

005.336.3 (075.8)
1435

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

С.В.ШВЕЦЬ

ОСНОВИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
зі спеціальності „Якість, стандартизація та сертифікація”*

денної та заочної форм навчання

Суми Вид-во СумДУ 2004

Сумський державний
університет
БІБЛІОТЕКА

ББК 22.16я73

Ш 35

УДК 303.732.4:517(075.8)

6.2
1.3
5.1

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (гриф надано Міністерством освіти і науки України, лист №14/18.2-1276 від 09.06.2004)

Рецензенти:

д-р технічних наук, професор А.С.Зенкін,
д-р технічних наук, професор С.Д.Косторной

*Рекомендовано до друку вченою радою
Сумського державного університету*

Швець С.В.

Ш 35 Основи системного підходу: Навчальний посібник. –
Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 91 с.

ISBN 966-657-029-7

У сучасному суспільстві з'явилося розуміння того, що успіхи пов'язані з системним підходом до вирішення проблем. Викладений у посібнику матеріал є базовим для майбутніх розробників систем управління якістю, а також стане у нагоді фахівцям інженерних спеціальностей. Наведені основні терміни та поняття системного підходу, алгоритми системного аналізу, класифікації систем. Приділена увага вирішенню неформалізованих задач, таких, як визначення проблеми, мети і критеріїв, методам створення альтернатив і вибору.

Посібник розрахований на студентів і аспірантів вищих закладів освіти, широке коло читачів.

ISBN 966-657-029-7

ББК 11.16я73

© С.В.Швець, 2004

© Вид-во СумДУ, 2004

Передмова.....	С.	5
Розділ 1 Ознаки системних уявлень.....		7
1.1 Системність практичної діяльності.....		7
1.2 Системність пізнавальних процесів.....		9
1.3 Із історії формування теорії систем.....		11
<i>Контрольні запитання.....</i>		12
<i>Теми рефератів.....</i>		12
Розділ 2 Моделі і моделювання.....		13
2.1 Поняття моделі.....		13
2.2 Цільове спрямування моделювання.....		13
2.3 Моделі пізнавальні і прагматичні.....		15
2.4 Статичні та динамічні моделі.....		16
2.5 Абстрактні моделі.....		16
2.6 Матеріальні моделі і види подібності.....		19
2.7 Відповідність між моделлю та дійсністю.....		20
2.8 Ступінь формалізації процесу моделювання.....		22
<i>Контрольні запитання.....</i>		23
<i>Теми рефератів.....</i>		23
Розділ 3 Системи.....		24
3.1 Призначення системи.....		24
3.2 Будова системи.....		28
3.3 Класифікація систем.....		32
<i>Контрольні запитання.....</i>		38
<i>Теми рефератів.....</i>		38
Розділ 4 Відображення штучних і природних об'єктів.....		39
4.1 Системи і об'єкти.....		39
4.2 Відмінність між великими і складними системами.....		41
4.3 Засоби управління системами.....		42
4.4 Якість системи і ресурси управління.....		44
4.5 Управління виробництвом продукції.....		45
<i>Контрольні запитання.....</i>		47
<i>Теми рефератів.....</i>		47

	С.
Розділ 5 Декомпозиція і агрегування	48
5.1 Аналіз і синтез у системних дослідженнях.....	48
5.2 Алгоритмізація процесу декомпозиції.....	49
5.3 Агрегування.....	51
5.4 Агрегування пізнавальних та прагматичних систем.....	51
5.5 Теорія систем і системний аналіз.....	54
<i>Контрольні запитання</i>	55
<i>Теми рефератів</i>	55
Розділ 6 Прийняття рішень	56
6.1 Задачі вибору.....	56
6.2 Критерії вибору.....	58
6.3 Людино-машинні системи і вибір.....	59
<i>Контрольні запитання</i>	62
<i>Теми рефератів</i>	62
Розділ 7 Інформаційні аспекти вивчення системи	63
7.1 Інформація і її невизначеність.....	63
7.2 Випадкові процеси.....	63
7.3 Кількість інформації.....	67
<i>Контрольні запитання</i>	71
<i>Теми рефератів</i>	71
Розділ 8 Неформалізовані етапи системного аналізу	72
8.1 Формулювання проблеми.....	72
8.2 Виявлення мети.....	74
8.3 Формування критеріїв.....	78
8.4 Генерування альтернатив.....	79
8.5 Алгоритми проведення системного аналізу.....	82
<i>Контрольні запитання</i>	86
<i>Теми рефератів</i>	86
Післямова.....	87
Список літератури.....	89

ПЕРЕДМОВА

У сучасному суспільстві системні уявлення вже досягли такого рівня, що думка про корисність і важливість системного підходу при вирішенні практичних проблем стала звичною. Не тільки вчені, а і керівники виробництв, діячі культури відчули потребу у системності власної діяльності і свідомо намагаються здійснювати свою роботу системно. Поширилося розуміння того, що наші успіхи пов'язані з тим, наскільки системно ми підходимо до вирішення проблем, а наші невдачі викликані відхиленням від системності. Будь-яка діяльність більш або менш системна. Поява проблеми - ознака недостатньої системності. Вирішення проблеми - результат підвищення системності. Необхідність підвищення системності виникає у різноманітних галузях діяльності людини: у математиків, інженерів, юристів, кібернетиків, істориків та ін. Вирішення виниклої проблеми здійснюється шляхом переходу на новий, більш високий рівень системності у нашій діяльності.

Не слід вважати, що системність з'явилася і стала актуальною тільки останнім часом. Мислення завжди системне і іншим бути не може. Проте у середині 60-х років стало очевидним, що усі теоретичні і прикладні дисципліни утворюють немов би єдиний потік - *системний рух*. Садовський В.М. та Юдін Е.Г. [18] відзначають, що системний рух проявляється, коли у публікаціях з певної тематики починають вживатися терміни „система”, „структура”, „зв'язок”, „керування”. Системність стала не тільки теоретичною категорією, але і усвідомленим аспектом практичної діяльності. Оскільки великі і складні системи стали предметом вивчення, управління і проектування, стало необхідним узагальнення засобів дослідження систем і впливу на них.

Виникла прикладна наука, яка об'єднала абстрактні теорії і живу практику. Вона отримала назву „теорія систем”. Хоча теорія систем ще і сьогодні перебуває на стадії розвитку, її вже можна розглядати як самостійну дисципліну, яка має свій об'єкт діяльності, накопичила достатньо потужний арсенал засобів і володіє значним

практичним досвідом. Вона оперує фундаментальними поняттями (система, модель, інформація та ін.), конкретними поняттями (сигнали, вимірювальні шкали, великі і складні системи) і поняттями, специфічними тільки для системного аналізу (декомпозиція, агрегування, конфігуратор, проблематика, зацікавлені сторони). Сучасна теорія систем є емпіричним зібранням філософських настанов, корисних порад і рецептів, озброєних арсеналом допоміжних математичних методів і знань із різних предметних наук.

Отже, уявляючи проблему як породження якоїсь системи, можна спробувати вирішити її засобами, які зібрані у теорії систем. При цьому проявляється *системний підхід*, тобто вирішення проблеми з застосуванням методології теорії систем. Системний підхід з'ясовує причини виниклих складнощів та пропонує варіанти їх усунення, тобто передбачає безпосереднє втручання у проблемну ситуацію.

Проте є багато прикладів, коли усунути проблему неможливо через недостатню кількість інформації про саму систему. Маючи на меті ліквідацію проблеми або, як мінімум, з'ясування її причин, системний аналітик використовує широкий спектр методів, можливості різноманітних наук і практичних сфер діяльності. *Системний аналіз* - це процес різнобічного вивчення об'єктів за методологією теорії систем. Під скороченим визначенням *об'єкт* розуміють об'єктивно існуюче оточення, процес або явище, що створюють проблемну ситуацію. Досить часто буває так, що вивчити весь об'єкт неможливо або заздалегідь відомо, що достатньо зрозуміти будову якоїсь його складової для повного уявлення про нього у цілому. Тоді необхідно визначити цей конкретний предмет вивчення. *Предмет* - та частина об'єкта, яка підлягає дослідженню.

Системний аналіз надає великого значення методологічним аспектам будь-якого системного дослідження. Прикладне спрямування системного аналізу приводить до використання усіх сучасних засобів наукових досліджень - математики, обчислювальної техніки, моделювання, спостережень і експериментів.

ОЗНАКИ СИСТЕМНИХ УЯВЛЕНЬ

1.1 Системність практичної діяльності

Будь-яка свідома діяльність переслідує певну мету. У ній можна розрізнити складові або більш дрібні дії. Ці складові виконуються не у довільному порядку, а в певній послідовності. Це і є (підлеглий меті взаємозв'язок складових діяльності) ознака системності.

Інша назва такої побудови діяльності - *алгоритмічність*. Цей термін спочатку застосовувався у математиці і відображав деяку послідовність однозначних операцій над числами або іншими математичними об'єктами. Останніми роками він зустрічається у будь-якій діяльності. Є алгоритми прийняття управлінських рішень, алгоритми навчання, алгоритми гри в шахи, алгоритми винахідництва [2]. Отже, всяка діяльність алгоритмічна. Але не завжди алгоритм реальної діяльності усвідомлюється. Композитор пише музику, водій миттєво реагує на зміни дорожніх обставин "не думаючи". Якщо не задовольняють результати діяльності, то можливу причину невдачі слід шукати в недосконалості алгоритму. Необхідно виявити алгоритм, дослідити його, знайти і усунути слабкі місця. Удосконалюючи алгоритм, підвищують системність діяльності.

Таким чином, явна алгоритмізація будь-якої практичної діяльності є важливим засобом покращання кінцевих результатів. Це можна спостерігати на прикладі вирішення проблеми підвищення продуктивності праці.

Найпростіший і історично перший засіб підвищення ефективності праці - *механізація*. Людина озброюється механізмами (від важеля і похилої площини до складних машин із вбудованими в них двигунами) і з їх допомогою здатна виконувати важку фізичну роботу. Однак у механізації є природна межа. Роботою механізмів керує людина, а її можливості обмежені фізіологічно. Не можна робити лопату занадто широкою, машина не повинна мати занадто

багато індикаторів і важелів управління. Швидкість реакції людини обмежена, тому механізація дуже швидких процесів безглузда. Отже, можливості людини обмежують механізацію.

Вирішення проблеми полягає у тому, щоб взагалі виключити людину з конкретного виробничого процесу і покласти на плечі машини не тільки виконання самої роботи, але й операції з регулювання процесу роботи. Технічні прилади, що об'єднали ці дві функції, називаються автоматами. А наступний рівень підвищення продуктивності праці отримав назву *автоматизації*. У побут увійшли торгові автомати, автоматичний телефонний зв'язок, у промисловості існують автоматичні лінії, цехи і заводи, розвивається автоматизація з допомогою ЕОМ. Проте повністю перекласти на машину можна тільки ті роботи, які детально вивчені, про які точно відомо, що, у якому порядку і як треба робити у кожному випадку. Тільки за таких умов можна сконструювати відповідний автомат, тому що автомат реалізує деякий алгоритм. І якщо алгоритм в якійсь своїй частині неправильний або неточний чи виникла ситуація, не передбачена алгоритмом, то автомат стає непридатним. Це природна межа автоматизації.

Проблеми, пов'язані з відсутністю алгоритму, виникають у процесі керівництва людськими колективами, при управлінні виробничими системами, при втручанні у життєдіяльність людського організму, при впливові людини на природу. Для підвищення ефективності такої взаємодії людство виробляє засоби вирішення подібних проблем, які являють собою третій рівень системності практичної діяльності людини. Цей рівень називається *кібернетизацією*, тому що кібернетика - наука про управління складними системами. Співвідношення між трьома розглянутими рівнями організації праці показано на рис. 1.1. Кібернетизація базується на *інтелекті* - здатності орієнтуватися в незнайомих умовах і знаходити рішення слабкоформалізованих задач. Інтелект притаманний живим істотам, проте працюють і над створенням штучного інтелекту. В умовах кібернетизації людина виконує саме ті операції у загальному алгоритмі, які не піддаються формалізації (наприклад, експертна оцінка або порівняння варіантів, прийняття управлінських рішень, взяття на себе відповідальності). При цьому формалізовані

операції виконують автомати і ЕОМ. Отже, кібернетизація полягає у розумному використанні природного людського інтелекту.

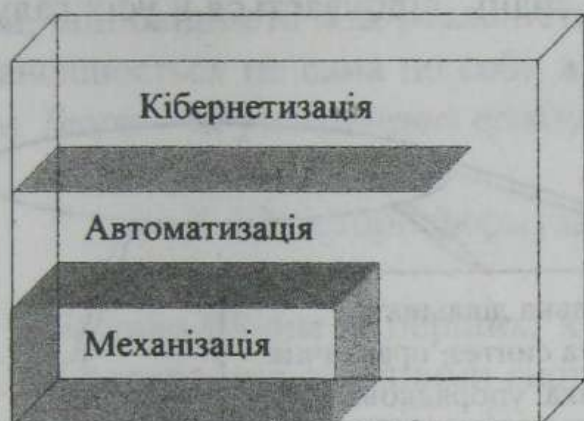


Рисунок 1.1 - Співвідношення засобів підвищення продуктивності праці

Природна системність людської діяльності є одним із об'єктивних чинників виникнення і розвитку системних понять і теорій. Роль знання і дотримання принципів системності на практиці зростає. Алгоритмізація будь-якого виду діяльності - важливий засіб підвищення її системності.

Ймовірність успішності будь-якої діяльності тим більша, чим вищий рівень її системності. Невдачі викликані недостатньою системністю.

1.2 Системність пізнавальних процесів

Протиріччя між нескінченністю природи і обмеженістю ресурсів людства впливає на сам процес пізнання людиною навколишнього світу. Одна з таких особливостей пізнання, що дозволяють поступово, поетапно долати це протиріччя, - наявність аналітичного і синтезуючого способів мислення. Суть *аналізу* полягає у розподілі цілого на частини, у поданні складного у вигляді сукупності більш простих компонент. Але щоб пізнати ціле, складне, необхідний і зворотний процес - *синтез*.

Це стосується не тільки індивідуального мислення, але і загальнолюдського знання. У стародавні часи переважали неподільні знання, природа розглядалась як одне ціле. Аналіз знань привів до утворення різноманітних наук, і диференціація наук ще триває для поглибленого вивчення більш вузьких питань. Синтез здобутих знань відбувається під орудою філософії, математики, теорії

систем, які необхідним чином поєднують технічні, природні і гуманітарні знання.

Нарощування системності знань відбувається в усіх галузях людської діяльності (рис. 1.2)

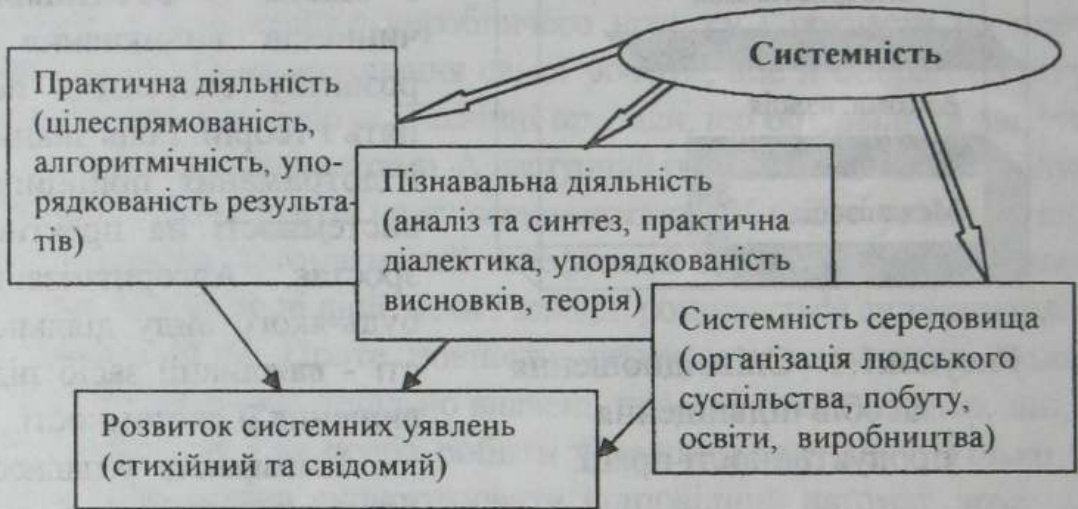


Рисунок 1.2 - Системність діяльності людини

Отже, системність процесу пізнання передусім виявляється в його логічній послідовності, а саме - в існуванні етапів аналізу і синтезу. Що стосується самого світу, то він, можливо, байдужий до того, хто і як його пізнає (і чи пізнає взагалі) і не має нічого спільного з нашими уявленнями.

Філософи по-різному відповідають на це питання. Наприклад, Ф. Бекон вважав, що розумові побудови повністю довільні і ніщо не відповідає їм у природі. Б. Спіноза твердив, що порядок і зв'язок ідей такі ж, як і порядок і зв'язок речей. І. Кант прийшов до висновку, що системність є властивістю природи. Ф. Енгельс відзначав, що якщо продукти людського мозку є продуктами природи, то вони такі ж, як і природа. П. Берже та інші [4] твердять, що в оточенні безмежного хаосу можна віднайти будь-які системні конструкції.

Але як би там не було, людина безперечно володіє таким методом, як системність. Це свого роду пристосування, створене для по-

долання нескінченності навколишнього світу, полегшення, спрощення своєї діяльності. Процес пізнання невіддільний від практики, відповідність між реальністю і нашими уявленнями про неї встановлюється не сама по собі, а у процесі взаємодії із середовищем. *Теорія - це узагальнення практичного досвіду.*

1.3 Із історії формування теорії систем

✓ Можливо одним із перших, хто запропонував науковий підхід до управління складними системами, був М.А.Ампер [17]. При класифікації наук ("Досвід з філософії наук, або аналітичне викладення класифікації усіх людських знань", ч. 1,2, 1834 – 43 рр.) він виділив спеціальну науку про управління державою і назвав її кібернетикою. Приблизно у той же час поляк Б.Трентовський читав у Фрейбурзькому університеті курс лекцій, зміст яких опублікував у книзі "Відношення філософії до кібернетики як до мистецтва управління народом". На той час суспільство виявилось не готовим сприйняти ідеї кібернетики, практика управління ще могла обходитися без теорії управління. Більш ніж через півстоліття з'явилися праці А.А.Богданова "Загальна організаційна наука (тектологія)", 1-3-й томи, 1911-1925 рр. Масове засвоєння системних понять почалося з 1948 р., коли американський математик Н.Вінер опублікував книгу під назвою "Кібернетика". Він аналізує з позицій кібернетики зв'язки між тваринами і в машинах, а також процеси, що відбуваються у суспільстві. Все це сприяло розвитку методології моделювання, ідеї математичного експерименту, комп'ютеризації.

У 1934 році з'явилися праці австрійського біолога Л.Берта-ланфі, який почав формувати теорію систем. Він знаходив структурну схожість законів, встановлених у різних науках і, узагальнюючи їх, одержував загальносистемні закономірності. Найбільша цінність загальної теорії систем полягає у створенні методики визначення мети і задач системних досліджень, у розвитку методології аналізу систем, встановлення загальнонаукових закономірностей. Значний внесок у розвиток теорії систем зробили М.Д.Месарович,

Р.Л.Акофф, О.Ланге [1,10,11], а також В.Н.Садовський, Е.Г.Юдін, Д.М.Гвішіані [6,18], Ф.І.Перегудов, Ф.П.Тарасенко [17].

Контрольні запитання

- 1 Що таке алгоритмічність діяльності?
- 2 Яка природна межа механізації праці?
- 3 Що таке автоматизація і що її обмежує?
- 4 Що таке кібернетика?
- 5 Що таке інтелект?
- 6 У чому полягає суть аналізу?
- 7 Як відбувається синтез загальнолюдських знань?
- 8 Що таке теорія?

Теми рефератів

- 1 Проблеми людини при підвищенні продуктивності праці [9], [17].
- 2 Сутність пізнавального процесу [4], [10], [13].
- 3 Історія формування і розвитку теорії систем [1], [5], [17].

МОДЕЛІ І МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Поняття моделі

Спочатку поняття "модель" застосовувалося тільки до *матеріальних* об'єктів спеціального типу, наприклад, манекен (модель людської фігури), гідродинамічна зменшена модель греблі, моделі кораблів і літаків та ін. Тобто це такий допоміжний засіб або об'єкт, що в певній ситуації замінював інший об'єкт.

Але у результаті розвитку філософських та математичних робіт стало зрозумілим, що є можливість будь-які наші знання подати у вигляді моделей. При цьому модель визначається як результат відображення однієї абстрактної структури на іншу, також абстрактну, або як результат інтерпретації однієї моделі в термінах і образах другої. Отже, модель може бути *абстрактною*.

Моделі можуть утворювати ієрархію, в якій модель більш високого рівня (наприклад, теорія) містить моделі нижніх рівнів (скажімо, гіпотези) як свої частини елементи.

Будь-який об'єкт може бути використаний як модель. Це не означає, що він не може бути і чимось іншим. Наприклад, черевик є моделлю його володаря (за запахом черевика собака відшукає людину, за станом черевика можна визначити деякі риси характеру його господаря). Тобто черевик може бути представлений як модель господаря, а одночасно це є взуття.

2.2 Цільове спрямування моделювання

Модель є не просто образом, що замінює оригінал, не відображенням взагалі, а відображенням цільовим [14]. Наприклад, різні члени туристської групи складають різні моделі однієї і тієї ж колоди. Якщо комусь доручено обладнати табір, то він розмірковує, як використати цю колоду замість стола або як сидіння.

Інший відповідає за багаття, а для дров від колоди вимагаються зовсім інші якості. Третього цікавить вік дерева, і він обстежить зріз колоди. Модель відображає не сам по собі об'єкт-оригінал, а те, що в ньому нас цікавить, те, що відповідає поставленій меті.

З того, що модель є цільовим відображенням, випливає, що може бути безліч моделей одного і того ж об'єкта: для різних цілей звичайно вимагаються різні моделі.

Будь-яка робота має кінцеву мету. Робітник точить заготовку, перетворюючи її на деталь. Скульптор ріже мармурову брилу, залишаючи в ній тільки те, що стане скульптурою. Спортсмен наполегливо тренується, щоб перемогти на змаганнях. Студент навчається, щоб мати професію. Цільовий характер має не тільки трудова діяльність. Звичайно, відпочинок, розваги, прогулянки це не праця, але їх цільовий характер очевидний. Тому можна говорити про різноманітні види цільової діяльності людини. Системність діяльності виявляється у тому, що вона здійснюється за певним планом або за алгоритмом. Можна сказати, що *алгоритм* - образ майбутньої діяльності, її модель.

І сама мета являє собою модель. Вона є організуючим елементом діяльності - образ бажаного майбутнього. Тому *мета* - це модель стану, на досягнення якого і спрямована діяльність.

Як правило, діяльність рідко здійснюється за жорсткою програмою, без врахування того, що відбувається на проміжних етапах. Частіше потрібно оцінювати результат попередніх дій і вибирати наступний крок з числа можливих. І тут у пригоді стає моделювання. Можна порівнювати наслідки усіх можливих кроків на моделі, не виконуючи їх реально. Таким чином, моделювання є обов'язковим, неминучим при будь-якій цілеспрямованій діяльності.

Для того щоб модель відповідала своєму цільовому призначенню, необхідно щоб вона була узгоджена з тим середовищем, в якому їй передбачено функціонувати. Така узгодженість із середовищем називається *інгерентністю*. Наприклад, незначна розбіжність програми для ЕОМ з машинною мовою повністю її знецінює. З іншого боку, у середовищі мають бути інші моделі,

що підтримують її функціонування і використовують результати моделювання. Отже, не тільки модель повинна пристосовуватися до середовища, але і середовище до моделі.

Модель, за допомогою якої успішно досягається поставлена мета, називається *адекватною* цій меті. Адекватність означає, що досягається не абсолютна відповідність між об'єктом і моделлю, а настільки, наскільки це необхідно для досягнення мети. Геоцентрична модель Птолемея була неправильною, але вона адекватна з точки зору точності опису руху планет.

2.3 Моделі пізнавальні і прагматичні

Моделі поділяються на пізнавальні і прагматичні, хоча цей розподіл досить відносний. Деякі конкретні моделі можна вважати як пізнавальними, так і прагматичними. Наочно різниця між пізнавальними і прагматичними моделями виявляється в їхньому відношенні до оригіналу у процесі діяльності (рис.2.1).

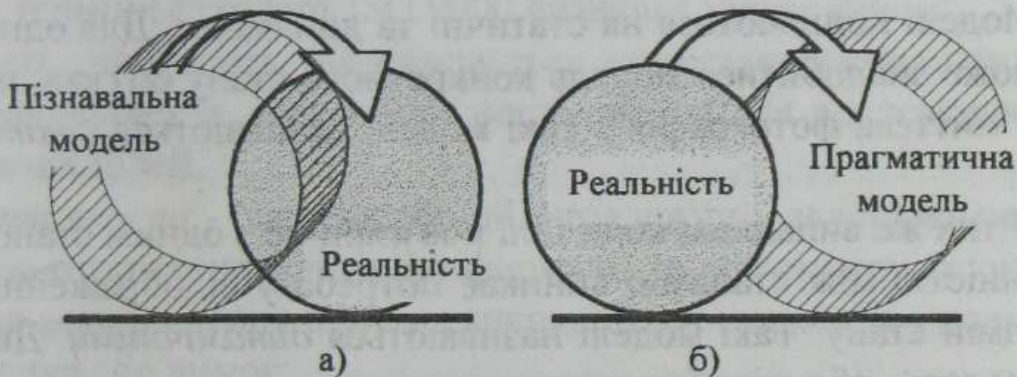


Рисунок 2.1 - Відмінність між пізнавальною а) і прагматичною б) моделями

Пізнавальні моделі є формою організації і подання знань, засобом сполучення нових знань з наявними. Тому при виявленні розбіжності між моделлю і реальністю виникає завдання усунення цієї розбіжності за допомогою зміни моделі. Пізнавальна діяльність орієнтована на наближення моделі до реальності, яку модель відображає.

Прагматичні моделі є засобом управління, засобом організації практичних дій, засобом подання зразково правильних дій або їх результату. Це робоче подання мети. Тому використання прагматичних моделей полягає у тому, щоб при появі розбіжностей між моделлю і реальністю спрямувати зусилля на зміну реальності так, щоб наблизити реальність до моделі. Прикладами прагматичних моделей можуть бути плани і програми дій, стандарти, статuti організацій, кодекси законів, алгоритми, робочі креслення і шаблони, технологічні допуски, екзаменаційні вимоги.

Основна відмінність між пізнавальними і прагматичними моделями полягає у тому, що пізнавальні моделі відбивають існуюче, а прагматичні - неіснуюче, але бажане і (можливо) здійсненне.

2.4 Статичні та динамічні моделі

Моделі поділяються на статичні та динамічні. Для одних цілей може знадобитися модель конкретного стану об'єкта, неначе його "миттєва фотографія". Такі моделі називаються *статичними*.

У тих же випадках, коли цілі пов'язані не з одним станом, а з відмінністю між станами, виникає потреба у відображенні процесу змін стану. Такі моделі називаються *динамічними*. Динамічну модель, або відображення змін процесу у часі, називають механізмом. *Механізм* - це логічна послідовність елементарних актів, які приводять до досягнення кінцевої мети.

2.5 Абстрактні моделі

Для побудови моделей існують два типи засобів. Це засоби свідомості і засоби навколишнього матеріального світу. Відповідно до цього моделі поділяються на абстрактні (ідеальні) і матеріальні (реальні, речовинні).

Абстрактні моделі є ідеальними конструкціями, побудованими засобами мислення, свідомості.

До абстрактних моделей належать мовні конструкції. На природній мові ми можемо говорити про все. Вона є універсальним засобом побудови будь-яких абстрактних моделей. Проте мовні моделі неоднозначні, розмиті, розпливчасті. Ця властивість виявляється вже на рівні слів. Багатозначність майже кожного слова або невизначеність слів (наприклад, "багато", "декілька") разом із безліччю їх можливих сполучень у вирази дозволяє будь-яку ситуацію відобразити різними мовними конструкціями. Ця приблизність - невід'ємна властивість мовних моделей.

Приблизність природної мови обертається недоліком, який можна подолати створенням "професійної" мови людьми, які пов'язані загальною діяльністю. Найбільш яскраво це видно на прикладі мов конкретних наук. Використовують спеціальні терміни та визначення з роз'ясненням їх значень.

Не повинно бути неоднозначності і у стандартах. Наприклад, деякі терміни стандарт ISO 9000 визначає таким чином:

- *аналіз* - діяльність, що вживається для встановлення придатності, адекватності, результативності об'єкта для досягнення встановлених цілей;
- *аудит якості* - систематичний, незалежний, задокументований процес отримання фактів і інформації та об'єктивної їх оцінки з метою встановлення ступеня виконання погоджених з політикою процедур або вимог;
- *якість* - ступінь, за яким сукупність власних характеристик продукції задовольняє вимоги споживача;
- *особа, відповідальна за процес* - посадова особа, що відповідає за реалізацію процесу, що виконає планування процесу, його моніторинг і що відповідає за досягнення мети процесу;
- *методика* - встановлений засіб здійснення діяльності;
- *моніторинг* - систематичний процес оцінювання відповідності шляхом спостережень, що супроводжуються відповідними перевітками, розрахунками, вимірами і іспитами;
- *невідповідність* - невиконання встановлених вимог.

- *продукція* - результат діяльності або процесів. Продукція може містити послуги, документацію, обладнання, матеріали, що переробляються, програмне забезпечення або їх комбінацію;

- *ресурси* - все, що необхідно для реалізації процесу. До ресурсів відносять:

а) інфраструктуру - «Організація» - сукупність приміщень, обладнання і служб, необхідних для функціонування організації;

б) робоче середовище - сукупність умов, за яких виконують роботу;

в) людські ресурси;

- *система управління якістю* – система для керівництва і управління підприємством стосовно якості.

Математичні моделі мають абсолютну точність, але щоб дійти до їх використання у даній області, необхідно отримати достатню для цього кількість знань.

Відомо, що фізичні процеси описуються у термінах операцій (спостережень, експериментів), що зв'язують фізичні об'єкти. Фізичні ситуації можуть бути описані за допомогою символічних моделей (математичних формул), що "абстрагують" належним чином найбільш "істотні" властивості об'єктів і ситуацій [8]. Математична модель - це сукупність абстрактних математичних об'єктів і відношень між ними.

Математична модель тільки у тому випадку буде адекватно відтворювати різноманітні сторони фізичної ситуації, якщо можна встановити правила відповідності, що зв'язують фізичні об'єкти і відношення між ними з певними математичними об'єктами і відношеннями. Коли ж не визначені фізичні відношення і об'єкти (немає послідовності елементарних актів процесу), то не може існувати і правил, що ставлять їх у відповідність до математичних об'єктів і відношень. Проте нематематизованість якоїсь науки не означає її ненауковість, а є наслідком складності, недостатнього пізнання її предмета, є тимчасовим явищем.

2.6 Матеріальні моделі і види подібності

Щоб деяка матеріальна конструкція могла бути відображенням, тобто в якомусь відношенні заміщала оригінал, між оригіналом і моделлю повинно бути встановлене відношення схожості, подібності. Існують різні види подібності.

Передусім це подібність, утворена у результаті фізичної взаємодії у процесі створення моделі. Прикладами є фотографії, моделі літаків, кораблів або гідротехнічних споруд, макети будинків, ляльки, протези, шаблони, викрійки. Така подібність називається *прямою*.

Слід пам'ятати, що якою б гарною не була модель, вона все-таки лише замітник оригіналу. Навіть тоді, коли модель прямої подібності виконана з того ж матеріалу, що і оригінал, виникають проблеми перенесення результатів моделювання на оригінал. Наприклад, випробовування зменшеної моделі корабля на гідродинамічні якості. Частину умов експерименту можна привести у відповідність до масштабів моделі (швидкість течії). Але є частина умов (в'язкість і щільність води, сила тяжіння), яка не може бути масштабована.

Другий вид подібності - це *побічна* подібність, або аналогія. Побічна подібність між оригіналом і моделлю встановлюється не у результаті їх фізичної взаємодії, а виявляється як збіг або достатня близькість їх абстрактних моделей. Найбільш відомим прикладом цього є електромеханічна аналогія. Виявилось, що деякі закономірності електричних і механічних процесів описуються однаковими рівняннями. Тому стало можливим не тільки замінити громіздкі експерименти з механічною конструкцією на прості досліди з електричною схемою, але і "прокрутити" на моделі варіанти, в механіці поки що нездійсненні (з довільною і безперервною зміною мас, довжин).

Запишемо диференціальне рівняння теплопровідності для твердого тіла, у якому відсутні внутрішні джерела тепла

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right),$$

та диференціальне рівняння, що описує процес розповсюдження електричного струму

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{\gamma}{c_0} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right).$$

Аналогічність цих рівнянь очевидна. Отже, якщо за деяких умов вивчати на моделі процес розповсюдження електричного струму, то це дасть змогу зробити уявлення про розповсюдження тепла в об'єкті, що нас цікавить.

Роль аналогій (моделей побічної подібності) у науці, техніці, практиці дуже велика. Годинник - аналог часу; піддослідні тварини у медиків - аналоги людського організму; автопілот - аналог льотчика.

Третій, особливий клас реальних моделей утворюють моделі, подібність яких до оригіналу не є ані прямою, ані побічною, а встановлюється за угодою. Це *умовна* подібність. Така угода має вигляд сукупності правил побудови моделей умовної подібності і правил користування ними. Моделі умовної подібності є засобом матеріального втілення абстрактних моделей. Завдяки цьому абстрактні моделі можуть передаватися від однієї людини до іншої, зберігатися.

Прикладами умовної подібності є гроші (модель вартості), посвідчення особистості (офіційна модель володаря), креслення (моделі майбутньої продукції), карти (моделі місцевості). Зв'язок та інформатика використовують специфічні моделі умовної подібності - сигнали. Правила побудови і засоби використання сигналів названі кодом, кодуванням і декодуванням.

2.7 Відповідність між моделлю та дійсністю

Повноту відображення дійсності у моделях визначають такі поняття, як *кінцевість*, *спрощеність* та *наближеність*.

Світ, частиною якого ми є, нескінченний. Виникає явне протиріччя: необхідно пізнавати нескінченне кінцевими засобами. Засіб подолання цього протиріччя полягає у побудові моделей. З безлічі властивостей об'єкта для моделі вибирають і використовують лише ті, які нас цікавлять. Модель подібна до оригіналу у кінцевій кількості відношень. Це означає *кінцевість* реальних моделей.

Для легкості оперування з моделями їх часто *спрошують*. Кінцевість моделей також приводить до спрощення. Виявляється, що для конкретної мети цілком достатнім є неповне, спрощене відображення дійсності. Інколи спрощення необхідне при недостатності знань або ресурсів. Якщо, наприклад, немає можливості вирішити нелінійне рівняння, то його замінюють лінійним.

Наближеність відображення дійсності за допомогою моделей також дозволяє долати протиріччя у пізнанні нескінченного світу. *Наближеність* вказує на точність моделювання. Точність (і наближеність) залежить від мети. Наручний годинник цілком достатній для побуту, але не придатний для реєстрації спортивних рекордів та для цілей астрономії.

Відношення моделей до реальності, чим відрізняються моделі від змодельованих об'єктів та явищ, наскільки їх можна отожднювати з оригіналом визначають *схожість* та *істинність*. Це питання про співвідношення між абсолютною та відносною істиною. Відносна істина може поповнюватися, розвиватися, наближаючись до абсолютної, і межі цьому наближенню не існує. Наприклад, за часів Карно вважалося, що тепло розповсюджується подібно рідині. У сучасній теорії теплових процесів від моделі теплороду відмовилися, проте деякі рівняння (одержані на моделі з іншою схожістю та іншим рівнем істинності) збереглися.

Помилки у припущеннях мають різні наслідки для прагматичної і пізнавальної мети. Якщо помилки у припущеннях шкідливі і навіть згубні при використанні прагматичних моделей, то при створенні пізнавальних моделей пошукові припущення,

істинність яких ще тільки необхідно перевірити, - єдиний засіб розвитку. Роль гіпотез у науці настільки важлива, що вся наукова робота полягає у висуванні і перевірці гіпотез.

2.8 Ступінь формалізації процесу моделювання

Моделі мають свій життєвий цикл. Вони виникають, розвиваються, співробітничать або змагаються з іншими моделями, поступаються місцем більш досконалим. Перехід моделі від етапу до етапу повинен виконуватися якомога швидше, краще, дешевше. Це неможливо без моделювання самого процесу моделювання, тобто без алгоритмізації моделювання. Наприклад, при впровадженні нової продукції її модель розвивається від результатів попередньої науково-дослідної роботи до технічного завдання, технічного проекту, креслень, дослідного зразка, до моделі, призначеної для промислового випуску.

Отже, у процесі моделювання взаємодіють: об'єкт, суб'єкт, модель, навколишнє середовище (рис.2.2). При цьому *модель - це цільове суб'єктивне відображення одного об'єкта в термінах іншого.*



Рисунок 2.2 - Компоненти процесу моделювання

Практика моделювання показує, що найчастіше не вдається чітко дотримуватися встановленої послідовності дій. Більш того, взагалі не існує якогось єдиного, придатного для усіх випадків алгоритму роботи з моделями. Це викликане різними причинами.

По-перше, модель функціонує у культурному середовищі, і конкретне оточення кожної моделі може настільки відрізнити-

ся, що досвід роботи з однією моделлю не може без змін переноситися на іншу.

По-друге, вимоги до моделі суперечливі. Повнота моделі суперечить її простоті, точність моделі - її вимірності, ефективність - витратам на реалізацію.

По-третє, із самого початку неможливо передбачити усі деталі того, що відбудеться у майбутньому. Моделювання покликане усунути невизначеність, але існує невизначеність і у тому, що саме треба усувати. Початкові цілі згодом можуть виявитися неповними. Наприклад, за результатами іспитів дослідного зразка часто потрібно вносити зміни у технічне завдання і знову повертатися до етапів проектування зразка.

У цьому процесі, окрім усвідомлених формалізованих, технічних і наукових прийомів, величезну, вирішальну роль відіграють творчість, інтуїція. Це головна причина неможливості повної формалізації процесу моделювання. Ще одна причина неформалізованого розвитку моделі - це її еволюційна динаміка у середовищі, якому вона інгерентна.

Контрольні запитання

- 1 Яке було первинне визначення моделі і що таке модель?
- 2 У чому полягає цільове спрямування моделей?
- 3 Що називається інгерентністю моделі?
- 4 Що таке адекватність моделі?
- 5 Чим відрізняються пізнавальна і прагматична моделі?
- 6 Що таке механізм процесу?
- 7 Що таке абстрактна модель?
- 8 У чому полягає приблизність мовних моделей?
- 9 Що таке математична модель?
- 10 Що таке пряма та побічна подібність?
- 11 Що таке умовна подібність моделі?
- 12 У чому полягає різниця між поняттями кінцевість, спрощеність та наближеність?

кінцевість - подібність в ступені

Теми рефератів

- 1 Основні принципи створення моделей [14], [17], [22].
- 2 Проблема відповідності між моделлю і дійсністю [14], [17], [19].

3.1 Призначення системи

Основним поняттям теорії систем, кібернетики, системного підходу, системного аналізу є поняття системи. Багато авторів, аналізуючи це поняття, розвивали визначення системи до різних ступенів формалізації. Наприклад, Уйомов зібрав 35 різноманітних визначень системи [17].

Визначення - це мовна модель системи. А те, що це модель, пояснює численність визначень. По-перше, багато синонімів - багато моделей. Різне мовне середовище (наприклад, філософське і математичне визначення системи) через інгерентність моделі також зумовлює видозмінення визначення.

По-друге (і це головне), відмінності цілей і вимог до моделі приводять до різних визначень.

Як уже зазначалося, будь-яка діяльність людини має цілеспрямований характер. Найбільш чітко це видно на прикладі трудової діяльності.

Вся діяльність спрямована на вирішення проблеми, на досягнення поставленої мети. Це зусилля, спрямовані на відбір з навколишнього середовища об'єктів, властивості та взаємодії яких можна використати. Те, що створюється внаслідок такої роботи, і називають системою. Іншими словами, *система є засіб досягнення мети*. Це і є перше визначення системи.

Проблемність існуючого стану усвідомлюється не одразу. Спочатку з'являється відчуття, що щось тут негаразд, потім усвідомлюється потреба в змінах, після цього визначається проблема і, нарешті, формулюється мета. *Мета - це суб'єктивний образ (абстрактна модель) не існуючого, але бажаного стану середовища, при якому буде вирішена утворена проблема*.

Цілі, що ставить перед собою людина, рідко досяжні тільки за рахунок її власних можливостей або засобів, наявних у неї на

даний момент. Такий збіг обставин називається проблемною ситуацією.

Прикладом такої ситуації, що вимагає створення АСУ, є випадок, коли звичайні засоби збирання і перероблення інформації не забезпечують необхідної повноти і швидкості її обробки, що значно знижує якість управлінських рішень.

Дуже складно сформулювати мету так, щоб відповідність між метою і системою була очевидною. Для системи „телебачення” можна сформулювати мету таким чином: „Передати зорову інформацію у звуковому супроводі на великій відстані практично миттєво”. Тільки слова "практично миттєво" у наведеному прикладі відрізняють мету телебачення від мети кіно або пересилання відеокасет.

Мета системи „міський транспорт” може бути такою: „Забезпечити швидке переміщення великої кількості людей за їх бажанням у межах міста”. У цьому прикладі мета міського транспорту сформульована надто грубо. Потрібно буде зробити багато доповнень, щоб відбити його маршрутність.

Одна із причин подібних труднощів полягає у тому, що між метою (абстрактною моделлю) і реальною системою немає і не може бути однозначної відповідності. Для досягнення заданої мети можуть бути обрані різні засоби (системи). З іншого боку, задану реальну систему можна використати і для інших цілей, прямо не передбачених при її створенні (наприклад, дії армії у момент стихійного лиха).

Дуже обережно, ретельно, продумано слід підходити до формулювання мети ще не існуючих, а тільки створюваних систем. Звичайно мета уточнюється, змінюється і доповнюється.

Проте все це не суперечить першому визначенню системи. Система є засіб досягнення мети, засіб вирішення проблеми, "без проблеми немає системи".

Інший аспект першого визначення системи полягає в його конструктивності. Воно не тільки відповідає на питання "навіщо потрібна система?", але і орієнтує при вирішенні, який об'єкт із навколишнього середовища слід включити до складу системи.

Перегудов Ф.І. [17] вважає, що система є тінню мети на середовищі.

У розглянутому вище визначенні системи зроблено акцент на її призначенні, а про її будову не говориться нічого. Для повної і точної характеристики конструкції системи слід розвивати наявні відомості так, щоб у результаті отримати більш зручну форму. Перейдемо від першого визначення системи до його візуального еквівалента.

По-перше, в наведеному визначенні нічого не йдеться про внутрішню будову системи, тому її можна зобразити у вигляді непрозорої або "чорної скриньки", виділеної з навколишнього середовища (рис.3.1). Це відбиває дві важливі властивості системи: цілісність і наявність зовнішньої оболонки.

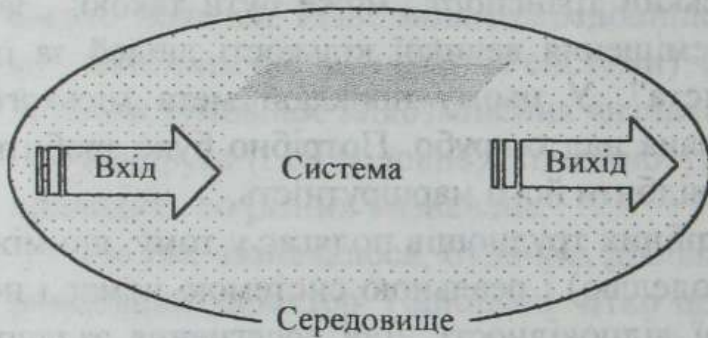


Рисунок 3.1 - Відображення системи у вигляді чорної скриньки

По-друге, у визначенні системи побічно йдеться про те, що хоча "скринька" і має оболонку і вона виділена з середовища, проте не є повністю від нього ізольованою. Адже досягнення мети - це заплановані заздалегідь зміни

у навколишньому середовищі. Інакше кажучи, система зв'язана з навколишнім середовищем і за допомогою цих зв'язків впливає на нього. Зобразимо зв'язки у вигляді стрілки, спрямованої від системи у середовище. Ці зв'язки називаються виходом системи. Вихід системи у графічному відображенні відповідає слову "мета" у словесній моделі (першому визначенні) системи.

У визначенні є вказівка і на наявність зв'язків іншого типу. Система є засобом, тому повинні існувати і можливості її використання, впливу на неї, тобто такі зв'язки з середовищем, які спрямовані ззовні у систему. Ці зв'язки також можна зобразити у

вигляді стрілки, спрямованої із середовища у систему. Це вхід системи.

У результаті маємо графічне відображення системи, що отримало назву чорної скриньки. Ця назва підкреслює повну відсутність відомостей про її внутрішню будову. Для багатьох споживачів прикладом може бути телевізор. Маємо входи (шнур для електроживлення, антена, перемикачі) і виходи (екран, звук). Що там у середині цього ящика ніхто, крім телемайстрів, не знає.

Множину входів можна записати як $x_i \in X, i=1, \dots, n$, а множину виходів як $y_j \in Y, j=1, \dots, m$. Головною причиною численності входів і виходів у чорній „скриньці” є те, що всяка реальна система, як і будь-який об'єкт, взаємодіє з об'єктами навколишнього середовища необмеженою кількістю засобів. Причому частина входів може бути відомою, а частина невідомою. Із тих, що відомі, частина - керовані, а частина - некеровані. Серед виходів також є такі, про вплив яких на довкілля добре відомо, а є і такі, що про них нічого не відомо або відомо тільки те, що вони є. Все це досить ускладнює побудову системи у вигляді чорної „скриньки”. Бо відповідь на питання про те, скільки і що саме слід включити до входу та виходу, не проста і не завжди однозначна. Із безлічі зв'язків відбираємо кінцеве їх число для включення у множини входів і виходів. Критерієм відбору при цьому є цільове призначення системи. Те, що важливе (стосовно мети), включається у множину, те, що несуттєве, - не включається. Саме тут можливі помилки.

У більшості випадків повинна існувати множина цілей. Серед них є головна. Досягнення тільки головної мети недостатньо, бо невиконання додаткових цілей може зробити непотрібним або навіть шкідливим і небезпечним досягнення основної мети. Наприклад, при створенні засобів боротьби із сільськогосподарськими шкідниками можна отруїти людей і тварин.

Проте система у вигляді чорної „скриньки” часто виявляється не тільки дуже корисною, але у ряді випадків єдино можливою при вивченні об’єкта. Наприклад, при дослідженні технологічних процесів, без повної фізичної моделі стружкоутворення, не можна побудувати адекватну математичну модель впливу параметрів режиму різання на показники якості поверхні деталі.

3.2 Будова системи

Очевидно, що питання внутрішньої будови системи неможливо вирішити за допомогою моделі чорної „скриньки”. При розгляді будь-якої системи передусім виявляється, що її цілісність і відокремленість (відображені у чорній скриньці) виступають як зовнішні властивості. Внутрішність „скриньки” виявляється неоднорідною, що дозволяє розрізняти будову самої системи. Вона складається із певних частин.

Деякі частини системи також можуть бути розбиті на складові і т. д. Ті частини системи, які розглядаються як неподільні, називаються *елементами*. Частини системи, що мають більш ніж один елемент, називаються *підсистемами*. У результаті одержується перелік частин системи (декомпозиція), що описує, з яких підсистем і елементів вона складається. Система обмежується ззовні оболонкою, а з середини елементами. Як ця оболонка, так і межа подрібнення на підсистеми визначаються метою побудови системи, отже не мають абсолютного характеру.

Як у системи, у підсистем і елементів, з яких вона складається, є свої цілі. Цілі нижчих рівнів декомпозиції підпорядковані цілям вищих рівнів. Так виникає *ієрархія цілей*. Цілі різних рівнів декомпозиції можуть зовсім не збігатися з цілями всієї системи.

Позначивши елементи як r , можна записати склад системи: $r_i \in R, i=1, \dots, n$. Визначення складу системи тільки на перший погляд здається простою справою. Якщо дати різним експертам

завдання визначити склад однієї і тієї ж системи, то результати їх роботи будуть відрізнятися.

Причин для цього декілька. У різних експертів може бути різним рівень знань про об'єкт. По-різному може визначатися поняття елементарності. Те, що з однієї точки зору є елементом, з іншої - виявляється підсистемою і підлягає подальшому розподілу. Для різних цілей один і той же об'єкт поділяється на різні частини. Наприклад, один і той самий завод для директора, головного бухгалтера, начальника пожежної охорони складається з цілком різних підсистем. Те, що для одного обов'язково ввійде у систему, може зовсім не цікавити іншого. І, нарешті, всякий розподіл цілого на частини, всяке ділення системи на підсистеми є відносним, умовним. Наприклад, гальмівну систему автомобіля можна віднести або до ходової частини, або до підсистеми управління. Іншими словами, кордони між підсистемами умовні, відносні.

Проте це не означає, що сама система або її будова нереальні. Мова йде не про різні системи, а про різні відображення системи.

Для досягнення ряду практичних цілей недостатньо мати всі елементи системи. Щоб отримати автомобіль, мало мати ящик зі всіма його окремими деталями. Необхідно ще правильно з'єднати усі деталі між собою або встановити між елементами певні зв'язки чи відношення: $e_j \in E, j=1, \dots, m$. Сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети відношень між елементами і самі елементи називається *структурою* системи.

Структуру системи можна подати у вигляді схеми, на якій позначені елементи і зв'язки між ними (рис.3.2)

Структура відбиває тільки кінцеве число зв'язків і елементів, які з якоїсь причини істотні щодо встановленої мети. Наприклад, при розрахунку коробки подач верстата не враховуються сили взаємного тяжіння деталей, хоча такі сили об'єктивно існують. Між ріжучим інструментом і деталлю виникає різниця потенціалів. І це явище довгий час обговорюється як суттєве при визна-

ченні стійкості інструмента. Тому структура системи забезпечення надійності технологічного процесу може містити таку взаємодію, а може не містити.

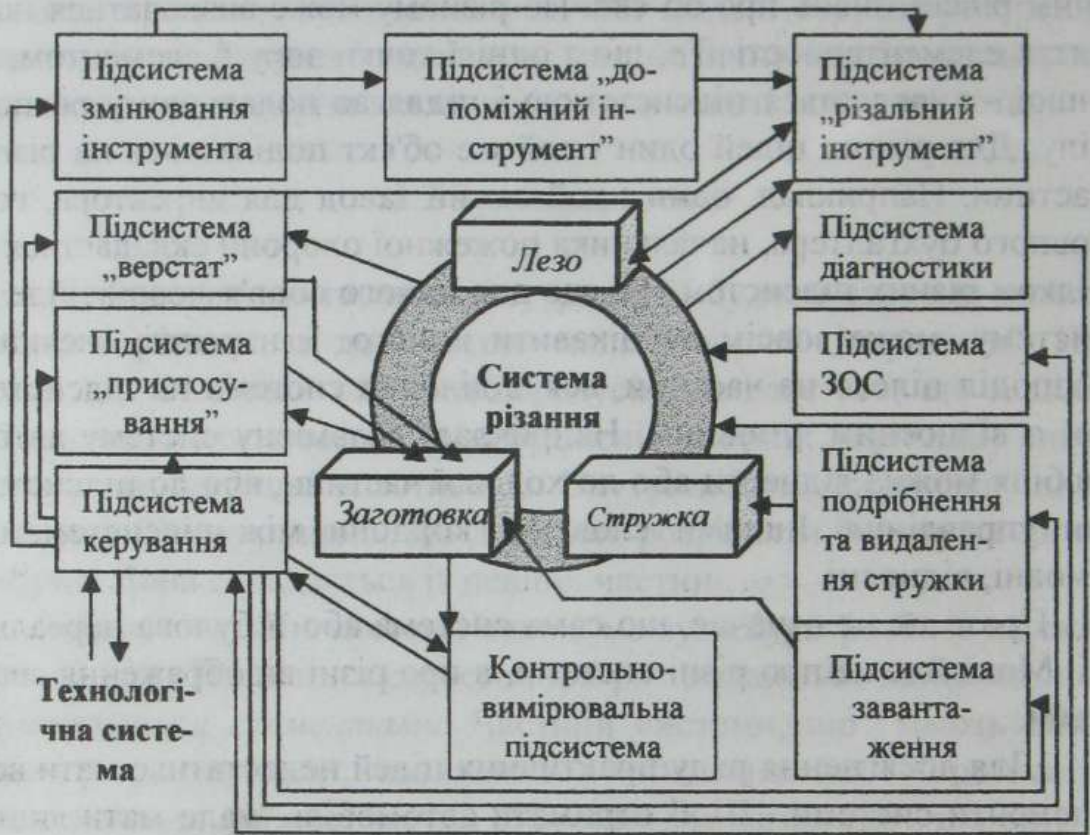


Рисунок 3.2 - Структура металорізального комплексу

Підсумовуючи все сказане про структуру, можна дати визначення системи через її будову: *система - це сукупність взаємодіючих елементів, відокремлених від середовища і взаємодіючих з ним як одне ціле.*

Спрощена схема системи називається графом. Граф складається із позначок елементів довільної природи, що називаються вершинами, і позначок зв'язків між ними, що називаються ребрами.

На схемі вершини зображаються у вигляді точок або кіл, ребра - у вигляді ліній (рис.3.3). Часто буває необхідно показати

напряму впливу між елементами. У таких випадках лінію, що зображає ребро, заміняють стрілкою. Якщо напряму впливу не визначений, то граф називається неорієнтованим, за наявності стрілок - орієнтованим. Одна пара вершин може бути з'єднана будь-якою кількістю ребер, вершина може бути з'єднана сама з собою (тоді ребро називається петлею). Якщо вершина з іншими не з'єднана, то вона називається ізольованою. За допомогою графів є можливість

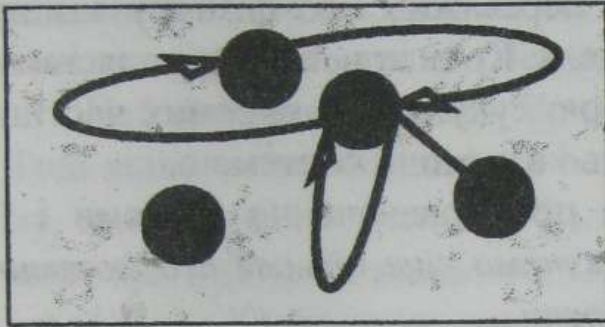


Рисунок 3.3 - Зображення графу

досліджувати системи з різноманітними структурами. Існує теорія графів.

Аналіз визначень моделі і системи (табл.3.1) показує, що це різні мовні конструкції одного і того ж поняття.

Таблиця 3.1 – Визначення моделі і системи

	Модель	Система
1	Допоміжний засіб, об'єкт, який у певній ситуації замінює другий об'єкт	Засіб досягнення мети
2	Результат інтерпретації першої моделі у термінах та образах іншої	Сукупність взаємопов'язаних елементів, відокремлена від середовища і взаємодіюча з ним як єдине ціле
3	Цільове відображення оригіналу, узгоджене з середовищем, у якому буде функціонувати	Цільове суб'єктивне відображення об'єктивної дійсності
4	Системне відображення оригіналу	Тінь мети на середовищі

І модель, і система цілеспрямовані, відокремлені від середовища оболонкою і взаємодіють з ним, відображають якийсь об'єкт. Як краще назвати засіб, який використовується для відображення об'єктів, залежить від його призначення і використання. Наприклад, якщо мова йде переважно про фізичну заміну одного об'єкта іншим, то це модель. Коли ж необхідно пояснити або вивчити взаємодії між певною сукупністю окремих частин, тоді краще назвати цю сукупність і взаємодії системою.

Підсумовуючи вищесказане про призначення системи і її будову, можна зазначити, що *система - це цільове суб'єктивне відображення об'єктивної дійсності.*

3.3 Класифікація систем

Найважливішим етапом системного аналізу є класифікація системи, яка досліджується. Вона виконується з урахуванням максимально можливої кількості знань (на перший погляд тривіальних) про об'єкт. Це дозволяє вибрати правильну стратегію аналізу. Будь-яка система уявляється цілісною і відокремленою щодо навколишнього середовища. Її склад звичайно не однорідний, що дозволяє розчленувати її на складники, а ті, в свою чергу, на більш дрібні частини. Звичайно, ті частини, що для даної системи вважаються неподільними, називають елементами. На характер елементів і тип системної цілісності немає жодних обмежень. Елементи можуть бути матеріальними об'єктами або ідеальними конструкціями. Системні дослідження містять велику частку суб'єктивізму. Це пов'язане з тим, що потрібно самому досліднику виділяти елементи і вирішувати, як вони взаємодіють між собою і з оточенням. Тому навіть класифікація систем є досить складним завданням. А класифікація необхідна для того, щоб підібрати один із відомих засобів для її аналізу. Найбільш вірогідні результати одержуються при використанні у ході аналізу математики (функціональний аналіз, чисельні засоби і т. ін.), але разом з тим можливе застосування логічного апарату.

У відповідності до наведеної Ф.І.Перегудовим та Ф.П.Тарасенко класифікації [17] системи поділяються на відкриті і замкнуті (рис. 3.4). Вважається, що система *замкнута*, якщо її властивості зберігаються при зміні умов у навколишньому середовищі. Це усталена система, що зберігається навіть при впливові зовнішніх збуджень (Черчмен, [15]).

Хай існують системи X_1, X_2, \dots, X_i і деякий елемент $x_j \in X_k$. Тоді відношення еквівалентності $G_1(x_j, x_k)$ задає нову підмножину, що міститься у системі X_k : $X_j(G_1) \in X_k$, і містить даний елемент $x_j \in X_j(G_1)$. Відношення G_1 вказує, про яку саме з усіх систем (X_1, \dots, X_i) йдеться, тому що вона містить $X_j(G_1)$. М.Месарович [11] вважає систему замкнутою, якщо відношення G_1 (або деяка послідовність відношень) однозначно визначає один елемент у множині $X_j(G_1)$. Наявність таких відношень дозволяє запровадити керування системою.



Рисунок 3.4 - Класифікація систем

Т.К.Сиразетдинов відзначає, що неусталених систем у природі не існує, це уявні системи [20]. Тоді слід пом'якшити вимоги [15] до визначення замкнутості, і *замкнутою* може вважатися не тільки така система, що містить елементи і їх взаємодії, які не

піддаються впливу ззовні, але і система з такими елементами, які мало піддаються такому впливу і при цьому беруть участь у досягненні мети системи. В іншому випадку - система *відкрита*.

Властивість системи зберігати заданий їй рух або урівноважений стан при дії малих збуджень називається *усталеністю*. Якщо неусталений процес спостерігати не можна, то усі технічні системи, що повинні існувати на певному відрізку часу $[\tau_0, T]$, в тому чи іншому ступені усталені. За А.М.Ляпуновим стан системи усталений [20], якщо для будь-якого заданого як завгодно малого позитивного числа можна назвати таке позитивне число $\delta = \delta(\varepsilon)$, яке залежить тільки від ε , що для всіх початкових відхилень

$$x_i(\tau_0) < \delta(\varepsilon) \quad (i=1, 2, \dots, n),$$

в будь-який момент часу $\tau > \tau_0$ виконується нерівність

$$x_i(\tau) < \varepsilon \quad (i=1, 2, \dots, n).$$

Багато технічних систем існує у порівняно малому проміжку часу і під впливом великих збуджень. Відрізок часу $[\tau_0, T]$ у визначенні сталості означає обмежений, але досить тривалий час. Тому усталеність реальних систем, на відміну від теоретичного визначення, все-таки виявляється в умовах досить великих постійно діючих збуджень кінцевого інтервалу часу.

Наприклад, якщо процес різання спостерігається, то і система, що його створює, повинна бути усталеною (тобто замкнутою). Але при цьому накладені обмеження на зовнішні збурення. Більш того, особливістю процесу різання є те, що встановити розумні межі на параметри зовнішніх збурень (при яких система різання замкнута) зовсім не важко. Однак зовнішні чинники істотно впливають на інтенсивність зношення леза, що, в кінцевому підсумку, і визначає період існування системи різання. При цьому найголовнішою проблемою стає оптимізація зовнішніх чинників. Все це доводить, що система різання – замкнута система.

Системи бувають *матеріальними* і *ідеальними* (див рис. 3.4). Ідеальна конструкція будується засобами мислення. Відображається у вигляді тексту, математичних формул.

Матеріальна конструкція - це реальне відображення, що може бути прямим, побічним і умовним.

Пряма подібність системи (моделі) - це масштабові макети.

Побічна подібність системи - це збіг її поведінки з об'єктом, елементи і їх взаємодії якого підкоряються цілком іншим фізичним законам. Рух електричного струму можна моделювати рухом рідини по трубопроводам. Відома електромеханічна аналогія процесу різання С. С. Сіліна [19].

Система може бути *умовно подібною* до об'єкта. Це, наприклад, сигнали з приладів, які реєструють сили різання, температуру, зношення леза. Умовно подібна система є засобом втілення абстрактної системи.

Системи можуть відображати штучні, природні і змішані об'єкти. Елементи і їх взаємодії можуть бути описані якісно або кількісно. Системи можуть керуватися ззовні, бути самокеровані і з комбінованим керуванням.

Системи поділяються на *статичні* і *динамічні* (див рис. 3.4). Структура системи відображає її у деякий момент часу, є немов би фотографією. У цьому сенсі система може бути названа статичною, що підкреслює її непорушний, незмінний характер. Але дослідження системи полягає у тому, щоб зрозуміти і описати, як вона "працює", що відбувається у ній самій і з навколишнім середовищем у ході реалізації поставленої мети. Очевидно, що і підхід до опису, і ступінь подробиць опису процесів, що відбуваються, повинні відбивати поведінку системи, послідовність етапів, причинно-наслідкові зв'язки.

Системи, в яких з часом відбуваються зміни, називаються *динамічними*. Поняття "динамічний" використане як ознака будь-яких змін в часі.

Розрізняють два типи динаміки системи: функціонування і розвиток. *Функціонування* - це процеси, які відбуваються у системі (і в її оточенні) при стабільній реалізації поставленої мети

(годинник, міський транспорт, кінотеатр, верстат, навчальний заклад).

Розвиток - це те, що відбувається з системою при зміні її мети. Характерною рисою розвитку є той факт, що існуюча структура перестає відповідати новій меті і для забезпечення нової функції потрібно змінювати структуру.

Стани розвитку і функціонування не виключають один одного. При реконструкції одного цеху інші функціонують, завод у цілому розвивається. Навіть при докорінній перебудові системи якісь елементи і навіть підсистеми старої структури можуть продовжувати функціонувати у новій по-старому. Можливі і такі системи, для функціонування яких деякі їх підсистеми повинні бути постійно у стані розвитку.

Структура динамічної системи означає, що елементи та їх взаємодії залежать від часу, тобто мають тимчасовий характер: $r_i(\tau) \in R, i=1, \dots, n; e_j(\tau) \in E, j=1, \dots, m$. Динамічна система - будь-яка система, що може набирати різноманітних математичних форм [4].

Прикладом такого математичного подання динамічної системи є трійка $S=\{E,R,T\}$ [22], де T - множина відрізків часу, $\tau_k \in T, k=1, \dots, p; R$ - множина елементів; E - множина взаємодій, або поведінка системи, що сумісна із законами, керуючими динамічною системою.

Розглядаючи вихід $y(\tau)$ системи (це може бути вектор) як її реакцію на керовані $u(\tau)$ та не керовані $v(\tau)$ входи $x(\tau)=\{u(\tau), v(\tau)\}$, можна вважати $y(\tau)$ результатом деякого перетворення Φ процесу $x(\tau)$, тобто $y(\tau)=\Phi(x(\tau))$. Чорна „скринька” припускає, що це перетворення невідоме. У тому ж випадку, коли вона перетворюється на білу „скриньку”, відповідність між входом і виходом можна описати тим або іншим засобом.

Технічні системи інерційні, тобто не можуть бути переведені в інший стан миттєво. І ще, реальні системи підпорядковані

принципу причинності. Згідно з цим принципом відгук системи на деякий вплив не може початися раніше від самого впливу.

Нехтуючи цим принципом та не враховуючи інерцію розвитку систем, витрачено багато зусиль на створення технічних пристроїв, які були б здатні визначити і відреагувати на критичне зношення інструменту. Відомо, що механізм руйнування уявляється як процес утворення магістральної тріщини. Спочатку відбувається переміщення окремих дислокацій або їх невеликих груп. Після цього при зростанні деформуючого зусилля з'являються колективні дислокаційні ефекти, що викликає утворення мікротріщин. Час їх зародження складає $10^{-6} - 10^{-7}$ с. [16]. Зрозуміло, що ніякі механічні пристрої не здатні за такий короткий проміжок часу зупинити верстат. Проведені дослідження якихось специфічних фізичних ефектів, які б передували руйнуванню, не виявили.

Ця умова очевидна для реальних систем, зовсім не автоматично виконується у рамках математичних моделей. Наприклад, маючи опис процесу у вигляді математичного виразу, можна прогнозувати результат того чи іншого впливу на систему.

Поведінка системи може бути *стохастичним* процесом $\{E(\tau, w), \tau \in T, w \in W\}$, сімейством випадкових величин, що є функцією часу. Для фіксованого моменту часу $E(\tau_0, w)$ є випадковою величиною, а для фіксованого параметру взаємодії системи із зовнішньою середою $E(\tau, w_0)$ - функція часу [21].

Існують системи з тертям і без тертя [4]. При терті існує аттрактор, тобто асимптотична межа (при $T \rightarrow \infty$) рішень, на які прямо не впливають початкові умови. У механіці такі системи відомі як *дисипативні* (поглинаючі енергію). Системи без тертя називаються консервативними, або гамільтоновими.

Тоді, вертаючись до прикладу із системою різання, можна сказати, що вона (див. рис. 3.4) замкнута, матеріальна, динамічна, стохастична, дисипативна. Використання методології системного аналізу забезпечує високий ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Контрольні запитання

- 1 Як система співвідноситься з метою?
- 2 Що таке мета?
- 3 Що таке „чорна скринька“?
- 4 Що таке вхід і вихід системи?
- 5 Що таке елементи і підсистеми?
- 6 Як виникає ієрархія цілей?
- 7 Що таке структура системи?
- 8 Як визначити систему через поняття структури?
- 9 Що таке спрощена схема системи?
- 10 Яке відношення має система до об'єктивного оточення?
- 11 Яка різниця між поняттями модель і система?
- 12 Для чого необхідна класифікація систем?
- 13 Що означає замкнутість і відкритість системи?
- 14 Що таке стохастичний процес?
- 15 Що таке аттрактор дисипативної системи?

Теми рефератів

- 1 Система і об'єктивна дійсність [5], [17], [23].
- 2 Будова систем і їх графічне зображення [17], [22].
- 3 Класифікації систем [11], [17].

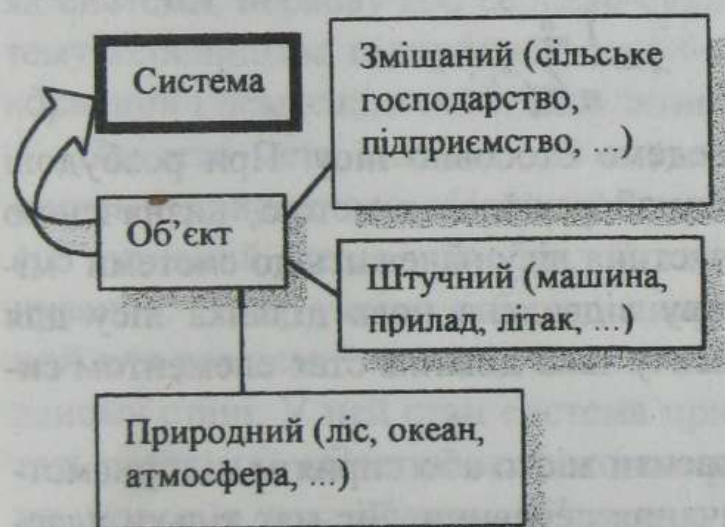
ВІДОБРАЖЕННЯ ШТУЧНИХ І ПРИРОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

4. 1 Системи і об'єкти

Одна із основних ознак системи полягає в її структурованості, у доцільності зв'язків між її елементами. Це зрозуміло і очевидно, коли йдеться про системи, створені людиною. Але виникає багато питань, коли мова стосується реальних природних об'єктів. Для досягнення яких цілей функціонують живі організми, хто ці цілі поставив?

Доцільність природи можна пояснити існуванням деякого надлюдського розуму. Але можна також стверджувати, що ми самі із нескінченного хаосу вибираємо і закріплюємо за докільням якісь (зовсім не притаманні йому) цілі.

Ця невизначеність легко вирішується, якщо згадати, що система - це створений людиною інструмент для пізнання світу, що



система - це суб'єктивне відображення об'єктивної дійсності (рис.4.1). Можлива класифікація систем за їх призначенням - вони відображають штучні, природні, змішані об'єкти.

Тобто системи завжди є штучними витворами. Системи, які відображають природні об'єкти,

Рисунок 4.1 - Системне відображення об'єктів

створені людиною за цілями нею ж і поставленими. Людство в оточенні нескінченності, тобто хаосу. Цими питаннями займа-

ється філософія. Можна тільки визначити, що таке діалектика, але не можна збагнути неосяжного. Тому використовується обмежене поняття діалектики або прикладна діалектика – системний аналіз.

Показовою є аналогія дослідження нескінченності через кінцеві знання у математиці. В теорії ймовірності є таке поняття, як математичне сподівання. Воно може бути визначене тільки у результаті нескінченного числа операцій n (дослідів, вимірювань). Математичне сподівання безперервної ймовірної величини - це визначений інтеграл від добутку щільності ймовірності $\varphi(x)$ і дійсної змінної x , взятій у межах від $-\infty$ до $+\infty$:

$$M\{x\} = \int_{-\infty}^{+\infty} x\varphi(x)dx.$$

Але ж сутність цього поняття відповідає середньому арифметичному, яким дуже часто користуються при розв'язанні практичних задач, $M\{x\} \approx \bar{x}$.

Середня арифметична величина визначається за формулою

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Ще один приклад наведемо стосовно лісу. При розбудові нового міста частина лісу збережена з метою, визначеною проектувальниками. І ця частина лісу належить до системи "місто". Якомусь підприємству відведена нова ділянка лісу для вирубування. З цього моменту така ділянка стає елементом системи "підприємство".

Ліс не має мети прикрасити місто або сприяти підприємству виконати план з постачання деревини. Ліс має тільки властивості, знання і використання яких дасть можливість усім цим системам досягнути своїх цілей. У лісу є ще дуже багато (нескінченно багато!) властивостей, які, будучи пізнаними, потенційно можуть бути використані для створення інших систем.

Подібне міркування стосується будь-якого об'єкта. Тому не слід плутати справді об'єктивні властивості природи і конкретні знання про них на сучасному етапі.

Можуть існувати системи з невідомими нам метою і структурою (деякий прилад, призначення якого невідоме). Тоді виникає завдання вивчення цих систем. А може виникнути завдання створення системи для дослідження якогось явища. Закони природи, які забороняли б створення штучного інтелекту невідомі. Тому на сучасному рівні знань досягнення цієї мети не виключене, але і не гарантоване.

Використання спеціальних засобів для аналізу систем - одна з актуальних проблем всієї теорії систем. Ряд таких засобів вже створений, інші ще тільки розробляються і удосконалюються, треті ще чекають своїх творців.

Оскільки такі засоби вже є, то чому б не застосувати їх до дослідження складних об'єктів як існуючих незалежно від людини, так і створених самими людьми? Можна вивчати рослини як системи, нервову або серцево-судинну системи людини, систему керівництва підприємством і т. і. Такий підхід практично корисний і немає підстав відмовлятися від нього.

Поняття мети спільне для системи штучного об'єкта і для системи природного об'єкта. Мета системи була визначена як суб'єктивний ідеальний образ бажаного результату її функціонування. Тепер уявімо собі, що минув термін, який був відведений для реалізації мети, і система опинилася у деякому реалізованому стані. У цей стан система прийшла об'єктивно у результаті реалізації об'єктивних закономірностей. Іншими словами, *ми можемо розглядати суб'єктивну мету і об'єктивний стан при її реалізації.*

4.2 Відмінність між великими і складними системами

Терміни "велика" і "складна" система остаточно ще не визначилися. Їх використовують як синоніми, дехто вважає, що різниця між ними кількісна, або пов'язує складність з деякими осо-

блiвостями самих систем. Але якщо можливі такі словосполучення, як: мала і проста система, велика але проста система, мала і складна система, велика і складна система, - то це поняття різні. Характеристика складності досить суб'єктивна. Єдиною специфічною особливістю складних систем є те, що наше знання про них обмежене. Кодовий замок простий для того, хто знає код, кожній людині іноземна мова уявляється більш складною, ніж рідна. Щоб система із складної перетворилася у просту, необхідно з'ясувати конкретну причину складності, отримати про неї додаткову інформацію. *Складною є така система, про яку не вистачає інформації.* Можна, якщо це ефективно і можливо, змінити мету системи. Поки що єдиної кількісної міри складності визначити не вдалося і навряд чи вдасться, зважаючи на суб'єктивність цього поняття.

4.3 Засоби керування системами

Можна будувати різні класифікації систем відповідно до розміщення засобів керування і методів його здійснення. Засоби керування поділяються на такі, коли керуючий блок входить у систему, і такі, коли він є зовнішнім щодо неї. Управління буває розподілене - частково здійснюється ззовні, а частково - всередині самої системи.

Незалежно від того, включений у систему керуючий блок чи винесений з неї, можна виділити чотири основних типи засобів управління. Вони розрізняються за ступенем відомостей про траєкторію руху системи до мети і за можливістю утримувати систему на цій траєкторії.

Перший (найпростіший) випадок має місце тоді, коли потрібна траєкторія відома точно, а отже, апіорі відоме і правильне керування $u_0(\tau)$. У такому випадку це керування можна здійснювати, незважаючи на розвиток подій, адже і так наперед все відомо. Постріл з рушниці, робота ЕОМ за програмою, користування телефоном-автоматом є прикладами такої ситуації. Таке керування $u_0(\tau)$ без зворотного зв'язку (тільки за апіорною

інформацією) приводить до досягнення мети лише тоді, коли все буде відбуватися саме так, як визначає задана траєкторія

$$T = (x_0(\tau) = \{u_0(\tau), v_0(\tau)\}, y_0(\tau)).$$

Частіше виявляється, що процеси на некерованих входах $v_0(\tau)$ відрізняються від передбачуваних, або істотним виявляється вплив невідомих входів, і система відхиляється від потрібної траєкторії. Нехай є можливість спостерігати поточну траєкторію $y(\tau)$, знаходити різницю $y(\tau) - y_0(\tau)$ і визначати додаткове до програмного керування, яке у найближчому майбутньому поверне виходи системи на потрібну траєкторію. Такий метод керування називається *регулюванням*. Це дії робітника при керуванні верстатом, регулятор Уатта, автопілот

Наступний метод виникає у зв'язку з необхідністю керування в умовах, коли або неможливо задати опорну програмну траєкторію на весь період часу, або відхилення від неї настільки велике, що неможливо повернутися на неї. Тому необхідно спрогнозувати поточну траєкторію $y(\tau)$ і визначити, перетне вона чи ні цільову область Y . Керування полягає у *настроюванні параметрів* системи до того часу, поки такий перетин не буде забезпечений. Прикладами такого керування є процеси пристосування живих організмів до змінних умов життя, робота пілотів і водіїв, адаптивні і автоматизовані системи керування.

Іноколи може виявитися, що траєкторія керованої системи ніколи не перетне цільову область. Це означає, що мета для даної системи недосяжна. Але, можливо, вона досяжна для іншої системи? Це ще один метод керування: змінювати структуру системи у пошуках такої, при якій можливе влучання у цільову область. Ці нові системи створюються не цілком довільно, а у відповідності до наявних ресурсів. Таке керування називається *структурною адаптацією*. Прикладами реалізації означеного керування є гнучкі автоматизовані виробництва, обчислювальні мережі, сільськогосподарські машини зі змінними навісними і причіпними знаряддями, мутації організмів у процесі природного відбору, зміни в управлінні підприємством. Отже, методи

керування також можна відобразити як систему і досліджувати їх за допомогою системного аналізу. Це системи впливу на інші системи. Поширеними на підприємствах і в організаціях стали системи управління якістю. Така система повинна відповідати вимогам стандарту ISO, що підтверджується відповідним сертифікатом.

4.4 Якість системи і ресурси керування

Керування системою $u_0(\tau)$ знаходять за допомогою відбору серед можливих керувань та порівняння за якимись критеріями наслідків застосування кожного з них. Визначити ці наслідки і порівняти їх іноді буває набагато краще на спрощеній системі. Систему потрібно не тільки втілити в якомусь реальному вигляді, але і забезпечити, щоб вона дозволяла одержувати рішення потрібної якості і до потрібного моменту часу (рішення стає не потрібним, якщо воно з'являється пізніше, ніж це необхідно).

Матеріальні об'єкти, з яких складають конкретну систему, називаються ресурсами. Наявні ресурси не завжди дозволяють забезпечити повне виконання цих умов. Бувають принципово різні ситуації у залежності від того, наскільки забезпечене управління ресурсами. Енергетичні витрати на дослідження керування на моделі системи звичайно настільки малі, що на них просто незважають. Однак можливі випадки, коли модель споживає стільки ж енергії, як і досліджувана система (наприклад, дублери космічних апаратів).

Тому рівні спрощеності системи і повноти відображення об'єктів визначаються згідно зі стандартним визначенням якості – здатністю задовольняти вимоги споживача. Це і є оцінка якості системи. Якість системи забезпечена, якщо при мінімальних витратах ресурсів вона дозволяє досягнути поставленої мети.

4.5 Управління виробництвом продукції

Будь-яку компанію можна розглядати як складну систему. Ця система або відповідно до визначення Т.Конті [7] „організаційна архітектура” охоплює формальну структуру, визначення методів роботи, неформальну організаційну структуру, методи і стилі менеджменту, що дозволяють організації функціонувати як соціальний організм і колектив людей, об'єднаних загальними цілями, та означає, що компанія організовує свої зусилля. Це погляд на організацію як на динамічну соціально-технічну систему, що взаємодіє із середовищем, у якому вона працює. У подібній системі взаємини між людьми, організаційними підсистемами і процесами мають однаково важливе значення (у цьому полягає цілісність системи).

Система компанії складається із системних факторів (рис.4.2). Системні фактори є важливими або для здійснення місій та досягнення пов'язаних з ними цілей, або для покращання результатів, коли вони незадовільні чи мають потребу у покращанні.

Основні системні фактори такі: лідерство – „мотор” для руху організації до намічених цілей; стратегії та плани; людські ресурси; організаційні архітектури підрозділів; технічні, фінансові та інформаційні ресурси. Фактично - *це сукупності підсистем та елементів*, на які, при системному підході, можна розподілити компанію. Відомо, що елементи, які належать до однієї системи, можуть бути матеріальними і нематеріальними, мати різну розмірність.

Усі результати досягаються за рахунок процесів. Їхня ефективність, дієвість та гнучкість у досягненні цілей залежать від широкого кола факторів, що утворюють систему компанії. Категорія „процеси” поєднує конкретні види робіт, виходами яких є результати, що відповідають цільовій ієрархії. *Процеси - це взаємодії між елементами та підсистемами*. Процеси являють собою сферу, де самі роботи і послідовні результати цих робіт можуть бути вимірними.

Оскільки компанія може оцінити себе тільки через процеси (а можливо, і через продукти, які є результатами цих процесів), вимірювання процесів необхідне, щоб прогнозувати якість результатів і не викликати незадоволеність споживача та зацікавлених груп.



Рисунок 4.2 - Структура компанії

Здатність пристосуватися безпосередньо пов'язана з динамічною корпоративною культурою і здатністю до безупинного навчання. Організація повинна вміти сприймати і передавати керівництву ідеї та пропозиції від кожного працівника компанії. У свою чергу, вище керівництво повинно бути відкритим до сприйняття ідей, заохочувати внутрішнє обговорення та використовувати отримані при цьому висновки як основу для систематичного критичного аналізу стратегії компанії. Тому необхідна самооцінка діяльності.

Мета самооцінки – зібрати вихідні дані для планування покращень (зворотний зв'язок), які дозволяють привести у відпові-

дність можливості компанії з її поточними завданнями, цілями і стратегіями. Самооцінка являє собою оцінки та висновки, зроблені експертами, результати інтерв'ювання чи опитувань працівників стосовно критеріїв або моделей поведження, що повинні бути чітко визначені (внутрішній аудит).

Отже, можна сказати, що керуючий блок знаходиться у середині компанії. До такої складної структури застосовуються усі чотири основні типи методів керування: без зворотного зв'язку, регулювання, настройки параметрів, структурної адаптації.

Контрольні запитання

- 1 Які об'єкти відображають системи?
- 2 Що таке прикладна діалектика?
- 3 Що таке складна система?
- 4 Як розміщуються засоби керування відносно системи?
- 5 Які є методи керування системами?
- 6 Що таке ресурси управління?
- 7 Як оцінити якість системи?
- 8 Що таке „організаційна структура” компанії?
- 9 Що означає термін „процес” у системі управління якістю?
- 10 Що таке самооцінка діяльності компанії і її призначення?
- 11 Які методи застосовуються при управлінні підприємством?

Теми рефератів

- 1 Системне відображення різних за природою об'єктів [1], [4], [17].
- 2 Методи керування системами [17], [20], [21].
- 3 Системний підхід до проблем управління підприємством [7], [12].

ДЕКОМПОЗИЦІЯ І АГРЕГАТУВАННЯ

5. 1 Аналіз і синтез у системних дослідженнях

1. Людині притаманне аналітичне мислення. Значення аналітичного методу полягає у тому, що складне ціле подумки розчленовується на малі складові, які осмислюються, і будучи з'єднаними належним чином, ці частини знову утворюють єдине ціле.

Аналіз дозволяє досягнути високих результатів, якщо ціле вдається поділити на незалежні одна від одної частини, оскільки у цьому випадку їх окреме вивчення дозволяє скласти правильне уявлення про їх вклад у загальний ефект. Цей процес називається *декомпозицією*. Основною операцією аналізу є розподіл цілого на частини. Задача розпадається на підзадачі, система - на підсистеми, мета - на підцілі. За необхідності цей процес повторюється, що приводить до ієрархічних деревоподібних структур. Якщо доручити аналіз одного і того ж об'єкта різним експертам, то отримані деревоподібні списки будуть розрізнятися. Якість побудованих експертами дерев залежить як від їх компетентності у даній галузі знань, так і від методики, що застосовується для декомпозиції.

Прагнучи перейти від чисто евристичного, інтуїтивного підходу до більш усвідомленого, алгоритмічного виконання декомпозиції, ми повинні зрозуміти, чому експерт поділяє ціле саме так, а не інакше, і саме на таке, а не на більше або менше число частин. Пояснення полягає у тому, що на цю роботу впливають поставлені цілі, ресурси, наявні знання, повнота і простота відображення.

Однак внесок окремої частини у загальносистемний ефект залежить від внесків інших частин. Якщо кожна частина буде функціонувати найкращим чином, то у цілому найвищий ефект не гарантовано. Відібравши кращі у світі карбюратор, двигун, фари, колеса, ми не тільки не отримаємо найкращого автомобі-

ля, але взагалі не зможемо скласти машину, бо деталі машин різних марок не з'єднуються. Тому кінцевою метою аналізу є встановлення причинно-наслідкових відношень між явищами, що розглядаються.

Момент об'єднання частин в єдине ціле (або *синтез*) є кінцевим етапом дослідження за допомогою систем, оскільки *тільки після цього ми можемо пояснити ціле через його частини - у вигляді структури цілого.*

5.2 Алгоритмізація процесу декомпозиції

Можна дати рекомендації щодо здійснення всього процесу декомпозиції від початкової декомпозиції першого рівня до останнього - завершального етапу.



Рисунок 5.1 - Компроміси між повнотою та простотою

Вимоги до деревоподібної структури, яка отримується у кінці роботи алгоритму, зводяться до двох суперечливих принципів (рис.5.1): *повноти* (проблема повинна бути розглянута максимально всебічно і докладно) і *простоти* (все дерево повинно бути максимально компактним).

Ці принципи належать до кількісних характеристик дерева. Компроміси між ними впливають з якісної вимоги - головної мети: звести складний об'єкт аналізу до кінцевої структури.

Принцип простоти вимагає скорочувати розміри дерева. Він примушує брати якомога більш компактні структури. Навпаки, принцип повноти змушує брати якомога більш розвинені, докладні структури. Компроміс досягається за допомогою поняття *істотної частини*: до структури вносяться тільки компоненти, які істотно впливають на мету аналізу.

Це поняття неформальне, тому вирішення питання про те, що у даній структурі є істотним, а що - ні, покладається на експерта. Алгоритм декомпозиції поданий на рис.5.2.

Може настати момент, коли експерт визнає, що його компетентності недостатньо для подальшого аналізу даного фрагмента і що слід звернутися до експерта іншої кваліфікації. Саме визначення того, що ми не знаємо, може бути не менш важливим, ніж саме знання.



Рисунок 5.2 - Алгоритм декомпозиції

Однак якщо у науці *складність через нерозуміння* розцінюється як тимчасове явище, то в управлінні це неприйнятний варіант, бо виникають затримки із прийняттям рішення. Тому в управлінні нерідко застосовують інтуїтивні та вольові рішення. Вони не завжди дають позитивні результати і необхідно підвищувати роль наукових методів в управлінні.

Якщо розглядати *складність як непоінформованість*, то повне переведення складного у просте можливе при підвищенні кількості інформації.

Визначення причин складності одразу її не ліквідує, але дозволяє визначити, яких саме відомостей нам не вистачає. Тому системний аналіз не дає нових знань, а лише організовує наявні, виявляє можливу нестачу знань у цій структурі. Розуміння того,

чого не вистачає, також є новим знанням. Новими якостями володіють і по-іншому скомбіновані фрагменти старих знань.

5.3 Агрегативання

2 Операція, протилежна декомпозиції, є операцією агрегативання, тобто об'єднання елементів у єдине ціле. У всіх агрегативів (так називають результат агрегативання, наприклад, агрегативний верстат) є одна загальна властивість, що називається *емерджентністю*.

Ця властивість притаманна усім системам. Будучи об'єднаними, елементи, які взаємодіють, утворюють систему, яка має не тільки зовнішню, але і внутрішню цілісність. Структура підкреслює, головним чином, зв'язки елементів, їх взаємодію. При об'єднанні частин у ціле виникає щось якісно нове, таке, чого не було і не могло бути без цього об'єднання.

Нехай є три кольори: жовтий, зелений і червоний. Якщо з'єднувати їх відповідним чином, то одержимо гаму кольорів. В отриманій системі виявиться нова властивість. Така "раптова" поява нових якостей у систем при об'єднанні елементів і є *емерджентністю*. Нові властивості з'являються завдяки конкретним зв'язкам між конкретними елементами. Інші зв'язки дадуть інші властивості. Отже, емерджентність - це результат агрегативання.

У найзагальнішому вигляді агрегативання можна визначити як встановлення відношень на заданій множині елементів.

5.4 Агрегативання пізнавальних та прагматичних систем

3 5.4.1 (Як і моделі, системи можна поділити на пізнавальні та прагматичні.) При виявленні структури *пізнавальної системи* вона формується у вигляді мережі, матриці, дерева. Структура залежить від цілей системи і методів її відображення. Однією з найважливіших є проблема визначення, до якого класу належить кожний конкретний елемент. Встановлення відношення дозволяє

говорити не тільки про кожний елемент окремо, але і про систему у цілому. *Метою агрегування пізнавальної системи є створення на етапах аналізу і синтезу структури.* У багатьох практичних випадках побудова відповідного дерева виявляється ключовим моментом системного аналізу. Наприклад, дерево цілей і ієрархічне дерево організаційних систем (які мають структури розподілу влади, розподілу відповідальності і розподілу інформації) використовуються для з'ясування походження виниклої проблеми; для побудови кількісних моделей системи; для вирішення таких завдань управління, як розподіл ресурсів і розроблення стимулів і т. ін.

Створена у результаті вивчення система повинна мати структуру, яка відповідає її цілям. Розібрані для вивчення деталі автомобіля необхідно так з'єднати між собою, щоб автомобіль знову поїхав, живий організм можна розчленовувати тільки подумки або на підставі повноти знань (пересаджування органів). Таким чином, синтез неможливий без аналізу, пояснення функцій і взаємодії частин. Отже, *системний аналіз - це створення і дослідження систем для розширення знань про об'єкти, які вони відображають.*

Складові системного аналізу можна ще визначити і як *дискретизацію, аналіз, синтез.* По суті це просто інша мовна модель процесу системного аналізу. Як і попередня, вона означає вивчення цілого через його частини. При цьому не повинна порушуватися цілісність системи. Таким чином, виконуючи декомпозицію, ми розділяємо об'єкт на складові частини і вивчаємо (аналізуємо) окремо кожну з них, та як вони взаємодіють між собою. А це уже дозволяє остаточно скласти уявлення про структуру системи, тобто мати її агрегат. При цьому декомпозиція і агрегування відбуваються не послідовно, а виконуються одночасно, контролюючи одна одну. Якщо ми вже розчленували ціле на частини, то так, щоб якнайкраще їх зрозуміти при об'єднанні, тому що нас цікавить функціонування об'єкта у цілому.

5.4.2 Ми можемо створити, визначити, нав'язати структуру системі, що проектується, тобто створити *прагматичну систему.*

Складне явище розглядається з різних точок зору. У реальному житті не буває проблем чисто фізичних, хімічних, економічних, суспільних або навіть системних - ці терміни визначають не саму проблему, а вибрану точку зору на неї. При агрегуванні прагматичної системи існує певний первинний агрегат (система різних мов опису, правил, законів, визначень, стандартів, порядку розподілу інформації і т. ін.), який спрямовує формування структури системи. Ф.І.Перегудов і Ф.П.Тарасенко називають його *конфігуратором* [17]. Поняття конфігуратора припускає, що певна сукупність точок зору і мов дозволяє описати систему і проблему.

Проектування організаційних систем показує, що конфігуратор складається з опису розподілу влади (структура підпорядкованості), розподілу відповідальності (структура функціонування) і розподілу інформації (структура зв'язку і пам'яті системи, накопичення досвіду, навчання, історії). Всі три структури зв'язують одні і ті ж частини системи. Прикладом може бути стандарт ISO 9000 з розроблення системи управління якістю на підприємстві.

Якщо це не абстрактна, а реальна система, то в ній цілком реально (незалежно від нашого бажання) можуть виникнути не тільки ті зв'язки, які ми спроектували, але і безліч інших, не передбачених нами. Тому при проектуванні системи важливо задати її структури в усіх істотних відношеннях, бо в інших відношеннях структури складуться самі, стихійним чином. Сукупність усіх істотних відношень визначається конфігуратором системи, і звідси випливає, що проект будь-якої системи повинен містити розроблення стількох структур, скільки мов містить її конфігуратор.

Отже, метою агрегування прагматичної системи є створення об'єкта за розробленою структурою. Наприклад, процес складання машин.

На практиці розповсюдження системного підходу фахівці, які працюють на керівних господарських посадах, ставляться до нього з упередженістю. Вважають, що системний підхід - не що інше як здоровий глузд. При цьому не враховується відмінність

між природним, інтуїтивним рівнем системності будь-якої діяльності і більш високим рівнем свідомої, науково-виваженої системності. Те, чого вдається досягнути обдарованій і з великим практичним досвідом людині, може зробити звичайна людина, керуючись науковим системним підходом до проблеми.

5.5 Теорія систем і системний аналіз

Будь-яка теорія - це узагальнення практичного досвіду. Сучасна теорія систем є емпіричним зібранням філософських настанов, корисних порад і рецептів, озброєних арсеналом допоміжних математичних методів і знань із різних предметних наук, які стосуються проблеми, яка розглядається. Все це об'єднане у систему, яка організована за єдиною ідеєю. Такою ідеєю є діалектика. Отже, можна визначити, що *теорією систем є прикладна діалектика*. Вона реалізує діалектичний метод при розв'язанні прикладних задач.

Теорія систем надає великого значення методологічним аспектам дослідження. Її прикладне спрямування приводить до використання усіх сучасних засобів наукових досліджень - математики, обчислювальної техніки, моделювання, спостережень і експериментів. Тому це є і *загальнонауковою методологією*.

Системний аналіз виник у відповідь на вимоги практики вивчати і проектувати складні об'єкти, керувати ними в умовах неповноти інформації, обмеженості ресурсів, дефіциту часу. Системний аналіз об'єднує теорію і практику, здоровий глузд і абстрактну формалізацію. *Системний аналіз - це дослідження та вивчення об'єктів за допомогою методології теорії систем*.

У системному аналізі акцентується увага на труднощах формулювання задач, на методах подолання цих труднощів.

Правильно сформулювати задачу - означає наполовину її розв'язати.

Методи, що використовуються при системному аналізі поділяються на:

- строго формалізовані (оптимізація, передача інформації);

- спрямовані на формалізацію (експериментальні дослідження, побудова моделей);
- слабкоформалізовані (експертні оцінки, колективний вибір);
- такі, що не формалізуються (формулювання проблем, виявлення мети, визначення критеріїв, генерування альтернатив, прийняття рішень).

Подолання складності, природа якої пов'язана з неповною формалізацією, вимагає системного застосування спеціальних знань і методів.

Контрольні запитання

- 1 Що таке декомпозиція?
- 2 Для чого використовують синтез у системному аналізі?
- 3 Як досягти компромісу між повнотою і простотою системи?
- 4 Що таке агрегат?
- 5 Що таке емерджентність?
- 6 Яка мета агрегування пізнавальної системи?
- 7 Що таке конфігуратор?
- 8 З якою метою виконують агрегування прагматичної системи?
- 9 Що таке теорія систем?
- 10 Що таке системний аналіз?
- 11 Як можна класифікувати методи системного аналізу за ступенем формалізації?

Теми рефератів

- ① Основні принципи агрегування прагматичної системи [7], [12], [18].
- 2 Проблема компромісу між повнотою і простотою системи [4], [17].

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

6.1 Задачі вибору

Головна мета системного аналізу - розкриття системності будь-якої цілеспрямованої діяльності. Для цього необхідно побудувати систему, за допомогою якої можна узагальнювати, передавати і удосконалювати досвід такої діяльності. До цілеспрямованої діяльності належать операції моделювання, перенесення інформації у часі та просторі, отримання нової інформації, а також вибір. Вибір - це реалізація мети. *Саме вибір реалізує підпорядкованість всієї діяльності певній меті або сукупності цілей.*

Рано чи пізно настає момент, коли подальші дії можуть бути різноманітними і привести до різних результатів. А реалізувати можна тільки одну дію. Великі полководці, видатні політики, інженери і вчені, адміністратори відрізнялися і відрізняються від своїх колег передусім умінням приймати кращі рішення, робити кращий вибір.

Природне прагнення зрозуміти, що таке "гарний вибір", виробити рекомендації, як наблизитися до найкращого рішення, а якщо можливо, то і запропонувати алгоритм отримання такого рішення. Робота багатьох дослідників у цьому напрямі виявила, що повна формалізація знаходження найкращого рішення можлива лише для добре вивчених (добре структурованих) задач. Для розв'язання слабкоструктурованих задач повністю формальних алгоритмів не існує (якщо не враховувати методу спроб і помилок). Проте досвідчені і талановиті фахівці часто роблять гарний вибір. Сучасна тенденція практики вибору полягає у поєднанні можливостей людини вирішувати неформалізовані задачі з можливостями формальних методів і комп'ютерного моделювання (наприклад, діалогові системи підтримки рішень, експертні системи, інформаційно-пошукові системи, системи управління базами даних, автоматизовані системи управління і т. ін.).

Щоб щось вирішити, необхідно переглянути певну множину альтернатив, у результаті чого буде сформована підмножина вибраних альтернатив (краще, якщо це можливо, щоб залишилася одна альтернатива). Це і є процес вирішення. Звуження множини альтернатив можливе за допомогою критеріїв.

При практичному застосуванні системного аналізу створення множини альтернатив, визначення цілей і критеріїв пов'язані з певними труднощами, для подолання яких необхідні свої прийоми і методи.

При виборі можливі різні ситуації.

Множина альтернатив може бути скінченною, або континуальною.

Оцінка альтернативи може здійснюватися за одним або за декількома критеріями, які, в свою чергу, можуть мати як кількісний, так і якісний характер.

Режим вибору може бути разовим або повторюваним, що дозволяє навчання на досвіді.

Наслідки вибору можуть бути точно відомі (вибір в умовах визначеності), мати імовірнісний характер, коли відомі можливі наслідки зробленого вибору (вибір в умовах ризику) і коли наслідки неоднозначні (вибір в умовах невизначеності).

Відповідальність за вибір може бути односторонньою (в окремому випадку - індивідуальною) або багатосторонньою. Відповідно розрізняють індивідуальний і груповий вибір.

Ступінь погодженості мети при багатосторонньому виборі може варіюватися від повного збігу інтересів сторін (кооперативний вибір) до їх протилежності (вибір у конфліктній ситуації).

Можливі також проміжні випадки, наприклад, компромісний вибір, коаліційний вибір, вибір в умовах поширення конфлікту і т. ін.

Різні поєднання перелічених варіантів приводять до виникнення різноманітних задач вибору, які вивчені неоднаково. Виконаємо стислий огляд стану теорії вибору на даний час, а також розглянемо деякі підходи до розв'язання слабкоформалізованих задач вибору.

6.2 Критерії вибору

Критеріальний метод вибору базується на припущенні, що кожен окремо взяту альтернативу можна оцінити конкретним числом (значенням критерію).

Використовують один критерій або декілька, які якісно розрізняються між собою. Наприклад, при виборі конструкції літака проєктувальникам слід враховувати безліч критеріїв: технічних (швидкість, вантажопідйомність, тривалість польоту і т. д.), технологічних (пов'язаних з майбутнім процесом серійного виготовлення літаків), економічних (витрати на виробництво, експлуатацію і обслуговування машин), соціальних (рівень шуму, забруднення атмосфери), ергономічних (умови роботи екіпажу, рівень комфорту для пасажирів).

Отже, нехай для оцінки альтернатив використовується декілька критеріїв $q_i(x)$, $i = 1, \dots, p$. Теоретично можна уявити собі випадок, коли у множині X виявиться одна альтернатива, яка володіє найбільшими значеннями усіх p критеріїв, вона і є найкращою. Однак на практиці такі випадки майже не спостерігаються, і виникає питання, як же тоді здійснювати вибір.

Перший метод полягає у тому, щоб багатокритеріальну задачу звести до однокритеріальної. Це означає введення суперкритерію

$$q_0(x) = q_0(q_1(x), q_2(x), \dots, q_p(x)).$$

Суперкритерій дозволяє упорядкувати альтернативи, виділивши завдяки цьому найкращу (в сенсі цього критерію). При такому методі задача зводиться до знаходження екстремального значення (\max , \min) суперкритерію. Наприклад:

$$x = \arg \max q_0(q_1(x), \dots, q_p(x)), \quad x \in X.$$

Об'єднання декількох критеріїв в один суперкритерій супроводжується труднощами і має недоліки, що необхідно враховувати при використанні цього методу. Існують різні методи розв'язання багатокритеріальних задач.

У деяких задачах виявляється можливим глибокі відомості про альтернативи, що порівнюються, *отримати за допомогою експертів.*

Значним кроком у розвитку експертних оцінок є метод "Делфі" [17]. Основна ідея цього методу полягає у тому, що *критика благотворно впливає на експерта, якщо вона психологічно не пов'язана з персональною конфронтацією.* При цьому достатньо таких чотирьох етапів:

- анкетування, збір оцінок, їх узагальнення із вказівкою розходження думок;
- повідомлення підсумків і запит пояснень причин індивідуального відхилення від середньої оцінки першої ітерації;
- повідомлення усіх пояснень і запит контраргументів на них;
- повідомлення заперечень і запит нових оцінок альтернатив, якщо експерт побажає їх змінити, знаходження остаточного підсумку.

Вся робота виконується під керівництвом окремої керуючої групи, до якої входять системний аналітик і особа, яка вирішує; анонімність експертів зберігається до кінця роботи (а за бажанням експертів і після її закінчення). Методика "Делфі" довела на практиці високу ефективність.

6.3 Людино-машинні системи і вибір

Основною причиною виникнення системного аналізу є необхідність вирішення складних проблем, управління складними системами. Істотні особливості подолання складності можна простежити і на прикладі етапу вибору (прийняття рішення).

Простим є випадок, коли стороння допомога не потрібна. У складних випадках вимагається кваліфікована допомога в оцінці можливих альтернатив, допомога експертів. Кожен воєначальник має штаб, ректор - вчену раду, міністр - колегію, в окремих випадках утворюють разову групу експертів для розгляду конкретної ситуації.

Однак існують природні межі людського сприймання та обробки інформації. Виявляється, людина водночас може оперувати лише з невеликою кількістю понять, ідей, моделей, альтернатив. Говорять про існування закону „сім плюс-мінус два”. Тому використовуються можливості ЕОМ. Створюються проблемно орієнтовані комплекси, бази знань і експертні системи.

Це шлях до штучного інтелекту. Справді, використовуючи компоненти досвіду експерта, експертна система може прийняти інтелектуальне рішення. Бажана ще додаткова властивість - спроможність системи на вимогу користувача пояснювати хід своїх міркувань зрозумілим для нього чином.

Такі інтелектуальні властивості експертних систем реалізуються завдяки:

- наявності отриманих від людини (експерта) знань у певній предметній області у формі набору фактів (предметне знання) та евристичних прийомів (емпіричних правил), введених у базу знань;
- здатності оперувати з поняттями, висловленими у термінах природної мови.

Експертні системи мають широкі перспективи. З часом їх розвиток можливо наблизить людство до створення штучного інтелекту. Розвиток системи автоматизованого проектування поступово перетворює їх в автоматичні системи з ознаками штучного інтелекту.

Такі системи називаються експертними системами (ЕС). Фактично експертні системи є синтезом традиційних прикладних програм (пакетів прикладних програм) із засобами теорії штучного інтелекту (рис.6.1).

Якість рішень, що видаються експертною системою, повинна бути не гірша тих рішень, що можуть прийняти провідні фахівці у даній галузі.

Основні особливості експертних систем:

- прикладний характер, орієнтація на конкретну предметну область;

- орієнтація на користувачів, недостатньо підготовлених для роботи з обчислювальною машиною. Тому використовується мова, близька до природної;
- спроможність аргументувати прийняття того чи іншого рішення;
- необмежена можливість до розширення бази знань.



Рисунок 6.1 - Експертна система

До складу типової експертної системи входять база проблемних знань, механізм виведення, підсистема узагальнення і підсистема пояснення. Три останні компоненти утворюють так звану "порожню" експертну систему. Реальна ЕС одержується з порожньої після приєднання її до бази знань.

Експертна система набуде вигляду штучного інтелекту, якщо усі знання будуть введені, а бази знань і автоматизовані системи зможуть легко ними оперувати. При цьому обов'язкові процеси свідомого вибору, тому виникають задачі цілеспрямованого багаторазового вибору, тобто відбору, селекції [17]. Вони мають місце при комплектуванні будь-яких груп елементів, кращих, ніж інші: у промисловості - при виготовленні високосортної продукції; у сільському господарстві - при виведенні нових порід тварин і сортів рослин; в управлінні - при комплектуванні висококласних груп виконавців.

Контрольні запитання

- 1 Що таке процес вирішення?
- 2 Що таке критеріальний метод вибору?
- 3 Як можна об'єднати множину критеріїв?
- 4 Який склад мають експертні системи?
- 5 Для чого необхідні людино-машинні системи вибору?
- 6 Як експертна система наближається до штучного інтелекту?

Теми рефератів

- 1 Основні принципи будови експертних систем [9], [14].
- ② Проблема вирішення задач вибору [2], [21].

ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ СИСТЕМИ

7.1 Інформація і її невизначеність

Сучасне розуміння того, що таке інформація і яку роль вона виконує у штучних і природних системах, склалося не відразу. Вона являє собою сукупність знань, отриманих різними науками.

Хоча фізика намагається вивчати явища природи у максимально об'єктивній формі, їй не вдалося повністю виключити "людський чинник". По-перше, при експериментальному дослідженні фізичних явищ неможливо обійтися без вимірювання ряду величин, і наявність цих величин у теоретичних моделях рано чи пізно вимагає спеціального розгляду того, як саме виконуються вимірювання. Отже, без впливу людини не проходять навіть автоматичні експерименти. По-друге, поведінка технічних приладів свідчить про те, що і там є сліди людської діяльності. І ця діяльність не завжди проходить при повному розумінні усіх процесів.

Виявилось, що без спеціального поняття ентропії неможливо дати вичерпного опису впливу людини на взаємодію із середовищем. Ентропія характеризує нестачу інформації. Ентропія - це міра невизначеності.

7.2 Випадкові процеси

Необхідність моделювання різноманітних сигналів призводить до побудови окремих моделей випадкових процесів. Розрізняють безперервні і дискретні у часі процеси. Випадковий процес з *безперервним часом* характеризується тим, що його реалізація визначається для усіх моментів t з деякого інтервалу T . *Дискретний за часом* процес задається на дискретній множині точок осі часу.

Безперервні і дискретні за інформативним параметром процеси розрізняються у залежності від того, з якої (безперервної або дискретної) множини набуває значення реалізація випадкової величини X .

Є процеси стаціонарні і нестаціонарні. Так називаються процеси у залежності від постійності або змінності їх статичних характеристик. Випадковий процес називається *стаціонарним у вузькому сенсі*, якщо для будь-якого інтервалу розподіл ймовірностей з часом не змінюється.

Для розгляду конкретних властивостей систем буває необхідним врахувати особливості сигналів, що циркулюють по каналам зв'язку цих систем. Такі особливості можна описати по-різному: просто перелічити можливі реалізації або задати у тій або іншій формі загальні властивості реалізацій, що входять в „ансамбль”.

Довівши, що випадкові процеси є адекватною моделлю сигналів, ми одержуємо можливість скористатися результатами і потужним апаратом теорії випадкових процесів. Крім того, виявивши, що деякі типи безперервних сигналів припускають дискретне подання, ми спрощуємо завдання, зводячи все до розгляду випадкових величин.

Це не означає, що теорія імовірностей і теорія випадкових процесів дадуть готові відповіді на усі запитання про сигнали: підхід з нових позицій висуває такі питання, які раніше просто не виникали. Теорія інформації [17] також розглядає сигнальну специфіку випадкових процесів. При цьому були введені принципово нові поняття і отримані нові результати.

Першим специфічним поняттям теорії інформації є поняття невизначеності випадкового процесу, для якого вдалося ввести кількісну міру, названу *ентропією*. Нехай деяка подія може відбутися з імовірністю 0,99 і не відбуватися з імовірністю 0,01, а інша подія має імовірності відповідно 0,5 і 0,5. Очевидно, що у першому випадку настання події є „майже забезпеченим”, у другому ж випадку від прогнозу краще утриматися.

Зміна внутрішньої енергії термодинамічної системи різання відбувається за рахунок механічної роботи зовнішніх сил і за рахунок тепла, що надходить [3]:

$$dU = dQ + dA. \quad (7.1)$$

Вона дорівнює алгебраїчній сумі зовнішніх впливів. У виразі (7.1) перед приростом кількості теплоти dQ стоїть знак плюс через припущення, що тепло буде надходити у систему, а знак плюс перед приростом механічної роботи dA означає, що ця робота виконується зовнішнім оточенням над системою.

Для свого існування процес різання споживає механічну енергію, яка передається йому при виконанні роботи зовнішніми силами. Теплова енергія, що утворилася, рухається з областей виникнення не цілеспрямовано, а хаотично.

Перетворення механічної енергії у теплову можна розглядати як своєрідне акумуляування внутрішньої енергії. При поточному положенні зони різання на поверхні заготовки, її загальний енергетичний рівень складається з роботи, що виконується зовнішніми силами, і тепла, яке надходить з області попереднього положення зони різання. Потужність такого "акумулятора" для зони руйнування залежить від швидкостей руху стружки, леза і заготовки, від їхніх розмірів і теплопровідності. Усі джерела тепла, що утворюються у зоні різання, є згасаючими.

Для аналізу внеску у формування внутрішньої енергії у зоні різання тепла, що утворилося, необхідно розглянути переміщення теплової енергії по лезу, стружці і заготовці.

Це тверді тіла, тому тепло з областей утворення рухається за рахунок теплопровідності і перенесення. Переміщення і накопичування тепла впливає на формування внутрішньої енергії безпосередньо (dQ у формулі (7.1)). При цьому змінюється і доданок механічної роботи, тому що розігрівання елементів системи змінює їх механічні властивості.

Координати вектора стану системи, які змінюються при зміні певного виду енергії, називаються координатами термодинамічного стану. Функція E - ентропія, зміна якої пов'язана з кількістю енергії, що передається у формі тепла, виконує роль коор-

динати термічного стану системи. Зміну тепла в урівноваженому процесі (а таким може вважатися процес теплопровідності у лезі) можна подати у вигляді добутку температури на зміну координати термічного стану

$$dQ = D \cdot dE. \quad (7.2)$$

При різанні температури в елементах системи різання і у навколишньому середовищі значно відрізняються. Тому тут спостерігається неврівноважений термодинамічний процес, і повний опис його засобами термодинаміки неможливий. Однак при постійно діючих теплових джерелах на поверхнях леза і постійній тепловіддачі у навколишнє середовище у тілі леза встановлюється близьке до стаціонарного поле температур. Можна вважати, що у будь-якій точці тіла значення температури не залежить від часу. Тому відносно системи різання цілком припустимо застосовувати положення термодинаміки. Ступінь розігрятості (температура у будь-якій точці тіла) залежить від положення цієї точки щодо джерела тепла і від часу

$$D = f(x, y, z, \tau). \quad (7.3)$$

Оскільки ступінь розігрятості характеризує внутрішню енергію тіла, то і вимірюється вона у тих самих одиницях - у джоулях. Перехід від джоулів до градусів здійснюється за допомогою постійної Больцмана $k = 1,380662 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, $\theta^\circ = D/k$. Враховуючи (7.2) і (7.3), вираз (7.1) можна записати як

$$dU = k \cdot \theta(x, y, z, \tau) \cdot dE + dA.$$

Тому зміна внутрішньої енергії у термодинамічній системі пов'язана з мірою невизначеності, з ентропією. Для зниження цієї невизначеності важливе значення має аналіз розподілу тепла в елементах. При цьому необхідно враховувати, що енергія руйнування формується і за рахунок тепла, яке надходить у матеріал заготовки. Але рух тепла через елементи системи різання змінює їх механічні властивості, що потім впливає на величину роботи зовнішніх сил $A = \int dA$.

Отже, ентропія - це міра невизначеності випадкового процесу з кінцевою безліччю можливих станів. Ентропія має такі властивості:

- усі реалізації високоїмовірної групи приблизно рівноймовірні;
- ентропія з високою точністю дорівнює логарифму числа реалізацій у високоїмовірній групі;
- високоїмовірна група звичайно охоплює лише незначну частину усіх можливих реалізацій.

Для характеристики розпливчастості розподілу використовується також поняття дисперсії. Це сума квадратів відхилень значень випадкової величини від її середнього арифметичного значення, поділена на $n-1$ (n - кількість вимірювань):

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Однак ця величина має сенс лише для випадкових числових величин і не може застосовуватися до випадкових об'єктів, стани яких розрізняються якісно, хоча і у цьому випадку можна говорити про більшу або меншу невизначеність кінця експерименту. Отже, міра невизначеності, пов'язаної з розподілом, повинна бути деякою його чисельною характеристикою, функціоналом від розподілу, ніяк не пов'язаним з тим, за якою шкалою вимірюються реалізації випадкового об'єкта.

7.3 Кількість інформації

В основу всієї теорії інформації покладено відкриття, що *інформація припускає кількісну оцінку*. У найпростішій формі ця ідея була висунута ще у 1928 р. Хартлі, але завершений вигляд надав їй Шеннон у 1948 р. [17]. Сучасне тлумачення цього твердження таке: *процес отримання інформації можна інтерпретувати як зміну невизначеності у результаті прийняття сигналу*. Кількість інформації - міра знятої невизначеності.

Наприклад, передача сигналу відбувається за таких умов:

- корисний сигнал, що відправляється, є послідовністю статистичних незалежних символів;
- сигнал, що приймається, є послідовністю символів того самого алфавіту;
- якщо шуми (викривлення) відсутні, то сигнал, що приймається, збігається з тим, що відправляється;
- якщо шум є, то даний символ може залишитися колишнім або бути підміненим іншим символом;
- викривлення чергового символу є подією, незалежною від того, що відбулося з попередніми символами.

У цих умовах ентропія процесу є ентропією одного символу. Отже, до отримання чергового символу ситуація характеризується невизначеністю того, що символ буде відправлений (апріорна ентропія). Після отримання символу з'являється невизначеність того, що відправлений символ не змінився (апостеріорна ентропія). Визначимо тепер кількість інформації як міру знятої невизначеності: *числове значення кількості інформації про деякий об'єкт дорівнює різниці апріорної і апостеріорної ентропії цього сигналу.*

Відзначимо, що найбільш важливі результати теорії інформації (теореми про кодування) мають асимптотичний характер, тобто є конструктивними. Однак вже саме знання потенційних можливостей має велике значення. Порівняння характеристик реальних систем з теоретичними межами дозволяє робити висновки про досягнутий рівень і про доцільність подальших витрат на його підвищення.

Значення теорії інформації виходить за рамки теорії зв'язку, сприяє більш глибокому розумінню відкритих раніше закономірностей природи (наприклад, другого закону термодинаміки) і ввійшло в число філософських категорій, поширивши і поглибивши завдяки цьому наше бачення і розуміння світу.

Кількість інформації є лише однією характеристикою інформаційних відношень. Саме вона відіграє головну роль у технічних приладах. Однак є ще такі властивості інформації, як сенс,

доброякісність, цінність, корисність, старіння, причинно-наслідкове спрямування і т. ін. - властивості, надто істотні для інформаційних відношень з участю живих організмів, людей, колективів. Дослідження проблем використання інформації ведеться у різноманітних напрямках. Масштаби і значення інформаційних потоків у сучасному суспільстві різко зросли. Цій суспільній потребі відповідає виникнення нової галузі науки - інформатики. Системний аналіз неминуче виходить на дослідження ресурсів, які необхідні для вирішення проблеми. Інформаційні ресурси мають таке ж важливе значення, як і матеріальні, енергетичні, часові, кадрові.

Розглянемо систему автоматизованого проектування (САПР), організаційно-технічну систему, яка складається з комплексу засобів автоматизації проектування, який взаємодіє з підрозділами проектної організації і здійснює автоматизоване проектування.

Комплекс засобів являє собою технічне забезпечення, математичне забезпечення, програмне забезпечення, інформаційне забезпечення, лінгвістичне забезпечення, методичне забезпечення, організаційне забезпечення. Найважливішим серед них є інформаційне забезпечення. Його призначення полягає у тому, щоб надавати відомості у вигляді вхідних даних для виконання передбачених операцій і процедур. Інформаційне забезпечення постачає довідкові дані і типові рішення, здатне поповнюватися новими записами. Необхідно виключити дублювання робіт - перед проектуванням об'єкта необхідно переконатися у відсутності стандартного або раніше виконаного аналога. Це вимагає зв'язку САПР із зовнішньою інформаційно-пошуковою системою, що зберігає і розподіляє стандартні і нові об'єкти. Проектований об'єкт як частина системи вищого рівня жорстко регламентований стандартами за габаритними і приєднувальними розмірами, матеріалами і вимогами до якості поверхні і т. ін. Тому без розвиненого інформаційного забезпечення проектування можливе тільки у примітивному діалоговому режимі, коли введення довідкових даних здійснює користувач.

Основою інформаційного забезпечення (рис.7.1) є банк даних (БнД), який складається з бази даних (БД) і системи управління базою даних (СУБД).

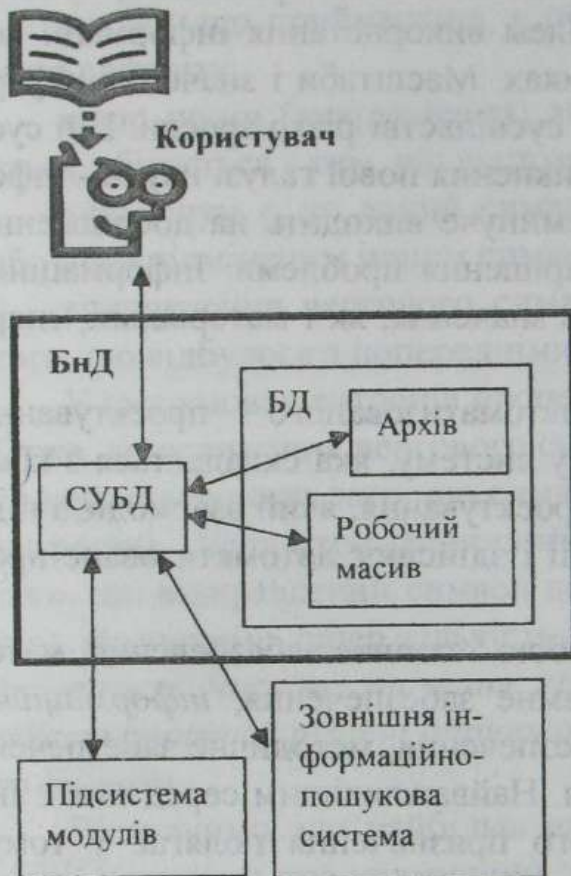


Рисунок 7.1 - Інформаційне забезпечення САПР

База даних має 2 рівні - верхній і нижній. Верхній рівень ієрархії проектування являє собою набір відомих типових конструкторських рішень або масиви описів стандартних компонентів. Ці дані, закодовані певним чином, складають інформацію БД верхнього рівня проектування.

Для розроблення БД верхнього рівня проектування необхідно відібрати і систематизувати типові конструктивні рішення; здійснити класифікацію конструктивних елементів; виділити конструктивно однорідні групи

(КОГ) і здійснити їх уніфікацію за конструктивними та параметричними ознаками; визначити, яких КОГ не вистачає; побудувати типорозмірні ряди КОГ і їх елементів, об'єднавши у таблиці основні характеристики; виконати кодування КОГ, стандартних та уніфікованих елементів.

Нижній рівень ієрархії проектування складається з масивів математичних моделей характеристик елементів та їх взаємодій.

Звичайно дані, що зберігаються в БД САПР, поділяються ще і на архів та робочий масив. Архів - довідкові дані, процеси, ма-

теріали, відомості із стандартів. Робочий масив містить результати проектування конкретних об'єктів на попередніх етапах.

Обмін інформацією в САПР здійснюється через інформаційні потоки:

- "користувач - СУБД" – для роботи з САПР або для запису та корегування інформації;
- "зовнішня інформаційно-пошукова система - СУБД" – для передачі нової інформації в САПР;
- "СУБД - підсистема модулів" – для інформаційного зв'язку з прикладними програмами.

Контрольні запитання

- 1 Що таке інформація?
- 2 Що таке ентропія?
- 3 Що таке стаціонарний процес?
- 4 Як можна інтерпретувати процес отримання інформації?
- 5 Які властивості інформації?
- 6 Що складає основу інформаційного забезпечення автоматизованих систем?

Теми рефератів

- 1 Основні властивості інформації [17], [22].
- 2 Наукове пізнання як процес зростання інформації [13], [14], [17].

НЕФОРМАЛІЗОВАНІ ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

8.1 Формулювання проблеми

Формулювання задач, які необхідно розв'язати при науковому дослідженні, початковий, відправний етап роботи. Але йому передують визначення проблеми і цілей. Слово „проблема” перекладається з грецької як задача. Проте задача і проблема мають різний ступінь невизначеності. Задача розв'язується відомими методами, а проблема - це така задача, для якої немає відповідних методів розв'язання. Тому під час планування робіт, спрямованих на усунення проблеми, необхідно через визначення цілей перейти до списку задач, розв'язання яких і приведе до зняття проблеми. Серед задач є і такі, розв'язання яких створює методи взаємодії з проблемою.

Отже, перші кроки у системному аналізі пов'язані з формулюванням *проблеми*. Проте вхідне формулювання проблеми є лише деяким наближенням. Причина полягає у тому, що *проблемотвірна система* не є ані ізольованою, ані монолітною. Вона пов'язана з іншими системами і належить як частина до деякої надсистеми. І сама вона складається з частин, підсистем, порізного причетних до даної проблеми.

Якщо це справді реальна проблема і необхідно послабити її гостроту, то слід враховувати, як це відіб'ється на тих, кого неминуче зачеплять заплановані зміни.

Таким чином, до будь-якої реальної проблеми необхідно априорі ставитися не як до окремо взятої, а як до комплексу взаємопов'язаних проблем. Використовуючи для визначення цієї сукупності термін *проблематика*, можна сказати, що етап формулювання проблеми полягає у визначенні проблематики.

Інша важлива причина того, щоб ставитися до першого формулювання проблеми не як до безумовної відправної точки по-

дальшого аналізу, а як до початкового етапу, який сам підлягає вивченню і уточненню, є той факт, що формулювання, яке пропонується замовником, є його моделлю реальної проблемної ситуації. Звідси випливає, що необхідно враховувати не тільки точку зору замовника, позиції інших зацікавлених сторін (що, як вже було показано, призводить до необхідності розширення проблеми до проблематики), але і те, що його модель, як і всяка модель, неминуче має цільовий характер, є приблизною, спрощеною. Тому слід перевіряти запропоноване формулювання на адекватність, що звичайно приводить до розвитку, доповнення, уточнення первинного варіанта опису проблеми.

Отже, системне дослідження всякої проблеми починається з її розширення до проблематики, тобто до знаходження системи проблем, істотно пов'язаних з тією, що досліджується, без врахування яких вона не може бути вирішена. Це розширення відбувається як "ушир", завдяки виявленню зв'язків проблемної системи з над- і підсистемами, так і "вглиб" у результаті деталізації вхідної проблеми.

Очевидно, що для розширення проблеми необхідно визначити над- і підсистеми відносно проблемотвірної системи. Для цього використовують зацікавлених осіб. До їх переліку рекомендується включати:

- клієнта, тобто того, хто ставить проблему, замовляє і сплачує системний аналіз;
- осіб, які приймають рішення, тобто тих, від повноважень яких безпосередньо залежить вирішення проблеми;
- учасників, як активних (тих, чиї дії необхідні при вирішенні проблеми), так і пасивних (тих, на кому позитивним або негативним чином відіб'ються наслідки вирішення проблеми);
- самого системного аналітика і його співробітників.

До переліку зацікавлених осіб необхідно внести і тих, хто насправді не зацікавлений у вирішенні проблеми і буде протидіяти можливим змінам.

Кожна із зацікавлених сторін має своє бачення проблеми, відношення до неї. Її існування або вирішення призведе до по-

яви їх власних проблем. Формулювання проблематики і полягає в описі того, які зміни і чому хоче внести кожна із зацікавлених осіб. Діалектичний метод пропонує розглядати проблему всебічно, у тому числі і у часовому, і історичному плані.

Яка б не була природа системи, що розглядається, її проблематика вміщує спектр проблем: від чітких, які допускають створення математичних оптимізаційних задач (добре структурованих, формалізованих, формальних) до проблем не чітких (слабко структурованих, неформалізованих), які висловлюються на природній мові.

Природно, що ці проблеми слід розглядати по-різному, але на практиці системного аналізу спостерігається тенденція зводити усі проблеми до одного типу. Практика показує, що досліджувати не чітку проблему як жорстку оптимізаційну небезпечніше, ніж навпаки. Якщо у другому випадку ми лише частково відмовляємося від деякої корисної інформації, то у першому вносимо неправдиву інформацію, вводячи себе і інших в оману. Розрізняти чіткі і не чіткі проблеми у ході аналізу - одна з умов якісного аналізу.

8.2 Виявлення мети

Як добре формалізовані, так і слабко структуровані проблеми повинні бути зведені до вигляду, коли вони стають задачами вибору відповідних методів для досягнення заданої мети.

Тому, передусім, необхідно визначити мету. На цьому етапі системного аналізу визначається, що треба зробити для зняття проблеми.

Головна трудність виявлення мети пов'язана з тим фактом, що мета є немов би антиподом проблеми. Формулюючи проблему, ми говоримо в явній формі, що нам не подобається. Зробити це порівняно просто, оскільки те, чого ми не хочемо, існує. Говорячи про мету, ми намагаємося сформулювати, що ми хочемо. Ми немов би вказуємо напрямок, за яким слід відходити від си-

туації, що існує і не задовольняє нас. При цьому слід враховувати повноту знань про об'єкт, який створює проблемну ситуацію:

- що відомо точно;
- що зі ступенем невизначеності, який можна оцінити;
- що з невизначеністю, яка оцінці не підлягає;
- що може вважатися вірогідним тільки при виконанні певних умов;
- що відомо про те, що невідомо.

Нехай необхідно визначити мету досліджень системи (ще не існуючої) для створення теоретичних передумов математичного моделювання процесу різання [24]. Раніше було зазначено, що математична модель базується на фізичній моделі. Але у галузі теорії різання поки що не завершена робота створення повного уявлення про механізм стружкоутворення. І це не дозволяє ставити у повну відповідність фізичним процесам, що відбуваються у зоні різання, математичні вирази. Отже, усі неточності та допущення відбиваються на результатах розрахунків.

У зв'язку з цим відсутня надійна методика розрахунку стійкості різального інструменту. Тому переважають емпіричні засоби, виникають аварійні ситуації, що відбиваються на гнучкості виробництва, на якості і собівартості виробів.

Як було зазначено раніше, проблема полягає у рівні автоматизації технологічної підготовки виробництва. Однак жодна проблема не існує одноосібно. Вона пов'язана з іншими проблемами, базується на них (рис.8.1). Усі разом вони утворюють комплекс взаємопов'язаних проблем - проблематику.

Серед них може бути основна. У даному випадку це відсутність адекватних математичних моделей процесів при різанні. Немає аналітичних засобів розрахунку стійкості інструменту, параметрів режиму різання, показників якості обробленої поверхні.

Якщо мета дослідження визначає, що потрібно зробити, щоб знизити або усунути проблемність ситуації, якщо це така бажана абстрактна модель стану теорії різання, який дозволить вирішити важливу наукову проблему підвищення точності і віро-

гідності розрахунків, то її можна сформулювати таким чином: „Вдосконалення фізичних моделей явищ, що відбивають стружкоутворення, для створення адекватних математичних моделей”.

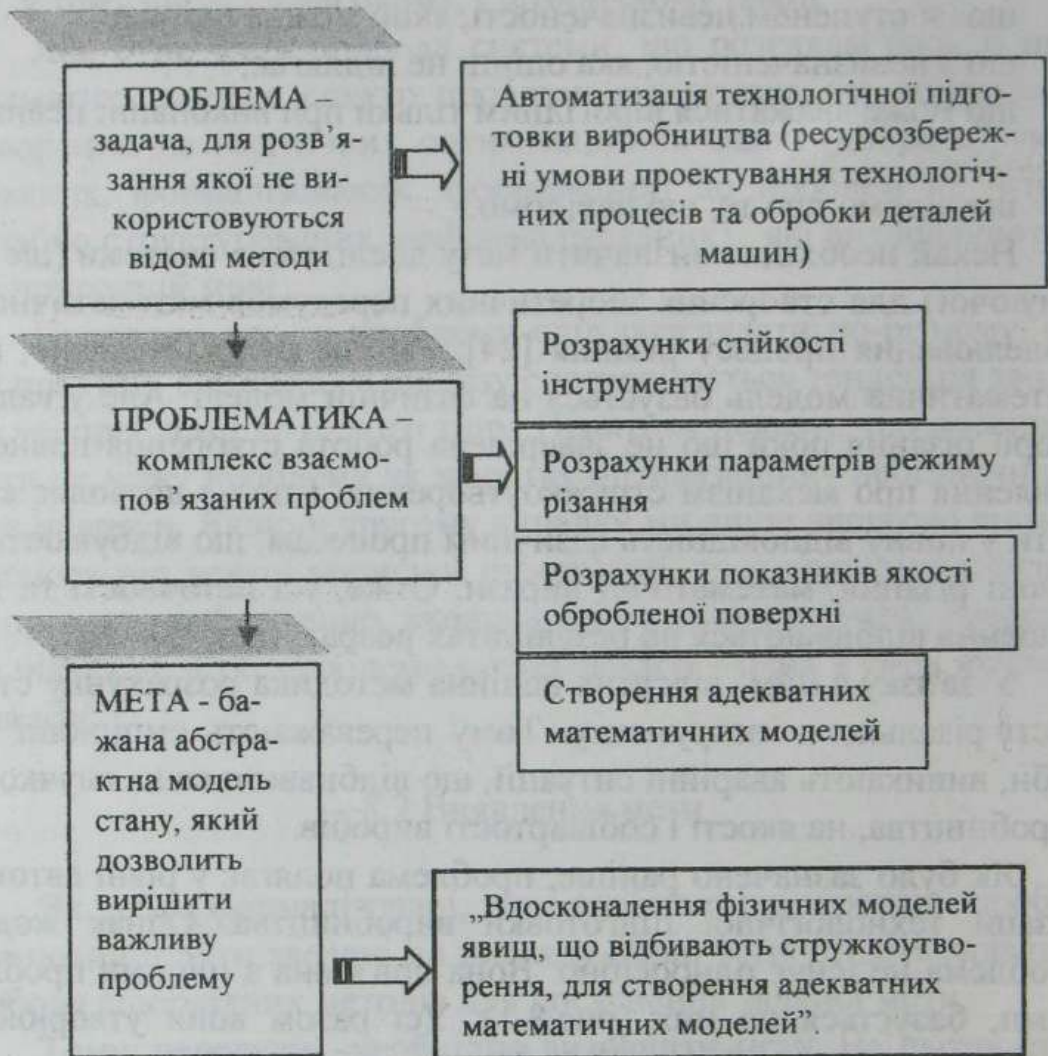


Рисунок 8.1 - Приклад визначення мети ще не існуючої системи

Ідемо далі і формулюємо завдання дослідження. Для прикладу з проблемою у галузі різання металів (див. рис 8.1) потрібно:

- систематизувати існуючі теоретичні уявлення про процес різання і скласти послідовність елементарних актів (механізм)

процесу різання матеріалів, що враховує їх фізико-механічні властивості;

- дослідити умови формування критичного рівня внутрішньої енергії в інструментальному і оброблюваному матеріалах і визначити комплексний показник, що обмежує існування процесу різання;
- проаналізувати взаємодії системи різання з найближчим оточенням, визначити критерії ефективності і умови оптимального управління системою різання;
- виконати синтез загальної теорії і математичне моделювання процесу різання при стабільному точінні;
- дати рекомендації щодо використання результатів дослідження, експериментально і у порівнянні з існуючими методиками довести їх працездатність.

Трудність у тому і полягає, що можливих напрямків багато, а вибрати потрібно тільки один, справді правильний, а не такий, що тільки здається правильним. Відмінність між цілями не завжди очевидна, і існує небезпека помилково прийняти одні за інші.

Досвід системного аналізу показує, що спершу сформульовані цілі у ході виконання аналізу часто змінюються або скасовуються зовсім. Це викликане тим, що суб'єкт, цілі якого повинні бути виявлені, звичайно сам не може їх чітко усвідомити, навіть якщо і дасть їм чіткі формулювання. Дійсні цілі, як правило, ширші, ніж проголошені.

Дослідження цілей повинно передбачати можливість їх уточнення, розширення або навіть заміни. У цьому і полягає одна з основних причин ітеративності системного аналізу.

На вибір навіть конкретних, окремих цілей суб'єкта вирішальний вплив мають його загальна ідеологія, система цінностей, яких він дотримується. Одним із напрямків дослідження у ході виявлення мети може бути вивчення системи цінностей, якою володіють особи, які приймають рішення, та інші зацікавлені сторони.

Цілі застарівають, і інтенсивність цього процесу залежить від багатьох причин. Цілі більш високих рівнів ієрархії існують довше. Зміна мети з часом може відбуватися не тільки через краще розуміння дійсних цілей, але і внаслідок зміни об'єктивних умов або суб'єктивних настанов, які впливають на її вибір.

8.3 Формування критеріїв

Критерій - це засіб порівняння альтернатив. Це означає, що критерієм якості альтернативи може бути будь-яка її ознака. Після формування критерію з'являється можливість ставити задачі вибору та оптимізації.

Критерії можна розглядати як кількісні моделі якісних цілей. Справді, сформовані критерії у подальшому у деякому сенсі замінюють мету. Від критеріїв вимагається якомога більша схожість з метою, щоб оптимізація за критеріями відповідала максимальному наближенню до мети.

З іншого боку, критерії не можуть повністю збігатися з метою. Критерій - це подібність мети, її апроксимація, модель. Критерій є відображенням цінностей, втілених у меті, на параметри альтернатив. Визначення значення критерію для даної альтернативи є, по суті, побічним виміром ступеня її придатності для досягнення мети.

Визначення критеріїв є неформалізованим, творчим, евристичним етапом і підчас найважливішим у процесі наукового дослідження.

Мету рідко вдається відобразити одним критерієм. Випадки, коли єдиний критерій відповідає вимогам практики, можливі. Наприклад, за стандартами освіти рівень підготовки фахівців оцінюється середнім балом. Проте ситуація, коли єдиний критерій вдало відображає мету, швидше виняток. Бо критерій лише приблизно (як і всяка модель) відображає мету, і адекватність одного критерію може виявитися недостатньою. Наприклад, критерій швидкості прибуття пожежних не адекватний меті боротьби з пожежами. Він не пов'язаний зі зменшенням числа по-

жеж. Обсяг видатків на одного учня не оцінює якості навчання у школі, число студентів на одного викладача не однозначно пов'язане з якістю підготовки фахівців.

Вирішення полягає не тільки у пошуку більш адекватного критерію, але і у використанні декількох критеріїв, які описують одну мету по-різному і які доповнюють один одного. Багатокритеріальність реальних задач пов'язана і з множиною цілей.

Критерії повинні описувати усі важливі аспекти мети, але при цьому бажано мати їх мінімальне число. Тому при формуванні критеріїв знаходять компроміс між повнотою опису цілей і кількістю критеріїв.

Практика пропонує такі групи критеріїв: технічні (ефективність функціонування, надійність); економічні (прибуток, вартість); об'ємні (кількість продукції, програма випуску); живучості (сумісність з уже існуючими системами, пристосування або гнучкість, стійкість до морального старіння, безпека). Перелічені групи не можуть відбивати усі сторони людської діяльності, тому їх слід розглядати як основу для подальшого пошуку.

8.4 Генерування альтернатив

Теорія вибору ґрунтується на тому, що множина альтернатив задана. Тобто вважається, що уже є з чого вибирати. Проблема полягає у тому, як вибирати. Але саме формування множини альтернатив і є найбільш важким, найбільш творчим етапом системного аналізу. Пошук ідей являє собою кульмінацію процесу вирішення задачі, адже без ідей нічого аналізувати і вибирати.

Генерування альтернатив є творчим процесом. Тому усі рекомендації відносно того, як генерувати нові альтернативи - це тільки результат колективного досвіду. Корисність їх обґрунтована лише тим, що вони у багатьох (хоча і не в усіх) випадках приводять до успіху.

Для свідомого генерування альтернатив використовують різноманітні прийоми:

- пошук у патентній і журнальній літературі;

- залучення кваліфікованих експертів, які мають різноманітну підготовку і досвід;
- комбінування, утворення проміжних варіантів між запропонованими раніше;
- модифікація наявної альтернативи, тобто формування альтернатив, які лише частково відрізняються від відомої;
- розгляд альтернатив, протилежних запропонованим, серед них і "нульової" (не робити нічого);
- інтерв'ювання зацікавлених осіб і анкетні опитування;
- розгляд навіть тих альтернатив, які на перший погляд здаються нерозумними або придуманими;
- генерування альтернатив, розрахованих на різноманітні проміжки часу (довгострокові, короткострокові).

При організації роботи на етапі генерування альтернатив слід пам'ятати про існування чинників які гальмують творчу роботу і сприяють їй. Розрізняють внутрішні (психологічні) і зовнішні чинники.

До *внутрішніх* чинників належать: а) наслідки неправильно сприймання дійсності; б) інтелектуальні перепони (інерція мислення, стереотипи, самообмеження, пов'язані з переконаннями, лояльністю); в) емоційні перепони (захоплення критикою інших або, навпаки, побоювання критики з боку інших; побоювання негативної реакції з боку замовника або начальства на запропоновані альтернативи, суб'єктивне відношення до "улюблених" типів альтернатив) і т. ін.

Великий вплив на творчі процеси справляють і *зовнішні чинники*. Сторонні шуми і навіть погодні умови відбиваються на продуктивності творчої праці. Однак найбільш сильний вплив на індивідуальну творчість роблять суспільні умови, загальне культурне тло, ідейна атмосфера. Схвалення певної соціальної групи - один із найсильніших стимулів для творчості людини.

Організаційно процес генерування альтернатив може бути представлений різними методами. Кращі з них отримали назву мозкового штурму, розробки сценаріїв, морфологічного аналізу, ділових ігор.

Метод **мозкового штурму** спеціально розроблений для отримання максимальної кількості пропозицій. Техніка його така. Збирається група осіб, відібраних для генерації альтернатив. Головний принцип відбору - різноманітність професій, кваліфікації, досвіду. Повідомляється, що вітаються будь-які ідеї, виниклі як індивідуально, так і за асоціацією при прослуховуванні пропозицій інших учасників, у тому числі і ідеї, які покращують чужі. *Категорично забороняється будь-яка критика* - це найважливіша умова мозкового штурму. Критики гальмує уяву. Кожний по черзі проголошує свою ідею, інші слухають і записують на картки нові думки, виниклі під впливом почутого. Після цього усі записи збираються, сортуються і аналізуються іншою групою експертів.

Вирішення деяких проблем повинно визначити реальний розвиток подій. У таких випадках альтернативами є різноманітні послідовності дій, з яких впливатимуть різні події у системі, що досліджується. Ці послідовності мають загальний початок (нинішній стан), але потім стани їх значно розрізняються, що і приводить до проблеми вибору. Такі гіпотетичні альтернативні описи того, що може відбутися в майбутньому, називають сценаріями, а розглянутий метод - **розробленням сценаріїв**.

Рекомендується розробляти "верхній" і "нижній" сценарії - немов би крайні випадки, між якими може перебувати можливе майбутнє. Інколи корисно вміщувати до сценарію уявний активно протидіючий елемент, моделюючи завдяки цьому найгірший випадок.

Морфологічний аналіз (запропонований Ф. Цвіккі) полягає у виділенні усіх незалежних змінних проектованої системи, переліку можливих значень цих змінних і генеруванні альтернатив перебором усіх можливих сполучень цих значень.

Діловими іграми називається моделювання реальних ситуацій, у процесі якого учасники гри поводять себе так, неначе вони дійсно виконують доручену їм роботу. Прикладами є штабні ігри і маневри військових, робота на тренажерах різноманітних операторів технічних систем (льотчиків, диспетчерів елект-

ростанцій), адміністративні ігри і т. ін. Незважаючи на те, що найчастіше ділові ігри використовуються для навчання, їх можна використовувати і для експериментального генерування альтернатив, особливо у слабоформалізованих ситуаціях. Важливу роль у ділових іграх, окрім учасників, відіграють контрольньо-арбітражні групи, які керують грою, реєструють її хід і узагальнюють результати.

Якщо спеціально прагнути до того, щоб на початковій стадії було отримано якомога більше альтернатив, то для деяких проблем їх може бути забагато. Докладне вивчення кожної з них призведе до неприйнятних витрат часу і засобів. У таких випадках рекомендується виконати грубий відсів. Не порівнюючи альтернативи кількісно, перевірити їх на наявність деяких якостей, бажаних для будь-якої прийнятної альтернативи. Це може бути надійність, багатоцільова придатність, адаптивність, вартість і т. ін.

Процес відсіву також неформалізований, і існує небезпека втратити найважливішу альтернативу. Якщо у множину альтернатив не внести справді найкращу, то жоден метод вибору її вже не запропонує.

8.5 Алгоритми проведення системного аналізу

Вдосконалення будь-якої діяльності полягає у її алгоритмізації, тобто у вдосконаленні технології. Чи можна алгоритмізувати сам системний аналіз?

Сучасний системний аналіз - це дослідження та вивчення об'єктів за допомогою методології теорії систем. Системний аналіз є пізнавальною моделлю діяльності. Оскільки при цьому велику і дуже важливу роль відіграють етапи, на яких системний аналітик та експерти повинні виконувати творчу роботу, то системний аналіз, у принципі, не може бути повністю формалізований. Його не можна подати у вигляді математичної задачі і створити цілком однозначну програму її розв'язання. Це не є особ-

ливістю тільки системного аналізу, таке положення характерне для наукової роботи взагалі.

Алгоритм є прагматичною (нормативною) моделлю діяльності. Той факт, що в арсеналі системного аналізу є як формальні (серед них і математичні) процедури, так і операції, які взагалі не формалізуються, не означає, що не можна говорити про алгоритми системного аналізу. Навпаки, вимога цілеспрямованої структурованості діяльності відповідає і самому системному аналізу. Із досвіду системного підходу визначаються основні етапи аналізу. Деякі з них можна формалізувати. Для етапів, які не формалізуються, наводяться рекомендації з розв'язання поточних задач. Отже, застосування алгоритму системного аналізу - це спроба скористатися набутим досвідом. Тому тут можливі розгалуження і безліч варіантів.

Із цього начебто випливає, що пізнавальна діяльність (системний аналіз) базується на прагматичній моделі діяльності (на алгоритмі). Проте протиріччя тут немає. З чогось же необхідно починати. І набагато краще, якщо при цьому використовується набутий попередниками досвід. Потім, у процесі аналізу, алгоритм уточнюється, змінюється.

Жодна методологія не може виключити ризику зайти у глухий кут у ході наукового дослідження. Це стосується і послідовності системного аналізу, бо вона вміщує в себе неформалізовані етапи. І добре те, що ми про це попереджені. Спроби створити достатньо загальний, універсальний алгоритм системного аналізу не матимуть успіху. Є багато різних варіантів і, вибираючи конкретну модель, ми робимо перший крок. Але це не означає, що не можна вносити зміни або скористатися іншою моделлю.

Будь-який процес дослідження, проектування і цільового впливу алгоритмічний, якщо алгоритм розглядати як план цього процесу.

В.Ф.Перегудов зібрав [17] декілька можливих алгоритмів системного аналізу (табл. 8.1). Порівнюючи кращі з них, можна зазначити, що по своїй суті це одне і те саме. Відрізняються вони

між собою тому, що це різні мовні моделі одного і того ж процесу.

Таблиця 8.1 – Порівняння деяких алгоритмів системного аналізу

	Автор	
	Оптнер С.Р.	Федоренко Н.П.
1	Ідентифікація симптомів	Формулювання проблеми
2	Визначення актуальності проблеми	
3	Визначення мети	Визначення мети
4	Визначення структури системи і її дефектів	
5	Визначення можливостей	Збір інформації
6	Знаходження альтернатив	Розроблення максимальної кількості альтернатив
7	Оцінка альтернатив	Відбір альтернатив
8	Вироблення рішення	Побудова моделей у вигляді рівнянь, програм або сценаріїв
9	Визнання рішення	
10	Запуск процесу рішення	
11	Управління процесом реалізації рішення	
12	Оцінка реалізації і її наслідків	Оцінка витрат
13		Іспит чутливості рішення (параметричні дослідження)

Справді, С.Р.Оптнер і Н.П.Федоренко у першому пункті визначають, що саме їх хвилює. С.Р.Оптнер у другому пункті аналізує, чи варто займатися цією проблемою, а Н.П.Федоренко відразу йде далі. Третій пункт у них такий самий. Четвертий і

п'ятий пункти (за Оптнером) Федоренко об'єднує в один - п'ятий. Шостий, сьомий і восьмий пункти у них ті самі, але по-різному сформульовані. Дванадцятий також схожий за змістом. Дев'ятого, десятого та одинадцятого у Федоренка немає, проте є тринадцятий, який по-своєму об'єднує зазначені пункти Оптнера.

Е.Л.Наппельбаум пропонує [13] алгоритм за умовою, що проблема і цілі уже визначені.

8.5.1 Визначення структури системи (елементи та взаємодії). Щоб визначити структуру системи, спершу необхідно виділити об'єкт та предмет дослідження (рис.8.2). Визначення предмета дослідження дозволяє відобразити його у вигляді структурованої системи і при цьому науково обґрунтувати тему роботи. Наприклад, так можна сформулювати тему наукової роботи у галузі обробки металів різанням.

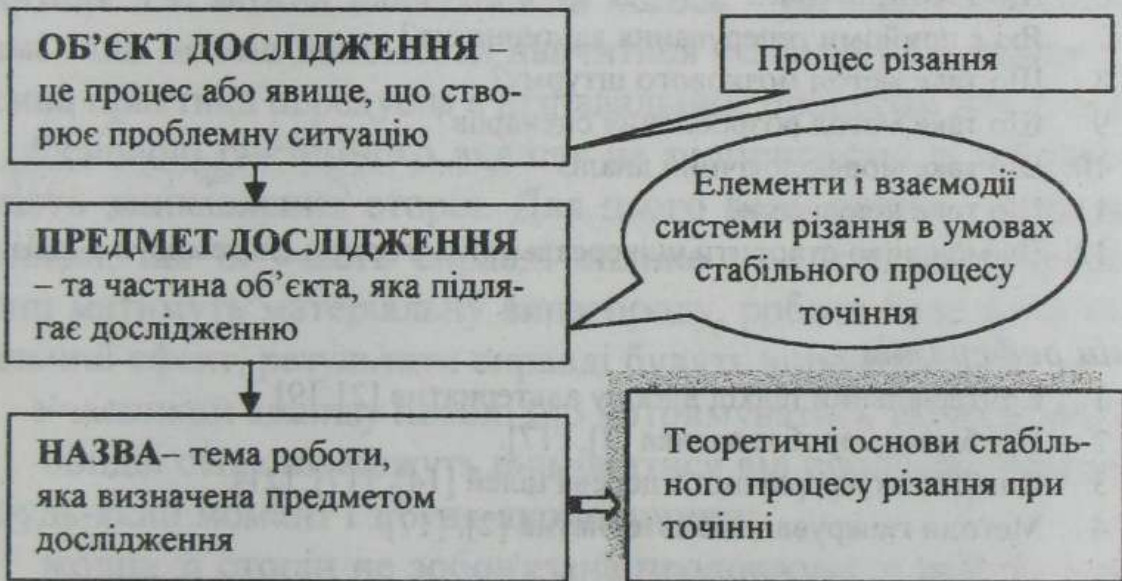


Рисунок 8.2 - Алгоритм визначення теми наукової роботи

8.5.2 Визначення взаємодій з навколишнім середовищем (взаємодія з підсистемами оточення, положення в ієрархії головного процесу).

8.5.3 Класифікація системи (дозволяє визначити методологію дослідження та застосувати той чи інший метод).

8.5.4 Розроблення фізичних моделей взаємодії елементів і підсистем (види деформацій, формування напружень, витрати ресурсу дієздатності, рух і перетворення енергії).

8.5.5 Моделювання системи (механізм процесу, математичне моделювання).

8.5.6 Визначення найбільш перспективних напрямків взаємодії з системою (закон управління, керуючі впливи).

Цей алгоритм найбільш придатний для наукових досліджень.

Контрольні запитання

- 1 Що таке проблема?
- 2 Що таке проблематика?
- 3 Хто може бути зацікавленою особою при визначенні проблеми?
- 4 Як визначити мету для агрегування проблеми?
- 5 Яка основна причина ітеративності системного аналізу?
- 6 Що таке критерій?
- 7 Які є прийоми генерування альтернатив?
- 8 Що таке метод мозкового штурму?
- 9 Що таке метод розроблення сценаріїв?
- 10 Що таке морфологічний аналіз? *Белоспел, з різном елтерн. об.*
- 11 Що таке ділові ігри?
- 12 Чи можливо створити універсальний алгоритм системного аналізу?

Теми рефератів

- 1 Критеріальний підхід вибору альтернатив [2], [9].
- 2 Проблема і проблематика [2], [17].
- 3 Виявлення ієрархічного дерева цілей [14], [17], [21].
- 4 Методи генерування альтернатив [2], [17].

ПІСЛЯМОВА

Ефективними результати системного аналізу вважаються тоді, коли спостерігається поліпшення роботи організації клієнта з точки зору хоча б однієї зацікавленої сторони і немає погіршення цієї роботи з точки зору всіх інших.

Розвиток пов'язаний з навчанням, а навчатися за інших неможливо, тому неможливо і розвивати іншу людину або організацію ззовні. Єдиний засіб розвитку - саморозвиток. Можна захопити і підтримати розвиток інших, але це може бути зроблене тільки за їх участю.

Системний аналітик, виявляючи підтримку і допомогу, робить інших здатними справлятися зі своїми проблемами більш успішно, ніж вони це можуть зробити без нього. Він схожий на вчителя. Не можна навчатися за когось - усі повинні навчатися самі. Але можна допомогти навчитися більшому і швидше. Системна практика передусім є пізнавальним процесом для клієнтів.

Основою системного аналізу на підприємстві є добровільна участь зацікавлених сторін. Для цього вони повинні бути впевненими, що їх участь справді вплине на отримані результати, вони матимуть матеріальну винагороду, робота буде мати пізнавальний ефект, результати справді будуть впроваджені.

Учасникам аналізу необхідно дотримуватись таких правил:

- обидві сторони можуть відмовитися від продовження роботи у будь-який момент і з будь-якої причини;
- жодна зі сторін не зобов'язана продовжувати роботу у випадку її незадовільності;
- системний аналітик приділяє достатньо часу навчання персоналу організації з тим, щоб згодом роботу організація могла виконувати і без нього;
- системний аналітик не прагне присвоїти собі заслуги в отриманні позитивних результатів, навпаки, він всіляко підкреслює заслуги інших учасників;

- системний аналітик висуває професійні вимоги не тільки до якості своєї роботи, але і до умов, створених йому для роботи;
- системний аналітик повинен виявляти повагу до інтелекту відповідальної особи, яка приймає рішення.

При дослідженні реальної системи стикаються з різноманітними проблемами. Одній людині бути професіоналом у різних галузях неможливо. Отже, кожен, хто береться здійснювати системний аналіз, повинен мати належну освіту і досвід для розпізнання і класифікації конкретних проблем, для визначення того, до яких фахівців слід звернутися для продовження аналізу. Такий фахівець повинен мати широку ерудицію, вміння залучати людей до роботи і організувати їх колективну діяльність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акофф Р. Л. Системы, организация и междисциплинарные исследования / Исследования по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969. - С.143-164.
2. Альтшулер Г. С. Алгоритм решения изобретательских задач. - М.: Московский рабочий, 1973. - 268 с.
3. Ансельм А. И. Основы статической физики и термодинамики. - М.: Наука, 1973. - 424 с.
4. Берже П., Помо И., Видал К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе в турбулентности. - М.: Мир, 1991. - 368 с.
5. Берталанфи Л. Общая теория систем - критический обзор//Исследования по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969. - С.23-82.
6. Гвишиани Д. М. Материалистическая диалектика - философская основа системных исследований / Системные исследования, методологические проблемы. - М.: Наука, 1980. - С.7-28.
7. Конті Т. Самооцінка у організаціях // Стандартизація, сертифікація, якість. - 2002. - №2(17). - С.66-71.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. - М.: Наука, 1973. - 831 с.
9. Крайзмер Л. П. Кибернетика. - М.: Экономика, 1977. - 280 с.
10. Ланге О. Целое и развитие в свете кибернетики / Исследования по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969. - С.181-251.
11. Месарович М. Д. Общая теория систем и ее математические основы / Исследования по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969. - С.165-180.
12. Мокрицкий Б. Я. Технологическая система резания как система преобразования входных параметров в выходные//Известия вузов. Серия Машиностроение. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1992. - № 4-6. - С. 102-108.
13. Наппельбаум Э. Л. Системный анализ как программа научных исследований - структура и ключевые понятия / Системные исследования, методологические проблемы. - М.: Наука, 1980. - С.55-77.
14. Неуймин Я. Г. Модели в науке и технике. - Л.: Наука, 1984. - 190 с.
15. Общая теория систем: Сб. докладов. - М.: Мир, 1966. - 188 с.
16. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении. - К.: УМК ВО, 1989. - 152 с.
17. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. - 367 с.
18. Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Задачи, методы и приложения общей теории систем / Исследования по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969. - С.23-82.

19. Силин С.С. Метод подобия при резании металлов. -М: Машиностроение, 1979.- 152 с.

20. Сиразетдинов Т.К. Устойчивость систем с распределенными параметрами. -Новосибирск: Наука, 1987.- 231 с.

21. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление / Сост. М. Сингх, А. Титли. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.

22. Теория систем, математические методы и моделирование: Сб. статей. -М.: Мир, 1989.- 384 с.

23. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем. - М.: Мысль, 1978. - 215 с.

24. Швець С.В. Системний підхід до теорії різання. - К.: НМК ВО, 1992. - 120 с.

Навчальне видання

Швець Станіслав Володимирович

Основи системного підходу

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
зі спеціальності „Якість, стандартизація та сертифікація”
денної та заочної форм навчання*

Відповідальний за випуск
Відповідальний редактор
Редактор
Комп'ютерна верстка :

Г.Г.Лагута
С.М.Симоненко
Н.В.Лисогуб
С.В.Швець

Підп. до друку 23.06.04. Умовн. фарбовідб. 5,75.
Наклад 350 прим. Формат 60×84/16.
Вид. №123. Замовлення № 365.

Обл.-вид арк. 4,30.
Умовн. друк. арк. 5,35.

Вид-во СумДУ. Р.с.№ 34 від 11.04.2000 р.
40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова,2

Друкарня СумДУ. 40007, м.Суми, вул.Римського-Корсакова, 2