атрибутів цього класу.

Класам об'єктів властива ієрархія узагальнення, що дає змогу *успадковувати* не тільки атрибути (властивості) об'єктів від вищого класу об'єктів до нижчого класу, але й *функції* (методи).

У випадку успадкування *функцій* можна абстрагуватися від конкретної реалізації процедур (абстрактні типи даних), які відрізняються для певних підкласів ситуацій. Це дає можливість звертатися до подібних програ-

мних модулів за загальними іменами і здійснювати повторне використання програмного коду під час модифікації програмного забезпечення. Отже, адаптивність об'єктно-орієнтованих систем до зміни предметної області порівняно з функціональним підходом значно вища.

За *об'єктно-орієнтованого підходу* змінюється і принцип проектування системи. Спочатку виділяються класи об'єктів, а далі залежно від можливих станів об'єктів (життєвого циклу) визначаються методи оброблення (функціональні процедури), що забезпечує найкращу реалізацію динамічної поведінки системи.

Для об'єктно-орієнтованого підходу розроблені графічні методи моделювання предметної області, узагальнені в мові уніфікованого моделювання UML. За наочністю подання користувачеві-замовнику об'єктно-орієнтовані моделі беззаперечно поступаються функціональним моделям.

Під час вибору методики моделювання предметної області зазвичай як критерій виступає ступінь її динамічності. Для більш регламентованих задач більше підходять функціональні моделі, для більш адаптивних *бізнес-процесів* (управління робочими потоками, реалізація динамічних запитів до інформаційних сховищ) - об'єктно-орієнтовані моделі. У межах однієї системи для різних класів задач може виникнути потреба в різних видах моделей, що описують ту саму проблемну область. У такому разі доцільно використовувати комбіновані *моделі предметної області*.

Наведений огляд дає змогу переконатися, що кожна з розглянутих методик уможливорює вирішення задачі побудови формального опису робочих процедур досліджуваної системи. Усі методики дають змогу побудувати модель «як є» і «як має бути». В той же час, кожна з цих методик має суттєві недоліки, які можна узагальнити таким чином: недоліки застосування окремої методики лежать не в області опису реальних процесів, а в неповноті методичного підходу.

Функціональні методики загалом краще унаочнюють існуючі *функції* в організації, методи їхньої реалізації, до того ж, чим вищим є ступінь деталізації досліджуваного процесу, тим краще вони дають змогу описати систему. Під кращим описом у цьому випадку мається на увазі найменша помилка за отриманою моделлю передбачити поведінку реальної системи. На рівні окремих робочих процедур їхній опис майже однозначно збігається з фактичною реалізацією в потоці робіт.

На рівні загального опису системи *функціональні методики* припускають значний ступінь довільності у виборі загальних інтерфейсів системи, її механізмів тощо, тобто у визначенні меж системи. Добре описати систему на цьому рівні дає змогу об'єктний підхід, заснований на понятті сценарію використання. Ключовим є поняття про сценарії використання як про сеанс взаємодії діючої особи з системою, унаслідок якого дійова особа отримує щось, що має для неї цінність. Використання критерію цінності для користувача дає можливість відкинути деталі потоків робіт, що не мають значення, і зосередитися на тих *функціях* системи, які виправдовують

її існування. У цьому випадку задача визначення границь системи, виділення зовнішніх користувачів, однак, є складною.

Технологія потоків даних, що історично виникла першою, легко вирішує проблему границь системи, оскільки дає змогу за допомогою аналізу інформаційних потоків виділити зовнішні сутності та визначити основний внутрішній процес. Відсутність виділених керівних процесів, потоків і подієвої орієнтованості, однак, не дає змоги запропонувати цю методику як єдину.

Найкращим способом подолання недоліків розглянутих методик є формування *комплексної методики*, що поєднує різні етапи окремих методик. У цьому випадку з кожної методики необхідно взяти частину методології, найбільш повно та формально викладену, і забезпечити можливість обміну результатами на різних етапах застосування комплексної методики.

Ідея комплексної методики полягає в послідовному застосуванні функціонального й об'єктного підходів з огляду на можливості реінжинірингу існуючої ситуації. Як приклад можна запропонувати таку послідовність дій:

- 1) визначення границь системи. На цій стадії за допомогою аналізу потоків даних виділяють зовнішні сутності та власне систему моделювання;
- 2) виділення сценаріїв використання системи. На цій стадії за допомогою критерію корисності будують для кожної зовнішньої сутності набір сценаріїв використання системи;
- 3) додавання системних сценаріїв використання. На цій стадії визначають сценарії, необхідні для реалізації цілей системи, що відрізняються від цілей користувачів;
- 4) побудова діаграми активностей за сценаріями використання. На цій стадії будують набір дій системи що призводять до реалізації сценаріїв використання;
- 5) функціональна декомпозиція діаграм активностей як контекстних діаграм методики IDEF0;
- 6) формальний опис окремих функціональних активностей у вигляді адміністративного регламенту (із застосуванням різних нотацій).

Список рекомендованих джерел

Основні джерела: [18, с. 57 – 68]; [19, с. 65 – 87]; [20, с. 94 – 177].
Додаткова література: [38], [39].

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте вимоги, що висуваються до моделей предметних областей.
2. У чому полягає структурний аспект та оціночні аспекти моделювання предметної області?
3. Охарактеризуйте три рівні побудови моделі предметної області й особливості об'єктної та функціональної структури.

4. Поясніть сутність структурного аналізу й охарактеризуйте його основні поняття.

5. Охарактеризуйте методології функціонального моделювання бізнес-процесів і їхні спільні та відмінні риси.

6. Охарактеризуйте методологію DFD (Data Flow Diagrams - Діаграми потоку даних) і поясніть її можливості.

7. Охарактеризуйте методологію SADT (Structured Analysis and Design Technique) і поясніть її можливості.

8. Охарактеризуйте методологію IDEF (Integrated Computer-Aided Manufacturing DEFinition) та поясніть її можливості.

9. Охарактеризуйте методологію ARIS (Architecture of Integrated Information Systems - Архітектура інтегрованих інформаційних систем) і поясніть її можливості.

Теми рефератів

1. Особливості моделювання бізнес-процесів.
2. Методичні підходи до моделювання бізнес-процесів.
3. Огляд ІС, що реалізують моделювання бізнес-процесів.
4. Інструментальні засоби методології ARIS.
5. Особливості методології IDEF0.

Тема 7.

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

7.1 Загальні відомості про теорію прийняття рішень

У найзагальнішому розумінні теорія прийняття рішень (ТПР) становить сукупність математичних і чисельних методів, орієнтованих на пошук найкращих варіантів із множини альтернатив, які дають змогу уникнути їхнього повного перебору. Через те, що розмірність практичних задач здебільшого доволі велика, а розрахунки відповідно до алгоритмів оптимізації вимагають значних витрат часу, то методи прийняття оптимальних рішень переважно орієнтовані на їхню реалізацію за допомогою ЕОМ.

Практична потреба суспільства в наукових основах прийняття рішень виникла з розвитком науки та техніки, з появою організацій у їхньому сучасному розумінні. Бурхливе зростання технічного прогресу, особливо під час і після Другої світової війни, ставило усе нові й нові задачі, вирішення яких потребувало залучання й розроблення нових наукових методів. Можна виділити такі науково-технічні передумови становлення ТПР:

здороження «ціни помилки». Чим складніше, масштабніше заплановано захід, тим менш припустимими в ньому є «вольові» рішення та тим важливішими стають наукові методи, що дають змогу заздалегідь оцінити

наслідки кожного рішення, виключити неприпустимі варіанти й рекомендувати найбільш підходящі;

прискорення науково-технічної революції, розвиток техніки та технологій. Життєвий цикл технічного виробу скоротився настільки, що «досвід» не встигав накопичуватися й було потрібно застосовувати розвинутіший математичний апарат у проектуванні;

бурхливий розвиток ЕОМ. Розмірність і складність реальних інженерних задач не давали змоги використовувати аналітичні методи.

Сучасні організації - суб'єкти господарювання - є складними об'єктами, їх відрізняє наявність великої кількості фахівців, яким необхідно приймати важливі для організації рішення. Доволі часто виникають ситуації, коли задача настільки ускладнюється, що для її формулювання й вирішення не можливо відразу визначити підходящий апарат формалізації, коли процес формулювання вимагає залучення фахівців різних галузей знання. Це призводить до того, що постановка задачі управління стає проблемою, вирішення якої потребує розроблення спеціальних підходів, прийомів і методів. У такому разі постає необхідність визначити область проблеми прийняття рішення (проблемну ситуацію); виявити фактори, що впливають на рішення (проблемну ситуацію); дібрати прийоми та методи, що дають змогу сформулювати задачу таким чином, щоб рішення було прийнято.

Під час вирішення завдань організації сучасного виробництва потрібно зважати на все більшу кількість чинників різного походження, що є предметом дослідження різних галузей знань. У цих умовах одна людина не може прийняти рішення про вибір факторів, що впливають на досягнення мети, не може визначити істотні взаємозв'язки між цілями та засобами. У формуванні й аналізі моделі ухвалення рішення мають брати участь колективи, що складаються з фахівців різних галузей знань, між якими потрібно організувати взаємодію й взаєморозуміння, а проблема прийняття рішень перетворюється на проблему колективного вибору цілей, критеріїв, засобів і варіантів досягнення мети, тобто проблему колективного прийняття рішення. Колективна робота й раціональність прийняття професійних рішень – важлива вимога до організаційної культури сучасної організації.

Число і складність проблем, для яких неможливо одразу отримати критерій ефективності в аналітичній формі, із розвитком цивілізації зростають; зростає також ціна неправильно прийнятого рішення.

Для проблем ухвалення рішення властивим є здебільшого сполучення якісних і кількісних методів. Прийняття рішень у системах управління промисловістю зазвичай пов'язане з дефіцитом часу: краще прийняти не найкраще рішення, але в необхідний термін, тому що у протилежному випадку краще рішення може вже й не знадобитися. Із огляду на це рішення зазвичай доводиться приймати в умовах неповної інформації (її невизначеності або навіть дефіциту), і потрібно забезпечити можливість за максимально короткий термін визначити найбільш значущі та найбільш об'єктивні для прийняття рішень відомості, що лежать в основі цієї операції.

Для того щоб мати можливість в короткі терміни визначити завдання, проаналізувати цілі, з'ясувати можливі засоби, дібрати необхідну інформацію, яка характеризує умови ухвалення рішення та впливає на вибір критеріїв і обмежень, а в ідеалі одержати вираз, що пов'язує ціль із засобами, застосовують системні уявлення, прийоми і методи системного аналізу.

За допомогою системного аналізу можна забезпечити взаємодію і взаєморозуміння між фахівцями різних сфер знань, які беруть участь у визначенні та вирішенні завдання, допомогти дослідникам організувати процес колективного ухвалення рішення. Із метою реалізації цього процесу обирають і застосовують методи системного аналізу.

Початком інтенсивного розвитку ТПР як наукової дисципліни можна вважати 40-ві роки ХХ ст. У 50–60-ті роки існуюча на той час система методів прийняття рішень була переусвідомлена і сформульована в нових наукових дисциплінах, таких як дослідження операцій, системний аналіз, управління технічними системами та ін. До кожної з них невід'ємною складовою частиною входила теорія прийняття рішень.

У своєму розвитку ТПР пройшла три стадії. На першій стадії розвивався *дескриптивний підхід* до прийняття рішень. Тут зусилля вчених були спрямовані на опис процесу вибору рішень людиною з метою визначення раціонального зерна, властивого будь-якому розумному вибору. Унаслідок проведених досліджень з'ясувалося, що більшість людей діють інтуїтивно, виявляючи водночас непослідовність і суперечливість суджень. Позитивним аспектом досліджень у сфері дескриптивного підходу стало те, що вдалося дати доволі чітку відповідь на питання, що може й чого не може людина, вирішуючи задачу вибору.

На другій стадії дослідники розробляли *нормативний підхід* до прийняття рішень. Цей шлях, однак, виявився невдалим, оскільки ідеалізовані теорії, розраховані на людину з могутнім інтелектом та енциклопедичними знаннями, не знайшли практичного застосування.

На третій стадії набув розвитку *прескриптивний підхід* до прийняття рішень. Він виявився найбільш плідним, оскільки пропонував моделі поведінки людини з нормальним інтелектом, яка бажає напружено й систематизовано обмірковувати всі аспекти свого завдання. Прескриптивний підхід не гарантує знаходження оптимального рішення в будь-якій ситуації, але забезпечує вибір такого рішення, яке не супроводжується протиріччями й непослідовностями. Цей підхід висуває до людини серйозні вимоги до освоєння методів і прийомів ТПР, а також пропонує проведення численних обчислень, пов'язаних із реалізацією цих методів.

Надалі дослідження операцій та інші науки зосередили основну увагу на математичних (кількісних) аспектах вирішення управлінських завдань. Так, центральне місце в них займає використання наукового методу, що включає спостереження, формулювання гіпотези та верифікацію, системну орієнтацію й використання принципу моделювання. Широко використовуються фізичні, аналогові, імітаційні та математичні моделі. Найбільш відомими є моделі тео-

рії ігор, що відбивають конкурентну ситуацію й очікуваний вплив на конкурентів ухваленого рішення, моделі теорії черг або оптимального обслуговування, управління запасами, лінійного програмування та ін.

Важливою є та обставина, що коло проблем, для яких удається розробити адекватні математичні моделі, є значно вужчим порівняно з множиною ситуацій, у яких необхідно приймати реальні рішення. У набагато більшій кількості випадків під час розроблення рішень доводиться мати справу з якісною, а не з кількісною інформацією. Там, однак, де вдається одержати адекватний опис ситуації математичною мовою, отримати результати аналізу й необхідні розрахунки, це необхідно робити.

У більшості ситуацій, що вимагають прийняття рішень, дані подаються у вигляді вербальних (словесних) описів, оцінки отримуються за допомогою вербальних або вербально-числових шкал й інформація є лише про порівняльні оцінки альтернативних варіантів. Ситуації, коли отриману кількісну інформацію не вдається описати жодною з наявних математичних моделей, можна проаналізувати за допомогою спеціально розроблених методів якісного аналізу. Предметом ТПР поряд із кількісними методами стали методи, що дають змогу одержувати й аналізувати якісну (некількісну) інформацію. Це, насамперед, методи експертного оцінювання, багатокритерійного аналізу, змістового аналізу ситуацій та ін. Це стосується й багатьох аспектів менеджменту, що не підпадає під методи кількісного аналізу, багато проблем у якому можна вирішити лише за допомогою методів якісного аналізу.

Серед актуальних проблем сучасного етапу розвитку теорії прийняття рішень – системний підхід, сучасні методи прийняття рішень і проблема горизонту планування. Системний підхід під час прийняття рішень передбачає, що проблему потрібно розглядати загалом, відповідно до цілей організації. Проблема горизонту планування пов'язана з тим, що в багатьох ситуаціях горизонт планування не охоплює всієї тривалості реалізації рішення. Важливо вивчити вплив горизонту планування на прийняті рішення. Зокрема, твердження «фірма працює заради максимізації прибутку» не має точного змісту. За який період максимізувати прибуток: за місяць, рік, 10 або 30 років? Від горизонту планування залежать прийняті рішення. Усвідомлюючи це, низка західних економістів розглядають фірми не як інструменти для отримання прибутку, а як істоти, які намагаються забезпечити своє існування й розвиток.

Зазначимо основні вимоги системного підходу до вирішення проблеми прийняття рішення:

виділення тієї або іншої системи з навколишнього середовища й визначення взаємозв'язку між нею й середовищем;

визначення складових елементів системи;

розгляд відносин між елементами й певною структурою системи;

аналіз функцій елементів щодо системи;

виявлення системоутворюючих зв'язків;

визначення механізму функціонування системи.

7.2 Основні поняття та визначення

Термін «прийняття рішень» використовують дуже широко. Найкращий варіант рішення можна отримати шляхом математичних розрахунків, коли це можливо. Окрім того має місце прийняття рішень за допомогою комп'ютерів або роботів. Розглянемо прийняття рішень як особливий процес людської діяльності, спрямований на вибір найкращого варіанта дій із розв'язання певної проблеми управління організацією.

Як у житті окремої людини, так і в повсякденній діяльності організацій, прийняття рішень є найважливішим етапом, що визначає їхнє майбутнє. Точно розрахувати й оцінити наслідки переважної більшості людських рішень неможливо. Можна лише *припускати*, що певний варіант рішення призведе до найкращого результату. Таке припущення, однак, може бути помилковим. Із огляду на це людські рішення є винятково важливим для практики й цікавим для науки об'єктом дослідження. Поступаючись місцем комп'ютеру у швидкості й точності обчислень, людина наділена унікальним умінням швидко оцінювати обстановку, виділяти головне й відкидати другорядне, порівнювати суперечливі оцінки, заповнювати невизначеність своїми здогадками.

Сучасна наука розрізняє дві частини теорії прийняття рішень. Одна з них займається дослідженням технологій прийняття рішень із метою відповісти на питання, як необхідно ухвалювати рішення. Інша частина досліджує питання, пов'язані з тим, як люди на практиці приймають рішення, і яких вони, водночас, припускаються помилок. Першу частину теорії прийняття рішень у науковій літературі називають *теорією прийняття оптимального рішення*, а другу - *психологічною теорією рішень*.

У процесі прийняття рішень люди можуть грати різні ролі. Людину, яка фактично обирає найкращий варіант дій називатимемо, *особою, яка приймає рішення* (ОПР). Іншою роллю, яку може грати людина у процесі прийняття рішень, є роль керівника або учасника *активної групи* - групи людей, що мають спільні інтереси й намагаються вплинути на процес вибору та його результат. Якщо рішення приймаються малою групою, члени якої формально мають рівні права (журі, комісія), то людина є членом *групи, що приймає рішення*. Головним у діяльності такої групи є досягнення згоди під час вироблення спільних рішень.

У процесі прийняття рішень людина може виступати як *експерт*, тобто як професіонал у тій чи іншій галузі, до якого звертаються за оцінками й рекомендаціями всі люди, залучені до цього процесу. Так, під час перебудови організації ОПР звертається за порадою до досвідченого адміністратора. Експерти можуть допомогти бізнесменові в оцінці економічної ефективності випуску нової продукції та ін.

Під час прийняття складних, зазвичай стратегічних, рішень у їхній підготовці іноді бере участь *консультант* із прийняття рішень. Його роль зводиться до розумної організації процесу прийняття рішень: виявлення позицій активних груп, організація роботи з експертами. Консультант (або аналітик)

зазвичай не вносить свої переваги й оцінки у прийняття рішень, він лише допомагає іншим зважити всі «за» і «проти» й виробити розумний компроміс.

Окрім того, у прийнятті рішень опосередковано бере участь оточення ОПР, співробітники тієї організації, від імені якої ОПР приймає рішення. Ця група людей здебільшого має спільні погляди, спільні ціннісні настанови. Саме цій групі ОПР насамперед пояснює логічність, розумність, обґрунтованість свого рішення. У зв'язку з цим, хоча ОПР приймає індивідуальні рішення, вона зважає на політику й переваги цієї групи осіб.

Наголосимо на особливій важливості *проблем індивідуального вибору*. На практиці індивідуальні завдання прийняття рішень доволі поширені, наприклад, у фірмах, компаніях, банках тощо. Незважаючи на існування колегій, правлінь та рад, зазвичай є центральна фігура - ОПР, що визначає курс, тактику і стратегію дій на майбутній період. Від прозорливості цього лідера, його особистих якостей залежить дуже багато. Серед зазначених якостей в успішних ОПР обов'язковим є уміння домовлятися з людьми, переконувати їх у правильності й обґрунтованості своїх дій.

Поширеність задач індивідуального вибору, можливість урахувати колективні переваги роблять проблеми індивідуального вибору найбільш важливим для практики класом задач з прийняття рішень. ОПР варто пам'ятати, що спільна підтримка альтернативи означає швидке впровадження в життя ухваленого рішення.

Варіанти дій називають *альтернативами*. Альтернативи - невід'ємна частина проблеми прийняття рішень: якщо немає з чого обирати, то немає й вибору. Отже, для постановки задачі прийняття рішень необхідно мати хоча б дві альтернативи.

Альтернативи бувають незалежними й залежними. *Незалежними* є ті альтернативи, будь-які дії з якими (видалення з розгляду, виділення як єдиної кращої) не впливають на якість інших альтернатив. Якщо альтернативи *залежні*, то оцінки одних із них впливають на якість інших. Є різні типи залежності альтернатив. Найпростішою й очевидною є безпосередня групова залежність: якщо вирішено розглядати хоча б одну альтернативу з групи, то треба розглядати й усю групу. Так, під час планування розвитку міста рішення про збереження історичного центру спричиняє розгляд усіх варіантів його реалізації.

Задачі з прийняття рішень значно різняться залежно від наявності альтернатив на момент вироблення політики і прийняття рішень. Зустрічаються задачі, коли всі альтернативи вже визначені, й необхідно лише обрати кращі з цієї множини. Наприклад, ми можемо шукати найбільш ефектively фірму з уже наявних, визначати кращий університет, кращу з побудованих яхт та ін. Особливістю цих задач є *замкнена множина альтернатив, що не розширюється*. Існує, однак, коло задач іншого типу, у яких усі альтернативи або їхня значна частина з'являються після прийняття основних рішень. Наприклад, необхідно розробити правило відкриття кредитів у банку для організацій або приватних осіб. Тут альтернативи (конкрет-

тні організації або особи) принципово з'являються лише після вироблення й оголошення правил.

Коли альтернатив багато (сотні й тисячі), ОПР не може зосередити увагу на кожній з них. У таких ситуаціях зростає необхідність у чітких правилах вибору, у процедурах використання експертів, у розробленні сукупності правил, що дають змогу провадити несуперечливу й послідовну політику.

У всьому цьому існує потреба й тоді, коли кількість альтернатив невелика (до 20). У таких задачах, як вибір плану політичної кампанії, вибір траси газопроводу, вибір плану розвитку міста, основних альтернатив, із розгляду яких починається вибір, відносно небагато. Вони, однак, не є єдино можливими. Зазвичай на їхній основі у процесі вибору виникають нові альтернативи. Первинні, основні альтернативи не завжди задовольняють учасників процесу вибору. Вони, однак, допомагають їм зрозуміти, чого конкретно не вистачає, що можна реалізувати певної ситуації, а що ні. Цей клас задач можна назвати **задачами з конкуруючими альтернативами**.

Генерування альтернативних варіантів рішень, впливів управління тощо може здійснюватися або безпосередньо, або за допомогою спеціальних експертних процедур.

Процедури генерування альтернативних варіантів можуть передбачати як спеціальну організацію і проведення експертиз із залученням методів типу «мозкової атаки», так і створення автоматизованих систем генерування альтернативних варіантів у складних, але доволі структурованих випадках.

У сучасній науці про прийняття рішень уважається, що варіанти рішень характеризуються різними показниками їхньої привабливості для ОПР. Ці показники називають ознаками, факторами, атрибутами або **критеріями**.

Критеріями оцінки альтернатив називають *показники їхньої привабливості (або непривабливості) для учасників процесу вибору*.

У професійній діяльності вибір критеріїв здебільшого визначається багаторічною практикою, досвідом. У більшості задач вибору є доволі багато критеріїв оцінок варіантів рішень. Ці критерії можуть бути незалежними або залежними. **Залежними** називають *такі критерії, за яких оцінка альтернативи за одним із них визначає (однозначно або з великим ступенем імовірності) оцінку за іншим критерієм*. Залежність між критеріями призводить до появи цілісних образів альтернатив, які мають для кожного з учасників процесу вибору певний зміст.

На складність задач із прийняття рішень впливає також кількість критеріїв. За невеликої кількості критеріїв (два-три) задача порівняння двох альтернатив є достатньо простою й прозорою, властивості за критеріями можна безпосередньо зіставити й виробити компроміс. За великої кількості критеріїв задача стає мало доступною для огляду. Із огляду на це за великої кількості критеріїв їх зазвичай поєднують у групи, які мають конкретне змістове навантаження й назву. Підставою для природного групування критеріїв є можливість виділити плюси й мінуси альтернатив, їхні переваги й недоліки (наприклад, вартість і ефективність). Такі групи здебільшого

є незалежними. Виявлення структури на безлічі критеріїв робить процес прийняття рішень в значною мірою обміркованим та ефективним.

Використання критеріїв для оцінки альтернатив вимагає визначення градацій якості: кращих, гірших і проміжних оцінок. Інакше кажучи, існують **шкали оцінок за критеріями**.

У прийнятті рішень розрізняють шкали **безперервних** і **дискретних** оцінок, шкали **кількісних** і **якісних** оцінок. Так, для критерію «вартість» можна використати безперервну кількісну шкалу оцінок (у грошових одиницях). Для критерію «наявність дачі» може бути якісна двійкова шкала: є або немає. Окрім категорій «якісні – кількісні», «безперервні – дискретні» у прийнятті рішень розрізняють такі види шкал:

1) шкала порядку - оцінки упорядковані за зростанням або убутанням якості. Прикладом може бути шкала екологічної чистоти району мешкання: дуже чистий район; цілком задовольняє за чистотою; екологічне забруднення є великим;

2) шкала рівних інтервалів - інтервальна шкала. Для цієї шкали є однакові відстані за зміною якості між оцінками. Наприклад, шкала додаткового прибутку для підприємця може бути такою: 1 млн., 2 млн., 3 млн. тощо. Для інтервальної шкали властивий довільний вибір як початку відліку, так і кроку (відстань між оцінками) шкали.

3) шкала пропорційних оцінок - ідеальна шкала. Прикладом є шкала оцінок за критерієм вартості, відлік у якій починається з установленого значення (наприклад, з нульової вартості).

У прийнятті рішень найчастіше використовують порядкові шкали і шкали пропорційних оцінок.

Прийняття рішень не є одночасним актом. Це здебільшого доволі довгий процес, у якому виділяють три етапи: пошук інформації, пошук і знаходження альтернатив та вибір кращої альтернативи.

На першому етапі збирають усю доступну на момент ухвалення рішення інформацію: фактичні дані, думки експертів. Там, де це можливо, будують математичні моделі; проводять соціологічні опитування; визначають погляди на проблему з боку активних груп, що впливають на її рішення. Другий етап пов'язаний із визначенням того, що можна, а чого не можна робити в певній ситуації, тобто з визначенням варіантів рішень (альтернатив). І вже третій етап містить порівняння альтернатив та вибір найкращого варіанта (або варіантів) рішення.

Розглянемо приклад. Нехай ОПР обирає туристський маршрут. Під час оцінки альтернатив він використовує два критерії: вартість і привабливість. Альтернативи можна подати у вигляді таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Оцінки альтернативних варіантів туристських маршрутів

Альтернатива	Критерій	
	Вартість	Привабливість
1	Невелика	Мала
2	Висока	Велика
3	Невелика	Велика

Альтернативи, подані в таблиці 7.1, зображені графічно на рис. 7.1. Із рисунка видно, чому найкращим є туристський маршрут 3: він не гірший за критерійними оцінками кожного з двох інших турів, а за одним із критеріїв кращий.

Якщо одна з альтернатив за всіма критеріями не гірша за інші альтернативи, а за одним з критеріїв краща за інші, **то її називають домінуючою**. Усі інші альтернативи в цьому випадку називають домінованими.

Відповідно до рис. 7.1 тури 2 та 1 не перебувають у відносині домінування. За одним із критеріїв кращою є альтернатива 2, за іншим - альтернатива 1.

Уведемо таке визначення: *альтернативи належать до множини Парето, якщо кожна з них перевершує будь-яку іншу за якимось з критеріїв*.

Множина Парето має ім'ям вченого, який уперше звернув увагу на альтернативи, що не поступаються одна одній за критерійними оцінками, тобто на альтернативи, що не перебувають у відносині домінування. Альтернативи, що належать до множини Парето, називають **непорівнюваними**. Їх справді неможливо порівняти безпосередньо на основі критерійних оцінок. Якщо рішення має бути прийнятим (наприклад, із багатьох турів необхідно обрати один), то порівняння альтернатив, які належать до множини Парето, можливе на основі додаткової інформації. Так, у нашому прикладі ОПР треба вирішити, що для нього є привабливішим: економія грошей чи нові враження. Таке порівняння є основним для третього етапу процесу прийняття рішень.

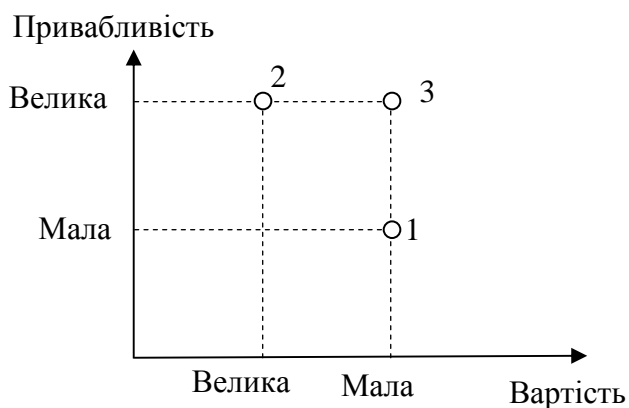


Рис. 7.1 - Подання альтернатив їхніми оцінками за критеріями

Неважко переконатися, що множина Парето містить найбільш «контрастні» альтернативи, складні для порівняння. Якщо є задача вибору однієї кращої альтернативи, то вона обов'язково належить до множини Парето. З огляду на це в багатьох методах прийняття рішень важливим є етап виділення множини Парето з усієї безлічі зада-

них альтернатив.

Один із можливих способів розв'язання цієї задачі полягає в попарному порівнянні альтернатив і виключенні домінованих. Задача виділення множини Парето зазвичай розглядається як попередня. За нею слідує найбільш важливий етап прийняття рішень.

Із трьох наведених вище етапів процесу прийняття рішень найбільшу увагу традиційно приділяють третьому етапу. За визнанням важливості пошуку інформації й виділенням альтернатив приходять усвідомлення то-

го, що ці етапи найвищою мірою є неформалізованими. Способи проходження етапів залежать не тільки від змісту задачі прийняття рішень, але й від досвіду, звичок, особистого стилю ОПР й його оточення. Хоча ці ж фактори присутні під час порівняння альтернатив, тут їхня роль є помітно меншою. *Науковий аналіз проблем прийняття рішень починається з моменту, коли хоча б частина альтернатив і/або критеріїв відома.*

У сучасній науці про прийняття рішень центральне місце займають **багатокритеріальні задачі вибору**. Уважають, що урахування багатьох критеріїв наближає постановку задачі до реального життя. Традиційно прийнято розрізняти три основні задачі прийняття рішень.

1. **Упорядкування альтернатив.** Для низки задач є цілком обґрунтованою вимога визначення порядку на множині альтернатив. Так, членів родини впорядковують за ступенем необхідності придбання деяких речей, керівників фірм – за прибутковістю об'єктів капіталовкладень та ін. Загалом вимога впорядкування альтернатив означає *визначення відносної цінності кожної з альтернатив*.

2. **Розподіл альтернатив за класами рішень.** Ці задачі часто зустрічаються в повсякденному житті. Так, під час купівлі квартири або будинку, під час обміну квартири люди зазвичай поділяють альтернативи на дві групи: ті, що заслуговують і не заслуговують на докладніше вивчення, що потребує витрати сил і коштів та ін.

3. **Виділення кращої альтернативи.** Ця задача традиційно вважається однією із основних у прийнятті рішень. Вона здебільшого зустрічається на практиці. Вибір одного предмета під час купівлі, вибір місця роботи, вибір проекту складного технічного пристрою - ці приклади добре знайомі. Окрім того, такі задачі поширені у світі політичних рішень, де альтернатив порівняно небагато, але вони доволі складні для вивчення й порівняння. Наприклад, необхідний кращий варіант організації обміну грошей, кращий варіант проведення земельної реформи та ін. Зазначимо, що особливістю багатьох задач прийняття політичних рішень є конструювання нових альтернатив у процесі вирішення проблем.

7.3 Методи прийняття рішень

Сучасний системний аналіз використовує різні аналітичні методи, наприклад, методи дослідження операцій, підтримки прийняття рішень, оптимізації, моделі теорії ігор, теорії графів, теорії оптимального керування, математичного програмування, теорії інформації тощо. Поряд із цим значну роль у системному аналізі відіграють неформальні методи та процедури, і в певних ситуаціях ці методи зовсім не використовують формальні процедури. Особливо це стосується системних досліджень соціально-економічних систем, які характеризуються великою складністю, значною кількістю взаємозв'язків, динамічністю та невизначеністю зовнішнього середовища та поведінки людей, неповнотою або неточністю вхідної інформації та ін.

Застосування необхідних методів і процедур (математичних, кібернетичних, евристичних, інформаційних) та їхня конкретна послідовність індивідуально визначаються залежно від конкретної проблеми та її специфіки, наявності ресурсів для її вирішення, досвіду та інтуїції дослідника.

Розглянемо *підхід до дослідження операцій*, під час якого активно використовують моделі, що описують поведінку людей. Створення моделі зазвичай переслідує такі цілі:

використання її в розв'язанні задач, які важко вирішувати на реальному об'єкті;

краще розуміння об'єкта;

побудова покращеного об'єкта шляхом внесення змін у модель.

Природною вимогою до *моделі* є її *адекватність* об'єкту дослідження. Модель описує процеси у яких важливу роль відіграють люди, чинені ними дії та їхні наслідки. Людська поведінка значною мірою є непередбаченою і складною для моделювання. Люди, однак, лише виконують дії, запропоновані їм виробничою системою. Інакше кажучи, люди не мають свободи поведінки - таке припущення роблять під час побудови багатьох моделей організацій і виробничих систем.

Дослідження операцій – це сформована наукова дисципліна, добре відома в сучасному світі. Під *дослідженням операцій* розуміють застосування математичних, кількісних методів для обґрунтування рішень у всіх галузях цілеспрямованої людської діяльності.

Основними етапами розв'язання будь-якої задачі в дослідженні операцій є:

побудова моделі;

вибір критерію оптимальності;

пошук оптимального рішення.

Для підходу дослідження операцій характерні розглянуті нижче риси.

1. Використовувані моделі мають об'єктивний характер. Побудову моделей у межах дослідження операцій розглядають як засіб відбиття об'єктивно існуючої реальності. Коли модель, що правильно відбиває дійсність, знайдено, критерій оптимальності встановлений, оптимальне рішення можна отримати у *єдиному можливий* спосіб. Інакше кажучи, спираючись на ті самі дані, різні фахівці-аналітики мають одержувати однакові результати. Ця вимога означає, що діяльність людей, описувана моделлю, підпорядкована вимогам *доцільності*.

2. Керівник одержує науково обґрунтоване рішення. На замовлення керівника аналітик досліджує організацію, зовнішнє середовище й намагається побудувати адекватну модель. У цій роботі сама ОПР здебільшого не потрібна. Можна сказати, що керівник дає замовлення й одержує готове рішення. Усе інше роблять аналітики - фахівці з дослідження операцій.

3. Існує об'єктивний критерій успіхів у застосуванні методів дослідження операцій. Якщо проблема, що вимагає вирішення, зрозуміла і критерій визначений, то аналітичний метод одразу показує, наскільки нове рішення краще за старе.

Розглянемо багатокритеріальну задачу прийняття рішень. Коли говорять про багатокритеріальні задачі оптимізації, здебільшого йдеться про реалізований випадок *невизначеності цілі*. У цьому разі вибір варіантів здійснюється не за їхніми оцінками за допомогою єдиної цільової функції, а за цілою групою оцінок, що суперечать одна одній. Наприклад, задача купівлі автомобіля безпосередньо або опосередковано формулюється як задача вибору найкращого (оптимального) варіанта з множини доступних. Якби ми мали лише один критерій і цільовий функціонал, що його відображає (цільова функція), наприклад, вартість автомобіля, то проблеми не було б. Маючи кінцеву множину вихідних варіантів, ми просто обрали б найдешевший автомобіль. Зазвичай, однак, ситуація ускладнюється тим, що під час купівлі нас починають цікавити й інші показники (оцінки), такі як потужність двигуна, витрата палива, колір, рік випуску, пробіг, модель автомобіля та ін.

Існують різні способи зведення вихідної багатоцільової задачі до задачі з єдиним критерієм. Формулювання скалярного критерію оптимальності (цільової функції) має провадитися на підставі списку вихідних параметрів, що мають зміст часткових критеріїв оптимальності. Водночас, багато критеріїв є суперечливими; поліпшення одного з них за зміни вектора керованих параметрів призводить до погіршення іншого.

Постає проблема вибору розумного компромісу, тобто визначення такого припустимого вектора керованих параметрів, за якого всі критерійні параметри набуватимуть прийнятих значень. Фактор суперечливості вимог, поставлених до об'єкта оптимізації, із одного боку, значно ускладнює формальний підхід до формування єдиної цільової функції та вимагає залучення різних неформальних процедур, а з другого боку – призводить до погано зумовлених оптимізаційних задач для побудованих скалярних критеріїв якості.

Аналіз багатьох реальних практичних проблем, із якими стикалися фахівці з дослідження операцій, природно призвів до появи класу *багатокритеріальних задач*, коли на момент ухвалення рішення принципово відсутня інформація, що дає змогу об'єктивно оцінити можливі наслідки вибору того або іншого варіанту рішення. Оскільки рішення так чи інакше має бути прийнятим, то брак інформації необхідно усунути. Це можуть зробити лише люди за допомогою досвіду й інтуїції.

Одним із перших підходів до прийняття рішень за двох критеріїв є метод «*вартість – ефективність*». Він був розроблений наприкінці 50-х років у США для вирішення військових задач. У роки ракетно-ядерної гонки США і СРСР однією із основних була задача достатності системи нападу для подолання захисту потенційного супротивника. Метод «вартість – ефективність» складається з трьох основних етапів:

- побудова моделі ефективності;
- побудова моделі вартості;
- синтезу оцінок вартості й ефективності.

Приклад типової моделі, використовуваної в методі «вартість – ефективність», наведений на рис. 7.2. Модель складається з двох частин: моделі вартості й моделі ефективності. Модель вартості є залежністю загальної вартості від кількості ракет, а модель ефективності - залежністю ймовірності поразки цілей від кількості ракет. Обидві моделі в цьому разі можна розглядати як об'єктивні: вони будуються на базі фактичних даних, надійного статистичного матеріалу. Вихідні параметри цих моделей, однак, не поєднуються за допомогою заданої залежності, використовується судження керівника, що визначає граничні значення вартості й необхідні значення ефективності.

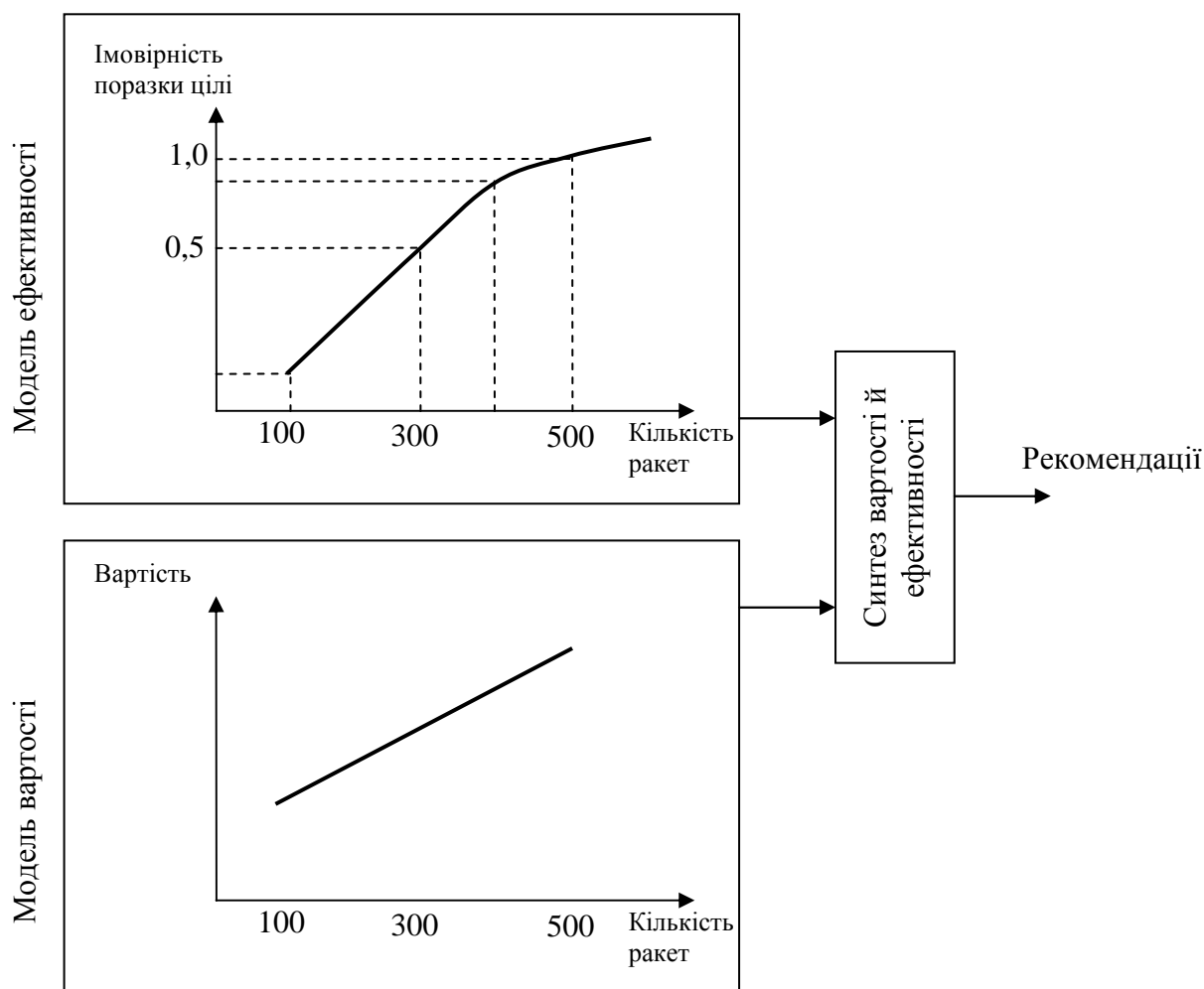


Рис. 7.2 - Моделі, використовувані в методі «вартість – ефективність»

Основна відмінність наведеної моделі від типових моделей дослідження операцій полягає в появі *суб'єктивних* суджень під час синтезу вартості й ефективності. Загалом на етапі синтезу вартості й ефективності рекомендується використовувати два основних підходи:

- фіксована ефективності за мінімально можливою вартості (за такого підходу обирається «найдешевша» альтернатива, що має задану ефективність);
- фіксована вартість і максимально можлива ефективність (випадок бюджетних обмежень).

Зміст цих підходів зрозумілий - *перетворення одного з критеріїв оцінки альтернатив на обмеження*.

Водночас, однак, одразу ж постає запитання: як, на якому рівні встановити обмеження на один з критеріїв. Об'єктивна і єдино можлива відповідь на це запитання загалом не впливає з умов задачі. Ані необхідна ефективність, ані бюджетні обмеження зазвичай жорстко не встановлюються. Очевидно, що за кількох критеріїв це запитання стає складним. Інакше кажучи, коли аналітик сам перетворює всі критерії, окрім одного, на обмеження, він чинить свавілля, нічим не виправдане з погляду ОПР.

У низці випадків використовують відношення двох зазначених вище критеріїв. Автори методу застерігають проти механічного використання відношення вартості до ефективності, вказуючи, що воно може бути однаковим за різних абсолютних значень чисельника і знаменника.

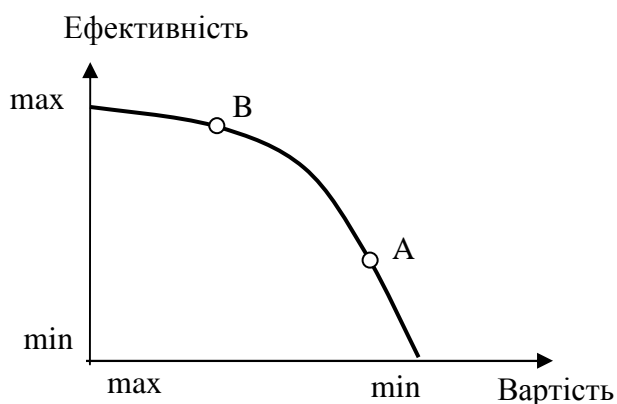


Рис. 7.3 - Множина Парето за двох критеріїв

Третій підхід до синтезу вартості й ефективності призводить до побудови *множини Парето* (рис. 7.3). Порівняємо два варіанти на множині Парето. Варіант А менш дорогий, ніж варіант В, але й менш ефективний. Варіант В більш ефективний, ніж варіант А, але й більш дорогий. Порівнюючи варіанти, що перебувають на множині Парето, ОПР зупиняється на одному з них і робить свій остаточний вибір.

Одним із варіантів методу «*вартість – ефективність*» є метод «максимум прибутку за мінімуму витрат». Варто зазначити, що формулювання «максимум прибутку за мінімуму витрат» внутрішньо є суперечливим. Мінімум витрат дорівнює 0, коли робота не проводиться, але і прибуток тоді також дорівнює 0. Якщо ж прибуток великий, то й витрати великі, оскільки те та інше пов'язане з обсягом виробництва. Можна або максимізувати прибуток за фіксованих витрат, або мінімізувати витрати за заданого прибутку, але неможливо домогтися «максимуму прибутку за мінімуму витрат».

Розглянемо типи проблем, що виникають під час розв'язання багато-критерійних задач.

Підходи дослідження операцій і прийняття рішень значно різняться, тому що вони спрямовані на принципово різні проблеми прийняття рішень. Ці принципи розходження намагалися підкреслити автори множини класифікацій проблем прийняття рішень. Так, в одній із класифікацій [17] виділяють *добре й слабкоструктуровані* проблеми. Добре структуровані, або кількісно сформульовані проблеми - ті, у яких істотні залежності з'ясовані настільки добре, що їх можна виразити в числах або символах, що

одержують зрештою чисельні оцінки. Слабкоструктуровані, або змішані проблеми - ті, які містять як якісні, так і кількісні елементи, до того ж якісні, маловідомі й невизначені сторони проблем мають тенденцію домінувати.

Отже, у типових задачах дослідження операцій об'єктивно існує реальність, яка припускає суворий кількісний опис і визначає існування єдиного очевидного критерію якості. Можна сказати, що типові проблеми дослідження операцій добре структуровані. У багатокритеріальних задачах частина інформації, необхідної для повного й однозначного визначення вимог до рішення, принципово відсутня. Дослідник часто може визначити основні змінні, установити зв'язки між ними, тобто побудувати модель, що адекватно відбиває ситуацію. Залежності між критеріями, однак, взагалі неможливо визначити на основі об'єктивної інформації, наявної в дослідника. Такі проблеми є слабкоструктурованими, тому що тут нестачу об'єктивної інформації принципово неможливо усунути на момент ухвалення рішення.

Існують також проблеми, у яких відомий тільки перелік основних параметрів, але кількісні зв'язки між ними встановити неможливо (немає необхідної інформації). Іноді зрозуміло лише, що зміна параметра в певних межах впливає на рішення. У такому разі структура, яку розуміють як сукупність зв'язків між параметрами, є невизначеною і проблему називають **неструктурованою**. Типовими неструктурованими проблемами є проблема вибору професії, проблема вибору місця роботи й багато інших проблем вибору. Слабкоструктуровані й неструктуровані проблеми досліджують у межах наукового напрямку, названого **прийняттям рішень за багатьох критеріїв**.

Поява багатокритеріальності призвела до принципової зміни характеру розв'язуваної задачі. Переваги ОПР є основою вироблення рішень. Вони багато в чому визначають результат рішення, тому його тепер можна назвати **суб'єктивним**, хоча у процесі вирішення використовуються **об'єктивні моделі**.

Характерною рисою багатокритеріальних задач з об'єктивними моделями є одночасний розгляд двох просторів: **простору змінних**, використовуваних під час побудови моделі, і **простору критеріїв**.

Аналіз макроекономічної моделі економіки Фінляндії, побудованої на початку 70-х років, показав, що найкращі значення за всіма критеріями одночасно недосяжні. Модель, тобто сукупність залежностей між численними змінними, що описують економіку Фінляндії, не дає змоги отримати таке рішення. Це означає, що відповідна точка лежить за межами області припустимих значень.

Варіанти економічної політики показані на рис. 7.4, де шкали критеріїв (якість рішень оцінювалася за чотирма критеріями: C_1 - збільшення валового національного продукту, %; C_2 - зменшення інфляції, %; C_3 - зменшення безробіття, %; C_4 - зменшення дефіциту зовнішньої торгівлі, млрд фінських марок) побудовані від кращих (нижніх) до гірших (верхнього) значень. Рисунок дає змогу легко виявити, що три варіанти економічної політики є точками множини Парето в чотиривимірному просторі критеріїв. Справді, перший варіант дає мінімальне значення інфляції, але негативний приріст ВВП і більше безробіття. Другий і третій варіанти припускають

більшу інфляцію. Вони призводять до зростання ВВП, але зростає й дефіцит зовнішньої торгівлі. Ці протиріччя відбивають типовий характер варіантів багатокритеріальних рішень. Для остаточного вибору потрібний компроміс: доводиться чимось жертвувати, щоб щось одержати.

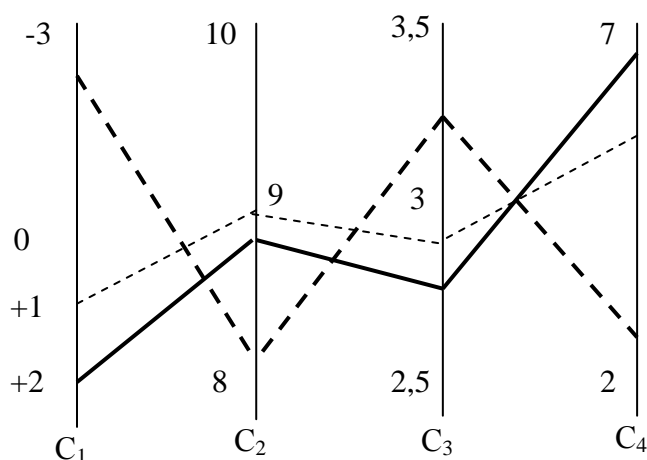


Рис. 7.4 – Три варіанти економічної політики

Наведений приклад пояснює, чому багатокритеріальні задачі є об'єктивними моделями складні для ОПР.

Щоб прийняти рішення, необхідно, по-перше, установити, наскільки гарні значення за критеріями досяжні одночасно. Зробити це зовсім не просто. На відміну від ілюстративного прикладу на рис. 7.4, кількість змінних, що описують область D припустимих значень, дорівнює сотням і тисячам. Одержуючи в якийсь зі способів рішення задачі, ОПР бачить співвідношення між критеріями. Для поведінки ОПР типовими є спроби досягти «всього одразу» (тобто одержати найкращі значення за всіма критеріями одночасно). Результати таких спроб дають змогу зрозуміти, чого можна досягти й чого не можна. Поряд із цим ОПР виробляє компроміс між оцінками за критеріями, визначаючи бажане для неї відношення між ними в точці рішення. Вироблення такого компромісу досягається також шляхом проб, помилок і витрат часу. На перших етапах рішення ОПР зазвичай прагне до ідеального результату, але потім із досвідом її вимоги стають реалістичнішими.

Дослідження рішень на множині Парето. Із появою багатокритеріальних задач виникла ідея побудови простору Парето й організації роботи ОПР на цій множині. Із сучасних напрямів досліджень, що йдуть цим шляхом, необхідно виділити два підходи. Перший із них пов'язаний із візуалізацією множини Парето й наданням ОПР можливості проводити аналіз на площинах пар критеріїв за фіксованих значень інших критеріїв. Цей підхід одержав назву **методу досяжних цілей**.

Інший підхід застосовують у тих випадках, коли ОПР може відновити за сукупністю критерійних оцінок, а також за іншими параметрами цілісний вигляд альтернативи. Подання рішень, що перебувають на множині Парето, допомагає в пошуку нових ефективних альтернатив. Потрібно

знайти такі критерійні оцінки, за яких досягається максимальне значення апріорі невідомої функції корисності ОПР. Це завдання вирішується за допомогою інтерактивних комп'ютерних систем, що дають змогу виробляти рішення у процесі діалогу людини й ЕОМ. Вони складаються з сукупності кроків, кожний із яких містить фазу аналізу, виконуваного ОПР, і фазу розрахунків, виконуваних комп'ютером.

7.4 Види невизначеностей

Прийняття рішень в економіці на всіх рівнях управління відбувається в умовах неоднозначності розвитку, неможливості точного прогнозування певних подій, неповної або недостовірної інформації. Отже, невизначеність становить елемент об'єктивної дійсності. Чим більшою є невизначеність під час прийняття рішення, тим більший ступінь ризику.

Кількісно невизначеність можна вважати можливістю відхилення результату від очікуваного або середнього значення як у менший, так і у більший бік, або можливістю тільки негативних відхилень кінцевого результату події.

Основні причини невизначеності полягають у неможливості повного передбачення та прогнозування процесів; у повній відсутності інформації, у суб'єктивному аналізі інформації; у помилках в інформації (систематичних, випадкових або механічних).

Отже, якість прийнятого рішення залежить від якості даних, використовуваних під час опису ситуації, у якій приймають рішення. Із цього погляду процес прийняття рішень може відбуватися за однією з трьох можливих умов:

прийняття рішень в умовах визначеності, коли дані відомі точно;

прийняття рішень в умовах ризику, коли дані можна описати за допомогою ймовірнісних розподілів;

прийняття рішень в умовах невизначеності, коли даним не можна приписати вагових коефіцієнтів, які б зумовлювали ступінь їхньої значущості у процесі прийняття рішень.

Якщо рішення приймають в умовах ризику, вагові коефіцієнти альтернативних рішень описують імовірнісними розподілами. Із метою ухвалення рішення в цьому разі використовують **критерій очікуваного значення**, відповідно до якого альтернативні рішення порівнюють з погляду максимізації очікуваного прибутку або мінімізації очікуваних витрат. Водночас припускають, що прибуток (витрати), пов'язаний із кожним альтернативним рішенням, є випадковою величиною.

Критерій очікуваного значення має дві модифікації, перша з яких перебуває у визначенні **апостеріорних ймовірностей** на основі експерименту над досліджуваною системою, а друга – у визначенні **функції корисності**.

Імовірності, які використовують для формулювання критерію сподіваного значення, визначають, здебільшого, на підставі попередньо накопиченої інформації. Іноді з'являється змога перерахувати ці ймовірності за допомогою поточної інформації, отриманої на підставі вибіркових (або експериментальних) даних. Одержувані водночас імовірності називають апостеріорними (або бейєсовськими), на відміну від апріорних, отриманих з вихідної інформації.

Прийняття рішень в *умовах невизначеності*, як і в умовах ризику, вимагає визначення альтернативних дій, яким відповідають «програші», що залежать від *станів природи*.

Відмінність між прийняттям рішень в умовах ризику й невизначеності полягає в тому, що в умовах невизначеності ймовірнісний розподіл, що відповідає станам природи, невідомий. Ця обставина зумовила розвиток спеціальних критеріїв для аналізу ситуації, пов'язаної з прийняттям рішень: критерію Лапласа, мінімаксного критерію, критерію Севіджа та критерію Гурвіца. Ці критерії різняться за ступенем консерватизму особи, яка приймає рішення.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела: [20, с. 203–211]; [21, с. 84–178]; [24, с. 25–34, 44–46].
Додаткові джерела: [17, с. 15–23, 60–68].

Питання для самоконтролю

1. Поясніть зміст терміна «прийняття рішень».
2. Подайте визначення поняття «особа, яка приймає рішення (ОПР)».
3. Охарактеризуйте ролі людей у процесах прийняття рішень.
4. Охарактеризуйте роль активних груп у процесах прийняття рішень.
5. Які особливості проблеми індивідуального вибору?
6. Поясніть поняття альтернативи. Що таке незалежна й залежна альтернативи? Замкнена, нерозширювана множина альтернатив? Задача з конкуруючими альтернативами?
7. У чому полягає сутність критеріїв оцінки альтернатив?
8. Поясніть, що таке залежні й незалежні критерії.
9. Як групують критерії? Які використовують шкали оцінок за критеріями?
10. Охарактеризуйте етапи процесу прийняття рішень.
11. Поясніть, які альтернативи називаються домінуючими і які домінованими?
12. Які альтернативи утворюють множину Парето?
13. Охарактеризуйте три типи задач прийняття рішень.
14. Поясніть, що властиве підходу дослідження операцій до вибору альтернативи?

15. Подайте визначення поняття «об'єктивна модель».
16. Чим зумовлена поява множини критеріїв оптимальності?
17. Яка роль ОПР за підходу дослідження операцій?
18. Охарактеризуйте метод «вартість – ефективність».
19. Які проблеми вирішує ОПР за синтезу вартості й ефективності?
20. Охарактеризуйте особливості добре та слабкоструктурованих проблем.
21. Подайте визначення поняття «простір змінних і критеріїв».
22. У чому полягає відмінність між прийняттям рішень в умовах визначеності, в умовах невизначеності та в умовах ризику?
23. У яких випадках для ухвалення рішення використовують критерій очікуваного значення?

Теми рефератів

1. Історичні етапи розвитку теорії прийняття рішень.
2. Критерії оцінки альтернатив.
3. Методи прийняття рішень багатокритеріальних задач.
4. Системний підхід до розв'язання багатокритеріальних задач.
5. Невизначеності та проблема прийняття рішення.

Тема 8. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ

8.1 Поняття проблеми

Проблема (від грець. *problema* - завдання) у широкому розумінні - це складне теоретичне або практичне питання, що вимагає вивчення, вирішення, або суперечлива ситуація, що виникає через протилежні позиції в поясненні будь-яких явищ, об'єктів, процесів і потребує адекватної теорії для її вирішення.

Уся історія людства й індивіда пов'язана з подоланням ускладнень засобами інтелекту, тобто з вирішенням проблем. Проблема - це ситуація невідповідності бажаного й існуючого. Проблемні ситуації виникають у процесі пізнавальної діяльності суб'єкта, спрямованої на певний об'єкт, коли суб'єкт зустрічає певне ускладнення, тобто перешкоду.

Перешкода може мати різну природу: це і нестача або невідповідність знань, засобів і способів їхнього застосування, і необхідність зробити якісь невідомі дії для досягнення мети або зробити вибір між кількома об'єктами тощо. У всіх цих випадках виникає ситуація, яку прийнято називати проблемною. Проблемна ситуація - це «розрив» у діяльності, «неузгодженість» між цілями та можливостями суб'єкта, тобто умови, що породжують проблему.

Умови появи проблеми - це об'єктивно виникаючі протиріччя між тими або іншими діями, зокрема через незнання способів їхнього виконання, між потребами в нових знаннях і їхній недостатності.

Типовими проблемними ситуаціями є такі:
результати діяльності не відповідають бажаним цілям;
раніше вироблені, теоретично обґрунтовані та практично перевірені методи рішення не дають належного ефекту або не можуть бути використані;
у практичній діяльності виявляються факти, що не вписуються в межі існуючих теоретичних уявлень;
одна з окремих теорій вступає в логічне протиріччя з більш загальною теорією або іншими сферами життя в межах певної галузі знань.

Виділяють дві категорії проблем: проблеми стабілізації та проблеми розвитку.

Проблемами стабілізації називаються такі, рішення яких спрямовані на запобігання, усунення або компенсацію збурень, що порушують поточну діяльність системи. До рішення проблем стабілізації належить також сукупність заходів, що без зміни основних характеристик системи коригують процеси поточної діяльності. Водночас враховуються мінливі умови прегбігу сталого виробничого процесу (зокрема виникаючі додаткові можливості використання ресурсів) і коливання потреби у продукції, у тому числі її різних сортових різновидів.

На рівні підприємства, корпорації або галузі рішення цих проблем позначають терміном «керування виробництвом», розуміючи під ним сукупність заходів для керування основним і допоміжним виробництвами, матеріально-технічним постачанням і збутом, а також для їхнього поточного планування.

Проблемами розвитку й удосконалення систем називають такі, рішення яких спрямовані на підвищення ефективності функціонування за допомогою зміни характеристик об'єкта керування або системи керування об'єктом. Вирішення цих проблем можна розглядати як сукупність заходів для переведення системи з вихідного стану в новий, що відрізняється від попереднього кращими технічними характеристиками, кращою організацією. Це забезпечує вищу ефективність системи. На вирішення проблем розвитку й удосконалення систем спрямоване перспективне планування, керування науково-дослідними й експериментальними роботами, проектування, капітальне будівництво, забезпечення технічного й організаційного прогресу, зокрема впровадження нової техніки, планування та реалізація організаційно-технічних заходів, весь комплекс робіт із удосконалення планування та керування.

Як класифікаційні ознаки використовуються також ступінь формалізації, характер вияву і ступінь зв'язаності проблем.

За ступенем формалізації проблеми поділяють на:
неструктуровані (опис на якісному рівні та вирішення евристичними методами, тобто на основі досвіду й інтуїції);

слабкоструктуровані (якісний і кількісний опис, частково формалізована предметна область), для вирішення яких і призначений системний підхід;

структуровані (зазвичай вирішуються методами дослідження операцій).

Існують ще інші класифікації проблем. Узагальнюючи різні способи класифікації проблем, можна привести їх до таких трьох видів:

оперативні проблеми - проблеми, вирішення яких спрямоване на запобігання, усунення або компенсацію збурень, що порушують поточну діяльність системи. Це структуровані проблеми. Вирішення цих проблем пов'язане з їхньою кількісною оцінкою, наявністю добре відпрацьованих альтернативних наборів дій у тій або іншій ситуації;

проблеми удосконалення та розвитку систем - проблеми, вирішення яких спрямоване на підвищення ефективності функціонування за допомогою зміни характеристик об'єкта керування або системи керування об'єктом, а також упровадження нових ідей. Це слабоструктуровані проблеми, вирішення яких є об'єктом дослідження системного аналізу й синтезу;

інноваційні проблеми - проблеми, вирішення яких пов'язане з виробленням нових ідей і впровадженням нововведень. Це дуже слабоструктуровані (або неструктуровані) проблеми. Вирішення цих проблем пов'язане з породженням нових ідей і застосуванням евристичних методів на основі досвіду й інтуїції.

Одним із центральних у сучасній теорії СА є поняття **системної проблеми**. Виділяють дев'ять ознак [33], які разом дають змогу ідентифікувати проблеми цього класу (рис. 8.1).



Рис. 8.1 – Ознаки системних проблем

Розглянемо ознаки системних проблем.

Слабка структурованість. Проблеми сфери наукових досліджень поділяються на три класи:

1. *Добре структуровані*, або кількісно сформульовані *проблеми*. Істотні залежності достатньо з'ясовані, можуть бути виражені в числах або символах. Ці проблеми є предметом теорії дослідження операцій і її численних математичних розділів: теорії масового обслуговування, теорії марковських процесів, теорії ігор, математичного програмування та інших.

2. *Неструктуровані*, або якісно виражені *проблеми*, містять лише словесні описи найважливіших аспектів досліджуваного об'єкта, його ознак і характеристик, кількісні залежності між якими невідомі. Ці проблеми входять до кола інтересів гуманітарних наук: соціології, психології, економіки, політології, юриспруденції та інших.

3. *Слабкоструктуровані проблеми* містять як якісні, так і кількісні елементи, до того ж якісні, маловідомі, невизначені боки мають тенденцію домінувати. Ці проблеми складають основний предмет системного аналізу.

Конфліктність. Системні проблеми формуються протиріччями між прагненням природи та суспільства до свого розвитку й завжди обмеженими можливостями практичної реалізації цього прагнення. Протиріччя виявляються у вигляді явних або прихованих конфліктів різного масштабу і значущості, що загрожують перерости у кризи. Отже проблеми такого класу конфліктні за своєю природою. Із цієї причини характерною рисою системних проблем є компромісний характер їхнього вирішення, пов'язаний із багатofакторністю та множинністю критеріїв якості. Фактично вони вирішуються тільки шляхом урегулювання протиріч у динаміці їхнього розвитку та компромісу між бажанням досягти визначених цілей та існуючими для цього можливостями. Так, під час розроблення й модернізації технічних систем конфліктність виражається в бажанні замовника отримати максимальний ефект за мінімуму витрат, тоді як можливості конструктора обмежені наявною технічною й технологічною базою, а його фінансові запити не завжди відповідають розрахункам замовника. Аналогічна ситуація спостерігається у відносинах між виробниками та споживачами на ринку товарів і послуг. Очевидну та яскраво виражену конфліктність мають системні проблеми військово-технічного, політичного, економічного та соціального характеру.

Невизначеність. Змістовий бік динаміки системних проблем можна описати лише можливими сценаріями (варіантами) розвитку подій, у яких немає вичерпних даних щодо обставин, що супроводжують цю проблему, її зв'язків з іншими проблемами та ресурсами, необхідними для її вирішення. Зважити заздалегідь на всі ситуації, із якими доведеться стикнутися під час вирішення системної проблеми, неможливо. Як свідчить досвід науково-дослідних робіт, ап'орі виявлена частина системної проблеми має не більше 5-10 % від загального обсягу інформації, необхідної для її вирішення, а інша частина прихована від дослідника й починає з'являтися тільки у процесі самого дослідження.

Окрім того, системним проблемам властивий широкий діапазон неочевидних способів і прийомів їхнього вирішення, але повний набір можливих варіантів не може бути визначений заздалегідь. Вирішення системної проблеми часто пов'язане з переглядом прийнятих поглядів на природу речей, із пошуком принципово нових ліній поведінки, що виходять за межі традиційного розуміння фізичних, біологічних і соціальних процесів.

Неоднозначність. Системна проблема здебільшого має кілька варіантів свого вирішення, які важко ранжувати за їхньою перевагою. У системній проблематиці існує особлива область толерантності (нечутливості), доступна інтуїтивному сприйняттю, але до якої не можна проникнути науковими (логічними) методами. З огляду на це інтуїція (підкріплена знаннями) і наукова творчість відіграють у системному аналізі істотну, а часом вирішальну роль, виступаючи джерелом зародження нових ідей і способів вирішення системних протиріч.

Наявність ризику. Для вирішення будь-якої системної проблеми потрібні певні ресурси (фінансові, матеріальні, інформаційні та інші), укладення яких неодмінно супроводжується елементами ризику, зумовленими протидією з боку як зовнішніх, так і внутрішніх сил. Природа протидії об'єктивна й пов'язана з тим, що будь-який варіант вирішення системної проблеми відповідає інтересам одних суб'єктів і не відповідає інтересам інших. Взаємозв'язок інтересів виникає внаслідок кореляції цієї проблеми з іншими проблемами через спільні ресурси, потрібні для їхнього вирішення. Жодні додаткові ресурси не можуть гарантувати безконфліктного вирішення існуючої системної проблеми (додаткові ресурси породжують нові проблеми), а будь-який варіант її вирішення не є найкращим, тому що невідомо, яким чином вирішуються інші пов'язані з нею проблеми.

Багатоаспектність. Системні проблеми зумовлені багатьма аспектами субстанції, у якій вони виникають і розвиваються, а між цими аспектами існують зв'язки взаємного впливу. Так, якщо мова йде про соціальні проблеми розвитку суспільства, то у сферу аналізу «втягуються» гуманітарні, економічні, політичні, етнічні та інші взаємозалежні питання. Вирішення технічних проблем завжди пов'язане з питаннями економічного, фінансового, виробничого, технологічного, естетичного, екологічного та іншого характеру. Спроби спростити проблему шляхом виключення так званих «неістотних» аспектів призводять до помилок із важкими наслідками. Водночас прагнення до повного врахування всіх аспектів призводить до того, що проблема стає неозорою і майже нерозв'язуваною. У просторі параметрів будь-якої системної проблеми існує певна «золота середина», пошук якої є одним із найважливіших прагматичних завдань системного аналізу.

Комплексність. Системні проблеми породжені інтересами багатьох наукових дисциплін (математики, фізики, хімії, біології, кібернетики, соціології та інших), але жодна з них окремо не може запропонувати

ефективних способів їхнього цілісного розв'язання. Це зумовлено вузькою цільовою орієнтацією традиційних наукових дисциплін. Системний аналіз будується на іншій концептуальній основі, коло науково-практичних інтересів не має замикатися межами однієї теорії. Ефективно розв'язати системну проблему можна лише в тому разі, якщо залучити адекватний за складністю комплекс наукових методів і знань, що охоплює пізнавальними можливостями все різноманіття аспектів і проявів досліджуваного об'єкта. Знання та методи різних наук, однак, не можуть перетворитися на комплекс самі собою. Потрібен певний системоутворюючий механізм, здатний керувати його окремими складовими, узгоджувати результати досліджень різних наук і концентрувати зусилля на найбільш важливих напрямках. Таким механізмом є методологія системного аналізу.

Саморозв'язуваність. Ця властивість системних проблем полягає в їхній здатності вирішуватися природним чином, тобто без використання наукових методів і знань. Питання полягає в тому, якими можуть бути наслідки саморозв'язуваності – негативними чи позитивними, конструктивними чи деструктивними. Головна прагматична спрямованість аналізу систем полягає в пошуку конструктивних способів і технологій вирішення виникаючих проблем, що виключають негативні варіанти розвитку подій у проблемній області.

Еволюційність. Будь-яка системна проблема є продовженням певної проблеми минулого, а також є джерелом нової проблеми. Цикл, у якому одна проблема переходить в іншу, не тільки ніколи не переривається, але має тенденцію до розгалуження (одна проблема породжує багато інших). Центральне завдання аналізу систем полягає в пошуку таких варіантів вирішення проблеми, що виключають виникнення нових, ще більш складних проблем, не містять потенціалу руйнування того позитивного, що було вже раніше створено природою або суспільством, не порушують, а підтримують розвиток наукових напрямів.

8.2 Проблема як система

Як було зазначено у п. 8.1, проблема - це ситуація, що характеризується розходженням між *необхідним* (бажаним) та *існуючим* результатами діяльності організації (системи). Результат діяльності потребує коригування, якщо його якісні показники створюють загрозу існуванню або розвитку організації. Існуючий результат діяльності забезпечується існуючим станом організації. Бажаний результат діяльності забезпечується бажаним станом організації. Проблема - це різниця між існуючим і бажаним результатами діяльності організації. Проблема може полягати в запобіганні зменшенню результату діяльності або ж його збільшенню. Вирішення проблеми полягає в заповненні проміжку між існуючим і бажаним результатами діяльності організації. Система, що заповнює проміжок, є об'єктом конструювання й називається *рішенням проблеми*.

Проблеми виявляються в симптомах. Коли симптоми виявляються систематично, вони утворюють тенденцію. Виявлення проблеми є наслідком процесу ідентифікації симптомів. Ідентифікація можлива за умови знання бажаного результату діяльності організації (системи). Після виявлення проблеми постає необхідність у прогнозуванні її розвитку (стану організації за невирішеної проблеми) й оцінці актуальності її вирішення. Оцінка актуальності вирішення проблеми дозволяє визначити необхідність її розв'язання.

Процес вирішення концентрується навколо ітеративно виконуваних операцій ідентифікації умов, цілей і можливостей для розв'язання проблеми. Результатом ідентифікації є опис *умов, цілей і можливостей* у термінах системних об'єктів (входу, процесу, виходу, зворотного зв'язку та обмежень), властивостей і зв'язків, тобто в термінах структур і їхніх вхідних елементів. Якщо структури й елементи умов, цілей і можливостей цієї проблеми відомі, ідентифікація має характер визначення кількісних відносин, а *проблему називають кількісною*. Якщо структура й елементи умови, мети і можливостей відомі частково, ідентифікація має якісний характер, *проблему називають якісною або слабкоструктурованою*.

Як методологія вирішення проблем системний аналіз указує на принципово необхідну послідовність взаємозалежних операцій, що складається з *виявлення проблеми, конструювання рішення проблеми та реалізації цього рішення*. Процес вирішення (розв'язання) становить собою конструювання, оцінку та добір альтернатив систем за критеріями вартості, часу, ефективності та ризику з огляду на відносини між граничними значеннями збільшень цих величин. Вибір меж цього процесу визначається умовою, метою та можливостями його реалізації. Найбільш адекватна побудова цього процесу припускає всебічне використання евристичних висновків у межах постульованої структури системної методології.

Редукування кількості змінних здійснюється на основі аналізу чутливості проблеми до зміни окремих змінних або груп змінних, агрегування змінних у зведені фактори, вибором відповідної форми критеріїв, а також застосуванням там, де це можливо, математичних способів скорочення перебору (методів математичного програмування тощо). Логічна цілісність процесу забезпечується очевидними або прихованими припущеннями, кожне з яких може бути джерелом ризику. Постулюють, що структура функцій системи та вирішення проблеми є стандартними для будь-яких систем і будь-яких проблем. Змінюватися можуть тільки методи виконання функцій. Унаслідок вирішення проблеми встановлюються нові зв'язки та відносини, частина яких зумовлює бажаний результат діяльності організації, а інша – визначає непередбачені можливості й обмеження, що можуть стати джерелом майбутніх проблем.

Методологія СА спрямована на кількісне порівняння альтернатив, що виконується з метою вибору альтернативи, яка підлягає реалізації. Якщо вимогу рівної якості альтернатив виконано, то можуть бути отримані

кількісні оцінки. Щоб кількісні оцінки давали змогу порівнювати альтернативи, вони мають відбивати властивості альтернатив, що беруть участь у порівнянні (вихідний результат, ефективність, вартість та інші). Досягти цього можна, якщо враховані всі елементи альтернативи й надані правильні оцінки кожному елементу. Так, виникає ідея виділення «усіх елементів, пов'язаних із цією альтернативою». Цю виділену цілісність альтернатив і оцінок їхніх елементів у СА називають повною системою, або просто системою. *Система, у цьому випадку, це те, що вирішує проблему.*

8.3 Системний аналіз і вирішення проблеми

Завдання аналізу та вирішення проблеми належить до тієї частини методології системних досліджень, яка не піддається формалізації й розв'язання якої залежить як від характеру самої проблеми, так і від досвіду і преференцій дослідника. З огляду на це відсутній однозначний підхід до вибору основних етапів аналізу та вирішення проблеми. Загалом під час розв'язання цього завдання дотримуються принципів (див. п. 5.4) і технології (див. п. 5.5) СА і проводять системне дослідження (декомпозицію, аналіз, синтез), яке усуває проблему.

Зважаючи на наведені в темі 5 загальні питання методології СА як приклад розглянемо один із варіантів послідовності дій у процесі аналізу й вирішення проблеми організації. До того ж зазначимо, що саму проблему організації ми розглядатимемо як систему, а процеси розроблення рішення і його реалізації - як процеси функціонування системи. Основними з цих процесів є такі:

- дослідження об'єкта, його структури та цілей;
- виявлення шляхів досягнення цілей (підпроблем);
- виявлення варіантів вирішення підпроблем;
- вибір рішень підпроблем і проблеми загалом.

Послідовність дій процесу аналізу та вирішення проблеми організації:

- етап 1 - виявлення проблемної ситуації;
- етап 2 - побудова інформаційної моделі проблемної ситуації;
- етап 3 - визначення проблеми;
- етап 4 - ухвалення плану (технології) вирішення проблеми.

Зі свого боку, можна провести декомпозицію завдання першого етапу (виявлення проблемної ситуації) на таку послідовність дій:

- крок 1.1 - усвідомлення господарської ситуації як проблемної;
- крок 1.2 - виявлення проблем і вибір проблеми для вирішення;
- крок 1.3 - виявлення джерела проблемної ситуації;
- крок 1.4 - опис властивостей і встановлення класу проблемної ситуації;
- крок 1.5 - формулювання проблеми.

Розглянемо ці дії детальніше.

Крок 1.1. Усвідомлення господарської ситуації як проблемної. Проблемна ситуація - це розбіжність між бажаним і реальним станом організації, яка може бути ліквідована різними шляхами. Виявлення проблемної ситуації ґрунтується як на почуттєвому сприйнятті, так і на логічному мисленні. На цьому етапі формується уявлення про те, який стан організації в розглянутій ситуації буде ефективнішим (кращим, бажаним) порівняно з її реальним станом. У зв'язку з цим необхідно виконати певні дії для переходу організації у вигідніший стан.

Важливу роль у сприйнятті проблемної ситуації відіграє інформаційне забезпечення ОПР. Недостатність інформації може призвести до того, що існуюча проблемна ситуація не буде сприйнята ОПР.

Може скластися ситуація, за якої порушуються інтереси одних систем (підсистем, елементів), а ресурси для ліквідації цього порушення перебувають у розпорядженні інших систем (підсистем, елементів), які не сприймають цю ситуацію як проблемну, отже не вирішують її. Таких «нелокалізованих» проблем у діяльності організацій буває доволі багато. Вирішення цих проблем затягується іноді на невизначений термін. Головна умова сприйняття, а отже, і швидкого вирішення проблемної ситуації - наявність необхідних ресурсів та інформації в потрібний час у потрібному місці.

Крок 1.2. Виявлення проблем і вибір проблеми для вирішення. Проблеми зазвичай не виникають по одній, вони взаємозалежні, у зв'язку з чим постає завдання вибору проблеми для вирішення. Починати треба з визначення ділянок діяльності, на яких створилися труднощі.

Під час вибору проблеми для вирішення ставлять такі питання:

Чи достатньо фактів для розуміння проблеми?

Які межі розгляду проблеми?

Що потрібно для усунення цієї конкретної ненормальності у функціонуванні системи?

Чи є усунення цього недоліку вирішенням і перспективною проблеми?

Чи узгоджується вирішення невідкладних проблем із інтересами на більш тривалий період?

Яка проблема є найбільш важливою з погляду ОПР, групи, організації загалом?

Які конфлікти цілей можуть мати місце?

Крок 1.3. Виявлення джерела проблемної ситуації. Проблемна ситуація може виникнути як наслідок змін, що відбулися в оточуючому середовищі, так і внаслідок змін, що відбулися в самій організації.

Оточуюче середовище організації (зовнішнє середовище системи) завжди накладає обмеження на вибір дії ОПР. Під оточуючим середовищем організації в цьому випадку ми розуміємо *актуальне середовище системи* (будь-які об'єкти за межами організації, непідконтрольні ОПР, але здатні до активного впливу на організацію). Зміни, що відбуваються в середовищі, порушують інтереси ОПР, отже, змінюють ситуацію для організації, перетворюючи її на проблемну. До

виникнення проблемної ситуації можуть призвести і зміни станів інших структурних одиниць організації. Велика пов'язаність структурних складових організації (ССО) призводить до того, що будь-які зміни в інших ССО зачіпають інтереси розглянутої ССО, що призводить до зміни оцінки пріоритету стану ССО. Виникнення проблемної ситуації може бути пов'язане зі зміною стану самої ССО. Стан ССО характеризується, насамперед, комбінацією її ресурсів. Зміна в ресурсному забезпеченні ССО може настати за об'єктивних причин, що не залежить від бажання та свідомості ОПР. Окрім того, зміна стану ССО і виникнення проблемної ситуації можуть бути наслідком помилки ОПР, що може призвести до переходу з однієї нерозв'язаної проблемної ситуації в іншу. Причинами прийняття ОПР невірною рішення можуть бути: недостатність або несвоєчасність інформації; недостатня компетентність ОПР; невірне формулювання проблеми. Додатковими причинами можуть бути гострота визначення завдання, висока невизначеність діяльності та результату. Проблемна ситуація може виникнути й у тому випадку, коли ні стан ССО, ні господарська ситуація, у якій вона перебуває, не змінюються, але змінюється упорядкування господарських ситуацій унаслідок зміни ціннісних орієнтирів ОПР.

Крок 1.4. Опис проблемної ситуації: встановлення її властивостей і класу. Виділяють три властивості проблемної ситуації: *визначеність, інформативність, потенційна ефективність.*

Визначеність проблемної ситуації - це можливість для ОПР вичерпати список припустимих дій, розглянути всі можливі альтернативи.

Інформативність проблемної ситуації - це можливість зіставлення припустимих дій. Ступінь інформативності проблемної ситуації може бути різним залежно від формулювання проблемної ситуації, від обраних для її опису параметрів і характеристик.

Потенційна ефективність проблемної ситуації - це об'єктивно зумовлена міра скорочення рівня незадоволеності інтересів ОПР під час вирішення проблемної ситуації.

Проблемні ситуації можуть бути класифіковані за ознаками зміни стану ССО. Виділяють три таких ознаки: зміна швидкості процесів, що перебігають у ССО; зміна напряму процесів; зміна змісту процесів.

Швидкість є джерелом проблемної ситуації, коли бажаний і реалізований стани ССО мають однакову структуру, але характеризуються різними швидкостями процесів, що перебігають у ССО.

Напрямок є джерелом проблемної ситуації, коли для досягнення бажаного результату необхідно змінити пропорцію ресурсів ССО. Зміна напряму завжди пов'язана зі зміною швидкості.

Зміст процесів, що перебігають у ССО, є джерелом проблемної ситуації, коли реальний стан ССО і бажаний не співпадають за складом елементів. Вирішення проблемних ситуацій такого типу означає якісне перетворення ССО. Воно містить зміну і швидкості розвитку ССО та напряму.

Кожна проблемна ситуація вирішується в певній ССО. Рішення, що на поверхні є спільними для кількох ССО, насправді завжди є комбінацією рішень окремих ССО, тому що кожна ССО має можливість розпоряджатися тільки своїми ресурсами.

Крок 1.5. Формулювання проблемної ситуації. Формулювання проблеми є найбільш важливим кроком у вирішенні самої проблеми. Правильне формулювання питання не менш важливе, ніж отримання правильної відповіді. Правильно сформульована проблема може вважатися наполовину вирішеною. Попередній аналіз проблеми, що полягає в установленні її джерел і класу, визначенні її властивостей, дає змогу уточнити формулювання проблеми, обраної для вирішення. Під час формулювання проблеми треба спиратися на принципи прийняття рішень і намагатися за можливості не припускати характерних помилок. Опис проблемної ситуації має вестися в термінах кількісних характеристик бажаного та реалізованого станів ССО. Варто пам'ятати, що проблемна ситуація мусить мати конкретну «адресу», тобто має бути зазначена ССО, чий інтерес порушуються внаслідок появи проблемної ситуації.

Окрім того, треба з'ясувати, чи випадково виникла ця ситуація. Випадковість ситуації потребує ліквідації тільки її наслідків. Закономірність вимагає також ліквідації причин, що призвели до неї. Інакше кажучи, вирішення проблемної ситуації може відбуватися у двох напрямках:

перший – тактичний напрям забезпечує ліквідацію проблеми, тобто пошук, розроблення та вибір дій із метою виходу зі сформованої проблемної ситуації;

другий - стратегічний напрям забезпечує «попереднє» (превентивне) вирішення проблеми, тобто реконструкцію організації загалом або будь-якої її частини з метою ліквідації можливості повторної появи аналогічної ситуації. Розглянута вище процедура прийняття рішень реалізує перший напрям.

Другий напрям реалізується на основі процедури системного проектування. Реальна ефективність вирішення проблемної ситуації (ПС) залежить від ступеня її інформативності та визначеності. Очевидно, що можливість вичерпати список доступних дій і порівняти ці дії одна з одною безпосередньо залежить від повноти та достовірності інформації про цю ПС. Із огляду на це, перш ніж обирати дію, тобто приймати рішення, необхідно зібрати інформацію з метою підвищення інформативності та визначеності ПС.

На другому етапі процесу прийняття рішень (побудова інформаційної моделі проблемної ситуації) здійснюється збирання даних з метою поглиблення уявлення ОПР про проблемну ситуацію, у яку потрапила організація. Обсяг необхідної інформації залежить, насамперед, від складності проблеми, а також від кваліфікації та досвіду осіб, які приймають рішення. Зібрана інформація певною мірою є моделлю проблемної ситуації.

Інформаційна модель проблемної ситуації - це адекватне відображення ПС у вигляді сукупності даних, що змінюють її визначеність, інформативність і (або) потенційну ефективність. Щоб служити моделлю, інформація має бути систематизованою.

Декомпозиція другого етапу процесу аналізу й вирішення проблеми організації може містити такі дії:

крок 2.1 - виявлення функції шуканого рішення;

крок 2.2 - збирання необхідних даних;

крок 2.3 - класифікація даних.

Розглянемо дії другого етапу.

Крок 2.1. Виявлення функції шуканого рішення. Функція шуканого рішення дає відповідь на питання: «Навіщо необхідно шукати рішення?». Відповідь на це питання не завжди очевидна. Наприклад, під час підвищення врожайності картоплі не вистачає овочесховищ. Може функція шуканого рішення – «побудувати». Ні. Функція має відповісти на питання: «Навіщо будувати?». Тут можливі різні відповіді, наприклад: «Щоб зберегти картоплю»; «Щоб забезпечити населення картоплею»; «Щоб забезпечити населення харчуванням». Функція визначає безліч можливих альтернатив. Так, «будівництво цеху з переробки картоплі» буде одним із можливих рішень розглянутої проблеми, що відповідає третьому формулюванню функції, але не буде можливим для першої функції. *Формулювання функції шуканого рішення стосовно формулювання проблеми розширює простір пошуку рішень.*

Формулювання функції має містити основну ознаку бажаного стану системи, відбивати ті зміни, що очікуються внаслідок рішення. Сформульована функція має відповідати функції організації (як системи), можливостям організації, обмеженням з боку середовища тощо.

Розширюючи простір пошуку альтернатив, функція шуканого рішення уточнює («звужує») зміст необхідної інформації.

Крок 2.2. Збирання даних. Частина фактичних даних отримується у процесі попереднього аналізу проблемної ситуації та формулювання проблеми. Чітке формулювання завдання потребує, однак, додаткових даних.

Джерелом необхідних фактів можуть бути результати наукових досліджень, дані експерименту, статистика, судження й уявний експеримент, натурні обстеження.

Із метою одержання інформації часто єдиним джерелом може бути опитування або співбесіда. Під час проведення опитування необхідно дотримуватися певних правил:

як наслідок бесіди потрібні самі факти, а не їхня оцінка або пропозиції;

не давати співрозмовникові заглиблюватися в питання, що не стосується справи, але водночас намагатися не переривати його;

не дозволяти збивати себе на рішення операційних питань вигляду: як це зробити?;

намагатися уникати широких узагальнень вигляду «всі так роблять» або голосливих тверджень.

Водночас треба мати на увазі, що співрозмовник, з одного боку, може мимохідь, а може й навмисне спотворити дані. З другого боку, усна інформація може дати такий матеріал, який жодна письмова або друкована дані не в змозі.

Формулювання проблеми і збирання фактичного матеріалу чинять взаємний вплив. Не можна сформулювати проблему для аналізу, не маючи необхідної інформації. Окрім того, не можна вирішити, які факти збирати, доки не зрозуміло, яку проблему треба вирішити.

Крок 2.3. Класифікація даних. Системний підхід висуває низку принципів дослідження, одним із яких є розроблення системних класифікаторів-інваріантів. Відповідно до цього принципу системна класифікація даних про проблемну ситуацію має бути інваріантною змістові та цілям вирішення проблемної ситуації: функція, початкові й кінцеві умови шуканого рішення, зв'язки, середовище, умови перетворення, а також суб'єктивний фактор. У таблиці 8.1 наведені визначення цих характеристик, а також сформульовані питання, для відповіді на які потрібно збирати фактичні дані. Кожна характеристика описується: за станом на певний момент часу (фізичний вимірник); за її виміром в часі (динамічний вимірник); за її ставленням до аналогічної проблемної ситуації, обраної для порівняння (порівняльний вимірник).

Отже, *інформаційна модель проблемної ситуації* є описом семи характеристик, поданих у трьох вимірниках. Відповідно до такого опису класифікаційну таблицю (7x3) називають *татами інформаційної моделі* (ГІМ) проблемної ситуації.

Інформаційна модель проблемної ситуації - головний момент у процесі ухвалення рішення. Вона створює інформаційну основу для вирішення проблеми, що постала перед організацією.

На етапі формування інформаційної моделі ОПР прагне до граничної об'єктивності своїх уявлень. Вичерпавши на цьому етапі можливості формування своїх знань про проблему, ОПР переходить до їхньої реконструкції з огляду на інтереси організації. Так, формується *формулювання проблеми*, що становить собою перебудову отриманої інформаційної моделі в модель, що враховує суб'єктивні уявлення ОПР. Процес формулювання проблеми складається з таких кроків:

- крок 3.1 - формування цілей прийняття рішень;
- крок 3.2 - розподіл цілей на критерії й обмеження;
- крок 3.3 - формулювання проблеми.

Таблиця 8.1 - Характеристика проблемної ситуації

Характеристика проблемної ситуації (ПС)	Дескриптивне визначення характеристики ПС	Питання, відповідь на яке визначає шукану характеристику
Функція шуканого рішення	Характеристика шуканого стану ССО за допомогою основної ознаки його настання	Для чого необхідно шукати рішення?
Початкові умови шуканого рішення	Ресурси ССО, що стосуються інтересів системи у зв'язку з цією ПС	Що є в ССО для вирішення даної ПС?
Кінцеві умови шуканого рішення	Форма (вид) шуканого рішення	Що потрібно для вирішення ПС?
Зв'язки	Схема зв'язку елементів ССО за наявності і спрямованістю взаємодії між ними	Як пов'язані між собою умови шуканого рішення?
Зовнішнє середовище	Елементи середовища, які виступають як активні фактори, що впливають на перехід до шуканого стану.	За яких умов склалася ПС?
Умови перетворення	Умови переходу ССО у шуканий стан, дотримання яких обов'язкове за будь-якого вирішення.	Які обмеження наявні щодо шуканого рішення?
Суб'єктивний фактор	Характеристика ОПР і ОПР в інших ССО, що безпосередньо впливають на виникнення та ліквідацію ПС	Хто буде забезпечувати вирішення ПС?

Крок 3.1. Формування цілей прийняття рішень. Будь-яка кількісно виміряна умова, якій має відповідати шукане рішення, становить ціль шуканого рішення. Виявлення цілей відбувається на основі аналізу інформаційної моделі проблемної ситуації.

Цілями можуть бути функціональні характеристики проблеми, тобто ті, що потрібно одержати, а також ті, що зазвичай уважаються умовами функціонування. У будь-якій проблемі список цілей диктується об'єктивними умовами, водночас дуже важливим є виділення повного списку цілей, що характеризують проблему.

За кожною умовою виявляється граничне значення, яке може отримати відповідний параметр. Ціль може мати жорсткий характер, встановлюючи відповідність між кількісно виміряною умовою та

відповідним параметром рішення у вигляді рівності. Ціль може мати м'який характер, визначаючи лише верхню або нижню межі (або обидві) вимірювань відповідного параметра шуканого рішення. Математично це набуває форми нерівності.

Усі ці характеристики описують умови, у яких приймаються рішення, тобто визначають простір рішень або область припустимих дій.

Альтернативний варіант рішення, що забезпечує «поліпшення» всіх цілей у заданих інтервалах, називається припустимим рішенням. Таким чином, на цьому кроці формується область припустимих значень альтернативних варіантів або множина припустимих рішень.

Крок 3.2. Розподіл цілей на критерії й обмеження. Із метою порівняння доступних (припустимих) альтернативних варіантів рішень необхідний критерій. Вибір критерію здійснюють шляхом поділу цілей на дві частини: критерії та обмеження.

Обмеження - умова, що має виконуватися під час прийняття та реалізації рішення. Вона може бути встановлена як параметр або змінна, як певний принцип або пропозиція. Обмеження можуть бути організаційними, інформаційними, техніко-економічними, ресурсними тощо.

Обмеження можуть бути як внутрішніми, так і зовнішніми. Внутрішніми обмеженнями можуть бути продуктивність устаткування, наявність робочої сили, наявність необхідної інформації та ін. Зовнішніми – планові показники, умови постачання сировини, технічні умови тощо.

Будь-яка мета, сформована на попередньому кроці, одночасно є обмеженням, тому що вихід будь-якої характеристики за встановлені межі інтервалу робить рішення неприпустимим. Частина цілей використовується ОПР як індикатор порівняння між собою доступних дій, тобто ці цілі виступають у ролі критеріїв.

Критерій - це певна функція від прийнятого рішення, що дає змогу кількісно оцінити його доцільність. Відповідно до обраного критерію альтернативи розташовуються в порядку їхньої переваги. За критерій приймаються головні цілі, тобто ті, досягнення яких найбільшою мірою сприяє задоволенню інтересів організації.

Якщо список цілей визначається об'єктивними умовами, то розподіл цілей на критерії й обмеження становить суб'єктивний момент формулювання задачі. Цей суб'єктивний момент залежить від того, наскільки глибоко ОПР розуміє сутність того процесу, із яким має справу.

Крок 3.3. Формулювання проблеми (задачі). Визначення проблеми припускає не тільки фіксацію критеріїв та обмежень, але й вибір форми їхнього подання. **У загальному вигляді задача** формулюється в такий спосіб: «Досягти заданих значень критеріїв за умови досягнення всіх визначених цілей, тобто за умови виконання всіх обмежень». Якщо вдається обрати єдину характеристику шуканого рішення як критерій, значення якого потрібно максимізувати або мінімізувати, то інформаційна модель проблемної ситуації перетворюється на екстремальну задачу:

«Максимізувати (мінімізувати) значення критерію за умови виконання всіх обмежень».

За принципом розглядання та розв'язання всі задачі можна поділити на такі, що формалізуються, тобто базуються на використанні аналітичного типу мислення, на використанні існуючих точних методів, і такі, що не формалізуються, розв'язання яких базується на творчому підході та мисленні.

Четвертий, завершальний етап містить такі кроки:

крок 4.1 - вибір методу розв'язання;

крок 4.2 - формування альтернативних варіантів рішення;

крок 4.3 - вибір альтернативного варіанту рішення для реалізації.

Крок 4.1. Вибір методу рішення. ОПР прагне прийняти рішення на основі минулого досвіду, використовуючи відомі їй методи. Якщо ці методи виявляються неадекватними поставленій задачі, розшукується новий метод (або переглядається сама задача).

Методи прийняття рішень були розглянуті у п. 7.3. Зазначимо, що вибір методу нерозривно пов'язаний із постановкою задачі. Із одного боку, метод вирішення проблеми значною мірою визначається її постановкою. З другого боку, формулювання проблеми в тому чи іншому вигляді визначає наявність того або іншого методу її вирішення. Велике значення під час вибору методу мають умови, у яких приймаються рішення. Так, під час вирішення задач в умовах визначеності найбільш успішно може застосовуватися математичне програмування. Під час вирішення задач в умовах ризику використовуються методи, засновані на таких розділах математики, як теорія ймовірностей і математична статистика. У випадку вирішення проблеми в умовах невизначеності можна використовувати один із кількох відомих підходів, кожний із яких призводить до свого результату. До того ж цьому виникає проблема вибору підходу до вирішення проблеми в умовах невизначеності. Цю проблему кожен керівник вирішує самостійно.

Крок 4.2. Формування альтернативних варіантів рішення. Кількість варіантів для слабкоструктурованих проблем, або проблем із великим ступенем невизначеності, може бути необмеженою. Якщо всі можливі альтернативи не можуть бути розглянуті, то кращого рішення проблеми можна й не знайти. Із огляду на це часто відшукується не найкраще рішення проблеми, а за можливості краще. І таке рішення, однак, виявляється важко знайти під час розв'язання складних комплексних проблем.

Розглянемо можливі шляхи пошуку таких рішень. В усьому різноманітті альтернатив виділяються дві крайні. Завдання полягає в тому, щоб обрати для аналізу кілька альтернатив, серед яких має відшукатися за можливості краще рішення.

Як крайні альтернативи можуть бути обрані такі: а) нічого не починати й дати подіям розвиватися природним шляхом; б) кинути всі сили на усунення проблемної ситуації (вирішити її за будь-яку ціну). Здебільшого а ні те, а ні інше рішення не є кращим. Оптимальне рішення

перебуває між ними. Питання про те, скільки альтернатив треба досліджувати й порівнювати - це справа часу та засобів, відведених на вирішення проблеми. Вважається, що п'ять альтернатив дають змогу знайти задовільне рішення.

Крок 4.3. Вибір альтернативного варіанта рішення для реалізації. Якщо використовуваний метод не забезпечує вибору єдиного (оптимального) рішення, то постає завдання вибору альтернативного варіанта рішення серед певної їхньої кількості, сформованої на попередньому кроці. В основі вибору лежить виявлення й оцінка переваг і недоліків аналізованих альтернатив.

Під час вибору варіанта дуже важливо зіставити короткострокові результати рішення та його довгострокові наслідки. Вони можуть значно різнитися як за своїм ефектом, так і за витратами. Часто негайні результати і довгострокові результати перебувають у конфлікті один із одним, тому необхідний компроміс.

Необхідність компромісу пов'язана також із багатокритеріальністю і невизначеністю. Із огляду на це задача вибору альтернативного варіанта рішення часто стає задачею розробки компромісного варіанта з огляду на переваги і недоліки проаналізованих варіантів рішення.

На цьому процес ухвалення рішення завершується та починається процес його реалізації, який якісно відрізняється від процесу ухвалення рішення тим, що в першому випадку основним предметом процесу є інформація, у другому – матеріальні й енергетичні ресурси.

Переваги розглянутої процедури ухвалення рішення полягають у тому що, в її основі лежать два провідні принципи системного підходу: системності й інваріантності. Перший виражається в тому, що, насамперед, визначається функція шуканого рішення, а також формується цілісна модель проблемної ситуації. Другий полягає в розробленні класифікації даних, що не залежать від конкретного типу проблемної ситуації: невиконання плану чи необхідність перевезти вантаж. Окрім того, тут можливе використання концепції пошуку ідеалу. Використання цих принципів зумовлює докорінну відмінність, що одночасно є перевагою описаної процедури прийняття рішення. Відмінність стосується двох основних моментів:

описана процедура прийняття господарських рішень починається з виявлення необхідності та призначення або змісту прийняття рішення, тоді як інші пропонують почати з виявлення цілей, критеріїв, з формулювання завдання, з розробок альтернатив тощо, тобто з того, що в описаній тут процедурі робиться лише на третьому етапі;

в описуваній процедурі інформація збирається до того, як сформульоване завдання, в інших же процедурах визначення завдання і збирання інформації утворюють цикли. Це пов'язано з тим, що завдання не може бути вирішеним і

сформульованим без інформації. Окрім того, достатність інформації вимагає її цілеспрямованого відбору, що забезпечується формулюванням завдання. В описаній вище процедурі цілеспрямованість відбору інформації забезпечується розробленою формою подання інформації - ґратами інформаційної моделі проблемної ситуації.

Отже, описана вище процедура ухвалення рішення, сприяє більш глибокому проникненню в сутність проблеми та підвищенню організованості системи за допомогою скорочення повторюваних (циклічних) зв'язків між співвиконавцями.

Список рекомендованих джерел

Основні джерела: [3, с. 393–437], [13, с. 94–123]; [20, с. 329–407].
Додаткові джерела: [37, с. 27–68].

Питання для самоконтролю

1. Подайте визначення поняття «проблема».
2. Наведіть приклади класифікацій проблем.
3. Які ознаки системної проблеми?
4. Поясніть вираз «проблема – це система».
5. Які принципи СА застосовують під час аналізу проблем?
6. Які основні етапи вирішення проблеми?

Теми рефератів

1. Категорія «проблема» в теорії систем і системному аналізі.
2. Особливості розгляду проблеми як системи.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

Література

1. *Абовский, Н.П.* Творчество : системный подход, законы развития, принятие решений [Текст] / Н.П. Абовский. – М. : СИНТЕГ, 1998. – 312 с.
2. *Акофф, Р.* О целеустремленных системах [Текст] : пер. с англ. / Р. Акофф, Ф. Эмери. - М. : Сов радио, 1974. - 272 с.
3. *Антонов, А.В.* Системный анализ [Текст] : учебн. для вузов / А. В. Антонов. - М. : Высш. шк., 2004. - 454 с.
4. *Анфилатов, В.С.* Системный анализ в управлении [Текст] : учеб. пособ. / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин ; под ред. А.А. Емельянова. - М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
5. *Балдин, К.В.* Управленческие решения [Текст] : учебник / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, В.В. Уткин. – М. ИТК «Дашков и К», 2004. – 496 с.
6. *Берталанфи, Л.* Общая теория систем [Текст] / Л. Берталанфи. - М. : Наука, 1968. – 246 с.
7. *Бир, С.* Мозг фирмы [Текст] : пер. с англ. / Стаффорд Бир. - М. : Радио и связь, 1993. - 416 с.
8. *Богданов, А.А.* Тектология: (Всеобщая организационная наука). [Текст] : кн. 1 / А.А. Богданов. - М. : Экономика, 1989. - 304 с.
- 9 *Богданов, А. А.* Тектология: (Всеобщая организационная наука). [Текст] : кн. 2 / А.А. Богданов. - М. : Экономика, 1989. - 351 с.
10. *Гайдес, М.А.* Общая теория систем (системы и системный анализ) [Текст] / М.А. Гайдес. – М. : Глобус-Пресс, 2005. – 202 с.
11. *Гараедаги Джамшид.* Системное мышление. Как управлять хаосом и сложными процессами [Текст] / Джамшид Гараедаги. – Минск : Гревцов Букс, 2010. – 480 с.
12. *Гиг Дж., ван.* Прикладная общая теория систем [Текст] : кн. 1 ; пер. с англ. / Дж. ван Гиг. – М. : Мир, 1981. – 336 с.
13. *Горелик, О.М.* Системный анализ в сфере сервиса [Текст] : учеб. пособ. / О.М. Горелик, С.Б. Волохин. – Тольятти : ПТИС, 2000. – 140 с.
14. *Жариков, О.Н.* Системный подход к управлению [Текст] : учеб. пособ. для вузов / О.Н. Жариков, В.И. Королевская, С.Н. Персианова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 62 с.
15. *Кристофер Мейер.* Живая организация. Компания как живой организм : Грядущая конвергенция информатики, нанотехнологии, биологии и бизнеса [Текст] / Кристофер Мейер, Стэн Дэвис. - М. : Хорошая книга, 2007. - 368 с.
16. *Ладанюк, А.П.* Основи системного аналізу [Текст] : навч. посіб. / А.П. Ладанюк. – Вінниця : Нова книга, 2004. – 176 с.
17. *Ларичев, О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах [Текст] : учебник / О.И. Ларичев – М. : Логос, 2000. – 296 с.

18. *Лелюк, В.А.* Введение в теории систем. Теоретические и методологические основы [Текст] : т. 1 ; учеб. пособ. / В.А. Лелюк. – Х. : ХНАГХ, 2008. – 320 с.
19. *Лелюк, В.А.* Введение в теории систем. Практикум по элементам частных теорий [Текст] : т. 2 ; учеб. пособ. / В.А. Лелюк. – Х. : ХНАГХ, 2008. – 76 с.
20. *Лямец, В.И.* Системный анализ. Вводный курс [Текст] / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. - Х. : ХНТУР, 2004. – 448 с.
21. *Мирзоев, Р.Г.* Основные процедуры системных исследований [Текст] : учеб. пособ. / Р.Г. Мирзоев, А.Ф. Харченко. - СПб. : СПбГУАП, 2000. - 180 с.
22. *Миротин, Л.Б.* Системный анализ в логистике [Текст] : учебник / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев. – М. : Экзамен, 2002. – 480 с.
23. *Могилевский, В.Д.* Методология систем : вербальный поход [Текст] / В.Д. Могилевский. - М. : Экономика, 1999. – 251 с.
24. *Новиков, Д.А.* Теория управления организационными системами. [Текст] / Д.А. Новиков. - М. : МПСИ, 2005. – 584 с.
25. *О'Коннор Дж.* Искусство системного мышления : Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем [Текст] / Джозеф О'Коннор и Иан Макдермотт. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. - 256 с.
26. *Саати, Т.* Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, А. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
27. *Сенге Питер.* Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающихся организаций [Текст] / Питер Сенге. - М. : Олимп-Бизнес, 2003. - 408 с.
28. *Советский энциклопедический словарь* [Текст] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М. : Сов. энцикл., 1987. – 1600 с.
29. *Сорокин, П.А.* Социальная и культурная динамика [Текст] / П.А. Сорокин. – М. : Астрель, 2006. – 1167 с.
30. *Спицнандель, В.Н.* Основы системного анализа [Текст] : учеб. пособ. / В.Н. Спицнандель. – СПб. : Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.
31. *Тарасенко, Ф.П.* Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) [Текст] : учебник / Ф.П. Тарасенко. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2004. - 186 с.
32. *Теоретические основы системного анализа* [Текст] / В.И. Новосельцев, Б.В. Тарасов, В.К. Голиков, Б.Е. Демин ; под ред. В.И. Новосельцева. – М. : Майор, 2006. - 592 с.
33. *Черняк, Ю.И.* Системный анализ в управлении экономикой [Текст] / Ю.И. Черняк. – М. : Экономика, 1975. – 191 с.
34. *Чернышов, В.Н.* Теория систем и системный анализ [Текст] : учеб. пособ. / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. – Тамбов : Изд-во Тамбовского гос. тех. ун-та, 2008. – 96 с.
35. *Шарапов, О.Д.* Системний аналіз [Текст] : навч.-метод. посіб. для само-ст. вивч. дисц. / О.Д. Шарапов, В.Д. Дербенцев, Д.Є. Семьонов. – К. : КНЕУ, 2003. - 154 с.

36. *Юди, Б.Г.* Методический анализ как направление изучения науки [Текст] / Б.Г. Юдин. – М. : Наука, 1986. – 262 с.
37. *Янг, С.* Системное управление организацией [Текст] : пер. с англ. / С. Янг. – М. : Сов. Радио, 1972. – 455 с.

Интернет-ресурсы

38. *ARIS PORTAL.* Все о методологии и программном обеспечении ARIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aris-portal.ru/>.
39. *РД IDEF0 – 2000.* Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. Госстандарт России [Электронный ресурс] / М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 75 с.. – Режим доступа: <http://www.nsu.ru/smk/files/idef.pdf/>.
40. *Сайт «Теория систем и системный анализ»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tsisa.ru/>.
41. *Сайт Виктора Сафронова* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://victor-safronov.narod.ru/>.

ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ

А

Альтернатива - ситуація вибору одного з двох або декількох взаємовиключних рішень.

В

Властивість - бік об'єкта, що зумовлює його відмінність від інших об'єктів або подібність до них і виявляється під час взаємодії з іншими об'єктами.

Всесвіт - весь матеріальний світ, різноманітний за матеріальною й енергетичною формами, зокрема всі галактики, зорі, планети та інші відомі й невідомі космічні тіла.

Г

Гносеологія – теорія пізнання.

Границя системи - лінія або поверхня в певному просторі, що розділяє саму систему й навколишнє середовище; межа, до якої поширюється і в якій виконується керуюча інформація системи.

Гомеостазис - механізм, за допомогою якого живий організм підтримує параметри свого внутрішнього середовища на такому рівні, за якого можливе здорове життя.

Д

Детермінація – загальна категорія, що характеризує залежність одних явищ, процесів і станів від інших, свідчить про зв'язок між об'єктами, явищами тощо.

Е

Елемент - певний об'єкт (матеріальний, енергетичний, інформаційний), що має низку важливих властивостей і реалізує в системі (підсистемі) певну функцію (складову, підфункцію) системи, внутрішня структура якого в межах мети дослідження системи не розглядається.

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

З

Закон функціонування - залежність, що описує процес функціонування системи в часі.

Зовнішнє середовище - сукупність усіх об'єктів (явищ) поза певною системою, зміна властивостей яких впливає на систему, а також тих об'єктів (явищ), властивості яких змінюються в наслідок функціонування системи.

ЗТС – загальна теорія систем.

І

Інжиніринг - процес застосування взаємозалежного набору формальних технологій (моделей) для аналізу, проектування, створення й експлуатації інформаційних систем.

ІС – інформаційна система.

К

Критерій - кількісне відображення ступеня досягнення системою поставлених перед нею цілей, правило вибору кращого варіанта рішення з низки альтернатив.

М

Математичне програмування - низка дисциплін, що займаються пошуком оптимальних рішень: лінійне і нелінійне програмування, теорія оптимального управління, динамічне програмування та ін.

Мета - ситуація (множина ситуацій), якої система прагне досягти у процесі функціонування за певний проміжок часу.

Метазнання – знання, інваріантні до об'єкта дослідження.

Метод - систематизована сукупність кроків, які потрібно здійснити для розв'язання певної задачі (завдання) або досягнення певної мети у процесі науково-практичної діяльності.

Методологія - система принципів і способів організації й побудови теоретичної й практичної діяльності, а також учення про цю систему.

Модель - штучно створений образ конкретного об'єкта, процесу або явища.

Модель змістова – формальна модель, наповнена змістовою сутністю із заданої предметної області.

Модель морфологічна – сукупність моделей «чорний ящик», «склад системи» і «структура системи».

Модель формальна – модель, абстрагована від конкретної предметної області.

Модель предметної області - певна система, яка імітує структуру або функціонування предметної області (об'єкта дослідження) і відповідає вимозі адекватності.

Моделювання - процес дослідження системи (об'єкта, процесу чи явища), до якого входять побудова моделі, вивчення її характеристик і перенесення отриманих відомостей на досліджувану систему.

О

Об'єкт - предмет, явище або процес, на які спрямована предметно-практична та пізнавальна діяльність суб'єкта (спостерігача).

ОПР – особа, яка приймає рішення.

П

Параметр – кількісна характеристика системи.

Підсистема - частина системи, виділена за визначеною ознакою, що має певну самостійність і припускає розкладання на складові частини (елементи) в межах певного дослідження системи.

Підхід - сукупність однорідних методів.

Призначення системи – задекларована здатність системи реалізувати на практиці функції, що забезпечують досягнення необхідної мети.

Принцип - основне вихідне положення певної теорії, учення, науки, світогляду.

Принцип дескриптивний - описовий принцип. Після дослідження об'єкта намагаються *створити умови, за яких його функціонування здійснюватиметься на оптимальному рівні*. Сам об'єкт змінам не піддається, тобто в цьому випадку вирішується завдання переважно оперативного регулювання, а завдання власне управління, що полягає у визначенні необхідного стану системи, зазвичай не ставиться.

Принцип прескриптивний - нормативний принцип. Після дослідження об'єкта *визначають, які зміни необхідно провести в самому об'єкті*, щоб ліквідувати його основні недоліки, і розробляється план цілеспрямованого розвитку об'єкта в цілому. Тільки після цього вирішується завдання оперативного керування або регулювання.

Проблема - складне теоретичне або практичне питання, що вимагає вивчення, вирішення, або суперечлива ситуація, яка виникає через протилежні позиції в поясненні будь-яких явищ, об'єктів, процесів і потребує адекватної теорії для вирішення.

Процес – послідовна зміна станів стадій розвитку; сукупність послідовних дій для досягнення певного результату.

ПС – проблемна ситуація.

Р

Реінжиніринг - процес застосування формальних технологій, який дає змогу відновлювати модель розглянутої існуючої системи за її інформаційними компонентами.

С

СА - системний аналіз.

Система – будь-який об'єкт, що розглядається як цілісна сукупність визначеної множини взаємодіючих частин і одночасно як складова частина більш загального об'єкта.

Система – виділена з середовища сукупність матеріальних або абстрактних об'єктів (явищ), які мають певний набір властивостей і взаємодія яких забезпечує досягнення необхідної функції (мети) протягом певного часу.

Система – функціонально визначена структурно впорядкована з адаптивною реорганізацією множина складових частин.

Системологія - міждисциплінарна наука про системи й системну організацію процесів та явищ природи, науки, техніки, суспільних формацій, функціональних утворень і структур.

Системний аналіз - сукупність формалізованих, слабоформалізованих і неформалізованих методів та процедур, які дають змогу застосовувати системний підхід до управління системною діяльністю людини й функціонуванням складних систем на різних етапах їхнього життєвого циклу.

Системний підхід – напрям методології наукового пізнання й соціальної практики, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем і який становить сукупність методів і засобів, що дають змогу досліджувати властивості, структуру та функції об'єктів і процесів у цілому, представивши їх як системи зі складними міжелементними взаємозв'язками, взаємовпливом елементів на систему й на оточуюче середовище, а також впливом самої системи на її структурні елементи.

Структура - сукупність елементів і зв'язків між ними, що утворюють систему.

Структура - сукупність тих властивостей системи, які є істотними з погляду проведеного дослідження й мають інваріантність на всьому інтервалі функціонування, який цікавить дослідника.

ССО – структурна складова організації.

Сутність - категорія, що виражає головне, основне, визначальне в предметі, зумовлене глибинними, необхідними, внутрішніми зв'язками й тенденціями розвитку та пізнається на рівні теоретичного мислення.

Т

Теософія - філософська система, головною метою якої є примирити всі релігії, затвердивши єдиний універсальний принцип і загальну систему етики, заснованої на вічній істині.

Теософія - учення про божество, яке спирається на суб'єктивний містичний досвід (безпосереднє спілкування з божеством у стані екстазу).

ТПР – теорія прийняття рішень.

Ф

Функція – поведінка системи в зовнішньому середовищі.

Х

Характеристика системи – поняття, що пояснює певну властивість системи. Характеристику задають ім'ям та областю припустимих значень.

Я

Явище - вираження, свідчення наявності чогось в об'єкті дослідження.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- А**
- Актуальне середовище 61, 88, 147
- Альтернатива 48, 55, 76, 126
- домінуюча 129
 - домінована 129
 - залежна 126
 - незалежна 126
- Б**
- Бізнес-модель 104
- Бізнес-процес 99, 102, 104
- В**
- Властивості системи 29
- Г**
- Границя системи 61
- Граф 63
- вершини 63
 - ребра 63
- Д**
- Декомпозиція 50, 81, 115
- за життєвим циклом 82
 - за фізичним процесом 82
 - на підсистеми 83
 - функціональна 82
- Дослідження операцій 123, 130, 131
- Е**
- Експерт 54, 127
- Елемент 11, 61
- З**
- Загальна теорія систем 16, 19
- Задача аналізу 81
- багатокритеріальна 130
 - декомпозиції 82
 - з конкуруючими альтернативами 127
 - синтезу 83
- Закон
- збереження 18
 - ієрархії 18
 - причинно-наслідкових обмежень 18
 - функціонування 30
- Зв'язок
- зворотний 37
 - керування 67
 - нейтральний 67
 - неспрямований 67
 - підпорядкування 67
 - породження (генетичний) 67
 - рівноправний 67
 - прямий 67
 - сильний 67
 - слабкий 67
 - спрямований 67
- Зовнішнє середовище системи 25, 60
- І**
- Інжиніринг 22

- Інформація 69
 - інформуюча 70
 - керуюча 70
 - перетворююча 70
- К**
- Критерій 100, 155
 - очікуваного значення 137
 - формування 50
- М**
- Мета 30, 41
- Метасистема 26
- Метод
 - аналітичний 56
 - вартість-ефективність 134
 - графічний 58
 - Дельфі 54
 - дерева цілей 55
 - досяжних цілей 136
 - лінгвістичний 58
 - логічний 57
 - машинного експерименту 11
 - мозкового штурму 54
 - парного порівняння 55
 - ранжирування 55
 - семіотичний 58
 - статистичний 57
 - сценаріїв 54
 - теоретико-множинний 57
- Методологія
 - ARIS 107
 - IDEF 106
 - IDEF0 114
 - SADT 106
 - SWOT-аналіз 93
- Множина альтернатив 126
- Множина Парето 134, 136
- Модель 40
 - DFD 105
 - абстрактна 45
 - адекватна 43
 - гносеологічна 46
 - динамічна 45, 74
 - дослідно-експериментальна 45
 - змістова 64
 - ігрова 45
 - імітаційна 45
 - інформаційна 69, 152
 - концептуальна 46, 51
 - математична 46
 - матеріальна 45
 - морфологічна 65
 - навчальна 45
 - науково-технічна 45
 - пізнавальна 45
 - прагматична 45
 - предметної області 99
 - сенсуальна 46
 - статична 45

- формальна 64
- функціональна 67
- О**
- Об'єкт пізнання 10
- Об'єктні методики 105
- Операція 102, 105
- Особа, що приймає рішення (ОПР) 127
- П**
- Підпроцес 105
- Підсистема 25, 62
- Підхід
 - дескриптивний 125
 - нормативний 125
 - прескриптивний 125
 - системний 10, 12, 14
- Потоки підтримуючі 38
- Потоки продукції 38
- Поточне (оперативне) управління 98
- Принцип
 - агрегування 45
 - багатомірності 14
 - багатоплановості 14
 - виміру 86
 - децентралізації 87
 - динамічності 15
 - еквіфінальності 86
 - єдності 86
 - ієрархічності 14, 86
 - інформаційної достатності 44
 - кінцевої мети 85
 - максимуму ефективності 15
 - множинності моделей 45
 - модульної побудови 85
 - невизначеності 87
 - параметризації 45
 - реалізованості 44
 - різнопорядковості властивостей 14
 - розвитку 86
 - сполучуваності 85
 - функціональності 85
 - цілісності 15
- Проблема 139
 - індивідуального вибору 126
 - неструктурована 135, 140
 - оперативна 141
 - розвитку й удосконалення 140
 - саморозв'язуваність 144
 - системна 141
 - слабкоструктурована 135, 141
 - стабілізації 140
 - структурована 141
- Проблемна ситуація 147
- Процес 36
- Р**
- Реінжиніринг 22
- С**
- Система 12, 24
- Системний аналіз 77

вертикальні рівні	30	Суперсистема	25
горизонтальні рівні	30		Ф
об'єкт	79	Функція	32, 101, 103
предмет	79	Функція корисності	138
Системологія	11, 13		Х
Стратегічне управління	97	Характеристики	28
Структура системи	34, 62	кількісні	28
Структурний аналіз	103	якісні	29
Суб'єкт пізнання	10		

Навчальне видання

АЧКАСОВ Анатолій Єгорович
ЛУШКІН Володимир Андрійович
ОХРІМЕНКО Вячеслав Миколайович
ВОРОНКОВА Тетяна Борисівна

ТЕОРІЯ СИСТЕМ І СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *А. І. Кузнецов*

Редактор: *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки: *І. П. Шелехов*

Підп. до друку 04.01.2013
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 9,7
Тираж 500 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.