

А. А. Шиян

**Економічна кібернетика.
Моделі та методи управління соціально-
економічними системами**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. А. Шиян

**Економічна кібернетика.
Моделі та методи управління соціально-
економічними системами**

Електронний навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2024

Шиян А. А. Економічна кібернетика. Моделі та методи управління соціально-економічними системами: навчальний посібник [Електронний ресурс] – Вид. 2-ге, доп. Вінниця : ВНТУ, 2024. – 173 с.

Навчальний посібник для початкового ознайомлення здобувачів з фундаментальними основами моделювання соціальних і економічних систем. Особливістю навчального посібника є його орієнтація на самостійне опрацювання здобувачем матеріалу із застосуванням тестів і питань для самоконтролю. У книзі описана ефективна й діюча система моделей, що дозволяє проаналізувати в її рамках з єдиних позицій велику кількість різноманітних соціальних і економічних систем, ситуацій, об'єктів і явищ, а також розробляти й здійснювати ефективні способи управління ними. Головне завдання книги - надати читачу такий обсяг знань, умінь і навичок, який буде ефективно використовуватися ним у своїй майбутній діяльності. Навчальний посібник відповідає навчальній програмі курсу "Економічна кібернетика" для студентів рівня вищої освіти першої (бакалаврський), галузь знань 07 «Управління та адміністрування», спеціальність 073 «Менеджмент», освітня програма «Менеджмент інформаційних технологій».

УДК 373.167.1:004

ЗМІСТ

Структура навчального посібника.....	5
Передмова.....	8
Вступ.....	12
Розділ 1. Кібернетика як наука про управління та інформацію.....	15
Розділ 2. Класифікація систем і моделей.....	26
Розділ 3. Інформація та управління.....	39
Розділ 4. Кібернетичні моделі і їхній математичний опис.....	52
Розділ 5. Приклад проведення дослідження соціально-економічної системи.....	65
Розділ 6. Математичний апарат для опису кібернетичного управління: концепція "зворотного зв'язку".....	87
Розділ 7. Управління в ієрархічних системах.....	108
Розділ 8. Людина як управляючий суб'єкт і її моделювання.....	120
Розділ 9. Приклад моделювання управлінської діяльності людини за допомогою моделі інформаційного автомата.....	135
Розділ 10. Практика моделювання соціальних і економічних систем.....	158
Література.....	172

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

Розділ 1. Кібернетика як наука про управління та інформацію.

Управління зенітним вогнем - швидкість снаряду приблизно дорівнює швидкості літака (поява кібернетики). - Моделювання а) літака, б) льотчика (прискорення $<8g!$), в) способу ведення зенітного вогню - з метою створити керуючу систему. - Норберт Вінер: поява слова "кібернетика" у науковому вжитку. - Олексій Колмогоров у СРСР, а також чому в нас не з'явилося це слово. - Серія визначень термінів "кібернетика" і "управління". - Поняття системи, складної системи. - Метод кібернетики: моделювання а) функції, б) об'єкта. - Методи досліджень у кібернетиці: аналіз і синтез. - Спосіб дослідження у кібернетиці. - "Робоче" визначення терміна "інформація". - Спосіб розв'язку завдань у кібернетиці: загальний опис наукового методу. - Специфічна роль кібернетики в системі економічних наук (присутність у гуманітарних дисциплінах - насамперед соціальних та економічних - серії "ап'юріорних гіпотез", і "висновків, що неможливо перевірити", із чим кібернетика цілком здатна впоратися). - Кібернетика як "інтерфейс" (точніше - його найважливіша частина) між реальністю й особою, що приймає рішення. - Питання і завдання.

Розділ 2. Класифікація систем і моделей.

Визначення поняття "система". - Класифікація систем. - Дослідження систем - системний аналіз. - Етапи здійснення системного аналізу. - Системний аналіз у соціальній і економічній аналітиці. - Класифікація моделей по глибині опису. - Ієрархічні системи, ієрархія моделей. - Питання і завдання.

Розділ 3. Інформація та управління.

"Наївна" точка зору на управління та інформацію. - Вивід співвідношення $I = -\log_2 P$ як приклад застосування математичних методів у кібернетиці. - $\langle I \rangle$, інформація по Шеннону, біт. - Інформація та ентропія. - Інформація в соціальних і економічних системах: сучасний погляд на інформацію. - Людина як єдине джерело соціальної та економічної інформації. - "Робоче" визначення термінів "управління" і "інформація". - Система коректних визначень: система (ієрархічна самоорганізована система - ІСС), управління в ІСС (8 компонент інформації - коректне визначення). - Питання і завдання.

Розділ 4. Кібернетичні моделі і їхній математичний опис.

"Чорна скриня". - Концепція "вхід-вихід". - Оператор як модель для опису концепції "вхід-вихід". - Лінійний оператор (однорідний і неоднорідний). - Матриця, операції диференціювання та інтегрування як приклади лінійних операторів. - Процеси "без пам'яті" – Марківські процеси. - Рівняння Колмогорова (Фокера-Планка) та його статистична інтерпретація. - Питання і завдання.

Розділ 5. Приклад проведення дослідження соціально-економічної системи.

Вступ і постановка задачі. - Модель. - Приклад. - Загальне обговорення. - Загальна постановка задачі на оптимальне управління. - Висновки. - Спосіб розпізнавання ієрархічної будови сукупності соціально-економічних систем. - Питання і завдання.

Розділ 6. Математичний апарат для опису кібернетичного управління: концепція "зворотного зв'язку".

Принципи кібернетичного управління: позитивний та негативний зворотний зв'язок ("батіг і пряник"). - Лінійний випадок - модель Мальтуса. - Нелінійний зворотний зв'язок - модель Ферхюлста. Інтерпретація й узагальнення моделі Ферхюлста: "квота вилову" як модель оптимального управління. - Двохкомпонентна модель соціально-економічної системи зі зворотним зв'язком (узагальнення моделі Лотка-Вольтера): математичне дослідження, економічна та соціальна інтерпретації. - Питання і завдання.

Розділ 7. Управління в ієрархічних системах.

Ієрархічні системи - опис і приклади у сфері економіки, соціології та суспільствознавства. - Самоорганізація: поняття, описи, приклади. - Поняття про логічний рівень понять і термінів (значеннєвий зміст, - наприклад, "квант" > "хвиля" + "частка"). - Основні закономірності "роботи з термінами": згортання реальності до системи наукових термінів (постановка задачі, побудова моделі), встановлення зв'язків між введеними та іншими науковими термінами (включаючи побудову моделей 2-го й більш високих порядків), розгортання моделей і наповнення їхнім реальним змістом (деталізація моделей до реальності). - Приклад ієрархічно організованого опису реальності (ієрархічно організованої системи моделей). - Терміни життєві й наукові. - Терміни остенсивні та вербальні. - Питання і завдання.

Розділ 8. Людина як управляючий суб'єкт і його моделювання.

Людина як головна діюча особа в кібернетиці. - У технічній кібернетиці - людина часто "захована за кадром" та моделюється певною управляючою функцією. - В економічній кібернетиці людина виходить на перший план - насамперед, як об'єкт для моделювання. - User modelling як напрямок опису людини в соціальних і економічних системах. - Головна проблема: яким чином адекватно "задати людину" – тобто її важливі для моделювання прояви у тому або іншому інтер'єрі (контексті). – Теорія активних організаційних систем. – Кількісний опис переваг учасників активної системи. – Питання і завдання.

Розділ 9. Приклад моделювання управлінської діяльності людини за допомогою моделі інформаційного автомата.

Людина як об'єкт і суб'єкт при управлінні. - Опис інтер'єру, у якому відбувається управління - ієрархічні системи. - Зв'язок управління з європейським способом соціального кодування індивіда. - Розбивка інформації про подію на

компоненти - "наївний" погляд і нагадування про 8 раніше уведених компонент інформації. - Визначення терміна "управління" через компоненти інформації. - Введення поняття "інформаційний автомат" і "двохкомпонентний абстрактний інформаційний автомат" (2AIA) як найпростіший приклад. - 2AIA як оператор у просторі компонентів інформації. - 16 типів 2AIA - мінімальний набір, що здатний здійснити оптимальне управління. - Людина як 2AIA. - Питання і завдання.

Розділ 10. Практичне моделювання соціальних і економічних систем.

Спільне управління в системі, що складається з 2AIA. - Введення поняття "піраміда управління" і її математичний опис. - Реальні соціально-економічні системи як приклади пірамід управління. - Соціальні технології - технології побудови оптимальних і ефективних систем керування, складених із людей. - Використання Соціальних Технологій в аналітичній і управлінській діяльності в економіці і суспільстві. - Питання і завдання.

Список літератури.

Наведено літературні джерела навчального, наукового й монографічного характеру для широкому кола аспектів моделювання соціальних і економічних систем.

ПЕРЕДМОВА

У цій книзі ми будемо, для стислості, користуватися терміном "економічна кібернетика", розуміючи під ним всю сукупність методології, моделей та методів соціального та економічного моделювання і способів їхнього застосування на практиці.

Курс основ *економічної кібернетики* за традицією відкриває підготовку студентів – менеджерів та економістів – в області моделювання та аналізу економічних і соціальних явищ і виконує, крім іншого, функції *вступу до спеціальності*. В останні роки зростає розуміння того, що *математичні* курси відіграють ключову роль у підготовці сучасного економічного аналітика чи керівника, тому що тільки такі методи здатні об'єктивувати процес управління.

Кібернетика в цьому сенсі є досить потужним засобом аналізу, привабливим за цілим рядом причин. По-перше, вона дозволяє оперувати *кількісними закономірностями*, що в області управлінських, соціальних і економічних наук набуває все більшого значення. По-друге, вона дозволяє проводити аналіз ситуації, аналіз систем самого різного походження, аналіз явищ і подій у плані відшукування можливостей для найбільш ефективного - або, як часто говориться в економічній теорії, теорії управління та кібернетиці, "оптимального" - рішення. По-третє, кібернетика дозволяє сформулювати на основі проведеного в її рамках аналізу чіткі та однозначні критерії, які дозволяють вибрати з безлічі можливих саме той сценарій для здійснення управління розвитком ситуації, що приведе до найбільш ефективного досягнення цілей на практиці.

Із цієї причини кібернетика в останні роки завойовує усе більш міцні позиції, стаючи природним і звичним інструментом соціального і економічного аналізу.

Разом із тим необхідно підкреслити, що вивчення кібернетики як апарату для соціального та економічного моделювання для менеджерів та економістів є далеко не простою справою. Серед найбільш важливих причин виділимо лише деякі. Насамперед, кібернетика це, переважно, наука "строга", що оперує точно визначеними поняттями і термінами, що є наслідком того, що вона відбрунькувалася від математики. Якщо ж це не зроблено, або якщо це зробити на початковому етапі постановки задачі важко, то фахівці в області кібернетики - моделювання соціальних і економічних систем - уже під час самої постановки задачі вводять нові терміни й поняття, які чітко й однозначно визначаються вже в процесі постановки, рішення задачі та аналізу її результатів. Таке положення досить незвичне для тих економістів, які звикли оперувати порівняно розпливчастими економічними категоріями, - поняттями скоріше філософського плану, аніж математичного. Нарешті, сьогоденна практика навчання економістів, як правило, базується на використанні занадто обмеженого математичного апарату, і при тому тільки в строго заданих і незмінних рамках порівняно вузького кола задач.

Бурхливий розвиток комп'ютерного моделювання зажадав корінної перебудови всієї математичної освіти менеджерів та економістів. З'явилися підручники і навчальні посібники, які, по суті, націлюють студента на проведення

самостійних досліджень із використанням досить витончених математичних методів, частина з яких раніше була знайома тільки вузьким фахівцям-математикам.

Таким чином, сьогодні виникла нагальна потреба в появі навчального посібника, що ставить за мету навчити студента – менеджера чи економіста – моделюванню соціальних і економічних явищ, проведенню кількісного аналізу явищ і феноменів соціального та економічного життя.

В результаті і з'явився цей авторський курс, де використані унікальні способи підбору та подачі матеріалу, що успішно апробовані в ході багаторічної викладацької діяльності авторів як у стінах Вінницького національного технічного університету, так і в ході численних тренінгів і семінарів, проведених для фахівців-практиків в галузі управління бізнесом. В посібнику викладено не тільки опис основ побудови моделей для аналізу та управління в економіці, але також і наукові результати, отримані авторами в області моделювання соціально-економічної інформації та управлінської діяльності людини.

Книга доступна широкому колу студентів, фахівців-практиків та аспірантів, і буде корисна не тільки при підготовці дипломних робіт – від бакалаврських до магістерських, але також і випускникам та молодим спеціалістам. Книга може слугувати свого роду вступом у *спеціальність* для широкого кола студентів менеджерських та економічних спеціальностей, а також для фахівців, що займаються моделюванням соціальних і економічних систем.

Текст написаний таким чином, щоб його можна було використати не тільки як навчальний посібник, але і як збірник задач та завдань. Це дозволяє читачам здобути необхідні для використання практичні навички. Частина матеріалу, що викладена в книзі, може бути винесена на практичні заняття, використана у вигляді тем для самостійної та індивідуальної роботи студентів, а також використана в якості тем для написання ними рефератів, фрагментів курсових і дипломних робіт.

Приступивши до роботи над підготовкою до читання лекцій для студентів та проведення практичних занять, автори із подивом виявили, що практично повністю відсутні книги, які можна було б рекомендувати в якості *базових* при викладі матеріалу за даною темою.

Вся література, яку хоч якимсь чином можна віднести до цієї області, ділиться на наступні класи:

- Література популярна, в якій у легкій і доступній манері описана *зовнішня* сторона процедури рішень задач: методи й алгоритми проведення аналізу тут просто *упущені*. При цьому, як правило, автори таких книг обмежуються підбором задач тільки на технічні або ж екологічні теми.
- Література навчального та монографічного характеру, де викладається *математичний* апарат і способи *математичного* рішення тих соціальних і економічних завдань, моделі яких уже побудовані й добре відомі. Як правило, це досить *часткові* та *специфічні* задачі, які просто не можуть (внаслідок своєї внутрішньої неузгодженості) бути об'єднані в єдині цілісні системи.

- Література філософського змісту, що описує в основному гносеологічні питання теорії систем, теорії пізнання, тощо. Ці питання викладені на рівні, надзвичайно далекому від того, щоб їх можна було безпосередньо використати для рішення практично важливих задач.

Таким чином, виявилось, що в сучасній менеджерській та економічній літературі відсутній цілий пласт книг навчального характеру, які могли б підготувати читача до *самостійної* професійної діяльності в області соціального та економічного моделювання, а також аналітики.

Власне, це й не дивно: у край мало у світі є людей, які здатні професійно виконувати настільки різні етапи аналітичної діяльності. Набагато більше число "вузьких фахівців", які виконують *лише один частковий етап* процесу соціально-економічного аналізу та моделювання, - внаслідок цього вони, власне, і виділяють у написаних ними книгах саме цей етап, який добре розуміється ними. Проте роблять це вони за рахунок інших, *не менш важливих*, етапів рішення задачі. Внаслідок цієї причини читачеві доводиться *самостійно* інтегрувати в єдиний комплекс велику кількість різнорідних за рівнем і стилем текстів, - це саме по собі вже вимагає значних аналітичних навичок і зрілості в застосуванні методології й методів інтегративного аналізу. Для читача-початківця (особливо - студента, обмеженого жорсткими часовими рамками!) це, як правило - не під силу. (Втім, навіть для багатьох професіоналів це також буде являтися досить серйозною проблемою.)

Запропонована книга покликана заповнити цю прогалину серед існуючих підручників та посібників. У ній увага розподілена рівномірно на всі етапи побудови, моделювання та аналізу. Це є надзвичайно важливим, тому що успіх у аналітичній діяльності у галузі управління, менеджменту та економіки, частиною якої є економічна кібернетика, часто визначається вже на першому етапі - на етапі переходу від реального досліджуваного об'єкта до його абстрактної моделі. Як правило, цей момент залишається поза полем зору як навчальної літератури (яка відносить його на етап уже власне *професійної* діяльності), так і монографічної (яка відносить його на етап *навчальних курсів*).

У перших розділах книги даються методологічні основи для здійснення переходу від реального об'єкта до його абстрактної моделі, послідовно описуються стадії *деталізації* та *математичної формалізації* отриманої моделі. Особлива увага звертається на одержання відповідей типу "Чому?" та "Як?":

- Чому ми обмежилися саме таким рівнем розгляду?
- Чому ми взагалі на якомусь рівні можемо (маємо право) припинити моделювання досліджуваного об'єкта?
- Як перейти від моделі одного рівня до моделі більше високого (низького) рівня деталізації?
- Як побудувати ієрархічну систему моделей?
- Тощо.

Етапи побудови та дослідження математичних моделей детально викладені на прикладі двох моделей, які мають самостійне значення при аналізі соціальних і економічних систем. При цьому велика увага приділяється методологічним аспектам, які роз'яснюють читачеві технологію здійснення переходу до стадії

використання математичного апарата, дослідження й інтерпретації отриманих результатів. Останнє є також надзвичайно важливим методологічним аспектом, тому що дозволяє перейти до процедури *верифікації* моделі та її застосування (як правило, ця сторона діяльності соціального та економічного аналітика взагалі надзвичайно слабо висвітлена в літературі).

У книзі дано також виклад розробленої авторами *моделі людини*, що описує саме *управлінський аспект* її діяльності. Виклад проведено на рівні, цілком доступному для студента. Цей матеріал має досить широку область застосувань, і є *центральним* для моделювання широкого класу управлінських, соціальних і економічних систем: раніше роль і місце людини – керівника описувалося переважно лише в рамках вербальних або лінгвістичних моделей. Ця модель для опису діяльності людини може бути застосована в широкому класі інтер'єрів, що істотно збагатить аналітичний арсенал читача.

І ще один важливий момент. Сьогодні існує досить велика кількість окремих і різнорідних моделей для опису різних соціальних і економічних об'єктів, процесів і явищ. Однак відсутня єдина методологічна і технологічна платформа, що дозволила б зробити їхню класифікацію, порівняння між собою, - і, в результаті, звела б їх у єдину базу даних, з якої, у міру потреби, вони б витягалися для синтезу конкретним фахівцем ефективних моделей поставлених перед ним задач. Запропонована книга надає читачеві таку методологічну платформу.

Таким чином, запропонована книга надає читачу – студенту, ученому, досліднику або практику - необхідну для його успішної професійної діяльності інформацію. Хоча виклад і ведеться на доступному для студента рівні, викладений матеріал має достатню глибину навіть для того, щоб покритий сивинами професіонал відкрив у ній для себе багато нового.

При написанні цієї книги автори мали на меті надати студенту або починаючому фахівцю книгу, що зуміла б допомогти йому при вирішенні тих конкретних задач, які перед ним будуть поставлені на самому початку його самостійної діяльності. Тут описане все те, що *дійсно* необхідне для успішної професійної діяльності в області аналізу і моделювання соціальних та економічних систем.

Ця книга написана таким чином, щоб супроводжувати починаючого фахівця, допомагаючи йому, підказуючи напрямки перспективних рішень і допомагаючи в розв'язанні конкретних задач. Як показала наукова та викладацька практика автора, таких книг є дійсно надзвичайно мало.

ВСТУП

Моделювання управлінських, соціальних та економічних систем – важливий етап процедури *вибору рішення*, здійснюваної кожним менеджером або управлінцем. Побудова *адекватної* реальності моделі – найчастіше саме наявність такої можливості здатна визначити успіх починання.

Прийняття рішень – ця область традиційно відносилася до сфери *менеджменту та управління*. А управління, у свою чергу, мало "свою власну" дисципліну за назвою "кібернетика". Разом з тим, управління в управлінських, соціальних та економічних системах настільки відрізняється від всіх інших видів управління, що його виділили в окрему дисципліну, яку і назвали "*Економічна кібернетика*".

Усюди в цій книзі ми й будемо використовувати термін "економічна кібернетика", розуміючи під ним "*моделювання в управлінських, соціальних та економічних системах*".

Для початку поговоримо про історію кібернетики. Кібернетика як самостійна наукова дисципліна оформилася наприкінці 40-х - початку 50-х років ХХ століття. По суті, їй немає ще й 60-ти років! І, все ж таки, кібернетику можна назвати самою древньою наукою. Ще трактати Конфуція заповнені аналізом найрізноманітніших управлінських, соціальних і економічних ситуацій. Старий і Новий заповіти найчастіше теж заповнені описом типових кібернетичних задач. Можна сказати, що усвідомлення того, що для аналізу та управління суспільством потрібні досить специфічні методи, - таке усвідомлення на рівні як окремої людини, так і соціальних структур, існувало завжди. Принаймні - у рамках європейського шляху розвитку суспільства.

Ми не будемо, звичайно, починати "від Адама та Єви". (Хоча ця задача досить цікава та повчальна – студент цілком може розглянути її самостійно, в рамках підготовки рефератів до семінарських або практичних занять.) Ми опишемо, і притому досить коротко опишемо, шлях розвитку кібернетики від середини ХХ століття й до сьогоденних днів, - тобто шлях власне *наукової* кібернетики.

Виникнення кібернетики у сучасному вигляді зазвичай пов'язують із Норбертом Вінером і його однойменною книгою, виданою в 1948 році одночасно в США та у Франції. В СРСР цей напрямок називався "автоматичним управлінням" (або навіть *керуванням*), і основні математичні результати у цій області були отримані в СРСР часто навіть раніше, ніж за кордоном.

Чому ж вплив радянських учених на розвиток кібернетики не виявився настільки ж значним?! Причина цього очевидна: закритість радянського суспільства, а також та обставина, що практично всі ці результати були отримані в рамках секретних, "закритих" тем досліджень і наукових розробок, - і тому вони стали відомі широким науковим колам зі значним запізненням. Нарешті - більшість наукових праць були написані не українською мовою, тоді як із середини ХХ століття науковою мовою *міжнародного* спілкування стала англійська.

Кібернетика в колишньому СРСР на початку 50-х років була офіційно "під заборонаю", клеймувалася "лженаукою" - але, разом з тим, досить бурхливо

розвивалася! Розвивалася вона в рамках технічної кібернетики, - тобто як автоматизація управління ("керування") технічними системами. Саме для цих цілей в Україні, під Києвом, і була побудована перша на Європейському континенті ЕЦОМ - електронна цифрова обчислювальна машина.

А починалося, як не парадоксально все в тому ж, знаменному для кібернетики, 1948 році! Саме тоді в Києві, під керівництвом С. А. Лебедева, була побудована знаменита на увесь світ МЕОМ - мала електронна обчислювальна машина. А через кілька років - була побудована ВЕОМ - велика електронна обчислювальна машина, найбільш швидкодіюча в Європі, з фантастичною на той час швидкодією – цілих 8 тисяч операцій у секунду!

Тоді ж у Києві, на початку 1960-х, були отримані першокласні результати в області кібернетики, - і саме тут, під керівництвом В. Глушкова, видатного вченого-кібернетика, був створений Інститут Кібернетики (сьогодні це – Кібернетичний Центр НАН України). Відзначимо досить важливу обставину, що відноситься до організації наукової та практичної діяльності: науково-практичні центри в той час створювали там, де жили й працювали, де були "у наявності" необхідні для цього *видатні* дослідники.


Наприкінці ХХ століття кібернетика отримала новий напрямок розвитку - перейшла від дослідження технічних систем до дослідження систем соціальних і економічних. У західних країнах цей процес стимулювався розвитком теорії ігор та вивчення процесів самоорганізації та синергетики, і його джерело лежало, властиво, поза кібернетикою. Але в СРСР моделювання соціальних і економічних систем зародилося і розвивалося в рамках саме кібернетики.

І сьогодні кібернетика - це, насамперед, кібернетика менеджерів та економічна.


Весь накопичений за 80 років існування кібернетики понятійний, концептуальний і математичний апарат ефективно використовується для опису, моделювання та прогнозу управлінських, соціальних і економічних систем. Насамперед, звичайно з метою аналізу ситуацій, подій, явищ і тенденцій.


Сьогодні, з метою підвищення ефективності управління, роль аналітика усе більше вирізняється, здобуваючи самостійне значення. У сучасній економіці виділені, таким чином, дві основні рольові функції - функція аналітика, що здійснює аналіз і прогноз, і функція "людини, що приймає рішення" - ЛПР, людини, що властиво і здійснює власне *прийняття та реалізацію* рішення. У цих умовах на кібернетику покладена відповідальна місія служити свого роду "інтерфейсом" між аналітиком та ЛПР, - кібернетика виступає як свого роду "універсальна мова", на якій в об'єктивному вигляді можуть бути описані багато соціальних і економічних ситуацій.


До опису економічної кібернетики ми й переходимо далі в книзі. Для зручності читачів у книзі використаний ряд піктограм.


 **def** Визначення терміну або поняття - скорочення від латинського *definitio* (або, якщо хочете - від англійського *definition*). Необхідно уважно прочитати це визначення, продумати й навіть записати окремо. У ньому сконцентрований дуже великий обсяг інформації, що часто надалі розкривається

на прикладах і подальшому обговоренні. Цю інформацію ні в якому разі не можна упустити!

 Мудра думка. Часто це сконцентрована порада або рекомендація для використання в практичній діяльності. Цю інформацію варто запам'ятати, тому що вона може привести до успіху при рішенні конкретних задач. У ряді випадків матеріал, описаний тут, задає напрямок для подальших досліджень, які можуть бути проведені студентами самостійно.

 Коштовна думка. Часто тут виражена інформація, що може допомогти при здійсненні власної діяльності, у тому числі і в області бізнесу. Тут також наведена інформація, що сприяє скороченню витрат зусиль при рішенні конкретних практичних задач, а також сприяє формуванню коштовних для практики знань і навичок.

 Примітка, зауваження, "до слова", корисне повідомлення. Часто тут розгортається пояснення описуваного вище, а також описуються типові інтер'єри й контексти, у яких справедливий проведений раніше розгляд. Також - обговорення сказаного вище.

 Приклад, розмова "майже на тему". Тут часто наведені аналогії, що зв'язують проведений розгляд з матеріалом інших дисциплін. Іноді докладний розгляд може привести до одержання досить цікавих результатів.

РОЗДІЛ 1. КІБЕРНЕТИКА ЯК НАУКА ПРО УПРАВЛІННЯ ТА ІНФОРМАЦІЮ

Управління зенітним вогнем: швидкість снаряду приблизно дорівнює швидкості літака (поява кібернетики). - Моделювання а) літака, б) льотчика (прискорення $<8g!$), в) способу ведення зенітного вогню - з метою створити керуючу систему. - Норберт Вінер: поява слова "кібернетика" у науковому вжитку. - Олексій Колмогоров, а також чому в нас не з'явилося це слово. - Серія визначень термінів "кібернетика" і "управління". - Поняття системи і складної системи. - Метод кібернетики: моделювання а) функції, б) об'єкта. - Методи досліджень у кібернетиці: аналіз, синтез, моделювання. - Спосіб дослідження в кібернетиці. - "Робоче" визначення терміну "інформація". - Спосіб вирішення задач у кібернетиці: загальний опис наукового методу. - Специфічна роль кібернетики в системі економічних наук (присутність у гуманітарних дисциплінах - насамперед соціальних і економічних - серії "ап'юріорних гіпотез", і " висновків, що неможливо перевірити", із чим кібернетика цілком здатна впоратися). - Кібернетика як "інтерфейс" (точніше - його найважливіша частина) між реальністю та людиною, що приймає рішення (ЛПР). - Питання і завдання.

Управління зенітним вогнем як перша задача кібернетики.

Так вже повелося, що кожна наука починає своє становлення із вирішення якоїсь практично важливої задачі. В історії кібернетики такою задачею стала задача про управління зенітним вогнем.

...За які-небудь 5 років - із 1933 по 1938 - швидкість літака збільшилася від 300 км на годину до 700-750 км на годину. Ця швидкість уже практично дорівнювала швидкості зенітного снаряду, яким цей літак намагаються збити. Таким чином, наприкінці 1930-х років задача про розробку системи ведення зенітного вогню виявилася "на гребені" уваги. Уперше в історії військової справи задача була усвідомлена та поставлена не у вигляді "як одним снарядом уразити", а у вигляді "як найменшою кількістю снарядів домогтися найвищої ймовірності поразки" ворожого об'єкта - літака.

Таким чином, стало зрозумілим, що в управлінні зенітним вогнем необхідно переходити від алгоритму "прицільний постріл" до алгоритму "постановка зенітного загородження". Але як?! Для цього довелося зайнятися *моделюванням*.

Для початку - змоделювати рух літака. Справді, якщо відомо положення літака і його швидкість у заданий момент, то цілком можна спрогнозувати його положення в наступні моменти часу. Але зачекайте: адже літак управляється льотчиком! І він спробує відвести його убік. Причому він буде намагатися зробити це непередбачуваним для нас чином – саме для того, щоб ми в нього не попали! Як же тут бути?!

От тому-то і доводиться ставити задачу в *імовірнісному* вигляді. Тобто розраховувати не одну траєкторію літака, а цілий їхній пучок! І деяким траєкторіям - приписувати більшу ймовірність, ніж іншим.



Задумаймося над питанням: а як варто літати, щоб тебе не збили? Відповідь досить проста: потрібно робити якнайбільше "нестандартних" дій! Наприклад: всіх льотчиків учать фігурам вищого пілотажу. І в льотних училищах особливу увагу звертають на "чистоту виконання" таких фігур. Як ми тепер розуміємо - у такий спосіб вони готують саме тих пілотів, які й будуть збиті в першу чергу: вони *занадто передбачувані*. Система підготовки військового льотчика повинна бути побудована на зовсім інших правилах, аніж льотчика для цивільної авіації. Іван Кожедуб, ас і льотчик-винищувач часів другої світової війни, спеціально відпрацьовував "гаки" - так він їх називав, - які він робив після кожної фігури вищого пілотажу. За це його багато лаяли - він же був льотчиком-інструктором у льотному училищі, і повинен був би показувати приклад іншим. Але: у бойових вильотах він залишився живим, а ті його колеги льотчики-інструктори, які ретельно виробляли фігури вищого пілотажу - практично всі вони бували збиті вже в перших вильотах. Ось так і в менеджменті: найбільший виграш приносить саме "нетрадиційне" рішення, - але про це пізніше.

На можливі траєкторії впливають як конструктивні особливості літака, так і фізіологічні особливості льотчика. Наприклад, прискорення понад $8g$ (тут g – прискорення вільного падіння) при розрахунку траєкторій літака буде "заборонене", тому що льотчик при цьому непритомніє.

Ну і, нарешті, варто врахувати те, що зенітний вогонь повинен вестися "уперед", *уздовж* пучка ймовірних траєкторій літака. Найбільш часто й багато стріляти потрібно саме в ті місця, де будуть проходити найбільш ймовірні траєкторії. І вже потрібно не забути, що сам зенітний снаряд має певну інерційність, - виходить, необхідно побудувати ще й модель польоту зенітного снаряду...

Таким чином, виникає потреба *звести воєдино* всі 3 моделі: 1) модель польоту літака, 2) модель польоту зенітного снаряду та 3) модель стрілянини – звести все це в *єдину модель* для досягнення мети: забезпечення максимальної кількості збитих літаків ворога шляхом мінімальних власних витрат снарядів.



У середині 1980-х ця задача зненацька нагадала про себе знову. З'явилися так звані "крилаті ракети", що летять на висоті 20-30 метрів над землею. Оптимальний засіб захисту - це автоматичні зенітні комплекси, які, без впливу людини, здатні наводити гармати і збивати ракету артилерійським вогнем. І хоча пройшло багато років, і хоча обчислювальні можливості за цей час істотно зросли, - ця задача й сьогодні лишається невирішеною у загальному вигляді!

Норберт Вінер, термін "кібернетика", і чому це слово не з'явилося в нас.

Ну от ми й розглянули саме той блок задач, що був успішно вирішений у середині 1940-х років, а "соціальне замовлення" для цього був аж куди як вагомим: саме в цей час, із 1939 року йшла Друга світова війна! У США найбільш

відомі результати належать Ноберту Вінеру. У СРСР - академікові Олексію Колмогорову.

В 1948 році Норберт Вінер опублікував книгу "Кібернетика", де поширив описаний вище підхід на дослідження та опис біологічних і соціальних систем. У цей час і саму його книгу, і навіть саме це слово в СРСР були заборонені: способи опису живих і соціальних систем диктувалися марксистсько-ленінською філософією. А оскільки самі філософи були, як правило безграмотні в області математики, - от вони взяли та й "заборонили" цей незрозумілий для них напрямок.



А, взагалі-то, слово «кібернетика» зустрічається ще у давньогрецького філософа Платона, і означає воно в нього – мистецтво керування кораблем (звичайно, з командою на борту), - у нього навіть є використання цього слова в *переносному* значенні, як мистецтво *управляти* людьми. Відомий фізик Анрі Ампер в ХІХ столітті видав книгу із *класифікації наук*, де слово "кібернетика" використав для позначення "науки про управління державою". Як бачимо, це слово має довгу історію й використалося задовго до Вінера - і часто в зовсім інших змістах.

Визначення понять "кібернетика" і "управління".

"***Кібернетика*** - реакційна лженаука, що виникла в США після другої світової війни та отримала широке поширення і в інших капіталістичних країнах; форма сучасного механіцизму. Прихильники кібернетики визначають її як універсальну науку про зв'язки і комунікації в техніці, у живих істотах і в громадському житті, про "загальну організацію" і управління всіма процесами в природі й суспільстві. ...За суттю своєю кібернетика спрямована проти матеріалістичної діалектики, сучасної наукової фізіології, обґрунтованої І. П. Павловим, і марксистського, наукового розуміння законів громадського життя. Ця механістична метафізична лженаука відмінно вживається з ідеалізмом у філософії, психології, соціології. ...Під прикриттям пропаганди кібернетики в країнах імперіалізму відбувається залучення вчених різних спеціальностей для розробки нових прийомів масового винищування людей - електронної, телемеханічної, автоматичної зброї, конструювання і виробництво якої перетворилося у велику галузь воєнної промисловості капіталістичних країн". 1954 рік.

Ой-ой-ой, схоже, що це не зовсім те визначення, яке нам потрібно... Однак читач все-таки встиг відчувати дух того часу, - і йому стали зрозуміліші ті зусилля, які витрачали наші вчені на те, щоб, незважаючи ні на що, а таки займатися кібернетикою.

Тільки в 1959 році - через 11 років після виходу книги Н. Вінера - у СРСР була створена Наукова рада з комплексної проблеми "Кібернетика" при АН СРСР, що активно працювала до середини 1990-х років і здійснювала координацію науково-дослідних робіт у країні в області кібернетики і її застосувань.

А ось ще кілька визначень кібернетики, які належать провідним ученим колишнього СРСР, фахівцям в області кібернетики.


def Академік АН СРСР А. І. Берг, 1961 рік: *"Кібернетика - це наука про управління складними динамічними системами*. Термін «складність» тут застосовується як філософська категорія. Динамічні системи на виробництві, у природі й у людському суспільстві - це системи, здатні до розвитку, до зміни свого стану. Складні динамічні системи утворюються з безлічі більш простих або елементарних систем, або елементів, взаємозалежних і взаємодіючих. ...Метою радянської кібернетики є розробка та реалізація наукових методів управління складними процесами для підвищення ефективності людської праці».


def Академік АН СРСР О. М. Колмогоров, 1959 рік: *"Кібернетика займається вивченням систем будь-якої природи, здатних сприймати, зберігати й переробляти інформацію та використати її для управління та регулювання*. При цьому кібернетика широко користується математичним методом і прагне до одержання конкретних спеціальних результатів, що дозволяють як *аналізувати* такого роду системи (відновлювати їхній устрій на підставі досвіду дії з ними), так і *синтезувати* їх (розраховувати схеми систем, здатних здійснювати задані дії). Завдяки цьому своєму конкретному характеру кібернетика жодною мірою не зводиться до філософського обговорення природи "доцільності" у машинах і філософського аналізу досліджуваного нею кола явищ".

def Сьогодні ж надається, наприклад, таке визначення кібернетики (2000 рік): *"Кібернетика вивчає організацію систем у просторі й часі, тобто те, яким чином зв'язані підсистеми в систему і як впливає зміна стану одних підсистем на стан інших підсистем. Основна увага звертається ...на організацію в часі, що у випадку, коли вона цілеспрямована, називається управлінням*. Для опису процесів зміни стану системи використовуються такі терміни, як "динаміка системи" і "організація системи в часі", однак, по наведеному зауваженню, більш доречним тут є саме "організація в часі". Це викликано тим, що терміни "динамічне" і "статичне" прийнято використовувати для варіантів опису системи (її моделі, що враховують або й простір і час, або тільки просторовий компонент), будучи ж застосованим до системи слово "динаміка" мимоволі викликає уявлення про однорідність устрою системи.

ММ Яке ж визначення вибрати?! У принципі - те, яке самі хочете! Головне - щоб читач зміг окреслити клас задач, які вирішуються в рамках кібернетики. А також описати, як саме вони вирішуються. Можна в якості "робочого" визначення прийняти, наприклад, таке: *"Кібернетика - це наука про управління в системах різної природи і потоки пов'язаної з управлінням інформації"*. Власне, всі дані вище визначення і говорять саме про це.

Як визначення для терміна "управління" можна вибрати наступне:

 **Управління** - функція організованих систем різної природи (технічних, біологічних, соціальних, економічних, тощо), спрямована на реалізацію їхніх цільових установок і підтримку внутрішньо власної їм структури (цілісності системи).


 В рамках кібернетики обґрунтовується (і навіть доводиться - для ряду окремих випадків) наступне положення: ступінь складності системи управління повинна відповідати ступеню складності об'єкта ("бути рівною" або ж бути "більше високою"), яким управляє ця система. Використання цієї обставини дозволяє прогнозувати надійність і ефективність управління соціальними і економічними системами. "Прості рішення" - це часто міф, придуманий тими, хто не в змозі управляти ефективно!


Поняття системи і складної системи.

Втомилися від визначень? Потерпіть, уже недовго лишилося!

(Втім, саме в цьому, власне, і полягає необхідний етап будь-якого навчання: спочатку варто вивчити систему визначень, з якої поступово виростає струнка будівля наукової дисципліни.)

Поняття "система" відноситься до одного з найголовніших у кібернетиці. Як завжди, є багато різних визначень цього терміна. Яке з них вибрати - це залежить від задач, які передбачається вирішувати. Оскільки нас цікавлять кібернетичні задачі - тобто задачі управління, то системі можна дати таке визначення.

 Терміну "**система**" співставляється деякий матеріальний об'єкт, що складається з інших об'єктів, які називаються його підсистемами. Власне кажучи, коли ми говоримо про поняття "система", мова йде не тільки про реальні об'єкти, але й про відображення у свідомості дослідника певних фрагментів реального світу та умовному розділенні його на підсистеми відповідно до завдань управління. Дане поняття адресоване, скоріше, до інтуїції дослідника, оскільки пов'язане з поняттям ієрархії, звичайно мислимої у вигляді піраміди.

 **Складною системою** називається система, для розгляду якої в контексті конкретної задачі необхідно використати прийом ієрархічного упорядкування її елементів в інтересах зниження розмірності розв'язуваних задач. Іншими словами, **складна** система сама складається з "більш дрібних" систем, які самі можуть розглядатися як "окремі системи".

Більш докладно про це буде описано в наступному розділі, - а зараз повернемося до кібернетики.

Метод кібернетики - моделювання.

Основним методом кібернетики є моделювання. По способу свого здійснення моделювання можна розділити на:

- *Моделювання функції* того або іншого об'єкта, системи, явища, події, - з надією, що, тим самим, вдасться адекватно описати майбутню поведінку самого досліджуваного об'єкта. Наприклад - моделювання рольової функції "продавець" або "покупець" при описі процесу покупки в маркетингу.
- *Моделювання властиво самого об'єкта дослідження* - з надією, що при цьому вдасться отримати адекватний опис також і його функції. Наприклад, - моделювання ухвалення рішення людиною з наступним застосуванням отриманих результатів при описі інтер'єра "процес продажу" для кожної із сторін, що беруть участь у ньому.

При моделюванні функції того або іншого об'єкта нами, загалом кажучи, не висувається в якості обов'язкової вимога про те, щоб наша модель "була схожою" на сам досліджуваний об'єкт. При такому підході для нас цілком достатньо, коли модель дозволить спрогнозувати особливості виконання тільки тієї функції, що *цікавить нас*, в заданому інтер'єрі соціальної або економічної системи. У цьому, властиво, і є причина, внаслідок якої *різні* об'єкти (процеси, явища, системи тощо) часто описуються *однаковими* моделями – включаючи сюди також і математичні моделі!

Навпаки, коли ми займаємося моделюванням заданого досліджуваного об'єкта - отут уже з обов'язковістю потрібно досягнення "подібності" моделі до самого об'єкту. Властиво, при цьому ми отримуємо модель, що цілком може бути придатною для *великої кількості* різних інтер'єрів, - тим самим, область застосування таких моделей може виявитися більш широкою, аніж ми очікували спочатку.

Який спосіб моделювання вибрати в кожному конкретному випадку - це визначається вже самим дослідником. При цьому не останню роль грає знання дослідника, наявність у нього досвіду, рівень володіння ним специфічним апаратом та методологією моделювання, - і, звичайно, його володіння математичним апаратом.

Методи досліджень у кібернетиці - аналіз і синтез.

Основними методами дослідження в кібернетиці є аналіз і синтез. По суті, це просто класичний розподіл етапів рішення задач.

У класичній логіці аналіз розглядається як спосіб рішення "зверху вниз": від аксіоми до формули, свого роду прагнення "розкласти розглянутий об'єкт на складові частини". Можна сказати, що цей метод застосовується для *зниження складності задачі*, коли проводиться декомпозиція досліджуваного об'єкта на складові частини, і кожна частина досліджується вже окремо. Це дозволяє підвищити рівень деталізації й досягти більш високої якості прогнозу. Звичайно, при цьому починають позначатися проблеми, пов'язані з функціонуванням об'єкта як цілого, - однак це вже залежить від досвіду й удачливості дослідника.

Синтез із такого погляду розглядається як спосіб рішення задач "знизу нагору": від формули до аксіоми. На цьому етапі "усе складається разом", у єдиний комплекс.

Процеси аналізу й синтезу - це свого роду процеси "взаємно-зворотні", і тому часто на практиці розглядаються як природні послідовні етапи при рішенні конкретної задачі. На етапі аналізу відбувається розкладання досліджуваного об'єкта на складові частини, які досліджуються потім окремо. Після цього проводиться складання цих частин. На цьому ж етапі робиться спроба описати (точніше - відновити!) ті специфічні особливості, які визначають цілісність, нерозкладність досліджуваного об'єкта.

Спосіб дослідження в кібернетичі.

Кібернетика має досить потужний спосіб дослідження, що полягає в описі поширення інформаційних потоків у системі й вивченні способів для управління ними.

У загальному випадку можна виділити наступні стадії й вузлові пункти при вивченні інформаційних потоків:

- Джерело інформації. У рамках економічної кібернетики в якості джерела інформації виступає, як правило, людина.
- Середовище, по якому інформація поширюється. Для економічної кібернетики - це, як правило, соціальне середовище. Звичайно, при вивченні ряду задач будуть розглядатися як середовище і деякі технічні системи - наприклад, Інтернет.
- Приймач інформації. Відволікаючись від технічних систем - як такий приймач виступає знов-таки людина (як правило, виступаючи як приймач на одному етапі передачі інформації, вона, одночасно, виступає також і як джерело – але джерело *вже перетвореної* інформації).
- Стік інформації. Іноді при розгляді інформаційних потоків мають ситуацію, коли інформація "входить, але не виходить" - це природно інтерпретувати як стік інформації, як свого роду "інформаційну чорну діру".
- Перекручування інформації. У рамках технічної кібернетики це зв'язують, зазвичай, із шумами. У соціальних та економічних системах перекручування інформації присутнє, як правило, завжди, і зумовлено воно найчастіше буває не чиеюсь "злою волею", а всього лише специфічними особливостями сприйняття й обробки інформації людиною. Більш докладно про це буде описано в розділі 9 книги.
- Відновлення інформації (або зменшення перекручувань). Як правило, для соціальних і економічних систем це також пов'язане з - часто цілеспрямованою - діяльністю людей. Зокрема, для цього існують цілі аналітичні відділи.

"Робоче" визначення терміна "інформація".

Термін "інформація" є одним із самих важких для визначення в сучасній науці. З ним зв'язано багато помилкових тлумачень, і багато оманливих положень.

Фактично, термін "інформація" визначається самим дослідником і використовується ним як науковий термін тільки в рамках розв'язуваних ним задач. Існує

безліч визначень інформації. Визначення інформації давали такі вчені, як Н. Вінер, Р. Хартлі, К. Шеннон, Н. Рашевский, та багато інших. Нижче наведемо деякі з них:

Інформація – фундаментальна першооснова й загальна властивість Всесвіту, існує незалежно від нас, проявляється в тривимірному процесі взаємодії мікро- і макропроцесів енергії, руху і маси в просторі та часі.

Інформація – властивість матерії змінюватися й відображувати цю зміну.

Інформація – знята невизначеність, зв'язана з випадковими процесами, а також з перетворенням можливості в дійсність.

Інформація – властивість об'єкта зменшувати невизначеність процесу зміни його стану в часі.

Інформація – зняття (усунення) невизначеності, де невизначеність – недостатнє знання про об'єкти і явища (ототожнюється з неінформованістю суб'єкта).


Інформація – ступінь модифікації структури вхідними даними.


Інформація – відомості про осіб, предмети, події, явища і процеси незалежно від форми їхнього подання, що використовуються з метою одержання знань, прийняття рішень.

Інформація про об'єкт є зміна параметра спостерігача, викликана взаємодією спостерігача з об'єктом.

Інформація - це те, що змінює повноту знання про об'єкт або систему.

Ми рекомендуємо як *робоче визначення* використати таке:

 **def** Інформація - це все те (дані, відомості, тощо), що допомагає управлінню. (Ми не перелічили їх? Не задали чітко й однозначно? Так, - але чи можна взагалі зробити це?! Жест - чи несе він інформацію? І так, - і ні: залежить від ситуації! А міміка, емоція, підпис на документі? Саме із цієї причини в такому "робочому" визначенні й не дано "повного переліку".)

 Вийшло трохи розпливчасто? Однак практично будь-яке визначення цього терміна, в остаточному підсумку, зведеться - особливо в інтер'єрі конкретних застосувань - саме до такого визначення. До речі: саме із цієї причини багато дослідників - наприклад, академік М. Моїсеєв (це саме він виконав розрахунки по "ядерній зимі" у середині 1980-х, а з кінця 1980-х він - відомий у світі фахівець в області соціального та економічного моделювання), - взагалі намагаються обійтися без поняття "інформація": "Саме поняття "інформація" є украй дискусійне. Відмітимо, наприклад, що дотепер не існує його загальноновживаного визначення, і воно використовується головним чином на інтуїтивному рівні." І далі він роз'ясняє свою думку: "Якщо описувати послідовний розвиток матеріального світу, спираючись на принцип "леза Оккама", те інформація з'являється в ньому лише тоді, коли ми почнемо вивчати системи із цілепокладанням, тобто об'єкти, здатні до цілеспрямованих дій. Саме тільки такі системи породжують необхідність використання терміна "інформація", без якого не можна описати процедури прийняття рішень, тобто цілеспрямованої поведінки, і вивчати залежність характеру прийнятих рішень від зміни зовнішніх умов. У всіх інших випадках цілком можна обійтися без використання

терміна "інформація". Як бачимо - наше робоче визначення цілком відображує і цю думку, - тільки воно набагато коротше.



Втім, менеджери-практики досить добре усвідомлюють те, що ж таке є інформація. Наприклад – ось це: "Уточнимо, що під **інформацією** тут розуміються не будь-які відомості, а тільки такі відомості про людей, предмети, об'єкти, явища і процеси, відображувані у свідомості людини або на якихось носіях, які призначені для наступного сприйняття людиною, є для нього новим, поповнюють його знання або переконання".

Спосіб рішення задач у кібернетиці - загальний опис наукового методу.

Для наступного застосування нам потрібно звернутися до обговорення того, що ж собою виявляє поняття "науковий термін" або "наукове поняття".

Необхідність у такому екскурсі викликана тією обставиною, що тільки наука надає нам можливість сформулювати свої думки, результати, висновки й прогнози у вигляді, що *не залежить* від конкретної людини. І, що особливо важливо, - у такому вигляді, що *однаково* сприймається кожною людиною.

Опишемо, що ж собою представляє науковий термін - як показує практика викладання, це далеко не зайве.

Отож, говорити про те, що ми маємо саме *науковий термін*, ми можемо тільки тоді, коли виконані наступні три пункти.

По-перше, повинна бути задана методика стискання тих даних про подію, об'єкти, явища, процеси тощо, які цікавлять нас, до системи точно визначених певних абстрактних понять, які й розглядаються як наукові терміни.

Іншими словами, уже в процесі *постановки задачі* (не говорячи вже про моделювання!) повинні використовуватися тільки ті теоретичні терміни, які мають експериментальне обґрунтування й можуть бути вивчені експериментально. Причому дуже важливо, щоб така процедура стискання інформації була *достатньо стандартною*, тобто щоб була чітко описана система кодування відомостей, що отримані в процесі дослідницької діяльності людини. На цьому етапі ще немає необхідності в стандартизованій методиці - тут досить наявності *теоретичного методу*, що дозволяє провести таке стискання інформації про "зовнішній Світ". Підкреслимо, що використання як терміну понять, для яких відсутній такий спосіб стискання інформації до цього "наукового ярлика", є некоректним.

По-друге, повинні бути встановлені зв'язки з іншими термінами в цій же та/або іншій галузі науки. Ми повинні встановити свого роду "правила відповідності", "правила зв'язку" для таких термінів. Образно говорячи, ми повинні описати "правила гри" з такими термінами. У фізиці, наприклад, "правила гри" з абстрактними термінами раніше називалися "Законами Природи". Тепер використовуються менш гучні назви: "апарат", "формалізм", "теорія" тощо.

Слід зазначити, що при цьому ми можемо одержати також і *нові терміни*. Цікаво, що в такий спосіб можна вводити наукові поняття більш високого рівня абстракції - про це буде більш докладно описано в одному із наступних розділів. Однак ці нові терміни також повинні відповідати вимогам першого з розглянутих

пунктів. Підкреслимо, що використання математики обмежене, як правило, тільки областю теорії.

Нарешті, *по-третє*, наш термін повинен допускати й процедуру, зворотну першому пункту: повинні існувати методики "розширення" інформації, методики "деталізації", технології *наповнення* наших теоретичних (абстрактних) понять реальним змістом, прив'язкою до конкретної розглянутої задачі, - тобто методики для переходу від розглянутого наукового терміна до точно описаної експериментальної ситуації.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що абстрактне поняття можна розглядати як *науковий термін (наукове поняття)*, тільки у тому випадку, якщо **виконані** всі три умови одночасно:

1. Є метод стискання інформації про реальний світ до деяких абстрактних понять - наукових термінів.
2. Існують визначені "правила гри" з такими термінами, тобто є математичний і теоретичний апарат, у якому ці терміни використовуються.
3. Є метод розширення інформації – тобто метод переходу від "термінів" знову до реального світу, до життя. Фактично, такий метод є технікою для реалізації прогнозу.

Специфічна роль кібернетики в системі економічних наук.

Економічна кібернетика є досить специфічною дисципліною в системі соціальних і економічних наук. Насамперед, вона спирається на дуже потужний понятійний, термінологічний і математичний апарат. Від багатьох років успішного існування технічної кібернетики вона успадкувала сукупність методологічних прийомів для опису реальності, характерних для природничих дисциплін. Тут розроблені ефективні прийоми аналізу ситуацій і постановки задач, їх рішення і аналізу результатів.

Цим економічна кібернетика вигідно відрізняється від багатьох соціальних і економічних наук, де в якості обов'язкового методологічного елемента присутня сукупність *гіпотез* про властивості або людини, або соціально-економічних об'єктів. Тому вона може використовуватися для перевірки і верифікації ряду рішень соціальних і економічних задач, отриманих в рамках інших дисциплін соціально-економічного профілю. У цих випадках економічна кібернетика виступає в якості своєрідного "інтерфейсу" між соціально-економічними науками й реальністю, допомагаючи особі, що приймає рішення - менеджерів, керівників - вибрати правильне рішення. Те рішення, що є адекватним для поставленої ним задачі, те рішення, висновки з якого можуть бути перевірені і котрі описуються в об'єктивних, а не суб'єктивних термінах.

Економічна кібернетика є досить потужним засобом, апаратом, інструментом і технологією для аналізу соціальних і економічних об'єктів, процесів, явищ і систем. Вона ж - одночасно є також і потужним засобом для розробки систем управління такими об'єктами, системами, процесами і явищами. Нарешті, економічна кібернетика дозволяє в результаті моделювання розробити і апробувати об'єктивні критерії для визначення ефективності управління соціальними і економічними системами.

Питання і завдання.

1. З яких причин управління зенітним вогнем в 1930-х роках вступило в смугу кризи? У чому полягало таке кризове положення? Що треба було для його подолання?
2. Прочитайте визначення науки "кібернетика", що надане в "Короткому філософському словнику" 1954 року. Чи правильно там описаний предмет цієї науки? Які, на Вашу думку, причини, по яких кібернетика "не прижилася" у СРСР?
3. Порівняйте визначення науки "кібернетика", які дали різні вчені. Наведіть Ваше власне визначення, що, на Вашу думку, найбільш повно відбиває основні закономірності кібернетики як науки. Порівняйте дане Вами визначення з відомими.
4. Приведіть приклади, які відповідають поняттю "управління". Сформулюйте визначення поняття "управління" спеціально для випадків а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів)
5. Опишіть методи кібернетики стосовно до а) соціальних та б) економічних систем, об'єктів, явищ.
6. У чому полягає різниця між аналізом і синтезом як етапами рішення задачі? Виділіть етапи аналізу і синтезу, які мають місце при моделюванні конкретної а) соціальної і б) економічної ситуації (об'єкта, явища, системи).
7. Опишіть приклад інформаційних потоків у конкретній а) соціальній і б) економічній системі, виділяючи при цьому основні стадії і вузлові пункти в перетворенні інформації.
8. Дайте Ваше власне визначення поняття "інформація". Виділіть подібності й розходження даного Вами визначення з наведеними в тексті книги. Дайте Ваше власне визначення поняття "інформація" стосовно до а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, явищ).
9. Опишіть відомий Вам термін (поняття) з а) соціальних і б) економічних наук, виділяючи для нього виконання всіх 3 умов, які характерні для терміну наукового.
10. У чому, на Вашу думку, полягає специфічна роль економічної кібернетики серед наук гуманітарних і економічних? Чим саме кібернетика відрізняється від них? Для рішення яких задач застосовується економічна кібернетика? На яких етапах рішення соціальних і/або економічних задач доцільно, на Вашу думку, використовувати економічну кібернетику?

РОЗДІЛ 2. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ І МОДЕЛЕЙ

Визначення поняття "система". - Класифікація систем. - Дослідження систем - системний аналіз. - Етапи проведення системного аналізу. - Системний аналіз у соціальній і економічній аналітиці. - Класифікація моделей по глибині опису. - Ієрархічні системи, ієрархія моделей. - Питання і завдання.

Визначення поняття "система".

Поняття "система" грає надзвичайно важливу роль у кібернетиці. Ця роль настільки важлива, що часто навіть саму кібернетику ототожнюють із системним аналізом, підкреслюючи тим самим ту обставину, що кібернетика займається моделюванням, а вивчення об'єкту починається завжди із розгляду його саме як системи.


Дамо кілька визначень, що розкривають *спосіб* модельного розчленування (декомпозиції) реального досліджуваного об'єкта.


def *Системою* будемо називати сукупність деяких цілком певних універсальних складових одиниць - елементів, які перебувають у певних співвідношеннях і зв'язках між собою, завдяки чому вони і складають деяку певну неподільність, унітарність, цілісність. Елементи системи об'єднані спільним функціональним середовищем (а для соціальних і економічних систем – ще й *спільною метою* їх функціонування), у рамках якої елементи під дією системних взаємозв'язків частково втрачають свої індивідуальні властивості й здобувають спеціалізацію.


def *Функціональне середовище системи* – це характерна для системи сукупність правил і параметрів (часто сформульованих у вигляді законів або алгоритмів), за якими здійснюється взаємодія (взаємобмін) між елементами системи й функціонування (розвиток) системи в цілому. Інакше кажучи, функціональне середовище системи – це *сукупність зв'язків* між елементами системи.

def *Компоненти системи* - множина відносно однорідних елементів, які об'єднані спільними функціями при забезпеченні виконання спільних задач розвитку системи (для соціальних і економічних систем - ще й цілей такого розвитку).


def *Елементи системи* – це умовно неподільна, самостійно функціонуюча частина системи. Підкреслимо, що виділення елементів (розбивка системи на елементи) - це операція, у певному сенсі слова, суб'єктивна. І хоча вона найчастіше повністю визначає успіх або невдачу всього дослідження, вона надзвичайно важко піддається регламентації. Як правило, таке розчленування системи здійснюється відповідно до якихось апріорних уявлень дослідника. І, звичайно, виділення елементів істотно залежить від постановки задачі, яка стоїть перед дослідником.

 **def** *Структура системи* – це сукупність «ключових» елементів, які перебувають між собою у "сильних" зв'язках, по яким забезпечується обмін енергією, масою та інформацією між елементами системи, і які визначають як функціонування системи в цілому, так і способи її взаємодії із зовнішнім середовищем. Такі елементи, що "задають структуру", є свого роду "унікальними", виділеними, - але виділеними не по своїй індивідуальній (наприклад, для соціальних або економічних систем – особистісній) специфіці, а по *своєму місцю та своїй ролі* у функціонуванні всієї системи.

 **def** *Границя системи* – це сукупність зв'язаних між собою елементів, які – узяті у своїй сукупності – дозволяють зробити поділ на "внутрішнє" (наприклад, функціональне середовище системи) і "зовнішнє" середовища для розглянутої системи. Цікаво, що саме через такі "прикордонні" елементи - а, точніше, "місця", які вони займають, і відбувається весь обмін масою, енергією та інформацією між системою і її оточенням.

 Остання обставина надзвичайно важлива при описі соціальних та економічних систем, і може бути використана при математичному формулюванні ряду цільових функцій. Наприклад, завдання будь-якої служби безпеки на фірмі – це *зменшити* загальну протяжність *границі* фірми, що розуміється, звичайно, у сенсі обміну інформацією "зі сторонніми". Тоді як завдання промислового шпигунства – воно якраз саме й полягають у тому, щоб *збільшити* цю границю, залучаючи до неї все нові "місця" і все нові елементи – тобто все нових і нових співробітників фірми. Таким чином, завдання збереження конфіденційності є уже за самою своєю постановкою конфліктною, і для її вирішення може бути застосований, наприклад, апарат теорії ігор тощо.

M Таким чином, щоб задати систему, ми повинні описати (задати) наступне: а) універсальні складові одиниці - (функціональні) елементи системи, б) зв'язки, які існують між цими елементами, в) спеціально виділити структуру системи (як сукупність "специфічних місць", потрапляючи в які елементи здобувають "особливу вагу й значення", а також систему зв'язків між такими "виділеними" місцями), і, нарешті, г) сукупність "прикордонних" (що належать до границі) елементів (скоріше навіть – не їх самих, а тих "місць", тих положень елементів у системі, знаходження в яких надає цим елементам здатність "відмежовувати" внутрішність системи від навколишнього середовища).

 Загалом кажучи, на базі однієї й тієї ж сукупності об'єктів можна побудувати *багато* різних систем. Задаючи *різним* образом "структуроутворюючі" ознаки, ці елементи можуть бути згруповані по різному, між ними можуть бути встановлені різні зв'язки, - і, в результаті, можуть бути отримані *різні* системи. Як вибрати систему "саме ту, котра потрібна" – серед усієї безлічі систем, які ми можемо "понапридумувати", вивчаючи наш об'єкт

дослідження? Відповідь на це питання задається умовами тієї задачі, що ми вирішуємо. Наприклад, для проректора по господарській роботі вищого навчального закладу – весь заклад освіти є не більш ніж зібрання сукупності тих предметів, на які він навів ярлики. А от для проректора по навчальній роботі – заклад освіти уже являє собою сукупність двох різнорідних об'єктів: викладачів, які "активні" у плані того, що створюють навчальний процес, і студентів, "пасивний" елемент, що "тільки робить супротив процесу навчання, вносить у нього хаос та непередбачуваність". Дві *різні* задачі – от і дві *різні* системи, побудовані в рамках того самого об'єкта – вузу, де ви вчитеся.

Класифікація систем.

Задати класифікацію систем – це значить задати опис сукупності їх системостворюючих ознак. Найпростіший спосіб це зробити – задати загальний опис їх характеристик за приналежністю досліджуваного об'єкта до того або іншого *більш загального* класу.

Використовуючи такий підхід, можна виділити наступні *класи систем*.

Системи діляться на *матеріальні* й *абстрактні*. Матеріальні системи – це системи матеріального світу, такі як фізичні, природні, біологічні, екологічні, технічні, соціальні або економічні. Вони, у свою чергу, теж можуть бути поділені на *неорганічні* ("неживої природи" - фізичні, геологічні, хімічні, технічні тощо) і на системи *живі* – наприклад, біологічні, екологічні (уже свого роду – змішання, тому що ці системи мають як живу, так і неживу компоненти), а також великий клас систем, у яких є присутня людина – соціальні, економічні, культурні тощо – закінчуючи ноосферою в цілому.

Абстрактні системи - це такі системи, які існують тільки в результаті розумової діяльності людини й виникли як наслідок процесу опису реального світу. Сюди входять поняття - терміни всіякого походження (наукові, житейські, релігійні, і т.п.), гіпотези, теорії, і навіть наукове знання як ціле (до речі: і релігійна свідомість також!).

Можна також розділити системи по їх "відношенню до часу": виділяючи *статичні* системи та системи *динамічні*. Статичні системи – вони можуть бути охарактеризовані рядом параметрів, які зберігають незмінність у часі. Якщо ці параметри є важливими характеристиками для опису системостворюючих ознак – ми приходимо до статичної системи, що характеризується певним "станом". Навпаки, якщо системостворюючі ознаки виділяють в описуваному об'єкті *мінливі* в часі параметри – те тоді говоримо про те, задана динамічна система.



Один і той самий об'єкт може бути описаний і як динамічна, і як статична система. Наприклад, розглядаючи "навколишнє середовище" для фірми, її цілком можна описати як систему *статичну*. Для даної задачі оточення фірми виглядає як цілком "незмінне". Однак коли перед нами ставиться задача описати "розвиток суспільства" або ж "процеси в перехідній економіці" – те ж саме зовнішнє середовище фірми отримую певну

"розпливчастість", динаміку, мінливість! Більш того: зовнішнє середовище, що ми для задач *короткострокового* планування розвитку фірми розглядали як статичне, для задач *довгострокового* планування тієї ж фірми повинне розглядатися як мінливе! Стратегія і тактика описують різні часові проміжки! Тим самим ми приходимо до важливого і досить корисного для практичної діяльності висновку: для *багатьох* (насправді – для переважної більшості!) соціальних і економічних систем існує деякий певний "критичний час", що як би *розмежовує* способи їхнього опису в часі. На часових проміжках, які менше нього, систему можна розглядати як статичну, а от на часових проміжках, які більше - та ж система характеризується вже динамічними параметрами. У розділі 5 будуть розглянуті деякі приклади такого опису.

Нарешті, системи бувають *закриті (замкнуті)* і *відкриті*. Замкнута система, що часто називається "рівноважною", розглядається як така, що не обмінюється ніякими потоками (енергії, речовини, ресурсів, фінансів, інформації й т.п.) зі своїм оточенням. Звичайно, це не більш ніж припущення! Однак це припущення сильно спрощує аналіз, - наприклад, коли обмін із зовнішнім середовищем "малий" (величина цієї "малості" визначається задачею, що розглядається!), то таке припущення цілком виправдується, - нарешті, воно цілком може бути перевірене експериментально. Для систем же відкритих, які часто називаються "нерівноважними", обмін з навколишнім середовищем вважається настільки важливим, що саме він і визначає те поведіння досліджуваного об'єкта, що цікавить нас.


Дослідження систем - системний аналіз.

Кібернетика й системний аналіз настільки тісно сплелися за час свого розвитку як наукових дисциплін, що часто говорять і те, що "Кібернетика є частиною системного аналізу", і те, що "Системний аналіз є частиною кібернетики". Це дійсно так: кібернетика і системний аналіз становлять якусь єдність, - але тільки із цілком певної точки зору! А саме: з погляду *вирішення конкретної проблеми!* Тоді системний аналіз виступає як *передпроектна* стадія в розробці способів рішення задач, як *предмодельна* стадія в науковому дослідженні (насамперед – кібернетичному). Системний аналіз можна назвати також і "*дематематизованою* кібернетикою", і "формалізованим здоровим глуздом" – коли спочатку думають, а вже потім переходять до справи. Однак завжди підкреслюється головне – тісний зв'язок системного аналізу із процесом прийняття *управлінських* рішень.

Системний аналіз є відображенням того факту, з яким мають справу дослідники в багатьох областях самих різних наук: ті самі закономірності, ті самі співвідношення між елементами, ті самі зв'язки – все це знову й знову виникає при описі самих різних феноменів, явищ, подій. Використання таких закономірностей дає можливість на деяких етапах міждисциплінарних досліджень абстрагуватися від специфічних особливостей досліджуваних часткових підсистем і їхніх компонентів, які є несуттєвими для розглянутої в цей момент задачі, і робити опис на якомусь певному "єдиному рівні" спільності. Таким чином, в умовах,

коли неможлива глибинна деталізація розглянутих задач (врешті-решт, навряд чи осмисленою буде постановка задачі щодо опису фірми виходячи із властивостей елементарних часток, з яких складаються і її менеджери, і її офісне обладнання!), учені перейшли – *вимушено* перейшли! – на макрорівень. І цей перехід, здійснюваний у багатьох галузях науки, виявився напрочуд плідним: учені при описі самих різних об'єктів все частіше стали виявляти *загальні для всіх них* закономірності. Все це вказувало на наявність якихось загальних фундаментальних принципів організації всіх систем - від самого нижнього рівня й до самого високого.

Спочатку загальна теорія систем розвивалася в рамках філософії, супроводжуючись далекими від реальності дискусіями. І тільки тоді, коли вчені перейшли до вивчення великих людино-машинних систем - тільки тоді системний аналіз отримав свою власну експериментальну базу. До речі: людино-машинними системами в цей же самий час займалися й кібернетики - це також і об'єкт їхнього вивчення! Ось звідки з'явилося це "ототожнення" у розумінні багатьох дослідників.

 **def** *Системний аналіз* – це галузь наукового знання, предметом вивчення якої є найбільш загальні закономірності процесів виникнення (створення), існування (функціонування), розпаду (руйнування) складних систем, процесів зародження, розвитку й вирішення протиріч, а також закономірності синтезу цілей у складних системах, зумовлених структурою, характером і динамікою зв'язків між їхніми компонентами.

Системний аналіз інтенсивно запозичує і адаптує до вирішення прикладних задач математичні методи, розроблені в рамках кібернетики, теорії масового обслуговування, термодинаміки, статистичної радіотехніки й інших наукових галузей (у тому числі й суспільних наук). Поява комп'ютерів істотно розширила можливості реалізації методології системного аналізу, тому що переважна більшість математичних задач, що були розв'язані у рамках досліджень системного характеру, не мають аналітичних рішень і можуть бути вирішені тільки чисельними методами. Найпоширенішим класом задач системного аналізу сьогодні є завдання оптимізаційного типу, пов'язані з визначенням екстремумів, рішенням систем лінійних і нелінійних диференціальних рівнянь, задачі варіаційного числення.

Особливо часто ці методи використовуються при побудові систем, що забезпечують раціональний розподіл ресурсів між групами взаємозалежних споживачів для вирішення деякого комплексу задач. При цьому використання обчислювальної техніки дозволяє здійснювати не тільки рішення розрахункових задач, але й синтез імітаційних моделей із застосуванням спеціальних мов моделювання - насамперед дискретної математики, адаптованої до дискретного характеру систем і проведення подальших спостережень. Однак однозначного взаємозв'язку між методологією системного аналізу й конкретним типом математичного формалізму не існує. Вибір конкретних методів системного аналізу для вирішення конкретного завдання - це окреме питання, рішення якого більшою мірою зв'язано зі специфікою предметної області. Характерно, що системні

методи виявляються ефективними як на етапі вибору формальної системи для розробки моделі, так і вибору тих чисельних методів, які будуть використовуватися при здійсненні обчислень.



Як приклад для ілюстрації останнього, звернемося до досвіду проектування і створення складних програмних і програмно-технічних комплексів, пов'язаних з моделюванням соціальних або економічних систем чи процесів. Тут, на першому етапі працюють аналітики, які вивчають об'єкт моделювання й пропонують структуру для його моделі. Потім програмісти пишуть алгоритми, що реалізують запропоновану модель, у тому числі - вони ж здійснюють і вибір конкретних алгоритмічних рішень і прийомів дискретної математики в інтересах створення програмного продукту.

Аналогічні приклади мають місце також і в управлінській діяльності. Наприклад, група аналітиків розробила модель ситуації, виявила найбільш ймовірні варіанти її розвитку, розробила сукупність методів управління ситуацією й оцінила величину ризиків для кожної з розглянутих стратегій поведінки. Керівник же, на основі суб'єктивних критеріїв оцінювання, зумовлених його моделлю світу та ієрархією цілей, вибирає або конструює конкретні сценарії дій і визначає конкретні параметри для подальшої роботи підлеглих. До числа інших найважливіших задач системного аналізу варто виділити задачу проведення експертизи та оцінювання проектно-технічних і організаційно-управлінських рішень.

Етапи проведення системного аналізу.

Розглянемо етапи проведення системного дослідження.

1. ***Визначення цілей*** досліджуваного об'єкта, явища, процесу, операції – та й самого дослідження в цілому. Виділення мети займає центральне місце як у системному аналізі, так і в управлінській діяльності взагалі. Аналіз починається з формулювання *глобальної* мети. Надалі вона конкретизується в систему підлеглих їй головних цілей. У складних задачах системного аналізу, вирішення яких залежить від багатьох взаємозалежних елементів, часто доцільним є подальше розгортання головних цілей у багаторівневе дерево цілей і задач. Така орієнтація системного аналізу на придання явної форми системі цілей дозволяє вже на ранньому етапі виявити внутрішню суперечливість глобальної мети, що надзвичайно важливо для виявлення формальних передумов досяжності мети.

2. ***Аналіз обмежень***, пов'язаних з наявними в розпорядженні чи досяжними для використання ресурсами й умовами реалізації рішення, спрямованого на досягнення поставлених на першому етапі цілей управління. Задачі системного аналізу, як правило, вирішуються в умовах різного роду обмежень, що накладаються тим оточенням, тим зовнішнім середовищем, у якому повинне бути реалізоване прийняте рішення. Найважливішими видами обмежень є ресурсні обмеження, у тому числі - у сфері фінансового, матеріально-технічного, методологічного і організаційного забезпечення, а також обмеження фундаментального характеру, пов'язані з наявністю принципової

можливості реалізації рішення (мається на увазі необхідність прийти до відсутності протиріч із фундаментальними принципами організації природи і суспільства).

3. **Аналіз простору альтернатив.** Простір альтернатив - це сукупність різних варіантів досягнення поставлених цілей. Наявність *максимально повної* інформації про можливі варіанти досягнення мети дозволяє приймати рішення з урахуванням всіх можливих варіантів досягнення цілей і ризиків, пов'язаних із впровадженням тих або інших стратегій.

4. **Вибір критеріїв ефективності.** Наявність строгих, об'єктивних, порівнянних, дуже бажано - кількісних критеріїв, що свідчать про успішність рішення поставлених задач, дозволяє об'єктивувати процес вибору кращої стратегії. В якості критерію вибору часто висуваються умови належності альтернативи до множини, що має певні властивості, або ж умова досягнення екстремуму по деякому показнику системи. Часто з метою одержання кількісного опису розглядаються так названі "цільові функції".

5. **Синтез адекватної моделі.** У силу безрезультатності підходів, при яких для визначення прийнятності тієї або іншої стратегії потрібна її *повна* апробація в практичній діяльності, дослідження альтернативних стратегій розробляється на моделях. При моделюванні соціальних і економічних систем це, як правило, є практичною нормою, тому що експериментальний апарат - як методологічний, так і теоретичний, перебуває для цієї області людської діяльності ще тільки в зародковому стані. Оскільки різні стратегії для досягнення мети можуть використовувати різні методи й залучати різні ресурси, потрібно, щоб моделі, на яких проводиться дослідження, дозволяли отримати порівнювані показники ефективності та були рівною мірою адаптовані для моделювання різних стратегій.

6. **Розробка рекомендацій.** Це заключна частина системного аналізу, що містить висновки із проведеного дослідження та вказівки по реалізації його результатів.

Власне кажучи, ми отримали перелік етапів, що відповідає схемі раціональної управлінської діяльності, при якій суб'єктивізм у прийнятті рішень є виключеним уже на стадії аналізу аргументів на користь тієї або іншої стратегії, але в той же час не ігнорується творча активність керівника. Таким чином, етапи системного аналізу багато в чому є "паралельними" для процесу ухвалення *оптимального* рішення.

Системний аналіз у соціальній і економічній аналітиці.

Системний аналіз дозволяє синтезувати моделі реальних об'єктів, процесів і явищ у соціальному та економічному середовищі. Однак варто розуміти, що можливості системного аналізу істотно обмежені тією обставиною, що він "працює" тільки на рівні моделей, тобто на рівні абстрактних понять і термінів. Для того, щоб прийняти рішення, часто потрібно *перевірити* запропоноване рішення або навіть весь запропонований набір рішень. Методологія проведення соціального або економічного експерименту, так саме як і апарат для здійснення цього аналізу лежить, звичайно, уже за межами застосування системного аналізу.

Звичайно, це зовсім не виключає можливості застосування апарата системного аналізу на різних етапах і стадіях таких *експериментальних процедур*.

Таким чином, місце системного аналізу - це область соціальної та економічної аналітики, що, в остаточному підсумку, зводиться до головного, ключового пункту: побудови сукупності моделей для досліджуваного явища. Системний аналіз при цьому природно інтегрується в процес прийняття рішень, і його результати передують, як правило, стадії експериментальної перевірки (верифікації) отриманих результатів. Цікаво, що експериментальні результати самі можуть виступати, у свою чергу, як об'єкт для вивчення за допомогою методів системного аналізу!

Класифікація моделей по глибині опису.

Моделювання є найважливішим і, ймовірно, самим потужним методом і інструментом системного аналізу. Цей метод має масу достоїнств і характеризується безліччю різних підходів до моделювання. Нижче наведено ряд визначень, що розкривають сутність цього поняття.

def ***Модель*** – (від латинського *modulus* – міра, зразок, норма) – це система, дослідження якої служить засобом для отримання інформації про іншу систему. У даному визначенні відбита ієрархічна організація процесу пізнання: по-перше, модель сама виступає як система, що є передумовою для подальшого розгортання системного підходу до моделювання, а, по-друге, модель виступає також і як засіб для одержання інформації про деяку систему (прототипу моделі).

def ***Модель*** - це сукупність логічних, математичних або інших абстракцій (термінів) та співвідношень між ними, що відображають із необхідним або досяжним ступенем подоби деякий фрагмент реальності та опис всіх істотних властивостей об'єкта, що моделюється.

Можна розглядати різні аспекти подоби між моделлю та промодельованими нею фрагментами реального світу:

- фізична подібність, коли модель і об'єкт мають близьку фізичну сутність;
- функціональна подібність, коли подібні їхні функції;
- динамічна подібність, що проявляється в подібності динаміки зміни стану об'єкта;
- топологічна подібність, що проявляється в подібності просторової (у широкому сенсі, у тому числі - організаційної) структури,
- тощо.

Відповідно можна виділяти фізичні, функціональні, динамічні, топологічні та інші види моделей.

Ступінь формалізації моделей може варіюватися в широких межах: від моделей, ще не підданих процедурам формалізації, до моделей строгих і

формальних. Вибір формальних засобів, що використовуються для опису моделей, не є довільним і визначається двома аспектами-компонентами моделі:

- *моделлю інтерпретації або інтерфейсним компонентом*, що характеризує процес двонаправленої взаємодії зі споживачем, у ролі якого може виступати як людина, так і автоматизована система, яка реалізує функції введення і зчитування даних;
- *сутнісним компонентом*, що характеризує специфіку модельованого фрагмента реальності, закономірності його функціонування, структури тощо.

Не претендуючи на повне розкриття питання про класифікацію моделей, опишемо їх у рамках підвищення ступеня глибини формалізації опису при переході від одного класу моделей до іншого класу моделей.

Першими як *найменш* формалізовані можна назвати *вербальні*, або *понятійні* моделі. Їх ще називають концептуальними, лінгвістичними або природно-мовними моделями. Як правило, первинна (вербальна) модель являє собою просто словесний портрет системи й проблемної ситуації. Відзначимо, що в практичному застосуванні процес синтезу первинної вербальної моделі може вироблятися і при участі сторонніх (запрошених) фахівців. Вербальна модель - це не обов'язково винятково тільки текстовий документ: вона може містити, наприклад, і кількісні характеристики - такі як елементи структуризації (наприклад, таблиці й графіки).

Наступними в ієрархічній піраміді моделей ідуть *логіко-лінгвістичні та семіотичні моделі та описи*. Цей тип моделей характеризується вже більш високим ступенем формалізації й пророблення, що торкається переважно логічного аспекту існування або функціонування модельованої системи. При побудові логіко-лінгвістичних моделей широко використовується символічна мова, найбільш часто – мова дискретної математики: логіка, формалізм теорії графів і алгоритмів. Логічні взаємини між окремими елементами моделі можуть відобразитися із застосуванням виразних засобів різних логічних систем, причому строгість логічних взаємин може варіюватися в широких межах: від відносин строгого детермінізму до відносин ймовірносної (нечіткої) логіки. Існує можливість побудови логіко-лінгвістичних моделей у базисі декількох формально-логічних систем, що відображують різні аспекти функціонування системи і знань про неї, а також у рамках *багатомодальної* логіки (що дозволяє включити в розгляд більш ніж дві можливі альтернативи).



Одним з видів логіко-лінгвістичних моделей є сценарії або сценарні моделі - різновид логіко-лінгвістичних моделей, призначених для відображення розгорнутих у часі послідовностей взаємозалежних станів, операцій або процесів. Сценарії можуть мати як лінійну, так і розгалужену структуру, у якій можуть бути встановлені умови переходу до тієї або іншої часткової (індивідуальної) стратегії, або просто відображені можливі альтернативи без вказівки умов. Вимога взаємозв'язку між елементами стосовно до сценарних моделей не є строгою і носить досить умовний характер, оскільки встановлюється на основі суб'єктивних суджень експертів, а також визначається

специфікою формулювання цілей діяльності. Сценарії, як різновид логіко-лінгвістичних моделей, широко поширені в галузях діяльності, пов'язаних з моделюванням соціально-економічних об'єктів, систем, процесів і явищ.

Далі йдуть *логічні* моделі. Вони являють собою наступний рівень формального подання (у порівнянні з логіко-лінгвістичними): у них природно-язикові висловлення заміщаються на примітивні висловлення - літерали, між якими встановлюються взаємини, що пропонуються формальною логікою. Логічні моделі широко використовуються для опису систем знань у різних предметних областях: наприклад, саме в рамках логічних моделей сформульовано багато соціальних і економічних теорій. При цьому рівень формалізації опису в таких моделях істотно вищий, ніж у логіко-лінгвістичних. Фактично, логічні моделі являють собою *останній* етап формалізації, на якому як елементи висловлювання ще можуть виступати поняття, сформульовані мовою людського спілкування. Але при цьому в логічні методи вже активно втручаються елементи формальних систем, мова про які піде далі.

Наступною стадією йдуть *статистичні і теоретико-ймовірнісні* моделі, методологічною основою яких є статистичні й теоретико-ймовірнісні методи опису. На цьому рівні формалізації моделі поки ще не йде мова про розкриття закону, що забезпечує усунення невизначеності при ухваленні рішення, але вже існує деякий масив спостережень за даною системою або її аналогом, що дозволяють зробити якісь висновки відносно минулого (поточного, майбутнього) стану системи, ґрунтуючись на гіпотезі про певну інваріантність (незмінність) у її поведженні. Статистичне моделювання тісно сполучене з *імітаційним* моделюванням, у ході якого модель об'єкта нерідко "занурюється у ймовірносне (статистичне) середовище", у рамках якої імітуються різні ситуації і режими функціонування моделі (модельованого об'єкта). Однак, у ряді випадків, імітаційні моделі можуть реалізовуватися і у детермінованих середовищах.

Нарешті – найбільш високий клас формалізації: *аналітичні* моделі. Даний клас моделей має найвищий ступінь формалізації опису і застосовується там, де закономірності протікання процесів і функціонування системи є досить добре вивченими, а самі процеси можуть розглядатися як детерміновані. Нерідко аналітичні моделі справедливо ототожнюються з моделями детермінованих процесів. Такі обмеження є досить жорсткими, що обмежує сферу їхнього застосування системами, що функціонують у стаціонарних умовах (тобто в малому ступені підданих впливу випадкових впливів, що їх збурюють) або вимагають істотного спрощення моделі.



Треба, однак, відзначити, що в останні роки математичний апарат і методологія моделювання розвилися настільки, що дозволили включити в себе також опис істотно недетермінованих систем. Зокрема, з'явилися методи строгого опису нерівноважних середовищ на основі ймовірносного опису, нелінійного аналізу, фрактальної геометрії, із залученням стохастичних понять, таких як "дивний атрактор", "структура шуму" і багато інших - один із прикладів наведено нижче.

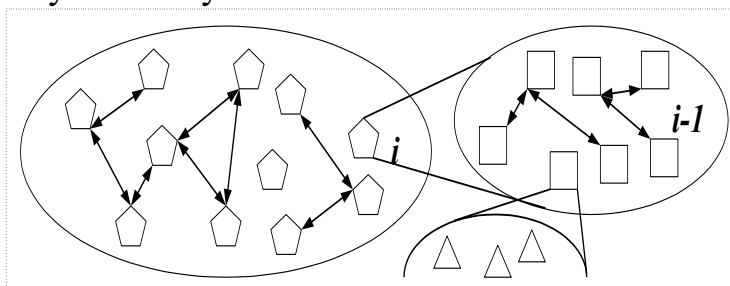
Важливим достоїнством аналітичного моделювання є можливість одержання на його основі фундаментальних результатів і інваріантних залежностей, які можуть бути поширені як на різні випадки використання модельованої системи в тих або інших ситуаціях, так і поширені на випадки розгляду інших систем даного класу. Основним же недоліком аналітичного моделювання є те, його застосування до складних систем з необхідністю вимагає істотної ідеалізації опису системи. Це пов'язане з різким розростанням обсягу обчислень навіть при несуттєвому ускладненні опису. Така ідеалізація може приводити до неповної адекватності отриманих результатів, до того, що ці результати можуть використовуватися лише як "перше наближення".

Аж унизу піраміди можуть бути поміщені моделі *імітаційні* - комплекс логіко-математичного опису системи, реалізований у вигляді програми, призначеної для рішення на ЕОМ, що включає в себе моделі різного типу, і які розглядають аспект функціонування динамічної системи в часі. Ці моделі застосовуються при неможливості строгого аналітичного рішення задачі або для проведення натурного експерименту. Імітаційні моделі служать для вивчення поведінки у часі складної неоднорідної динамічної системи, про структуру якої існують точні знання або деталізовані гіпотези. Для кожного елемента модельованої системи в пам'яті ЕОМ формується блок даних, що характеризує її поточний і попередній стани, блок логічних і обчислювальних процедур, що описують зміни критичних параметрів у часі, а також проведення обчислення цих параметрів на основі заданих значень.

Ієрархічні системи, ієрархія моделей.

Соціальна й економічна системи є ієрархічними. Це значить, що система більш низького рівня входить як складовою частиною - підсистемою - у систему більш високого рівня ієрархії.

Приклад структурного опису ієрархічно організованих систем наведений на такому малюнку:



В загальному випадку той самий досліджуваний об'єкт може входити в зовсім різні ієрархічні системи. Наприклад, розглянемо менеджера, що працює на фірмі. З одного боку, він входить складовим елементом у таку ієрархію систем: "менеджер → фірма → економіка регіону → економіка країни → глобальна економіка планети". Але, з іншого боку, він же входить і в таку ієрархію систем: "людина → родина → народ → культура (етнос)".

→ людство". Фактично, ми розглянули дві ієрархії, одну із яких можна назвати *економічною*, а іншу – *ієрархією культур*. Звичайно, не у всіх цих системах, і не на всіх рівнях цих систем розглянутий нами менеджер "проявляється" однаково сильно. Однак ми знаємо, що є люди, які - або "з обов'язку служби" (тобто своєї посади або положення), або за своїми особистісними характеристиками - що вони "проявляються" однаково сильно на багатьох (українською рідко - на всіх) ієрархічних рівнях якоїсь ієрархії систем. І все-таки - все-таки такі люди є: згадаємо хоча б Альберта Ейнштейна... Таких людей, насправді, є досить багато - їхня загальна кількість збільшується в міру зменшення номера ієрархічного рівня. Ми до цього ще повернемося в останніх розділах книги.

Питання.

1. Дайте визначення поняття "система". Перелічіть її складові частини. Приведіть приклад а) соціальної та б) економічної системи, виділяючи в ній характерні для системи компоненти.
2. Опишіть можливі класифікації систем. Приведіть конкретні приклади систем для кожного з перерахованих вами класів. Виділіть в кожному прикладі характерні для системи компоненти.
3. Що таке системний аналіз? Приведіть Ваше власне визначення цього терміна. Визначте, від чого - предмету, методу, суб'єкта або об'єкта дослідження, мети - Ви відштовхувалися в цьому визначенні.
4. Приведіть Ваше власне визначення моделі. Опишіть, чим воно відрізняється від наведеного в тексті.
5. Опишіть різні аспекти подоби між моделлю й модельованим нею фрагментом реальності. Приведіть конкретні приклади по кожному з аспектів.
6. Опишіть систему класифікації моделей по глибині їхньої формалізації. Приведіть конкретні приклади моделей для кожного з рівнів. Приведіть приклад моделювання того самого а) соціального та б) економічного об'єкта (процесу, явища, системи), для якого можлива побудова *різних* по глибині формалізації моделей. Як вони зв'язані між собою?
7. Опишіть, що Ви розумієте під ієрархією систем і під ієрархією моделей. Як Ви вважаєте, чи є це тим самим? Якщо це те саме, то як із цим співвідноситься перехід від розглянутої моделі до моделі, що має більш високий рівень формалізації?

Завдання.

1. Опишіть наступні об'єкти як системи: а) Ваш інститут (університет, академію), б) банк, в) політичну партію, г) аграрну фірму, д) мережу продовольчих магазинів. Побудуйте на базі кожного такого об'єкта *кілька* різних систем.
2. Проведіть системний аналіз конкретного соціального або економічного об'єкта (див., наприклад, завдання 1), виділяючи для кожного з них *характерні* етапи такого дослідження.

3. Побудуйте ієрархію моделей за рівнем їхньої формалізації для конкретного соціального або економічного об'єкта (якщо немає на прикметі чогось свого – див., наприклад, завдання 1). Цікаво, чи зуміли Ви побудувати *весь* ланцюжок?! *Підказка:* скористайтеся літературою – підручниками, монографіями, науковими журналами.

4. Опишіть ієрархію систем для конкретного соціального або економічного об'єкта. Чи вдалося Вам побудувати *кілька різних* таких ієрархій?! *Підказка:* кожна система ієрархій – це певна "точка зору" як на сам розглянутий об'єкт, так і на світ у цілому.

РОЗДІЛ 3. ІНФОРМАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ

"Наївна" точка зору на управління та інформацію. - Вивід співвідношення $I = -\log_2 P$ як приклад застосування математичних методів у кібернетичці. - $\langle I \rangle$, інформація за Шенноном, біт. - Інформація та ентропія. - Інформація в соціальних і економічних системах: сучасний погляд на інформацію. - Людина як єдине джерело соціальної та економічної інформації. - "Робоче" визначення термінів "управління" і "інформація". - Система строгих визначень: ієрархічна самоорганізована система (ІСС), управління в ІСС (8 компонент інформації - строге визначення). - Питання і завдання.

"Наївна" точка зору на управління та інформацію.

У цій главі розглянемо більш докладно ті ключові поняття, які задають весь напрямок діяльності в області економічної кібернетики. У попередніх розділах ми вже писали про те, як важко визначити термін "інформація", як багато при цьому виникає "підводних каменів". Але, проте, цей термін, поряд із терміном "управління", є одним із небагатьох ключових "гравців" на полі науки під найменуванням "кібернетика".

Кібернетика багато десятиліть бурхливо розвивалася в напрямку застосування до систем *технічних*. У цій області отримані досить вражаючі результати, і ігнорувати їх навряд чи є розумним. Звичайно, при цьому ми не повинні забувати про те, що самі ми займаємося застосуванням кібернетики до систем соціальних і економічних, у яких людина є активною діючою особою.

І все-таки - спочатку поговоримо про інформацію в системах технічних.

Із чим звичайно зв'язується феномен інформації? Для одержання *кількісних* закономірностей, його *потрібно* зв'язати з якимсь *кількісним* параметром, який може бути вимірним. Що може підійти для цього? Який параметр може бути "носієм" інформації?



От пролунав урок і в аудиторію зайшов ваш викладач економічної кібернетики та розпочав читати лекцію з розділу "інформація та управління". Наскільки *інформативним* буде це повідомлення для вашого співрозмовника? Ймовірно, інформації тут мало, - її навіть може й не бути взагалі, якщо ваш співрозмовник знає, що саме ця лекція й була запланована на цей час. Він скаже: "Ймовірність цієї події дорівнює 1". У всякому разі, це повідомлення є аж занадто "очевидним", щоб нести для нього хоч якусь інформацію. Та й ви самі навряд чи будете розповідати співрозмовникові *очевидні* речі (тобто події, імовірність яких дуже велика). Ні! Ви будете розповідати з насолодою *речі неочевидні* – але які, проте, *уже сталися*. Наприклад, коли ваш викладач, замість того, щоб почати читати лекцію, раптом візьме та й станцює – отоді так! Отоді ви будете розповідати про таке "усім і всякому", і ваша розповідь буде мати безсумнівний успіх! Вас будуть перепитувати, цікавлячись *наявністю факту*, а потім усі будуть будувати різні здогади. Нарешті, вас нетерпляче будуть підганяти вигуками "Ну й що ж далі?!" - у надії почути не менш цікаве продовження.

Так що ж саме цікавить людей? Як легко бачити з наведеного прикладу (і безлічі подібних прикладів, яких легко можна привести велику кількість) – людей цікавлять події, які 1) *мало ймовірні*, але які, проте, 2) *існують та сталися*. Саме коли ці дві умови мають місце - саме тоді такі події й називаються "інформативними", саме в цих випадках і говорять, що розповідь про них "несе інформацію".

Підсумуємо. У якості "наївного" визначення інформації, ми можемо взяти наступне:

def Повідомлення про події, які мають *малу* апріорну інформацію, несуть *багато інформації*. Звичайно, коли (якщо) такі події *мають місце*. Таке визначення є, по суті, пост-фактумним визначенням (post-factum – по-латинському "після факту, події"). Іншими словами: ми думаємо, що спочатку ці події відбуваються, а вже потім, *після їхнього настання*, ми зуміємо виміряти ту інформацію, що у них "захована". Але як бути, якщо нам потрібно знати інформацію не після, а *до* настання події?! Про це - пізніше!

Вивід співвідношення $I = -\log_2 P$ як приклад застосування математичних методів у кібернетиці.

Таким чином, *кількість* інформації ми зв'язали з кількістю ймовірності. Але як, яку функцію вибрати в якості "переходу" від ймовірності до інформації, у якості "перекладу" ймовірності в інформацію? Насамперед, ймовірність і інформація - це свого роду "взаємно обернені" величини: коли одна зростає, інша, відповідно, спадає. Запишемо цю умову в наступному вигляді

$$I = f\left(\frac{1}{P(M)}\right) \quad (3.1)$$

Тут I – інформація, P - ймовірність настання події M , а $f(W)$ – монотонно зростаюча функція (властиво, для цього і записали її аргумент у вигляді оберненої залежності від ймовірності).

Тепер сформулюємо "очевидне" правило: інформація про *дві* незалежні події повинна дорівнювати *сумі* інформації про кожну із них. Звідки з'явилося таке? Так просто "з міркувань зручності": людині набагато *зручніше* працювати із сумою, ніж, наприклад, із добутком.

Отже, нехай ми прийняли цю умову. Таким чином, будемо виходити з того, що маємо *дві незалежні* події. Але ми знаємо, що ймовірність настання обох подій у цьому випадку буде дорівнювати *добутку* ймовірностей здійснення кожної події окремо (це впливає із властивостей ймовірності, описаних у будь-якому підручнику по теорії ймовірностей та математичній статистиці). Тобто для ймовірності маємо таке співвідношення:

$$P(M_1 M_2) = P(M_1) \cdot P(M_2) \quad (3.2)$$

А от для інформації ми повинні мати не добуток, а суму "часткових" інформацій - суму значень інформації про кожну із подій окремо. З використанням (3.1) і (3.2) це можна записати в такому вигляді:

$$I_{1,2} = I_1 + I_2 = f\left(\frac{1}{P(M_1M_2)}\right) = f\left(\frac{1}{P(M_1)}\right) + f\left(\frac{1}{P(M_2)}\right) \quad (3.3)$$

З метою спрощення запису введемо наступні позначення:

$$W = \frac{1}{P(M_1M_2)}, W_1 = \frac{1}{P(M_1)}, W_2 = \frac{1}{P(M_2)}, W = W_1 \cdot W_2 \quad (3.4)$$

Тоді (3.3) переписеться у вигляді

$$f(W) = f(W_1 \cdot W_2) = f(W_1) + f(W_2) \quad (3.5)$$

Співвідношення (3.5) називається *функціональним* рівнянням, тому що воно визначає (задає) вид функції, що задовольняє саме такої залежності від своїх змінних. Це функціональне рівняння може бути вирішене в такий спосіб.

Спочатку візьмемо частинну похідну по W_2 від обох частин співвідношення (3.5), - при цьому для обчислення похідної скористаємося рівністю $W=W_1W_2$.

$$\frac{\partial f}{\partial W} \cdot \frac{\partial W}{\partial W_2} = \frac{df(W_2)}{dW_2}$$

або

$$W_1 \cdot \frac{\partial f(W)}{\partial W} = \frac{df(W_2)}{dW_2} \quad (3.6)$$

При переході до останнього запису враховано, що похідна по W_2 від $W=W_1W_2$ дорівнює W_1 .

Тепер візьмемо похідну по W_1 від обох частин (3.6). Ліворуч - буде похідна від суми двох функцій, а праворуч - похідна від співвідношення, що не залежить від змінної, по якій береться частинна похідна (тобто - праворуч буде нуль). Таким чином, приходимо до співвідношення:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial W_1} \left(W_1 \cdot \frac{df(W)}{dW} \right) &= \frac{df(W)}{dW} \cdot \frac{\partial W_1}{\partial W_1} + W_1 \cdot \frac{d}{dW} \left(\frac{df(W)}{dW} \right) \cdot \frac{\partial W}{\partial W_1} = \\ &= \frac{df(W)}{dW} + W_1 \cdot W_2 \cdot \frac{d^2 f(W)}{dW^2} = \frac{df(W)}{dW} + W \cdot \frac{d^2 f(W)}{dW^2} = 0 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Остання рівність – це звичайне диференціальне рівняння другого порядку для невідомої функції $f(W)$. Будемо вирішувати його стандартним способом, для

чого зробимо заміну $Z=df/dW$. Тоді (3.7) перетворюється у звичайне диференціальне рівняння першого порядку з роздільними змінними, яке легко вирішується. Не пояснюючи докладно процедуру рішення, випишемо нижче тільки ключові співвідношення.

$$W \frac{dZ}{dW} + Z = 0, \frac{dZ}{Z} = -\frac{dW}{W},$$

$$\int \frac{dZ}{Z} = -\int \frac{dW}{W}, \ln Z = -\ln W + \ln K = \ln \frac{K}{W}$$

$$Z = \frac{K}{W}, \frac{df}{dW} = \frac{K}{W}$$

Остання рівність - це знову звичайне диференціальне рівняння з роздільними змінними - але вже для функції, яку ми шукаємо. Рішення його знаходиться так:

$$df = K \frac{dW}{W}, \int df = K \int \frac{dW}{W}$$

$$f(W) = K \ln W + const \quad (3.8)$$

Отже, ми одержали для зв'язку між *величиною* інформації і ймовірністю настання певної події (з якою саме й зв'язується ця ймовірність) вираз

$$I = K \ln \frac{1}{P} + const \quad (3.9)$$

Урахуємо, однак, що константа інтегрування в (3.9) повинна бути покладена рівною нулю, тому що інформація про настання *очевидної* події, ймовірність якої дорівнює $P=1$, з очевидністю повинна бути 0 .

Нарешті, має місце ще одна обставина – уже *історична*, котра *остаточно* й фіксує нашу – поки що у формулі (3.9) не визначену, константу K . А саме, слідом за Шенноном, покладемо, що настання події, що має ймовірність $\frac{1}{2}$, несе нам кількість інформації, рівну I . Інакше кажучи, остаточно приходимо до «виразу для зв'язку інформації й ймовірності» у вигляді, прийнятому в сучасній науці:

$$I = -\log_2 P \quad (3.10)$$

<I>, інформація за Шенноном, біт.

Отже, з (3.10) випливає, що інформація дорівнює одиниці, якщо здійсниться подія, ймовірність якої дорівнює $\frac{1}{2}$. Така одиниця виміру називається *біт*.

Тепер задамося питанням: а як підрахувати *середню* кількість інформації, яку ми одержимо, знаючи ймовірності настання *декількох* подій? З курсу статистики (математичної статистики або ж статистики економічної) відомо, що, якщо задано ймовірність для здійснення значень змінних x_i , середнє значення знаходиться за формулою *зваженої середньої*

$$\langle x \rangle = \sum P_i \cdot x_i$$

Оскільки нас цікавить середнє значення інформації, то підставляючи в цю формулу вираз (3.10) для інформації, що характеризує настання *i-мої* події, прийдемо до формули

$$\langle I \rangle = \sum P_i \cdot I_i = -\sum P_i \cdot \log_2 P_i \quad (3.11)$$

Формула (3.11) часто називається формулою Шеннона, і дає вираз для розрахунку *середньої* інформації, отриманої внаслідок одержання відомостей про настання подій, кожна з яких має апріорну ймовірність P_i . Звичайно, при цьому повинна виконуватися умова нормування для ймовірностей, яка записується у вигляді

$$\sum P_i = 1$$

З використанням методу невизначених множників Лагранжа неважко довести, що вимога максимуму інформації досягається за умови, коли всі події є *рівноймовірними*. Тоді ймовірність кожної події однакова і обернено пропорційна кількості подій.

Інформація та ентропія.

У фізиці, ще з початку ХХ століття, активно досліджувався ряд питань, які – у певному сенсі – є «подібними» до розглянутих вище. Людвіг Больцман і Джозайя Гіббс задалися наступним питанням: якщо в нас речовина складається з атомів, а її стан визначається всього лише невеликим числом характеристик, - то, ймовірно, багато станів різних атомів якось «усереднюється». У результаті – з'явилася *статистична* фізика, що одержала величезне поширення і в рамках якої досягнутий значний прорив у розумінні Природи.

Однак головне для нас – не це. Справа в тому, що Людвіг Больцман одержав для так званої «ентропії» наступний вираз

$$S = k_B \ln W \quad (3.12)$$

Тут S – це і є ентропія, k - так називана *постійна Больцмана*, W - кількість *макроскопічно різних* станів досліджуваної системи.



Чому, з якої причини так важливо знати значення ентропії у фізиці? Виявляється, що якщо воно відомо, то існують формули, за якими можна *обчислити* всі так звані "термодинамічні змінні" – всі параметри, які характеризують стан нашої системи. Таким чином, формула (3.12) дає можливість обчислити всі макроскопічні характеристики об'єкта, знаючи тільки його макроскопічні (атомарні або молекулярні) характеристики. Так

задача виявилася вирішена? На жаль, це далеко не так: обчислити значення W виявилось можливим тільки для дуже невеликої кількості *модельних* систем! Реальні системи й об'єкти виявилися "не по зубам" навіть фізикам...

У рамках статистичної фізики показується, що ентропія - це є певна узагальнена "міра безладдя" розглянутої системи. Чим більше значення ентропії - тим більше "безладдя" є в системі, тим більше вона виявляється "невпорядкованою".

Однак що таке є управління? Як правило, наявність управління ототожнюється зі *зростанням порядку* в керованій системі. Отже, ентропія системи в процесі управління нею повинна падати. Але процес управління супроводжується також *збільшенням інформації* про систему. Таким чином, дійдемо висновку:

- Збільшення інформації про систему рівнозначно зменшенню ентропії в ній.

Саме ця обставина й дозволило багатьом ученим сформулювати тезу:

def *Інформація* є *негативна ентропія* розглянутої системи. Точніше варто сказати так: зміна інформації про систему дорівнює зі зворотним знаком зміні її ентропії. Інформація і ентропія мають *протилежні* знаки: якщо безладдя зростає – то інформація про систему спадає. Це визначення відображує наші *інтуїтивні* уявлення про управління (через очікувану (апріорну) імовірність настання тієї або іншої події). Воно також зв'язує поняття "інформація" саме із *процесом управління*.

Використовуючи *таке* визначення терміна інформація, ми повинні описати той *інтер'єр* – тобто ті умови, той контекст, де *таке* визначення "працює". Інакше кажучи, ми повинні привести визначення поняття *управління*. Це можна зробити, наприклад, у такому вигляді:

def *Управління* є процес упорядкування в системі. Звичайно, потрібно б тепер зайнятися визначення того, що саме ми розуміємо під "упорядкуванням". Однак давайте поки що зупинимося на цій стадії: "наведення порядку" – це досить зрозумілий опис того, що робить будь-який керівник, будь-який менеджер у соціальній або економічній системі. Іншими словами – для *інтер'єра* соціальних і економічних систем уже зрозуміло, що саме розуміється під терміном управління і що саме, яка саме діяльність зв'язується із цим поняттям.

Інформація в соціальних і економічних системах - сучасний погляд на інформацію.

Переходячи до соціальних і економічних систем, перше, що ми бачимо - так це те, що поняття інформація явно має потребу в коментарях і змінах.

Наприклад, уже відповідь на просте питання: "Скільки інформації є в підручнику по інформатиці для 10-11 класів?" відразу викликає ще більшу кількість

додаткових питань. І відповідь – близько 400 тисяч біт (підрахований по алгоритму: 1 буква = 8 біт, кількість букв на сторінці (у середньому) – 2 тис., кількість сторінок – близько 200) – зовсім не вносить ясності. Студент відразу ж скаже: "Для мене – інформації в ньому - 0!" – і буде правий! Він-то його давно знає, і *нічого нового* для себе в такому підручнику не знайде. А як виміряти інформацію, що міститься, наприклад, у висловленні: "Цей викладач – строгий"? У бітах?!



В 1936 році в радіоефірі пролунала пісенька "Над всією Іспанією безхмарне небо..."... Скільки біт вона містила?! Але ця пісенька – вона була *паролем*, спусковим гачком для початку громадянської війни, що закінчилася встановленням в Іспанії диктатури генерала Франко. Виходить, не в бітах справа?! Важливе місце, виявляється, має також і питання *готовності* споживача інформації до її сприйняття. Інакше кажучи, ця пісенька як би "замкнула" тривалу підготовку, стала останнім камінчиком, що вибудував піраміду величезного по своєму обсягу процесу управління.



У роки другої світової війни перед американськими адміралами стала проблема: яким чином організувати переговори між військовими кораблями, - але, одночасно, забезпечити також високий ступінь їхньої таємності? Американцям були відомі успіхи японців в області дешифрування. Вихід був знайдений! На кожен із кораблів посадили по індіанцю племені навахо: у США їх залишалося всього тільки кілька сотень людей. Так був забезпечений найвищий рівень таємності! Індіанці переговорювалися між собою на своїй "навахській" мові, а японці їх не розуміли! Звичайно, індіанці потім перекладали керівництву кораблів і штабів те, що почули від своїх одноплемінників, на англійську, - але японцеві-то такий переклад зробити було просто нікому! Таким чином, для американців ця індіанська говірка, що заповнила радіоефір Тихого океану, була "заповненою інформацією", - а для японців її "інформативність" дорівнювала нулю.

Усього два приклади, - але вони розкривають надзвичайно важливу особливість соціальних і економічних систем. Якщо для систем технічних інформація за Шенноном виявилася застосованою, якщо для систем неживої природи концепція "інформація є негативна ентропія" також принесла свої позитивні результати, то для систем соціальних і економічних поняття "інформація" має бути, як мінімум, *змінено*.

Людина як єдине джерело соціальної та економічної інформації.

Говорячи про інформацію, ми якось випустили з уваги одну досить важливу обставину. А саме: питання про *джерело* інформації. Дійсно, *хто* або *що* "робить" інформацію? Звідки вона з'являється?

У технічній кібернетиці, що займається дослідженням систем технічних, обходять це питання, говорячи просто про "сигнали". Якщо ж копнути глибше - виявиться, що за всіма сигналами, в остаточному підсумку, стоїть людина.

Що ж стосується систем соціальних та економічних – то ключова роль людини як *єдиного* джерела будь-якої інформації є практично очевидною. Більш того: тут відразу стає ясным, що і *єдиним споживачем* інформації є також людина!

М Задамося питанням: що потрібно було б зробити японцям, щоб безглуздий набір звуків, які вони чули в ефірі, став нести для них інформацію? По-перше, на самому початку необхідно було б виділити "фонем" – тобто характерні звуки навахської мови. По-друге, необхідно було б розробити "абетку" для запису цих фонем: це необхідно, щоб *зафіксувати в інваріантному (незмінному) вигляді* фрагмент розмовного тексту. По-третє, необхідно "скласти слова", - тобто записати *тезаурус* – повний набір використовуваних слів. По-четверте, необхідно "наповнити слова змістом", тобто приписати їм цілком певні значення. По-п'яте, необхідно розробити "правила граматики", тобто правила, по яких на цій мові *описуються дії*, - як правило, це дії по управлінню! Нарешті, по-шосте, необхідно виділити способи *ієрархічного впорядкування*, з використанням яких може бути – у рамках цієї мови – стиснутий великий обсяг інформації до меншого. А тепер уважно перечитайте все те, що описано вище. По суті, ми прийшли до опису будови довільної мови програмування (вона, як правило, "починається з нуля") або ж опису будови "дисциплінарних мов", характерних для тієї або іншої галузі науки (вони, як правило, починаються з визначення слів-термінів). Властиво, за таким самим принципом влаштований взагалі будь-який спосіб спілкування людей між собою. Але от зробити все те, що описане вище – зробити це може *тільки людина*. Сьогодні нам невідомий інший об'єкт, що зміг би *самостійно* виконати такого роду роботу.

"Робоче" визначення термінів "управління" і "інформація".

Як бачимо, дати визначення поняттям "інформація" і "управління", минаючи *явне* використання людини, просто неможливо. Тому, не вдаючись у тривалі міркування, приведемо зараз визначення цих термінів. Це, звичайно, буде "робоче" визначення – тобто таке, котре по самій суті є *нестрогим*. Однак проте, воно все ж виділяє основні риси, характерні для нього та важливі для класів задач, які поставлені в області опису і моделювання соціальних та економічних систем. Їх "нестрогість" дозволяє спертися на "наївне" уявлення кожного з нас, і, до того ж, *не стримує* зайвою строгістю нашу творчість – що досить важливо при моделюванні.

def *Інформація* – це все те, що допомагає управлінню. Це може бути і жест, і підпис, і текст, і характеристики або статистичні дані... Ми не деталізуємо далі – однак, у рамках конкретної розв'язуваної нами задачі ми просто *зобов'язані* досить чітко й строго вказати, що саме ми – у даному випадку! - розуміємо під "інформацією".

def *Управління* – це діяльність, що включає в себе цілеспрямовані зміни в досліджуваній системі. Тут, у цьому визначенні, *головне* – це "цілеспрямованість" діяльності. Як правило, це визначення включає у себе необхідність опису діяльності людини або групи людей, і, щоб описати це в конкретних випадках, ми повинні надавати більш чіткі й строгі визначення.

Ці визначення є настільки загальними, що вимагають свого "розгортання" при описі конкретних ситуацій або при вирішенні конкретних задач. Нижче - як приклад здійснення такої процедури "розгортання" - наведена система строгих визначень, спрямованих на вирішення задач по управлінню в ієрархічних системах, - як природних, так і соціальних і економічних.

Система строгих визначень: ієрархічна самоорганізована система - ІСС та управління в ІСС (8 компонент інформації - строгі визначення).

Приведемо систему строгих визначень терміна "інформація" і "управління", які орієнтовані на опис ряду соціальних і економічних систем. При викладі цього підpunkту ми слідуємо монографії та статтям автора книги, які наведені в списку літератури до цього розділу, - там же описані границі (межі) для застосування цих визначень, а також методики використання цих термінів при описі конкретних соціальних і економічних задач.

def Нижче під *середовищем* буде розумітися, фактично, досліджувана нами система (у тому числі – соціальна або економічна). При цьому ми змушені ввести термін "середовище" з тієї причини, що він охоплює як саму систему (яка часто виступає як *упорядкована* частина довкілля), так і оточення системи, дозволяючи тим самим увести в розгляд "зовнішні" стосовно системи потоки.

Визначення 1. Стан середовища називається ***нерівноважним***, якщо її дисипативні властивості трансформуються в присутності зовнішніх потоків. Для природних систем – це потоки маси і/або енергії, для соціальних та економічних – це ще й потоки ресурсів, фінансів, даних тощо.

Іншими словами, середовище під впливом зовнішніх потоків повинне змінювати свою структуру. Відбувається це, як правило, коли інтенсивність потоку (енергії і/або речовини, ресурсів, фінансів - залежно від розглянутої системи) перевищує якесь певне критичне значення. Внаслідок цього її дисипативні характеристики будуть змінюватися, - як правило, вони зростають внаслідок процесів самоорганізації.

Визначення 2. Фінітна (обмежена) область простору-часу, у якій середовище перебуває в нерівноважному стані, і яка реагує на зовнішні впливи (потоки) як єдине ціле, називається ***когерентною структурою*** (КС).

Це визначення є центральним у викладеному підході, тому що воно описує об'єкт, який служить свого роду *критерієм*, що дозволяє здійснювати згодом аналіз і класифікацію досліджуваних нами систем.

Уведені в такий спосіб когерентні структури в літературі також часто називаються "дисипативними системами".

Визначення 3. Система називається **відкритою та нерівноважною** (ВНС), коли вона містить одну або більше КС.

Визначення 4. **Стани і процеси** (статичні і динамічні характеристики) в ВНС характеризуються складом і/або параметрами тих КС, з яких ця система складається (у тому числі також типом зв'язків між КС і їхніми параметрами).

Іншими словами, стан ВНС - це є клас інваріантності характеристик, що описують розглянуту систему й зовнішні впливи (потoki маси і/або енергії), при яких залишається незмінною система КС і характеристики, що описують ці КС. Таке визначення стану ВНС зручно для використання в теорії управління, коли управління визначається як процес цілеспрямованого переводу керованої системи з одного стану в інший.

Визначення 5. Стан ВНС є **стійким**, коли існує якийсь певний обмежений ненульовий інтервал зовнішніх впливів, при яких набір КС і/або їхні характеристики в системі залишаються незмінними.

Визначення 6. Сукупність зовнішніх умов, при яких склад ВНС і/або характеристики КС починають змінюватися, називається **границею стійкості** ВНС.

Визначення 7. Довільна **ієрархічна самоорганізована система** (ІСС) може бути описана як ієрархічна сукупність КС. У деяких випадку КС більш високого рівня ієрархії можуть бути утворені із КС розглянутого рівня в результаті дії закономірностей (за допомогою механізмів) самоорганізації складних систем.

Як правило, ієрархічні системи, як природні, так соціальні і економічні, формуються саме під дією закономірностей самоорганізації - у результаті адаптації середовища до потоків (енергії, маси, фінансів, ресурсів, тощо), що проходять скрізь нього. Ієрархічні системи можуть бути побудовані також і людиною, але вони, як правило, перебувають у нестійкому стані і швидко розпадаються, якщо будуть "залишені напризволяще".

Наведена вище схема опису ієрархічних систем в останні роки була застосована до широкого кола задач опису природних, соціальних і економічних об'єктів, а також до проблеми розпізнавання КС - зокрема тих, що існують у соціально-економічних системах. Більш докладно про це буде написано в наступних розділах книги.

Визначення 8. Створення нових КС і/або нових характеристик КС (або зміна, або підтримання в незмінному стані вже існуючих КС) в ІСС називається **управлінням в ІСС**.

Як видно з визначень 4-8, для задач управління природними і соціальними системами параметри, що описують стани і/або процеси в ієрархічній структурі, що складається із КС, відіграють роль **інформації**. Ці параметри можуть бути розділені на специфічні групи, які далі будемо називати **класами інформації**. Ці класи інформації можуть бути визначені інваріантно для кожного ієрархічного рівня.

Відповідно, можуть бути виділені наступні класи інформації:

1. Клас інформації, що містить опис одиничних об'єктів або КС, що мають подібність по ряду істотних ознак ("однакових" у тому або іншому сенсі).

До цього класу відносяться характеристики, які необхідні для опису *окремих одиниць* - КС, з яких складається розглянутий ієрархічний рівень.

2. Клас інформації, що описує характер взаємодії подібних одиничних об'єктів або КС. Внаслідок специфіки характеру взаємодії деяка сукупність одиничних об'єктів або КС може розглядатися як якась єдність - єдиний ієрархічний рівень. До цього класу відносяться характеристики, що описують *характер взаємодії (взаємин)* між окремими одиницями - КС, з яких складається розглянутий ієрархічний рівень певної системи (у тому числі - соціальної системи). Як метафора для опису характеру взаємодії найбільш прийнятні терміни, що описують явища притягання й відштовхування (сумісності або несумісності).

3. Клас інформації, що описує границю, яка відокремлює від оточення ієрархічний рівень, який розглядається як єдине ціле. До цього класу відносяться характеристики, що описують *границю* розглянутого ієрархічного рівня. Далі для границі ієрархічного рівня буде використовуватися назва *мембрана* (відзначимо, що фіксація мембрани в просторі й часі є невід'ємною характеристикою живих організмів при описі їх як ієрархічних систем).

4. Клас інформації, що описує внутрішню будову ієрархічного рівня, який розглядається як єдине ціле, тобто інформація про *структуру*, утворену внаслідок взаємодії одиничних об'єктів або КС, які цей рівень складають. До цього класу відносяться характеристики, що описують *структуру* (наприклад, - топологічну будову) ієрархічного рівня, який розглядається як ціле.

Таким чином, останні два класи інформації описують ієрархічний рівень як ціле, а перші два - окремі функціональні одиниці, з яких побудований цей рівень, а також взаємодію між цими "складовими елементами" ієрархічного рівня.



А тепер подивіться на сукупність визначень, що була дана в розділі 2 поняттю "система". Там були визначені: "елемент системи", "зв'язки між елементами" (правда, спеціально ми їх раніше не виділяли), "структура системи" і "границя системи". Таким чином, наведена вище сукупність визначень деталізує розглянуті вище *загальносистемні* визначення, характерні для всієї сукупності будь-яких систем.

- Але для управління в ІСС необхідно опис як *станів*, так і *процесів* у рамках кожного із класів інформації. Із цієї причини для адекватного й інваріантного опису довільного ієрархічного рівня ІСС доцільно оперувати ***вісьмома компонентами інформації***.

Поняття *стан* нерозривно пов'язане з абстрактним уявленням про систему або об'єкт і може бути визначене як сукупність відомостей (даних, інформації, характеристик, параметрів тощо), що описують об'єкт як незмінний, як такий, що не змінюється, застиглий. У природничих науках (наприклад, фізиці) стан зазвичай зв'язується зі сталістю значень деяких параметрів. При цьому підкреслюється, що це можуть бути як параметри безпосередньо вимірні (у тому числі спостережувані) параметри, так і параметри, що описують якісь обчислювальні характеристики. Наприклад, в останні роки введено поняття про "стохастичні

(шумовий) стани", які характеризуються такими параметрами, що визначають "структуру шуму". Можна сказати, що стан має місце тоді, коли дана система реагує на зовнішні впливи як єдине ціле й коли ця реакція є інваріантною щодо певної зміни зовнішніх умов (у тих випадках, коли інтерес для дослідника представляє саме відгук системи як цілого). Тобто використання терміна "стан" доречно тоді, коли система стійка, перебуває в рівновазі із середовищем. (У деякому сенсі, це відповідає опису "стійкості" такого об'єкта, його "рівноваги" з оточенням.) Також вважається, що якщо за час спостереження (використання, прояву діяльності, активності) характеристика об'єкта не змінила своє значення або ж змінила його "несуттєво" (так, що якась істотна властивість об'єкта не змінилася), те ця характеристика описує стан.

Використовуючи аналогічний підхід, поняття *процес* можна визначити як сукупність відомостей, що описують характерні риси *мінливості* об'єкта. При розгляді процесу в якомсь об'єкті або системі виділяються ті його характеристики, які свідчать саме про наявність змін. У природничих науках (наприклад, у фізиці) прийнято зв'язувати процеси з відсутністю рівноваги (тобто з "не-станом"), і розглядати процес як такий, що відбувається на фоні деяких "потоків" (потоків енергії і/або речовини). Із процесом також зв'язується сам опис переходу від одного стану до іншого (особливо в статистичній фізиці й термодинаміці, - "термодинамічний стан"). У деякому сенсі процес відповідає нестійкості об'єкта, його "нерівновазі", незбалансованості з оточенням. Також вважається, що якщо за час спостереження (використання, прояву діяльності, активності) характеристика об'єкта змінила своє значення (так що відповідна властивість об'єкта змінилася), те вона характеризує процес.

Таким чином, кожний з уведених вище класів інформації розпадається ще на два:

- на опис *станів*;
- на опис *процесів*.

Таким чином, приходимо до *висновку*.

М Введених вище *восьми* компонентів інформації цілком достатньо **М** для адекватного ті інваріантного опису довільного ієрархічного рівня в ієрархічних самоорганізованих системах довільної природи. Тобто ці 8 компонентів інформації утворюють *базис* в "інформаційному просторі".

Питання.

1. Приведіть своє визначення терміна "інформація" стосовно до технічних систем. Чому воно не підходить до систем соціальних і економічних?
2. Опишіть процес розрахунку інформації – як би Ви самі це зробили при вирішенні конкретної задачі. Як Ви пропонуєте вирішити питання про одержання даних про *ап'юріорну ймовірність* настання подій, що цікавлять Вас? Яку роль і місце в знаходженні цих величин Ви відведете статистичному дослідженню?

3. Що таке 1 біт? Як Ви вважаєте, чи справедливо твердження: "Інформація вимірюється тільки в бітах"? Якщо ж його область застосування обмежена - опишіть ці межі. Зокрема: чи можна застосувати це визначення при вирішенні соціальних і економічних задач? Відповіді - обґрунтуйте.

4. Що таке ентропія, і як вона пов'язана з інформацією?

5. Опишіть, як Ви розумієте твердження: "Управління є процес упорядкування в системі"? Зокрема, що Ви розумієте під "упорядкуванням"? Чи завжди управління може бути зведене до "упорядкування"? А в соціальній й в економічних системах? Якщо "ні" - то при яких умовах може бути все-таки "так"?

6. Опишіть алгоритм для розпізнавання інформації в якомусь тексті або фрагменті розмовної мови, що виявилися у Вашому розпорядженні. Що для цього потрібно зробити і у якій послідовності?

7. Приведіть Ваші власні *робочі* визначення для понять "інформація" і "управління". Визначите, годяться вони для всіх систем, а також чи також застосовні вони до систем соціальних і економічних. Чи мають Ваші визначення границі застосовності взагалі?

Завдання.

1. Є чотири події, апріорні ймовірності настання яких рівні й становлять $P=1/4$. Події незалежні. Знайти величину середньої інформації, що несуть ці події.

2. Є чотири події, апріорні ймовірності настання яких рівні $P_1=1/2$, $P_2=1/4$, $P_3=P_4=1/8$. Знайти величину середньої інформації, що несуть ці події.

3. Опишіть конкретну соціальну або економічну *ієрархічну* систему, скориставшись системою *строгих* визначень, даних у тексті. Зверніть увагу на те, щоб обов'язково використати при описі *кожного* ієрархічного рівня – той самий "шаблон" із 8-ми компонент інформації.

4. Опишіть конкретну фірму або організацію як систему для перетворення інформації. Що в цьому випадку є "інформацією"? Які використовуються *носії* інформації? Побудуйте моделі різної глибини формалізації для опису системи інформаційних потоків (обміну інформацією) на фірмі.

РОЗДІЛ 4. КІБЕРНЕТИЧНІ МОДЕЛІ І ЇХНІЙ МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС

*"Чорна скриня". - Концепція "вхід-вихід". - Оператор як модель для опису концепції "вхід-вихід". - Лінійний оператор (однорідний і неоднорідний). - Матриця, операції диференціювання та інтегрування як приклади лінійних операторів. - Процеси "без пам'яті" - Марківські процеси. - Рівняння Колмогорова (Фокера-Планка) і його статистична інтерпретація. - Питання і за-
вдання.*

"Чорна скриня".

Як ми вже знаємо, досліджуваний об'єкт, що розглядається як система, входить складовою частиною в цілий ряд різних ієрархічних систем. У соціальних і економічних системах - в основному об'єкті вивчення економічної кібернетики - головною діючою особою є людина. Тому, вивчаючи конкретну соціальну або економічну задачу, ми змушені "обривати" на деякому етапі ієрархію систем, "що йдуть вниз". Чи зробимо ми це на людині, чи на певній сукупності людей - це вже залежить від досліджуваної задачі.

У якості "найменшого" елемента, що ми будемо розглядати як "неподільний", звичайно, не обов'язково виступає людина. Цілком може виявитися, що в якості такого "неподільного" елемента ми будемо розглядати, наприклад, окремі фірми (для задач оптимізації управління економікою регіону), соціальні групи (для задач розподілу засобів держбюджету), або галузі економіки (при розгляді балансу ресурсів у рамках валового внутрішнього продукту).

Іншими словами: на деякому етапі дослідження якісь певні складові елементи нашої системи покладаються нами вже не системами, а "кінцевими" і "неподільними" об'єктами. Таким чином, ієрархія систем розвертається вже лише нагору, виходячи від таких об'єктів, які, тим самим, стають об'єктами *найнижчого* рівня ієрархії.

Такий об'єкт – у силу зроблених нами припущень (тобто з нашої *ситуативної* точки зору) – уже не буде мати "внутрішньої будови". Тому він повинен розглядатися як об'єкт, що може бути охарактеризований - у рамках розглянутої нами задачі – тільки двома класами характеристик. Необхідність цього виникає внаслідок тієї причини, що такі об'єкти повинні формувати систему – тобто вони повинні мати можливість *утворювати зв'язки* один з одним.

Але це можливо тільки при виконанні двох умов.

По-перше, об'єкт повинен мати здатність *сприймати* вплив з боку інших подібних об'єктів (це може бути інформація, відомості, дані, сигнали тощо). По-друге, він сам повинен мати здатність "генерувати" такі впливи, які будуть впливати на інші подібні йому об'єкти. Нарешті, по-третє, і сприймані, і згенеровані впливи повинні належати до *того ж самого класу*, тобто характеризуватися "приблизно однаковими" змінними, даними, характеристиками. (Остання умова не завжди є обов'язковою: наприклад, деякі такі об'єкти можуть бути "задіяні безпосередньо" на більш високі ієрархічні рівні. Однак, як правило, таке буває надзвичайно рідко, і тому цю третю умову часто упускають. Не будемо поки що її

розглядати й ми - однак в останніх розділах книги будуть наведені приклади, які показують важливість наявності такої умови).

Таким чином, приходимо до наступного визначення

def Фрагмент системи, що розглядається як єдине ціле та характеризується тільки своїм "входом" (маючи, тим самим, здатність сприймати вплив від інших фрагментів системи) і "виходом" (за допомогою якого він сам взаємодіє з іншими об'єктами системи, у тому числі й "відповідає" на впливи на нього), називається **чорною скринєю**.

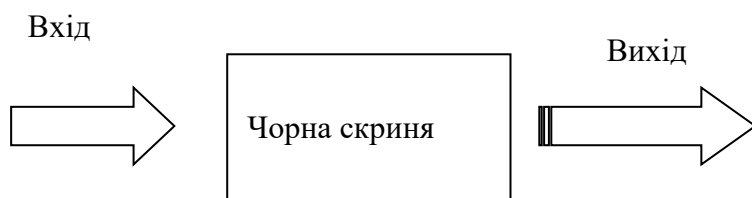
Чорна скриня – це, мабуть, найбільш потужне абстрактне поняття, що існує в рамках кібернетики. Саме внаслідок його введення з'являється можливість побудови *замкнутих* систем, що моделюють досліджуваний об'єкт або процес. Чорна скриня - це є "міра нашого незнання" про досліджувану систему.

Як правило, вона позначається в такий спосіб у вигляді прямокутника, у який вхідними стрілочками позначені вхідні (in) характеристики чорної скрині – параметри, які ним *перетворюються* у вихідні (out) характеристики чорної скрині.

Концепція "вихід-вихід".

Отже, щоб задати (наприклад, описати) чорну скриню, необхідно задати відповідність "вхідні параметри" – "вихідні параметри". При цьому варто пам'ятати, що внутрішня будова такої скрині залишається для нас невідомою: ми не знаємо, як вона улаштована, не знаємо, як вона функціонує, не знаємо, які вона може мати стани і як здійснюється перехід між її станами (навіть якщо вони в неї є). Єдине, що можна зробити - це тільки побудувати модель опису вхідних характеристик такого об'єкта (сукупність класів змінних, на які вона "відповідає"), і співвіднести її (певними співвідношеннями) з моделлю вихідних характеристик нашої чорної скрині (тобто із сукупністю класів змінних, у рамках яких можуть бути виражені її "відповіді").

У загальному випадку, тим самим передбачається, що такий об'єкт – чорна скриня - інтегрований у якості "активного елемента" у якусь систему. Особливо наочно це видно у випадку графічного (наприклад, у вигляді блок-схеми) опису системи.



def Дані (характеристики, параметри, інформація тощо), якими характеризується вхід, часто називаються **вхідними сигналами** чорної скрині. Дані (характеристики, параметри, інформація тощо), якими характеризується вихід, часто називаються **вихідними сигналами** чорної скрині.

Така термінологія прийшла з технічних систем, до яких і було вперше застосоване уявлення про чорну скриню.

Оператор як модель для опису концепції "вхід-вихід".

При переході до математичних моделей, на математичний рівень опису, такий перетворювач змінних з однієї множини (вхідні характеристики) в іншу множини (вихідні характеристики) моделюється оператором.

Відомо математичне визначення оператора:

def Нехай V і W - деякі множини (наприклад, векторні або лінійні простори). **Оператором** A , що діє з V в W , називається відображення виду $A: V \rightarrow W$, що зіставляє кожному елементу x множини V деякий елемент y множини W . Як правило, для оператора використовується позначення $y=A(x)$ або $y=Ax$.

Таким чином, чорна скриня виступає як оператор у тому випадку, коли:

1. Параметри, які характеризують *вхід* чорної скрині, можуть бути згруповані в певну множину V .
2. Параметри, які характеризують *вихід* чорної скрині, можуть бути згруповані в певну множину W .
3. Задано деяке правило (алгоритм, спосіб перетворення, розрахунку, тощо), що дозволяє по відомому вхідному сигналі – значенню x із множини V , розрахувати значення y із множини W вихідних сигналів чорної скрині.

М У силу сказаного, чорна скриня виступає як модель досліджуваної системи. А в операторі, яким вона моделюється, і укладена, по суті, **М** математична модель елемента, що становить нашу систему. Із цієї причини, математичний опис чорної скрині і віднесено, як правило, на останні етапи моделювання.

Лінійний оператор.

Важливим класом операторів є так названі *лінійні оператори*. Хоча сьогодні поле діяльності в моделюванні реальних систем за допомогою лінійних операторів досить обмежене, вони, проте, усе ще виступають як потужний засіб математичного аналізу систем.

М Як ми вже писали, моделі систем також виявляють собою ієрархічну систему логічно зв'язаних термінів і понять. Тому досить часто **М** виявляється, що система, яка описується *нелінійним* чином на певному рівні логічної глибини розуміння, на *більш високому* рівні цілком може бути описана в рамках уже *лінійного* апарата й *лінійних* операторів. Приклади таких описів будуть наведені в наступних розділах.

Однак повернемося до лінійних операторів. Дамо, нарешті, їхнє визначення.

def Оператор A , що діє з V в W , називається *лінійним*, якщо для будь-яких елементів x_1 та x_2 із множини V і будь-якого комплексного числа λ виконуються співвідношення:

- 1) $A(x_1+x_2)=Ax_1+Ax_2$ (властивість адитивності оператора), і
- 2) $A(\lambda x) = \lambda Ax$ (властивість однорідності оператора).

Приклади лінійних операторів.

Приведемо кілька прикладів математичних об'єктів, які є лінійними операторами.

Матриця як лінійний оператор.

Звичайна матриця є лінійним оператором, якщо розглядати її як перетворення одного вектор-стовпця x в інший вектор-стовпець y .

$$y = Ax, x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Співвідношення (4.1) записані для випадку квадратної матриці оператора A , що відповідає тому, що множини X и B у нашому випадку збігаються і являють собою сукупності вектор-стовпців розмірності n .

Легко переконатися, що матриця є лінійним оператором. Дійсно, перша умова виконується внаслідок властивості додавання матриць. Друга умова доводиться шляхом перегруповування множників у записі множення матриць:

$$\begin{aligned} A(\lambda x) &= \left\| \sum_k a_{ik} \cdot (\lambda x_k) \right\| = \\ &= \left\| \sum_k (\lambda a_{ik}) \cdot x_k \right\| = (\lambda A)x = \lambda Ax \end{aligned} \quad (4.2)$$

Тут під знаком матриці був розписаний i -тий елемент матриці, що відповідає результату множення квадратної матриці на вектор-стовпець.



Таким чином, матриця, відома з курсу вищої математики, у рамках економічної кібернетики може розглядатися як лінійний оператор, що моделює ряд властивостей чорної скрині. Зокрема, у такий спосіб може бути записаний ряд моделей управління – тоді у вектор-стовпці x записується необхідні для рішення інформація, а у вектор-стовпцем y – описується

вже саме рішення. Матриця A в цьому випадку – це скорочений запис алгоритму прийняття рішень, що відповідає нашій моделі.

Операція диференціювання як лінійний оператор.

Операція диференціювання - узяття похідної від певної функції - також є лінійним оператором.

У цьому випадку X – це множина всіх (диференціюємих потрібну кількість разів!) функцій, а B – це теж множина функцій (але вже диференціюємих кількості разів, на одиницю менше, ніж у функцій із множини X !).

Позначаючи елемент множини X через $f(t)$, легко перевіряємо, що виконуються умови 1) і 2) з визначення лінійного оператора.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(f_1(t) + f_2(t)) &= \frac{d}{dt} f_1(t) + \frac{d}{dt} f_2(t) \\ \frac{d}{dt}(\lambda f(t)) &= \left(\lambda \frac{d}{dt} \right) f(t) = \lambda \frac{d}{dt} f(t) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Відзначимо, що, як легко доводиться таким же способом, оператор

$$A = Q(t) \cdot \frac{d}{dt} \quad (4.4)$$

де $Q(t)$ – довільна функція, також є лінійним. Підкреслимо, що при записі (4.4) першим на функцію $f(t)$ завжди діє диференціювання, а вже потім – множення результату диференціювання на функцію $Q(t)$. Виконання саме такої послідовності дій надзвичайно важливо, у чому легко переконатися, порівнюючи результати двох різних алгоритмів дій: першого – "спочатку продиференціювати, а вже потім помножити", і другого – "спочатку помножити, а вже потім про диференціювати"!



Як приклад використання "сили" операторного методу в математиці, розглянемо так званий *операторний* метод рішення лінійних диференціальних рівнянь (уперше запропонований Олівером Хевісайдом наприкінці XIX століття).

Позначимо оператор диференціювання – узяття похідної – через D . Тоді $D^{(n)}$ буде позначати *n-ту* похідну від розглянутої функції. Довільне лінійне диференціальне рівняння ступеня n з постійними коефіцієнтами запишеться тоді у вигляді

$$P_n(D)y(x) = f(x) \quad (4.5)$$

Тут $P_n(x)$ – це багаточлен щодо змінної x , що замінена в (4.5) на символ диференціювання. Цей багаточлен називається *символом* оператора $P_n(D)$.

Відомо, що будь-який багаточлен ступеня n може бути представлений у вигляді

$$P_n(x) = b_n \prod_{i=1}^{i=m} (x - a_i)^{k_i}, \quad \sum_{i=1}^{i=m} k_i = n \quad (4.6)$$

Співвідношення (4.6) урахує, що, у загальному випадку, наш багаточлен має *кратні* коріння.

Таким чином, рівняння (4.5) приймає вигляд

$$\prod_{i=1}^{i=m} (D - a_i)^{k_i} y(x) = \frac{f(x)}{b_n} \quad (4.7)$$

«От добре було б, якби можна було добуток *перенести* у вигляді частки в праву частину» – подумав тут, ймовірно, багато хто із читачів! Тоді рівняння (4.7) «вирішилося» би автоматично. Як не дивно, - таке цілком можна зробити! Звичайно, для цього прийдеться визначити цілий ряд процедур – але діло того варте!

Неважко (наприклад, за методом математичної індукції) довести справедливність наступного співвідношення:

$$P_n(D)e^{ax} f(x) = e^{ax} P_n(D + a)f(x) \quad (4.8)$$

Тепер розглянемо лінійне неоднорідне рівняння з постійними коефіцієнтами

$$(D - a)y(x) = f(x) \quad (4.9)$$

Права частина його може бути, з урахуванням сказаного вище, перетворена до виду

$$\begin{aligned} (D - a)y(x) &= (D - a)e^{ax} e^{-ax} y(x) = \\ &= e^{ax} (D - a + a)e^{-ax} y(x) = e^{ax} D e^{-ax} y(x) \end{aligned} \quad (4.10)$$

Тепер визначимо, що саме варто розуміти під символом $1/D$. Як відомо, операцією, оберненою до операції диференціювання, є операція інтегрування. Тому природно визначити той оператор, що нас цікавить, у такий спосіб:

$$\frac{1}{D} g(x) = \int g(x) dx + C \quad (4.11)$$

Повертаючись до диференціального рівняння (4.9), з урахуванням (4.10) і (4.11), одержимо *символічний запис* його рішення:

$$y(x) = e^{ax} \frac{1}{D} e^{-ax} f(x) \quad (4.12)$$

(Корисно саме тепер відкрити підручник з диференціальних рівнянь та подивитися, як все це було отримано в курсі вищої математики!)

Тепер уже легко записати вираження для *символічного запису* процедури знаходження рішення рівняння (4.7) – для простоти вважаємо, що *всіх* його корінь – прості.


$$y(x) = e^{a_1 x} \frac{1}{D} e^{-a_1 x} \cdot e^{a_2 x} \frac{1}{D} e^{-a_2 x} \cdot \dots \cdot e^{a_n x} \frac{1}{D} e^{-a_n x} \frac{f(x)}{b_n} = \frac{1}{P_n(x)} f(x) \quad (4.13)$$

Як бути із кратними коріннями? Так розглядати їх просто як *добуток* простих!

Що собою являють записи (4.12) і (4.13)? Це просто символічний запис послідовних дій – алгоритму "множення на експоненту + наступне інтегрування". Однак сила його – у простоті запису! До речі, в останній рівності формули (4.13) отримане також визначення величини, що є *оберненою* до операторного багаточлена.

Чому нам вдалося отримати настільки "скорочене" рішення? Ми просто перейшли на інший, *більш високий* рівень узагальнення при опису диференціальних рівнянь. По дорозі ми, до речі, ввели ряд *нових* понять, і навчилися з ними працювати – шляхом їхнього зведення до "старих і добре відомим" понять і процедур.

М Цей приклад виділений нами тому, що він дуже добре відображує всі ті етапи, які є характерними для переходу від вербальних та інших подібних моделей системи до моделей *математичних*. Часто при цьому ми змушені вводити певні нові поняття, терміни і математичні об'єкти, а потім уже - встановлювати їхній взаємозв'язок із уже відомими. Власне, весь розвиток науки свідчить про це. Це ж приходить робити і в процесі моделювання соціальні й економічні системи.

 Насправді, ще багато важливих математичних деталей з описаного вище приклада залишилися без відповіді. Але задамося питанням: а чи так вже й потрібні нам ці математичні деталі, чи так вже й важливі вони для нас у процесі рішення практичних задач?! Одержавши рішення – ми завжди зможемо перевірити, чи задовольняє воно нашому рівнянню і нашим граничним умовам! А математична строгість не завжди-то й потрібна при рішенні практичних задач. Тому – сміливо вводьте *нові* математичні операції, терміни й поняття, керуючись усього лише одним, але головним критерієм: *вони повинні допомагати рішенню досліджуваної задачі!* Власне, саме так протягом усього розвитку науки й робили вчені. Сам Олівер Хевісайд застосовував своє обчислення (яке довгий час так і називали – "обчислення Хевісайда"), -

математична строгість якого була доведена тільки років через 10-15 після його смерті. Поль Дірак – він ввів функцію, що різко відрізнялася від усього, що було відомо раніше математикам: вони пояснили це тільки років через 20. Річард Фейнман ввів математичні операції (так звані "континуальні інтеграли"), з якими математики мучаться ще й дотепер! Вернер Гейзенберг ввів операції, які допомогли йому пояснити квантові ефекти, - і математики лише потім зрозуміли, що це всім відомі матриці! Ви, як фахівці в області економічної кібернетики будете займати в галузі економіки досить специфічне місце й грати досить специфічну роль саме внаслідок знання математики в об'ємі, що перевершує те, що знають економісти. Ваша професійна діяльність – це побудова моделей і їхнє дослідження. Саме *через Вас* і можуть входити в економіку нові математичні структури, новий математичний апарат, нові математичні ідеї. Так не упустіть свій шанс!

Операція інтегрування.

З операцією інтегрування, після всього розглянутого вище, питань не виникає: звичайно, операція – узяття невизначеного інтеграла – також є оператором *лінійним*. Власне, про це говорилося ще в рамках курсу вищої математики - але тоді Ви навіть і не підозрювали, що це, по суті, йде розповідь про математичні моделі!



Властивість якогось об'єкта бути "диференціюючим" (іноді – "різницевим") або "інтегруючим" (іноді – "підсумовуючим") часто задаються як функції якихось чорних скринь, які виконують у системі якісь *керуючі функції*. Особливо наочно це для радіосхем, - однак і соціальні системи демонструють нам багато таких же прикладів. Що таке банк? - це об'єкт "інтегруючий". Що таке рейтинги - економічні або соціальні? - це процедура диференціювання.

Процеси "без пам'яті" - марківські процеси.

Розглянемо систему. Нехай вона може бути в деякій кількості *різних* станів. Нехай внаслідок якихось причин - чи то внутрішнього, чи то зовнішнього походження - система буде переходити від одного стану до іншого.

Такі переходи можуть бути двох видів. Переходи першого роду – коли система зі стану *i* переходить у стан *k*: *i* → *k*, і притому такий перехід здійснюється *завжди так само*. Таким чином, процеси в системі - для цього класу випадків - можуть бути задані як ланцюжок станів, що *змінюють* один одного.

Але може бути й інший випадок: система здійснює перехід *i* → *k* в *ймовірному* сенсі. Інакше кажучи, *кінцевий* стан системи вже не фіксований (як було раніше!), і для *наступного* стану системи відкриті, у загальному випадку, *всі* стани (включаючи можливість залишитися в колишньому).

Для практичного застосування досить важливе значення має випадок, коли ймовірності переходу системи з одного стану до іншого стану залежать *лише* *тільки* від *поточного її стану*, - тобто від того стану, у якому вона перебуває в даний момент, - але не від того, у яких станах вона перебувала раніше.

Саме такі випадки мають місце в багатьох економічних ситуаціях. Нам, наприклад, зовсім байдуже, які досягнення мала фірма раніше: нас, як інвесторів, цікавить її прогноз на майбутнє - а він визначається часто тільки її дійсним положенням на ринку.



Таким чином, *випадкові процеси* можуть служити досить потужним апаратом для моделювання динаміки, зміни станів і перспектив розвитку в соціальних і економічних системах. Існують різні способи розгляду причин такої випадковості. Наприклад, випадковість може бути "введена" на рівні моделі досліджуваної системи за допомогою умови, що переход між станами системи здійснюються у *випадкові* моменти часу. Або ж – що самі переходи є *випадковими*: наприклад, що існує ймовірність переходу в кілька різних станів. У загальному ж випадку може бути все: і випадкові моменти часу, і випадкові переходи між станами, та й самі ймовірності таких переходів можуть бути випадковими – наприклад, коли вони відбуваються під впливом випадкових змін у зовнішньому для нашої системи середовищі. Помітимо, що в останньому випадку ми приходимо до моделі опису *взаємодії* досліджуваної системи із зовнішнім середовищем!

Звичайно, далеко не всі цікаві випадки - з погляду фахівця в області економічної кібернетики - мають добре розвинений математичний апарат. Однак виділяється клас випадкових процесів, для яких отримані досить потужні математичні результати, що дозволяє успішно застосовувати їх у багатьох областях (дивись, наприклад, наступний розділ).



Випадковий процес є *марківським*, коли будь-яка *додаткова* інформація, крім знання її поточного стану X_t , є несуттєвою для здійснення прогнозу подальшої зміни станів системи.

Саме вимога "*майбутнє залежить тільки від сьогодні*" і приводить до того, що часто марківські процеси називають "процесами без пам'яті".

Існує досить велика кількість варіантів математичного апарату для марківських процесів. Нижче зупинимося на тому їхньому варіанті, що використовується при моделюванні соціальних і економічних систем за допомогою стохастичних диференціальних рівнянь.

Ідея цього підходу до моделювання полягає в тому, що взаємодія системи із зовнішнім оточенням вважається такою, що змінюється *випадковим* чином (більш докладно – дивіться у наступному розділі).

В цьому випадку *приріст* стану системи X_t задається формулою

$$dX_t = [h(X_t) + \lambda g(X_t)]dt + \sigma g(X_t) \circ dW_t \quad (4.14)$$

Тут покладається, що взаємодія між досліджуваною системою й зовнішнім середовищем описується за допомогою випадкового процесу

$$\lambda_t = \lambda + \sigma \zeta_t \quad (4.15)$$

де λ задається певним усередненим станом навколишнього середовища, а *випадкова* добавка, що змінюється, - «шум» - має *нульове* середнє значення і дисперсію, рівну σ^2 .

Як бачимо, в (4.14) перший член ϵ , по суті, диференціальним рівнянням, що описує еволюцію системи. Але другий член – він описує *випадкові* добавки в це диференціальне рівняння, які "псують" це рівняння самим неприємним для нас чином.

Як же можна описати *еволюцію* такої системи в часі?

Рівняння Колмогорова (Фокера-Планка) і його статистична інтерпретація.

Перш ніж відповісти на задане наприкінці попереднього підрозділу питання, варто отримати відповідь на інше питання: яким же чином може бути описаний стан нашої системи в довільний момент часу?

Очевидно, що, навіть якщо ми й мали на початку *один* стан системи, вже через порівняно нетривалий час він "розмивається" у якусь *хмару станів*, причому кожний стан буде характеризуватися певною ймовірністю своєї появи. Таким чином, що поточний стан досліджуваної системи може бути описаний тільки в рамках щільності ймовірності $P(t, x)$ для того, щоб виявити систему в момент часу t у якомусь певному стані x (ми перейшли до того, щоб позначати стан маленькими буквами).



Звичайно, сказане в цьому розділі справедливо тільки для а) марківського процесу, б) безперервності простору станів системи, і для в) наближення так званого "білого шуму" (коли значення амплітуди шуму теж "не має пам'яті"). Дуже багато математичних деталей у процесі викладу надалі будуть упущені – тому *настійно* рекомендується при проведенні *самостійного* моделювання звернутися до відповідної літератури. Втім, це взагалі повинне стати правилом для фахівця в області економічної кібернетики: коли при переході до математичного моделювання виникає необхідність у застосуванні нового для себе математичного апарата – завжди необхідно ретельно ознайомитися з ним, тобто, з тими *припущеннями*, які закладені в його основу. Це дозволить уникнути багатьох помилок.

Отже, нам, знаючи вигляд рівняння (4.14) для еволюції стану системи, необхідно знайти еволюцію щільності ймовірності з часом для системи мати стан x у момент часу t . У теорії стохастичних диференціальних рівнянь показано, що шукана щільність імовірності $P(x, t)$ може бути знайдена з такого диференціального рівняння в частинних похідних

$$\frac{\partial P(x,t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[h(x) + \lambda g(x) + \frac{\sigma^2}{2} g(x) \frac{dg(x)}{dx} \right] P(x,t) \right\} + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [g^2(x)P(x,t)] \quad (4.16)$$

Ми не будемо виписувати рішення цього рівняння "у загальному випадку" - відзначимо, що це, як правило, являє собою досить і досить непросту задачу навіть для математика-професіонала. Зупинимось тільки на одній важливій для моделювання систем властивості цього рівняння.

Рівняння (4.16) називається *прямим* рівнянням Колмогорова, або частіше – особливо в англійській математичній та фізичній літературі – рівнянням Фоккера-Планка. Відзначимо, що, у загальному випадку, можуть бути *різні* інтерпретації рівняння (4.14) – відповідно вийдуть і *різні* рівняння Фоккера-Планка. За деталями рекомендуємо звернутися до спеціальної літератури.



Для широкого класу рівнянь виду (4.14) рівняння (4.16) допускає *стаціонарне* рішення. Це означає, що для довільного виду *початкової* щільності ймовірності із часом установлюється *стаціонарна* щільність ймовірності, або, іншими словами, має місце асимптотичний закон $P(x,t) \rightarrow P_s(x)$ при $t \rightarrow \infty$. Користуючись формулами (4.14) або (4.16) можна навіть записати формулу такої стаціонарної щільності ймовірності. Вона задається формулою

$$P_s(x) = \frac{N}{g(x)} \exp \left(\frac{2}{\sigma^2} \int \frac{h(u) + \lambda g(u)}{g^2(u)} du \right) \quad (4.17)$$

Тут N – нормувальний множник, що обчислюється по формулі

$$N^{-1} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{g(x)} \exp \left(\frac{2}{\sigma^2} \int \frac{h(u) + \lambda g(u)}{g^2(u)} du \right) dx \quad (4.18)$$

Якщо обчислене значення N кінчене, то тоді стаціонарна щільність ймовірності існує і для її обчислення має місце формула (4.17). Таким чином, отримано простий алгоритм дій: якщо є задача, що задається рівнянням виду (4.14), то ми обчислюємо для неї інтеграл (4.18). Якщо він кінченний - то задача допускає існування стаціонарної щільності ймовірності, вираз для якої може бути обчислений по формулі (4.17). (Відзначимо, що, взагалі кажучи, можуть зустрічатися випадки, коли інтеграл, що стоїть під знаком експоненти в (4.17), є невласним, - тоді задача вимагає спеціального дослідження.)

М У цьому розділі багато математики. Однак вона подається на *технологічному* рівні – тобто як сукупність процедур, що приводять у результаті до одержання рішення. Фахівець-кібернетик надзвичайно часто у своїй практиці має справу із ситуацією, коли для побудови

математичної моделі йому доводиться звертатися до тих розділів математики, які є зовсім *новими* для нього. І тоді він розкриває математичні книги, і починає розбиратися в потрібному для нього математичному апараті. При цьому йому немає необхідності знайомити з ним досить докладно: цілком достатньо, коли він, по-перше, зрозуміє положення, покладені в основу тієї або іншої математичної теорії або концепції, по-друге, переконається що ці положення не суперечать положенням його моделі (якщо таке протиріччя знайдеться – прийдеться відмовитися або від математики, або від моделі!), і, по-третє, коли він навчиться *використовувати* цей математичний апарат – тобто коли він навчиться *вирішувати задачі* з його використанням. А для рішення задач – от для цього, найчастіше, і потрібно просто лише *знати алгоритм застосування* тих або інших формул чи понять. Саме на цьому рівні й був написаний текст цього розділу.

Питання.

1. Дайте визначення "чорної скрині". Приведіть приклади різних а) соціальних і б) економічних систем, у яких використовуються ці способи моделювання. Розгляньте *відомі* Вам соціальні або економічні моделі й визначите, де і як саме використовується в них концепція "чорної скрині".

2. Опишіть приклади використання концепції "вхід-вихід" при моделюванні а) соціальних і б) економічних систем. Зокрема, чи використовується ця концепція в мікроекономіці? Відповідь аргументуйте.

3. Прочитайте будь-який підручник по маркетингу або маркетинг менеджменту - ті його розділи, де мова йде про "моделі для поведінки користувача, покупця або споживача". Виділіть ті елементи описаних там моделей, які використовують (або можуть використати) концепцію "чорної скрині". Побудуйте Ваші власні моделі споживача - і порівняйте їх з описаними в підручниках.

4. Приведіть визначення оператора і умов, при яких чорна скриня може виконувати функції оператора. Чи завжди "чорна скриня" є оператором? Відповідь аргументуйте і приведіть приклади. Розгляньте відомі Вам моделі соціальних або економічних задач (дивіться, наприклад, питання 3) і з'ясуйте, чи використовується в них "чорна скриня" як оператор. Якщо ні - то опишіть, що потрібно зробити, щоб таке використання чорної скрині стало можливим.

5. Що таке "лінійний оператор"? При яких умовах "чорну скриню" можна розглядати як лінійний оператор? Приведіть приклади.

6. Що таке випадковий процес? Приведіть Ваше власне визначення для цього поняття. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, явищ, процесів, задач), де з'являються або використовуються випадкові процеси.

7. Що таке "марківський випадковий процес"? Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, явищ, процесів, задач), де з'являються або використовуються *марківські* випадкові процеси. Яким умовам повинна задовольняти соціальна або економічна система,

щоб при її описі можна було використати концепцію марківських випадкових процесів?

Задачі.

1. Доведіть за методом математичної індукції формулу (4.8). *Підказка:* доведення побудуйте за наступним алгоритмом. А) спочатку доведіть рівність (4.8) при $P_n(D)=D$. Б) Потім по методу математичної індукції доведіть рівність (4.8) при $P_n(D)=D^n$. В) Потім доведіть рівність (4.8) у цілому. (Доведення наведене у підручнику В.П. Маслова "Операторні методи".)

2. Запишіть формулу (4.13) для *кратних* коренів символу – тобто для кратних коренів багаточлена $P_n(x)$.

3. Вирішіть операторним методом наступні диференціальні рівняння: а) $5y''+35y'+60y=4x+8$, б) $4y'-17y=3\sin x +12$, в) $3y'+7y=4x + e^{5x} + 6$, г) $y^{(4)} - y^{(2)} = e^{3x}$, д) $y^{(10)} + y^{(9)} = e^x$, е) $y'+3y=\sin x + e^x + 4$ з початковою умовою $y(0)=3$.

РОЗДІЛ 5. ПРИКЛАД ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Вступ та постановка задачі. - Модель. - Приклад. - Загальне обговорення. - Загальна постановка задачі на оптимальне управління. - Висновки. - Спосіб розпізнавання ієрархічної будови сукупності соціально-економічних систем. - Питання і завдання.

У цьому розділі описані методологічні підходи, які можуть мати безпосереднє практичне застосування для використання у якості як способу для стискування інформації при діагностиці станів соціально - економічних систем різних рівнів ієрархії, так і при синтезі стратегій оптимального управління такими системами. Матеріал цього розділу може бути використаний при проведенні практичних занять, підготовці студентами рефератів і дипломних робіт.

М Звертаючись до тексту наукових статей, багато студентів відчувають якщо не шок, те вже здивування обов'язково. Дійсно: здійснення переходу від *досліджуваного* матеріалу до застосування знань, умінь і навичок – це досить важкий процес, що вдається легко зробити далеко не кожному! Із цієї причини в цьому розділі розглянуті результати, опубліковані автором у науковій статті, - однак до викладу додано велику кількістю коментарів, які дозволяють студенту *успішно перебороти* ту прірву, що розділяє освоєний ним матеріал і реальні звіти, у яких цей вивчений матеріал буде використаний. Коментарі описують також *мотивацію* прийняття тих або інших припущень, здійснення вибору або деталізації – а також і інших елементів практичної діяльності. У наукових статтях і звітах ці етапи, як правило, досить ретельно сховані, - тому читання цього розділу (а також розділу б) дасть можливість допитливим студентам і починаючим фахівцям піднятися до рівня практичного застосування наявних у них знань.

Викладені нижче результати важливі не тільки для України та інших держав СНД, але й для країн із розвинутою економікою. Для останніх - отримані результати є, імовірно, одними з досить небагатьох, що дозволяють розробляти на їхній основі методики для *кількісного порівняння станів* країн з різною структурою економіки, валютою, способом політичного управління тощо, а також - дозволяють виявити негативні тенденції й намітити шляхи для їхнього запобігання.

Вступ та постановка задачі

З розвитком суспільства все більшого значення набуває необхідність у розробці інформаційних систем, що дозволяють здійснити прогноз і управління динамікою розвитку *соціально - економічних систем* (надалі - *СЕС*) різного рівня ієрархії. Під СЕС надалі розуміється сукупність однорідних об'єктів соціально - економічного процесу (соціальних і/або економічних відносин) - починаючи від сукупності окремих людей і закінчуючи суспільством у цілому. Серед найважливіших задач, без рішення яких неможливо адекватне управління СЕС, ключове

місце займає проблема знаходження критеріальних співвідношень, що виражають основні закономірності динаміки розвитку СЕС. Без виробітку таких критеріїв розробка кількісної формалізації опису СЕС та математичних моделей для управління ними буде надзвичайно утруднена.

Як правило, формалізовані критеріальні співвідношення базуються на результатах розгляду конкретних моделей, що описують СЕС. Високий рівень складності таких моделей зумовлений, як правило, наступними причинами (втім, в останніх розділах книги описано варіант підходу, що дозволяє розв'язати ці проблеми):

- Відсутністю чіткого розуміння різноманітних процесів, що відбуваються в СЕС різного рівня ієрархії, а також єдиного підходу до їхнього опису.
- Відсутністю чітких критеріїв для виділення об'єктів соціально - економічного процесу як єдиної СЕС.
- Труднощами принципового характеру, пов'язаними із необхідністю введення в розгляд, урахування та формалізації так званого “людського фактора” з усім комплексом специфічних ефектів, внесених ним у соціально - економічний процес. Серед найважливіших з них необхідно виділити: здатність Людини синтезувати нову інформацію, що має комерційну цінність; наявність істотної варіабельності, що змінюється згодом у властивостях, цілях, задачах, відгуках тощо окремих людей; наявність варіабельності в здатності окремих людей як брати участь у соціально - економічних процесах, так і впливати на них; і подібне.

Зазначені причини (які перераховані далеко не всі!) привели до того, що переважна більшість сучасних математичних моделей опису динаміки СЕС орієнтовані на використання їхніх результатів так названими ЛПР - людьми, що приймають рішення (наприклад, чиновників різного рівня ієрархії, менеджерів, політиків тощо). Однак при цьому ЛПР часто виявляються перед необхідністю приймати рішення практично “наосліп”, тому що більшість із них, не є фахівцями в області математичного моделювання (математичної кібернетики!), і вони просто не знають границь застосовності кожної окремої моделі, покладеної в основу тієї або іншої експертної системи. Нарешті, багато хто з таких ЛПР не є *координаторами* (дивись останній розділ книги), тобто вони приймають рішення дійсно “наосліп”!

Таким чином, одним з можливих перспективних підходів до опису СЕС є наступний.

На першому етапі - створення блоку математичних моделей, що описують ключові особливості динаміки СЕС, тобто характерні для СЕС будь-якого рівня ієрархії. У силу необхідності відображення самоорганізаційних властивостей СЕС, ці математичні моделі повинні бути нелінійними та стохастичними, і орієнтованими на розробку критеріальних закономірностей. У певному сенсі мова йде про створення сукупності певних абстрактних структур математичного характеру, на базі яких може бути проведений адекватний опис СЕС.

Надалі, *на другому етапі*, напрямок досліджень розбивається на два потоки: *по-перше*, на створення математичних моделей, які формалізують

необхідні користувачеві поняття, терміни, кількісні закономірності тощо, а також зв'язки між ними (наприклад, поле законодавчих нормативів) в уведені на першому етапі абстрактні структури. Цим досягається *уніфікація* підходу всієї сукупності різнорідних по складу ЛПР до опису результатів своєї діяльності, а також - і це надзвичайно важливо - знаходження синергетичного, нелінійного ефекту від своїх *сукупних, спільних* дій.

По-друге, на побудову адекватної реальності математичної моделі для опису взаємодії тих абстрактних структур, які були введені на першому етапі. Власне, тільки на цьому етапі й може йти мова про побудову адекватної реальності математичної моделі для опису СЕС.

Ймовірно, багато спроб опису динаміки СЕС були приречені на невдачу вже на самому етапі постановки задачі, тому що дослідники намагалися будувати відповідний формалізм безпосередньо відразу вже на цьому **першому** етапі. Досить важливим є те, що на другому етапі дослідження можуть іти *паралельно* по обох напрямках, що надає вагомі умови для якнайшвидшого впровадження отриманих результатів у практику.

Надалі буде побудовано клас математичних моделей, орієнтованих на опис станів СЕС різного рівня ієрархії, у якому знаходять кількісне вираження деякі "наївні" терміни, поняття тощо, які раніше широко використовувалися тільки у вербальному вигляді - особливо в сучасному політичному словнику. Фактично, тут представлена модель, здатна описати усереднений стан всієї економіки, - тобто усереднений стан всієї ієрархічної економічної системи в цілому для даної країни.



Вище перед нами поставлено *опис проблеми*, тобто той клас задач, які потрібно вирішити. Описані як наявні результати, так і труднощі, внаслідок яких такі задачі не могли бути вирішені раніше, при використанні *існуючих* підходів. Отже, рішення такого роду задач вимагає розвитку *нових* підходів, тобто - *побудови нових моделей*. Відзначимо, що й сам опис проблеми зроблений поки що тільки на *вербальному* рівні, - подальше просування вглиб області моделювання вимагає *уточнення й деталізації* запропонованих моделей.

Модель

В основу опису динаміки одиничного представника (далі - "об'єкта") СЕС даного рівня ієрархії покладемо наступні міркування, які можна назвати також і "аксіомами"

A1. Гроші (фінанси, ресурси - зведені до єдиного вираження, тощо) є мірою інформації, якою володіє розглянутий об'єкт. "Вартість" інформації визначається за допомогою самоузгодження через всю ієрархічну систему СЕС (найбільший внесок у неї вносить, як правило, СЕС найбільш високого рівня ієрархії - держава).

A2. Здатність до синтезу (народження) нової інформації Людиною приводить до того, що для розглянутого об'єкта його здатність до *збільшення фінансів* збільшується зі зростанням їхньої кількості, тим самим створюючи кільце

позитивного зворотного зв'язку (більш докладно про кільця позитивного і негативного зворотного зв'язку дивись у наступному розділі): “більше інформації - більше фінансів - більше інформації” (порівняйте із англійським прислів'ям “*гроші роблять гроші*”). Це також досягається шляхом самоузгодження.

А3. Існує необхідність “витрати” грошей (фінансів, інформації) для продовження функціонування розглянутого об'єкта (що формує тим самим кільце *негативного* зворотного зв'язку). Інтенсивність таких витрат зростає зі зростанням грошової маси швидше, ніж її приріст. Така витрата також замикається самоузгодженням через всю ієрархію СЕС (наприклад, через податки - як федеральні, так і місцеві).

А4. Оскільки здатність Людини синтезувати (створювати) нову інформацію (отже, і нові фінанси) носить яскраво виражений індивідуальний характер, то процес функціонування сукупності розглянутих об'єктів повинен носити стохастичний характер.

Ці припущення можуть бути строго обґрунтовані в рамках теорії, коротко описаної в останніх главах нашої книги.



Тепер ми перейшли до етапу побудови моделі для *типових* об'єктів, які є “діючими особами” нашої системи. Ми – уже на вербально-логічному рівні – описали набір характеристик таких об'єктів, які в подальшому будуть відбиті в рамках математичної моделі. Підкреслимо характерну рису: “одиночні об'єкти”, складові нашої системи, можуть *спонтанним* чином проявляти деякі властивості, - із цієї причини ми вже на цьому етапі дійдемо висновку, що адекватний реальності опис може бути зроблений тільки на *стохастичному* рівні. Інакше кажучи, як математичний апарат ми вибираємо теорію випадкових процесів, стохастичні диференційні рівняння, тощо, а в якості експериментально перевіряємих об'єктів в нас будуть виступати або щільність ймовірності (якщо вдається її одержати – це *ідеальний* випадок), або окремі її моменти - середні значення, дисперсія тощо (це, звичайно, гірше - але теж може бути використане в експериментальній і практичній діяльності).

Математично сказане в А1-А3 можна описати рівнянням

$$\frac{dm}{dt} = R(m) - T(m) \quad (1)$$

де $R(m) > 0$ і $T(m) > 0$ - деякі (монотонні) функції, причому $\exists m_0: \forall m > m_0 \Rightarrow T(m) > R(m)$ (внаслідок А3 функція $T(m)$ при великих m стає більшою, ніж $R(m)$). Тут через m позначено масу фінансів (інформації), якою володіє розглянутий об'єкт соціально - економічних відносин у даний час.

Умова монотонності $R(m)$ і $T(m)$ приводить до того, що рівняння (1) має тільки одне стаціонарне положення рівноваги, яке є стійким і в якому розглянутий об'єкт характеризується значенням m_0 :

$$R(m_0) = T(m_0) \quad (2)$$

У функціях $R(m)$ і $T(m)$ повинна знайти відображення вся ієрархічна система СЕС. Оскільки на цей час вигляд цих функцій невідомий, подальший аналіз (1) можливий тільки із залученням міркувань модельного, феноменологічного характеру.



На цьому етапі ми ще не розглядали аксіому A4, тобто, ми поки що займаємося моделюванням *опису динаміки одиничного об'єкта* нашої СЕС. Ми намагаємося "вичавити" з відомої нам інформації (включаючи ті припущення, які здаються нам "природними" для таких об'єктів) всю ту інформацію, що може знайти відображення в математичній формі запису. Підкреслимо: саме на цьому етапі часто й виникає необхідність звертатися до *нових для себе математичних теорій*. На даному етапі також видно, що ми, розглядаючи таку – на перший погляд "просту" задачу – змушені, проте, будувати цілу *ієрархічну* систему моделей. Надзвичайно важливо, щоб уже на зараз, будуючи ці ієрархічні моделі, ми задумалися над тим, *як же ми будемо брати необхідні нам дані з експерименту*.

При моделюванні складних ієрархічних систем живої й неживої природи для опису їхніх властивостей або закономірностей часто використовують так звані "алометричні закономірності", коли шукана закономірність представляється у вигляді ступеневої залежності від своїх параметрів (це припущення широко використовується для біологічних та технічних об'єктів). У фізиці подібні закономірності звичайно виникають внаслідок вимог так названої масштабної інваріантності, коли деякі властивості системи інваріантні щодо перетворень масштабу розглянутих явищ.



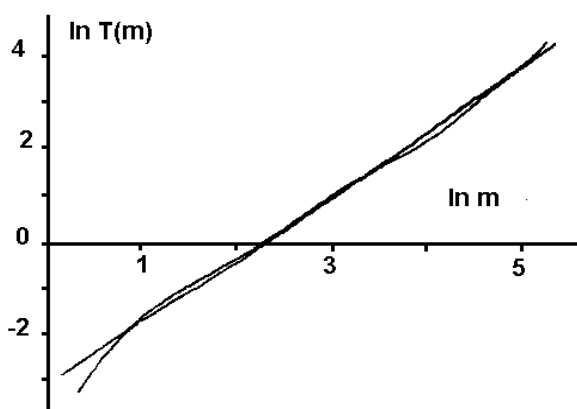
Як правило, такі залежності виражають знайдені зі статистичних даних закономірності. Чому вони так поширені всюди – включаючи й економіку? Відповідь на це питання досить проста, хоча вона і може виявитися трохи несподіваною. Соціальні і економічні системи характеризуються "великими" проміжками в змінах своїх параметрів. Наприклад, річний доход - від декількох тисяч одиниць (окрема людина, мале підприємство) і до мільйонів або навіть мільярдів (область зміни становить 3 – 6 порядків). Кількість людей, задіяних у них – від одиниць (родина) і до мільйонів (область, мегаполіс) – і в цій області параметрів область їхньої зміни також становить до 6 порядків. Статистичні дані просто *неможливо* наочним образом представити при *лінійному* масштабі координат! Доводиться застосовувати до так звану "двічі логарифмічну" систему координат: по обох осях відкладаються *логарифми* характеристик СЕС. А *пряма лінія* для *лінійної* регресії, проведена через експериментальні точки у двічі логарифмічних координатах – це саме і є ступенева функція (доведіть це самостійно)! Як бачимо, *причина*, по якій дані виражаються саме в такій формі, має *чисто технічний* характер. Підкреслимо надзвичайно важливу обставину, - одночасно ми виявили ті умови, при яких така форма обробки експериментальних даних є виправданою (границі застосовності цього способу!):

для цього *обидва* параметри, зв'язок між якими ми знаходимо, повинні змінюватися "у широких межах".

Відзначимо, що виконання останньої властивості можна чекати й від об'єктів соціально - економічного процесу в припущенні, що їхня здатність як до приросту маси фінансів, так і до їхньої витрати інваріантні щодо перетворень масштабу величини m для СЕС, що належать даному рівню ієрархії (природно, конкретна їхня параметризація для кожного рівня ієрархії своя).

Отже, проведемо подальший розгляд, припускаючи, що

$$R(m) = cm^a, T(m) = dm^b \quad (3)$$



При цьому $b > a$ внаслідок А3. Тут сама здатність розглянутого об'єкта соціально - економічного процесу до придбання й витрати фінансів визначається коефіцієнтами a і b , які будуть залежати як від приналежності об'єкта до того або іншого рівня ієрархії СЕС, так і від всієї їхньої ієрархічної сукупності (наприклад, будуть регулюватися державою). На Рис.1 представлено дані (Україна, січень 1996 року) системи оподаткування доходів громадян - видно, що в діапазоні $1,6 < m < 200$ одиниць неоподаткованого доходу вона добре апроксимується залежністю $T(m) = 0,045 \cdot m^{1,38}$.

Інтенсивності процесів придбання і витрати фінансів у рамках апроксимації (3) будуть визначатися величинами параметрів c і d , а стаціонарний стан досягається при $m_0 = (c/d)^{1/(b-a)}$.

Модель (1) - (3) виведена на підставі А1 - А3. Для того, щоб вона задовольняла також і А4, необхідно врахувати варіабельність властивостей і можливостей людського компонента соціально - економічного процесу. Для заданого об'єкта це може проявитися двома шляхами. *По-перше*, внаслідок *внутрішніх* для розглянутого об'єкта причин - наприклад, пов'язаних з його кадровим складом (успіхом у підборі людей, здатних створювати нову інформацію - координаторів), а також від професійного рівня цих людей (свого роду нерівномірність розподілу таких людей по фірмах). У результаті *різні* об'єкти соціально - економічного процесу для даного рівня ієрархії будуть розрізнятися своїми константами c . *По-друге*, внаслідок причин *зовнішніх* для даного класу об'єктів - наприклад, внаслідок локальної (територіальної) змінності законодавчого поля, що регулює

податкову політику. У результаті різні об'єкти будуть розрізнятися своїми константами **d**.

Відзначимо, що облік статистичних закономірностей повинен бути проведений у рамках ансамблевого підходу, коли розглядається цілий клас об'єктів для СЕС заданого рівня ієрархії.



На цьому етапі ми переходимо від розгляду *одного* об'єкта до розгляду вже *багатьох подібних* об'єктів. Це обумовлено тим, що ми вже знаємо, що нам буде потрібна щільність ймовірності. А її можна одержати тільки *двома* способами. Або, по-перше, відслідковувати *один* об'єкт – одну СЕС – "досить тривалий час", що практично нездійсненно по "технічних міркуваннях": наприклад, якщо нас цікавить щільність ймовірності *річного* доходу фірми, то нам довелося б збирати дані про нашу фірму протягом близько 1 тисячі років! Або, по-друге, *одночасно* зібрати дані про *велику кількість подібних* фірм, - і одержати шукану щільність ймовірності: таких фірм повинне бути також біля тисячі – але це завдання вже цілком здійсненне! У читача може виникнути питання: а чи збігаються ці *дві* щільності ймовірно, отримані *настільки різними* способами? Це питання досить добре вивчене в рамках теорії ймовірності й математичної статистики – є навіть наукова дисципліна за назвою "ергодична теорія", і відповідь на це питання є позитивною. Можна навіть сказати, що *позитивність* відповіді на це питання гарантується всім досвідом розвитку теорії ймовірностей і математичної статистики. Хоча, слід зазначити, у кожному конкретному випадку економічного моделювання потрібно *перевіряти* можливість скористатися *експериментальними* даними: тобто те, що всі *об'єкти*, що цікавлять нас, є однорідними.

Хоча в загальному випадку обидві причини урахування варіабельності властивостей Людини діють спільно, далі для простоти будемо розглядати їхній роздільний опис. Таким чином, приходимо до *двох* наступних стохастичних моделей

$$\frac{dm}{d\tau_a} = \lambda \cdot m^a - m^b + \xi_t \cdot m^a \quad (A)$$

$$\frac{dm}{d\tau_b} = m^a - \omega \cdot m^b + \eta_t \cdot m^b \quad (B)$$

де для моделі (A) **d=const** і **m₀=λ^{1/(b-a)}**, а для (B) - **c=const** і **m₀=ω^{1/(a-b)}**. В (A) і (B) зроблені відповідні перетворення. Функції ξ_t і η_t є стохастичні.



Тут ми *змушені* вдатися до *роздільного* розгляду двох випадків із причин уже винятково *математичного* характеру. Звичайно, було б дуже цікаво – і, головне, це було б більш адекватно ситуації! – розглянути *спільне* урахування обох причин. Але математичний апарат, що був би необхідний для цього, є надзвичайно складним. Більш того: багато результатів було б можливим одержати *тільки шляхом комп'ютерного моделювання*, - наприклад, у результаті проведення чисельного моделювання. І тільки в нашій

постановці ми отримаємо *аналітичні*, тобто виражені у формульному виді, залежності. Це дозволяє провести *якісний* аналіз великої кількості *можливих ситуацій* – і тому такою можливістю ніяк не слід зневажати!

У загальному випадку моделі (А) і (В) приводять до того, що сукупність об'єктів даного рівня ієрархії для соціально-економічних процесів характеризується розподілом щільності ймовірності $\mathbf{P}(\mathbf{m}, t)$. Якщо шум ξ_t (або η_t , відповідно) є стаціонарним, то внаслідок умови $\mathbf{b} > \mathbf{a}$ маємо $\mathbf{P}(\mathbf{m}, t) \rightarrow \mathbf{P}_s(\mathbf{m})$, причому, у загальному випадку, вигляд $\mathbf{P}_s(\mathbf{m})$ буде визначатися лише статистичними властивостями ξ_t (η_t) і величинами \mathbf{a} , \mathbf{b} і \mathbf{m}_0 . Подальший розгляд проведемо за умови нехтування перехідними процесами - тобто для $\mathbf{P}_s(\mathbf{m})$.

Загальними властивостями моделей (А) і (В) є такі:

I. Обидві моделі допускають можливість їх запису у безрозмірному вигляді, тобто $\mathbf{P}_s(\mathbf{m})$ можна представити в автомобельному виді $\mathbf{P}_s(\mathbf{x})$ по безрозмірній змінній $\mathbf{x} = \mathbf{m}/\mathbf{m}_0$ (природно, при відповідному – також безрозмірному вигляді - функцій ξ_t (η_t)). Ця обставина є досить важливою, тому що дозволяє порівнювати між собою поведінку всіх тих різних СЕС, які мають однакові параметри \mathbf{a} і \mathbf{b} . Розподіл $\mathbf{P}_s(\mathbf{x})$ залежить тоді тільки від \mathbf{a} , \mathbf{b} і виду (точніше - структури) безрозмірного шуму ξ_t (η_t). Внаслідок цього з'являється можливість розробки нових критеріїв для класифікації і порівняння станів СЕС, що належать до різних рівнів ієрархії. Так, ця властивість розглянутих моделей дозволяє відволіктися від видів національних валют, їхньої конвертації тощо, і порівнювати між собою об'єкти-СЕС однакового рівня ієрархії, що перебувають навіть у *різних* країнах (і, відповідно, у різних умовах). Внаслідок цього з'являється можливість також для кількісного порівняння між собою станів СЕС із різних країн і синтезу систем оптимального управління розвитком СЕС в обраному напрямку (наприклад, з'являється можливість кількісного порівняння показників **якості життя** громадян (малих фірм тощо) для різних країн).

II. Моделі (А) і (В) є інваріантними щодо групи перетворень $\mathbf{m} \rightarrow \mathbf{N}$: $\mathbf{m} = \mathbf{kN}^n$, де $\mathbf{k} > 0$ і $n > 0$ - відповідні константи. Це дозволяє застосовувати як самі моделі (А) і (В), так і зроблені на їхній основі інтерпретації, до різних характеристик, що описують розглянуті об'єкти соціально - економічного процесу (наприклад, виконання співвідношень такого виду природно очікувати для чисельності \mathbf{N} співробітників фірми залежно від наявних у ній запасу фінансів). Природно, при такій групі перетворень параметри моделі перетворюються як $\mathbf{a} = \mathbf{1} + n(\mathbf{a}_m - \mathbf{1})$, $\mathbf{b} = \mathbf{1} + n(\mathbf{b}_m - \mathbf{1})$, $\lambda_N = \lambda_m^{a-b}$, $\xi_t = \mathbf{k}^{a-b} \xi_t^m$ (для прикладу виписані лише співвідношення для моделі (А); для моделі (В) такі співвідношення виглядають аналогічно). Досить важливою є також та обставина, що всі результати (наприклад, розподіли $\mathbf{P}_s(\mathbf{x})$), отримані для однієї якої-небудь характеристики розглянутого об'єкта можуть бути перераховані для кожної (!) *іншої* характеристики, пов'язаної з першою розглянутим груповим співвідношенням, - а висновки автоматично (!) є *вірними*. Іншими словами, ми отримали новий спосіб *встановлення інваріантності та еквівалентності* як між окремими характеристиками розглянутого об'єкта, так і між об'єктами різних рівнів ієрархії, а також - новий спосіб

відтворення цілого класу характеристик об'єкта по відомому розподілу однієї з його характеристик!

Приклад

Як приклад розглянемо аналітично точно розв'язуваний випадок, коли ξ_t і η_t є білим шумом з інтенсивністю $\langle \xi_t^2 \rangle = \sigma^2$ ($\langle \eta_t^2 \rangle = \sigma^2$ відповідно).



Тут знову наведена система уже нових обмежень, і знову – математичного характеру. По суті, ми дотепер усе ще робимо послідовне уточнення моделі! Звичайно, при цьому звужується коло об'єктів для її застосування – але зате ми одержуємо можливість провести більш глибокий аналіз. Фактично, ми **розмінюємо** глибину розуміння на зменшення спільності (на шкоду спільності) – тобто деталізуємо ситуацію, роблячи її усе більш конкретною. Такий стан речей характерний для будь-якої професійної діяльності в області соціального та економічного моделювання. У результаті ми отримуємо ієрархічно зв'язану систему моделей досліджуваного соціального або економічного об'єкта (процесу, явища тощо): на самому верху розташовані загальні моделі, а внизу перебувають моделі, які мають усе більш вузькі границі застосовності (але зате які дозволяють провести кількісний аналіз ситуації). Формування такої "піраміди моделей" - невід'ємна складова процесу пізнання світу людиною.

Тоді з рівнянь (А) або (В) звичайним чином буде утворено рівняння Колмогорова - Фокера - Планка у відповідній для нашого випадку інтерпретації Стратоновича (всі необхідні математичні деталі дивись попередньому розділі, а також в [10]), з якого знаходимо

$$P_s^a(m) = C_1 \cdot m^{-a} \exp \left\{ \frac{2\lambda m^{1-a}}{(1-a)\sigma^2} \left[1 - \frac{(1-a)m^{b-a}}{\lambda(b+1-2a)} \right] \right\}$$

$$P_s^{a=1}(m) = C_2 \cdot \exp \left\{ - \left(1 - \frac{2\lambda}{\sigma^2} \right) \ln m - \frac{2m^{b-1}}{(b-1)\sigma^2} \right\}, \quad a=1 \quad (4)$$

для моделі (А) і

$$P_s^b(m) = C_3 \cdot m^{-b} \cdot \exp \left\{ \frac{2\omega m^{1-b}}{(b-1)\sigma^2} \left[1 - \frac{(b-1)m^{a-b}}{\omega(2b-a-1)} \right] \right\}$$

$$P_s^{b=1}(m) = C_4 \cdot \exp \left\{ - \left(1 + \frac{2\omega}{\sigma^2} \right) \ln m - \frac{2}{(1-a)\sigma^2 m^{1-a}} \right\}, \quad b=1 \quad (5)$$

для моделі (В), відповідно.

В (4) і (5) C_i - відповідні нормувальні константи.

Для розглянутого прикладу асимптотика $\mathbf{P}(\mathbf{m}, \mathbf{t}) \rightarrow \mathbf{P}_s^{a(b)}(\mathbf{m})$ справедлива незалежно від вигляду початкового розподілу $\mathbf{P}(\mathbf{m}, \mathbf{t}=0)$.

Модель (А) при $0 < a \leq 1$ допускає так звані індуковані шумом переходи, коли форма $\mathbf{P}_s^a(\mathbf{m})$ змінюється стрибком (у нашому випадку - від дзвіноподібної (одномодальної) до монотонно спадаючої) при безперервній зміні інтенсивності шуму σ^2 (у нашому випадку - при збільшенні σ^2 понад σ_c^2), однак тут ми ці ефекти розглядати не будемо.

Відзначимо загальні властивості отриманих $P_s^{a(b)}(\mathbf{m})$:

1) При малих інтенсивностях шуму σ^2 (тобто при малій варіабельності внеску від людського компонента СЕС) $P_s^{a(b)}(\mathbf{m}) \approx \delta(\mathbf{m}-\mathbf{m}_0)$, де $\delta(\mathbf{x})$ - сингулярна дельта - функція Дірака.

2) С ростом σ^2 ширина Δ розподілів $P_s^{a(b)}(\mathbf{m})$ збільшується (на Рис.2 наведено приклад залежності відносної ширини Δ (вимірюваної на її напіввисоті) від безрозмірної інтенсивності шуму σ_0^2 для автотельного розподілу $P_s^a(\mathbf{x})$; вибрані значення параметрів $a=2/3$, $b=1$), а положення максимуму \mathbf{m}_+ розподілу рухається до нуля.

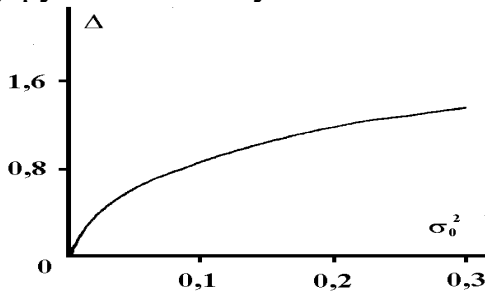


Рис.2.

Моделі (А) і (В) у наближенні білого шуму будуть добре описувати головний внесок в експериментально обмірювані $P_e(\mathbf{m})$, зосереджений в околиці максимуму. “Хвости” розподілів $P_e(\mathbf{m})$ будуть формуватися з порівняно малої кількості об'єктів, тому в рамках моделі білого шуму в них не можна належним чином урахувати варіабельність індивідуальних властивостей

людей (можна сказати, що в “хвостах” $P_e(\mathbf{m})$ проявляються “найбільш яскраві індивідуальності”). Цікаво, що об'єкти поблизу максимуму $P_e(\mathbf{m})$ природно ототожнити із “середнім класом” - тому відомі нечіткі вербальні описи типу “для стійкості суспільства необхідна наявність значного прошарку середнього класу” з використанням (4) і (5) можна сформулювати у вигляді чітких і однозначних математичних критеріїв.

Нижче приведемо приклади деяких стратегій управління СЕС, основаних на запропонованому підході та моделі білого шуму.

Загальну тенденцію розвитку СЕС можна сформулювати в такий спосіб: ріст добробуту людей за умови відсутності напруженості в суспільстві. У рамках моделей (А) і (В) росту добробуту відповідає ріст \mathbf{m}_0 , а “відсутності напруженості” відповідає умова “оптимальної відносної ширини” Δ для $P_s(\mathbf{m})$ - у нашому прикладі вона відповідає “оптимальності” величини відносної інтенсивності шуму σ_0^2 для автотельного виду розподілу по доходах $P_s(\mathbf{x})$.

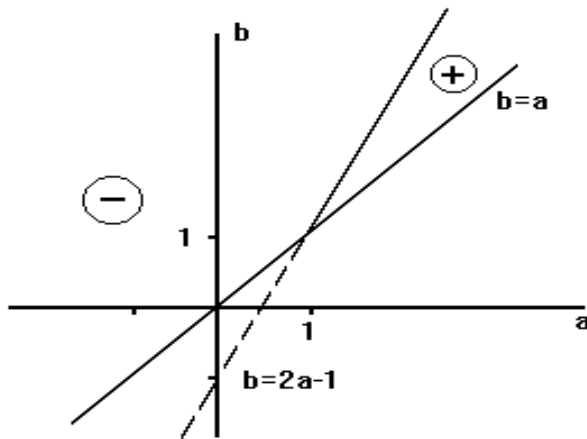
У нашому прикладі для відносної (безрозмірної) інтенсивності шуму неважно одержати для моделі (А) вираз

$$\sigma_0^2 = \sigma^2 \cdot m_0^{2a-b-1} \quad (6)$$

а для моделі (В) -

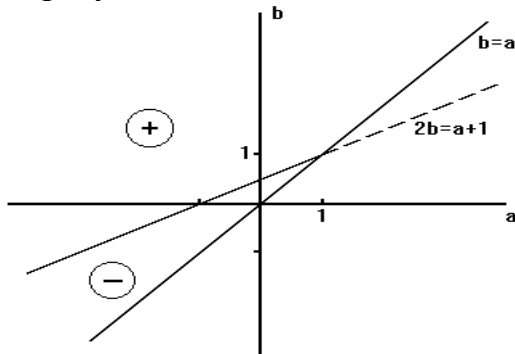
$$\sigma_0^2 = \sigma^2 \cdot m_0^{2b-a-1} \quad (7)$$

Досить цікавою і нетривіальною є поведінка σ_0^2 при $\sigma^2 = \text{const}$ зі зростанням \mathbf{m}_0 .



На Рис.3 представлена поведінка σ_0^2 при зростанні m_0 при $\sigma^2 = \text{const}$ (модель (A), формула (6)). В області “+” $\sigma_0^2(m_0)$ монотонно зростає, що приводить до розширення $P_s(x)$, і виконання критерію $\sigma_0^2 \rightarrow \text{opt}$ вимагає зменшення величини σ^2 , тобто може бути здійснено лише тоталітарними методами. В області “-” стан СЕС можна

вважати “стійким” у тому розумінні, що $\sigma_0^2(m_0)$ монотонно спадає, і, отже, при зростанні m_0 допускається збільшення σ^2 - тобто посилення демократичних тенденцій у суспільстві, а також створюються умови для розвитку науково - технічного прогресу.



Інакше кажучи, на Рис.3 для моделі (A) представлена поведінка σ_{\square}^2 у площині параметрів a й b . Умова $b > a$ виділяє область параметрів, що забезпечують наявність стаціонарних розподілів $P_s(m)$. Пряма $b=2a-1$ розбиває эту область на дві підобласті, в одній з яких досягається монотонне спадання $\sigma_{\square}^2(m_0)$ при $\sigma^2 = \text{const}$ (позначено знайомим “-”), а в другій - монотонне зростання за тих самих умов (позначене знайомим “+”).

Для моделі (B) - дивись Рис.4.

Відсутність напруженості в суспільстві досягається через механізм демократії, тобто шляхом гарантування рівних можливостей для його членів. Але науково - технічний прогрес має на меті усе більш повне залучення всіх здатностей, якостей, здібностей, властивостей, можливостей Людини в соціально - економічні процеси. У результаті це приводить до зростання варіабельності в соціально - економічних проявах властивостей людей - і, як наслідок, - до збільшення інтенсивності шуму σ^2 .

Таким чином, розвиток суспільства супроводжується збільшенням як m_0 , так і σ^2 , але при такому збільшенні повинне, проте, зберігатися “оптимальне” значення $\sigma_{\square}^2 = \text{opt}$ (де opt - значення відносної інтенсивності шуму, що ми можемо отримати експериментальним шляхом). Відзначимо, що як міру стійкості розглянутого (даного) стану суспільства можна тоді вибрати, наприклад, критерії виду

$$\delta = \frac{\sigma_0^2 - opt}{opt}, \delta \in [-1, \infty) \quad (8)$$

$$\gamma = \ln \frac{\sigma_0^2}{opt}, \gamma \in (-\infty, \infty) \quad (9)$$

або ж подібні їм.

Як видно із Рис.3 і Рис.4, управління стійкістю суспільства повинне здійснюватися таким чином, щоб при зростанні m_0 :

- 1) значення параметрів a і b постійно підтримувалися в області, де $\sigma^2(m_0)$ монотонно спадає із зростанням m_0 - тобто в області, позначеної знайомим нам “-” на Рис.3 і Рис.4: це дає можливість збільшувати рівень демократії в суспільстві і освіченості його громадян;
- 2) добиватися значень $\sigma^2 \rightarrow opt$ (тобто $\delta \rightarrow 0$ або $\gamma \rightarrow 0$, відповідно);
- 3) домагатися значень $\{(1-a)c\}^{-1} m_0^{1-a} \leq T \approx 3 \div 5$ років (відповідно при $a=1$: $c^{-1} \ln(m_0) \leq T$) для окремих людей (і відповідних значень T_0 для кожного ієрархічного рівня). Ця умова означає, що кожна людина має можливість – при даному стані економічних "правил гри" у суспільстві – радикально змінити свій добробут (наприклад, перейти із "злиденного" до "заможного" стану).

Відзначимо, що умови 1) і 3) є в певному сенсі конфліктними, тому що умова 1) легко досягається шляхом зростання c , а умова 3), переписана у вигляді $c^{(1-b)/(b-a)} d^{-(1-a)/(b-a)} \leq T$, може бути далеко не завжди сумісна із зростанням c (однак при $b > 1$ (дивись нижче) вона буде виконуватися “автоматично” при $d = const$).

Загальне обговорення

Розглянемо канали, за допомогою яких суспільство (держава) може змінювати величини, що характеризують розглянуті моделі та наведений вище Приклад - a, b, c, d і σ^2 . Відзначимо, що всі ці параметри можуть змінюватися при переході до іншого ієрархічного рівня, і до того ж конкретна інтерпретація цих параметрів, як і способів управління, може бути різною для різних ієрархічних рівнів.



Тепер, маючи вже аналітичну модель соціальної або економічної системи та провівши якісний аналіз цієї математичної моделі, ми переходимо до етапу соціальної і/або економічної інтерпретації отриманих результатів. Іншими словами: якщо раніше ми, виходячи з реальної ситуації, "піднімалися" від неї в світ абстракцій, те тепер ми вже робимо "спуск" із світу абстракцій до світу реального. Ми, по суті, зараз готуємо методологію використання наших результатів. Для початку – нас цікавить, яким чином ми можемо інтерпретувати ті або інші закономірності в рамках нашої моделі: як правило, це приводить до формування конкретних методик проведення експериментальної діяльності в області соціології й економіки.

Як відзначалося вище, член $R = cm^a$ визначає здатність даного об'єкта до збільшення доходу. При цьому параметр c визначається індивідуальними (тобто

- змінюваними від об'єкта до об'єкта) властивостями даного об'єкта, тоді як \mathbf{a} - всією ієрархічною системою СЕС у цілому. Наприклад, для нижнього ієрархічного рівня - сукупності окремих людей - \mathbf{c} буде залежати від їхніх особистих здібностей, тоді як \mathbf{a} - буде визначатися, наприклад, наявністю інфраструктур, що сприяють як одержанню (синтезу) нової інформації і її наступної обробки, так і сприяють "реалізації задумів". Цікаво, що кожний ієрархічний рівень в такій моделі буде відрізняється від інших "ступенем дискретності часу" характерних для нього змінних.

Оскільки при наявності доходу (точніше - вільних грошей) можливість доступу до інформації (її обсягу, точності й адекватності, надійності переробки тощо) збільшується, то можна чекати, що $\mathbf{a} > 0$, тобто дохід зростає пропорційно наявному (порівняйте "гроші роблять гроші"). Разом із тим, важко очікувати, що в *нормальній* економіці можуть досягатися значення $\mathbf{a} \geq 1$, при яких "початковий капітал" зростає би вибухоподібно (втім, ці утруднення легко переборюється при $\mathbf{b} > 1$). Отже, для окремої людини очікується $0 < \mathbf{a} < 1$ - втім, поки що це не більш ніж евристичне міркування. Для великих корпорацій - навпаки, очікується, що з ростом доходу здатність грошей "приносити гроші" буде падати - що досягається при $\mathbf{a} < 0$. Таким чином, очікується, що із зростанням рівня ієрархії відбувається зменшення \mathbf{a} . Що ж стосується \mathbf{c} , то очікувана картина як раз протилежна: очікується його зростання (одночасно - зі зростанням σ^2 : тому що основний "прорив" великих компаній досягається, як правило, завдяки діяльності "найбільш геніальних" людей, - а їх завжди мало!). Евристичним підтвердженням цьому може слугувати також необхідність зростання характерного часу $\{(1-\mathbf{a})\mathbf{c}\}^{-1} \mathbf{m}_0^{1-\mathbf{a}} = \mathbf{T}$ (характерний час для зміни одиничним об'єктом-СЕС свого економічного стану) зі зростанням рівня ієрархії.

Образно кажучи, член $\mathbf{R} = \mathbf{c}\mathbf{m}^{\mathbf{a}}$ виражає "силу зчеплення" розглянутого об'єкта із СЕС більш високих рівнів ієрархії, а його параметри - \mathbf{c} і \mathbf{a} - визначаються цим зчепленням. При цьому параметр \mathbf{a} визначається структурною будовою всієї ієрархічної піраміди СЕС (однак, найбільшою мірою, - найближчими ієрархічними рівнями). Наприклад, для окремої людини він буде визначатися: 1) наявністю інфраструктур, здатних "конвертувати" (соціалізувати) нову створену інформацію у фінанси, і 2) всім багатством сукупностей сторін людської природи, які залучені в соціально - економічні процеси, тощо. "Інтенсивність" же просту маси фінансів визначається індивідуальним підбором людей у розглянутому об'єкті, і, у силу цього, змінюється від об'єкта до об'єкта. Таким чином, параметр \mathbf{a} визначає умови для реалізації можливостей об'єктів, а в \mathbf{c} знаходить вираження індивідуальна здатність об'єктів до реального здійснення можливостей, наданих йому його участю в ієрархічній піраміді СЕС (наприклад, - суспільстві або державі). Іншими словами, варіабельність в \mathbf{c} обумовлена індивідуальною здатністю розглянутих об'єктів у реалізації своїх можливостей, наданих їм на даному рівні ієрархії від всієї сукупності СЕС.

Слід зазначити, що "роль індивідуальності" істотно підвищується в момент початку виходу на новий технологічний рівень: ймовірно, більшість великих компаній стали такими саме внаслідок того, що надали необхідні можливості людям, здатним правильно "вгадати" напрямок розвитку технології.

Звернемося до другого члена, $T=dm^b$, що описує витрати фінансів. Цей член виражає, образно кажучи, “плату за інформацію” (а також - витрати на “підтримку свого статусу”). Для окремої людини - це податки на особистий дохід і на особистий стан (дивись Рис.1). Очікуване значення є $b>0$ (значення $b<0$ вражали б своєю нелогічністю: "чим вище дохід, тим **менше** податки"!).

Цікаво, що якщо поблизу m_0 починається включення *нових* податків (на нерухомість, майно й т.п.) - то функція $T(m)$ обов'язково стає опуклою вниз, і тому $b>1$. Якщо при цьому $a<1$, то розподіли $P_s(m)$ для моделі (А) завжди мають властивість відносного *звуження* з ростом m_0 (дивись Рис.3), що дозволяє повніше використати самі різні якості, здатності, здібності людей без побоювання, що внаслідок цього зменшиться стійкість суспільства. Таким чином, стає зрозумілим бажання розвинених держав мати як можна більшу кількість платників податків - і *одночасно* власників, тому що при цьому можна вилучати більшу масу податків без побоювання привести суспільство до нестабільності!

Флуктуації в моделі (В) будуть мати інші джерела, ніж у моделі (А). Вони, наприклад, можуть відбивати особливості *регіональної* податкової політики. Інтенсивність таких флуктуацій підвищується з ростом частки податків, що підлягають місцевому регулюванню. Як видно з Рис.4, навіть при незмінному рівні розмаїтості локальної податкової політики (тобто при $\sigma^2=\text{const}$) існує велика ймовірність вибору показника b (регульованого федеральних законодавством) такого, що відносна ширина розподілів по доходах об'єктів даного рівня ієрархії СЕС (наприклад, малих підприємств або великих фірм; втім - і окремих людей також!) з ростом “рівня добробуту” (тобто m_0) буде зростати, і на тлі відносного благополуччя можуть виникнути в суспільстві негативні тенденції (наприклад, - “до відділення аж до отримання власної державності...”). В цьому сенсі було б цікаво провести на основі наших результатів дослідження сучасного соціально - економічного стану в Канаді: відповідно до отриманих вище результатів надання провінції Квебек додаткових можливостей для збільшеної економічної автономії може виявитися першим кроком до підведення **економічної** бази під розпад Канади (дивись Рис.4: при $b>1$ це впливає з необхідністю)! Втім, на Україні ситуація цілком аналогічна із Кримом, - правда, на відміну від Канади, внаслідок незростання m_0 ситуація поки що не стає катастрофічною. (Це було написано у 1996 році: з того часу кількість прикладів можна лише збільшити.)

Для моделі білого шуму, як видно з Рис.4, при $b>1$ ріст σ^2 з ростом m_0 має місце **завжди**, отже, для стійкості суспільства в плані “досягнення благополуччя” варто **зменшувати (!)** ступінь свободи регіонів в області регулювання податкової політики.

Основне завдання управління соціально - економічними системами полягає в тому, щоб домагатися такого їхнього стану, коли запити життєвого функціонування окремих індивідуумів досягають максимально можливого значення. Однак всі люди - різні, і ці їх індивідуальні запити надзвичайно різноманітні. Стосовно соціально - економічних процесів Людина виступає у двох іпостасях: і як виробник, і як споживач. Кількісне їхнє вираження сильно варіюється від людини до людини. У моделях (А) і (В) враховані обидві ці властивості Людини; у певному сенсі *стосовно окремої людини* ці моделі є граничними випадками

опису кожної із цих властивостей окремо. В цьому сенсі модель (А) описує наявність варіабельності для деякої сукупності людей у їхній здатності створювати нову інформацію (при порівняно малій варіабельності в споживанні), а (В) - варіабельність у їхній здатності “витрачати гроші” (при приблизно однаковій здатності їх заробляти). Однак навіть при такому ідеалізованому описі, моделі (А) і (В) можуть знайти застосування для широкого кола задач економіки й кількісної соціології. Так, моделі виду (А) можуть застосовуватися для одержання розподілів людей по доходах у великих фірмах або навіть суспільстві в цілому та їх подальшому аналізі, а виду (В) – те ж саме для однорідних груп людей (наприклад, “білих комірців”), що мають приблизно однаковий рівень доходів.

Для наступного ієрархічного рівня - малих фірм і підприємств - інтерпретація моделей (А) і (В) здійснюється аналогічним образом (варіабельність тоді обумовлена успішністю підбору кадрів, їхньою кваліфікацією й професійним рівнем, тощо).

Управління СЕС здійснюється за допомогою зміни параметрів **a**, **b**, **c** и **d**, а також - параметрів, що задають інтенсивність і структуру шуму ξ_t (η_t). Кожний із цієї сукупності параметрів може бути змінений, у загальному випадку, цілим рядом способів, що часто можуть розрізнятися між собою. Найбільш чутливі параметри **a**, **b**, **c** и **d** до законодавчого поля, у якому існують розглянуті об'єкти. Природно, розробка методики зведення існуючої системи законів до кількісних значень параметрів **a**, **b**, **c** и **d**, а також до інтенсивності й структури шуму ξ_t (η_t), являє собою складне завдання, що ще тільки очікує свого рішення.

Приведемо коротко основні напрямки, по яких повинне здійснюватися управління:

У1. Розподіл $P_s(\mathbf{m})$ для даного рівня ієрархії СЕС повинен бути одномодальним. Багатомодальність свідчить про наявність декількох підсистем, які “живуть по своїм (різним!) законам” Більш докладно питання, пов'язані із багатомодальністю $P_s(\mathbf{m})$, будуть розглянуті далі.

У2. Ширина розподілу $P_s(\mathbf{m})$ повинна мати “оптимальний” характер. Величина такої “оптимальності” повинна бути визначена експериментально - виходячи з вимог а) стійкості СЕС і б) комфортності існування людей у таких умовах. Як приклад такого критерію можна використати, наприклад, такий: різниця в доходах 10% “найбільш бідних” і 10% “найбільш багатих” людей не повинна перевищувати задану величину (знайдену експериментальним або емпіричним шляхом). Відзначимо, що “занадто вузькі” розподіли $P_s(\mathbf{m})$ свідчать про погіршені умови використання в СЕС (або - державі) природної (природно - зумовленої) варіабельності властивостей і здатностей Людини - це характерно, насамперед, для тоталітарних держав.

У3. Природним критерієм *правильності* розвитку суспільства виступає вимога зростання m_0 (наприклад, зростання доходів громадян).

У4. Усе більш повне, всебічне залучення всіх якостей, всіх можливостей Людини в соціально - економічні процеси (наприклад, внаслідок підвищення рівня освіти) приводить до зростання інтенсивності шуму ξ_t (тобто “можливості заробляти гроші”).

У5. Для стійкості суспільства (“упевненості в майбутньому”) необхідно, щоб об’єкт соціально - економічного процесу даного рівня ієрархії міг “за досяжний для нього час” досягти m_0 - почавши “з нуля” (це - свого роду варіант реалізації “американської мрії”). У рамках моделей (А) і (В) цю умову можна записати, наприклад, як $\{(1-a)c\}^{-1} m_0^{1-a} \leq T$ (при $a=1$ ця умова прийме вид $c^{-1} \ln(m_0) \leq T$), де T - характерний час, чисельне значення якого залежить від розглянутого рівня ієрархії (наприклад, для окремої людини прийнятним значенням буде, імовірно, $T \approx 3 \div 5$ років, для малих підприємств - $T \approx 5 \div 7$ років, а для великих корпорацій - $T \approx 20 \div 30$ років).

Сукупність умов У1 – У5 є *конфліктною* в тому розумінні, що деякі з них суперечливі (наприклад, умови У3 і У5). Тому управління СЕС, здійснюване з використанням розробленого підходу, являє собою нетривіальну задачу.

Відзначимо, що в рамках дійсного підходу можна реалізувати також і опис *динамічних* процесів, коли необхідно враховувати $P(m,t)$, - однак такий розгляд вимагає залучення, як правило, уже значного обсягу комп’ютерного моделювання.

Загальна постановка задачі на оптимальне управління.

Умови, за якими повинне здійснюватися управління, допускають математичну формалізацію в рамки стандартної задачі на оптимальне керування, добре відомої в кібернетиці технічній. Нижче коротко опишемо эту процедуру (у ряді випадків додаткова деталізація проведена з використанням наближення білого шуму для ξ_t і η_t - дивись Приклад).



От тепер ми можемо вже, провівши як аналіз нашої математичної моделі, так і одержавши блок для знаходження відповідей “модель – реальна ситуація”, перейти до формування *загального алгоритму* для здійснення управління – тобто для опису тієї процедури, яку потрібно зробити, щоб соціально-економічна система, що цікавить нас, мала цілком *певні*, потрібні нам значення своїх характеристик. На цьому етапі ми вже можемо користуватися тими характеристиками, даними й інформацією, для яких ми *на попередньому етапі* розробили експериментальні методики.

У1. Одноmodalність розподілів є, як правило, наслідком наявності лише одного стаціонарного стану m_0 для рівняння (1) (індукованими шумом переходами в цьому випадку нехтуємо, тому що втрата стійкості суспільством досягається ще до їхньої появи, що попередньо виражається в значному збільшенні ширини розподілів). Неважко бачити, що для розглянутих нами моделей (А) і (В) ця умова виконана.

У2. Критерії “стійкості” або “оптимальності” стану СЕС, основані на кількісному порівнянні “найбільш багатих” з “найбільш бідними” об’єктами (або подібні їм) фактично зводяться до обмежень на ширину Δ розподілів $P_s(x)$ (автомодельних розподілів, тому що такі критерії формулюються для *відносних* величин).

А оскільки $\Delta(\sigma_0)$ є монотонною функцією, то такі критерії можуть бути формально представлені як

$$\min_{\sigma^2 \in P} |\sigma_0^2 - opt| \quad (10)$$

де $\sigma_0^2 = opt$ - таке оптимальне значення відносної інтенсивності шуму, при якому досягається "найкраще" $P_s(x)$. Відзначимо, що для наближення білого шуму критерій (10) може бути записаний як $\min |\delta|$ або $\min |\gamma|$, відповідно - дивись Приклад.

УЗ. Вимога росту $m_0 = (c/d)^{1/(b-a)}$ означає наступне:

а) Якщо $c > d$, то $a \rightarrow b$. Таким чином, ріст m_0 може бути здійснений шляхом "тонкого балансування" всередині області $|1 - a/b| \ll 1$ (що може бути реалізовано, наприклад, "точним регулюванням" податкової політики, що позначається на величині b - дивись Рис.1), так і ростом c (тобто більш повним використанням інформаційних можливостей Людини), або ж обома разом. Зменшення різниці $b - a > 0$ можна досягти або збільшуючи a , або зменшуючи b . Другий "сценарій" означає зменшення податкового тягара, але забезпечує тільки короточасний успіх, тому що інфраструктури, необхідні для посилення синтезу інформації й соціалізації її у фінанси залишаються практично незмінними (до того ж, при $a < 1$ характерний час T при $c = const$ може навіть зростати зі зменшенням d).

б) Якщо $c < d$, то внаслідок $a < b$ маємо обмеження *зверху* на $m_0 < 1$, що через розгляд нами *розмірних* величин для m_0 представляється *безглуздим*. Таким чином, випадок $c < d$ для розглянутих нами задач не може мати місце.

Отже, для росту m_0 потрібно: $c > d$ і $a \rightarrow b$, причому головну увагу треба приділяти зростанню як c , так і a (а "податковий тягар" при цьому може бути навіть *збільшений* по абсолютній величині!).

Математично сказане можна записати в такий спосіб. Уведемо простори

$$CD = \begin{cases} c > 0, & d > 0 \\ c > d \end{cases} \quad (11)$$

та

$$AB = \{b > a\} \quad (12)$$

Відзначимо, що для білого шуму простір AB визначається з урахуванням конкретних особливостей моделей (A) і (B):

$$AB(A) = \begin{cases} b > a \\ b > 2a - 1 \end{cases}, \quad AB(B) = \begin{cases} b > a \\ 2b < a + 1 \end{cases} \quad (13)$$

Тоді УЗ прийме вигляд

$$\max_{a, b \in AB, c, d \in CD} \left(\frac{c}{d} \right)^{\frac{1}{b-a}} \quad (14)$$

Цю умову з урахуванням сказаного вище можна переписати у вигляді\

$$\begin{cases} \max_{c, d \in CD} (c - d) \\ \min_{a, b \in AB} (b - a) \end{cases} \quad (15)$$

Співвідношення (4) – (8) записані для даного ієрархічного рівня, і їх чисельний вираз може змінюватися при переході від рівня до рівня (зокрема, можна *розвивати* навіть окремі рівні фірм та підприємств!).

У4. Формалізація даної умови вимагає вже інформації про вигляд і структуру шуму ξ_t (або η_t). Для білого шуму цю умову можна записати так:

$$\max_{\sigma^2 \in P} \sigma^2 \quad (16)$$

де $P=[0, \infty)$.

У5. Умова для зменшення \mathbf{T} може бути записана як

$$\min_{a, b \in AB, c, d \in CD} \left(\frac{d^{a-1}}{c^{b-1}} \right)^{\frac{1}{b-a}} \quad (17)$$

- Представлена вище задача на оптимальне управління повинна вирішуватися щораз заново при переводі СЕС до нового стану.

Висновки.

Проведений розгляд дозволяє зробити наступні висновки.



На питання: а що ж варто представляти як *результати* дослідження соціального або економічного об'єкта в рамках економічної кібернетики, відповідь може бути тільки наступна. Як *звіт* представляється: 1) короткий опис *поставленої перед вами задачі*, і 2) *загальні висновки*, отримані вами при її розгляді. До звіту може бути прикладений *весь* представлений вище матеріал (або ж можна написати у звіті, що цей матеріал може бути представлений у відповідь на спеціальний запит з боку керівництва).

1.

2. Розглянутий клас моделей дозволяє формалізувати опис багатьох сторін соціально – економічних процесів і станів, що раніше виражалися лише в рамках вербальних моделей. На основі проведеної формалізації виникає можливість синтезу математичних критеріїв для оптимізації управління СЕС різного рівня ієрархії.

3. Представлені моделі дозволяють звести до порівняно невеликої кількості параметрів багато аспектів законодавчого порядку, що регулюють широке коло соціально – економічних відносин (насамперед – податкових), рівень соціально – економічного стану суспільства (держави), освіти, ступінь розвиненості економіки (у тому числі – наявності необхідних інфраструктур), тощо.

4. Введення “повільних” змінних τ (з характерним часом мінливості багато більше ніж $\mathbf{T}_0 = \{(\mathbf{1}-\mathbf{a})\mathbf{c}\}^{-1}\mathbf{m}_0^{1-\mathbf{a}}$) дозволяє використати отримані результати шляхом введення залежностей виду $\mathbf{a}(\tau)$, $\mathbf{b}(\tau)$, $\mathbf{c}(\tau)$, $\mathbf{d}(\tau)$, $\sigma^2(\tau)$ і т.п.

5. Отриманий спосіб опису допускає поширення на нестационарні випадки, але дослідження може бути проведено, як правило, лише чисельними методами або ж шляхом комп'ютерного моделювання.

6. Сформований клас моделей дозволяє як безпосередньо провести їх кількісну експериментальну верифікація, так і отримати на їхній основі прогноз поведінки числових значень параметрів, що характеризують СЕС.

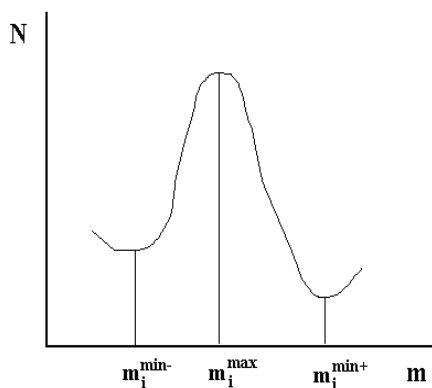
Спосіб розпізнавання ієрархічної будови системи СЕС.

Вище був описаний математичний апарат, за допомогою якого може бути кількісно описаний розподіл по масі фінансів для однорідних соціально – економічних об'єктів. При цьому під масою фінансів необхідно розуміти все майно даного об'єкта – як рухоме, так і нерухоме, - виражене у фінансовому (грошовому) вимірі.



У цьому розділі описані елементи методики для проведення аналізу експериментальних даних, оснований на розвинутій вище системі моделей і математичного формалізму для їхнього опису. Такі матеріали дозволяють економістам успішно застосовувати *результати та висновки*, отримані фахівцями в області економічної кібернетики. При цьому *користувачі* таких результатів можуть обійтися навіть *без* знання як математичного апарата, так і положень, які фахівцем були покладені в основу моделі. Тому завершення кожної роботи в області математичного моделювання соціальних і економічних систем – це формування й опис такої *процедури використання* отриманих результатів, яка б не вимагала великої кількості *спеціальних знань*. Чим нижче вимоги до майбутнього користувача, чим менше йому потрібно підготовки – тим більше поширення одержать плоди вашої праці. Властиво, це все є *аксіомами ринку*.

Оскільки кожний рівень для соціальних ієрархічних систем складається з однорідних об'єктів, то розподіли, побудовані для кожного з таких рівнів, будуть розрізнятися між собою. Насамперед по 1) загальній (сумарній) масі фінансів, акумульованої в об'єктах даного рівня ієрархії, 2) середній масі фінансів, що припадає на один одиничний структурний елемент даного рівня ієрархії, і 3) рівнем варіабельності (мінливості) маси фінансів між окремими об'єктами. Це – основні параметри, по яких може мати місце така відмінність між різними рівнями.

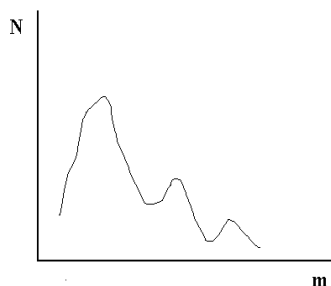


У загальному випадку розподіл СЕС по масі фінансів (по загальній вартості їхнього майна) усередині кожного ієрархічного рівня буде *одномодальним*: наявність багатомодальності означає наявність декількох (по числу мод) видів об'єктів, - що, у загальному випадку, приводить до *нестабільності* економіки (дивись вище).

Таким чином, побудувавши графік (гістограму) залежності $N(m)$ (де N – число об'єктів (уже довільного рівня ієрархії – від окремої людини й до транснаціональної корпорації), а m – маса фінансів, що належать цим об'єктам), по числу

мод даного графіка можна знайти ієрархічну будову даної соціальної структури для соціально – економічних ієрархічних систем довільної природи – від фірм і до держави (навіть – для всієї Планети в цілому).

Опишемо алгоритм аналізу таких графіків.



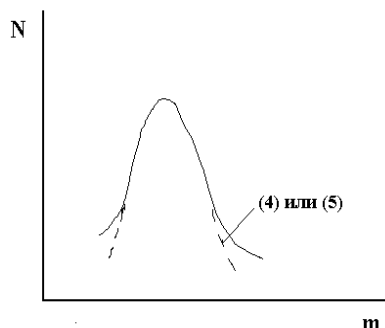
Насамперед – визначимо сам *ступінь виразності* ієрархії по ступені виразності максимумів розподілу $N(m)$. Наприклад, для кількісного вираження цієї величини можна запропонувати формулу

$$P_i = \frac{2N(m_i^{\max}) - N(m_i^{\min-}) - N(m_i^{\max+})}{2N(m_i^{\max})} \quad (1)$$

Позначення дивись на Рис.5.

Уведена в такий спосіб величина P_i змінюється від $P_i=0$ для повної відсутності ієрархічного рівня аж до $P_i=1$ для максимально повної відокремленості даного ієрархічного рівня від інших.

Далі - з $N(m)$ знаходимо кількість ієрархічних рівнів, які проявляються у функціонуванні даної соціально - економічної структури. Наприклад, на Рис.6 зображена трьохрівнева ієрархічна система.



Нарешті - область поблизу максимуму описуємо за допомогою блоку функцій (4) - (5), внаслідок чого кожен з рівнів описується 3-ма числами. *Перше* - значення N_i^{\max} - найбільш ймовірна кількість об'єктів для даного ієрархічного рівня (кількість об'єктів, які мають масу фінансів у кількості m_i^{\max}). *Друге* - детерміністичне значення маси фінансів m_0 для об'єктів даного рівня ієрархії (те значення

маси фінансів, яким володіли б всі об'єкти у випадку, якби 1) всі вони були абсолютно однаковими й 2) всі вони перебували в абсолютно однакових умовах). *Третє* число - σ^2 , що описує рівень варіабельності (мінливості, розмаїтості) або самих об'єктів даного рівня ієрархії, або умов, у яких вони перебувають (більш докладно це було описане вище)

Цікавою є також та обставина, що дані економічної статистики дозволяють визначити рівень розвиненості також і піраміди управління в даній країні!

Для такого аналізу потрібно побудувати графік (гістограму) $N(n)$, де n - кількість людей, що працюють у даному об'єкті, а N - кількість об'єктів з таким даним кількісним складом співробітників - безвідносно до їхнього рівня ієрархії.

Аналіз цього графіка варто робити цілком аналогічно описаному вище. Спектр чисел $\{n_i^{\max}\}$ дасть тоді кількісний склад піраміди управління.

Також цілком аналогічно описаному вище знаходять для кожного ієрархічного рівня свої трійки чисел N_i^{max} , n_i^0 і σ_n^2 , а також - ступінь $P_i^{(n)}$ виразності ієрархічної структури даного соціального об'єкта (включаючи й державу в цілому). Цікаво, що ми можемо вирішувати як пряму задачу про оптимальну апроксимацію $N(n)$ - якщо відомо вид залежності $m \sim n^s$ між масою фінансів і кількістю співробітників (для всіх рівнів ієрархії одночасно або ж для кожного з рівнів окремо - відповідні $s_{общ}$ або спектр значень $\{s_{ij}\}$ можуть бути знайдені зі статистичних даних).

Але ми можемо вирішувати й обернену задачу: зробивши в (4) і (5) заміну змінних $m \rightarrow n$, ми можемо шукати ті параметри a_n , b_n і σ_n^2 , які найбільше добре описують експериментальні криві - а вже після цього, з порівняння знайдених значень a_n , b_n , σ_n^2 і a_m , b_m , σ_m^2 знайти залежність (залежності) $m \sim n^s$.

Відзначимо, що в математичному плані задача про вибір найкращої апроксимації заданої кривої з використанням даного класу функцій досить добре розроблена і є велика кількість уже готових алгоритмів і програм для її реалізації (дивись, наприклад [12]), і тому конкретні методи реалізації таких задач тут ми не описуємо.

На закінчення цього параграфу зробимо зауваження про вид подання експериментальних (статистичних) даних: звести їх воедино на одному графіку можливо тільки у двічі логарифмічних координатах - тобто коли уздовж осей відкладені lgN і lgm (або ж lgn ; - втім, можна використати і натуральні логарифми - це не принципово)

Питання.

1. Перелічіть труднощі, які виникають, на Вашу думку, при побудові моделей соціальних і економічних систем, в яких необхідно зробити явне урахування управлінської діяльності людини. Порівняєте отримане Вами з описаним у тексті і прокоментуйте.

2. Сформулюйте Вашу власну систему припущень, яку б Ви поклали в основу моделювання функціонування "одиночного об'єкта" а) соціальної та б) економічної діяльності. Чи є різниця при моделюванні соціальних і економічних систем? Чи можуть Ваші припущення бути представлені у формалізованому виді?

3. Які причини, внаслідок яких ступеневі форми залежності між характеристиками широко поширені в соціальних і економічних науках? Чим це зумовлено: наявністю теоретичних передумов або ж способом обробки експериментальних фактів?

4. Які причини, внаслідок яких розглядаються тільки "модель А" і "модель В"? З яких причин не розглянута "змішана" модель? Чи описані в тексті класи соціальних і економічних задач, яким відповідають моделі А і В? Запропонуйте Ваші власні моделі соціальних і економічних задач, які можуть бути описані моделями А і В.

5. Перелічіть причини, що спонукали докладно розглядати випадок "білого шуму" у рамках моделей А і В. Який характер цих причин, і

яку природу вони мають: наприклад, чи зумовлені вони специфікою соціальних/економічних задач, чи мають вони математичне походження, чи можна було б просунути в вирішенні цієї задачі яким-небудь іншим способом (і яким саме). Які а) соціальні та б) економічні задачі відповідають цій моделі? (Приведіть приклади і обґрунтуйте свою думку.)

6. Виділіть основні моменти процесу переходу від загального обговорення (на рівні вербальної та логічної моделі) до постановки задачі на оптимальне управління для модельного прикладу (рівень математичної моделі).

7. Приведіть приклади використання отриманих у рамках модельного прикладу "білого шуму" результатів для постановки *різних* задач на оптимальне управління. Приведіть кілька прикладів таких задач, що відповідають *різним* цілям управління.

8. Опишіть процедуру для здійснення експериментального виявлення ієрархічної структури об'єктів економіки на рівні регіону. Виділіть ті етапи, де передбачають використати викладені в тексті результати.

Задачі.

1. Доведіть, що рівняння моделей А и Б не змінюють свого виду (у математиці це називається - *є інваріантними*) при заміні змінної m на змінну L виду $m=kL^s$. Тут k і s – деякі постійні величини. Як зміняться при цьому постійні a і b ?

2. Використовуючи формули (14) і (17), одержати для моделей А и Б співвідношення (4) і (5).

РОЗДІЛ 6. МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ ОПИСУ КІБЕРНЕТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ: КОНЦЕПЦІЯ "ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ"

Принципи кібернетичного управління: позитивний і негативний зворотний зв'язок ("батіг і пряник"). - Лінійний випадок - модель Мальтуса. - Нелінійний зворотний зв'язок - модель Ферхюлста. - Інтерпретація й узагальнення моделі Ферхюлста: "квота вилову" як модель оптимального управління. - Двохкомпонентна модель соціально-економічної системи зі зворотним зв'язком: математичне дослідження, економічна й соціальна інтерпретації. - Питання і завдання.

Принципи кібернетичного управління: позитивний і негативний зворотний зв'язок ("батіг і печиво", або «нагорода та покарання»).

Отже, управління системою ми можемо розглядати як здійснення *переходів* між її станами. Але що таке *стан*? Це, по визначенню, щось *стійке*, - тобто мається на увазі, що параметри, які його характеризують, приймають якісь стаціонарні, незмінні в часі значення. Однак кожна система піддається *випадковим* (або *цілеспрямованим*) *впливам* з боку навколишнього середовища. У цьому випадку ми очікуємо, що система, будучи виведеної з певного (наприклад, рівноважного або стаціонарного) стану, має здатність "мимовільно", "сама по собі" повернутися до *стаціонарних* характеристик, тобто в розглянутий стан.

А що робити, якщо система не має цієї властивості? Щоб відповісти на це питання, задамо зустрічне питання: а як же тоді ми можемо взагалі говорити про "стан"? Таким чином, дійдемо висновку, що говорити про стан для системи має сенс тільки в тому випадку, коли цей стан є *стійким*. Іншими словами, ми очікуємо, що стан системи повинен мати якісь *границі стійкості*, тобто що при *малій* зміні своїх параметрів (залишаючись усе ще *усередині* границі стійкості) система *залишиться* все в тому ж самому стані.

Але ж можуть бути ситуації, коли такі границі стійкості для системи є "занадто вузькими", і нам дуже хотілося б їх *розширити*. Чи можна це зробити, і якщо можна, те яким чином?

Для того, щоб відповісти на ці питання, потрібно ввести поняття про "керуючий вплив (керуючу дію)". Для того, щоб його описати, зробимо розбивку всієї множини параметрів, що характеризують систему, на два класи. Перший клас: параметри, на які ми не можемо зробити ніякого впливу. Другий клас – це параметри, які ми можемо – у тих або інших межах – змінювати. Ось такі параметри, які ми можемо змінювати, і називаються *керуючими*.

def *Керуючими параметрами* називаються такі характеристики системи, які мають дві властивості: по-перше, вони можуть бути змінені в потрібний для нас бік (наприклад, за величиною та знаком) шляхом зовнішніх стосовно досліджуваної системи впливів, і, по-друге, вони визначають границі стійкості системи (зокрема – швидкість прагнення *інших* характеристик системи до свого стаціонарного значення, що характеризує даний

стан системи). У загальному випадку для кожного стану керуючі параметри будуть різними.



Відзначимо, що ми не зв'язуємо керуючі параметри винятково тільки із процесом *повернення* системи до даного стану. Визначення надано в такому виді, що воно допускає і управління *переходом* системи до нового стану. Наприклад, це можливо, коли границі стійкості системи (у даному стані!) під впливом зовнішнього управління (зовнішнього впливу) *зужуються* до величини, коли зовнішні випадкові впливи (фактори) уже виводять систему за ці границі.

Як впливає із зробленої вище примітки, ми можемо, у загальному випадку, всі способи управління (мабуть, це той випадок, коли навіть доцільніше говорити: "керування") системою розділити на два альтернативних класи.

- Управління, покликане забезпечити *стійкість системи в даному стані*. Це забезпечується за рахунок так званого *негативного зворотного зв'язку*.
- Управління, покликане забезпечити *переведення системи з одного стану в інший*. Це досягається за рахунок *позитивного зворотного зв'язку*.

Як же взагалі організований *зворотний зв'язок*?

Уявимо собі систему. Нехай вона *відхилилася* від свого поточного стану. Про це ми можемо судити по *зміні* значень ряду параметрів, які її характеризують. Тепер ми змушені приймати рішення – тобто визначати *мету* для свого управління: чи сприяти *поверненню* системи у свій первісний стан (негативний зворотний зв'язок – прикметник "негативний" має не тільки *буквальне* значення (це ми побачимо нижче!), але й підкреслює, що ми прагнемо *зменшити* ті зміни, які внесені навколишнім середовищем), або ж навпаки, *збільшити* це відхилення для того, щоб система перейшла до *нового* стану (позитивний зворотний зв'язок: знову прикметник "позитивний" має не тільки *буквальне* значення, але також і символічне, що підкреслює наше прагнення *збільшити* ті відхилення в системі, що мають місце).

По суті, *позитивний* та *негативний* зворотні зв'язки утворюють тим самим *контур управління*, що має замкнутий вигляд за рахунок появи можливості дозування керуючих впливів та аналізу їхніх результатів.



Відомо всього два ефективних – і взаємодоповнюючих! – способи управління людьми в соціальних і економічних структурах: це методи "батога" і "печива" (вони також зветься «нагорода та покарання»). По суті – вони часто трансформуються в методи *заохочення* й *покарання*. Це – здійснення все того ж самого позитивного або негативного зворотного зв'язку. Заохочення, як правило, відповідає негативному зворотному зв'язку, що *фіксує* ті або інші дії співробітника, тобто – стимулює його до *продовження* поточної своєї діяльності. Тепер ми можемо сказати – заохочення *стимулює* його знаходження в даному стані. Покарання ж – навпаки: заохочує його *змінити* свій

поточний стан на інший. До речі: тепер нам стають ясними також і причини наявності *саме цих двох* систем управління окремою людиною: вони як раз і складають разом той оптимальний набір, що дозволяє здійснювати ефективне управління його діяльністю й поведінкою. Використання *тільки одного* із цих методів означає, тим самим, *неефективність* управління. В ефективно працюючій фірмі повинні бути чітко зафіксовані як способи заохочення, так і способи покарання співробітників. Звичайно, при цьому і заохочення, і покарання повинні відноситися *винятково тільки* до тієї області, результати якої залежать від *особистої* діяльності даного співробітника, - тобто визначаються тим станом, у якому перебуває *даний* співробітник. Нерозуміння цієї обставини – коли співробітник карається/заохочується не за *свої особисті* дії, приводить до неефективності управління соціальними та економічними системами.

Лінійний випадок: модель Мальтуса.

Перейдемо тепер до математичної форми опису сказаного вище.

Розглянемо систему, що характеризується всього *однією* характеристикою x – такі системи називаються *однокомпонентними*. Нехай стан системи характеризується її значенням x_0 . Через зовнішні впливи характеристика системи змінилася й стала дорівнює x_1 . Найбільш простий випадок управління – коли ми реалізували такі умови, що швидкість зміни координати виявляється пропорційної її відхиленню від її рівноважного (стаціонарного) положення x_0 .

Математично це можна записати так:

$$\frac{dx}{dt} = k(x - x_0), \frac{d\Delta x}{dt} = k\Delta x, \Delta x = x - x_0 \quad (6.1)$$

Зручніше записувати рівняння відразу щодо зміни характеристики – тобто зміни «координати» системи Δx .

В рівнянні (6.1) k – це так званий *керуючий параметр*, - у нашому випадку число, що характеризує систему і яке ми можемо змінювати як за величиною, так і за знаком – наприклад, зробити його або позитивним, або негативним – за допомогою зовнішніх (керуючих) впливів.

Рішення рівняння (6.1) записується у вигляді

$$\begin{aligned} \Delta x &= (x_1 - x_0) \exp(kt) \\ x &= x_0 + (x_1 - x_0) \exp(kt) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Тут x_1 – значення характеристики x (відхилення від рівноваги) при $t=0$, тобто – у початковий момент часу.

Із (6.2) видно, що при $k>0$ система буде усе більше *віддалятися* від свого *рівноважного* стану, що характеризується значенням x_0 . Навпаки, при $k<0$ система буде *повертатися* до свого *рівноважного* стану. Таким чином, у першому випадку – при $k>0$ – має місце *позитивний* зворотний зв'язок, а при $k<0$ – *негативний* зворотний зв'язок.

Швидкість, з якою буде здійснюватися це віддалення/наближення, залежить від абсолютної величини керуючого параметра – від $|k|$. Чим більше ця величина, тим швидше наша система віддаляється/повертається до рівноважного стану.

Отже, у рамках цієї простої математичної моделі ми отримуємо можливість регулювати - тобто управляти системою за допомогою:

1. Створення позитивної/негативного зворотного зв'язку.
2. Зміни *сили* цього зворотного зв'язку (величини модуля керуючого параметра $|k|$).



Прикладом рівняння (6.1), що описує *реальну* соціально-економічну ситуацію, є так називана *модель Мальтуса* для чисельності населення. У її основу закладене "просте та природне" припущення: приріст кількості людей пропорційний їхній наявній кількості. У цьому випадку диференціальне рівняння, що описує *відхилення* системи від деякої *початкової* кількості людей N_0 , може бути записане так: $dN/dt = kN$. Звичайно, тут $k > 0$, щоб мав місце саме *приріст*, а не вимирання населення. Рішення цього рівняння має вигляд $N(t) = N_0 \exp(kt)$, - покладається, що при $t = 0$ чисельність населення була N_0 . Як видно з рішення, чисельність населення в такій моделі стрімко наростає, - період *подвоєння* кількості населення може бути розрахований по формулі $T = \ln 2 / k$: по демографічним статистичним даним цей період часу сьогодні становить близько 40 років. У моделі Мальтуса ми отримали ріст населення в *геометричній* прогресії. Разом з тим відомо, що ресурси, якими володіє та або інша країна (та й вся планета в цілому!) максимально можуть зростати у прогресії *арифметичній*. Але тоді дійдемо висновку, що, по мірі плину часу, приріст населення відбувається *швидше*, аніж приріст ресурсів! Інакше кажучи, *відносна* кількість ресурсів – кількість ресурсів, що приходяться на одну людину – із часом буде *зменшуватися*. У цьому, властиво, і складається висновок відомої теорії Мальтуса. Цей висновок був ним зроблений на початку ХІХ століття, а наприкінці ХХ століття до цього ж висновку прийшли й учені, що сформуvalи неформальну організацію за назвою "Римський клуб". Звичайно, прийшли вони до нього, використовуючи набагато більш "витончені" теоретичні і математичні моделі. Власне, саме в такій простій моделі, що виявилася напрочуд *мало чутливою* до наступних уточнень, і криються причини всіх закликів, що частішають, до обмеження народжуваності (тобто до зменшення керуючого параметра k). Звичайно, це не вирішить проблеми – але хоча-б дасть час на прийняття рішень. Можливо, слід домогтися, щоб $k = 0$ було хоча б у масштабах всієї планети? Однак, як легко бачити, це значення є *нестійким*: ледве тільки k стане позитивним – знову почнеться ріст населення, а ледве тільки воно стане негативним – кількість населення почне зменшуватися. Звичайно, це відбудеться не відразу – але така організація управління зачіпає вже долю *всього населення Землі*, і тому вимагає розробки *нових способів управління і координації в масштабах всієї планети*. Здійснити це сьогодні *неможливо*. Так що ж робити?! Насамперед – *вивчати* цю проблему, будувати нові моделі, розглядати *нові* можливі сценарії розвитку подій.

Нелінійний зворотний зв'язок: модель Ферхюльста.

Вище був описаний випадок, коли система, що *відхилялася* від свого пер-вісного положення, в подальшому стрімко віддалялася від нього як завгодно да-леко (у рамках цієї моделі, звичайно). Однак ми очікуємо – у всякому разі, моделі систем будуються саме з розрахунку на це – що, рано чи пізно, наша система перейде до *нового* стану. Іншими словами, тепер перед нами стоїть задача про математичний опис *переходу* системи з одного стану в інший.

Для побудови такої моделі задамося питанням: а чому взагалі стає можли-вим "гальмування" зміни характеристики системи? Наприклад, це можна зро-бити в такий спосіб: як тільки значення характеристики системи x почне набли-жатися до *потрібного* нам *нового* значення x_2 , значення керуючого параметра k повинне зменшуватися і досягати нульового значення при $x = x_2$.

Інакше кажучи, для опису управління *переводу* системи в новий стан, ми повинні розглянути випадок, коли є залежність керуючого параметра від поточ-них характеристик системи. Як правило, ми отримуємо при цьому *нелінійні* ди-ференціальні рівняння.

Наприклад, для рівняння (6.1) його "очевидна" модифікація виглядає так:

$$\frac{dx}{dt} = k(x)x \quad (6.3)$$

Найпростіший випадок – це коли $k(x) = 1 - x$, і ми одержуємо рівняння, що назване рівнянням Ферхюльста або *логістичним* рівнянням (до такого виду можна привести за допомогою перетворення координат будь-яку лінійну залежність ке-руючого параметра від характеристик системи)

$$\frac{dx}{dt} = (1 - x)x \quad (6.4)$$

Неважко побачити, що це рівняння описує *перехід* системи з "нестійкого" стану $x = 0$ у *стійкий* стан $x = 1$ – розглядаються тільки *позитивні* значення x .

М У самому загальному випадку, *відхилення* від рівноважного – тобто від *стійкого* стану – описуються найчастіше в рамках *лінійного* під-ходу. Якщо навіть і розглядаються *нелінійні* добавки, то вони пок-ладаються, у певному сенсі, "малими" у порівнянні з лінійними членами. Тому можна зробити висновок: для управління за допомогою *негативного* зворотного зв'язку досить, як правило, *лінійного* опису. Оскільки лінійні методи в математиці добре розвинені, тому й не дивно, що основні успіхи в кібернетиці (особливо – у кібернетиці технічній) досягнуті саме в області керування системами з метою *збереження* їхнього поточного стану. Разом з тим в області кібернетики *еконо-мічної* величезна кількість задач має зовсім протилежний характер: необхідно управляти *процесом переведення* досліджуваної системи в той стан, якмй нам по-трібний. Отже, основним об'єктом вивчення в економічній кібернетиці є саме *не-лінійні* математичні моделі. Математичний апарат для їхнього дослідження

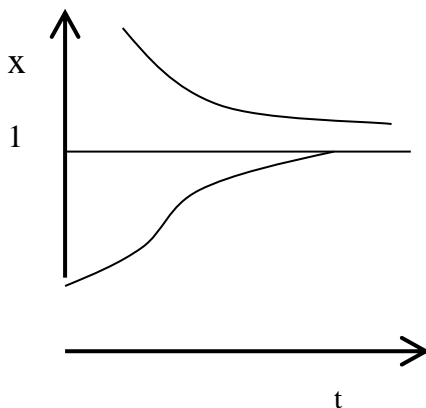
досить складний, із цієї причини і результатів досягнуто не так багато. Втім, у рамках технічної кібернетики для нелінійних задач результатів також досягнуто досить мало.

Рішення рівняння Ферхюлста (6.4) можна записати у вигляді

$$x(t) = \frac{x_0 e^t}{1 + x_0 e^t} \quad (6.5)$$

Тут через x_0 позначене значення характеристики системи в початковий момент часу, при $t=0$.

Відповідні рішення – називані *інтегральними кривими* цього рівняння – зображені на Рис.1



Виникає питання: а чи можемо ми говорити в цьому випадку про наявність *зворотного зв'язку* взагалі? Можливо, було б більш коректно говорити про *моделі* системи? Багато чого залежить від того, яку задачу ми вирішуємо, тобто *від мети* нашого дослідження. Як правило, питання про побудову моделі системи – це не більш ніж *етап* у підготовці й виборі системи управління даним соціальним або економічним об'єктом. Ця думка стане більш зрозумілою в тому випадку, коли рівняння Ферхюлста запишеться в *розмірній* формі, - тобто так, як воно звичайно й виходить при моделюванні: $dx/dt = ax - bx^2 = ax(1 - bx/a)$. У такій формі запису явно наведені *керуючі параметри* a і b , за допомогою зміни яких ми можемо управляти як *кінцевим* станом системи, так і процесом його досягнення.

Інтерпретація та узагальнення моделі Ферхюлста: "квота вилову" як модель оптимального управління.

Модель Ферхюлста з'явилася як найпростіше узагальнення моделі Мальтуса на наявність "природних обмежень" на народжуваність, що приводять до загибелі індивідів. Цією моделлю часто описують розмноження біологічних об'єктів різного роду - від бактерій і до вищих організмів - таких, як риби.

У зв'язку з останніми і розглянемо на прикладі риб *організацію системи управління* їхньою чисельністю з урахуванням вилову. Така задача відображує наше природне бажання використати ресурс – у цьому випадку рибу – для своїх потреб. При цьому, однак, ми хочемо здійснити *управління кількістю риб* таким чином, щоб досягти максимально можливого вилову без того, щоб риби зникли зовсім – тобто, щоб *зберегти* ресурс при його використанні. Таким чином, ми будемо розглядати задачу про оптимальне використання природного ресурсу. При цьому під терміном *оптимальність* розуміється, що 1) риби потрібно виловлювати якнайбільше, але 2) ресурс не повинен виснажуватися.

Оскільки наше втручання є *зовнішнім* стосовно системи, рівняння (6.4) потрібно модифікувати.

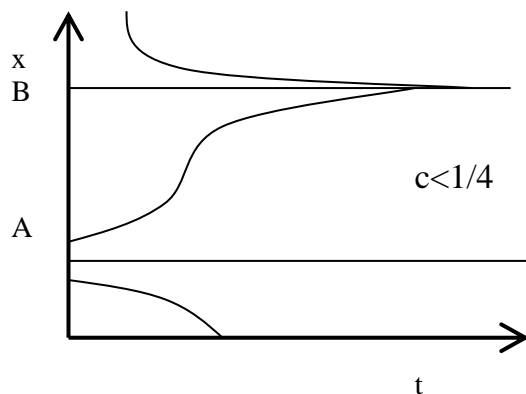
Розглянемо дві найпростіші можливості для модифікації.

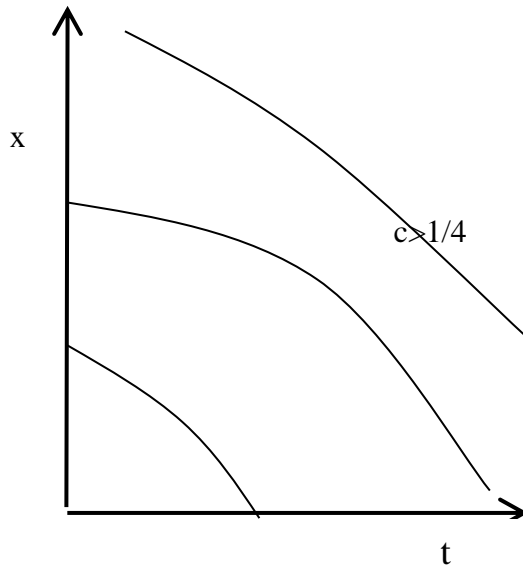
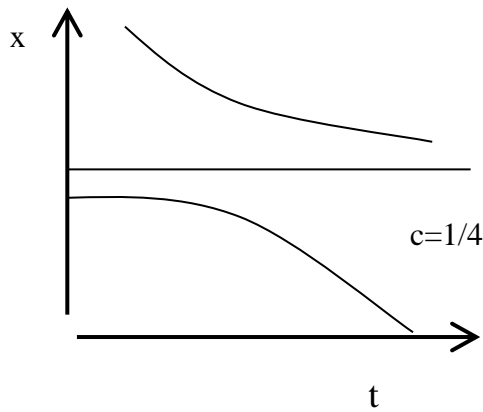
Насамперед – ми можемо виловлювати рибу з *постійною швидкістю*, позначену як c (кількість риб, що виловлюють в одиницю часу, - наприклад, щорічно). У цьому випадку рівняння (6.4) прийме вид

$$\frac{dx}{dt} = (1-x)x - c = -(x - \frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{4} - c) \quad (6.6)$$

З рівняння (6.6) випливає, що при $c > 1/4$ кількість риб може тільки зменшуватися, тому що при цьому похідна від правої частини буде завжди негативна. Інакше кажучи, якщо ми виловлюємо *щорічно* (як природний проміжок часу зручно вибрати 1 рік – час репродуктивного циклу риб) більш ніж 25% від *стаціонарно* можливої кількості риб (тобто тих, які були б без вилову, - у наших позначеннях їхня кількість дорівнює 1), то рибний ресурс буде виснажений, тобто кількість риб зменшиться до нуля. При $0 < c < 1/4$ – рибний ресурс установиться на деякому рівні, що становить якусь *частину* від максимально можливого $x=1$. При цьому, однак *максимальна квота* вилову $c=1/4$ є нестійкою (будь-яке як завгодно мале її перевищення приведе до зникнення системи – зникнення риб), і тому повинна бути визнана *неприпустимою*.

Інтегральні криві рівняння (6.6) показані на Рис.2.



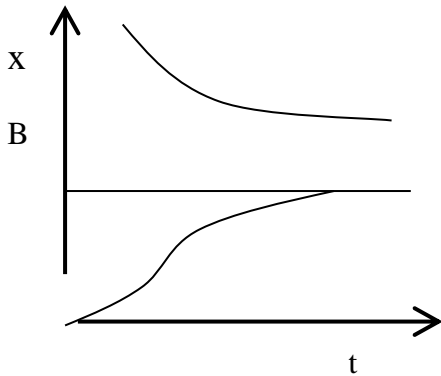


Можливо, спробуємо організувати вилов риби по-іншому? Наприклад, будемо задавати квоту вилову як величину, пропорційну вже наявній кількості риби? Тоді одержимо рівняння

$$\frac{dx}{dt} = (1-x)x - px = (1-p)x - x^2 \quad (6.7)$$

Тут величина px задає швидкість вилову риби. З (6.7) випливає, що мають місце нерівності $0 < p < 1$. При цих умовах *стаціонарна* кількість риб встановлюється на рівні $x=B$, де B визначається як рішення рівняння $(1-x)x=px$. Швидкість вилову тоді може бути розрахована по формулі $c=pB$. Задамося питанням: коли ця швидкість може бути *максимальної*? Відповідь на це питання легше всього знайти з геометричних міркувань. Точка B знаходиться як *перетинання* графіка квадратичної параболи $(1-x)x$ і прямої px . Найбільше значення швидкості вилову $c=px$ дорівнює найбільшій ординаті графіка функції $(1-x)x$, а це досягається при $x=1/2$. При цьому значення $p=1/2$ (необхідно, щоб значення px дорівнювало $1/4$ - максимальному значенню функції $(1-x)x$, що досягається при $x=1/2$). А це досягається, у свою чергу, при $p=1/2$.

Таким чином, для задачі (6.7) максимальна швидкість вилову риби встановлюється на рівні $c=1/4$, - однак тепер, як легко бачити з (6.7), при цьому встановлюється *стійка* кількість риби.



ММ От ми й привели приклад ситуації, коли розгляд *різних* сценаріїв для управління системою – у нашому випадку це були різні сценарії вилову риби – дозволяє досягти *стійкого* переведення системи в новий стан. Звичайно, важливі для практики задачі не будуть, швидше за все, мати такий простий вигляд – однак *загальна методологія* їхніх рішень буде такою ж самою: спочатку підбираємо підходящу *модель системи* і формулюємо для неї *базову* математичну модель. А потім – досліджуємо різні *способи управління*, які можуть бути здійснені в рамках цієї моделі. Часто для цього доводиться явно виділяти ті допущення, які були закладені в основу базової моделі й досліджувати, чи можемо ми від них відмовитися - і як при цьому зміниться математична модель як системи, так і управління цією системою.

Двохкомпонентна модель соціально-економічної системи зі зворотним зв'язком (узагальнення моделі Лотткі-Вольтерра): математичне дослідження, економічна й соціальна інтерпретації.

Вище були розглянуті приклади *однокомпонентних* моделей, що задають зворотний зв'язок та допускають зовнішнє управління. Тепер перейдемо до розгляду *двохкомпонентної* моделі.

ММ Виклад даної моделі ведеться на досить високому математичному рівні. Однак саме внаслідок цього вона виявляє собою досить повчальний приклад проведення кібернетичного моделювання, що допускає своє застосування до великої кількості самих різних систем. Нас, однак, цікавлять насамперед застосування цієї математичної моделі до соціальних і економічних об'єктів, і проведення соціального та економічного аналізу з метою управління такими системами. Досить важливою *методологічною* обставиною є виведення вихідної системи рівнянь "із загальносистемних вимог", що наочно демонструє досить широке коло можливих застосування отриманих результатів. Слід також підкреслити, що отримані результати описують *загальний випадок взаємодії двох соціальних або економічних об'єктів одного й того ж рівня ієрархії*. Інакше кажучи, якщо нас цікавить задача про опис взаємного

впливу двох однорідних об'єктів, або ж задача взаємодії двох компонентів, що описують той самий об'єкт – у всіх таких випадках ми в якості базової прийдемо саме до описаного нижче моделі.

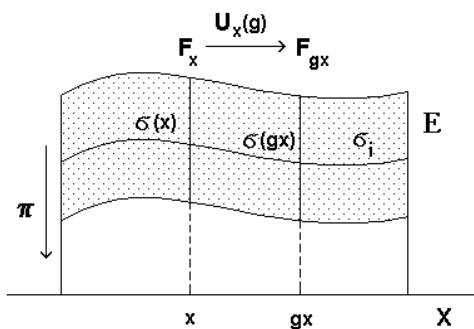
Класифікація станів системи.

Спочатку розглянемо загальну проблему класифікації множини можливих станів соціально-економічних систем - СЕС. Оптимальною мовою для такого опису є мова теорії множин і топології: дійсно, кожен стан є клас характеристик, що характеризує деяку множину зовнішніх впливів (наприклад, множину зміни керуючих параметрів).



Проведений нижче опис має набагато більш широкі рамки застосування і виходить далеко за рамки задач опису й класифікації соціальних або економічних систем. Зокрема, подібні моделі широко використовуються в екології для опису оптимального управління кількістю тих або інших тварин або для опису впливу отрутохімікатів на систему зв'язаних між собою трофічними (харчовими) ланцюгами популяцій.

Нижче описана математична структура, що є адекватною для проблеми знаходження і класифікації всіх можливих станів СЕС. Як приклад реалізації загального підходу розглянутий випадок найпростішої для опису динаміки СЕС на макроекономічному рівні. Виклад ведеться на "фізичному" рівні строгості, однак відновлення точного "математичного" рівня опису не представляє, як правило, утруднень.



Розглянемо наступну математичну структуру (Рис.3).

Уведемо в розгляд простір E всіх можливих поточних значень параметрів, що характеризують СЕС у всіх точках простору-часу

$\mathbf{x} \in \mathbf{X}$ (місто, країна, континент тощо). Тоді множину \mathbf{X} можна розглядати як базу, над точками якої за допомогою відображення π^{-1} відновлюється якийсь шар $\mathbf{F}_x \subset E$ можливих значень параметрів СЕС. Перехід до іншої точки простору-часу здійснюється за допомогою (групового або напівгрупового) перетворення $\mathbf{g} \in \mathbf{G}$ на точках бази $\mathbf{g}: \mathbf{x} \rightarrow \mathbf{gx} \in \mathbf{X}$. Шар \mathbf{F}_x при такому перетворенні переводиться в шар \mathbf{F}_{gx} за допомогою відображення $\mathbf{U}_x(\mathbf{g}): \mathbf{F}_x \rightarrow \mathbf{F}_{gx} \subset E$. Задана конкретна реалізація СЕС виділяється деякою точкою $\mathbf{F}_i \in \mathbf{F}_x$ і при перетвореннях $\mathbf{g} \in \mathbf{G}$ на точках бази задає перетин $\sigma_i(\mathbf{x})$.

У математичному сенсі описана структура виявляє собою приклад головного розширення над базою \mathbf{X} . Уведемо тепер операцію \mathbf{e} встановлення співвідношення соціально-економічної еквівалентності в просторі E_σ всіх орбіт перетинів $\sigma(\mathbf{x})$. Тоді всі можливі

стану СЕС можуть бути класифіковані за допомогою (частково-упорядкованої) множини - "спектра станів СЕС", або, що еквівалентно фактор- множині $S=E/\mathfrak{e}$.

З урахуванням вищесказаного моделювання соціально-економічних явищ можна проводити за наступною схемою:

- Задати простір E . Його визначення повинне бути єдиним (універсальним) і придатним для широкого класу задач моделювання СЕС.
- Задати оператор π проектування на базу X (вибір бази, як правило, диктується специфікою задачі), за допомогою якого виділяється шар F_x над даною точкою бази $x \in X$ (це проводиться з урахуванням можливості практичного визначення необхідних параметрів).
- Задати групу G , що буде відображувати необхідний рівень просторово-часового розгляду.
- Установити вигляд відображення $U_x(g): F_x \rightarrow F_{gx}$, де $g \in G$ (у деякому сенсі $U_x(g)$ можна назвати оператором "припустимих сценаріїв").
- Знайти оператор виділення перетинів $\sigma(x)$ і побудувати простір E_σ орбіт перетинів (цей етап по своїй суті є чисто математичним і може бути зведений до якоїсь алгоритмічної обчислювальної процедури).
- Увести співвідношення \mathfrak{e} еквівалентності орбіт у просторі орбіт E_σ (деякі передумови для вибору співвідношення еквівалентності можуть бути взяті навіть із самої структури простору E_σ).
- Класифікація всіх можливих станів СЕС проводиться за допомогою фактор-множини $S=E/\mathfrak{e}$.

У рамках наведеної математичної структури, орієнтованої на знаходження спектра станів СЕС S та на його класифікацію, однозначний сенс здобуває і термін "процес" стосовно до СЕС, що розуміється як перехід СЕС від одного стану до іншого.



Розглянемо приклад реалізації описаної вище процедури, який ще можна назвати моделлю взаємодії "зв'язаних" і "вільних" фінансів у замкнутій СЕС. Як ми вже відзначали вище, описані в цьому розділі результати мають набагато більш широку область застосування, - однак з метою визначеності ми будемо вести виклад стосовно до СЕС.

Спочатку необхідно розглянути ті особливості, які пов'язані з інформаційною динамікою в СЕС, тому що тільки в соціальному компоненті може відбутися "народження-синтез" нової інформації, важливої в економічному плані.

М У фінансовому відношенні проблема "цінності" інформації має два **М** виміри. *По-перше*, у дану кількість інформації вкладена певна кількість фінансів, витрачених на її одержання. Звичайно, ця кількість фінансів є різною для різних станів і структур СЕС. *По-друге*, і ця головне, ця синтезована, "економічно-значима" інформація має також і *незалежний* фінансовий вимір, що може бути виражений за допомогою "прибутку" від її впровадження. Цей останній фінансовий вимір також не є інваріантним і залежить від

можливостей СЕС по адаптації даної інформації та визначається як соціальними особливостями (наприклад, наявністю фахівців), так і економічними (наприклад, наявністю інфраструктури, що здатна перевести цю інформацію на технологічний рівень, тобто "впровадити" її). Нагадаємо, що частково ці питання були розглянуті раніше в цій книзі.

Таким чином, фінанси мають також і *інформаційний вимір* – "інформаційну" компоненту, що тісно зв'язана зі специфікою переробки й синтезу інформації Людиною, і яка *не підкоряється* законам збереження.

У загальному випадку всю сукупність фінансів (ресурсів, грошей тощо – для стислості будемо далі використати для всього цього комплексу термін "фінанси") можна розділити на два основних класи - на "зв'язані" і "вільні" фінанси.

Через *зв'язані фінанси* позначимо ту частину фінансів, що *вкладена* у виробництво нових фінансів (наприклад, у технології, навчання, створення відповідних інфраструктур тощо) і тому вже нездатних до руху. Іншими словами, зв'язані фінанси вже "упредметнені" і прив'язані до якихось матеріальних об'єктів і структур. Тобто - цей компонент пов'язаний з тією інформацією, що саме зараз проходить соціалізацію, - тобто саме з тією, котра саме зараз переводиться в соціальний або економічний норматив.

Під *вільними фінансами* розуміється та їхня частина, що рухлива й може бути переведена у зв'язаний стан (наприклад, шляхом вкладення їх у нові технології). У вільні фінанси входить також і "інформаційна" компонента, що синтезована в СЕС внаслідок інформаційної діяльності Людини. Можна сказати й так: вільні фінанси це те, що може бути вкладене в координаторів (дивись розділ 10). У якості її "фінансового виміру" можна взяти, наприклад, "середній прибуток" при впровадженні цієї інформації з урахуванням даної структури СЕС (досить важливим є та обставина, що в різних СЕС (наприклад, у різних державах) фінансовий вимір однієї й тієї ж нової синтезованої інформації буде різним - наприклад, ця величина зростає при наявності в СЕС інфраструктур, орієнтованих на доведення й впровадження інформації.

Внаслідок вищесказаного зв'язані фінанси Φ^i і вільні фінанси Φ^c являють собою *незалежні* компоненти фінансового поля в макроекономіці: для них, зокрема, відсутній "закон збереження", тобто $\Phi^i_{t+1} + \Phi^c_t \neq const$.

Замкнуті СЕС.

Тепер можна перейти до реалізації загальної математичної структури для опису макроекономічних процесів у *замкнутій* СЕС.

Як база природно вибирається час: $X=T$. На базі T задамо дискретну групу G (дискретну, наприклад, внаслідок природної дискретизації подання соціально-економічної статистики), яку можна ототожнити із групою цілих чисел Z . Так як в головному розшаруванні виробляється ототожнення бази й групи, то $T=Z$. У якості шару F_x вибираємо прямий добуток $\Phi^i_t \otimes \Phi^c_t$. Тоді для нашої моделі $E = \Phi^i \otimes \Phi^c \otimes T$, а π є оператором проектування на вісь T . Оператор $U_x(g)$, що переводить один шар в інший, для нашої моделі буде тотожним, що відповідає незмінним "правилам гри".

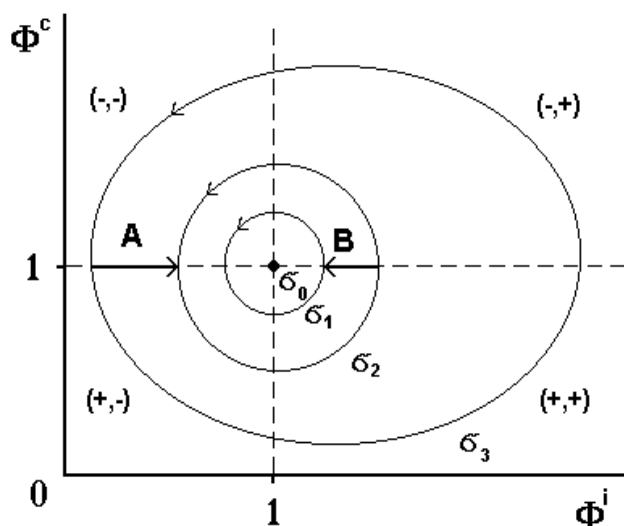
Оператор, що задає орбіту перетину по заданому "початковому значенню" $\Phi^i_{t=0}$ і $\Phi^c_{t=0}$ у загальному виді для замкнутої СЕС записується так (причому мають місце природні обмеження $\Phi^i_{t>0}$ і $\Phi^c_{t>0}$)

$$\begin{cases} \Phi^i_{t+1} = \Phi^i_t + \alpha_i(\Phi^c_t) \cdot \Phi^i_t \\ \Phi^c_{t+1} = \Phi^c_t + \alpha_c(\Phi^i_t) \cdot \Phi^c_t \end{cases} \quad (6.8)$$

ММ Ми розглядаємо поки що соціально-економічну систему за припущення, що вона *не обмінюється* з навколишнім середовищем ресурсами, фінансами, інформацією тощо. Це, звичайно, ідеалізація – однак вона допоможе нам провести класифікацію станів досліджуваної системи. Фактично, мова зараз іде про створення *базової моделі*, що відображує *основні риси і закономірності* поведінки системи. Згодом цю модель ми зможемо *доповнити* – тобто змінити її так, щоб урахувати ефекти, що нас цікавлять, - наприклад, взаємодію з оточенням.

Урахування заборони на необмежене зростання значень Φ^i_t і Φ^c_t , а також урахування однорідності групи $T=Z$ приводить до розподілу знаків для (α_i, α_c) , показаному на Рис.4 (неважко показати, що будь-який інший простий випадок спрямляємо до цього типу). У безрозмірних змінних найпростіший вибір є

$$\begin{cases} \alpha_i(\Phi^c_t) = 1 - \Phi^c_t \\ \alpha_c(\Phi^i_t) = \beta(\Phi^i_t - 1) \end{cases} \quad (6.9)$$



Тут $\beta = T_i/T_c$ - безрозмірний період малих коливань поблизу точки $\underline{1}=(1,1)$, а T_i і T_c - характерні "часи наростання" величин відповідно вільних і зв'язаних фінансів поблизу точки $\underline{1}$.

Тоді орбіти виявляють собою гвинтові лінії в просторі E , а простір орбіт E_σ взаємно-однозначно проектується на площину (Φ^i, Φ^c) - дивись Рис.4, де

воно природно розбивається на пряму суму просторів

$$\left[\left(\begin{matrix} \Phi^i > 0 \\ \Phi^c > 0 \end{matrix} \right) \setminus \left(\begin{matrix} \Phi^i = 1 \\ \Phi^c = 1 \end{matrix} \right) \right] \oplus \left(\begin{matrix} \Phi^i = 1 \\ \Phi^c = 1 \end{matrix} \right) \quad (6.10)$$

Таким чином, множина S складається із двох елементів.

Класифікацію орбіт можна зробити, наприклад, по їхньому мінімальному значенню на орбіті: $\Phi_m^i = \min(\Phi_t^i) < 1$ (для неї одночасно $\Phi_m^c = \min(\Phi_t^c) < 1$), або ж - по їхньому періоду (тобто за мінімальним часом T таким, що $\Phi_{t+T}^i = \Phi_t^i$ і, відповідно, $\Phi_{t+T}^c = \Phi_t^c$).

Таким чином, у рамках найпростішої моделі взаємозв'язку вільних і зв'язаних фінансів для замкнутої СЕС (тобто під час відсутності її взаємодії з оточенням) можуть реалізуватися лише два її стани, причому "типовим" є саме коливальний стан. Хоча дана модель і є вкрай грубою, вона, проте, демонструє основні риси динаміки макроекономіки СЕС, такі як "періодичність" (тобто - "економічні кризи") і зміна характеристик стану СЕС (амплітуди, періоду коливань) у результаті як внутрішньої перебудови (коли "зрушується" точка I - дивись нижче), так і при зовнішніх впливах (коли відбувається переведення системи на іншу орбіту - дивись Рис.4).

Необхідно також відзначити, що урахування соціальних факторів приводить до виділення орбіт з $\Phi_m^i < \Phi_{cr}^i < 1$ (де Φ_{cr}^i - якесь критичне значення Φ^i), які є "соціально небезпечними" у тому розумінні, що залишають занадто малий резерв запасу вільних фінансів для забезпечення від зовнішніх впливів. Цікаво, що даний підхід дозволяє виділити такі "небезпечні" орбіти ще далеко в "сприятливій області", коли $\Phi_t^i \gg 1$ і (або) $\Phi_t^c \gg 1$, що дає час на вживання попереджувальних заходів.

Дана модель легко узагальнюється на більш складні залежності других доданків у правій частині (6.8). Однак важливість цієї простої моделі полягає в тому, що вона справедлива **завжди** для будь-якої замкнутої макроекономіки в "небезпечній області" - тобто для орбіт, далеких від "рівноважної точки I " (дивись Рис.4) і тому представляє безсумнівний практичний інтерес.



Оскільки на "кожному обороті" відбувається "додаток" фінансів за рахунок заново синтезованих, відбувається своєрідне "розкручування" системи - перехід її на "відділені" орбіти. Наша модель дає можливість побудувати управління СЕС таким чином, щоб утримувати її увесь час в "безпечних" станах. Відзначимо, що зв'язані і вільні фінанси в сумі не дають всієї фінансової могутності держави: зв'язані фінанси є просто частина грошей, які вкладені в *нові* (!) - і тільки в нові - технології. Крім того, надалі варто врахувати наявність "різного часу обертається" - тобто тієї обставини, що "різні задачі лежать на різних орбітах" (і мають різні часи соціалізації). Однак все це можна зробити в рамках розвиненого тут підходу.

Перейдемо до розгляду незамкнених (відкритих) СЕС.

У загальному випадку зовнішній вплив на СЕС розпадається на два граничних класи: коли $\tau \gg T_0$ і коли $\tau \ll T_0$, де τ - характерний час зовнішнього впливу, а T_0 - період для даної орбіти СЕС.

Розглянемо випадок *постійних* зовнішніх впливів - $\tau \gg T_0$ (протилежний випадок розглянутий у наступному пункті). Перейдемо також до неперервних

координат, що дозволить застосовувати при дослідженні методи якісної теорії динамічних систем на площині.

Отже, рівняння (6.8) - (6.9) для відкритої СЕС при постійному зовнішньому впливі приймуть вид

$$\begin{cases} \frac{d\Phi^i}{dt} = \Phi^i(1 - \Phi^c) - a \\ \frac{d\Phi^c}{dt} = \beta \cdot \Phi^c(\Phi^i - 1) + d \end{cases} \quad (6.11)$$

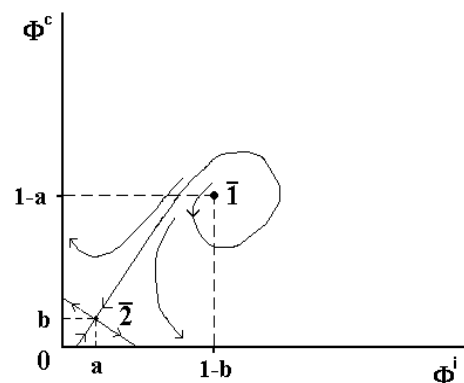
Особливі точки знаходять прирівнюванням до нуля правої частини (4), і для них знаходимо

$$\begin{cases} \Phi_0^c = \frac{(1-a+b)}{2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4b}{(1-a+b)^2}} \right) \\ \Phi_0^i = \Phi_0^c + a - b \end{cases} \quad (6.12)$$

Тут позначено $b=d/\beta$.

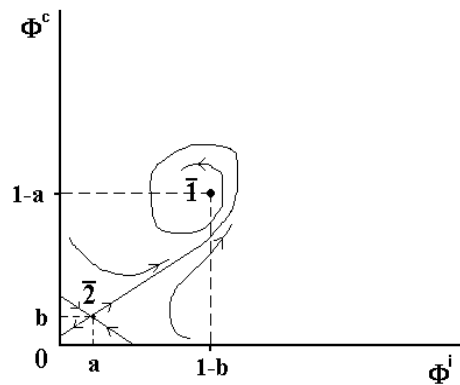
Щоб простежити тенденцію, розглянемо випадок, коли $|a|, |b| \ll 1$. Тоді в першому порядку

$$\begin{cases} {}_1\Phi_0^i \approx 1 - b \\ {}_1\Phi_0^c \approx 1 - a \end{cases} ; \begin{cases} {}_2\Phi_0^i \approx a \\ {}_2\Phi_0^c \approx b \end{cases} \quad (6.13)$$



Дослідження точок 1 і 2 свідчить про наступне:

- при $a > b$ точка 1 є нестійкий фокус, а 2 - сідло; поведінка фазових траєкторій (проекцій орбіт) показано на Рис.5.



- при $a < b$ точка 1 є стійкий фокус, а 2 - сідло, дивись Рис.6.

Соціально - економічна інтерпретація.

Значення $a > 0$ відповідають постійному відтоку вільних фінансів із СЕС, що може виражатися, наприклад, у вигляді так названої "відтоку мозків" або ж вивозу вільного капіталу (або ж - невезенню капіталів, отриманих за експорт). Значення $b > 0$ відповідають припливу сторонніх зв'язаних фінансів - наприклад, товарів або вкладу сторонніх капіталів у зв'язаний стан у даної СЕС.

Таким чином, випадок $a > 0$ і $b > 0$ відповідає "економічно слабкій" СЕС. Для неї точка 1 зрушується у бік менших середніх рівнів як вільних, так і зв'язаних фінансів у порівнянні із замкнутою СЕС. (Тут, звичайно, варто розглянути питання про те, а "чи варто відкриватися" - чи треба даній країні зараз "відкривати" свою економіку?) Однак при зовнішньому впливі змінюється і стійкість поведінки СЕС: "нейтральний" центр переходить у стійкий або нестійкий фокус.

Поведінка ж СЕС при цьому розпадається на два сценарії.

Перший сценарій реалізується за умови, коли ввіз зв'язаних фінансів перевищує вивіз вільних, тобто коли зовнішні капіталовкладення в економіку країни й ввіз товарів перевищують фінансовий еквівалент "витоку мозків" із країни та вивіз капіталів. Тоді СЕС майже із всіх початкових станів приходить до стійкого стану 1 , причому із часом "амплітуда криз" (коливання) зменшується - дивись Рис.6. Отже, зв'язані фінанси (капітали) = вкладені "у справу" (у соціалізацію інформації), а вільні фінанси - це вже синтезована інформація, готова до соціалізації - та, що чекає своєї "черги" на соціалізацію.

На жаль, частіше реалізується *другий сценарій*, при протилежному співвідношенні між величинами вивозу вільних фінансів і ввозу зв'язаних фінансів, коли майже для всіх початкових умов настає повна деградація і знищення СЕС шляхом повного зникнення або зв'язаних, або вільних фінансів (дивись Рис.5). У реальному випадку, звичайно, при такому сценарії СЕС або розпадається, або її розпаду перешкоджають такі соціальні явища, як диктатури та війни.

Цікаво відзначити, що "витік мозків" зменшує середній рівень зв'язаних фінансів, що відповідає "наївній" точці зору - "менше фахівців для впровадження нових технологій". А ввіз чужих капіталів зменшує середній рівень вільних фінансів - тому що "зменшується випуск фахівців, здатних придумати нові технології".

Фактично, проаналізований вище випадок відповідає зовнішній експансії, соціально - економічній "атаці" на "слаборозвинену" СЕС. Однак ці ж два

сценарії поведінки можуть бути реалізовані і для "економічно розвинених" СЕС, що практикують "ввіз мозків" і вивіз зв'язаних фінансів. У рамках моделі (6.11) цьому випадку відповідають негативні значення a і b . Випадок перевищення впливу вільних фінансів (наприклад, при "ввозі мозків") над вивозом зв'язаних фінансів стабілізує "розвинені" СЕС (див. Рис.6). У протилежному випадку СЕС деградує - і це незважаючи на те, що по "зовнішніх ознаках" вона ще якийсь час може вважатися "розвинутою".

Випадок $a > 0$ і $b < 0$ найбільше драматичний - він завжди веде до деградації СЕС (дивись Рис.5).

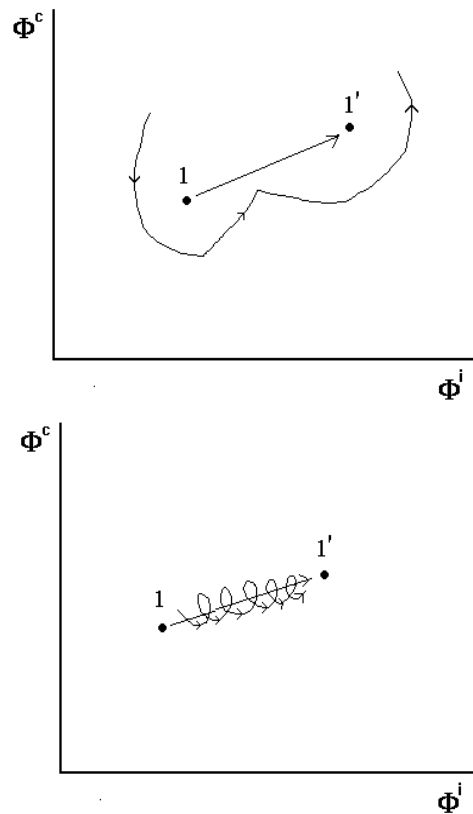
Нарешті відзначимо, що для характерного часу "стабілізації" до стану I (або ж - для характерного часу деградації СЕС) може бути отримана оцінка як $T_c \sim |a-b|^{-1}$.

Наслідки для посткомуністичних країн (Україна).

Зупинимося на деяких наслідках для посткомуністичних СЕС. Для них характерно, що середній рівень вільних фінансів набагато менший середнього рівня зв'язаних фінансів, або, в розмірному вигляді, $\Phi^i \ll \Phi_c$. Це є наслідком тієї обставини, що при комуністичних режимах практично повністю була відсутня інфраструктура для впровадження нової економічно-значимої інформації. Тому для комуністичного режиму $a > 0$ і $b < 0$, а динаміка СЕС завжди відповідає Рис.5. Відносну стабільність таким СЕС міг додати лише вивіз зв'язаних фінансів, що все збільшується з часом, - найчастіше у вигляді сировини.

Таким чином, головною задачею посткомуністичних СЕС на макроекономічному рівні є проблема збільшення середнього рівня Φ^i і зменшення амплітуди коливань, тобто зрушення "вправо" точки I (дивись Рис.4-6). Здійснити це лише шляхом постійного впливу з боку навколишнього світу не представляється можливим: як видно з (6.13), для цього необхідно збільшення вивозу зв'язаних фінансів (наприклад, товарів), тобто $b < 0$, що утруднено в силу економічної відсталості країни. Але до того ж при настанні відкритості таких суспільств виникає інтенсивна "відтік мозків" (у вигляді або фізичному, або інформаційному), і стає $a > 0$, а тоді деструктивні процеси лише підсилюються.

Таким чином, залишається лише одна можливість: шляхом перебудови внутрішньої структури СЕС, насамперед у напрямку створення інфраструктури для створення (синтезу) і впровадження нової економічно-значимої інформації. Навіть зовнішня фінансова допомога повинна йти не на збільшення частки вільних або зв'язаних фінансів (відповідно "безумовна" допомога й "цільове фінансування" програм), а лише на структурну перебудову СЕС. Дійсно, "короткочасна" зовнішня фінансова підтримка може лише перевести СЕС на іншу орбіту (кращий варіант показаний на Рис.4: перехід $\sigma_3 \rightarrow \sigma_2$, коли СЕС перебуває в стані A ; країна - "донор" при цьому повинна перебувати в стані B и здійснити зазначений стрілкою перехід, щоб не збільшити своє власне положення).



Перебудову структури СЕС можна робити по двох сценаріях (Рис.7а,б). Або "швидким ривком" (Рис.7а), або повільним "дрейфом" (Рис.7б) здійснювати переведення середніх рівнів $1 \rightarrow 1'$. Перший сценарій відповідає так званій "шоковій терапії" (і вимагає істотних короткочасних фінансових уливань в економіку країни), другий - "китайському варіанту". Відзначимо при цьому, що "шоковий" сценарій вимагає швидкої структурної перебудови СЕС.



Математично ізоморфні моделі. Розглянута тут модель макроекономіки СЕС ізоморфна відомій в популяційній екології моделі "хижак-жертва" для взаємодіючих популяцій. Ця модель досить докладно досліджена в математичному плані, і багато математичних висновків зберігаються також і для СЕС. Аналогія між процесами в соціально-економічних і екологічних системах має яскраво виражений практичний інтерес: вона дозволяє проводити *експериментальне* моделювання макроекономічних процесів за допомогою інтерпретації екологічних даних.

Деякі підсумки.

Підведемо основні висновки з наведеного вище:

1. Запропоновано математичну структуру, що орієнтована на знаходження спектра всіх можливих станів соціально-економічної системи, а також дозволяє коректно визначити сам термін "стан СЕС".
2. Здатність Людини створювати-синтезувати нову економічно-значиму інформацію створює умови для надання їй фінансового виміру, а також надає можливість розділити всю масу фінансів на "зв'язані" і "вільні", причому інформаційний компонент включений в останню.

3. Найпростіший варіант взаємодії зв'язаних і вільних фінансів у замкнутій СЕС задається співвідношеннями (6.8) - (6.9) безвідносно до конкретної природи й властивостей цих понять. У цьому сенсі така взаємодія є універсальною та "єдино можливою".
4. Моделі (6.8) - (6.9) і (6.11) коректно описують основні макроекономічні явища в СЕС, включаючи проблеми, пов'язані зі стійкістю СЕС, а також виходом СЕС із посткомуністичного стану.
5. Найважливіше значення для динаміки і стійкості СЕС має наявність і особливості функціонування соціально-економічних структур, спрямованих на появу (синтез) нової економічно-значимої інформації і на її адаптацію та "впровадження" на рівні практики економічної діяльності СЕС. Для посткомуністичних СЕС формування такої інфраструктури має *критичне* значення.



Нарешті, відзначимо наступне:

- *Трьох - і більше компонентні* моделі (наприклад, - кілька галузей економіки, кілька об'єктів соціально-економічного процесу, кілька партій тощо) із заборонаю на "інфінітні траєкторії" можуть уже демонструвати поведінку типу так званого "дивного атрактора", тобто - мати стохастичні властивості, що різко знижує рівень прогностичності розвитку таких систем.

- *Управління* такими системами полягає або в збереженні, або в зміні шумових властивостей таких "траєкторій" (відповідних розподілів імовірності, розмірності атрактора, кореляційних функцій, показників Ляпунова, f^B - шуму й т.п.).

- *Моделювання* такого "ринку" - це створення (або зміна існуючих) таких аналогових (наприклад, - електронних) систем, які проявляють ті ж самі шумові властивості.

Область застосування викладеної базової моделі.

Описана вище модель має значно більш широкую область додатків, аніж опис зв'язаних і вільних фінансів.

Цією моделлю - або її варіантами - описується взаємодія взагалі між будь-якими двома когерентними структурами - КС, що належать до тому самому рівня ієрархії. Дійсно: нехай одна КС характеризується параметром Φ^i , а інша - параметром Φ^c . Тоді математична модель для взаємодії цих параметрів має вигляд (6.8), а її найпростіша реалізація - (6.8) і (7.9) (або (6.10) - при урахуванні взаємодії цих двох КС із навколишнім середовищем).

Таким чином, моделями (6.8) - (6.10) можуть бути описані багато сторін соціальної і економічної активності Людини. Зокрема, - взаємодія між двома партіями або ж двома "суспільними думками" (і тоді Φ^i і Φ^c - це, наприклад, кількість людей, що дотримуються відповідних поглядів або точок зору) - явище, відоме в політології як "ефект маятника".

Цікаво, що наявність у країні 3-х або більше "впливових" соціальних груп (партій, соціальних рухів тощо), як впливає із попереднього пункту, уже не дозволяє здійснити надійний політичний прогноз і організувати "упорядковану" передачу влади від однієї партії до іншої. Ймовірно, що це може служити поясненням того, з якої причини в більшості економічно розвинених - і прогнозованих! - країн світу є всього *дві основні* соціальні або політичні сили ("правляче" і "опозиційне" угруповання), які періодично міняють один одного у влади - по мірі того, як вони повністю реалізують свою соціальну і/або економічну Програму (або ж - по мірі того, як буде самим життям доведена її безперспективність).

Питання.

1. Сформулюйте Ваше власне визначення керуючих параметрів. Приведіть приклади керуючих параметрів для різних а) соціальних і б) економічних систем.

2. Що таке позитивний та негативний зворотний зв'язок? Сформулюйте Ваше власне визначення цих понять. Приведіть приклади таких зв'язків для а) соціальних і б) економічних систем.

3. Приведіть приклади соціальних і економічних задач, де необхідно за допомогою управління забезпечити а) стійкість системи (об'єкта, процесу, і т.п.) і б) переведення системи (об'єкта, процесу, тощо) у новий стан. Опишіть, як би Ви домагалися поставленої мети.

4. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, процесів, тощо), для яких справедлива модель лінійного зворотного зв'язку (модель Мальтуса). Яким чином Ви пропонуєте в рамках наведених Вами прикладів здійснювати керування параметром k ?

5. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, процесів, тощо), для яких буде справедливий нелінійний зворотний зв'язок (модель Ферхюльста). Опишіть, як Ви пропонуєте здійснювати зміну керуючих параметрів.

6. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних систем (об'єктів, процесів, задач тощо), для яких характерні *двохкомпонентні* моделі. Опишіть, які саме характеристики є компонентами для кожного з випадків.

7. Опишіть у рамках *двохкомпонентної* моделі процес взаємодії двох політичних партій. Проведіть інтерпретацію отриманих у тексті результатів для цього випадку.

8. Опишіть у рамках *двохкомпонентної* моделі процес "боротьби за ринок" двох конкуруючих між собою фірм. Проведіть інтерпретацію отриманих у тексті результатів для цього випадку.

Задачі.

1. Вирішіть рівняння (6.1), (6.4), (6.6) і (6.7) методом поділу змінних. Поясніть, чому для останніх трьох рівнянь застосувати операторного методу не є можливим.

2. Отримайте стаціонарне рішення рівняння (6.11) – тобто отримайте співвідношення (6.12). Покажіть, що при малих значеннях керуючих параметрів a і b справедливі співвідношення (6.13).

3. Опишіть процес взаємодії банку та виробничого підприємства в рамках двохкомпонентної моделі. Проведіть інтерпретацію отриманих у тексті результатів для цього конкретного випадку. Ви отримайте не тільки *інноваційну* модель розвитку регіону, але також і пояснення природи *інноваційних циклів* розвитку тієї або іншої галузі.

РОЗДІЛ 7. УПРАВЛІННЯ В ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМАХ

Ієрархічні системи - опис і приклади стосовно до економіки і суспільства. - Самоорганізація: поняття, опис, приклади. - Логічні рівні понять і термінів. - Терміни остенсивні та вербальні. - Терміни життєві й наукові. - Питання і завдання.

Ієрархічні системи - опис і приклади стосовно до економіки і суспільства.

Концепція ієрархічної будови світу - і, як її відображення, ієрархічної будови систем - укорінилася в самих глибинних уявленнях людини про навколишній світ. В області соціальної і економічної важко навіть згадати, де можна було б обійтися без цієї концепції. Разом з тим, ситуація склалася парадоксальна в тому розумінні, що саме в цих областях, де роль, вплив і місце ієрархічних систем беззастережно визнані найважливішими всіма дослідниками, саме в цих областях опис ієрархічних систем на рівні моделей і, особливо, на рівні математичних моделей, розвинений вкрай недостатньо.

Разом з тим, в області природничих наукових дисциплін такі методи успішно розвиваються і застосовуються вже не одне десятиліття.

Із цієї причини нижче будуть описані принципові особливості розвинутих способів опису ієрархічних систем для того, щоб надалі вони могли бути використані для моделювання соціальних і економічних систем, а також для розробки схем ефективного управління ними.

Як і раніше, посилання на літературу наведені у загальній бібліографії до книги.

Упорядковані утворення (об'єкти) як стани на фоні потоків енергії і/або речовини

Упорядкування розвивається на фоні нерівноважності. У фізиці в останні десятиліття ХХ сторіччя це стало вже аксіомою, а після відомих робіт І. Пригожина та Г. Хакена і заснованих ними наукових шкіл ця нова парадигма вже ввійшла в арсенал методології сучасної науки.

Нерівноважність приводить до виникнення потоків енергії і/або речовини. Нижче для опису цієї обставини буде використовуватися термін "потік енергії", тому що потоки енергії і речовини у фізиці об'єднані в єдиному векторі - векторі Умова-Пойнтінга.

М Ми могли б тепер додати: а також і потоків фінансів і потоків інформації, тому що для соціальних і економічних систем ці потоки є специфічними, і вони відсутні в системах, що не мають у своєму складі людини. Однак, як ми бачили в розділах 5 і 6, потоки фінансів і потоки інформації утворюють певне *єдине ціле*, аналогічно потокам енергії і/або речовини. Тому надалі будемо говорити просто про *потоки* взагалі, безвідносно до їхньої природи. Наведений нижче опис, таким чином, буде виступати дійсно як певна досить потужна парадигма, що цілком може бути покладена в основу

моделювання широкого кола об'єктів, процесів і явищ – у системах як живої, так і неживої природи. По цій же причині збережені численні посилання на оригінальні статті, опубліковані в рамках різних наукових дисциплін: всі вони об'єднані на рівні *використовуваної парадигми* – тобто на рівні *спільності поглядів* на навколишній світ. І, як видно з публікацій, такий погляд виявляється досить плідним, дозволяючи пояснити велику кількість явищ у самих різних областях - від фізики аж до соціальних та економічних об'єктів. Далі буде показано, як така парадигма дозволяє описати також і діяльність людини, що дозволяє розвинути новий клас як моделей, так і способів керування в соціальних і економічних системах.

Отож, розглянемо потік (енергії, речовини, фінансів, інформації тощо) крізь якесь середовище. (Нагадаємо, що для соціальних і економічних систем поняття "середовищ" містить у собі велику кількість людей.) Нехай інтенсивність цього потоку повільно збільшується. Як свідчать численні спостереження і результати експериментів, проведені в рамках самих різних наукових дисциплін (таких як фізика, хімія, біологія, екологія, соціологія, економіка та інших), спочатку в середовищі нічого не відбувається. Потім, коли інтенсивність потоку перевищує деякий *критичний* (для даного середовища!) рівень, у середовищі виникає якийсь певний новий об'єкт. Він займає обмежену область простору і існує, як правило, обмежений час. Коли інтенсивність потоку крізь середовище близька до "критичного" значенню, ці нові об'єкти то з'являються (формується), то розпадаються знову – має місце свого роду "пульсуюча" картина.

З погляду математики описуються ці явища нелінійними рівняннями, приклади яких досить численні.

Важливо підкреслити, що, з виникненням такого нового об'єкта, дисипативні властивості середовища зростають - тобто зростає здатність середовища "розсіювати" цей потік, що проходить крізь нього. (Як це схоже на те, що спостерігається в економіці: біля великих фірм "годується" дуже багато дрібних, а біля самих дрібних - дуже багато бідняків, бродяжок, бомжів тощо - така ситуація характерна особливо для розвинених країн світу, і навіть знайшла відображення у багатьох фільмах, особливо знятих у США в останні роки.) Інакше кажучи, виникнення такого нового об'єкта приводить до того, що енергія більш ефективно розсіюється ("засвоюється") середовищем.

Коли інтенсивність потоку енергії збільшується ще, з'являється ціла ієрархічна система таких об'єктів. Цікаво, що розміри (об'єм) цих об'єктів зменшуються зі збільшенням інтенсивності потоку енергії. Далі такі об'єкти будуть називатися "*Упорядкованими Об'єктами (Утвореннями)*" або **УО**. (Раніше ми використовували також термін "когерентні структури". Чому в рамках однієї книги ми для одного й того ж класу об'єктів використовуємо різні назви? Робимо це для того, щоб студент *звикав* до такої ситуації та отримував навички із "перекладу" однієї назви "на іншу мову": така ситуація досить часто буде йому зустрічатися. Особливо це стосується майбутніх *спеціалістів із математичного моделювання* соціальних та економічних систем!)

Система коректних визначень описана ввище, де вони названі *когерентними структурами – КС*: тепер стає зрозумілої і сам термін "когерентність", що означає *наявність упорядкованості* в досліджуваному об'єкті.

Розглянемо більш докладно властивості таких УО. Так як кожний УО займає обмежений об'єм простору, рух середовища в ньому *обов'язково* має обертальну (циклічну) компоненту. А оскільки будь-який рух середовища пов'язаний з деякою змінною, то утворення УО приводить до появи деякого спектра частот, згрупованого навколо характерних часових проміжків обертання середовища в даному УО.

ММ Для соціальних і економічних систем виник навіть цілий напрямок, який розглядає як причини появи, так і властивості та протікання "економічних циклів" або ж "соціальних циклів". Як правило, при цьому виділяються *багато* циклів з різними періодами. Часто економічними цикли називають "економічними кризами" - у будь-якому підручнику з *макро-економіки* читач знайде про це обов'язкове згадування. А в підручниках по *мікро-економіці* є багато згадувань про так званих "інноваційні цикли" у розвитку підприємства – математичний опис цього дивись у розділі 6. У рамках викладеної парадигми видно, що наявність таких циклів – це є процес *обов'язковий*, що він є просто відображенням того факту, що в системі сформована *ієрархічна* система з якихось *упорядкованих* об'єктів – фірм, секторів економіки, транснаціональних корпорацій і економік окремих держав.

Тут не буде проведено докладного розгляду явищ, пов'язаних з малим числом УО - теоретичні, математичні і експериментальні ефекти добре описані в літературі по переходу до турбулентності.

Наявність же великої кількості різних УО автоматично приводить до стохастизації, хаотичності ряду характеристик середовища. Наприклад, внаслідок взаємного впливу один на одного багатьох різних УО, - фактично, саме в такий спосіб проводиться введення поняття стохастичність із застосуванням нелінійних рівнянь. Тому, по мірі збільшення інтенсивності потоку енергії, спектр шуму простирається убік більш високих частот.

ММ Інакше кажучи, стан економіки, також як і стан соціальних систем, буде визначатися наявністю певних структур (це цілком може мати детерміністичне, *закономірне* походження), діяльність кожної з яких – природно, "з погляду" як більш низького, так і більш високого рівня – буде описуватися вже в рамках *стохастичного* підходу. Таким чином, управління в таких системах – це управління стохастичними характеристиками таких об'єктів, тобто – *зовнішніми* стосовно них потоками. Наприклад - за допомогою змін національного законодавства, яке саме і регулює ці - зовнішні стосовно окремих економічних об'єктів - потоки.

Усе, що звичайно зв'язується з поняттям (терміном) "стан", весь цей комплекс понять, термінів і характеристик - все це відноситься до класу

характеристик певних (деяких) УО. Все ж, що звичайно зв'язується з поняттям (терміном) "процес", все це описується відповідними характеристиками певних (деяких) потоків енергії і/або речовини.

Ієрархія.

Як уже говорилося вище, у процесі збільшення інтенсивності потоку енергії, з'являється цілий ієрархічний набір упорядкованих об'єктів (утворень) – УО. До появи ієрархічної системи *різних* УО приводить також те, що для різних потоків енергії критичні інтенсивності, що викликають появу УО, також будуть різними. Тому і результуюча ієрархія УО залежить не тільки від інтенсивності потоку енергії і/або речовини, але і від номенклатури цих потоків.

Розглянемо один з "середніх" рівнів ієрархії. Тобто такий, який має і "сусідів зверху", і "сусідів знизу". Для УО із цього рівня ієрархії "вищерозташовані" УО будуть впливати як низькочастотний шум. Навпаки, "нижчерозташовані" УО будуть впливати як "майже когерентний" (майже-впорядкований) високочастотний вплив.

Ідеологія ієрархічної системи УО дозволила розвинути методи для кількісного опису явищ, пов'язаних із самоорганізацією (упорядкуванням) у природі. Наприклад, розроблено методи для виявлення УО в атмосфері і океані, у соціальних системах. Описано зміну дисипативних властивостей середовища із фрактальною структурою, причому ряд передбачень для збільшення дисипативних властивостей середовища кількісно збігається з даними експериментів. Результати кількісних експериментів по фрактальному впорядкуванню описані кількісно. Ряд ефектів, пов'язаних із впливом шуму на технологічні процеси описаний тако.

Активна та напівпроникна мембрана.

Тепер можна перейти до обговорення наступного етапу організації ієрархічних систем і дати такий опис для функціонування "живого" об'єкта, що відображує його найбільш істотні риси (це буде свого роду "функціональне визначення живого").

УО, як правило, розпадаються досить швидко внаслідок тієї причини, що вони мають розмиті границю, яка складається із часток того ж самого середовища. Розглянемо випадок, коли на фоні потоку, що складається з багатьох видів як енергії, так і речовини, утвориться якась певна ієрархічна система. Нехай вона буде відділена від іншого середовища напівпроникною і активною мембраною. Цією умовою визначається те, що сама мембрана є структурою, що містить УО. Причому ці УО можуть перебудовуватися. Оскільки кожна УО змінює ("модулює") проникаючий крізь неї потік енергії, то система "мембранних" УО може бути розглянута як фокусуюча система, що надає потоку енергії, що попадає всередину об'єкта, нові властивості.

Опишемо, як повинен реагувати цей об'єкт на зміну потоку енергії і/або речовини. У цьому випадку усередині розглянутого об'єкта змінюється просторовий розподіл потоку енергії і його часових характеристик. Це приведе, у свою чергу, до структурної перебудови внутрішньої ієрархічної будови такого об'єкта.

Тепер припустимо наявність можливості перебудувати мембрану "зсередини", - тобто управляти мембранними УО за допомогою зміни "внутрішніх" УО. Причому ціль такого управління нехай формулюється так: у результаті управління нехай "усе повернеться до колишнього стану". Тобто - до такого стану, що характеризується якимись заданими характеристиками. Для цього усередині мембрани повинні функціонувати якісь певні структурні утворення з УО, які й будуть перебудувати мембрану.

Результуючі властивості такого об'єкта можуть бути описані в термінах, якими характеризуються об'єкти *живі*. Інакше кажучи, - ми отримали "визначення Життя", тобто термін "Життя" ми виразили в термінах ієрархічної системи УО, що мають специфічні властивості.

Кожний живий організм ("живу" ієрархічну самоорганізовану систему - ІСС) можна розглядати як єдиний об'єкт, що "живе" на фоні специфічних потоків енергії і речовини, і у якому відбуваються одночасно два процеси: самоорганізації та розпаду. У рамках масштабного-інваріантного підходу інтенсивності цих процесів можуть бути виражені в ступеневій формі, - і ми приходимо до нелінійного рівняння типу Берталанфі. Урахування стохастичного оточення приводить до нелінійного рівняння із шумовими частинами, - тобто до спектра розмірів біологічних організмів.

Ця ідеологія дозволила розвинути нові методи для опису різних ефектів у біологічних і екологічних системах. Зокрема, є кількісний опис експериментальних даних для популяцій клітин, зв'язку між масою живих організмів і тривалістю їхнього життя, впливу навколишнього середовища на популяцію живих організмів, критичної інтенсивності для впливу лазерного випромінювання та міліметрових електромагнітних хвиль на живі організми. Ця ідеологія використана для побудови нових пристроїв з новими можливостями.

Цікаво, що є пряме експериментальне підтвердження щодо впливу саме структури шуму на біологічні об'єкти як з боку більш низьких рівнів ієрархії, так і від більш високих рівнів ієрархії.



Звертаємо увагу, що здатність до розмноження ми не включили в наше визначення поняття "життя". Зазвичай в поняття "життя" в обов'язковому порядку включають здатність живого до розмноження – однак, як показують останні наукові результати, кожен живий об'єкт обов'язково обмінюється ділянками свого геному з іншими живими об'єктами (наприклад, здійснюється такий перенос за допомогою так званих плазмід та вірусів). Таким чином, все живе існує мов би в єдиному "генетичному полі", а зовнішні умови як би "виділяють" тільки деякі характерні набори генів, які є *стійкими* в даному середовищі, при даних потоках. Цілком подібні і аналогічні явища мають місце і у соціальному та економічному середовищі. Ті або інші поради (наприклад, в області менеджменту), які сьогодні звучать досить актуально, ми знаходимо вже в древній літературі (наприклад, у китайській, у Конфуція або Сунь-Цзи - відомо, який великий вплив мав цей древньокитайський мислитель на Аллена Даллеса, особливо під час формування ним стратегії створеного тоді Центрального розвідувального управління США).

Підсумуємо: у рамках описаного вище можна дати таку відповідь на питання "що є життя?", - а, точніше: "який об'єкт ми можемо називати живим?":

- Об'єкт є живим, якщо він має ієрархічну будову, а час його існування набагато більший за час, що затрачається на його самоорганізацію.

Стосовно до живих організмів взагалі така точка зору дозволила вперше вивести зв'язок між тривалістю життя живих організмів (що належать до різних видів) і їхньою масою.

Іншими словами: живий об'єкт повинен мати мембрану - чітко виражену границю, що описується своїми специфічними характеристиками (має властивості напівпроникності й активності). Він повинен також мати внутрішню структуру, що утворена з об'єктів - УО - більше низького рівня ієрархії (і які певним чином мають зв'язок між собою). Властиво - це узагальнений опис живої клітини. Однак такий опис, сформульований на функціональному рівні, уже придатний для будь-яких умов і для об'єктів будь-якої природи. Сьогодні питання про визначення живого вже переходить у практичну площину, тому що він дає нам загальний алгоритм апріорної класифікації для об'єктів, що зустрічають уперше Людством: наприклад, для проблеми освоєння космосу й планет він є ключовим.

Самоорганізація: поняття, описи, приклади.

Соціальні і економічні системи демонструють величезну кількість прикладів самоорганізації. Можна навіть сказати, що вимога, щоб соціальна або економічна система формувалася за принципом *самоорганізації* – це є *непорушним законом*. Тільки такі системи – утворені по механізму самоорганізації – і є *стійкими*. Мало того – вони ж, як випливає з описаного загального підходу до опису самоорганізації – і є *оптимальними*, тобто саме при їхньому функціонуванні досягається *максимальна ефективність*.

М Коли ми говоримо про *ефективність*, ми завжди – явно або неявно
М – маємо на увазі якусь мету. Однак мета має сенс тільки тоді, коли
вона *досяжна* – тобто коли вона, як мінімум, *не суперечить* загальним законам природи. Довгий час для систем як соціальних, так і економічних, такі *загальні закони* не могли бути сформульовані. Внаслідок цього суспільство і економіка розвивалися "методом спроб і помилок", - однак для цих систем помилки містили в собі долі та страждання часто десятків мільйонів людей, і тяглися вони часто багато сотень років... Викладена вище парадигма, що усе більше завойовує розум не тільки дослідників, але й практиків (політиків, бізнесменів, державних і релігійних діячів, менеджерів тощо), - ця парадигма дозволяє (ймовірно, уперше за історію людства) увести *вимірювані і експериментально перевіряємі припущення*, у тканину соціальних і економічних наук. Тепер термін "оптимальність" - у рамках викладеної парадигми – формулюється як здатність соціальних або економічних об'єктів найбільш повним образом *розсіювати*

соціалізувати енергію, ресурси, речовину, фінанси, інформацію тощо. І притому така соціалізація "має мету", що може бути *усвідомлена* часто тільки з урахуванням всієї піраміди соціальних і економічних структур. Інакше кажучи, ми одержали *систему відліку* – не особисте бажання людини, не бажання народу або нації, а *бажання всього людства як цілого*. Підкреслимо: це бажання повинне бути *усвідомленим*. Але якщо перше – "загальнолюдський" підхід – сьогодні закладений в основу практичної діяльності багатьох соціальних і економічних структур і тенденцій (глобалізація економіки, гуманістичний підхід, транснаціональні корпорації тощо), то друга обставина – *усвідомленість* мети управління – поки що не знайшло свого відображення. "Мається на увазі" тільки, що такі цілі повинні бути, так ще "мається на увазі" їх "очевидність для всіх". Однак останнє, по суті, означає просте *перенесення* своїх поглядів на світ, своїх забобонів, своїх оман – як *норму* для всіх, для всього людства (це особливо помітно на прикладі США). Таке положення надзвичайно небезпечно, тому що воно *маскує* ту обставину, що, по-перше, *цільова функція* ще не побудована, і, по-друге, вона повинна бути зроблена на рівні *всього людства* (включаючи й "відсталі" – з погляду індустриальних країн – народи)... Навіщо ми звернули увагу на цю обставину? Моделювання соціальних і економічних об'єктів повинне спиратися на *об'єктивні* закономірності, а не на *суб'єктивні* погляди.

Характерно, що при введенні поняття "самоорганізація" учені, що займаються природничими науками, часто застосовують соціальні або економічні аналогії.



От, наприклад, як один із "патріархів" (Г. Хакен) вводить цей термін: «У цій главі ми займемося нашою центральною темою, саме організацією і самоорганізацією. Перш ніж перейти до математичного розгляду, обговоримо коротко, що ми розуміємо під цими двома словами в повсякденному житті.

А) Організація.

Розглянемо, наприклад, групу робітників. Про організацію говорять у тому випадку, якщо кожен робітник діє точно певним чином після одержання вказівки ззовні, наприклад, від керівника. Під словом організація розуміють також, що регульоване в такий спосіб поведження приводить до об'єднаних дій з метою виробництва певного продукту.

Б) Самоорганізація.

Той же самий процес називається самоорганізацією, якщо відсутній зовнішній вплив, що впорядковує, а робітники трудяться колективно завдяки взаєморозумінню, що встановлюється між ними самими, причому у виробництві продукту кожен робітник виконує свою функцію.»

Можна дати визначення процесу самоорганізації, використовуючи введену нами раніше термінологію *когерентних*, або *впорядкованих* структур. А саме:



Процес утворення когерентних структур (упорядкованих об'єктів, упорядкованих утворень) називається процесом *самоорганізацією*. У такому визначенні підкреслено, що а) процеси самоорганізації розвиваються *тільки* на фоні наявності деяких потоків (енергії і/або речовини – у системах природних, фінансів і інформації (крім енергії і/або речовини) – у системах соціальних і економічних), і б) вони приводять до появи *структури* в раніше "безструктурнім" середовищі.

Порівнюючи з наведеним вище визначенням Г. Хакена, бачимо, що, в основних рисах, ми описали те ж саме. Однак наше визначення є більше "конструктивним" і дозволяє чітко розділити явища *організації* і явища *само-організації*. Зокрема, утворення систем по механізму організації також надзвичайно широко поширено в соціальному та економічному житті. Більше того: за час історичного розвитку саме прикладами організації і збагатилася історія та наукова практика: державні механізми, колонії, диктатури, фірми (як великі, так і маленькі партії, ...) ... Приклади ж *само-організації* часто відносили до явищ "стихійних", "некерованих" (природно, з погляду "постраждалої" сторони!). Наприклад, Олександр Македонський, навала татаро-монголів, Пісарро та Кортес, феномени Гітлера або Сталіна, - всі вони так і залишалися до кінця незрозумілими в рамках парадигми "організації" ...


І тільки сьогодні, коли механізми само-організації міцно ввійшли в соціальне і економічне життя, - але, швидше за все, поки що це все ж таки не більш ніж *данина* моді на математичне моделювання – тільки сьогодні поняття само-організації прокладає собі шлях у соціально-економічне моделювання. Хоча, як ми бачили, учені-"природничники" для визначення своїх понять широко користуються саме *соціальними аналогіями*, а не прикладами з фізики, хімії або інших "своїх", природничих наук!

Логічні рівні понять і термінів.

При моделюванні часто доводиться використовувати *поняття й терміни* – слова, які позначають якусь спільність. Необхідність у такого роду абстракціях виникає вже на самому початку моделювання: хоча часто ми й розглядаємо якийсь *унікальний* об'єкт, проте і систему, і модель для неї ми вже формулюємо в *загальному* виді, що дозволяє говорити про перехід від одиничного конкретного об'єкта до якогось класу однорідних (у тім або іншому сенсі) об'єктів. Оскільки моделі різного роду являють собою ієрархічну систему (дивись розділ 2), тому відбувається *поглиблення* змісту і для абстракцій, які використовуються при їхньому описі.

Таким чином, система понять і термінів, відображуючи специфіку та роль реальності при побудові моделей, також має ієрархічну будову. Як правило, така побудова розглядається як *поглиблення змісту*, тобто в плані логічного стиснення інформації, даних і характеристик.

М Кожна наукова дисципліна може бути задана (описана) за допомогою тих термінів, які вона використовує. Наприклад, коли ми використовуємо терміни "квант", "матеріальна точка", "система відліку" – відразу ж зрозуміло, що ми говоримо про фізику. А от коли чуємо "валентність", "моль", "елемент" – ясна справа, що мова йде про хімію! "Менеджмент", "маркетинг", "фірма", "ресурси" – це вже економіка. Однак, іноді буває й так, що в рамках одного тексту з'являється все це разом: терміни *декількох* різних наукових дисциплін, - наприклад, на сторінках нашої книги, присвяченої моделюванню соціально-економічних систем. У цих випадках пригадуються слова великого вченого і дослідника В. И. Вернадського: "Ми спеціалізуємося не по науках, а по проблемах": як правило, за цих умов мова йде про *системне* дослідження питання, і часто – навіть про *новий* погляд на нього.

 Приведемо приклади термінів, які мають *різну* значеннєву глибину. Для цього звернемося до фізики – як до науки, у рамках якої є на сьогодні найбільш глибоке й методологічно коректне використання наукової термінології. Розглянемо поняття: "квант", "хвиля" і "частинка". Квант – це термін уже більш високого логічного рівня, ніж хвиля чи частинка. Якщо останні два терміни можуть бути використані в якості "первинних" – тобто можна *привести приклади* реальних об'єктів, які можуть мати такі властивості, то для кванта такого вже зробити неможливо. Квант – це зовсім особливий об'єкт, що виступає вже як *узагальнення* властивостей хвиль і часток, - але, звичайно ж, він *не зводиться* до них! Наприклад, квант цілком здатний проявляти властивості і хвилі, і частинки - але в різних експериментальних ситуаціях, інтер'єрах і контекстах, - чого про хвилю або про частинку не скажеш. Таким чином, у значеннєвому наповненні має місце "значеннєва" нерівність: "квант" > "хвиля" + "частинка".

Терміни остенсивні та вербальні.

У рамках наукової методології розрізняють два роди термінів.

def Терміни *остенсивні* визначаються виходячи з узагальнення реально існуючих об'єктів, явищ, процесів. Фактично, вони часто є просто найменуваннями для класів таких об'єктів, явищ і процесів. Наприклад, терміни "хвиля", "фірма", "керівник" описуються як узагальнення відомих слухачеві з досвіду прикладів. Але якщо таких прикладів у нього немає - тоді спочатку треба надати опис прикладу, а вже потім перехід "зовсім аналогічно...", - як, наприклад, у наведеному вище визначенні самоорганізації у Г. Хакена. Можна сказати й так: терміни остенсивні виникають на етапі стискання інформації про реальний світ з метою трансляції (передачі) інформації та фіксації у вигляді знаків емпіричних (тобто - експериментальних) даних.

def Терміни *вербальні* визначаються вже тільки в словесному виді, як свого роду *логічна надбудова* над термінами остенсивними. Таким чином, описують вони вже не стільки реальний світ, скільки наш

спосіб його пояснення, розуміння та інтерпретації. Найчастіше - вербальні терміни з'являються на рівні моделювання, і виражають собою певні теоретичні підходи, тобто - способи рішення певних класів проблем, сформульованих мовою остенсивних термінів. Це і розглянуте вище поняття "квант", і поняття "рідкісні ресурси" (ключове в мікроекономіці), і "менеджмент" (управління бізнесом, організацією і кадрами), і багато які, багато які інші.



Згадуючи опис наукового методу, наведений у розділі 1, можемо сказати наступне. Остенсивні терміни виникають на рівні *постановки задачі*, тобто на рівні стискання інформації про цікаву для нас конкретну ситуацію, об'єкт або явище до якоїсь спільноти, - що дозволяє скористатися накопиченим досвідом попередніх дослідників (і, властиво, і всіх досягнень людства). Із практичної точки зору, *переклад* поставленої перед вами задачі на рівень остенсивних термінів – це вже *початок моделювання!* Як правило, або ви одержуєте задачу вже в такому виді, або *разом із замовником* формулюєте її. (Порада: *ніколи* не приступайте до моделювання *самі*: слова, які використав ваш замовник, він може розуміти в зовсім іншому сенсі! У курсі "Дослідження операцій", або в рамках будь-якої аналітичної дисципліни ця обставина завжди підкреслюється та виділяється.) Використання вербальної термінології – це вже і є властиво моделювання, різні рівні його значеннєвої глибини. У процесі моделювання може бути задіяно, загалом кажучи, кілька шарів вербальної термінології (організованих як ієрархічно, так і гетерархічно). Однак потім, у вашому звіті – наприклад, у розроблених вами рекомендаціях – знову потрібно повернутися до термінів остенсивних. Тому що тільки на такій мові і можуть бути описані ті висновки з моделі, які можуть бути *перевірені (обмірювані, виявлені) на експерименті*. (Це значить, що звіт, переданий замовникові, повинен бути сформульований у термінах остансивних. У ряді випадків – повинні бути також запропоновані методики *конкретизації* цих термінів для ситуацій, що цікавлять замовника.) Таким чином, робота на рівні вербальної термінології – це, як правило, "чорна скриня" для замовника: це і є, властиво, "кухня" фахівця в області економічної кібернетики. А для нас, як для фахівців-аналітиків, наша діяльність може бути описана наступним ланцюжком: реальний світ → терміни остенсивні → терміни вербальні → терміни остенсивні → реальний світ.

Терміни життєві та наукові.

Нарешті, слід зазначити, що всі поняття, що використовуються людиною, ми можемо розділити на 2 класи: поняття *наукові* і поняття *життєві*.

Про поняття *наукове*, або про *термін*, - ми вже говорили вище.

А поняття *життєве* - це просте слово, ярлик, що людина використовує для позначення якоїсь нечіткої конструкції. Для позначення того, зміст чого часто йому самому чітко не ясний. По суті, такий термін можна це назвати "метафорою" (саме це слово і використовується в англійській науковій літературі).



Особливу небезпеку використання життєвих понять здобуває при роботі з людиною. Часто створюється оманна ілюзія, що, використовуючи якусь назву, якийсь "ярлик" для опису того або іншого прояву людської діяльності, ми можемо отримати "нове знання". Особливо часто сьогодні відбувається підміна одного терміна на інший, запозичений з іншої науки. При цьому зовсім забувається, що *поза* "своєї" галузі науки строгий науковий термін негайно перетворюється в розпливчате "життєвої поняття". Простіше говорячи - в "порожнє" слово, що нічого не значить. Причина ж такого явища практично очевидна: міждисциплінарна роз'єднаність сучасної науки та відсутність форумів, де над вивченням якогось одного явища працювали б бік-у-бік фахівці з декількох різних галузей науки.

Питання і завдання.

1. Наведіть приклади упорядкованих об'єктів (утворень) - когерентних структур - для області а) соціального та б) економічного життя. Обґрунтуйте Вашу думку.
2. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних циклів. Результатами функціонування яких упорядкованих структур, на Вашу думку, вони можуть бути? Обґрунтуйте Вашу думку.
3. Опишіть, у чому, на Вашу думку, полягає *різниця* між "організацією" і "самоорганізацією" для а) соціальних і б) економічних об'єктів і систем. Приведіть приклади як для організації, так і для самоорганізації. Обґрунтуйте Вашу думку.
4. Приведіть приклади ієрархічних а) соціальних і б) економічних об'єктів. Опишіть потоки (ресурсів, фінансів, інформації тощо), на фоні яких утворилися такі об'єкти, виділяючи різні рівні ієрархії. Опишіть, що, на Вашу думку, служить *критичним* потоком для появи а) окремого об'єкта, б) рівня ієрархії.
5. Опишіть а) соціальну і б) економічну систему (об'єкт) як "живий" об'єкт. Що саме, які саме утворення або структури можуть для соціальних і економічних об'єктів розглядатися як "напівпроникна активна мембрана"? Що Ви розумієте під "напівпроникною", під "активною"? Що, по Вашому думку, може виконувати роль "геному" для соціальних і економічних систем?
6. Розглядаючи реалії політичного, соціального і економічного життя країн світу, приведіть приклади "загальнолюдського" підходу на рівні планетарної політики, соціального життя та економіки.
7. Запропонуйте Ваш власний сценарій (план організаційних заходів) для вироблення *усвідомленої* – на рівні всієї планети – мети управління. Виділіть, що, на Вашу думку, сприяє встановленню такої мети і що заважає, перешкоджає її досягненню.
8. Сформууйте *логічну ієрархію* термінів і понять для якої-небудь із вивчених Вами навчальних дисциплін. Приведіть її опис та обґрунтування Вашого вибору.

9. Приведіть приклади ситуацій, коли те саме слово використовується у вигляді поняття життєвого і поняття наукового. Розгляньте область соціальних і економічних наук як приклад. *Підказка:* використайте ЗМІ – газети, журнали, політичні, соціальні або економічні телепрограми як джерело *підміни* змісту "хльостким" словом-терміном.

РОЗДІЛ 8. ЛЮДИНА ЯК УПРАВЛЯЮЧИЙ СУБ'ЄКТ У КІБЕРНЕТИЦІ ТА ЇЇ МОДЕЛЮВАННЯ

Людина як головна діюча особа в кібернетиці. - У технічній кібернетиці - людина часто "захований за кадром", моделюється певною управляючою функцією. - В економічній кібернетиці людина виходить на передній план - насамперед, як об'єкт для моделювання. - User modelling як напрямок опису людини в соціальних і економічних системах. - Головна проблема: яким чином адекватно "задати людину" у її важливих для моделювання проявах у тому або іншому інтер'єрі (контексті). - Визначення поняття "інтер'єр" (контекст управлінської діяльності, управлінської ситуації). – Теорія активних організаційних систем. – Кількісний опис переваг учасників активної системи. – Питання і завдання.

Людина як головна діюча особа в кібернетиці.

При визначенні поняття "управління" ми використали прикметник "цілеспрямована", коли давали характеристику такій специфічній діяльності. Тепер прийшов час задатися питанням: як відрізнити ту діяльність, яку можна назвати управлінням, від звичайного роду діяльності людини. Та й, властиво, хто ж є тим суб'єктом, що здійснює цю діяльність.

З подібною ситуацією ми вже зустрічалися в розділі 3, коли розглядали поняття "інформація". Тоді нам довелося визнати, що інформація - принаймні у своєму соціальному і економічному сенсі та застосуванні - може виникнути тільки завдяки діяльності людини, і може бути зрозуміла теж тільки нею.

Чи може управління бути здійснюваним без людини? Загалом кажучи – звичайно може! Однак ми маємо на увазі, що може тільки без реально існуючого *тепер* фізичної присутності людини. Кожне управління має мету: а хто, крім людини, здатний поставити мету?!

М Потрібно ретельно розрізнити контекст, у рамках якого використовуються слова "управління" і "цілеспрямованість". Дуже часто ми використовуємо їх у контексті *переносному*, (тобто метафорично) коли переносимо на інші об'єкти специфічні тільки для людини особливості, свого роду "олюднюючи" такі об'єкти. Наприклад, дуже часто ми, описуючи *раціональну* (читай – оптимальну) поведінку тварини, вживаємо терміни "управління" або "мета". Тут у наявності зміщення понять, - про що добре знають фізіологи, чітко розрізняючи рефлексивні вроджені і придбані за життя. Знають це і психологи, чітко розрізняючи *свідому* і *несвідому*, часто *наслідувальну*, "запрограмовану" (дуже часто – запрограмовану соціальним оточенням) діяльність людини. Однак все це навряд чи можна назвати управлінням: управлінням *цілеспрямованим* – підкреслюючи ту обставину, що воно здійснюється в рамках *свідомого* зусилля людини. Ми можемо назвати "управлінням" тільки прийняття нею рішень в умовах *нового*. Більш докладно про це буде описано в наступному розділі.

Таким чином, привнести "мету" у управління може тільки людина.

Але тоді вона – і тільки вона! – і повинна бути *головною* діючою особою в кібернетиці!

Властиво, так воно і є. Щоб задати управління, у кібернетиці часто використовують поняття "цільова функція", - задаючи якусь функцію, що залежить як від характеристик досліджуваної системи, так і від керуючих параметрів, для якої ми повинні домагатися якихось певних умов (наприклад, їхнього мінімуму або максимуму). У цій цільовій функції саме і виражений весь досвід людей щодо того класу задач, до якого ця функція ставиться.

Наявність задачі в *такій* постановці вже тим самим означає, що *процедура рішення* задач такого класу чітко визначена й задана. І якщо людина їй потрібна – то чи здійснює вона керування? Якщо говорити по суті – то *ні!* І все-таки – ми повинні погодитися, що вона *управляє*. У наявності - протиріччя! Як же бути?

Ми забули про те, що людина для того, щоб *управляти* чимсь або кимсь, щоб *управляти* якоюсь ситуацією, спочатку повинна *стиснути* інформацію, звести її до якоїсь цілком певної системи термінів-понять. І тільки після цього, вже для такої *модельної* системи вона і може застосувати стандартні методи. Але вся справа в тому, що для однієї і тієї ж ситуації або об'єкту людина може побудувати *багато різних* моделей! Інакше кажучи, - тут властиво сам *процес управління* переноситься вже на етап моделювання ситуації (об'єкта). Саме тут людина *повинна прийняти рішення*, - саме на цьому етапі вона і *задає мету*. А далі – а далі вже має місце використання однозначно заданої процедури – властиво алгоритму рішення (наприклад, математичного), розробленого і апробованого *раніше* для саме цього класу *моделей*. Підкреслимо – не ситуацій або об'єктів, а саме моделей: як правило, алгоритми рішень сформульовані в термінах *вербальних!*



Так що ж таке являє собою з *цієї точки* зору *процес навчання* – наприклад, у вузі і, конкретно – наприклад спеціальності "менеджмент"? По суті, це не більш ніж ознайомлення з існуючими *нормативними* методами, способами, алгоритмами і методиками рішення *стандартних* для даної навчальної дисципліни задач. Це підготовка людини, що здатна вирішувати *стандартний* набір задач, і притому вирішувати їх *стандартними* методами. Таке положення відображене навіть у Державному стандарті підготовки фахівців: там введений набір так званих *нормативних* дисциплін, і описаний (зафіксований) набір знань, умінь і навичок, якими повинен володіти випускник по кожному з освітніх рівнів – бакалавр і магістр. Яка ж задача вищої освіти впливає із наведеного вище погляду? Підготувати таку людину, яка може бути *вбудована* у ланцюжок прийняття рішень, але *вбудована* як свого роду "запрограмований процесор", що вирішує тільки *стандартні* задачі, і притому *стандартним* же способом. Але ж хтось *повинен ставити* такі задачі та розробляти такі методи їхнього рішення, які згодом будуть названі "стандартними"?! Де цьому вчать? Про це ми і поговоримо нижче.

Місце людини в технічній кібернетиці.

Як ми вже знаємо, кібернетика довгий час розвивалася в рамках кібернетики *технічної*. Де ж у ній - у цьому величезному наборі потужних математичних

методів, систем і моделей різного рівня - де ж тут "захована" людина? На перший погляд, технічна кібернетика цілком "обходиться" і без неї!

Ми вже говорили, що *моделювати* навколишній світ здатна тільки людина. Таким чином, людина "захована" на етапі моделювання: саме вона вивчає об'єкт, що цікавить нас, або подію, стискає інформацію про них до рівня моделей, проводить апробацію цих моделей, формує кібернетичну постановку задачі, знаходить відповідні цільові функції і проводить вже їх апробацію. Специфічно для рамок кібернетики технічної - людина часто навіть створює технічні апарати і пристосування, які є свого роду "посередниками" між нею і реальністю, і які виконують ті або інші потрібні їй функції по здійсненню управління.

Існує ще одна ділянка кібернетики технічної, у якій людина, хоч і на словах входить явно, проте, "захована" за якимись математичними моделями і конструкціями.

У кібернетиці вводиться поняття "людина-оператор", що часто застосовується в скороченому вигляді – просто як "оператор". З контексту завжди ясно, що мається на увазі не математичний термін, а саме *функціональні обов'язки людини*.

Такі задачі виникають завжди, коли в контур управління необхідно ввести людину – тому що багато речей може здійснити тільки вона. Чим же характеризуються ці задачі? Насамперед тим, що для здійснення діяльності на цьому етапі управління необхідне вміння "працювати" з моделями, які задані у вербальному, лінгвістичному або в логічному вигляді. І ще одна характерна риса: на цих етапах управління не вдається чітко й однозначно *звести* інформацію – стиснути її до строго певної сукупності характеристик. Є певна *сваволя* – от її і повинна заповнити людина.

Проте, процес управління *повинен* приводити до результату *прогнозованого*. А це значить, що людину – учасника процесу управління та певну ланку в управлінському ланцюжку – потрібно все-таки якимось образом *промоделювати*. У системах технічних – за людиною залишали, як правило, *вибір* цільової функції (або значень деяких її параметрів) з деякої, заданої певним чином сукупності.

Сьогодні, коли задачі моделювання соціальних і економічних явищ виходять на передній план, виникає необхідність у трохи іншому погляді на моделі для моделювання людини - до розгляду цих питань ми і переходимо.


Людина - головний об'єкт для моделювання в економічній кібернетиці.

Соціальні й економічні системи, по самому своєму визначенню, мають *головну* відмінність від всіх інших систем: вони містять людину і повинні явно відображувати її характерні риси та специфіку проявів. Таким чином,

- В економічній кібернетиці на передній план виходить, власне кажучи, *задача моделювання людини*.

Успіх наукової методології і системного аналізу підказує, що для того, щоб успішно моделювати систему, потрібно мати "гарну" модель для її "типового елемента". Для наших систем – це означає, що нам потрібно мати досить *потужну модель людини*.

М Як тільки ми написали слова "модель людини" – відразу ж приходить в голову, що побудова такої моделі – це справа *психології*. І **М** виникає бажання – звернутися до цієї науки з метою взяти для використання в кібернетиці саме з неї необхідні нам знання про людину. Але от тут-то відразу ж і виникає цілий клас обмежень і несподіванок (для непрофесіонала в області психології, зрозуміло). По-перше, відразу ж виявляється, що в психології існує не "одна гарна" - як у фізиці, наприклад, - а *багато* різних моделей, що носять спільну назву "теорії особистості". Так, сьогодні їх описано майже *півтора десятка*. І це – тільки найпоширеніших "теорій особистості" (= "моделей людини")! По-друге, виявляється, що ці моделі в основному відображують не *об'єктивні* характеристики людини-особистості, а... "суб'єктивну точку зору автора даної моделі, що розглядається" (психологи про це пишуть прямо). Нарешті, по-третє, - хоча це, мабуть, є для нас *головним!* – у психології описуються *внутрішні* характеристики людини, що їх, по суті своїй, практично *неможливо перевірити*. Із цієї причини *психологічні* моделі людини нам підійти не можуть – у всякому разі, "відразу для застосування", без досить істотної їх адаптації – для використання в рамках економічної кібернетики в якості "базових моделей для людини".

 У маркетингу і менеджменті часто використовується запозичена із психології так звана "піраміда мотивацій А. Маслоу". В економіці на неї посилаються як на досить потужний результат, *безпідставно* думаючи, що він "доведений" у рамках психології. Однак дамо слово самим психологам – наведемо цитату із книги Л. Хьелла і Д. Зиглера, яка є підручником для психологів, і яка витримала в США вже 3 видання: "На жаль, іншим [крім самоактуалізації, самого вищого аспекту] аспектам теорії Маслоу було присвячено вкрай мало емпіричних досліджень [емпіричні – це *експериментальні!*], багато в чому внаслідок недостатньої строгості теоретичних формулювань, що утрудняють перевірку її валідності [визначенню того, що той параметр, що вимірюється, є саме тим параметром, про який говориться]. Наприклад, відсутній точний критерій того, наскільки повинні бути задоволені потреби певного рівня, перш, ніж виявить себе наступна, більше висока потреба. До того ж, Маслоу допускає так багато виключень зі своєї ієрархічної схеми мотивації людини (наприклад, можливий прояв вищої потреби, незважаючи на депривацію [незадоволення] нижчої), що це стає недоліком у його теорії. Також слід зазначити відсутність чітких доказів того, що різні метапотреби виникають або стають домінуючими, якщо задоволені основні потреби." Як бачимо, є скоріше тільки точка зору Маслоу, але аж ніяк не така теорія, якою можна користуватися на практиці. І, проте, ми зустрінемо відповідні посилання на неї практично в будь-якому підручнику із цих навчальних дисциплін! Чи можна використати піраміду мотивацій Маслоу при моделюванні соціальних і економічних систем? Ймовірно, можна, але з достатнім ступенем обережності: наприклад, для початку потрібно довести (в кінцевому підсумку – на підставі спеціально проведених експериментів або наявних експериментальних даних) саму можливість її застосування *саме*

для досліджуваної системи. На жаль, подібним аспектам практичної діяльності фахівця-аналітика приділяється надзвичайно мало уваги в навчальній літературі, - хоча це, мабуть, і є основним методологічним принципом його професійної діяльності.

Нарешті, є ще одна, також досить важлива особливість: навіть маючи "гарну" модель людини, потрібно ще мати механізм для переходу від "моделі для однієї людини" до "моделі для багатьох людей". Ця задача також поки що залишається невирішеною в рамках як економічної кібернетики, так і моделювання соціальних і економічних систем.

User modelling як напрямок для опису людини в соціальних і економічних системах.

Починаючи із 1990-х, інтенсивно розвивається напрямок, що англійською мовою одержав назву *User Modelling* – тобто "моделювання користувача". Ця назва використовується як назва для двох різних напрямків наукової й прикладної діяльності.

По-перше, це дійсно моделювання *одиночного* користувача. При цьому використовується велика кількість моделей самого різного рівня – від вербально-лінгвістичних, розповсюджених переважно в області менеджменту і, особливо, маркетингу і до математичних, - наприклад, тих, які використовуються для опису взаємодії людини і комп'ютера або людини та програмного продукту (дивись, наприклад, журнал, що видається з 1991 року – *User Modeling and User-Adapted Interaction*).

Зокрема в десятому, ювілейному випуску журналу *User Modeling and User-Adapted Interaction* є гарний огляд положення, що існує в цій області.

По-друге, в 1998 році утворений новий науковий журнал *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, що доступний в Інтернеті за адресою <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS>. Це журнал нового типу по способу доступу – однак у ньому дотримані всі основні вимоги до наукового журналу, - зокрема він підданий реферуванню та включений до відповідних наукових каталогів. У ньому, а також у багатьох інших виданнях, описується комп'ютерне моделювання мережі користувачів із метою отримати певні характеристики, які характеризують уже всю сукупну систему. Зокрема, на початку 2000-х років з'явилися статті, у яких *кількісно* досліджуються такі задачі становлення суспільної думки, які можуть бути віднесені до задач маркетингу.

Як правило, напрямок *User Modelling* розвивається поки що на рівні наукових статей, - книги на цю тему видані поки що тільки англійською мовою, та й то в *спеціалізованому* вигляді, доступному, як правило, тільки підготовленим фахівцям. Однак це положення надзвичайно швидко виправляється - з'являється все більша кількість текстів, які стають доступними вже для широкого кола зацікавлених осіб – включаючи навіть студентів.

Головна проблема: адекватний для даного інтер'єру опис "моделі людини".

Таким чином, головна проблема при моделюванні соціальних і економічних систем може бути сформульована в такий спосіб:

- Синтезувати адекватну до інтер'єру (*контексту* діяльності), що цікавить нас, модель людини, розуміючи під людиною як окремого індивіда, так і їхню сукупність.

Звичайно, при цьому необхідно ще розробити методики і технології для переходу від характеристик індивіда до характеристик їхньої сукупності.

Визначення поняття "інтер'єр" (контекст).

Нам зустрівся новий термін – "інтер'єр". Дамо його визначення: це необхідно, тому що, як ми вже знаємо, модель людини залежить від тієї задачі, що ми вирішуємо.

def Діяльність реального індивіда здійснюється в деяких характерних умовах, зумовлених 1) соціальним оточенням, 2) природними умовами, і 3) фрагментом знання, що відповідає саме цьому виду (роду) діяльності. Будемо назвати ці характерні умови ***інтер'єром (контекстом діяльності)***, у якому існує "знак" і в якому він починає "діяти" - коли людина прикладає до нього свою енергію, мету, ініціативу.

Знання оформляється у вигляді *знаків*. Знак сам по собі не має прагнення і мети. Він служить просто для 1) оформлення знання і 2) для як завгодно довгого зберігання цього знання. Цей термін ми розуміємо в узагальненому змісті: для нас знаком є будь-який текст, у якому зафіксоване знання. Це може бути і малюнок, і дійсно текст із книги, і веб-сторінка, і наукова стаття...

У цьому сенсі взагалі вся система знань, якою володіє даний соціум, являє собою єдиний "текст", розбитий на фрагменти і зв'язаний у єдине ціле системою перехресних посилань.

Текст знання по необхідності розбитий на систему фрагментів, кожний з яких *не перевищує інформаційної місткості окремого індивіда*. Тільки при такій умові це знання і може бути збережене в соціумі та передано наступному поколінню. Для здійснення такої розбивки на фрагменти потрібні спеціальні соціальні інститути і механізми.

У масиві знання, в "загальному тексті", яким володіє даний соціум, зберігаються значимі для суспільства програми діяльності, норми та моделі для поводження, для взаємодії між індивідами. Метою такого зберігання є забезпечення наступності соціального життя. Тобто - підтримка і збереження гомеостазу соціуму.

Але сам по собі текст - *знак* - не здатний цього забезпечити. Тому цей текст обростає специфічними соціальними інститутами і механізмами передачі (відчуження) знань від живучого покоління до нового покоління. І здійснює все це той же смертний індивід, що належить до нині живучого покоління.

Вся ця сукупність соціальних інститутів і механізмів, що забезпечують 1) наступність знання (представленого у вигляді тексту) між поколіннями та 2) дроблення знання (тексту) на фрагменти, що відповідають інформаційної місткості

окремого індивіда, не належить до самого знання. Вона є як би *окремим* "механізмом трансляції знання".

Користуючись комп'ютерною аналогією, можна сказати, що суспільство являє собою певний "розподілений процесор" для вирішення певних задач (загальне знання розбите на фрагменти, носіями якого є смертні індивіди), і який ставиться "системою перезапису" знань (тобто - *системою освіти!*) на "нові носії" - нові індивіди.

При моделюванні соціальних і економічних систем нас часто будуть цікавити ситуації управлінські - тобто інтер'єри управління, управлінської діяльності людини, управлінської ситуації.

Теорія активних організаційних систем.

def Теорія активних систем (ТАС) - розділ теорії управління соціально-економічними системами, який вивчає властивості механізмів їхнього функціонування, зумовлені проявами активності учасників системи. Основним методом дослідження в ТАС є математичне (передовсім теоретико-ігрове) і імітаційне моделювання. За тридцять років її розвитку в ТАС було розроблено, досліджено і впроваджено велику кількість ефективних організаційних механізмів, відповідні моделі і методи знаходять широке застосування при рішенні широкого кола задач управління в економіці і суспільстві - від управління технологічними процесами до прийняття рішень на рівні регіонів і країн.

Опишемо загальне формулювання задачі на управління якоюсь конкретною системою (незалежно від того, є вона пасивною або активною).

Нехай *стан системи* описується змінною $y \in A$, що належить до припустимої множини A . Стан системи в розглянутий момент часу залежить від *керуючих впливів* $\eta \in U$: $y = G(\eta)$. Припустимо, що на множині $U \times A$ заданий функціонал $\Phi(\eta, y)$, який визначає *ефективність функціонування системи* з точки зору керуючого органа. Величина $K(\eta) = \Phi(\eta, G(\eta))$ називається *ефективністю управління* $\eta \in U$. Задача *керуючого органу* полягає у виборі такого припустимого управління, яке максимізувало б значення його ефективності за умови, якщо відомо реакцію $G(\eta)$ системи на керуючі впливи:

$$K(\eta) \rightarrow \max_{\eta \in U} .$$

Тепер розглянемо різницю в управлінні між *пасивними* та *активними* системами.

Для *пасивної* (наприклад, технічної) *системи* залежність $y = G(\eta)$ є, фактично, моделлю системи - керованого об'єкта. Ця модель відображає закони її функціонування. Наприклад, для динамічної системи ця залежність може бути знайдена як рішення певної системи диференціальних рівнянь, для деякого чорного ящика - бути результатом експериментів тощо. Загальним для всіх пасивних

систем є їх "детермінізм" з точки зору керування в сенсі відсутності у керованого об'єкта волі вибору свого стану, власних цілей, засобів для їхнього досягнення й можливості прогнозувати поведінку самого керуючого органу.

Інакше полягає справа в *активних системах* (АС), тобто в системах, у яких керовані суб'єкти (точніше кажучи, хоча б один суб'єкт) мають властивість *активності*, у тому числі – *власну волю* для вибору свого стану. Крім можливості вибору стану, елементи АС мають власні інтереси й переваги, тобто здійснюють вибір стану цілеспрямовано (у протилежному випадку їхню поведінку можна було б розглядати як пасивну).

Відповідно конкретизується і сама модель системи G^* , що повинна враховувати *прояви активності* керованих суб'єктів. Прояви ці описуються в такий спосіб: вважається, що керовані суб'єкти прагнуть до вибору таких своїх станів (стратегій), які є найкращими з погляду їхніх переваг при заданих або прогнозованих значеннях керуючих впливів, а керуючі впливи, у свою чергу, залежать від станів керованих суб'єктів. Якщо керуючий орган має модель реальної активної системи, яка адекватно описує її поведінку¹, то задача управління (для активних систем вже якимось навіть "незручно" використовувати слово "керування") зводиться до сформульованого вище - вибрати оптимальне управління $\eta^* = \tilde{\eta}(y) \in U$, $\tilde{\eta} : A \rightarrow U$, тобто припустиме управління, яке максимізує ефективність. Інакше кажучи, необхідно знайти

$$\eta^* \in \underset{\eta \in U}{\text{Arg max}} K(\eta) = \{\eta \in U \mid \forall v \in U K(\eta) \geq K(v)\}^2.$$

Закінчивши коротке якісне обговорення загальної постановки задачі на управління в пасивних і активних системах, перейдемо до більш детального опису властиво вже моделі активної системи.



Модель АС задається перерахуванням наступних параметрів.

1. *Склад АС* - сукупність суб'єктів і об'єктів, які є елементами системи (надалі для їхнього позначення буде використовуватися термін *учасники АС*).

2. *Структура АС* - сукупність інформаційних, керуючих і інших зв'язків між учасниками АС, включаючи відносини підпорядкованості та розподіл прав прийняття рішень. У більшості моделей теорії активних систем досліджуються дворівневі АС віялового типу, які складаються із одного керуючого органа - *центру* на верхньому рівні ієрархії та одного або декількох підлеглих йому керованих суб'єктів - *активних елементів* (АЕ) на нижньому рівні.

3. *Порядок функціонування* - послідовність одержання інформації і вибору стратегій учасниками АС.

¹ В подальшому ми для спрощення викладу будемо ототожнювати реальну активну систему та її модель.

² Протягом всього викладу, якщо не оговорено інше, вважається, що всі максимуми (мінімуми) досягаються.

4. *Число періодів функціонування* відображає наявність або відсутність динаміки (однократності або багаторазовості вибору стратегій (станів) учасниками АС протягом розглянутого періоду часу).

5. *Переваги учасників системи*, які разом із принципами раціональної поведінки визначають залежність стану системи від керуючих впливів і критерій ефективності керування.

6. *Припустимі множини станів (стратегій) учасників АС* відображають індивідуальні та загальні для всіх учасників обмеження на вибір станів, які накладають навколишнім середовищем, використовуваним технологією тощо.

7. *Інформованість учасників* - та інформація, якою володіють учасники АС на момент прийняття рішень щодо вибору стратегій.

Склад, структура, цільові функції, припустимі множини, число періодів функціонування, порядок функціонування та інформованість учасників визначають *механізм функціонування (управління) АС* у широкому сенсі - сукупність законів, правил і процедур взаємодії учасників системи. У вузькому сенсі *механізм управління* являє собою сукупність правил прийняття рішень учасниками АС при заданих її складі, структурі тощо.

Наприклад, у якості правил прийняття рішень центром можна розглядати залежність $\tilde{y}(y)$, що ставить у відповідність станам АЕ конкретне значення керуючого впливу. Уміючи вирішувати задачу синтезу механізму управління у вузькому сенсі, можна вирішувати задачу синтезу оптимального складу учасників АС, її структури тощо, тобто задачу синтезу механізму управління в широкому сенсі.



Розглянемо *базову модель* активної системи, яка складається із центру і n активних елементів, які функціонують в умовах повної інформованості щодо всіх істотних зовнішніх і внутрішніх стосовно системи параметрів (*детермінована АС*). Структура цієї АС наведена на Рис.1. На ньому як АЕ позначені *активні елементи* – ті учасники АС, які мають власну ціль (люди, окремі складові структури фірми, тощо).

Термін "базова" стосовно описуваної моделі несе наступне навантаження: розглянута модель є, з однієї сторони, найпростішою (як з погляду структури, опису тощо, так і із погляду рівня глибини її дослідження), тому що в її рамках не враховуються багато факторів (динаміка, невизначеність тощо, які враховуються в *розширеннях базової моделі*), а, з іншої сторони, на її прикладі можна простежити значку кількість закономірностей при управлінні АС для того, щоб використати їхні узагальнення при переході до більш складних моделей.

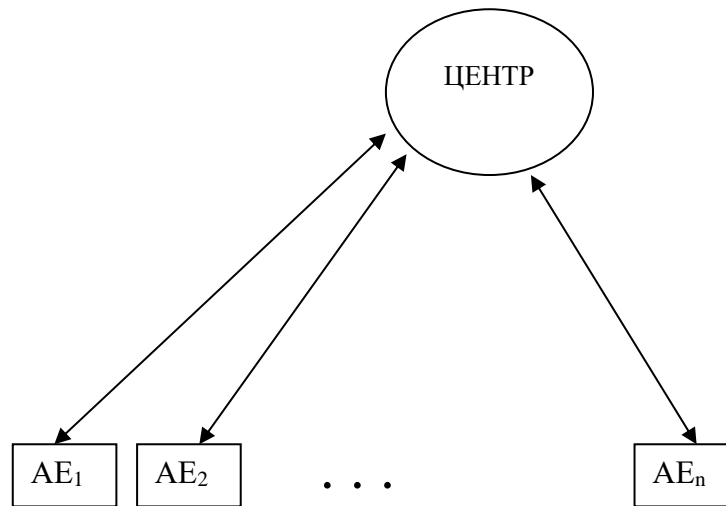


Рис.1. Дворівнева АС віялового типу

Для того, щоб конкретизувати постановку задачі про управління в АС, необхідно описати переваги та моделі поведінки її учасників - активних елементів і центру.

Кількісний опис переваг учасників активної системи

Для того щоб описати, яким чином можна задати переваги активного елемента і центру, розглянемо наступну модель взаємодії активного елемента (АЕ) із його *обстановкою*, в яку можуть входити інші АЕ, які органи управління та інші об'єкти і суб'єкти.

Нехай АЕ здатний вибирати деякі *дії* (стратегії, стани тощо) із множини A - припустимої множини дій для даного АЕ. Дію будемо позначати як y , $y \in A$. У результаті вибору дії $y \in A$ під впливом обстановки реалізується результат діяльності АЕ, який ми будемо позначати через $z \in A_0$, де A_0 - множина можливих результатів діяльності. Можлива розбіжність дії АЕ і результату його діяльності може бути зумовлена впливом обстановки - зовнішнього середовища, дій інших учасників АС тощо.

Зв'язок між дією АЕ $y \in A$ і результатом його діяльності $z \in A_0$ може мати складну природу і описуватися розподілами ймовірності, нечіткими інформаційними функціями тощо.

В теорії активних систем (ТАС) вважається, що АЕ має *переваги* над множиною результатів $z \in A_0$, тобто має можливість порівнювати різні результати діяльності. Переваги АЕ позначимо як R , а множину можливих переваг як \mathfrak{R} .

Часто переваги АЕ із множини \mathfrak{R} можна параметризувати змінною r , яка приймає значення із підмножини Ω дійсної осі, $\Omega \subseteq R^1$. Тобто, кожній можливій перевазі АЕ $R \in \mathfrak{R}$ ставиться у взаємно однозначну відповідність значення параметра $r \in \Omega$. Такий параметр r називається *типом* АЕ.

При виборі дії $y \in A$ АЕ керується своїми перевагами та тим, як саме обрана дія впливає на результат діяльності $z \in A_0$, тобто - деяким законом w зміни

результату діяльності. Вибір дії АЕ визначається *правилом індивідуального раціонального вибору* $P^w(R, A)$, який визначає множину найкращих з погляду АЕ дій: $P^w : \mathfrak{R} \times 2^A \rightarrow 2^A$.

Надалі розглядаються способи завдання переваг АЕ і правил індивідуального раціонального вибору. При цьому для простоти спочатку будемо припускати, що закон зміни результату діяльності носить детермінований характер, тобто що кожній дії $y \in A$ відповідає єдиний результат діяльності $z = w(y) \in A_0$.

Переваги елементів можна задавати функціями корисності, цільовими функціями, бінарними і нечіткими відношеннями переваги. Дамо визначення цим поняттям для одноелементних систем.

Історично, першим способом опису переваг елементів були функції корисності і цільові функції.

def Функція корисності $u : A_0 \rightarrow \mathbb{R}^1$ приписує кожному результату діяльності АЕ деяку цінність або корисність, виражену дійсним числом. Функція корисності центру $\tilde{\Phi} : A_0 \times U \rightarrow \mathfrak{R}^1$ також дозволяє порівнювати переваги різних дій і виборів управління.

def Цільові функції також задають переваги елементів, але вже на множині їхніх дій. Нехай задана функція корисності елемента u і детермінований закон $w : A \rightarrow A_0$, який зв'язує дію АЕ $y \in A$ та результат його діяльності $z \in A_0$. Тоді результат діяльності однозначно визначається дією елемента $z = w(y)$. Це дає можливість визначити *цільову функцію АЕ* $f : A \rightarrow \mathbb{R}^1$ в такий спосіб: $f(y) = u(w(y))$. Така функція буде відображувати “корисність” дії АЕ (вибір якої ним і визначається), а не результату діяльності.

Відповідність індивідуального раціонального вибору, що відповідає перевагам, заданим цільовою функцією, і відображує прийняту в теорії управління соціально-економічними системами концепцію *раціональної поведінки*, визначається наступним виразом:

$$P(f, A) = \underset{y \in A}{\operatorname{Argmax}} f(y)$$

Змістовно це можна пояснити таким чином. Раціональним вважається вибір АЕ таких дій, які максимізують його цільову функцію, та (у детермінованому випадку) які приводять до таких результатів діяльності, які мають максимальну корисність.



Розглянемо активний елемент, який виробляє деяку продукцію. Об'єм виробленої продукції будемо вважати дією елемента та позначати його через y , а множину можливих дій позначимо як $A = [0, +\infty)$. Нехай активний елемент реалізує продукцію за ціною $p \in R^1$ і несе витрати на її виробництво, які можна описати як $c_r(y) = \frac{1}{2r} y^2$, де r - параметр елемента (який, нагадаємо, можна назвати його типом), що характеризує його індивідуальні особливості, $r \in \Omega = [1, 2]$. Результатом діяльності можна вважати виторг за продану продукцію z .

Цільову функцію елемента можна визначити, знаючи, що виторг від реалізації пов'язаний з його дією наступним співвідношенням: $z = p \cdot y$. Таким чином, цільова функція (у цьому випадку – прибуток) запишеться у вигляді: $f_r(y) = p \cdot y - c_r(y)$. Обсяг виробництва, який максимізує цільову функцію, дорівнює $y^* = p \cdot r$. Він знаходиться шляхом диференціювання цільової функції по y та прирівнювання похідної до нуля.

Іншим способом опису переваг є бінарні (двухмістні) відношення. *Бінарним відношенням* R над множиною A_0 називається множина впорядкованих пар (z_1, z_2) , $z_1, z_2 \in A_0$, тобто $R \subseteq \{(z_1, z_2) \mid z_1, z_2 \in A_0\}$. Говорять, що $z_1 \in A_0$ переважає у відношенні R з $z_2 \in A_0$, якщо виконано $(z_1, z_2) \in R$, і записують це як $z_1 R z_2$.



Прикладом бінарного відношення може служити відношення " \leq ", - тоді множина, що відповідає цьому відношенню, буде задаватися $\{(z_1, z_2) \in R^2 \mid z_1 \leq z_2\}$. Таким чином, знак "більше або дорівнює", знайомий нам ще зі школи, і є прикладом бінарного відношення.

Приведемо деякі властивості бінарних відношень.

1. Бінарне відношення R_{A_0} називається *рефлексивним*, якщо для $\forall a \in A_0$ виконано $a R_{A_0} a$;
2. Бінарне відношення R_{A_0} називається *антирефлексивним*, якщо $\forall a \in A_0$ $a R_{A_0} a$ не виконано;
3. Бінарне відношення називається R_{A_0} *симетричним*, якщо для $\forall a, b \in A_0$ із $a R_{A_0} b$ випливає $b R_{A_0} a$.
4. Бінарне відношення називається R_{A_0} *асиметричним*, якщо для $\forall a, b \in A_0$ із $a R_{A_0} b$ випливає, що $b R_{A_0} a$ не виконано.

5. Бінарне відношення називається R_{A_0} *антисиметричним*, якщо $\forall a, b \in A_0$ з $aR_{A_0}b$ і $bR_{A_0}a$ треба, що $a = b$.

6. Бінарне відношення R_{A_0} називається *повним*, якщо для $\forall a, b \in A_0$ виконане або $aR_{A_0}b$, або $bR_{A_0}a$.

7. Бінарне відношення R_{A_0} називається *транзитивним*, якщо для $\forall a, b, c \in A_0$ таких, що $aR_{A_0}b$ та $bR_{A_0}c$ виконано $aR_{A_0}c$.

Композицією $R_1 \circ R_2$ двох бінарних відношень R_1 і R_2 , заданих над множиною A_0 , називається наступне бінарне відношення $R_1 \circ R_2 = \{(a, b) \mid a, b \in A_0, \exists c \in A_0 : aR_1c, cR_2b\}$. Властивість транзитивності можна також визначити як: $R_{A_0} \circ R_{A_0} \subseteq R_{A_0}$.

Бінарним *відношенням переваги* назвемо повне рефлексивне транзитивне бінарне відношення.

Відповідність індивідуального раціонального вибору, що відповідає бінарним відношенням переваги, визначається в такий спосіб:
 $P(R_{A_0}, A_0) = \{z \in A_0 \mid \forall t \in A_0 zR_{A_0}t\}$.



Нехай активному елементу необхідно зробити вибір із трьох альтернатив $\{a, b, c\}$. Переваги елемента задаються бінарним відношенням переваги R . Прикладом таких відношень можуть бути наступні антирефлексивні транзитивні бінарні відношення.

1. R_1 таке, що елемент віддає перевагу альтернативі a над альтернативою b , а альтернативі b над альтернативою c , при цьому АЕ віддає перевагу альтернативі a над альтернативою c .

2. R_2 таке, що елемент віддає перевагу альтернативі b над альтернативою a , альтернативі b над альтернативою c і альтернативі a над альтернативою c .

Припустимо, що інших можливих переваг у даного елемента немає. Таким чином, множиною можливих переваг активного елемента буде множина $\mathfrak{R} = \{R_1, R_2\}$.

Існує кілька способів наочно представити бінарне відношення над кінцевою множиною. Найпростішим є перерахування пар елементів, що входять у це відношення; так відношення R_1 задається множиною $\{(a, b), (a, c), (b, c)\}$, відношення $R_2 = \{(b, a), (a, c), (b, c)\}$. При цьому $P(R_1, \{a, b, c\}) = a$, $P(R_2, \{a, b, c\}) = b$.

Бінарне відношення можна також задати у вигляді графа в такий спосіб: альтернативи відображаються на графі у вигляді вершин; якщо виконано

відношення $z_1 R_{A_0} z_2$, то рисується дуга від вершини z_1 до вершини z_2 . Відношення R_1 представляється графом, зображеним на Рис.2, відношення R_2 - на Рис.3.

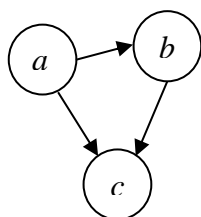


Рис.2

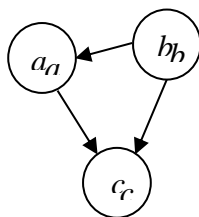


Рис.3

Питання і завдання.

1. Приведіть кілька прикладів ситуацій, коли слово "управління" вживається в *життєвому* сенсі, а не як науковий термін. Опишіть, що саме при цьому мається на увазі (тобто що мається на увазі в тому контексті, у якому це слово застосоване).

2. У чому, на Вашу думку, полягає *необхідність* участі людини в процесі управління? Опишіть, коли ця участь *явно* виділена, а коли вона здійснюється в *неявному* вигляді, завуальовано, через соціальні нормативи, управлінські норми або правила.

3. Сформулюйте перелік знань, умінь і навичок, якими, на Вашу думку, повинні володіти Ви як фахівець в області економічної кібернетики. Постарайтеся написати цей перелік у *розгорнутому* виді, максимально докладно описуючи все, що, як Ви вважаєте, Вам знадобиться у Вашій практичній діяльності. Порівняйте отриманий Вами перелік з Державним нормативом по даній спеціальності. Прокоментуйте розходження (як показує практика, вони завжди є).

4. Опишіть кілька прикладів включення людини в контури управління в рамках *технічної* кібернетики (для цього познайомтеся з декількома книгами, або статтями в журналах, наприклад, "Проблеми управління та інформатики", "Кібернетика й системний аналіз" (що випускаються НАН України), або знайдених Вами Інтернетівських журналах, - наприклад тих, що наведені у тексті цього розділу).

5. Приведіть кілька прикладів *різних* "психологічних моделей людини" із психологічної літератури. Прокоментуйте їхні основні розходження щодо опису процесу прийняття рішень і здійснення управління людиною. Сформулюйте Вашу власну "модель людини", спираючись на психологічну літературу, і опишіть коло задач, для яких вона може бути застосована в рамках моделювання соціальних і економічних систем.

6. Дайте Ваше власне визначення поняття "інтер'єр" (або "контекст діяльності") стосовно до участі і ролі людини в соціальних і економічних системах. Для яких задач воно може бути застосоване?

7. Сформулюйте Ваш власний метод для здійснення переходу від "моделі однієї людини" до "моделі сукупності людей" стосовно до а) соціальних та б) економічних систем або задач.

8. Опишіть певну реальну фірму як *приклад* активної організаційної системи. Виділіть "центри" та окремі "активні елементи". Побудуйте графічну модель цієї фірми. Опишіть задачі, які можуть бути поставлені та вирішені для фірми, застосовуючи теорію активних систем.

РОЗДІЛ 9. ПРИКЛАД МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО АВТОМАТА

Людина як об'єкт і як суб'єкт процесу управління. - Опис інтер'єру, у якому відбувається управління: ієрархічні системи. - Зв'язок управління з європейським способом соціального кодування індивіда. - Розбивання інформації про подію на компоненти - "наївний" погляд і нагадування про 8 раніше уведених компонент інформації. - Визначення терміна "управління" через компоненти інформації. - Введення поняття "інформаційний автомат" і "двохкомпонентний абстрактний інформаційний автомат" (2AIA) як найпростіший приклад. - 2AIA як оператор у просторі компонентів інформації. - 16 типів 2AIA - мінімальний набір, що здатний здійснити оптимальне управління. - Людина як 2AIA. - Питання і завдання.

Людина як об'єкт і як суб'єкт процесу управління.

У цьому розділі ми переходимо до побудови моделі для людини. Такої моделі, що описує саме *управлінську функцію* людини. Однак перш за все розглянемо, у якості кого людина може виступати в системах керування.

По-перше, людина є *суб'єкт* для процесу управління. Тобто вона є саме тим активним елементом системи, що, в остаточному підсумку, і здійснює управління. Отже, у цьому сенсі людина повинна мати здатність активно шукати (нову) інформацію, ефективно її обробляти, формувати свої висновки, фіксувати свої бажання і, нарешті, мати здатності та можливостями для власне здійснення управління.

По-друге, людина є також одночасно й *об'єктом* для процесу управління. Тобто вона є саме тим елементом, яким, власне, і управляють. У цьому сенсі вона – пасивний елемент, який виконує і який являється виконавчим. Для цього вона повинна мати здатність сприймати команди, мати здатність до комунікації з "її подібними" елементами системи управління, уміти порівнювати свої власні бажання із необхідними обмеженнями (що виникають внаслідок її участі як елемента виконавчої частини системи управління), підкорятися, проявляти непокору, - але, головне, вона повинна мати здатність до *активного* втручання в навколишній світ з метою його зміни.



Ми спеціально виділили при описі людини як об'єкта управління необхідність наявності в неї здатності *проявляти непокору* – тобто відмовлятися від виконання тих або інших керуючих команд, якщо вони, на її думку, не відповідають її уявленням, мотивам, цілям, життєвим установкам, картині світу, тощо. Найчастіше ця здатність людини повністю *ігнорується* в управлінських схемах, а якщо й ураховується, то вважається "негативною": саме наявність у людини цієї риси часто підкреслюють, називаючи цю людину "некерованою". Однак винятково тільки саме ця риса і дає можливість функціонувати соціальним і економічним системам за механізмом *самоорганізації*. Більш того: при відсутності такої риси в "механізмі управління" система

управління втрачає здатність до адаптації – тобто до ефективного підстроювання (і навіть своєї перебудови) при *зміні* зовнішніх умов. Надзвичайно цікаво, що наявність такої риси – і навіть обов'язку людини – закріплювалося як необхідний елемент у рамках самих різних культур. Наприклад, у рамках китайської культури ще із часів Конфуція явно закріплене "право народу на революцію" – у випадку, звичайно, якщо правитель управляє неефективно. У рамках європейської культури таке ж право пов'язане з порушенням "заповідей Божих", що дозволяє у випадку їхнього порушення "Владою" віднести таке "управління" до "проявів Диявола" - і отримати як *обов'язок* усіляко боротися проти цієї Влади.

Отже, дійдемо висновку: людина є досить специфічним об'єктом для моделювання в області соціальних і економічних систем, тому що тільки вона одна є одночасно і об'єктом, і суб'єктом управлінського процесу. Іншими словами: людина, функціонуючи в рамках управлінської системи, є одночасно й елементом, який "генерує команди", і елементом, який "виконує команди".

Опис інтер'єру, у якому відбувається управління - ієрархічні системи.

Отже, розглянемо опис *діяльності* людини. Цей підхід дозволяє уникнути розгляду *внутрішнього* світу людини, - і, разом із цим, уникнути необхідності розгляду понять, які кожною людиною сприймаються неоднаково.

Але діяльність людини відбувається в *інтер'єрах* - свого роду "узагальнених робочих місцях". Таким чином, для рішення поставленої задачі необхідно спочатку описати - і притому описати в самій загальній формі! - ті характерні умови, у яких відбувається така діяльність.

- Інтер'єр визначається соціальним оточенням індивіда. Це - ієрархічні соціальні системи, у які інтегрований індивід: уже сам поділ на "програмуючу" до діяльності соціальну функцію та "виконавчу" соціальну функцію вимагає цього.
- Інтер'єр визначається також природними умовами, у яких діє індивід. Це - знов-таки ієрархічні природні системи.
- Нарешті, інтер'єр визначається фрагментом того знання, яке "вміщене" в індивіда (яким він володіє і яке вміє застосовувати у своїй діяльності). А це – ієрархічне співвіднесення рівнів "символ – знак" ("маркер"), тобто знов-таки *ієрархічне впорядкування* термінів і понять *по глибині* (наприклад, по глибині формалізації опису реальності).

Таким чином, узагальнене "робоче місце" індивіда - це ієрархічна система. Підкреслимо, що ми повинні описати інтер'єр найюільш загальним образом, тому що для індивіда в сучасному суспільстві характерна постійна зміна професій (інтер'єра) і навіть сполучення різних професій.

- Отже, щоб описати інтер'єр, у якому відбувається діяльність людини, ми повинні виробити якийсь універсальний спосіб для опису для *одного* (і одночасно – для кожного) *ієрархічного рівня* в ієрархічній системі.

Властиво, це вже було зроблено в розділах 2 і 3 цієї книги.

Зв'язок управління з європейським способом соціального кодування індивіда.

MI На перший погляд може здатися, що розглянуті в книзі питання є іноді досить далекими від властиво описів соціальних і економічних систем. Нижче буде викладена – у досить короткому варіанті – загальна методологія моделювання таких систем виходячи з концепції організації інформаційних потоків при їх функціонуванні. А оскільки ми вже знаємо, що інформаційні і фінансові потоки є тісно зв'язаними – ми, тим самим, отримуємо потужний апарат для опису не тільки соціальних, але, одночасно, і економічних задач.

Користуючись комп'ютерною аналогією, можна сказати, що суспільство являє собою свого роду "розподілений процесор" для рішення певних задач (загальне знання розбите на фрагменти, носіями якого є смертні індивіди), що має "систему для перезапису" знань на "нові носії" - нові індивіди.

Будова і саме функціонування такої системи задається певним специфічним компонентом - свого роду "інформаційним геномом" для спільноти людей (тобто для суспільства).

def Назвемо *соціокодом* наявну в даному суспільстві сукупність знань, механізмів операцій з ними та соціальних інститутів для їхньої соціалізації.

Отже, в соціокод входять:

1. *Вся сукупність масиву знань* - тобто значимі для суспільства програми діяльності, норми і моделі поведінки, норми і моделі для взаємодії між індивідами.
2. *Спосіб розчленовування світу на "інтер'єри"* - свого роду узагальнені, вичленовані із соціального оточення "робочі місця" смертного індивіда, що визначені даним фрагментом знання.
3. *Соціальні інститути і механізми*, що забезпечують наступність знання (передачу іншому поколінню) та дроблення знання на фрагменти.

Нагадаємо, що діяльність реальної людини - смертного індивіда - здійснюється в деяких характерних умовах, зумовлених 1) соціальним оточенням, 2) природними умовами, і 3) фрагментом знання. Раніше ми назвали ці характерні умови *інтер'єром*, у якому існує знак і в якому він починає "діяти" – звичайно, тільки тоді, коли людина прикладає до нього свою енергію, мету, ініціативу.

Визначимо ще ряд термінів, що описують інформаційні процеси в суспільстві та деталізують термін "соціокод".

Насамперед, це *комунікація*, що розуміється як координація діяльності тих людей, які вже стали носіями відповідних фрагментів уже соціалізованого знання. Таким чином, комунікація завжди функціонує в режимі негативного зворотного зв'язку, *фіксуючи*, закріплюючи існуюче знання в суспільстві. Вона

виникає тоді, коли має місце неузгодженість, порушення норм і правил, прийнятих і зафіксованих у соціокоді. При комунікації передбачається, що "інформаційна подоба" сторін є близькою (по суті, це "рівноправне" спілкування" – у *інформаційному* сенсі, звичайно).

Назвемо спілкування, спрямоване на соціалізацію нових поколінь, на їхнє уподібнення старшим поколінням - *трансляцією*. Цей процес здійснюється за допомогою відповідних соціальних інститутів і механізмів, про які ми вже говорили вище.

Основний режим трансляції - це *навчання* (підкреслимо, що сюди включається також і *виховання!*), тобто спілкування, при якій ступінь інформаційної подоби сторін є усвідомлено низькою. Відмітимо, що в процесі трансляції передається вже *соціалізоване* знання. Передається воно від існуючого покоління до того, що тільки вступає у соціальне життя - свого роду як певна "естафетна паличка".

Нарешті, можливий ще один режим спілкування. Назвемо терміном *трансмутація* всі різновиди спілкування, у результаті якого в соціокоді, в одному із фрагментів і у відповідному каналі трансляції з'являються *нові* елементи знання або ж *модифікуються* наявні знання, або одночасно відбувається і те, і інше. Основний режим трансмутації - це *пояснення*. Воно, на перший погляд, може нагадувати навчання, - однак відрізняється від нього двома важливими особливостями. *По-перше*, пояснення - акт *разовий*: якщо він вдається, до нього вже не має сенсу повертатися, а якщо не вдається - тоді потрібно все починати спочатку. *По-друге*, трансмутаційне пояснення *завжди* містить *унікальне* і *нове*, котре відомо тільки одному індивідові - пояснюючому новаторові.

Коротко різниця між актом трансляції знань і актом трансмутації знань може бути охарактеризована так:

- В *акті трансляції* вчитель передає майбутньому носієві не ним, вчителем, створений фрагмент знання, що може містити самі різні за часом появи і перебування в соціокоді елементи знання.
- В *акті трансмутації* новатор намагається *змінити* сам фрагмент знання, - і, тим самим, він намагається *змінити існуючий соціокод*.

Для цього йому доводиться *нароцувати* текст фрагмента знання, - і, тим самим, у кожному акті пояснення створювати загрозу виходу тексту за межі інформаційної місткості окремого індивіда. Тим самим у кожному акті трансмутації знання новатор ставить перед учителем задачу про стискання тексту, фрагмента знання, для подальшого його репродуктивного переміщення в акті трансляції.

Таким чином, в інформаційному сенсі роль учителя і роль новатора не тільки різна, але й здатна приходити в конфлікт.

І ще одна важлива різниця: у процесі трансмутації - зміни знання - *акти унікальні*, тоді як у процесі трансляції - передачі, переміщення знання - *акти подібні*.



Отже, підведемо підсумок. Тепер ми можемо побудувати класифікацію суспільств - соціумів, засновану на специфічних особливостях протікання в них інформаційних процесів. При цьому як об'єкти для класифікації входять а) знання, що розуміються як сукупність значимих для суспільства програм діяльності, норм і моделей поведінки, норм і моделей взаємодії між індивідами, б) спосіб розчленовування світу на інтер'єри - для здійснення діяльності людини, і в) соціальні інститути та механізми, що забезпечують трансляцію і трансмутацію знання.

Звернемося тепер до найцікавішої для всіх теми - до Європейського способу соціального кодування індивіда. Його можна також назвати **універсально-понятійним типом соціального кодування**.

- Він зумовлений виникненням *диференціації* (розходження, розщеплення) єдиного раніше суб'єкта діяльності (колективного або індивідуального) на *програмуючу* та *виконавську* складові, кожна з яких стає соціально значимою і соціально припустимою роллю індивіда.

Інакше кажучи, цей соціокод виник у результаті диференціації передовсім розумової і фізичної праці.

У результаті виникає таке *суб'єкт - суб'єктне відношення*, в рамках якого **уперше** процес *цілепокладання* переноситься **на рівень людини**. Якщо раніше, в інших типах культур і суспільств, визначення мети діяльності індивіда або не розглядалося взагалі (особистісно-іменний соціокод), або допускалося "тільки для Бога та від імені Бога" (професійно-іменний соціокод), то тепер, з появою суб'єкт - суб'єктних відносин, постановка задачі на вибір мети стала не просто можливістю, але навіть *обов'язком* кожної людини.



Особливість *Європейського* суб'єкт - суб'єктного відношення складається не в новизні самого відношення, а у використанні його в якості ключової складової, ключової структури соціального кодування.

Ця новизна полягає наступному:

1. Використовуються як прості (двох-суб'єктні), так і складні (багато-суб'єктні) відносини для побудови знакових ієрархій цілісності. При цьому завжди має місце *асиметричність* вищого і нижчого: будь-яка середня ланка ланцюжка буде виконавцем стосовно попереднього (вищого) елемента ланцюжка і повелителем-програматором по відношенню до наступного (нижчого).
2. Процес соціального кодування орієнтує *саме початкова* ланка ланцюжка, і саме тому орієнтує на "загальне". Так що, "піднімаючись" нагору, до початку складових ланцюжка, ми піднімаємося тим самим до "початку всіх початків", до символу, до вічного (особистого або безособового, Бога, "початку", "істини", тощо).

Таким чином, тільки на цьому етапі вперше ідея ієрархічності одержує можливість реалізуватися на соціальному рівні.

MI Надзвичайно цікаво, що такий інформаційний канал може функціонувати як у трансляційному, так і в трансмутаційному режимах. **MI** Більш того, саме найбільш характерною рисою його функціонування і є саме *змішаний* трансляційно-трансмутаційний режим. Суб'єкт - суб'єктні взаємини не тільки передають "униз" (або "праворуч") якусь "мудрість" або "знання" від суб'єкта до суб'єкта, але й перетворює це знання в процесі передачі в "більш конкретні" знання або вказівки. Тобто, цей інформаційний канал завжди працює в режимі "від абстрактного до конкретного". Таким чином, "формула" європейця здобуває стійкий двоскладний характер: загальне (абстрактне) + часткове (конкретне). І, природно, наявність механізму для переходу ("перекладу") як "униз", так і "нагору" (канали зворотного зв'язку, "звіти про виконаний").

Звичайно, найбільш сильний такий канал в "нестандартних" ситуаціях, які не піддаються повній типізації і саме тому не можуть мати сталої та незмінної програми вирішення. Тому ці ситуації залишаються як би "за бортом" соціокоду.

Наявність поділу між розумовою й фізичною працею, наявність ієрархічних суб'єкт-суб'єктних (управлінських) ланцюжків приводить до того, що кожен індивід повинен мати групу певних універсальних навичок. Це, насамперед, навички, пов'язані з "умінням жити *спільно*".

Необхідність комунікації в таких умовах ("вертикаль" переносу знань, всеохватність певних знань) привела до того, що виникла необхідність у *стисканні* змісту - у *стисканні знання*, у результаті чого в європейському кодуванні присутнє постійне тяжіння до універсалій будь-якої природи.

Як же сформувався європейський соціокод? Це може бути цікава тема для самостійної роботи студента..

Розбивка інформації про подію на компоненти.

Розглянемо сукупність відомостей про деякі цілком певні *події* (опис, дані, параметри, характеристики – загалом, все те, що становить поняття "інформація"). Опишемо, на які класи ми можемо розкласти ці відомості.

def Під терміном *подія* ми розуміємо тут будь-яке явище, факт, процес, об'єкт, тощо, в умовах, коли створюються його опис. Наприклад, - з метою здійснення надалі управління ним або з метою використання його в управлінській системі. Для цього виділяються дані, відомості, параметри, характеристики тощо, завдяки яким дана подія покладається *заданою* (або фіксованою, зафіксованою) з необхідним ступенем точності.

Насамперед – ми зможемо в описі цієї *даної конкретної* події виділити ті характеристики, які відносяться до опису *всього класу* подій, які подібні розглянутій. Вони, по суті, характеризують не цю саму подію, а цілий їх клас, і відносяться ці характеристики до цілого класу "подібних" - у тому або іншому сенсі - подій.

Ми можемо виділити також і сукупність характеристик, які відносяться *саме до цієї* події – фактично, всі вони будуть свого роду маркерами-ярликами *саме для цієї*, досліджуваної нами події. От вони-то й будуть характеризувати саме винятково тільки розглянуту нами подія.

MI I перший, і другий клас характеристик – у загальному випадку роз-
MI поділ даних (відомостей) по них залежить тільки від "точки зору",
що є в дослідника. Однак, як тільки ми *зафіксували* цю точку зору
– поділ відомостей по класах проводиться вже на *альтернативній* основі. Це значить, що кожна характеристика об'єкта (події) може бути віднесена нами тільки до одного класу – або до класу "загальних" характеристик, або до класу "конкретних" характеристик про даний об'єкт. Тому в практичній діяльності ось ця, "початкова і визначальна" установка дослідника повинна бути обов'язково об'єктивізована, - тому що саме нею і визначається кінцевий результат. Остання обставина надзвичайно важлива при здійсненні *практичної* діяльності, коли доводиться моделювати діяльність конкретних людей. Сказане тут відноситься не тільки до розглянутої вище дихотомії - воно відноситься також і до розглянутих нижче дихотомій.

Тепер можемо дати таке визначення:

def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо), які характеризують розглянуту подію за допомогою опису класу "їй подібних" подій, називається *узагальнюючими* характеристиками, або *узагальнюючими компонентами інформації*.

def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо), які характеризують розглянуту подію за допомогою опису відмітних рис, завдяки яким дана конкретна подія може бути диференційована (відокремлена) від інших "їй подібних" подій, називається *деталізуючими* характеристиками, *або деталізуючими компонентами інформації*.

Усередині класу узагальнюючих компонентів інформації може бути проведено поділ ще на два *альтернативних* класи. А саме: розглянемо будову кожної класифікаційної системи. По-перше, вона містить опис своїх "опорних елементів", які є свого роду "еталонами для порівняння" або "найбільш типовими представниками" даного класу. Фактично, такими опорними елементами задається *структура* всього розглянутого класу описів подій.

По-друге, розглянутий клас подій повинен бути описаний також за допомогою завдання *границь* його застосовності. Як правило, для цього задаються описи елементів (а також відомостей, характеристик, тощо), які є *відокремлюючими* для даного класу, які *відокремлюють* його від інших класів із цієї ж або іншої класифікації.

Таким чином, приходимо до наступних визначень для виділення компонентів *усередині* класу узагальнюючих компонентів інформації.

def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо), які є описами "опорних елементів", свого роду "еталонами для порівняння" або "найбільш типовими представниками" даного класу подій, якими задається *структура* всього розглянутого класу описів подій, називаються **структурними компонентами інформації**. Часто такі компоненти інформації відображують свого роду "топологічні" характеристики - тобто вони є інваріантами при порівняно істотних перетвореннях даного класу.

def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо), з використанням яких для розглянутого класу подій можуть бути описані *границі* його застосовності, які *розмежовують* даний клас, які *відокремлюють* його від інших класів із цієї ж або іншої системи класифікації, називаються **граничними компонентами інформації**. Часто такий поділ є свого роду "мембраною", що "пропускає" всередину класу тільки цілком певні характеристики, параметри, дані.

Серед класу *деталізуючих* компонент інформації також може бути проведена розбивка ще на *дві* альтернативні групи. До першої групи будуть віднесені відомості, які описують *винятково тільки* дану конкретну подію, безвідносно до її зв'язків з іншими, аналогічними їй подіями. До другої групи будуть віднесені лише такі відомості, які описують властиво зв'язки *саме цієї* події із іншими, їй подібними подіями.


Таким чином, отримаємо ще два визначення:


def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо) про подію, що характеризує саме цю подію і відноситься винятково тільки до цієї даної події (безвідносно її зв'язків з іншими, аналогічними їй подіями), називається **об'єктними компонентами інформації**.

def Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо) про подію, що характеризує опис властиво зв'язку *саме цієї* події з іншими (відносини даної події до інших, взаємини між даною подією та іншими), їй подібними подіями (безвідносно до опису самої події), називається **зв'язуючими компонентами інформації**.


Нарешті, опис досліджуваної події може бути поділений ще на два класи, які охоплюють і які характерні для кожного із чотирьох перерахованих вище класів компонентів інформації. А саме: всередині кожного з таких класів можуть бути виділені відомості про *процеси* і *стани*.


Таким чином, необхідні ще два визначення:

 Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо) про подію, що характеризує розглянуту подію як *інваріантну* в часі ("застиглу", стаціонарну, незмінну, статичну), називається **статичними компонентами інформації**

 Клас відомостей (даних, характеристик, параметрів тощо) про подію, що характеризує розглянуту подію як *змінну* в часі (динамічну, нестаціонарну, неінваріантну в часі), називається **динамічними компонентами інформації**.

У результаті проведення такої процедури приходимо до того, що, остаточно, відомості про довільну *конкретну* подію можуть бути розділені на вісім непересічних між собою класів. Інакше кажучи, кожне із даних про подію може бути віднесене *тільки до одного* із виділених вище класів інформації.

 Корисно порівняти наведені тут визначення, що являють собою, по суті, процедуру розбивки масиву відомостей (бази даних) на класи, із системою строгих визначень, даних для довільної ієрархічної системи в розділі 3. Фактично, тут описано те ж саме, однак орієнтоване вже на практичну діяльність - свого роду алгоритм для виділення таких компонентів інформації. Це й не дивно: сама процедура класифікації являє собою процедуру впорядкування відомостей в ієрархічну систему, і немає нічого дивного в тому, що вона описується тими ж самими 8-ма компонентами, характерними саме для ієрархічних систем.

 Підкреслимо ще раз: для даного конкретного випадку розбивка бази даних – виділення 8-ми компонент інформації – загалом кажучи, може бути зроблена *неоднозначним чином*. Тобто: ті ж самі дані можуть бути віднесені до *різних* компонентів інформації. Спосіб розбивки заданої бази даних на компоненти інформації задається *метою* дослідника – тобто визначальною точкою зору конкретної людини. Іноді це може бути навіть пов'язане з моделлю світу, властивою даному індивідові. А іноді – такий поділ задається метою дослідження. У практичній діяльності ця обставина повинна обов'язково враховуватися: часто аналіз саме цієї сторони діяльності людини дозволяє надзвичайно точно спрогнозувати її подальшу поведінку. На початку такої діяльності цей аналіз здійснюється із трудом, - однак надалі, із набуттям практики, він стає звичним способом експериментального вивчення світу.

Схематично описану вище технологію розбивки бази даних на класи-компоненти інформації (процедуру виділення компонент інформації із даного загального опису) можна представити такою таблицею:

Дані про подію	дані про клас подібних подій (узагальнюючі компоненти інформації)	опорні елементи класу (структура, топологія)	Статичність, незмінність,	Ст-С
			Динамічність, мінливість	Ст-Д
		границя між даним класом і іншими	Статичність, незмінність	Гр-С
			Динамічність, мінливість	Гр-Д
	дані про саме цю подію (деталізуючі компоненти інформації)	сама подія як одичне і унікальне	Статичність, незмінність	Об-С
			Динамічність, мінливість	Об-Д
		зв'язки цієї події із іншими конкретними, подібними їй	Статичність, незмінність	Зв-С
			Динамічність, мінливість	Зв-Д

Визначення терміна "управління" через компоненти інформації.

Тепер, коли введений простір інформації та виділений його базис із 8-ми компонентів, можна перейти до строгого визначення поняття "управління".

def Перетворення (зміну) компонентів інформації будемо називати **управлінням**. Таке визначення відповідає даному нами раніше в розділі 3. Це визначення є *алгоритмічним*, тому що в явному вигляді задає процедуру для визначення наявності управління.

Як можна, користуючись введеним визначенням, відповісти на запитання: а чи було в системі (чи над системою) зроблене *управління*? Для цього необхідно здійснити 3 послідовні етапи. По-перше, виділяємо 8 характеристик системи, розбиваючи базу даних на такі 8 класів, що описують *наповненість* компонентів інформації (для нашої системи, звичайно). Таким чином, отримаємо опис системи в якийсь певний момент часу. По-друге, проводимо ту ж саму процедуру *через якийсь час*. По-третє, порівнюємо описи нашої системи "до" та "після", - тобто в початковий і кінцевий момент часу. Якщо в рамках кожної з компонентів інформації характеристики системи не змінилися – виходить, що і управління над системою не здійснювалося. Якщо ж така зміна спостерігається – то зафіксовано сам *факт здійснення управлінського впливу*. При цьому ми отримали одночасно також можливість описати, а в чому, власне, і проявився цей управлінський вплив.

ММ Порівнюючи із сукупністю визначень, які дані для поняття "система" у розділі 2, можна зробити висновок, що за допомогою такого алгоритму можна визначити управління, що має на меті *зміну*

системи. Остання обставина надзвичайно важлива саме для соціальних і економічних об'єктів, ціль управління якими саме і полягає у їхній зміні!

Введення поняття "інформаційний автомат" і "двохкомпонентний абстрактний інформаційний автомат" (2AIA) як найпростіші приклади.

Розглянемо об'єкт, що здатний здійснити управління саме в тому розумінні, яке описане вище. Для нього можна дати таке визначення:

def Об'єкт, що сприймає (засвоює) інформаційні компоненти про стани та/або процесах у розглянутій ієрархічній самоорганізованій системі (ІСС), і який здатний трансформувати (змінювати) стани та/або процеси у ній (на тому ж самому і/або іншому ієрархічному рівнях) називається **абстрактним інформаційним автоматом (AIA)**.

Таке визначення сформульоване для ієрархічних самоорганізованих систем, - однак, як ми бачили, ті ж самі конструкції для компонентів інформації отримуємо і в рамках системного аналізу, - тобто це визначення виявляється придатним для довільної системи.

У наведеному визначенні явно виділена здатність нашого об'єкту-AIA до зміни станів і/або процесів в ІСС - тобто до управління ними. Фактично, AIA розглядається як окрема ІСС (певний окремий об'єкт), що здатний, у відповідь на вплив зовнішніх умов, відповідним чином змінювати соціальні або економічні системи (точніші – компоненти інформації, що ними вони характеризуються).

Таким чином, AIA ми можемо розглядати як об'єкти, що мають таку будову

< блок сприйняття / блок активності >

Сконструйовані в такий спосіб AIA своїм першим блоком сприймають (засвоюють) певні компоненти інформації і трансформують їх в (загалом кажучи – в інші) компоненти інформації, у рамках яких і відбувається активність ("творчість", "управління") даного AIA.

Іншими словами AIA, що побудований відповідно до такого правила, можна розглядати як об'єкт, що реалізує цілком певний і визначений набір методів (алгоритмів, режимів, способів) управління на даному рівні ієрархії в ІСС.

NB AIA є перетворювачами саме в інформаційному сенсі: їхня активність повинна розумітися в плані зміни характеристик ІСС. Але для реалізації такої активності AIA не обов'язково повинен маніпулювати якимись об'єктами самостійно: наприклад, для соціальних систем "слова" (ідеї, гасла, підпису, тощо) часто цілком достатньо для здійснення управління. Інакше кажучи, часто цілком достатньо вже навіть тільки здатності AIA до *програмування активності* інших AIA.

Побудовані вище AIA можуть формувати самоорганізовані системи у випадку, якщо вони мають здатність до обміну інформацією між собою. Таку

здатність до інформаційного обміну ми будемо називати *соціалізацією* або "*вербалізацією*" інформації, а символи, які необхідні для такої соціалізації, ми будемо називати "*мовою*". Символи будь-якої такої мови є нечіткими багатозначними змінними, - необхідність цього впливає, наприклад, із того факту, що АІА, які реалізують різні режими управління (наприклад, творять по різних компонентах інформації), повинні спілкуватися між собою. Отже, у ті ж самі *мовні* форми (наприклад, висловлення) різні АІА можуть вкладати, загалом кажучи, різний зміст - ці ефекти добре відомі при комунікації людей.



Як така мова Людством використовується весь шар *культури і науки*, тому що деякі прояви його діяльності (наприклад, ті, що описують соціальні процеси або індивідуальний стан людини) дуже важко виразити словами (так, багато чого у функціонуванні людини визначається "*неписаними законами*" або "*загальноприйнятими звичаями*"). Крім того, деякі види активності людини (наприклад, жестикуляція, поведінка, емоція) часто самі служать у якості певних "*мовних символів*".

Таким чином, отриману систему АІА можна розглядати як сукупність *самoprogramувальних* об'єктів, коли один АІА може програмувати діяльність іншого, тому що комунікація між цими АІА може відбуватися як по першій (програмиї), так і по другій (творчій) компоненті інформації (ми будемо використати також терміни "*програмна та творча функція (компонента, блок)*").

Двохкомпонентні АІА: визначення.

Як приклад розглянемо клас двохкомпонентних АІА (2АІА), що визначені у такий спосіб:



- I. Кожний АІА сприймає тільки *одну* компоненту інформації і творить теж тільки по *одній* інформаційній компоненті.
- II. Для кожного АІА одна компонента є *статична*, а інша - *динамічна*.
- III. Для кожного АІА одна компонента є *узагальнюючою*, а інша - що *деталізуючою*.

Як впливає із вищесказаного, цей клас АІА є найпростішим із можливих. Будемо позначати такі АІА як 2АІА.

Коректне визначення 2АІА саме як об'єкта, що здійснює ті або інші режими (способи, алгоритми, методи, шляхи - далі в цій книзі для всього цього ми часто будемо використовувати одну назву - "*режими*") управління на даному рівні ієрархії в ієрархічній природній, економічній або соціальній системі, можливо тільки таким чином, як це описано вище.

Дійсно.

Першою умовою визначається те, що 2АІІ має тільки дві компоненти.

Ну а якщо визначити 2АІА так, щоб одні з них здійснювали управління (тобто і програмувалися, і творили) тільки по деталізуючих компонентах, а інші

тільки по узагальнюючих, - те прийдемо до необхідності все одно вводити *спеціальний* тип 2АІА, який міг би "аналізував" ситуацію на всьому ієрархічному рівні, а роздавав би завдання вже для "деталізуючих 2АІА". Навіщо це робити? Тому *третьою умовою* також впливає з вимоги оптимальності управління, здійснюваного системою наших 2АІА ("бритьва Оккама": не множити сутностей без необхідності!),.

А якщо прийняти, наприклад, що 2АІА і програмується процесом і творять також процес, то також не отримаємо оптимального управління. Наприклад, розглянемо 2АІА <Ст-П/Об-П> (позначення для компонентів інформації наведені вище в таблиці), що програмується процесами на всьому ієрархічному рівні та творить процеси ж, змінюючи окремі об'єкти. У цьому випадку "результатом праці" такого 2АІА була б безперервна і невинна зміна в окремому (окремих) об'єктах, - так що одержуємо кільце *позитивного* зворотного зв'язку: 2АІА "бачить" процес - але ніколи *сам* не зуміє його зупинити! Аналогічно якби 2АІА будувався тільки лише "на станах", то він ніколи не зумів би "запустити" жодного процесу. Звичайно, можна розглянути і такі класи 2АІА – цілком може бути, що є задачі, для рішення яких вони були б необхідні. Але оптимального управління ми при цьому явно не одержимо! Ось тому-то *другою умовою* ми й представили саме в такому вигляді!

По суті, до наведеного вище абзацу також підійде принцип "бритьви Оккама": адже все одно прийдеться вводити *додаткові* види 2АІА типу < стан | процес > - так само як і < процес | стан >, щоб мати можливість організувати "спілкування" у середовищі таких, описаних вище 2АІА! Дійсно, якщо ми введемо в розгляд такі АІА, які і програмуються, і творять тільки процеси, то однаково прийдеться вводити в розгляд такі АІА, у яких є і процес, і стан (усе та ж "бритьва Оккама"!)). Наприклад, це необхідно для того, щоб одні АІА могли "ставити завдання" перед такими АІА.

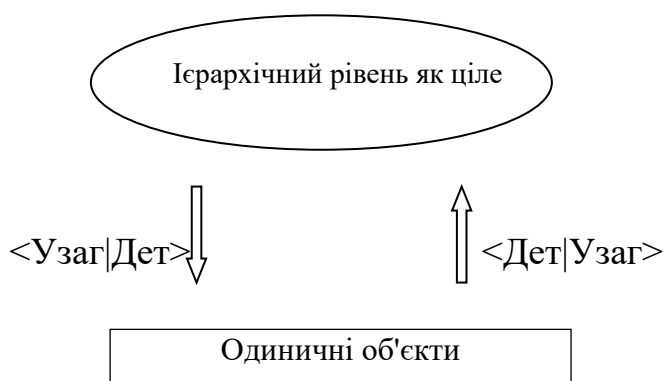
Відзначимо також, що при будь-якому іншому визначенні 2АІА їхня кількість буде більшою: таким чином, образом, введений нами клас 2АІА є в цьому сенсі "*мінімальним*".



З погляду математичного моделювання людини при універсально-понятійному (європейському) способі соціального кодування індивіда (дивись вище в цьому розділі), внаслідок наявності в діяльності людини суб'єктного-суб'єктного поділу і стандартного для цього суспільства інтер'єра - участі людини в "вертикальних" ланцюжках передачі інформації - дане вище визначення для 2АІА є навіть *необхідним*. Так, ця вимога, наприклад, відразу ж задає необхідність наявності умови III для того, щоб даний "агент" - 2АІА - міг трансформувати інформацію "від загального до часткового" (тобто "зверху вниз") і навпаки. ("Сполучити"- зв'язати ці 2 "різнонаправлені" процеси в одному 2АІА просто неможливо: для цього потрібно, як мінімум, мати 4 компоненти інформації – тобто "4АІА"!)) А умова II тоді є наслідком необхідності допустити участь "агентів" у корекції ситуації, коли потрібно "змінити ситуацію".

Таким чином, 2AIA перетворює одну компоненту інформації (за допомогою своєї "сприймаючої функції") в іншу (за допомогою своєю "творчою функцією").

Інакше кажучи, 2AIA влаштовані так, що один з їхніх компонентів (будемо для нього також використовувати назву "функція") відповідає розглянутому рівню ієрархії в ІСС як цілому, а другий їх компонент відповідає конкретним функціональним одиницям (когерентним структурам – КС), з яких цей рівень складається. Схематично це показано на малюнку, де через *Узаг* і *Дет* позначені узагальнюючі та деталізуючі компоненти інформації, відповідно. З малюнка видно, що клас 2AIA внаслідок умови III формує кільця зворотного зв'язку.



2AIA як оператор у просторі компонентів інформації.

Ми можемо ввести 2AIA також і іншим способом, опираючись на стандартні, прийняті в математиці, способи. Для цього, користуючись введеним вище базисом у просторі інформації, запишемо довільну інформацію про ієрархічну систему - точніше, про одному з її рівнів - у наступному вигляді:

$$I = \sum_{k=1}^8 I_k \cdot i_k$$

Де i_k базисні вектори для простору компонентів інформації; I_k - характеристики, які можуть бути віднесені саме до цього компонента інформації (для розглянутого рівня).

Таким чином, управління може бути представлене у вигляді лінійного оператора G , що перетворює інформацію про даний рівень, яка мала перед здійсненням акту управління I_{before} , в інформацію про цей же рівень, яка має місце уже після здійснення акту управління I_{after} . Це можна записати в такий спосіб:

$$I_{after} = G \cdot I_{before}$$

Легко бачити, розглядаючи вектор інформації як вектор-стовпець, що для цього випадку оператор G у матричній формі може бути записаний у такий спосіб:

$$G_{kn} = P_{kn} \cdot \langle k | n \rangle$$

Тут оператор $\langle k/n \rangle$ переводить один базисний вектор i_k в інший базисний вектор i_n , а оператор P_{kn} діє вже тільки на характеристики (опис) відповідних компонентів інформації, "переводячи" їх із одного класу компонент інформації в іншій.

Розглянемо найпростіший з можливих випадків, а саме, коли лінійний оператор G перетворює лише одну компоненту інформації в іншу. Тоді для його матричних елементів одержуємо:

$$G_{kn} = \langle k | n \rangle \cdot P_{kn} \cdot \delta_{k,k_0} \cdot \delta_{n,n_0}$$

Де $\delta_{x,y}$ - символ Кронекера, що приймає значення 1 за умови, що $x = y$ і значення 0 у зворотному випадку.

Таким чином, цей оператор перетворить компоненту інформації $I_{k_0} i_{k_0}$ у компоненту інформації $I_{n_0} i_{n_0}$. Схематично це може бути записане у вигляді

$$G_{k_0 n_0} = \langle I_{k_0} | I_{n_0} \rangle$$

У функціональному вигляді такий оператор, що описує управління на певному рівні в ієрархічній системі може бути записаний як

$$\langle \text{вхід} | \text{вихід} \rangle$$

Тобто, як раз у тому вигляді, що характерний для опису кібернетичної "чорної скрині", на вході і на виході якої є в наявності лише по одному компоненту інформації.

У якості цієї "чорної скрині" виступає такий об'єкт, який здатний здійснювати управління в ієрархічній системі, і який надалі буде називатися *двохкомпонентним абстрактним інформаційним автоматом (2AIA)*. Цей об'єкт, відповідно до нашого визначення, здатний сприймати одну компоненту інформації про даний ієрархічний рівень ІСС, а результати його діяльності на цьому ієрархічному рівні можуть бути описані також у рамках усього однієї компоненти інформації.

На такому шляху ми можемо дати визначення, у загальному випадку, набору із 64 можливих операторів - схем управління з 64 різних типів 2AIA. Сюди включається також і управління за схемою "регулятор зі зворотним зв'язком", що задається умовою "вхід" = "вихід" для компонентів інформації. Тут варто врахувати, що в останній умові знак рівності застосовується в нетрадиційному трактуванні, оскільки компоненти інформації на вході і на виході, строго говорячи,

відносяться до різних моментів часу, а зворотний зв'язок виникає, як результат реакції середовища на вплив управління.



Як природне узагальнення можна для опису управління ввести оператори, які мають на вході і на виході по *декілька* компонент інформації (у загальному випадку, кількість компонент на вході може навіть не дорівнювати кількості компонент інформації на виході). Чи будуть таким операторам відповідати *реальні* об'єкти – це вже питання експериментальної техніки.

Яким умовам повинні задовольняти компоненти інформації "на вході" у наш оператор $G_{\text{конд}}$, щоб він міг бути використаний для моделювання управління в реальних ситуаціях? Який повинен бути мінімальний набір з таких операторів, щоб за допомогою цього набору вдалося описати реальні схеми управління?

Як ми бачили вище, для цього потрібно визначити уведений нами оператор G саме так, як це було зроблено для 2АІА вище.

16 типів 2АІА - мінімальний набір, що здатний здійснити оптимальне управління.

Отже, нами дане визначення 2АІА. Тим самим опис об'єктів, які можуть здійснювати управління в просторі компонентів інформації, визначений.

Задамося питанням: скільки ж усього може бути *різних типів* 2АІА? Підрахувати цю кількість досить просто. По-перше, у якості "вхідної" компоненти інформації може бути обрана будь-яка компонента інформації. Значить – є 8 різних можливостей. А от у якості другої – тут уже потрібно відкинути ряд варіантів вибору для компонентів інформації. По-перше, потрібно відкинути всі ті компоненти, які описують ту ж саму *часову* динаміку – тобто 4 компоненти інформації (наприклад, якщо вхідний компонент є статичний, то вихідний компонент інформації не може бути статичним). Далі – повинні бути відкинуті компоненти інформації того ж самого ієрархічного рівня, що і для вхідної інформації (наприклад, якщо вхідна інформація узагальнююча – то вихідна узагальнюючою бути не може). Більше обмежень у визначенні 2АІА нема. Як результат – залишаються 2 компоненти інформації, які ми можемо взяти в якості вихідної - для *заданого* вхідного компонента. Наприклад, якщо вхідний компонент узагальнюючий і динамічний, то в якості вихідного можна взяти будь-який компонент, що відповідає двом умовам: він є статичним та деталізуючим (тобто ми маємо вибрати або *Об-С* або *Зв-С*).

В результаті отримаємо: 8 можливих варіантів входу помножити на 2 можливих варіантів виходу = 16 різних типів 2АІА.

Всі 16 можливих типів 2АІА можуть бути перераховані в такий спосіб:

$\langle \text{Ст-С} | \text{Зв-Д} \rangle$, $\langle \text{Ст-С} | \text{Об-Д} \rangle$,
 $\langle \text{Ст-Д} | \text{Зв-С} \rangle$, $\langle \text{Ст-Д} | \text{Об-С} \rangle$,
 $\langle \text{Гр-С} | \text{Зв-Д} \rangle$, $\langle \text{Гр-С} | \text{Об-Д} \rangle$,
 $\langle \text{Гр-Д} | \text{Зв-С} \rangle$, $\langle \text{Гр-Д} | \text{Об-С} \rangle$,

<Об-С|Ст-Д>, <Об-С|Гр-Д>, <Об-Д|Ст-С>, <Об-Д|Гр-С>, <Зв-С|Ст-Д>, <Зв-С|Гр-Д>, <Зв-Д|Ст-С>, <Зв-Д|Гр-С>.

При записі типів 2АІА використані найменування компонентів інформації, що наведені в таблиці вище по тексту. Перший компонент інформації відповідає входу 2АІА, тобто опису тієї компоненти інформації, що її даний 2АІА сприймає, а другий компонент - опису тієї компоненти інформації, у рамках якої може бути виражена його діяльність.

Нагадаємо, що ці компоненти інформації беруться в *різні моменти часу*.

Людина як 2АІА.

Отже, вище описаний той "ідеальний (абстрактний) об'єкт", що здатний здійснювати оптимальне управління в природних системах. Точніше - в *упорядкованій* частині Природи, що має ієрархічну будову. Однак все зроблене вище має сенс тільки тоді, коли ми дійсно знайдемо в реальному світі (або ж - побудуємо штучним чином) такі об'єкти, які дійсно можуть реалізувати саме такі, описані вище, способи управління.

Звичайно ж, першим кандидатом на застосування типології 2АІА має буде Людина. Для цього необхідно побудувати процедуру "розпізнавання" у діяльності реальної людини "рис і властивостей, характерних для 2АІА".

На самому початку - визначимося з тим, що ж саме ми будемо шукати в багатогранних проявах активності людини. Наша задача може бути сформульована так:

- Визначити, чи реалізує людина такий клас способів управління, який можна було б віднести до якогось певного типу 2АІА.

Ми не будемо приводити повний та докладний опис методик для визначення "типу управління (типу менеджменту) для людини", "типу 2АІА для людини", або, скорочено, "типу особистості".

Перелічимо лише припущення, які доводиться допустити при "пошуку 2АІА в людині". Вони наступні:

1. Людина здійснює управління,
2. Людина як об'єкт будови ієрархічного рівня - тобто в якості функціональних одиниць, із яких побудовано цей рівень - розглядає взагалі *будь-який* об'єкт (чи оптимальним при цьому буде управління - це вже інше питання),
3. Людина *завжди* реалізує лише один тип управління,
4. На всіх рівнях управління - тобто при управлінні *будь-якими* системами - людина реалізує той же самий тип управління.

Варто сказати, що ці припущення можуть бути досить строго обґрунтовані теоретично. Однак головне в тому, що вони можуть бути також *перевірені*

експериментально. Наприклад, - у процесі визначення типу людини (тобто в ході "типування" реального індивіда).



Ми не описуємо методологію та практичні технології експериментальної роботи в соціальних і економічних системах з використанням типології 2AIA для людини – це є темою окремих курсів. У рамках же цього курсу наша мета – лише *познайомити* читача із ефективними способами *моделювання* людини, тобто – навчити його *використовувати* знання про тип 2AIA для реальної людини (типів 2AIA для групи людей) при моделюванні соціальних і економічних систем.



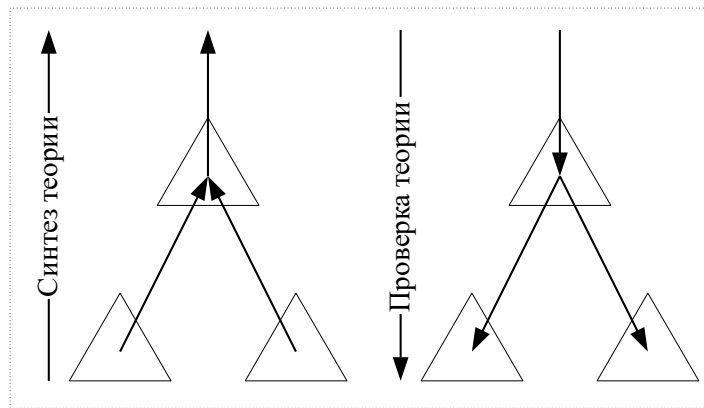
Як приклад застосування теорії 2AIA розглянемо здійснення конкретної практичної діяльності – а саме: способів здійснення *інформаційно-аналітичної діяльності* конкретною людиною. Врешті-решт, і діяльність фахівця в області економічної кібернетики є не більш ніж *складовою частиною* такої діяльності.

В сучасних аналітичних структурах функції аналітика визначені двоїсто: з одного боку, він повинен здійснити процес ефективного стискання інформації, а з іншого боку - він же повинен здійснити також і апробацію створеної ним у результаті аналітичної роботи "Картини світу", або ж запропонувати систему способів для її перевірки в майбутньому.

Тобто, у рамках виконання першої функції, він повинен "відкинути" зайву інформацію, виділити тільки ті головні закономірності, які проявляються на тих рівнях ієрархії, які цікавлять замовника. Інакше кажучи, аналітик повинен підвищити рівень абстракції описів ("здійнятися нагору"), вийти на більш високий (і саме тому – більш "стиснутий") логічний рівень в ієрархії описів розглянутого ним фрагмента світу.

При реалізації ж другого напрямку своєї діяльності - аналітик повинен бути спроможним критично оцінити результати своєї роботи, виконаної на першому етапі. Ця вимога означає, що на певному етапі своєї роботи аналітик повинен зуміти *здійснити деталізацію*, тобто перейти від вищих рівнів абстракції до більш конкретних описів теорії - "спуститися" по ієрархії способів опису розглянутого фрагмента світу. Інакше кажучи, потрібно, щоб він зміг "опускатися" від теоретичних описів (у результаті аналітичної діяльності аналітик завжди синтезує теорію - стислий опис реальності) на рівень конкретних рішень і застосувань.

Підкреслимо, що необхідність відновлення первинної інформації (тих даних, які використалися для синтезу теорії в процесі інформаційно-аналітичної роботи) вимагає періодичного повернення на більш низький рівень абстракції на всьому протязі здійснення інформаційно-аналітичної діяльності - у тому числі і на етапі, що передує синтезу завершеної теорії ("стискання" матеріалу).



Символічне представлення зміни рівня абстракції.

Схематичне представлення наведених міркувань наведено на малюнку, де відображено, що аналітик повинен уміти "працювати" як у напрямку "руху нагору" по сходах ієрархічних рівнів значенневого змісту матеріалу, так і в напрямку "руху вниз", до конкретизації змісту. У певному сенсі, це описує два *протилежних* напрямки роботи аналітика.

У рамках розвинуеного вище способу опису ієрархічних систем сказане можна описати як перехід від конкретних компонентів інформації до абстрактних компонентів ("рух нагору", узагальнення, стискання інформації), і навпаки - перехід від абстрактних компонентів інформації до конкретного ("рух униз", деталізація, конкретизація інформації).

Якщо підсумувати і виразити мовою теорії 2AIA, то одержимо наступний висновок:

М Одні аналітики "налаштовані" на формування модельної картини світу в термінах *узагальнюючих* компонентів інформації, тоді як **М** інші аналітики формують модельну картину світу в термінах *деталізуючих* компонентів інформації.

Нарешті, є ще одна сторона роботи аналітика.

Відслідковуючи процеси (тобто розгорнення подій у часі), він відновлює інформацію про стани розглянутого об'єкта, тому що синтезувати прогноз можливо лише на основі знань про стани об'єкта, у відношенні якого здійснюється прогностична діяльність. Тобто, для того, щоб визначити параметри майбутнього процесу, необхідно виходити з характеристик стану розглянутого об'єкта або явища. Використання наукового підходу вимагає від аналітика, що здійснює прогнозування, знання початкового стану об'єкта та законів їхньої зміни. Отже, для синтезу прогнозу аналітику потрібно скласти гіпотезу про розгорнення подій у часі (висунути теорію), виходячи із даних про стани об'єкта, що цікавить замовника даної аналітичної роботи.

М Таким чином, одні аналітики "настроєні" на використання *статичних* компонентів інформації у сформованій ними модельній **М**

картині світу, тоді як інші – на використання *динамічних* компонентів інформації.

Підкреслимо, що процес аналізу є невід'ємною складовою кожного окремого акту управлінської діяльності, так що це повинно бути враховане при деталізації визначення "чорної скрині", що моделює управлінську діяльність людини.



Задамося питанням: якщо теорія 2AIA може бути застосовна до людини, то її результати повинні знайти своє відображення в деяких характерних та специфічних для її діяльності елементах. А оскільки теорія 2AIA описує процес обробки людиною *нової* інформації, процес її аналітичної діяльності, процес прийняття нею рішення – то й шукати такі *експериментальні апробації* потрібно саме в цій області.

Розглянемо широко відомі з інженерно-психологічних досліджень експериментальні дані щодо *швидкості забування нового матеріалу*, які перевірені на великій кількості працівників, учнів, включаючи і студентів. (Одночасно читач може познайомитися з такими технологіями, які він може успішно використати у своїй діяльності - особливо це важливо для студентів!).

У курсах психології, а, особливо, інженерної психології, обов'язково згадується про так званий «ефект Ебінгауза» (Ебінгауз (1850-1909) – німецький психолог).

Суть зазначеного ефекту полягає в тому, що

- Забування особливо інтенсивно протікає *безпосередньо відразу* після завчання або пред'явлення даного матеріалу, а потім сповільнюється та в подальшому виходить на плато, перестаючи змінюватися.

Ебінгауз констатував цю закономірність при вивченні процесу забування завчених людиною окремих безглузвих слів. Численні дослідження, проведені після нього, показали, що темп забування залежить і від змісту матеріалу, і від його усвідомленості. Чим більш усвідомлений матеріал, тим повільніше він забувається.

Однак і відносно усвідомлений (або ж зовсім неусвідомлений) матеріал теж забувається спочатку швидше, а потім – повільніше. Загалом, кількість такого "збереженого" матеріалу спадає приблизно по спадаючій логарифмічній кривій із часом, причому за перші 9 годин залишається в пам'яті всього близько 35% від нового матеріалу, а через добу – усього 25-20%. Надзвичайно важливо, що *надалі* забування практично припиняється! При цьому забування протікає швидше під час інтелектуальної роботи – тобто саме під час інших занять, коли людина набуває нові знання *додатково*.

- Таким чином, результати експериментів свідчать, що в пам'яті людини *здавне закріпитися* не більш ніж 25% відомостей про довільно взяту подію.

Однак ми знаємо, що компонент інформації є 8, а 2АІА здатний *активно оперувати* тільки двома із них. Інакше кажучи, моделюючи людину за допомогою 2АІА, ми робимо *теоретичний висновок*: індивід здатний "запам'ятовувати" не більш ніж 25% тих відомостей про подію, з якими його знайомлять. Звичайно, ми неявно використали *припущення*, що інформація розподілена *рівномірно* по всім можливим восьми компонентах. Однак якщо ми будемо проводити *масові* дослідження, описуючи самі різні події самим різним людям – у силу закону великих чисел таке припущення якраз і буде виконане.

Але ж саме так і проводилися дослідження ефекту Ебінгауза!

Таким чином, ми одержали *вперше в науці теоретичний* доказ *експериментально виявленого* факту, що стосується людини! Раніше на питання: "А чому це так?" - відповідь могла бути дана тільки у вигляді "так вийшло". І тільки теорія 2АІА дозволила дати першу у науці *коректну* відповідь на це питання.

Одночасно – ця обставина є також і експериментальним підтвердженням того, що теорія 2АІА *правильно та адекватно* відображує основні закономірності управління діяльністю людини!



З наведених експериментальних даних можна зробити кілька важливих рекомендацій для *організації процесу навчання*.

По-перше: повторювати новий матеріал треба *відразу ж* після того, як із ним познайомився студент. От для цього-то й потрібні *самостійні* заняття.

По-друге: учити за підручниками потрібно в набагато більшому об'ємі, аніж викладається (прочитується) викладачем на заняттях. Саме із тієї причини, що, хоча "ефективними" для запам'ятовування *конкретним читачем* виявляться все рівно всього 25% представлених у книзі відомостей, у підручниках міститься велика кількість *різнобічних* описів подій! Адже підручники – орієнтовані на широке коло студентів, - тобто на *різні типи 2АІА*. По цій же причині в підручнику міститься набагато більша кількість матеріалу, аніж надається, наприклад, на лекціях: адже викладач теж має свій власний тип 2АІА, і виділяє із всієї *можливої* сукупності відомостей – тільки "свої" 25%. А вони "підходять" далеко не всім студентам!

Як же організувати повторення так, щоб не було нудно вчити те ж саме "по багато разів підряд"? Для цього можна скористатися – задачами і прикладами! Але не будь-якими, - а такими, які для свого рішення вимагають залучення великого обсягу тільки що освоєного матеріалу.

Питання і завдання.

1. Опишіть, як саме Ви розумієте тезу про те, що людина є *суб'єктом* управління. Приведіть приклади з області а) соціальних і б) економічних систем.

2. Опишіть, як саме Ви розумієте тезу про те, що людина є *об'єктом* управління. Приведіть приклади з області а) соціальних і б) економічних систем.

3. Опишіть способи, механізми і технології, які використовуються для того, щоб "утримати індивіда в покорі". Як Ви вважаєте, які із цих способів є прийнятними в сучасному бізнесі? А в сучасних соціальних умовах? Які з перерахованих способів є прийнятними для Вас особисто?

4. Вичленіть кілька видів діяльності людини в соціальних і економічних системах і опишіть *типові інтер'єри* для цієї діяльності. Чи є вони ієрархічними? Відповідь обґрунтуйте.

5. Дайте визначення соціокоду - типу соціального кодування індивіда. Що Ви самі розумієте під "соціальним кодуванням"? Навіщо потрібно соціальне кодування, яку функцію воно виконує? Приведіть приклади соціального кодування, характерні для а) України, б) індустріальних (розвинених) країн, в) країн індустріально нерозвинених (арабські, африканські, азіатські, латиноамериканські).

6. Опишіть специфіку функціонування механізму *трансляції* знань в Україні. Які соціальні інститути задіяні в механізмі трансляції? Як вони функціонували раніше, і як змінилося їхнє функціонування сьогодні? Охарактеризуйте рівень доступності каналів трансляції знань для індивіда і тенденції, які тут мають місце.

7. Опишіть специфіку функціонування механізму *трансмутації* знань в Україні. Які соціальні інститути задіяні в механізмі трансмутації? Як вони функціонували раніше, і як змінилося їхнє функціонування сьогодні?

8. Опишіть специфічні властивості *універсально-понятійного* типу соціального кодування індивіда. Чи має місце цей тип соціального кодування в Україні? Приведіть аргументацію та приклади.

9. Опишіть загальну методику застосування способу розбивки опису *конкретної* подій на 8 компонент інформації. Охарактеризуйте кожну із компонент інформації. Приведіть конкретні приклади.

10. Дайте визначення АІА і 2АІА. Сформулюйте ті властивості, які дозволяють віднести реальний а) соціальний і б) економічний об'єкт до АІА та до 2АІА.

11. Перелічіть всі 16 типів 2АІА. Опишіть кілька (по Вашому вибору) типів 2АІА, використовуючи характеристики компонентів інформації на їх "вході" і на їх "виході" для а) соціальних і б) економічних інтер'єрів діяльності.

12. Перелічіть умови, при яких реальна людина буде здійснювати діяльність, яку можна розглядати в рамках теорії 2АІА. Чи завжди, на Вашу думку, діяльність людини може бути описана в рамках теорії 2АІА? Відповідь аргументуйте.

13. Опишіть діяльність аналітика з погляду теорії 2АІА. Розбийте множину із 16 типів 2АІА на класи, в кожному із яких є *подібність* у

здійсненні інформаційно-аналітичної діяльності цими типами. Опишіть, у чому саме складається ця подібність.

14. Спробуйте визначити властивий особисто для Вас стиль інформаційно-аналітичної діяльності. Приведіть аргументи.

15. Спробуйте визначити, до якого типу 2AIA Ви особисто відноситесь. Приведіть аргументи.

16. Спробуйте визначити стилі інформаційно-аналітичної діяльності для Ваших знайомих, друзів або рідних. Спробуйте визначити, до якого типу 2AIA можна віднести прояви їхньої діяльності. Оцініть, для кого легше проводити типування: для себе самого, для рідних, для друзів, для знайомих? Як Ви вважаєте, чи можливе визначення типу 2AIA для людини з використанням тільки розповідей про нього? Відповідь аргументуйте.

17. Спробуйте сформулювати вимоги до підручника (наприклад, по якомусь певному предмету), у якому були б відбиті тільки ті відомості, які Ви в стані запам'ятати. Спробуйте описати технології навчального процесу, "настроєного" на специфічні для Вас особисто особливості сприйняття і обробки нової інформації.

РОЗДІЛ 10. ПРАКТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ І ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Спільне управління в системі, що складається з 2АІА. - Введення поняття "піраміда управління" і її математичний опис. - Реальні СЕС як приклади пірамід управління. - Соціальні технології: технології побудови оптимальних і ефективних систем управління з людей. - Використання Соціальних Технологій в аналітичній і управлінській діяльності в економіці та суспільстві. - Питання і завдання.

Спільне управління в системі, що складається з 2АІА.

Розглянемо сукупність об'єктів, які здійснюють функції 2АІА. У цьому розділі розглянемо ситуації, коли декільком різним типам 2АІА доводиться управляти *спільно*. Далі ми будемо говорити як про *спільне управління*, так і про *адекватну передачу інформації*, розглядаючи ці два терміни як синоніми.

У цьому випадку 16 типів 2АІА структуруються наступною *Теоремою 1*.

Теорема 1. Сукупність всіх типів 2АІА самоорганізується в 4 кільця самопрограмування (кільця адекватної передачі інформації, кільця вироблення нового режиму управління).

Доведення. Довільний тип 2АІА може адекватно сприйняти інформацію тільки від того типу 2АІА, у якого друга (творча) функція еквівалентна його першій (програмній) функції. Таким чином, умова адекватної передачі інформації від одного типу 2АІА до іншого типу задає відношення впорядкування на множині типів 2АІА. Тому сукупність всіх типів 2АІА розпадається (структурується) на 4 непересічні групи: усередині кожної з яких інформація рухається "по кільцю" від одного 2АІА до іншого. *Кінець доведення.*

Введені в такий спосіб 4 кільця самопрограмування можуть бути записані так:

$\langle \text{Ст-С} / \text{Об-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Об-Д} / \text{Гр-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Гр-С} / \text{Зв-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Зв-Д} / \text{Ст-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Ст-С} / \text{Об-Д} \rangle \Rightarrow \dots$

$\langle \text{Гр-Д} / \text{Зв-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Зв-С} / \text{Ст-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Ст-Д} / \text{Об-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Об-С} / \text{Гр-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Гр-Д} / \text{Зв-С} \rangle \Rightarrow \dots$

$\langle \text{Зв-С} / \text{Гр-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Гр-Д} / \text{Об-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Об-С} / \text{Ст-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Ст-Д} / \text{Зв-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Зв-С} / \text{Гр-Д} \rangle \Rightarrow \dots$

$\langle \text{Об-Д} / \text{Ст-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Ст-С} / \text{Зв-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Зв-Д} / \text{Гр-С} \rangle \Rightarrow \langle \text{Гр-С} / \text{Об-Д} \rangle \Rightarrow \langle \text{Об-Д} / \text{Ст-С} \rangle \Rightarrow \dots$



Ситуація, коли два типи 2АІА, які мають вигляд $\langle F_1 / F_2 \rangle$ і $\langle F_2 / F_1 \rangle$ відповідно (F_i - інформаційні компоненти), здійснюють *спільне* управління тим же самим об'єктом (об'єктами), є конфліктною: тому що при цьому один з 2АІА "руйнує" своєю творчою функцією ту ж саму інформаційну компоненту, що тільки не створив інший 2АІА.



Конкретний тип 2AIA може сприймати не тільки інформацію від "попереднього" типу 2AIA у відповідному кільці самопрограмування, але, у загальному випадку, також і іншу інформацію (яку він отримує від інших типів 2AIA) в рамках своєї програмної функції. А також - інтерпретувати діяльність інших типів 2AIA в рамках своєї творчої функції.

Теорема 2. Сукупність всіх типів 2AIA самоорганізується в 2 спарені кільця самопрограмування (кільця адекватної передачі інформації, кільця вироблення оптимального управління), які визначаються однозначно та у яких і сприймаються, і створюються всі 8 компонентів інформації.

Доведення. Розглянемо кільця індивідуальної передачі інформації. Два кільця адекватної передачі інформації можуть бути об'єднані в єдине кільце, у якому всі "ланки" функціонують спільно, тільки в тому випадку, коли два 2AIA, які перебувають у тій самій ланці, спільно здійснюють безконфліктне управління.

Розглянемо довільний 2AIA, - наприклад, такий тип 2AIA

$\langle Cm-C / Ob-D \rangle$

Цей 2AIA "працює" із двома компонентами інформації. На компоненту *Cm-C* він спирається як на заданість (тобто - програмується нею), а створює він по компоненті інформації *Ob-D* (тобто - він змінює процеси в одиничних об'єктах для розглянутого рівня ієрархії). Однак активність нашого 2AIA буде можлива як тільки у випадку, коли стан взаємодії між КС – одиничними об'єктами для даного рівня – є фіксованим: у зворотному випадку відсутній "інструмент" як для фіксування, так і для зміни стану для розглянутого ієрархічного рівня. Такий стан взаємодії між КС якраз і фіксує той 2AIA, що має *Cв-C* як свою другу (творчу) функцію. Як видно з наведених вище кілець індивідуального самопрограмування, необхідний 2AIA перебуває тільки в другому кільці. І більш того: для об'єднаних таким способом двох кілець – першого і другого - розглянута вище "додатковість" має місце для всіх ланок у цьому спареному кільці самопрограмування.

Якщо розглянути програмні функції 2AIA, то прийдемо до тих же самих результатів. Дійсно, стан внутрішньої будови для ієрархічного рівня як цілого може бути сумісним тільки із процесами на мембрані: тому якщо топологічна будова рівня фіксована, то тільки процеси на мембрані можуть мати місце як відгук на зовнішній вплив.

Два останні кільця індивідуального самопрограмування можуть бути об'єднані аналогічно. *Кінець доведення.*

Таким чином, сукупність всіх типів 2AIA розбивається на 2 "спарених" кільця 2AIA, які зв'язані між собою відносинами самопрограмування (будемо використовувати термін "діадна пара" для двох 2AIA з тієї ж самої ланки спареного кільця само програмування, описаного *Теоремою 2*).



Із *Теорему 2* випливає наступний наслідок. Два типи 2AIA будуть оптимально (безконфліктно) управляти (тобто - реалізовувати адекватне перетворення інформації) при виконанні наступних умов:

а) програмні функції цих типів 2AIA є одночасно або деталізуючими, або узагальнюючими;

б) програмна функція одного типу 2AIA описується динамічними компонентами інформації, а іншого - описується статичними компонентами інформації;

с) програмні функції для обох типів 2AIA описуються різними компонентами інформації.

Для творчих функцій внаслідок умови II із визначення 2AIA будуть справедливі ті ж самі умови.

Цікаво, що діадна пара типів 2AIA реалізує управління тільки або по узагальненим, або по деталізуючим компонентам інформації. Таке управління *в парі* є оптимальним, що випливає із *Теорему 2*.



До цілком таких же кілець *діадного* самопрограмування можна прийти також і іншим шляхом - у результаті пошуку відповіді на таке питання: "Чи існують серед типів 2AIA *два* таких, які при спільній діяльності в складі пари зможуть реалізувати оптимальне управління?".

Нехай є якийсь тип 2AIA, що має будову $\langle K_1 | K_2 \rangle$, де K_1 і K_2 - деякі (різні!) компоненти інформації. Введемо поняття "компонента інформації, *спряженої до даної*": так будемо називати таку компоненту інформації, яка відповідає тому ж самому *рівню* опису, що і розглянута (наприклад, якщо розглядається узагальнююча компонента, то і спряжена до неї також буде узагальнюючою), але відрізняється від розглянутої по ознаці "Статична-Динамічна", а також відрізняється *ще* по одній ознаці: "Об'єкт-Зв'язки" для деталізуючих компонент інформації або "Структура-Границя" для узагальнюючих. Наприклад, спряженими є такі компоненти інформації: *Ст-Д* і *Гр-С*, або *Зв-Д* і *Об-С*.

- Тепер розглянемо наступну проблему: яким чином необхідно організувати управління по компоненті інформації K , щоб таке управління *сприяло* реалізації управління по компоненті інформації K_2 , тобто щоб спільне управління, здійснюване обома типами *разом*, було оптимальним по компоненті інформації K_2 .

Дослідимо *всі* можливі випадки (тобто просто переберемо всі можливі варіанти).

1. Якщо компонента K_2 є *деталізуючою*, то шукана компонента інформації K також *повинна бути деталізуючою*: управління по узагальненій компоненті - створення або процесів, або станів над структурою всього рівня або його границею - може, у загальному випадку, задіяти всі деталізуючі компоненти інформації (тобто - також і K_2). Цілком аналогічно, якщо компонента інформації K_2 узагальнююча, то узагальнюючої повинна бути і компонента K .

2. Якщо деталізуюча компонента інформації K_2 описує динаміку, то деталізуюча ж компонента інформації K повинна описувати статику (і навпаки). Дійсно, якщо припустити зворотнє, то обов'язково прийдемо до протиріччя: тому що тоді можуть мати місце два випадки. Випадок а) - якщо ці компоненти збігаються, то обидва типи 2AIA будуть братися за однакове (!) управління тим самим об'єктом, - а таке управління конфліктне. І випадок б) - якщо обидві компоненти інформації різні - то два процеси на деталізуючому рівні конфліктні, тому що вони змінюють як властивості конкретного об'єкта, так і (одночасно!) взаємини його з іншими (але тим самим знищується канал для управління деталізуючими компонентами: для управління процесом (станом) окремого об'єкта необхідно фіксувати стан (процес) його взаємодії з іншими об'єктами, і навпаки).
3. Якщо узагальнююча компонента інформації K_2 описує динаміку, то узагальнююча ж компонента інформації K повинна описувати статику (і навпаки). Дійсно, перебудовувати границю (створюючи процес на границі) можна тільки при незмінній будові (стані) ієрархічного рівня - і навпаки, а підтримувати незмінним стан границі рівня можна тільки при зміні структури (процесі) ієрархічного рівня - і навпаки.
4. Якщо деталізуюча компонента інформації K_2 описує об'єкт, то компонента K повинна описувати взаємодію між об'єктами, тобто зв'язки (інакше це буде просто фіксація одночасно і стану, і процесу в одній і тій же КС!), - і навпаки: якщо компонента інформації K_2 описує зв'язки між об'єктами, то компонента K повинна описувати самі об'єкти.
5. Якщо узагальнююча компонента інформації K_2 описує структуру, то компонента K повинна описувати границю (інакше це буде просто фіксація і стану, і процесу для топологічної будови даного ієрархічного рівня), - і навпаки: якщо узагальнююча компонента інформації K_2 описує границю, то компонента K повинна описувати будову.

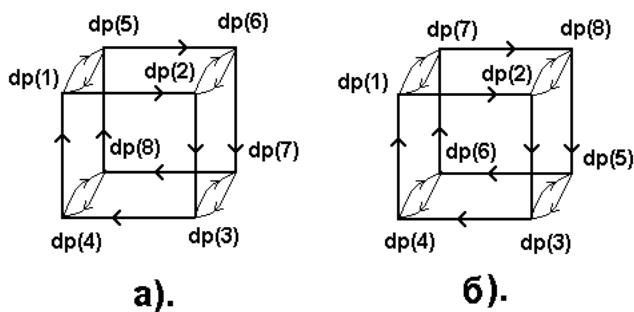
Цілком аналогічно може бути проведено розгляд і для програмної функції розглянутого типу 2AIA.

Як видно, у рамках теорії 2AIA є кілька різних шляхів для доказу того самого співвідношення.

Нова інформація може надходити в популяцію, яка складається із певної сукупності типів 2AIA, через довільний 2AIA (тобто від довільного 2AIA). Тут кожен 2AIA розглядається вже як певний об'єкт, що маркірується не тільки типом: така ситуація часто застосовується при моделюванні соціальних систем при допомозі так званих "агентів", які мають задані властивості. Максимально повна реалізація управління (тобто - зміна всієї інформації на розглянутому рівні ІСС) має місце тільки у випадку, коли кожний окремий тип 2AIA буде брати участь у перетворенні інформації (у виробленні спільного режиму управління). Можна сказати, що тільки при цих умовах може бути досягнута повна соціалізація нової інформації, і внаслідок цього будуть розроблені "нормативні"

(загальноприйняті) нові алгоритми для управління (інформації, що необхідна для управління), за допомогою яких діють 2АІА.

Легко бачити, що така організація обробки нової інформації та соціалізації її на ієрархічний рівень ІСС (тобто - управління цим рівнем ІСС) може бути здійснена шляхом самоорганізації всіх 16 типів 2АІА в 2 структури (кільця) самопрограмування, які, в загальному випадку, повинні працювати *спільно* та *одночасно*. В одній такій структурі будуть перетворюватися *узагальнені* компоненти інформації, а в іншій такій структурі будуть трансформуватися деталізуючі компоненти інформації: на малюнку наведені а) *узагальнююче*, та б) *деталізуюче* кільця самопрограмування, відповідно; у вершинах проставлені діадні пари.



Позначення для діадних пар представлені нижче - нумерація може бути здійснена в довільному порядку.

<i>Діадна пара</i>	<i>Типи 2АІА</i>
dp(1)	$\langle \text{Ст-Д} / \text{Зв-С} \rangle i \langle \text{Гр-с} / \text{Зв-П} \rangle$
dp(2)	$\langle \text{Зв-Д} / \text{Ст-С} \rangle i \langle \text{Об-С} / \text{Гр-Д} \rangle$
dp(3)	$\langle \text{Гр-Д} / \text{Зв-С} \rangle i \langle \text{Ст-С} / \text{Об-Д} \rangle$
dp(4)	$\langle \text{Об-Д} / \text{Гр-С} \rangle i \langle \text{Зв-С} / \text{Ст-Д} \rangle$
dp(5)	$\langle \text{Гр-Д} / \text{Об-С} \rangle i \langle \text{Ст-С} / \text{Зв-Д} \rangle$
dp(6)	$\langle \text{Зв-Д} / \text{Гр-С} \rangle i \langle \text{Об-С} / \text{Ст-Д} \rangle$
dp(7)	$\langle \text{Ст-Д} / \text{Зв-С} \rangle i \langle \text{Гр-С} / \text{Об-Д} \rangle$
dp(8)	$\langle \text{Об-Д} / \text{Ст-С} \rangle i \langle \text{Зв-С} / \text{Гр-Д} \rangle$

В *узагальнюючому* кільці самопрограмування відбувається соціалізація узагальнюючих компонент інформації (наприклад, збагачення мови новими лінгвістичними структурами). У творчому плані в узагальнюючій структурі самопрограмування відбувається формування інформації про ієрархічний рівень в цілому, тому що для кожної "ланки" у такій структурі деталізуючі компоненти фіксовані. У деталізуючому ж кільці самопрограмування відбувається соціалізація деталізуючих компонент інформації, відповідно.

Відмітимо, що тільки при такому способі побудови кілець самопрограмування всі 4 типи 2АІА, які перебувають у тій же самій "вершині", мають одночасно програмні або узагальнюючі, або ж деталізуючі функції. При будь-яких інших способах конструювання таких структур будуть мати місце випадки, коли в

одній і тій же вершині як деталізуючі, так і узагальнюючі компоненти інформації будуть використовуватися різними типами 2AIA в якості програмних. Однак таке управління буде конфліктним, тому що за цих умов два типи 2AIA, що перебувають у тій же вершині, одночасно повинні працювати в *протилежних* напрямках: один, базуючись на фіксованих властивостях ієрархічного рівня як цілого, створює КС (стани або процеси) або ж створює зв'язки між КС, тоді як другий - повністю навпаки. Інакше кажучи, працюючи в тій же самій вершині (тобто *разом* та *одночасно!*), один 2AIA створює стани (процеси), тоді як інший 2AIA *ці ж* стани (процеси) негайно *руйнує*. Очевидно, що управління, здійснюване побудованими таким чином структурами, є конфліктним.

Таким чином, має місце наступна теорема.

Теорема 3. Внаслідок необхідності соціалізації нової інформації, що потрібна для управління ієрархічним рівнем ІСС, вся сукупність типів 2AIA, всі 16 типів 2AIA самоорганізуються у два описаних вище кільця самопрограмування, у яких відбувається соціалізація всіх компонентів інформації - як узагальнюючих, так і деталізуючих.

Оскільки два описаних вище кільця самопрограмування працюють одночасно, і тому що передача інформації в цих структурах однонаправлена, систему із всіх 16 різних типів 2AIA в цих двох структурах можна розглядати як об'єкт із нетривіальною топологічною будовою.

Розглядаючи малюнок як розгортку певного двовимірного об'єкту, а напрямки передачі інформації (самопрограмування) як спосіб задання орієнтації цього топологічного об'єкту, з використанням стандартних топологічних методів приходимо до наступної теореми:

Теорема 4. Напрямок самопрограмування при соціалізації нової інформації, що необхідна для управління ієрархічним рівнем ІСС, приводить до самоорганізації всіх 16 різних типів 2AIA в єдину структуру (об'єкт) нового ієрархічного рівня управління, - у структуру, топологічна будова якої диффеоморфна двовимірній сфері з 7 уклеєними плівками Мебіуса.

Відзначимо, що з використанням *Теореми 4* може бути розроблений новий математичний формалізм для опису процесів переробки інформації.

def Об'єкт, що описується *Теоремою 4*, ми будемо називати **соціоном** (підкреслюючи той факт, що управління даним ієрархічним рівнем ІСС може бути здійснене тільки спільною, кооперативною, *соціальною* активністю всіх 16 типів 2AIA).

М Ейлерове число для соціону є $\chi = -5$. Топологічна будова соціона гомотопічно еквівалентна букету із 6 кіл. Таким чином, соціон виявився структурою, що має суттєво *нетривіальну* топологічну будову. Це означає, що формування спільного управління в соціальних і економічних системах вимагає суттєво нових підходів та принципово нового математичного апарату для свого опису.



Будова соціону задає певні *відносини* між типами 2AIA. Незавжди бачити, що таких відносин може бути рівно 16 різних типів. Частина із таких відносин між типами - *інтертипних відносин* - є *асиметричними*: це означає, що інформація між ними поширюється *тільки в один бік*, тобто від одного типу 2AIA до іншого. "Зворотне" поширення інформації *блоковане* – другий тип "працює" з тими компонентами інформації, які або "не видно" для першого типу, або ж які "руйнують" те, що робить або на що звертає увагу перший. Інші відносини – *симетричні*.



Розглянемо ті *специфічні* здібності, які потрібні об'єкту, розглянутому в якості 2AIA, для того, щоб він зміг брати участь у роботі соціону. Для цього необхідно тільки його спроможність до забезпечення *постійного зв'язку* (постійного обміну інформацією) із декількома іншими типами 2AIA – тобто розглянутий 2AIA повинен мати здатність перебувати в постійному контакті *одночасно* з усіма ними. Оптимально - із 7 іншими типами 2AIA. Перерахуємо їх: зі своїми діадним типом 2AIA, ще з 4-ма типами 2AIA із двох діадних пар (з якими він перебуває в одній ланці в *узагальнюючому* і у *деталізуючому* кільцях самопрограмування, відповідно), і ще із двома типами 2AIA (один їх яких програмує його, а іншого - програмує він сам: вони розташовані як попередній і наступний типи 2AIA у відповідному кільці індивідуального самопрограмування для розглянутого типу 2AIA).

Для того, щоб розглянутий тип 2AIA взагалі зміг брати участь у роботі соціону, він повинен мати здатність одночасно утримувати у полі своєї уваги не менш ніж 5 інших типів 2AIA (свого діадного типу + 4 типи із двох діадних пар - по одній із *узагальнюючого* і із *деталізуючого* кілець самопрограмування, відповідно). Максимальне ж число комунікантів, що без шкоди для оптимальної роботи соціону зможе втримувати в увазі даний тип 2AIA, є 9 (до 7 згаданих раніше необхідно додати ще 2-х: того, котрий програмує його діадний тип і того, котрого його діадний тип вже сам програмує). Отже, доведена справедливості теорема:

Теорема 6. Для того, щоб мати можливість брати участь у роботі соціону (тобто для того, щоб даний тип 2AIA міг брати участь у виробленні нового режиму управління), кожний тип 2AIA повинен мати здатність утримувати у своїй увазі одночасно 7 ± 2 своїх комунікантів.

Тим самим ми отримали, ймовірно, перший *науковий доказ* того відомого із психології та менеджменту факту, що стійка комунікація людини можлива лише із 7 ± 2 комунікантами (більша їхня кількість приводить до структурування комунікантів в окремі групи). Уперше ця закономірність введена в статті Miller G.A. The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. Psychology Review, 1956. March. P.81-97.

Введення поняття "піраміда управління" та її математичний опис.

На базі введених 2AIA може бути побудований математичний апарат для опису ієрархічних управлінських систем – тобто для опису створення із 2AIA ієрархічна система *для здійснення управління* в соціальних і економічних системах. У цій "піраміді управління" кожний *одиночний управляючий об'єкт*

еквівалентний (у сенсі управління) певному типу 2АІА, а об'єкти *нового* ієрархічного рівня управління виникають шляхом самоорганізації 16 таких нових типів 2АІА в соціон.

Теорема 7. Якщо соціони задовольняють умовам І-ІІІ, то кожний такий соціон може бути описаний як певний тип 2АІА, за допомогою якого реалізується управління на відповідному ієрархічному рівні. Така управляюча ІСС, що може бути сконструйована із відповідних типів 2АІА (що здійснюють управління на відповідних ієрархічних рівнях), є самоорганізована ІСС для реалізації управління в тому розумінні, що на кожному її рівні використовуються як ті ж самі одиничні конструкції для управління, так і ті ж самі методи управління.

МІ Для довільно взятої *складної* соціальної або економічної системи може бути сформована шляхом самоорганізації ієрархічна система для управління, що складається із типів 2АІА, які і будуть здійснювати управління такими ІСС. "Початкові" типи 2АІА (для найбільш низького рівня управління) можуть здійснювати управління на заданому (довільно низькому) рівні ієрархії в соціальній або економічній системі. Наприклад, ці типи 2АІА можуть ґрунтуватися на досить повній системі аксіом, що описує довільний (низький) "початковий" ієрархічний рівень у розглянутій соціальній або економічній системі.

Основним вихідним пунктом побудови соціальних ієрархічних систем управління є наступне:

- Управління на кожному рівні ієрархії здійснюється тільки за допомогою типів 2АІА - тобто *конкретними людьми*.

Нагадаємо також, що "вищою" структурною одиницею на кожному ієрархічному рівні є одночасно працюючі *узагальнююче і деталізуюче кільця* самопрограмування (тобто – *соціон*), тому що тільки з їх допомогою співтовариство типів 2АІА (соціальна або економічна структура, що складається із конкретних людей) здатне виробити *кожний з можливих (!)* режимів управління, - можливих, природно, саме для цього ієрархічного рівня.

Таким чином, на кожному окремому ієрархічному рівні "вищою" структурою, здатною здійснювати - реалізовувати *кожний із можливих* режимів управління, є соціон, побудований із 2АІА (точніше - із *всіх* 16 типів 2АІА, згорнутих в *узагальнююче і деталізуюче кільця* самопрограмування), які здійснюють управління на цьому ієрархічному рівні.

Однак *нову* інформацію може "вводити" на даний ієрархічний соціальний рівень - *тільки людина* (тобто *той же самий* - у випадку людини - набір типів 2АІА!): на кожному із ієрархічних рівнів соціальної *ієрархічної системи управління* (надалі – ІСУ) вироблення *нового* режиму управління здійснюється тільки лише відповідним (відповідними) 2АІА (тобто відповідною людиною).

Таким чином, на відміну від природних систем, в ієрархічних *соціальних і економічних* системах як функціональна одиниця, що приймає участь у самоорганізації інформації, може виступати лише окрема людина - тип 2АІА! До того

ж людина, здатна виробляти нові режими управління на *i*-тому ієрархічному рівні, зовні нічим не відрізняється від людини, здатної реалізовувати нове управління тільки на *i-1* ієрархічному рівні.



Відзначимо, що, говорячи про розробку або здійснення нових режимів управління на *i*-тому рівні, ми маємо на увазі, в остаточному підсумку, управління саме *природною* системою. Соціальні і економічні ІСУ самоорганізуються саме для управління природними системами і тому їх власна ієрархічна будова просто відображує ієрархічну будову природних систем. Однак і самі соціальні ІСУ також можуть бути розглянуті цілком аналогічним чином - тому викладені далі результати можуть бути застосовані як до побудови ІСУ для управління природними системами, так і для побудови ІСУ для управління соціальними системами.



Отже, "входити" на даний ієрархічний рівень нова інформація може лише винятково тільки через таку людину, яка здатна "побачити" ієрархічний рівень більш високий, аніж даний. Будемо називати таку людину - *координатором*.

Координатор більш високого рівня *на даному* ієрархічному рівні ІСУ виступає як джерело нового, як свого роду "лобіст" більш високого рівня управління. Координатор *задає вектор* вербалізації-соціалізації-впровадження *нової* інформації, що забезпечує *підстроювання* нижчого рівня ІСУ до вищого. Іншими словами - він *задає вектор розвитку* для всього цього ієрархічного рівня! Фактично, володіючи більш "високим кругозором", координатор здатний не тільки виробляти-синтезувати *нову* (для даного ієрархічного рівня, звичайно!) інформацію, але також і добудовувати, відновлювати відсутню на даному ієрархічному рівні її частину.



Інші люди, що здійснюють управління на даному ієрархічному рівні розглянутої системи, здатні таку нову інформацію тільки поширювати (у найкращому разі - без перекручування). Будемо називати таких людей - *тиражувальниками*. Відзначимо при цьому, що тиражувальник - у деяких випадках - сам може виступати як *координатор*, але тільки для *нижчезрозташованого* рівня ІСУ!



Ми звертаємо увагу, що для Координаторів є, фактично, *2 типи* інтертипних відносин! *Перший* – зумовлений проявами їхнього типу при спілкуванні на рівні тиражувальників. *Другий* тип інтертипних відносин має місце при спілкуванні двох типів 2АІА - один із яких є Координатором, а інший Тиражувальником - *між собою*.

Внаслідок цього, на будь-якого такого координатора - "*активно функціонуючого*" координатора - необхідно "навісити" соціон уже із тиражувальників, що "*працюють*" на даному рівні ієрархії. І такий соціон - буде соціалізувати-

впроваджувати отриману від координатора нову інформацію (нові режими управління!) для її використання на даному рівні ієрархії. Іншими словами, соціон із тиражувальників перетворює нову (для даного рівня ієрархії) інформацію - у *норматив*, який можуть використовувати "без роздумів" вже усі тиражувальники даного рівня ієрархії.

Приведемо тепер загальні *кількісні* закономірності, справедливі для влаштованої в такий спосіб ІСУ.

Розглянемо координатора *i-того* рівня. Внаслідок вищесказаного, такий координатор може "забезпечити роботою" 16 координаторів рівня *i-1*. Таким чином, приходимо до наступної піраміди - "*піраміди управління*":

$$\dots \rightarrow K_{i+1} \rightarrow 16 K_i \rightarrow 256 K_{i-1} \rightarrow \dots$$

Іншими словами, кожний з координаторів *i-того* рівня (K_i) здатний "потягнути" за собою 16 координаторів нижчерозташованого, *i-1-того* рівня ($16 K_{i-1}$). Кожний з координаторів "передає вниз" тільки той режим управління, який він розуміє сам. Тобто - який відповідає його власному типу 2АІА. І саме цю інформацію і соціалізує відповідний соціон. "Введення" інформації в соціон координатор більш високого рівня здійснює, як правило, через той тип 2АІА, який тотожний до його власного: адже тільки тотожні типи можуть розуміти один одного "як самого себе". Цікаво, що тиражувальники, які мають тотожні типи 2АІА - це єдиний випадок, коли інформація передається без перекручування: при будь-яких *інших* відносинах між типами (інтертипних відносинах) завжди має місце *перекручування* інформації!



Кількість координаторів першого - рахуючи від тиражувальників - рівня становить, як впливає із проведеного вище розгляду, приблизно $1/(16+1) \approx 6\%$: це є та кількість людей, яких можна назвати "центрами кристалізації" для соціально і економічно активної частини населення. Це число збігається зі значенням "5÷6% від економічно активного населення", що часто виникає при описі відносної частки тих людей в *економічно розвинених* країнах світу, які здатні до активної діяльності в сфері бізнесу. Ймовірно, викладений у цьому розділі підхід є єдиним, що дозволяє пояснити таку експериментально виявлену закономірність і зв'язати її безпосередньо із природою людини (координатори більш високих рівнів, як буде показано далі, становлять надзвичайно малу частку населення – якою можна знехтувати при кількісних підрахунках). Ми знову отримали *науковий доказ* відомого раніше експериментального факту!



Надзвичайно важливо, що з наведеного вище впливає такий висновок: на "найвищому" (для даної ІСУ) ієрархічному рівні управління може перебувати всього лише *кілька* людей! Ця обставина дозволяє пояснити багато відомих закономірностей розвитку (і падіння!) великих компаній, які, як правило, виявлялися безпосередньо пов'язаними з *особистістю* їхніх вищих керівників.


Необхідно відзначити, що зовсім не обов'язково, щоб 16 K_{i-1} (16 "різномісних" координаторів *i-1-того* рівня) становили *соціон i-1-того* рівня в ієрархічній системі управління: якщо не буде хоча б одного координатора K_i для *i-того* рівня ієрархії, те не буде й умов для того, щоб *нова* інформація з'явилася на цьому - *i-1* рівні ієрархії!

Будуючи ієрархічні системи керування, "виставляючи" при цьому K_i "у потрібне місце" - людству стають доступними для управління усе більш високі рівні ієрархії природних систем (наприклад, - все більш території), а також все більш маси суспільства, все більша кількість ресурсів різного роду – включаючи і фінансові.

Реальні соціальні й економічні системи як приклади пірамід управління.

М Ми тільки-но ввели в розгляд нову абстрактну структуру – 2АІА.
М Але, проте, уже встигли зробити *теоретичний висновок* для ряду тих властивостей людини, які, хоча й були виявлені експериментально, але, проте, так і залишалися незрозумілими. Відзначимо, що ці властивості відносяться до *зовсім різних* рівнів опису людини: об'єм відомостей, що запам'ятовують - це *властивість людини як індивіда*, оптимальна кількість комунікантів - це *властивість комунікації декількох індивідів*, а кількість координаторів у соціальній групі - це *вже* соціальний рівень опису людини. Таким чином, побудована теорія має досить істотний потенціал, оскільки дозволила *правильно і адекватно* змоделювати ці, настільки *різні* властивості людини та суспільства.

Ми не будемо зупинятися докладно на описі тих задач з моделювання соціальних і економічних систем, які можуть бути вирішені з використанням теорії, що розвинута в попередньому і цьому розділах. Області її застосування численні, а кількість отриманих результатів стрімко зростає. Зупинимось всього на декількох прикладах, а потім перелічимо ті можливості, які відкривають перед фахівцем отримані результати.

 Розглянемо застосування теорії 2АІА до алгоритмізації вирішення деяких типових задач, які зустрічаються в практиці менеджера. Використання стилів менеджменту - апарата теорії 2АІА - дозволяє вирішувати широкий клас управлінських задач точно так само, як вирішувалися задачки з фізики в середній школі.


На *першому етапі* – управлінська ситуація (*інтер'єр* або *контекст* управління) – описується в термінах теорії 2АІА (аналогічно як задачка спочатку повинна бути сформульована в термінах фізики).


На *другому етапі* – сформульована *абстрактна* задача вирішується теоретично, тобто знов-таки в термінах теорії 2АІА (аналогічно як у фізиці).

Нарешті, на *третьому етапі* – здійснюється перехід від термінів теорії 2АІА до конкретних реалій поставленої перед нами задачі.

Приклад.

Задача "із менеджменту"	Задача "із фізики"
Постановка задачі: які стилі менеджменту підходять для продавця?	Постановка задачі: як висушити пляшку від води?
1-й етап. Питання: що робить продавець? Відповідь: він встановлює зв'язок між товаром і покупцем.	1-й етап. Питання: що означає слово "висушити"? Відповідь: щоб не було краплин води усередині пляшки.
2-й етап. Питання: люди яких типів менеджменту вміють управляти зв'язками? Відповідь: ці 8 стилів можуть бути точно перераховані.	2-й етап. Питання: як зникають краплі? Відповідь: 1) стікають, 2) випаровуються. Щоб краплини стекли – потрібно пляшку поставити горлечком униз. Щоб краплини випарувалися – потрібно пляшку поставити горлечком нагору.
3-й етап. Питання: як будуть діяти ці люди в ситуації, яка цікавить мене (або взагалі в тій або іншій ситуації)? Відповідь: це може бути точно перераховане при розгляді конкретної ситуації, яка задається замовником.	3-й етап. Питання: як організувати процес сушіння пляшки? Відповідь: спочатку – поставити її горлечком униз, щоб стекли краплини, а потім – перевернути горлечком нагору, щоб пари води могли вийти із пляшки (молекули води – легші за молекули повітря).

 Кожний керівник або фахівець-аналітик може бути віднесений тільки до одного типу 2AIA. Отже, опис типу 2AIA – це свої роди опис *стандарту* для здійснення даною людиною управлінських або інших функціональних обов'язків. Сьогодні є вже великий банк даних із описами конкретних людей у рамках теорії 2AIA - як правило, вибиралися публічні політики, діяльність яких, у силу самого факту їх політичної діяльності, відкрита для досліджень і вивчення.

 Теорія 2AIA дозволяє розробити ефективні способи для управління соціальними системами, ґрунтуючись на соціальному моделюванні. Наприклад, вона з успіхом застосовувалася при проведенні виборчих кампаній. При цьому важливо відзначити, що виборча кампанія являє собою також і проект *економічний*: це вкладання грошей (інвестування), і потрібен максимальний рівень віддачі від цих вкладень. Результати великомасштабних експериментів показали більш високу ефективність теорії 2AIA стосовно до цього кола задач, аніж існуючі способи, методи і технології. Надзвичайно важливо, що в ході цього великомасштабного *соціального експерименту* – виборчої кампанії – була проведена апробація заснованих на теорії 2AIA технологій відбору координаторів і побудови ієрархічних соціальних систем.



Теорія 2AIA була успішно використана для моделювання так званого "навколишнього середовища" для менеджменту чи маркетингу, тобто – для моделювання соціально-економічних процесів на рівні держави в цілому. Зокрема, результати прогнозів, здійснених на основі теорії 2AIA, були успішно підтверджені в ході теракту в США, що був зроблений 11 вересня 2001 року. Прогноз відносився до виявлення нового каналу для управління ЗМІ, а через цей канал, в остаточному підсумку, – і до управління соціальним і економічним становищем у *розвинутій* країні. Прогноз стосувався саме *розвинутої* країни – і його результати були повністю підтверджені. Доводиться про це говорити з жалем, тому що одночасно був запропонований і комплекс *засобів протидії*, - але останній, на жаль, не був здійснений. До деяких результатів цього комплексу засобів протидії, прийшли вже після теракту.



Теорія 2AIA була успішно використана для моделювання та наступного вирішення ряду управлінських ситуацій. Зокрема, було проведено моделювання управлінської ситуації на одній з фірм, у результаті чого виявлено, що у фірмі існує свого роду "інформаційна пробка" між директором фірми і одним із молодих менеджерів. Після аналізу співвідношення типів на фірмі була запропонована схема "обхідного" шляху для доведення повідомлення нової інформації від цього молодого менеджера до керівника, у якій було запропоновано використати третього менеджера. Цей канал успішно використовується вже кілька років: перші результати він дав уже протягом 1-го місяця після початку свого застосування. Надзвичайно цікаво, що при цьому ні директор, ні третій менеджер не знають, що вони є учасниками цілеспрямованого управління. (Дотриманню етичних норм при вирішенні цієї задачі була приділена особлива увага.)

М Надзвичайно широке поле застосувань теорії 2AIA до моделювання соціальних і економічних систем і управління ними привело до появи *Соціальних Технологій*. У цій назві підкреслюється, що ці технології описують переважно соціальну – тобто *людську* – компоненту як у соціальних, так і у економічних системах. Одночасно Соціальні Технології використовуються в якості потужного технологічного апарата для проведення інформаційно-аналітичної роботи, а також як технологія вирішення різноманітних організаційних аспектів такої діяльності. Фактично, сьогодні теорія 2AIA і Соціальні Технології розглядаються як невід'ємний апарат для соціальної і економічної аналітики.

Питання і завдання.

1. Опишіть, що Ви розумієте під *спільним* управлінням. Як зв'язані між собою спільне управління та адекватна передача інформації? Чи можливо успішніше спільне управління без ефективної і адекватної передачі інформації?

2. Що таке *діадний* тип? Який тип буде діадним до певного заданого типу 2AIA? Виберіть який-небудь тип 2AIA і побудуйте для нього діадний,

вибираючи ті компоненти інформації, які не будуть перешкоджати управлінню, що здійснює заданий тип 2АІА.

3. Запишіть кільця індивідуального самопрограмування, і побудуйте з них кільця діадного самопрограмування. Переконайтесь, що діадні відносини між типами мають місце в кожній ланці кожного з кілець діадного самопрограмування.

4. Розпишіть деталізуюче і узагальнююче кільця самопрограмування через типи 2АІА. Опишіть, як саме можуть взаємодіяти між собою типи 2АІА в рамках кожної із ланок кожного з кілець. Виділіть ті стадії здійснення процесу управління, протягом яких таке "спілкування-взаємодія" буде безконфліктним.

5. Розгляньте якийсь заданий тип 2АІА. Виділіть ті типи 2АІА, з якими цей заданий тип 2АІА повинен взаємодіяти при здійсненні своєї діяльності в складі соціону. Розбийте ці типи на 3 групи: у першу віднесіть ті типи 2АІА, з якими даний тип *зобов'язаний* взаємодіяти (5 типів), в іншу віднесіть ще 2 типи, з якими йому *потрібно* взаємодіяти, а в третю – ще 2 типи, з якими він *може* взаємодіяти. Опишіть спосіб взаємодії заданого типу 2АІА з кожним із типів кожної з 3-х груп.

6. Хто такий *координатор* – дайте Ваше власне визначення, придатне для а) соціальних і б) для економічних систем. Якими якостями, на Вашу думку, він повинен володіти? Перелічіть та проаналізуйте їх. Приведіть приклади людей-координаторів з різних областей людської діяльності.

7. Хто такий *тиражувальник* – сформулюйте Ваше власне визначення. Наявність яких якостей виділяє *конкретну* людину саме як тиражувальника? Чи здатний тиражувальник - бути також і координатором? При яких умовах це можливо?

8. Перелічіть ті характеристики людини і сукупностей людей, для яких у рамках теорії 2АІА отримано вперше *теоретичні* кількісні висновки для раніш відомих емпіричних (експериментальних) закономірностей. Що, на Вашу думку, є *загальним* для всіх цих випадків? Приведіть приклади використання цих закономірностей в а) соціальних і б) економічних системах. Приведіть приклади ситуацій, коли ці закономірності можуть бути використані а) у процесі аналізу соціальної або економічної ситуації, б) у процесі моделювання соціальних або економічних систем, і б) у процесі прогнозування поведінки соціальних або економічних систем.

9. Приведіть приклади а) соціальних і б) економічних інтер'єрів, у рамках яких отримані результати з використанням теорія 2АІА. Перелічіть приклади апробації результатів, отриманих із використанням теорії 2АІА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Економічна кібернетика» для здобувачів денної форми навчання спеціальності 073 «Менеджмент» / Уклад. А. А. Шиян. Вінниця : ВНТУ, 2024. 37 с. https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=170854.pdf&x=1&card_id=78522&id=170854.
2. Методичні вказівки до виконання самостійної та індивідуальної роботи студентів з дисципліни «Економічна кібернетика» для здобувачів денної форми навчання спеціальності 073 «Менеджмент» / Уклад. А. А. Шиян. Вінниця : ВНТУ, 2024. 62 с. https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=170855.pdf&x=1&card_id=78522&id=170855.
3. Шиян А. А., Нікіфорова Л. О. Моделі управління ризиками з використанням сучасних інформаційних технологій. Актуальні проблеми економіки. 2023. № 11 (269). С.74-83. DOI: 10.32752/1993-6788-2023-1-269-74-83.
4. Ngereja B. J., Hussein B., Wolff C. A comparison of soft factors in the implementation and adoption of digitalization projects: a systematic literature review. International Journal of Information Systems and Project Management. 2024. V. 12, N. 2. P.70-86. <https://aisel.aisnet.org/ijispm/vol12/iss2/5>.
5. Лозовська Л. І., Бандоріна Л. М., Савчук Р. В., Удачина К. О. Економічна кібернетика : навч. посіб. Дніпро : УДУНТ, 2022. 152 с. <https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b844494a-bda4-4dc4-a1e6-88e5fdbb62f7/content>.
6. Zahiruddin H., Wijaya A. The evolution and trends in IT governance research: A bibliometric analysis. Journal of Information Technology Management. 2024. V. 16, N. 2. P. 112-131. <https://doi.org/10.22059/jitm.2023.357779.3315>.
7. Шиян А.А., Нікіфорова Л.О., Жарінов С.С. Інтеграція електронних реєстрів в систему URIS як шлях оптимізації формування груп експертів в межах глобальної цифровізації наукової сфери. Актуальні питання у сучасній науці. 2024. №6 (24). С.368-381. [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-6\(24\)-368-381](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-6(24)-368-381).
8. Шиян А.А., Нікіфорова Л. О. Формування та дизайн реєстру результатів державного конкурсного фінансування наукових досліджень та розробок. Актуальні проблеми економіки. 2024. №12 (282). С.53-63. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-282-53-63.
9. Shyian A.A., Nikiforova L. O. Ensuring information security and cybersecurity in the modern information space: models and methods, Вінниця: ВНТУ, 2024. 135 с. Monograph, Vinnytsia : VNTU, 2024, (PDF, 135 p.) ISBN 978-617-8163-02-0 (PDF) URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/813/1418/2689-1?inline=1>
10. Азарова А. О., Міронова Ю. В., Шиян А. А., Ярмола О. С. Аналіз недоліків та переваг сучасних HR-систем для оптимізації роботи підприємств. Вісник Хмельницького національного університету.

Хмельницький, 2023. №2. С. 89–96. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-13>.

11. Нікіфорова Л. О., Шиян А. А., Рибалко Я. В. Клієнтоорієнтований дизайн та особливості формування цифрового (електронного) реєстру наукових фахових видань. Наукові інновації та передові технології. 2024. № 12 (40). С.309-328. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-12\(40\)-309-328](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-12(40)-309-328).
- 12.«Як маніпулюють інформацією?» URL: http://mediadriver.online/manipuliatsiyi_ta_propahanda/yak-manipulyuyut-informatsiyeyu (дата звернення: 10.05.2024).
- 13.Портал відкритих даних Верховної Ради України URL: <https://opendata.rada.gov.ua> (дата звернення: 10.05.2024).

Електронне навчальне видання

Анатолій Антонович Шиян

**Економічна кібернетика.
Моделі та методи управління соціально-еко-
номічними системами**

Навчальний посібник

Рукопис оформила *А. Шиян*

Підписано до видання 30.12.2024 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2024-209.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.