

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А.А. Шиян

Основи моделювання біологічних та ергатичних систем

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 0910 – «Електронні апарати»
спеціальності 7.091002 – «Біотехнічні та медичні апарати і системи». Протокол № _____
від «____» _____ 20 р.

Вінниця ВНТУ 2008

УДК

Рецензенти:

А.А. Шиян

Основи моделювання біологічних та ергатичних систем. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 131 с.

Навчальний посібник є коротким викладом курсу «Основи моделювання біологічних та ергатичних систем» для студентів, що навчаються за спеціальністю «Біотехнічні та медичні апарати і системи». Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмою дисципліни.

УДК

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Особливості моделювання біологічних систем.....	7
Задачі і завдання.....	11
Розділ 2. Диференційні рівняння та операторний метод їх рішення.....	13
Задачі і завдання.....	19
Розділ 3. Рішення рівнянь Мальтуса та Ферхюльста.....	21
Задачі і завдання.....	29
Розділ 4. Рішення моделей Лотка-Вольтерра.....	31
Задачі і завдання.....	37
Розділ 5. Побудова та дослідження рівняння Фокера-Планка.....	38
Задачі і завдання.....	41
Розділ 6. Виведення алотропічної формули для залежності тривалості життя живих організмів від їх маси. Біологічна інтерпретація.....	44
Задачі і завдання.....	50
Розділ 7. Виведення формул для спектру розмірів біологічних організмів у зовнішньому середовищі. Біологічна інтерпретація. Застосування.....	51
Задачі і завдання.....	66
Розділ 8. Інформаційний простір і діяльність людини.....	67
Задачі і завдання.....	72
Розділ 9. Людина як інформаційний автомат.....	73
Задачі і завдання.....	92
Розділ 10. Людина як 2AIA.....	94
Задачі і завдання.....	129
Література.....	130

ВСТУП

Моделювання біологічних та ергатичних систем є необхідним етапом при проектуванні медико-біологічної апаратури. Власне, воно є тією мовою, яка дозволяє інженеру зрозуміти потреби медика та біолога.

Внаслідок цього курс «Основи моделювання біологічних та ергатичних систем» має на меті навчити студента побудові та аналізу моделей для біологічних систем та діяльності людини.

Навчальний посібник складається із тексту, завдань та задач. Рішення задач є важливим та необхідним елементом навчального процесу. Відносно невелика кількість задач, які носять комплексний характер, дозволяє оволодіти основними технологіями, які використовуються в практичній діяльності спеціаліста.

Нумерація формул є окремою для кожного розділу. При викладі матеріалу використано наукові статті, що дозволяє студенту навчитися використовувати та аналізувати сучасну наукову літературу.

Розділ 1. Особливості моделювання біологічних систем.

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

Визначення 1. 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.

Визначення 2. Функціональне середовище системи – це характерна для системи сукупність правил і параметрів (часто сформульованих у вигляді законів або алгоритмів), за якими здійснюється взаємодія (взаємообмін) між елементами системи й функціонування (розвиток) системи в цілому. Інакше кажучи, функціональне середовище системи – це **сукупність зв'язків** між елементами системи.

Визначення 3. 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).

Визначення 4. 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.

Визначення 4. 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.

Визначення 5. 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.

Вище наведено сукупність визначень, які придатні для *довільної* системи.

Визначення 6. Система, в якій наявний хоч один елемент, який має *біологічну* природу, називаються *біологічними системами*.

Визначення 7. Системи, елементи яких включають людей та технічні об'єкти різного походження, називаються *ергатичними системами*.

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.

Основним методом дослідження біологічних та ергатичних систем є моделювання. По способу свого здійснення моделювання можна розділити на:

- *Моделювання функції* системи - з надією, що, тим самим, вдасться адекватно описати майбутню поведінку самого досліджуваного об'єкта. Наприклад, моделювання функції «активність» або «переробка інформації» для оператора в ергатичній системі.
- *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'єру «управління технічною системою» (наприклад, медичним діагностичним комплексом).

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 досліджуваної 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 моделювання: аналіз і синтез.

Основними методами моделювання біологічних та ергатичних систем є аналіз і синтез. По суті, це просто класичний розподіл етапів рішення задач.

У класичній логіці *аналіз* розглядається як спосіб рішення «зверху до низу»: від аксіоми до формули, свого роду прагнення «розкласти розглянутий об'єкт на складові частини» та досліджувати вже *окремі частини*, окремі складові нашої системи. 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 догори»: від формули до аксіоми. На цьому етапі «все складається разом», у єдиний комплекс.

Процеси аналізу та синтезу - це свого роду процеси «взаємно-зворотні», і тому часто на практиці розглядаються як природні та 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.

Для наступного застосування нам потрібно звернутися до обговорення того, що ж собою являє процес моделювання. Цей процес в умовах сучасного розвитку цивілізації являє собою *процес наукової діяльності*, тому що тільки на такому шляху, як доводить вся історія людського розвитку, можна отримати *адекватні* моделі реальності. Ті моделі, які можуть бути покладені в основу подальшого прогнозу, прийняття рішення та здійснення управління.

Необхідність у наведеному далі 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 досліджувану 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 наукові («теоретичні») терміни та поняття, які мають експериментальне обґрунтування та можуть бути *вивчені експериментально*. Причому дуже важливо, щоб така процедура стискання інформації була *достатньо стандартною*, тобто щоб була чітко описана система кодування даних, які 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 (реальний) Світ». Підкреслимо, що використання як терміну понять, для яких відсутній такий спосіб стискання інформації до такого «наукового маркеру», є некоректним.

По-друге, повинні бути встановлені зв'язки вченого нами терміну (тобто опису досліджуваного об'єкту, наведеного із використанням наукових термінів), із іншими термінами в цій же та/або іншій галузі науки. Ми повинні встановити свого роду «правила відповідності», «правила зв'язку» для таких термінів. Образно кажучи, ми повинні описати «правила гри» з введеними нами термінами. У фізиці, наприклад, такі «правила гри» з абстрактними термінами раніше називалися «Законами Природи». Тепер використовуються менш гучні назви: «теоретичний 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. Однак ці нові терміни також повинні відповідати вимогам першого із розглянутих пунктів. Підкреслимо, що використання математики обмежене, як правило, тільки областю теорії.

Нарешті, *по-третє*, наш термін повинен допускати і процедуру, *зворотну* до першого пункту: тобто повинні існувати методики «розширення» інформації, методики для здійснення «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 абстрактну модель реального об'єкту можна розглядати як *наукову* тільки у тому випадку, якщо виконані всі три умови одночасно:

- 1) Існує (заданий, описаний – можливо нами самими) *метод стискання* інформації про Реальний Світ до деяких абстрактних понять - наукових

термінів. Тобто існує *методологія та технологія* для стискання інформації, тобто для переходу від «Світу Реального» до «Світу Модельного».

- 2) Існують чітко визначені «правила гри» з термінами, в яких сформульована наша *модель системи*. Наприклад, є математичний і теоретичний апарат, у якому ці терміни використовуються.
- 3) Існує *метод розширення* інформації – тобто метод переходу від «термінів» (тобто від нашої моделі) знову до Реального Світу, до життя. Фактично, такий метод є технікою для реалізації прогнозу.

Тепер коротко зупинимося на деяких особливостях моделювання біологічних систем.

Перш за все, біологічні системи є *відкритими* системами. Це означає, що вони постійно обмінюються із навколишнім середовищем потоками речовини, енергії та інформації. Більш того: якщо біологічну систему *ізолювати*, тобто «перекрити» потоки речовини, енергії та інформації, то вона перестане бути біологічною: вона «вмирає». Для моделювання *відкритих* систем сьогодні застосовують потужні методологічні підходи та технології побудови систем – на деяких прикладах ми детально зупинимося далі.

По-друге, всі біологічні системи є системами *само організованими*. Це означає, що суб'єкт, який «будує» біологічну систему, є *відсутнім*. Власне, це можна розглядати навіть як *факт експериментальний*: ще нікому в світі не вдалося «побудувати *живий* об'єкт». Більш того: сьогодні навіть *відсутнє* визначення того, що ж таке собою являє «живий об'єкт».

Як правило, для опису процесу самоорганізації використовують *нелінійні* математичні моделі. Деякі приклади будуть наведені далі.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Наведіть приклад біологічної системи. Наведіть параметри, за якими буде характеризуватися біологічна компонента системи.

2. Наведіть приклад ергатичної системи. Наведіть параметри, за якими буде характеризуватися людська компонента системи.

3. Наведіть приклад біологічної системи, виділяючи та описуючи її функціональне середовище, її компоненти та елементи, структуру та границю системи.

4. Наведіть приклад моделі, яка відповідає функції певної біологічної та для ергатичної системи.

5. Наведіть приклад моделі, яка відповідає самому об'єкту для біологічної та для ергатичної системи.

6. Опишіть певну біологічну та певну ергатичну системи, використовуючи процес аналізу.

7. Опишіть певну біологічну та певну ергатичну системи, використовуючи процес синтезу.

8. Наведіть приклади методик та технологій для стискання інформації при переході від Реального Світу до Світу Модельного.

Підказка. Найбільш повно такі способи розвинуті в рамках фізики.

9. Наведіть приклади методик та технологій для розширення інформації при переході від Світу Модельного до Реального Світу.

Підказка. Найбільш повно такі способи розвинуті в рамках фізики.

Розділ 2. Диференційні рівняння та операторний метод їх рішення.

Чорна скриня.

Як ми вже знаємо, досліджуваний об'єкт, що розглядається як система, входить складовою частиною в цілий ряд різних ієрархічних систем. У біологічних та ергатичних системах головною діючою особою є людина. Тому, вивчаючи конкретну задачу, ми змушені «обривати» на деякому етапі ієрархію систем, «що йдуть вниз». 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, окремий орган біологічної системи тощо.

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 *ситуаційної* 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

Визначення. 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 скринню**.

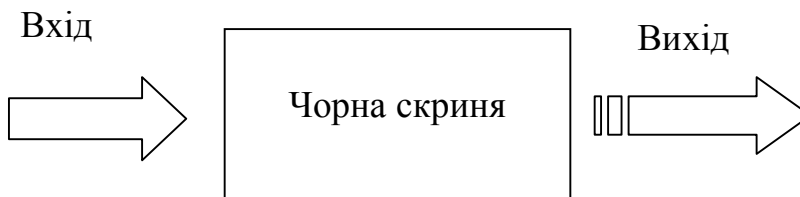
Чорна скриня – це, мабуть, найбільш потужне абстрактне поняття, що існує в рамках моделювання біологічних та ергатичних систем. Саме внаслідок його введення з'являється можливість побудови *замкнутих* систем, що моделюють досліджуваній об'єкт або процес. Чорна скриня - це є «міра нашого незнання» про 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 «вхід-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.



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 множину (вихідні характеристики) моделюється оператором.

Відомо математичне визначення оператора:

Визначення. 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.

У силу сказаного, чорна скриня виступає як модель досліджуваної системи. А в операторі, яким вона моделюється, і укладена, по суті, 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 називані *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.

Як ми вже писали, моделі систем також виявляють собою ієрархічну систему логічно зв'язаних термінів і понять. Тому досить часто 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 та *лінійних* операторів. Приклади таких описів будуть наведені в наступних розділах.

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

Визначення. 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).

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 .

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

Це співвідношення записане для випадку квадратної матриці оператора A , що відповідає тому, що множини X і 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 перегрупування множників у записі множення матриць:

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

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 кількість 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.

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

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

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

де $Q(t)$ – довільна функція, також є *лінійним*. Підкреслимо, що при наведеному вище записі 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"!

Диференційні оператори є потужним апаратом для здійснення моделювання біологічних та ергатичних систем. За своєю суттю диференційне рівняння зв'язує *зміну* певної характеристики із поточним її значенням за допомогою певних функціональних співвідношень. Воно є скороченим записам *алгоритму* для підрахунку майбутніх значень певного параметру із використанням поточних значень певних параметрів, які характеризують досліджувану систему.

Далі в цьому розділі буде наведено простий метод для рішення широкого класу диференційних рівнянь.

Для вивчення потрібно повторити матеріал «Диференційні рівняння», який студенти вивчали на молодших курсах.

Як приклад використання «сили» операторного методу, 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

$$P_n(D)y(x) = f(x) \quad (1)$$

Тут $P_n(x)$ – це багаточлен щодо змінної x , що замінена в (1.1) на символ диференціювання. Цей багаточлен називається *символом* оператора $P_n(D)$.

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

$$P_n(x) = b_n \prod_{i=1}^{i=m} (x - a_i)^{k_i}, \quad \sum_{i=1}^{i=m} k_i = n \quad (2)$$

Співвідношення (2) урахує, що, у загальному випадку, наш багато-член має *кратні* коріння.

Таким чином, рівняння (1) приймає вигляд

$$\prod_{i=1}^{i=m} (D - a_i)^{k_i} y(x) = \frac{f(x)}{b_n} \quad (3)$$

«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) «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 справедливості наступного співвідношення:

$$P_n(D)e^{ax} f(x) = e^{ax} P_n(D + a) f(x) \quad (4)$$

Тепер розглянемо лінійне неоднорідне рівняння з постійними коефіцієнтами

$$(D - a)y(x) = f(x) \quad (5)$$

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

$$\begin{aligned} (D - a)y(x) &= (D - a)e^{ax} e^{-ax} y(x) = \\ &= e^{ax} (D - a + a)e^{-ax} y(x) = e^{ax} D e^{-ax} y(x) \end{aligned} \quad (6)$$

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:

$$\frac{1}{D} g(x) = \int g(x) dx + C \quad (7)$$

Повертаючись до диференціального рівняння (5), з урахуванням (6) і (7), одержимо *символічний запис* його рішення:

$$y(x) = e^{ax} \frac{1}{D} e^{-ax} f(x) \quad (8)$$

(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 (3) – для простоти вважаємо, що *всіх* його корінь – прості.

$$y(x) = e^{a_1 x} \frac{1}{D} e^{-a_1 x} \cdot e^{a_2 x} \frac{1}{D} e^{-a_2 x} \cdot \dots \cdot e^{a_n x} \frac{1}{D} e^{-a_n x} \frac{f(x)}{b_n} = \frac{1}{P_n(x)} f(x) \quad (9)$$

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

Що собою являють записи (8) і (9)? Це просто символічний запис послідовних дій – алгоритму «множення на експоненту + наступне інтегрування». Однак сила його – у простоті запису! До речі, в останній рівності формули (9) 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 відомих" понять і процедур.

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 приходится робити і в процесі моделювання соціальні й економічні системи.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Доведіть за методом математичної індукції формулу (4).
Підказка: доведення побудуйте за наступним алгоритмом.
 А) спочатку доведіть рівність (4) при $P_n(D)=D$.
 Б) Потім по методу математичної індукції доведіть рівність (8) при $P_n(D)=D^n$.
 В) Потім доведіть рівність (4) у цілому.
 (Доведення наведене у підручнику В.П. Маслова "Операторні методи".)
2. Запишіть формулу (9) для *кратних* коренів символу – тобто для кратних коренів багаточлена $P_n(x)$.

Вирішіть операторним методом наступні диференціальні рівняння:

3. $5y'' + 35y' + 60y = 4x + 8,$

4. $4y' - 17y = 3\sin x + 12,$

5. $3y' + 7y = 4x + e^{5x} + 6,$

6. $y^{(4)} - y^{(2)} = e^{3x},$

7. $y^{(10)} + y^{(9)} = e^x,$

8. $y' + 3y = \sin x + e^x + 4$ з початковою умовою $y(0) = 3.$

9. $y' - 5y = e^{2x} - 4$ з початковою умовою $y(1) = 3.$

10. $y'' - 4y = x - 3$ з початковою умовою $y(0) = 7.$

Розділ 3. Рішення рівнянь Мальтуса та Ферхюльста.

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*.

Визначення. 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) *звужуються* 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 «пряника». 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:

$$\frac{dx}{dt} = k(x - x_0), \frac{d\Delta x}{dt} = k\Delta x, \Delta x = x - x_0 \quad (1)$$

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

В рівнянні (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 (1) записується у вигляді

$$\begin{aligned} \Delta x &= (x_1 - x_0) \exp(kt) \\ x &= x_0 + (x_1 - x_0) \exp(kt) \end{aligned} \quad (2)$$

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

Із (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 (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 XIX століття, а наприкінці XX століття до цього ж висновку прийшли й учені, що сформували 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 первісного положення, в подальшому стрімко віддалялася від нього як зазвичай далеко (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 можливим «гальмування» зміни характеристики системи? Наприклад, це можна зробити в такий спосіб: як тільки значення характеристики системи x почне наближатися 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 поточних характеристик системи. Як правило, ми отримуємо при цьому *нелінійні* диференціальні рівняння.

Наприклад, для рівняння (1) його «очевидна» модифікація виглядає так:

$$\frac{dx}{dt} = k(x)x \quad (3)$$

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 керуючого параметра від характеристик системи)

$$\frac{dx}{dt} = (1-x)x \quad (4)$$

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

У самому загальному випадку, *відхилення* від рівноважного – тобто від *стійкого* стану – описуються найчастіше в рамках *лінійного* підходу. Якщо навіть і розглядаються *нелінійні* добавки, то вони покладаються, у певному сенсі, «малими» у порівнянні з лінійними членами. Тому можна зробити висновки: 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 *економічної* величезна кількість задач має зовсім протилежний характер: необхідно управляти *процесом переведення* досліджуваної системи в той стан, який нам потрібний. Отже, основним об'єктом вивчення в економічній кібернетиці є саме *нелінійні* 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 Ферхюльста (4) можна записати у вигляді

$$x(t) = \frac{x_0 e^t}{1 + x_0 e^t} \quad (5)$$

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.

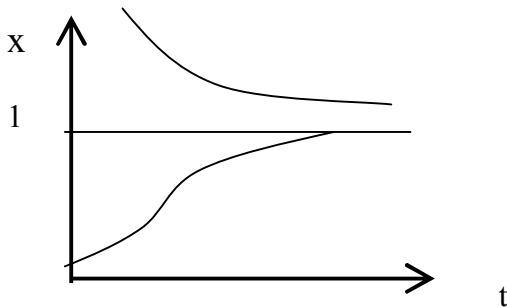


Рис. 1. Інтегральні криві (рішення) рівняння Ферхюльста.

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 Ферхюльста 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 Ферхюльста: «квота вилову» як модель оптимального управління.

Модель Ферхюльста 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 (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 (4) прийме вид

$$\frac{dx}{dt} = (1-x)x - c = -(x - \frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{4} - c) \quad (6)$$

З рівняння (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 установається 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 знищення системи – зникнення риб), і тому повинна бути визнана *неприпустимою*.

Інтегральні криві рівняння (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

$$\frac{dx}{dt} = (1-x)x - px = (1-p)x - x^2 \quad (7)$$

Тут величина px задає швидкість вилову риби. З (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 *максимальною*? 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 $p=1/2$.

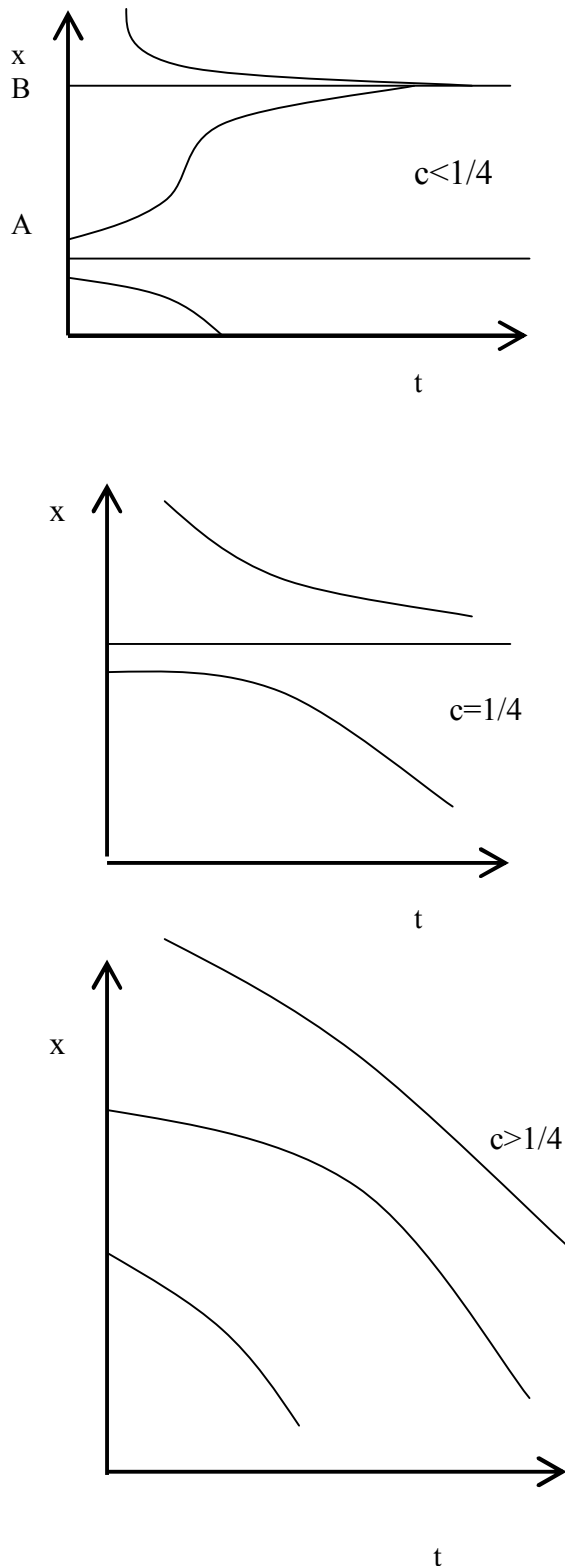


Рис. 2. Інтегральні криві рівняння (6) при різних значеннях c .

Таким чином, для задачі (7) максимальна швидкість вилову риби встановлюється на рівні $c=1/4$, - однак тепер, як легко бачити з (7), при цьому встановлюється *стійка* кількість риби.

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.

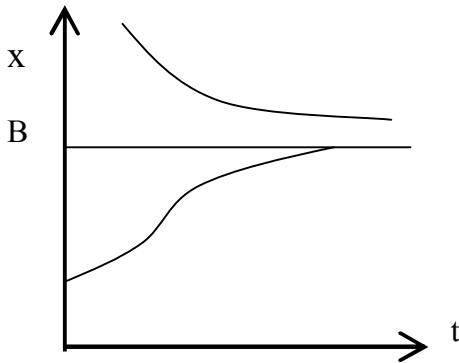


Рис. 3. Інтегральні криві рівняння (7).

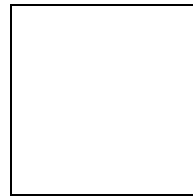
ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Рішити рівняння Мальтуса



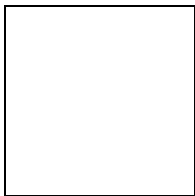
при $k=0,8$, $x_0=2$, $x(0)=0,5$.

2. Рішити рівняння Мальтуса



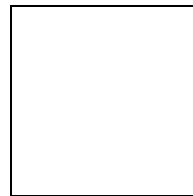
при $k=0,7$, $x_0=1,5$, $x(0)=0,4$.

3. Рішити рівняння Мальтуса



при $k=1,7$, $x_0=1,2$, $x(0)=1,4$.

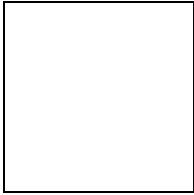
4. Рішити рівняння Мальтуса



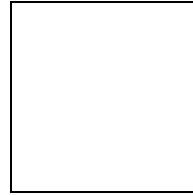
при $k=1,8$, $x_0=1,5$, $x(0)=2,4$.

5. Рішити рівняння Мальтуса

6. Рішити рівняння Мальтуса

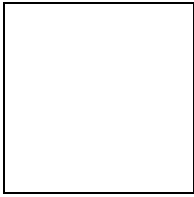


при $k=1,2$, $x_0=2,1$, $x(0)=0,4$.



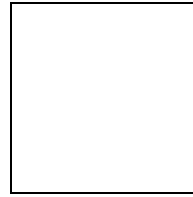
при $k=4,2$, $x_0=2,6$, $x(0)=4,4$.

7. Рішити рівняння Мальтуса



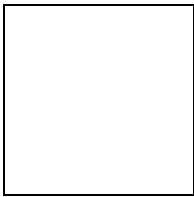
при $k=4,5$, $x_0=3,6$, $x(0)=1,4$.

8. Рішити рівняння Мальтуса



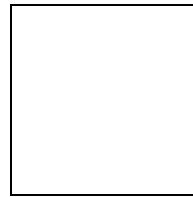
при $k=2,5$, $x_0=2,6$, $x(0)=2,4$.

9. Рішити рівняння Мальтуса



при $k=0,5$, $x_0=0,2$, $x(0)=0,4$.

10. Рішити рівняння Мальтуса



при $k=0,08$, $x_0=0,009$, $x(0)=0,005$.

Розділ 4. Рішення моделей Лотка-Вольтерра.

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

Виклад даної моделі ведеться на досить високому математичному рівні. Однак саме внаслідок цього вона виявляє собою досить повчальний приклад проведення моделювання, що допускає своє застосування до великої кількості самих різних систем. Нас, однак, цікавлять насамперед застосування цієї математичної моделі до біологічних та ергатичних систем, і проведення 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 біологічних чи ергатичних 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 біологічних чи ергатичних систем - БЕС. Оптимальною мовою для такого опису є мова теорії множин і топології: дійсно, кожен стан є класом 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 та класифікації БЕС. 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 БЕС. Як приклад реалізації загального підходу розглянуто випадок найпростішої для опису динаміки БЕС. Виклад ведеться на «теоретичному» рівні строгості, однак відновлення точного «математичного» рівня опису не представляє, як правило, утруднень.

Розглянемо наступну математичну структуру (Рис. 1).

Уведемо в розгляд простір E всіх можливих поточних значень параметрів, що характеризують БЕС у всіх точках простору-часу $x \in X$ (місто, країна, континент тощо). Тоді множину X можна розглядати як базу, над точками якої за допомогою відображення π^{-1} відновлюється якийсь шар $F_x \subset E$ можливих значень параметрів БЕС. Перехід до іншої точки простору-часу здійснюється за допомогою (групового або напівгрупового) перетворення $g \in G$ на

точках бази $g: x \rightarrow gx \in X$. Шар F_x при такому перетворенні переводиться в шар F_{gx} за допомогою відображення $U_x(g): F_x \rightarrow F_{gx} \subset E$. Задана конкретна реалізація БЕС виділяється деякою точкою $F_i \in F_x$ і при перетвореннях $g \in G$ на точках бази задає перетин $\sigma_i(x)$.

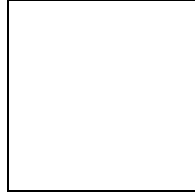


Рис. 1. Математичний опис станів біологічної чи ергатичної системи.

У математичному сенсі описана структура виявляє собою приклад головного розшарування над базою X , – дивись, наприклад, книги¹.

Уведемо тепер операцію e встановлення співвідношення соціально-економічної еквівалентності в просторі E_σ всіх орбіт перетинів $\sigma(x)$. Тоді всі можливі стани БЕС можуть бути класифіковані за допомогою (частково-упорядкованої) множини – «спектра станів БЕС», або, що еквівалентно фактор-множині $S = E_\sigma / e$.

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 БЕС.
- 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).

¹ 1) Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия.- М.:Наука,1979.- 760с. і 2) Рохлин В.А., Фукс Д.Б. Начальный курс топологии.-М.:Наука,1977.-488с.

- Увести співвідношення 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 БЕС проводиться за допомогою фактор-множини $S=E_\sigma/e$.

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

Розглянемо загальний опис взаємодії двох незалежних компонент біологічної системи – Φ^i і Φ^c : для них, зокрема, відсутній "закон збереження", тобто $\Phi_t^i + \Phi_t^c \neq \text{const}$.

Замкнуті БЕС.

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

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 $\Phi_t^i \otimes \Phi_t^c$. 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" $\Phi_{t=0}^i$ і $\Phi_{t=0}^c$ у загальному виді для замкнutoї БЕС записується так (причому мають місце природні обмеження $\Phi_t^i > 0$ і $\Phi_t^c > 0$)

$$\begin{cases} \Phi_{t+1}^i = \Phi_t^i + \alpha_i(\Phi_t^c) \cdot \Phi_t^i \\ \Phi_{t+1}^c = \Phi_t^c + \alpha_c(\Phi_t^i) \cdot \Phi_t^c \end{cases} \quad (1)$$

Ми розглядаємо поки що БЕС за припущення, що вона *не обмінюється* з навколишнім середовищем речовиною, енергією, 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_t^i і Φ_t^c , а також урахування однорідності групи $T=Z$ приводить до розподілу знаків для (α_i, α_c) , показаному на Рис. 2 (неважко показати, що будь-який інший простий

випадок спрямляємо до цього типу - дивись, наприклад, книги². У безрозмірних змінних найпростіший вибір є

$$\begin{cases} \alpha_i(\Phi_t^c) = 1 - \Phi_t^c \\ \alpha_c(\Phi_t^i) = \beta(\Phi_t^i - 1) \end{cases} \quad (2)$$

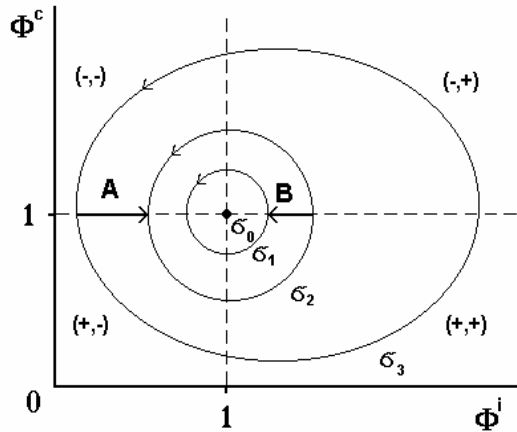


Рис. 2. Розподіл знаків на фазовій площині моделі БЕС.

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^c, Φ^c) - дивись Рис. 2, де воно природно розбивається на пряму суму просторів

$$\left[\left(\begin{pmatrix} \Phi^i > 0 \\ \Phi^c > 0 \end{pmatrix} \setminus \begin{pmatrix} \Phi^i = 1 \\ \Phi^c = 1 \end{pmatrix} \right) \oplus \begin{pmatrix} \Phi^i = 1 \\ \Phi^c = 1 \end{pmatrix} \right] \quad (3)$$

Таким чином, множина $\mathcal{S}$ 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, $\Phi_{t+T}^c = \Phi_t^c$).

² 1) Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия.- М.:Наука,1979.- 760с. и 2) Рохлин В.А., Фукс Д.Б. Начальный курс топологии.-М.:Наука,1977.-488с.

Таким чином, у рамках найпростішої моделі взаємозв'язку вільних і зв'язаних фінансів для замкнутої БЕС (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 БЕС, такі як «періодичність» і зміна характеристик стану БЕС (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. 2).

Необхідно також відзначити, що урахування біологічних/ергатичних факторів приводить до виділення орбіт з $\Phi_m^i < \Phi_{cr}^i < 1$ (де Φ_{cr}^i - певне критичне значення Φ^i), які є «небезпечними» для БЕС у тому розумінні, що залишають занадто малий резерв запасу значень параметрів системи 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 (2). Однак важливість цієї простої моделі полягає в тому, що вона справедлива *завжди* для будь-якої замкнутої БЕС в «небезпечній області» - тобто для орбіт, далеких від *рівноважної* точки I (дивись Рис. 2) і тому представляє безсумнівний практичний інтерес.

Оскільки на «кожному обороті» може відбуватися «збільшення» певних характеристик БЕС за рахунок зовнішніх керуючих впливів, то може відбуватися своєрідне «розкручування» системи - перехід її на «відділені» орбіти. Наша модель дає можливість побудувати управління БЕС таким чином, щоб утримувати її увесь час в «безпечних» станах. Варто також врахувати наявність «різного часу обертання» - 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 незамкнутих (відкритих) БЕС.

У загальному випадку зовнішній вплив на БЕС 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 БЕС.

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 (дивись, наприклад³).

Отже, рівняння (1) - (2) для відкритої БЕС при постійному зовнішньому впливі приймуть вигляд

³ Баутин Н.Н., Леонтович Е.Л. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости.-М.:Наука,1976.-496с.).

$$\begin{cases} \frac{d\Phi^i}{dt} = \Phi^i(1 - \Phi^c) - a \\ \frac{d\Phi^c}{dt} = \beta \cdot \Phi^c(\Phi^i - 1) + d \end{cases} \quad (4)$$

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

$$\begin{cases} \Phi_0^c = \frac{(1-a+b)}{2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4b}{(1-a+b)^2}} \right) \\ \Phi_0^i = \Phi_0^c + a - b \end{cases} \quad (5)$$

Тут позначено $b=d/\beta$.

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

$$\begin{cases} {}_1\Phi_0^i \approx 1-b \\ {}_1\Phi_0^c \approx 1-a \end{cases}; \quad \begin{cases} {}_2\Phi_0^i \approx a \\ {}_2\Phi_0^c \approx b \end{cases} \quad (6)$$

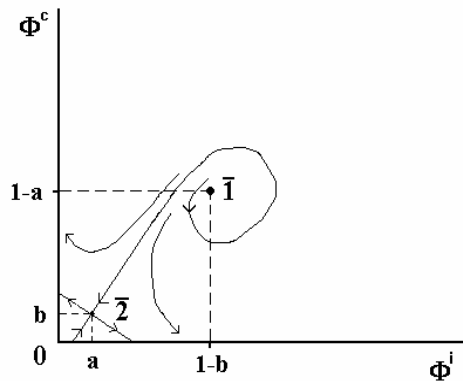


Рис. 3. Нестійкий фокус для моделі відкритої БЕС.

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. 3.
- при $a < b$ точка 1 є стійкий фокус, а 2 - сідло, дивись Рис. 4.

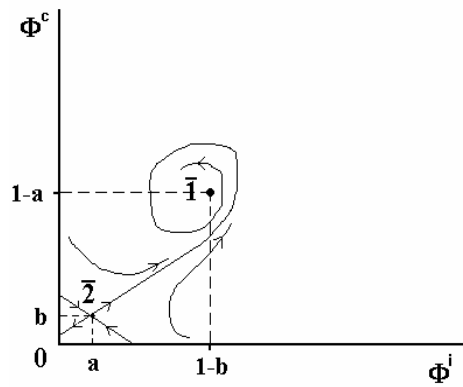


Рис. 4. Стійкий фокус для моделі відкритої БЕС.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Привести розмірне рівняння Лотка-Вольтерра

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax - bxy \\ \frac{dy}{dt} = -cy + kxy \end{cases}$$

до безрозмірного виду.

2. Написати своїми словами (можна на конкретному прикладі) алгоритм для знаходження станів системи.

3. Описати та навести схематичні рисунки для можливих способів переведення системи Лотка-Вольтерра з одного стану до іншого.

4. Використовуючи комп'ютерний пакет Mathcad намалювати рішення для відкритої моделі Лотка-Вольтерра.

Розділ 5. Побудова та дослідження рівняння Фокера-Планка.

Процеси «без пам'яті» - марківські процеси.

Розглянемо біологічну чи ергатичну 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 : $i \rightarrow k$, 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 $i \rightarrow k$ в *ймовірнісному* 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 переходи 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 моделювання біологічних та ергатичних систем - 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).

Визначення. 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 сьогоднішнього*» 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

$$dX_t = [h(X_t) + \lambda g(X_t)]dt + \sigma g(X_t) \circ dW_t \quad (1)$$

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

$$\lambda_t = \lambda + \sigma \zeta_t \quad (2)$$

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 (1) перший член є, 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 вище 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 (1) 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

$$\frac{\partial P(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[h(x) + \lambda g(x) + \frac{\sigma^2}{2} g(x) \frac{dg(x)}{dx} \right] P(x, t) \right\} + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [g^2(x) P(x, t)] \quad (3)$$

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 (3) називається *прямим* рівнянням Колмогорова, або частіше – особливо в англійській математичній та фізичній літературі – рівнянням Фокера-Планка. Відзначимо, що, у загальному випадку, можуть бути *різні* інтерпретації рівняння (1) – відповідно вийдуть і *різні* рівняння Фокера-Планка. За деталями рекомендуємо звернутися до спеціальної літератури.

Для широкого класу рівнянь виду (1) рівняння (3) допускає *стаціонарне* рішення. Це означає, що для довільного виду *початкової* щільності ймовірності із часом устанавлюється *стаціонарна* щільність імовірності, або, іншими словами, має місце асимптотичний закон $P(x, t) \rightarrow P_s(x)$ при $t \rightarrow \infty$. Користуючись формулами (1) або (3) можна навіть записати формулу такої стаціонарної щільності ймовірності. Вона задається формулою

$$P_s(x) = \frac{N}{g(x)} \exp \left(\frac{2}{\sigma^2} \int \frac{h(u) + \lambda g(u)}{g^2(u)} du \right) \quad (4)$$

Тут N – нормувальний множник, що обчислюється по формулі

$$N^{-1} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{g(x)} \exp\left(\frac{2}{\sigma^2} \int \frac{h(u) + \lambda g(u)}{g^2(u)} du\right) dx \quad (5)$$

Якщо обчислене значення N кінчене, то тоді стаціонарна щільність імовірності існує і для її обчислення має місце формула (4). Таким чином, отримано простий алгоритм дій: якщо є задача, що задається рівнянням виду (1), то ми обчислюємо для неї інтеграл (5). Якщо він кінченний - то задача допускає існування стаціонарної щільності ймовірності, вираз для якої може бути обчислений по формулі (4). (Відзначимо, що, взагалі кажучи, можуть зустрічатися випадки, коли інтеграл, що стоїть під знаком експоненти в (4), є невласним, - тоді задача вимагає спеціального дослідження.)

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.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. За рівнянням (1) при

$$\begin{aligned} h(x) &= 1 - x \\ g(x) &= 2 + \sqrt{x} \end{aligned}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

2. За рівнянням (1) при

$$\begin{aligned} h(x) &= 1 - x^2 \\ g(x) &= 2 + x \end{aligned}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

3. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - \sin x$$

$$g(x) = 2 + x$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

4. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - x^3$$

$$g(x) = 2 + \sqrt{x^3}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

5. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - \ln x$$

$$g(x) = 2 + \sqrt{|\cos x|}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

6. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - x^5$$

$$g(x) = \ln(x^2 - 34x) + \sqrt{x}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

7. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - x^6$$

$$g(x) = x^2 - \ln 2 + \sqrt{x}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

8. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - e^x$$

$$g(x) = 2e^x + \sqrt{x}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

9. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 1 - \ln x + 23 \operatorname{tg} x$$

$$g(x) = 2 + e^x \cdot \sqrt{x}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

10. За рівнянням (1) при

$$h(x) = 5 - \sqrt{x}$$

$$g(x) = 2 \sin 3x + 4\sqrt{x}$$

Побудувати відповідне рівняння Фокера-Планка (3).

Задачі 11 – 20.

Для задач 1 – 10 дослідити отримане рівняння Фокера-Планка на стаціонарність та записати, користуючись формулою (4.4) його рішення (якщо воно є). Записати вираз для нормувального множника та обчислити інтеграл (5), - якщо він береться.

Розділ 6. Виведення алотропічної формули для залежності тривалості життя живих організмів від їх маси. Біологічна інтерпретація.

В цьому розділі наведено *приклад* застосування загальної методології побудови моделей до дослідження конкретної проблеми опису *загальних закономірностей* біологічних систем.

Ми навидимо матеріал у вигляді *наукової статті*, яку в деталях буде розібрано на практичних заняттях. Завдяки цьому у студента виникає можливість здобути навички в застосування наукових результатів, - що є вельми важливим для його активної участі в інноваційній економіці.

Короткий виклад опубліковано у вигляді статті Шиян А.А. Вывод соотношения между массой и продолжительностью жизни живых организмов // Докл. НАН України. - 1997. - №1. - С.183-185.

Вступ.

Проблеми, пов'язані з тривалістю життя живих організмів, мають явно виражені як фундаментальні, так і прикладні аспекти. Серед перших можна виділити круг задач, пов'язаних з виявленням причин, що обмежують життя тварин, - проте з-посеред існуючих 300 гіпотез (Фролькіс, Мурадян, 1988) поки що жодна неспроможна зв'язати цей параметр з якимись фізичними кількісними характеристиками живого об'єкта. Важливість же для прикладних задач такого параметра, як тривалість життя, зумовлена перш за все тим, що продуктивність живих організмів може бути виражена через тривалість їх життя: наприклад, для гідробіонтів ця залежність має вигляд $C = kT^n$, де C - питома продуктивність тварин, T - тривалість їх життя, $k > 0$ і $n > 0$ - певні коефіцієнти (Алімов, 1995; Заїка, 1983).

Нещодавно на великому об'ємі матеріалу було показано існування тісної кореляції між тривалістю життя T і масою m для великого числа видів живих організмів - як рослин, так і тварин (Метельський, 1995). Проте причини, що приводять до такого співвідношення, залишаються все ще невиясненими.

Нижче наведено модель для способу кількісного виведення співвідношення між тривалістю життя живих організмів і їх масою.

Метод.

Виходитимемо з прийнятого в сучасній біології рівняння для еволюції маси живих організмів, записаного у вигляді

$$\frac{dm}{dt} = cm^a - dm^b \quad (1)$$

Рівняння (1) звичайно називають рівнянням Берталанфі - про його виведення та інтерпретацію дивись, наприклад, (Вінберг, 1966; Заїка, 1983; Bertalanffy, 1938).

Рівняння (1) дозволяє ввести поняття «дефінітивної» маси для даних живих організмів m_0 , яка знаходиться із стаціонарного рішення (1) шляхом прирівняння правої його частини нулю.

$$m_0 = \left(\frac{c}{d} \right)^{\frac{1}{b-a}} \quad (2)$$

Очевидно, значення дефінітивної маси m_0 досягне лише при $b > a$ - це співвідношення ми вважатимемо надалі виконаним завжди.

Оскільки, як правило, «початкова» (наприклад, відразу ж після народження для ссавців) і дефінітивна маси для живих організмів зв'язані співвідношенням

$$m_{нач} \ll m_0, \quad (3)$$

то характерний час τ_0 , необхідний для досягнення дефінітивної маси може бути оцінений наступним чином

$$\tau_0 = \frac{m_0^{1-a}}{(1-a)c} \quad (4)$$

Фактично, час τ_0 являє собою характерний (але не повний!) час зростання даних живих організмів: саме протягом цього часу і триває їх найінтенсивніше зростання.

Приймемо наступне Припущення.

(А) Тривалість життя T для живих організмів прямо пропорційна характерному часу τ_0 , який є необхідним для досягнення їх дефінітивної маси.

Тоді приходимо до співвідношення

$$T = A m^p \quad (5)$$

Тут позначено

$$p = 1 - a \quad (6)$$

Результати і обговорення.

Припущення (А) фактично означає, що природною дискретною величиною для вимірювання тривалості життя T живих організмів є характерна

тривалість τ_0 стадії їх онтогенезу. На користь цього свідчить та обставина, що характерні періоди початкових фізіологічних циклів ссавців і птахів представлені у вигляді (5) з показником, практично співпадаючим з p (Gunter, Guerra, 1955; Alexander, 1971; Lindstedt, Calder, 1981; Шмідт - Нієльсен, 1987).

Цікаво також, що припущення про зв'язок залежності вигляду (5) між тривалістю життя еукаріот і масою живих організмів, яке приведено в (Метельській, 1995), знаходить у формулі (6) своє безпосереднє підтвердження.

Припущення (А) приводить також до наступного співвідношення для передекспоненціальних чинників

$$\frac{T}{\tau_0} = A \cdot c = Q \quad (7)$$

Тут $Q = \text{const}$ і, в загальному випадку, може залежати від виду живих організмів. Співвідношення (7) може бути природно ототожнено із кількістю повних циклів «оновлення» організму в процесі життя. Таке трактування закладає досить широкі можливості для переходу від запропонованої вище інтерпретації до існуючих моделей для механізмів старіння - дивись, наприклад, (Фролькис, Мурадян, 1988). Воно також дозволяє запропонувати нові кількісні підходи для обробки експериментальних даних (більш детально це буде описано в окремій роботі).

В (Метельській, 1995) на базі великого експериментального матеріалу знайдено значення $p=0,3$ для формули (5). Цьому значенню відповідає $a=0,7$, що близьке до значення $a_{теор}=2/3$, запропонованого Берталанфі (Заїка, 1983).

Таким чином, наявна експериментальна інформація про чисельні значення параметрів a і p , одержана незалежними методами, дозволяє провести перевірку виведеного нами співвідношення (6). Дані, наведені в Таблиці, свідчать про досить добре виконання цього співвідношення.

Дамо деякі пояснення до Таблиці.

Слід зазначити, що показник $p=0,3$ (Метельській, 1995), виявлений для вибірки живих організмів з надцарства еукаріот, охоплює різні біологічні види: як одноклітинні, так і багатоклітинні, як рослини, так і тварини. Для конкретних же видів живих організмів показник p може змінюватися: наприклад, для ссавців і птахів знайдено $0,193 < p < 0,290$ - см. (Метельській, 1995) і посилання там.

В (Гаврілов, 1995) знайдено для куликів $p=0,206 \pm 0,064$ (зрівняйте з $p=0,25 \pm 0,03$ у (Метельській, 1995)), а з даних (Заїка, 1983, с.31) знаходимо значення $a=0,75$ для вивідкових птахів - таким чином, співвідношення (6) $p=1-a$ виконується досить добре. Цікаво, що з даних (Заїка, 1983, с.31) знаходимо $a=0,861$ для «птенцовых» птахів, звідки з використанням (6) одержуємо $p=0,139$ - ця величина добре відповідає приведеним в (Гаврілов, 1995; Паєвській, 1985) значенням $0,13 < p < 0,15$, що знову ж таки підтверджує співвідношення $p=1-a$.

Перевірка виконання співвідношення $p=1-a$ з (6).

№ п/п	Групи живих організмів	$a_{\text{експ}}$, (джерело)	$p_{\text{теор}}$, розрахунок за $p_{\text{теор}}=1-a_{\text{експ}}$	$p_{\text{експ}}$, (джерело)
1.	Загальне для надцарства еукариот	0,78±0,08 * (Хайлов і ін., 1992)	0,22±0,08	0,30±0,02 (Метельський, 1995)
2.	Загальне для рослин	0,77±0,09 (Хайлов і ін., 1992)	0,23±0,09	0,29±0,03 ** (Метельський, 1995)
3.	Тварини	0,76 *** (Алимов, 1992)	0,24	0,27±0,01 **** (Метельський, 1995)
4.	Ссавці (окрім приматів)	0,898 (Заїка, 1983)	0,102	----
5.	Примати	0,787 (Заїка, 1983)	0,213	----
6.	Вивідкові птахи	0,75 (Заїка, 1983)	0,25	0,206±0,064 (Гаврілов, 1995); 0,25±0,03 (Метельський, 1995)
7.	Пташині птахи	0,861 (Заїка, 1983)	0,139	0,13 < p_{експ} < 0,15 (Паєвський, 1985)
8.	Комахи	---	a_{теор}=1- p_{експ}= =0.61±0,08	0,39±0,08 (Метельський, 1995)

Примітка: * - одержано в припущенні, що швидкість росту живих організмів пропорційна площі їх ефективної поверхні;

** - дерева і чагарники;

*** - пойкилотермні тварини;

**** - тварини в цілому.

В (Хайлов і ін., 1992) для надцарства еукаріот приведено загальний вираз для показника r в співвідношенні $S=const \cdot m^r$, що зв'язує масу m живих організмів з їх ефективною поверхнею S : $r=0,78\pm0,08$. Припускаючи, що швидкість приросту маси є пропорційною ефективній поверхні живих організмів, тобто вважаючи припущення $r=a$ виконаним, знаходимо $p=0,22\pm0,08$, що включає як значення $p=0,3$ (Метельський, 1995), так і охоплює практично всю

область мінливості показника p - дивись (Метельській, 1995) і посилання там. Цікаво також, що з даних (Алімов, 1992) для пойкилотермних тварин можна знайти з використанням співвідношення (6) $p=0,24$, що знову ж таки добре співпадає з приведеними вище величинами.

Таким чином, співвідношення (4) - (7) можуть бути покладені в основу розробки нових способів постановки експериментів і методів кількісної інтерпретації широкого круга біологічних даних з різною спрямованістю (від фундаментальних до прикладних), - наприклад, в Додатку стисло описана математична модель для інтерпретації розподілу сукупності живих організмів одного виду за тривалістю їх життя.

На закінчення відзначимо, що співвідношення (6), що зв'язує показники ступеня в залежності від маси для різних морфологічних і функціональних характеристик живих організмів, є, ймовірно, одним, є в сучасній біології з небагатьох.

Додаток.

Для даного біологічного виду живих організмів, згідно вищесказаному, можна покласти $Q=const$. Тоді мінливість параметра A , що входить в співвідношення (5) і (7), всередині даного біологічного вигляду буде обумовлена лише мінливістю коефіцієнта z , визначального інтенсивність процесу приросту маси. Про наявність мінливості A свідчать, наприклад, результати експериментальних даних (Гаврілов, 1995). Цікаво, що варіабельність в соціальній організації куликів, досліджених в (Гаврілов, 1995), безпосередньо виявляється в особливостях живлення пташенят - і, отже, приводить до мінливості в коефіцієнті z (відзначимо, що достовірне відмінності в A спостерігалися саме при таких соціальних структурах, які розрізнялися режимами живлення пташенят).

Враховуючи це, замість (1) приходимо до стохастичного рівняння для опису динаміки маси живих організмів даного біологічного вила

$$\frac{dm}{d\tau} = \lambda m^a - m^b + \xi_t \cdot m^a \quad (\text{П.1})$$

де $m_0 = \lambda^{1/(b-a)}$ - дефінітивна маса, а ξ_t - флуктуації.

Розглянемо аналітично точно вирішуваний випадок білого шуму, коли $\langle \xi_t^2 \rangle = \sigma^2$.

Упускаючи математичні деталі (дивись (Хорстхемке, Лефевр, 1987) та розділ 3 нашого навчального посібника), приведемо остаточний вираз для стаціонарної щільності вірогідності (розподіли) живих організмів по масах:

$$P_s(m) = N_1 \cdot m^{-a} \exp \left\{ \frac{2\lambda m^{1-a}}{(1-a)\sigma^2} \left[1 - \frac{(1-a)m^{b-a}}{\lambda(b+1-2a)} \right] \right\} \quad (\text{П.2})$$

де N_1 - множник нормування.

Рівняння (П.1) і (П.2) інваріантні щодо групи перетворень $m=kT^{1/p}$, де $k>0$ і $p>0$ - деякі константи. Це значить, що вид розподілів (П.2) зберігається і для розподілу по часах життя T , але із зміненими значеннями параметрів.

Таким чином, для розподілу живих організмів одного і того ж біологічного вигляду за тривалістю життя з використанням співвідношення (6) одержуємо формулу

$$P_s(T) = N_2 \cdot \exp \left\{ \frac{2T}{T_0 \cdot \sigma_T^2} \left[1 - \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{b+p-1}{p}} \cdot \frac{p}{b+2p-1} \right] \right\} \quad (\text{П.3})$$

де N_2 - нормувальний множник, а σ_T^2 - безрозмірна інтенсивність шуму, T_0 - «дефінітивна» (по аналогії з масою) тривалість життя для даного біологічного вигляду, а b - показник ступеня в рівнянні (1) для динаміки маси живих організмів цього біологічного вигляду (оскільки часто вважають $b=1$ (Заїка, 1983), то розподіл (П.3) вироджується в розподіл Гауса).

Формулу (П.3) було б украй цікаво порівняти з експериментальними даними. Відзначимо, що виведення цієї формули реалізує собою приклад переходу від розподілу по одній морфологічній або функціональній характеристиці живих організмів до іншої.

Список літератури.

Алимов А.Ф. Закономерности изменений структурных и функциональных характеристик сообществ гидробионтов // Гидробиологический журнал. - 1995. - Т.31, №5. - С.3-11.

Винберг Г.Г. Скорость роста и интенсивность обмена у животных // Успехи современной биологии. - 1966. - №6. - С.274-293.

Гаврилов В.В. Связь максимальной продолжительности жизни с социальной организацией у свободноживущих куликов (CHARADRII, AVES) // Журнал общей биологии. - 1995. - Т.56, №5. - С.529-538.

Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. - Киев: Наукова думка, 1983. - 208 с.

Метельский С.Т. Связь продолжительности жизни эукариот (животных и растений) с некоторыми их физическими характеристиками // Журнал общей биологии. - 1995. - Т.56, №6. - С.723-735.

Паевский В.А. Демография птиц. - Л.: Наука, 1985. - 285 с.

Фролькис В.В., Мурадян Х.К. Экспериментальные пути увеличения продолжительности жизни. - Л.: Наука, 1988. - 246 с.

Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. - Киев: Наукова думка, 1992. - 280 с.

Хорстхемке В., Лефевр Р. Индуцированные шумом переходы, Теория и применение в физике, химии и биологии. - М.: Мир, 1987. - 400 с.

- Шмидт - Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? - М.: Мир, 1987. – 259 с.
- Alexander R.McN. Size and shape. - Institute of Biology, Studies in Biology, 1971. - N29. – 314 p.
- Bertalanffy L., von. A quantitative theory of organic growth// Hum. Biol. - 1938. - V.10,N2. - P.181-213.
- Gunter B., Guerra E. Biological similarities// Acta physiol. Lat. Am. - 1955. - V.5. - P.169-186.
- Lindstedt S.L., Calder W.A. Body size, physiological time, and longevity of homeothermic animals// Quart. Rev. Biol. - 1981. - V.59. - P.1-16.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Вивести вираз для «дефінітивної» маси БС (2). Дати визначення «дефінітивної» маси та описати її смисл, виходячи із рівняння (1).
 2. Використовуючи комп'ютерну програму Mathcad намалювати кілька рішень рівняння (1) для різних значень параметрів, які туди входять.
 3. Використовуючи комп'ютерну програму Mathcad і рівняння (1), знайти час, протягом якого БС досягає $0,5m_0$, $0,6m_0$, $0,7m_0$, $0,8m_0$, $0,9m_0$, $0,95m_0$. Порівняти отримані результати з τ_0 , яке обрахувати за для тих же параметрів рівняння (1).
 4. Вивести з (П.1) формулу (П.2).
 5. З використанням співвідношення $m=kT^{1/p}$ перейти від формули (П.) до формули (П.3).
- Вказівка.* Не забути, що ми маємо справу з щільністю ймовірності, і тому потрібно враховувати нормувальний інтеграл при заміні змінної.

Розділ 7. Виведення формул для спектру розмірів біологічних організмів у зовнішньому середовищі. Біологічна інтерпретація. Застосування.

В цьому розділі наведено *приклад* застосування загальної методології побудови моделей до дослідження конкретної проблеми опису *загальних закономірностей* біологічних систем.

Ми навидимо матеріал у вигляді *наукової статті*, яку в деталях буде розібрано на практичних заняттях. Завдяки цьому у студента виникає можливість здобути навички в застосування наукових результатів, - що є вельми важливим для його активної участі в інноваційній економіці.

Нижче наведено матеріали *двох* статей на різні теми, в яких використано різні варіанти однієї й тієї ж моделі.

1. Опубліковано у вигляді статті Shiyon A.A. The Mass distribution of Biological Systems as a Characteristic of Their Interaction with the Surrounding Medium // Biophysics. - 1997. - V.42. - P.1173-1178. Рисунки не заводяться.

Вступ.

Взаємодія біологічних систем (БС) з оточенням традиційно описується методами, що відносяться до різних наукових дисциплін. Останніми роками найбільш активно ці питання вивчаються в рамках екології, де основну увагу звернуто на дослідження взаємозв'язку БС і навколишнього середовища на рівнях як окремих організмів, так і їх сукупностей. Перспективним представляється використання всієї БС або їх сукупності як детектор на зовнішню дію, хоча при цьому виникає необхідність в знаходженні параметрів, які могли б найбільш інформативно свідчити про специфіку взаємодії БС і навколишнього середовища (дивись, наприклад, в [1]).

Наведений нижче матеріал присвячено розробці методу використання функції розподілу БС за масами як характеристики для ступеня взаємодії між системою однорідних БС (наприклад, одного біологічного виду, статі і віку) з їх оточенням. Самі ж БС при цьому розглядаються на рівні сукупності окремих цілісних організмів: як одноклітинних, так і багатоклітинних, як рослин, так і тварин.

Розподіл БС за масами як інформативний параметр.

Про важливість для екологічних задач такої характеристики, як маса, свідчить широке розповсюдження алометричних формул, що виражають залежність морфологічних або функціональних характеристик БС від їх маси [2-4]. Поява розподілу БС за масами зумовлена впливом як мінливості (флуктуацій) в трофічних ланцюгах, так і флуктуаціями параметрів навколишнього середовища. Наприклад, для рослин це можуть бути флуктуації освітленості або температури, для тварин - наслідок мінливості характеристик рослин (а

для хижаків це особливо наочно, оскільки сам процес полювання є процес стохастичний).

Деякі з БС - наприклад, тварини - внаслідок своєї рухової активності є природними «усереднювачами» флуктуацій просторових характеристик зовнішнього середовища (що виявляються перш за все через просторовий розподіл їжі). Різноманітність у фенотипічному прояві генотипу призводить до того, що існуватиме певний оптимум пошукової (харчовий) рухової активності тварин. Отже, з'явиться також і зумовлена цим компоненту в розподілі БС за масами. При зміні умов зовнішнього середовища змінюватимуться також і характеристики такого оптимуму, отже - і параметри експериментальних спектрів мас $P_e(m)$ (наприклад, недавні експерименти [5] показали, що у відповідь на зовнішню дію популяція лімфоцитів змінює свій розподіл за масами).

В загальному випадку розподіл БС за масами можна представити як суперпозицію двох (нелінійно підсумовуваних, - дивись нижче) складових: постійної, зумовленої генотипічними особливостями (що проявляється у фенотипі як на морфологічному, так і на функціональному рівнях), і змінної, зумовленої впливом мінливості навколишнього середовища.

Кількісний опис характеристик розподілу БС за масами.

Введемо клас моделей, який може бути використаний для кількісного опису параметрів розподілів БС за масами.

Динаміка зміни маси одиничної БС може бути описана наступним рівнянням

$$\frac{dm}{dt} = cm^a - dm^b, a < 1, a < b \quad (1)$$

Тут a, b, c і d - деякі параметри, що характеризують даний вид БС⁴ [2-4].

Перший член справа в (1), $Q = cm^a$, відповідає швидкості приросту маси внаслідок споживання їжі, причому коефіцієнт a знаходиться експериментально і вважається незмінним для особин даної популяції [3,4]. Коефіцієнт c пропорційний так званому коефіцієнту засвоюваності їжі [3] (тобто відношенню засвоєної їжі до спожитої) і тому може флуктувати внаслідок причин як генетичних (наприклад, індивідуальної мінливості ступеня засвоюваності їжі), так і зумовлених мінливістю зовнішнього середовища (визначаючої, наприклад, саму кількість спожитої їжі).

Другий член, $R = dm^b$, виражає швидкість витрат енергії на підтримку життя в БС, - наприклад, яка витрачається з диханням (дивись [2,3,6,7]), причому коефіцієнт b , як і a , також приймається постійним. Він характеризує БС даній популяції.

⁴ Наприклад, для гідробіонтів [3]: *Artemia salina*: $a=2/3$, $b=1$, $c=0,27$, $d=0,182$ (m - в грамах сухої маси, t - доба); *Orchestia bottae*: $a=3/4$, $b=1$, $c=2,304$, $d=0,0572$; *Xatho hydrophilus*: $a=0,773$, $b=1$, $c=9,24$, $d=0,0176$ (останні два: m - в грамах сирої маси, t - доба).

В загальному випадку в параметрах a і b повинна знаходити свій вираз ієрархічна і фрактальна структура БС⁵. Для обробки експериментальних даних по зростанню БС найбільш часто використовуються значення $a=2/3$ і $b=1$ (дивись [3], де приведений обширний матеріал по гідробіонтах). Відзначимо, що, ймовірно, саме внаслідок фрактальної природи показників a і b спроби надати ясне біологічне значення параметрам a , b , c і d поки що виявилися безуспішними (дивись, наприклад, [3]).

Отже, для популяції, що вивчається, a і b можна вважати константами. Параметр d входить в комплекс, що описує процес дихання - окислення білкових з'єднань до найпростіших форм, що відбувається практично однаково у всіх особин популяції, і тому можна покласти $d=const$ (наприклад, це допущення буде обґрунтованим для ценозів, існуючих при постійній температурі).

Параметр же c , як вказувалося вище, має зумовлену мінливістю зовнішнього середовища флуктуаційну складову, і тому (1) повинне бути записано у вигляді стохастичного рівняння

$$\frac{dm}{dt} = \lambda m^a - m^b + \zeta_t \cdot m^a \quad (2)$$

Тут $\tau=dt$, $\lambda=c_0/d$, $\xi_\tau=(c_t/d)/_{t=\tau/d}$. Значення $c_0=const$ задає середній рівень швидкості приросту маси внаслідок споживання їжі, а c_t - зумовлена мінливістю як фенотипу, так і зовнішнього середовища.

Специфіка (2) задається видом шуму ξ_τ . Оскільки $a < b$, стаціонарний стан досягається завжди. Тоді в загальному випадку рівняння (2) може бути охарактеризовано залежною від часу щільністю вірогідності розподілу мас $P(m,t)$, яка з часом прагне стаціонарній $P_s(m)$ [9].

Далі розглянемо аналітично точно вирішуваний випадок, коли флуктуації ξ_τ є білим шумом інтенсивності $\langle \xi_\tau^2 \rangle = \sigma^2$. Це наближення правильно описує головний внесок коротко-скоррелизованих зовнішніх дій [9] (як часових, так і просторових - в останньому випадку таке наближення може бути виправдано при просторовій вибірці БС і трактуванні експериментального розподілу $P_e(m)$ як характеристики для всієї тої області, звідки відбираються БС).

З (2) може бути сконструйовано рівняння Фоккера-Планка для розподілу $P(m,t)$ у відповідній нашому випадку інтерпретації Стратоновича (дивись [9]), стаціонарне рішення якого є

⁵ Фрактальні властивості БС виявляються, наприклад, в залежності $m=kL^n$, де L - характерні лінійні розміри самої БС або її органів, $k=const$. Так, для кальмара *Stehonoteuthis pteropus* маємо [3] $m=0,0199L^3,766$, m - сира маса, грами, L - довжина мантиї. Відзначимо, що рівняння (1) інваріантне щодо групи перетворень $m=kL^n$ при $n>0$, тому одержані в роботі співвідношення будуть справедливими і для L .

$$P_s(m) = \frac{N}{m^a} \cdot \exp \left[\frac{2\lambda m^{1-a}}{(1-a)\sigma^2} \left(1 - \frac{1-a}{\lambda(b+1-2a)} \cdot m^{b-a} \right) \right] \quad (3)$$

Тут N - константа нормування.

Екстремуми щільності ймовірності знаходяться як рішення наступного рівняння

$$\lambda - m^{b-a} = \frac{1}{2} a \sigma^2 m^{a-1} \quad (4)$$

Неважко бачити, що при $\sigma^2 < \sigma_c^2$, де

$$\sigma_c^2 = \frac{2}{a} \cdot \left(\frac{\lambda}{y^x + y^{x-1}} \right)^{\frac{1}{x}}, y = \frac{1-a}{b-a}, x = \frac{1-a}{b+a-2a}, \quad (5)$$

цілність ймовірності $P_s(m)$ має максимум і мінімум, а при $\sigma^2 > \sigma_c^2$ - монотонно спадає. Таку поведінку щільності ймовірності називають *індукованим шумом переходом* [9].

Вираз (3) можна переписати в автомоделному вигляді по відношенню до детермінованого («дефінітивного» - по термінології [3]) значення маси $m_0 = \lambda^{1/(b-a)}$:

$$P_s(M) = \frac{N(m_0, \alpha)}{M^a} \cdot \exp \left[\frac{a(y^x + y^{x-1})^{\frac{1}{x}} \cdot M^{1-a} \alpha^2}{(1-a)} \left(1 - \frac{1-a}{b+1-2a} \cdot M^{b-a} \right) \right] \quad (6)$$

де позначене $M = m/m_0$ і $\alpha^2 = \sigma_c^2 / \sigma^2$, а

$$N(m_0, \alpha) = A(\alpha) \cdot m_0^{a-1}$$

$$A^{-1}(\alpha) = \int_0^\infty dM \cdot M^{-a} \cdot \exp \left[\frac{a(y^x + y^{x-1})^{\frac{1}{x}} M^{1-a} \alpha^2}{(1-a)} \left(1 - \frac{1-a}{b+1-2a} M^{b-a} \right) \right] \quad (7)$$

Для випадку $b=1$ [3], який часто використовується, $A(\alpha^2)$ знаходиться аналітично і дорівнює

$$A(\alpha^2) = \frac{2\alpha\sqrt{2a(1-a)} \cdot \exp\left[-a\alpha^2/(1-a)\right]}{\sqrt{\pi} \left\{1 + \operatorname{erf}\left[\alpha\sqrt{2a/(1-a)}\right]\right\}} \quad (8)$$

Вираз для розрахунку значень мінімуму M_- і максимуму M_+ при $b=1$ має наступний вигляд

$$M_{\pm} = \left\{ \frac{1}{2} \left(1 \pm \sqrt{1 - \alpha^{-2}} \right) \right\}^{1/(1-a)} \quad (9)$$

Як ілюстрація приведемо залежність ряду характеристик розподілу мас БС для $a=2/3$, $b=\lambda=1$ (як видно з (7), до цього випадку може бути зведений випадок довільного λ), коли $\sigma_c^2=3/4$. На Рис. 1 наведено графіки залежності $P_s(M)$ для ряду значень $\alpha^2=\sigma_c^2/\sigma^2$ (мінімуми в даному масштабі не видно). На Рис. 2 наведено залежність M_- і M_+ , а на Рис. 3 - залежність ширини розподілу на половині його висоти Δ/m_0 (цей параметр зручно вимірювати за експериментальними даними, представленими у вигляді гістограм) від приведеної інтенсивності шуму α^2 . Підкреслимо, що залежність $\Delta(\alpha^2)/m_0$ і $M_{\pm}(\alpha^2)$ лягає на одні і ті ж криві незалежно від значення m_0 .

Обговорення.

З використанням (3) - (9) з експериментально зміряної $P_e(m)$ можна визначити наступні характеристики. Перш за все, при заданих (відомих) значеннях a і b можуть бути визначені σ_e^2 і m_0^e , що дозволить зробити висновок як про харчову цінність даного середовища, так і про ступінь напруженості адаптаційних можливостей даного вигляду БС при даних властивостях навколишнього середовища. Останнє може бути описано комплексом $\alpha^2=\sigma_c^2/\sigma^2$, чисельне значення якого може бути знайдено по σ_e^2 і $m_0^e=\lambda_e^{1/(b-a)}$ (дивись (5)) і який інваріантним чином характеризує будову розподілу щільності ймовірності розподілу мас $P_s(m)$. Відзначимо, що оскільки розподіл $P_s(M)$ у вигляді (6) задається лише значеннями a і b , то з'являється можливість порівнювати чутливості до зовнішніх дій для тих різних видів БС, у яких *рднакові* значення параметрів a і b .

Мінливість параметрів зовнішнього середовища можна розглядати як таку, яка складається із сукупності флуктуаційних частин з інтенсивностями $\sigma_i^2=\langle \xi_i^2 \rangle$ для i -того характеризуючого зовнішнє середовище параметра (припускаючи, звичайно, що час кореляції таких флуктуацій є нехтувано малим і тому їх можна апроксимувати білим шумом). Тоді як модельне співвідношення, що зв'язує ступінь мінливості мас σ_e^2 з вектором $\vec{\sigma}^2 = \{\sigma_i^2\}_{i=1}^N$, можна використовувати формулу

$$\sigma_e^2 = \sigma_g^2 + \sum_{i=1}^N A_i \sigma_i^2 = \sigma_g^2 + \langle \hat{A}, \hat{\sigma}^2 \rangle \quad (10)$$

Тут σ_g^2 характеризує зумовлено генетичною неоднорідністю популяції розподілу мас БС. Виміряти цю величину можна, наприклад, або в лабораторних умовах, або прийнявши якусь екосистему - наприклад, в певному заповіднику - за «еталон». Відзначимо, що для генетично однорідних популяцій - наприклад, когорт рослин, - очікується, що величина σ_g^2 є нехтувано малою в порівнянні з рештою величин в (10). Вектор $\hat{A} = \{A_i\}_{i=1}^N$ характеризує «чутливість» розподілу мас даного вигляду БС до інтенсивності флуктуацій відповідних параметрів зовнішнього середовища (наприклад, яскраво виражена чутливість параметра c до зміни температури зовнішнього середовища є у гідробіонтів [3]). Як правило, вектор $\hat{A}$ чутливості може бути знайдений в лабораторних умовах, і тоді співвідношення (10) може бути використано для експериментального знаходження вектора $\hat{\sigma}^2$ для вивченого раніше виду БС (що відкриває нові можливості для екологічного моніторингу). Цікаво, що запропонована методика інтерпретації експериментальних даних дозволяє розділити декілька типів різних екосистем в даній області - по наявності відповідної кількості піків на експериментально одержане $P_e(m)$.

Співвідношення (10) якісно узгоджується з екологічними даними: наприклад, в [7] зафіксовано, що на полігоні з більшою нерівномірністю умов живлення ширину спектру мас більшості видів зоопланктону була більшою, а середня маса гідробіонтів відстежувала величину середнього рівня продуктів харчування на полігонах, що відповідає висловленій моделі.

Як видно з Рис. 3, найбільша точність у визначенні члена $\langle \hat{A}, \hat{\sigma}^2 \rangle$ досягається при малих значеннях $\alpha^{-2} = \sigma^2 / \sigma_c^2$. Експерименти [7] свідчать, що середньоквадратичне відхилення мас складає до $30 \div 50\%$ (що відповідає $\alpha^{-2} \leq 0,1 \div 0,2$ в рамках нашої моделі - дивись Рис. 3), так що передумови для аналізу даних з використанням (10) в реальних експериментальних дослідженнях є.

Наведений метод є перспективним для інтерпретації експериментальних спектрів розмірів як тварин, так і рослин, як одноклітинних, так і багатоклітинних - для всіх них запропонована залежність Q і R в рівнянні (1) буде справедлива (дивись [2-4,7]). Розповсюдження нашого підходу на інші види шуму ξ_τ і на обчислення $P(m, \tau)$ дозволить перейти до урахування реальної структури зовнішньої дії.

Список літератури

1. Биоиндикация и биомониторинг. - М.: Наука, 1991.
2. Peters R.H.A. The Ecological Implications of Body Size. - Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1991.
3. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. - Киев: Наукова думка, 1983.

4. Алимов А.Ф. // Докл РАН. - 1992. - Т.323. - С.588.
5. Немировский Л.Е., Соловьева И.Г., Лямов С.В. // Докл. РАН. - 1992. - Т.326. - С. 184.
6. Дре Ф. Экология. - М.: Атомиздат, 1976.
7. Экологические системы в активных динамических зонах Индийского океана / Под ред Т.С. Петипа. - Киев: Наукова думка, 1986.
8. Хорстхемке В., Лефевр Р. Индуцированные шумом переходы. Теория и применение в физике, химии и биологии. - М.:Мир,1987.

Рис. 1. Залежність $P_s(m)$ для різних значень $\alpha^{-2} = \sigma^2 / \sigma_c^2$ (використане наступне нормування кривої $\max P_s(m) = 1$). Значення вказані біля кривих.

Рис. 2. Залежність мінімуму M_- і максимуму M_+ від $\alpha^{-2} = \sigma^2 / \sigma_c^2$.

Рис.3. Залежність ширини розподілу мас на половині його висоти Δ/m_0 від $\alpha^{-2} = \sigma^2 / \sigma_c^2$.

2. Оpubліковано у вигляді статті Shiyon A.A. Method for Determination Functional State Cells: Lymphocytes // Biophysics. - 1999. - V.44. No.6. - P.1027-1031.

Вступ.

Вивчення відповідності між морфологічними і функціональними характеристиками клітин (тобто між їх структурою і функцією) є одним з основних предметів дослідження в біології. Одержані експериментальні дані свідчать, що:

1. клітини вищих організмів можуть існувати тільки у ряді дискретних станів, які характеризуються певними наборами величин їх морфологічних і функціональних параметрів [1-5];

2. такі дискретні стани розрізняються, у тому числі, і за розмірами клітин [5,6];

3. перехід клітини з одного стану до іншого здійснюється ступенево і кооперативно (тобто - всією клітиною злагоджено) і пов'язаний він як із дією на клітину [5,6], так і з особливостями її поточного стану [1-4];

4. на прикладі лімфоцитів показано, що під впливом генних індукторів змінюється не тільки клітинний об'єм (що відображує функціональний стан клітини [5,6]), але й формуються закономірні просторові комплекси - агрегати клітин, кількість і розміри яких строго відображують рівень активації клітин в популяції [6].

Все це дозволяє зробити висновок, що функціональний стан популяції клітин може бути визначений за допомогою дії на їх геном, - результуючий відгук відображатиме рівень різноманітності в генотипі популяції клітин (оскільки реорганізація клітинних структур відбувається під контролем генному, а її ефективність визначається здібністю геному до відгуку на зовні дію).

Метою роботи є розробка методу для кількісного опису рівня генетичної різноманітності в популяції клітин за допомогою аналізу мінливості їх спектру розмірів. Особливості вживання одержаних результатів ілюструються шляхом кількісного опису спектрів розмірів лімфоцитів як до, так і після дії генного індуктора за експериментальними даними [6].

Матеріали і методи.

Приведемо короткий опис обговорюваних далі експериментів [6].

Досліджено лімфоцити периферичної крові здорових донорів, поміщені в аналітичну кювету, що служить одночасно і культуральною камерою, в якій відбувалася їх взаємодія з генним індуктором (інсуліном). Спектри розмірів лімфоцитів [6] одержані за допомогою автоматизованого аналізатора малокутового розсіяння світла. Для перерахунку індикатора в спектр розмірів використано алгоритм [7].

Біосистема в культуральній камері знаходилася в стійкому стані - проведені з інтервалом в декілька годин вимірювання спектрів розмірів різних проб одного й того ж зразка не дали достовірних відмінностей в розподілі лімфоцитів за розмірами.

Результати експериментів [6] представлені на Рис. 1-3 суцільними лініями: на Рис. 1 - до, а на Рис. 2-3 - після дії генного індуктора.

Механізм і модель.

Індивідуальні особливості і специфіка функціонування геномів приводять до розкиду властивостей і функцій клітин. Разом із тим, мінливість морфологічних або функціональних характеристик клітин, зумовлена варіабельністю у функціонуванні їх геномів, повинна бути розподілена за певним законом для того, щоб дана популяція клітин могла виконувати свої функції в організмі. При цьому, з одного боку, такий розподіл властивостей клітин повинен бути достатньо «широким» для того, щоб міг бути забезпечений їх адекватний відгук на зовнішню дію або всією популяцією, або достатньо представницькою її частиною; - це необхідне, наприклад, для забезпечення нормального функціонування організму. З іншого ж боку, такий розкид характеристик в популяції повинен бути достатньо «вузьким», щоб можна було говорити однозначно про їх морфо-функціональну належність (тобто про належність клітин до одного і того ж класу). Власне, саме на таких уявленнях засновані всі системи класифікації в біології [8].

Для переходу до математичного опису різноманітності в прояві морфологічних або функціональних параметрів клітин використовуємо наступні загально-біологічні закономірності. Вельми плідним для побудови конструктивних методів в біології є так званий «принцип стійкої нерівноваги», відповідно до якого живі організми (і лише вони) можуть знаходити виключно тільки в нерівноважному стані із навколишнім середовищем, причому цей стан має всі ознаки стійкості [9,10]. Для клітинного рівня організації це означає [9,10], що в клітинах постійно відбуваються процеси як синтезу - самоорганізації - агрегації певних біологічних структур, так і процеси їх руйнування - дестру-

кції (наприклад, структур цитоскелету або мембранних комплексів [11,12]). Такі процеси визначаються специфікою поточного функціонування геному, бо тільки його робота може як забезпечити стійкість такої динамічної рівноваги, так і регулювати його зміну у відповідь на зовнішню дію [10-12].

Математично сказане вище може бути описано рівнянням вигляду

$$\frac{dx}{dt} = cx^a - dx^b, \quad a < b \quad (1)$$

для часової еволюції параметра x , що характеризує певний морфологічний або функціональний стан клітини. Перший член в (1) описує процеси синтезу - самоорганізації - агрегації в клітині, що приводять до збільшення параметра x , а другий - процеси руйнування - деструкції, що приводять до його зменшення. Співвідношення $a < b$ забезпечує наявність положення стійкої динамічної рівноваги для величини x . Рівень нерівності може бути виражений за допомогою співвідношення $x_0 = (c/d)^{1/(b-a)}$ - значенням x в сабільно-нерівноважному стані.

Відповідно до опису зростання маси живих організмів рівняння (1) відома як рівняння типу Берталанфі і широко використовується при інтерпретації експериментів.

Вигляд і характер процесів синтезу і деструкції визначається природою параметра x , що характеризує стан клітини, і задається величинами a і b , які можуть бути пов'язані з фрактальними характеристиками живих об'єктів [13] - багато морфологічних і функціональних характеристик зв'язано між собою алометричною залежністю виду $x = AD^k$, що є характерною для фрактальних систем [13,14]. Як неважко переконатися безпосередньою постановкою, такі перетворення не змінюють вид рівняння (1), тому всі наведені нижче вирази будуть справедливими для будь-якої морфологічної або функціональної характеристики клітини, яка бере участь у встановленні динамічної рівноваги між регульованими геномом клітини процесами синтезу і деструкції.

Є, взагалі кажучи, два способи управління ступенем нерівності в клітині - регулювати процеси або синтезу, або - деструкції. Прийmemo, що внаслідок функціонування геному клітини регулюватимуться саме процеси деструкції - деякі передумови для такого висновку дають експерименти [15], в яких показано один із каналів зменшення інтенсивності внутрішньоклітинних деструктивних процесів (втім, регулювання процесів агрегації може бути описано повністю аналогічно, і приведе воно в наслідку якісно до подібних результатів, проте кількісно не відповідатиме експериментальним спектрам розмірів лімфоцитів).

Рівень деструктивних процесів в даній клітині визначатиметься індивідуальними особливостями функціонування її геному, внаслідок чого замість (1) одержимо

$$\frac{dx}{dt} = x^a - \lambda x^b + \zeta_t \cdot x^b, \lambda = \frac{\langle d \rangle}{c} \quad (2)$$

Цим рівнянням може бути описаний також рівень генетичної різноманітності в популяції клітин - тоді ξ_t змінюватиметься від клітини до клітини.

Обидва способи опису приводять до необхідності характеризувати стан популяції клітин за допомогою густини вірогідності $P(x,t)$ для розподілу параметра x . Оскільки (2) допускає стаціонарний (стабільно-нерівний) стан, $P(x,t)$ з часом прямує до стаціонарного розподілу $P_s(x)$ незалежно від свого початкового вигляду $P(x,t=0)$ (необхідні математичні доведення цього і приведені нижче дивись, наприклад, в [16]). Таким чином, вигляд $P_s(x)$ визначається характеристиками генетичної різноманітності даної популяції клітин (тобто - властивостями шуму ξ_t).

Приймемо, що прояви такої генетичної різноманітності можуть бути описані як білий шум інтенсивності $\langle \xi_t^2 \rangle = \sigma^2$. Тоді, у відповідній нашому випадку інтерпретації Стратоновича виводиться рівняння Фоккера - Планка, для стаціонарного вирішення якого знаходимо

$$P_s(x) = N_1 \cdot x^{-b} \exp \left\{ \frac{2\lambda x^{1-b}}{(b-1)\sigma^2} \left[1 - \frac{(b-1)x^{a-b}}{\lambda(2b-a-1)} \right] \right\} \quad (3)$$

і спеціально для $b=1$

$$p_s(x) = N_2 \cdot x^{-1-\frac{2\lambda}{\sigma^2}} \exp \left[-\frac{2}{(1-a)\sigma^2 \cdot x^{1-a}} \right] \quad (4)$$

Тут N_1 і N_2 - відповідні нормувальні множники.

Результати і обговорення.

Хороший кількісний опис експериментів досягається при використуванні розподілу $P_s(x)$ за умови, коли вибрано $x=D$, де D - діаметр лімфоцитів, і $a=0$, $b=1$. Результати розрахунку представлені на Рис. 1-3 штриховими лініями. На Рис. 1 представлений приклад результатів обрахунку експериментів для неактивованої популяції лімфоцитів: видно, що основний масив даних кількісно описується з використанням розробленої моделі. На Рис. 2 і Рис. 3 представлені результати обрахунку експериментальних спектрів розмірів лімфоцитів після дії на них генного індуктора. Незначні відмінності вимірюваних і розрахованих спектрів розмірів можуть бути описані як сума додаткової кількості функцій $P_s(D)$ при $a=0$ і $b=1$ з відповідним набором величин D_m і σ^2 - проте представлені в [6] дані мають недостатню точність для проведення такого розрахунку.

З Рис. 1-3 видно, що основний масив експериментальних даних по спектрах розмірів лімфоцитів кількісно може бути описаний розподілом $P_s(D)$ при відповідному виборі параметрів D_m і σ^2 ($a=0$ і $b=1$ - далі при обговоренні експериментів [6] ця умова особливо обмовлятися більше не буде).

Неактивованій стан популяції лімфоцитів адекватно описується єдиним розподілом $P_s(D)$, причому $\sigma^2 \approx 0,02$ і $D_m \approx 7$ мкм і слабо змінюється від донора до донора (нагадаємо, що в [6] досліджені тільки здорові донори). В результаті дії генного індуктора спектр розмірів популяції лімфоцитів розпадається на суму двох компонент, які відрізняються найімовірнішим значенням D_m , так і інтенсивністю шуму σ^2 (виділені на Рис. 2 і 3 штрихпунктирними лініями). Один з доданків є, як правило, незміщеною (за D_m) компонентою, але із збільшенням майже удвічі значенням σ^2 (дивись Рис. 2) - це свідчить про збільшення ступеня генетичної різноманітності популяції лімфоцитів під впливом генного індуктора. Така поведінка відповідає знайденому в [5] збільшенню набору присутніх в популяції дискретних станів (кожне з яких відображає рівень функціонування геному) лімфоцитів при дії на них генного індуктора. Цю компоненту спектру розмірів лімфоцитів можна ототожнити, внаслідок вищесказаного, з одиничними лімфоцитами, які змінили свої розміри внаслідок дії генного індуктора, а величину σ^2 розглядати як кількісну міру для інтегрального відгуку популяції лімфоцитів на таку дію.

Друга компонента зміщена у бік великих діаметрів при тій же величині інтенсивності шуму. Її можна ототожнити з агрегатами, які складаються із лімфоцитів (закономірні просторові ансамблі – за термінологією [6]). Агрегацію лімфоцитів (деякої їх кількості в популяції) можна розглядати як наслідок формування специфічних білкових комплексів (наприклад, на мембрані) через зміну функціонування геномів клітин під впливом генного індуктора і віддзеркалення наявності зв'язку стану клітини і її мембрани [1-3]. Відзначимо, що в деяких випадках основна частка лімфоцитів може бути зосереджена саме в агрегатах - дивись Рис. 3.

Таким чином, в рамках описаного механізму і розробленої на його основі математичної моделі може бути описано як початковий стан популяції лімфоцитів, так і її відгук на дію генних індукторів. Це дозволяє говорити про можливість кількісного опису популяції лімфоцитів і перспективності використання одержаних в роботі результатів як методу діагностики стану лімфоцитів в організмі (тобто - як методу діагностики функціонального стану імунної і лімфатичної систем людини). При цьому з єдиних позицій досягнуто опис як окремих лімфоцитів, так і їх агрегатів.

Розроблений метод опису експериментальних розподілів лімфоцитів і їх агрегатів за розмірами може бути безпосередньо використаний в медичній діагностиці. Так, в [17] показано, що параметр $\alpha = N_{D>12} / N_{D<8}$, де $N_{D>12}$ - число лімфоцитів з діаметрами більше 12 мкм, а $N_{D<8}$ - менше 8 мкм відповідно, відображає рівень функціонального стану імунної системи. Наприклад, для здорових людей $\alpha \approx 2,5$, при онкозахворюваннях $\alpha \approx 5,7$, а при інфекційно-

вірусних захворюваннях - $\alpha \approx 19,5$. При імунізації здорових донорів значення α змінюється до $\alpha \approx 21,5$ (для онкозахворювань - до $\alpha \approx 6,7$).

Такі дані можуть бути інтерпретовані як збільшення генетичної різноманітності в популяції лімфоцитів при захворюванні, і, відповідно, як зниження частки лімфоцитів, які здатні до прояву імунних реакцій у відповідь на привнесений в організм стимул. Дійсно, як видно з Рис. 2 компоненти, пов'язана з розмірним спектром одиничних лімфоцитів (а саме вони тільки і могли бути зафіксовані по методиці [17]), значно розширена у бік більших розмірів, аніж в «нормі» - тобто за відсутності дії на геноми клітин. Тому співвідношення α може бути розраховано і використовуюванням $P_s(D)$. Відзначимо, що замість вимірюваної методом окуляроскопії (тобто – «вручну») величини α [17] можна, з тим же ступенем інформативності, використовувати величину σ^2 , яка може бути знайдена вже в автоматизованому експерименті.

Розподіли (3) і (4) легко записуються в автомоделному вигляді для змінної $X=x/x_0$ - при цьому необхідно одночасно провести також і перенормування інтенсивності шуму. Наприклад, для розподілу $P_s(D)$ перенормована (приведена) інтенсивність шуму σ_0^2 може бути розрахована по формулі $\sigma_0^2 = D_0 \sigma^2$ ($D_0 = 1/\lambda$). Це дозволяє кількісно порівнювати між собою ступені генетичної різноманітності в популяціях клітин, відмінних між собою розмірними спектрами.

Величина σ_0^2 при цьому може розглядатися як приведений ступінь генетичної різноманітності в даній популяції клітин. Так, з Рис. 1-2 видно, що під впливом генного індуктора приведений рівень генетичної різноманітності популяції лімфоцитів збільшився в 2 - 2,5 рази, - таким чином, одержана інтегральна характеристика для відгуку клітин на таку дію (порівняйте з [6], де для опису подібного поняття знадобилося б порівнювати між собою декілька таблиць і графіків). Таким чином, одержані результати дозволяють кількісно порівнювати між собою здібність популяцій однорідних клітин до відгуку на дію чинником, які модулюють діяльність їх геномів.

Розроблений метод може бути застосований до популяцій клітин (і навіть - окремих ієрархічних структур в клітинах) будь-якого походження. Тоді з використанням одержаних в роботі результатів можна одержати кількісний вираз для ступеня їх генетичної різноманітності, що дає могутній метод дослідження організму і зв'язку генетичних особливостей клітин з морфологічним або функціональним станом всього організму.

Необхідно відзначити, що спроби використовувати характеристики спектру розмірів клітин як інформативний параметр, що характеризує функціональні властивості популяції, раніше робилися неодноразово, - проте відсутність ясного механізму і достатньо всеохоплюючої математичної моделі не дозволили повною мірою використовувати одержувані експериментальні результати. Практично для дослідників була доступна лише така характеристика, як дисперсія спектру розмірів (як видно з (1) і (4), а також з Рис. 1-3, вона монотонно, але нелінійно пов'язана з σ^2). Наприклад, в [18] відносна дисперсія (коефіцієнт варіації по [18]; фактично, ця величина може бути розра-

хована по σ_0^2 в нашій моделі) розподіл епітеліоцитів за площею клітин був використаний як інформативна характеристика при описі впливу комбінованих чинників хімічного походження на функціональний стан геному.

Висновки.

Запропоновано метод кількісної інтерпретації експериментальних розподілів морфологічних або функціональних характеристик клітин в популяції в плані визначення рівня генетичної різноманітності популяції. Метод дозволяє проводити кількісне порівняння рівня генетичної різноманітності для популяцій, сильно відмінних за своїми розмірами. Використання одержаних співвідношень дозволило кількісно описати експериментальні спектри розмірів лімфоцитів універсальними аналітичним математичними формулами як до, так і після дії на них генного індуктору: для цих випадків спектр розмірів може бути охарактеризований однією до дії і двома після неї трійками чисел $T = \{P_s(D_m), D_m, \sigma^2\}$ замість запропонованих в [6] таблиць і серій графіків. Набори серій $T_0 \rightarrow \{T_1, T_2\}$ дозволяють кількісно охарактеризувати функціональний стан популяції лімфоцитів і можуть послужити основою для проведення як класифікації, так і медичної діагностики (особливо перспективно це для вивчення імунодефіцитних станів). Даний спосіб опису може бути застосований до широкого класу клітин і допускає автоматизацію як вимірювальної процедури, так і класифікації (діагности) в наукових і медичних цілях.

Література.

1. Конев С.В., Мажуль В.М. Межклеточные контакты. - Минск: Наука и техника, 1977. - 288 с.
2. Конев С.В. Структурная лабильность биологических мембран и регуляторные процессы. - М: Наука и техника, 1987. - 240 с.
3. Маленков А.Г., Модянова Е.А., Колотыгина И.М. // Биофизика. - 1990. - Т.35, №2. - С.356.
4. Немировский Л.Е., Вахтель Н.М., Соловьева И.Г. Кормилец М.В. // Докл. АН СССР. - 1987. - Т.292, №2. - С.468.
5. Немировский Л.Е., Соловьева И.Г., Лямов С.В. Кормилец М.В. // Докл. АН СССР. - 1990. - Т.312, №6. - С.1476.
6. Немировский Л.Е., Соловьева И.Г., Лямов С.В. // Докл. РАН. - 1992. - Т.326, №1. - С.184.
7. Любарский Г.Ю. // Журн. общей биологии. - 1991. - Т.52, №3. - С.319.
8. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. - Л: ВИЭМ. - 1935. - 206 с.
9. Гурвич А.Г. Принципы аналитической биологии и теории клеточных полей. - М: Наука, 1991. - 288 с.
10. Молекулярная биология /Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. и др. - М: Мир. - 1987. - Т.3. - 635 с.
11. Волькенштейн М.В. Биофизика. - М: Наука, 1988. 592 с.
12. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. - Киев: Наукова думка, 1983. - 208 с.

13. Шиян А.А. // Высокомолекулярные соединения. - 1995. - Т.37,№9. - С.1578.
14. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. - New York: W.H. Freeman, 1983. 468 p.
15. Peters R.H. The ecological implications of body size. - Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1983. – 329 p.
16. Сорочинский Б.В., Прохневский А.И., Гроздинский Д.М., Шмиговская В.В. // Цитология и генетика. - 1994. - Т.28,№1. - С.3.
17. Хорстхемке В., Лефевр Р. Индуцированные шумом переходы. Теория и приложения к физике, химии и биологии. - М: Мир, 1987. – 400 с.
18. Ковальчук Л.Е., Случик В.М., Геращенко С.Б. // Цитология и генетика. - 1994. - Т.28,№3. - С.41.

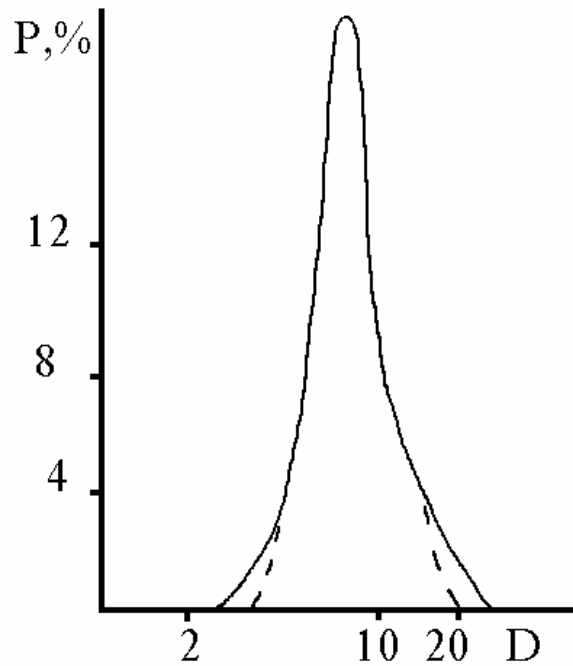


Рис. 1. Розподіл лімфоцитів за розмірами до дії генного індуктору. Суцільна лінія - експериментальні данні [6], штрихова – розрахунок за (3) при $D_m=7$ мкм і $\sigma^2=0,02$ (позначено $D_m=D_0(1+D_0\sigma^2/2)^{-1}$).

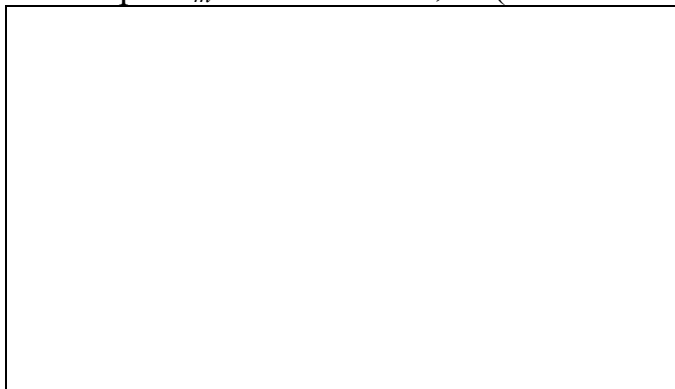


Рис. 2. Розподіл лімфоцитів за розмірами після дії на них генного індуктору. Суцільна лінія - експериментальні данні [6], штрихова – розрахунок за (3) як сума двох мод с $D_{m1}=7$ мкм, $\sigma_1^2=0,04$ і $D_{m2}=22$ мкм, $\sigma_2^2=0,02$, штрихпунктирною лінією виділені відповідні моди.

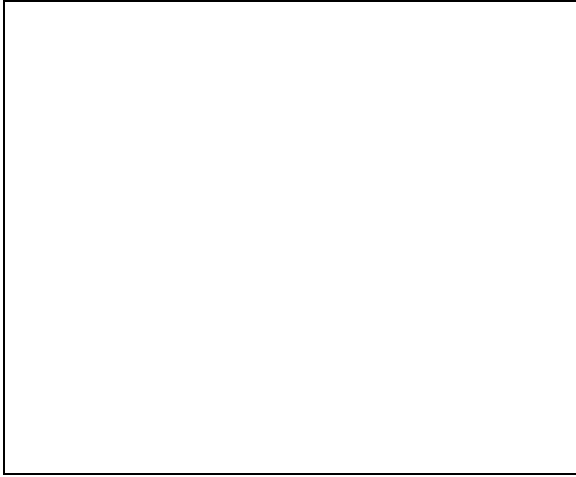


Рис. 3. Позначення як на Рис. 2. Характеристики мод: $D_{m1}=20$ мкм, $\sigma_1^2=0,002$ і $D_{m2}=40$ мкм, $\sigma_2^2=0,005$.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Сформулюйте причини, внаслідок яких розподіл БС за масами виступає як інформативна характеристика при моделюванні.
2. Запишіть рівняння (1) з першої статті для *Artemia salina*. Привести рішення, використовуючи комп'ютерну програму Mathcad.
3. Запишіть рівняння (1) з першої статті для *Orchestia bottae*. Привести рішення, використовуючи комп'ютерну програму Mathcad.
4. Запишіть рівняння (1) з першої статті для *Xatho hydrophilus*. Привести рішення, використовуючи комп'ютерну програму Mathcad.
5. Довести, до рівняння (1) першої статті зберігає свій вигляд (тобто є інваріантним) при наступній заміні змінного $m=kL^n$. Знайти зв'язок між «старими» та «новими» параметрами цього рівняння.
6. Використовуючи формулу (3) і з першої статті, отримати співвідношення (4).
7. Використовуючи співвідношення (4) з першої статті, знайти вираз (5) для σ_c^2 .
8. Перейти від формули (3) першої статті до формули (6).
9. Використовуючи Mathcad, побудувати малюнки для першої статті.

Розділ 8. Інформаційний простір і діяльність людини.

Показано, що економічна діяльність людини може бути описана у вигляді сукупності двохкомпонентних операторів, які діють в побудованому в статті інформаційному просторі. Доведено, що мінімально можливий клас типів економічної діяльності становить 16 різних класів, які є універсальними. Таким чином, побудована повна типологія гравців: тип тут розуміється як «тип стратегій здійснення економічної діяльності людиною». Показано, що 2AIA задає також класифікацію всіх можливих моделей для опису соціально-економічних систем.

Матеріали цього розділу надруковано в навчальному посібнику Шиян А.А. Економічна кібернетика: вступ до моделювання соціальних і економічних систем. – Львів: «Магнолія 2006». – 2007. – 228 с., а також в статті Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений // Информационні технології та комп'ютерна інженерія (Вінниця). – 2007. - № 3(10). – С.131-139.

Вступ.

Рациональна поведінка людини є сьогодні тією основою, на якій побудовано практично всі теоретичні та математичні моделі сучасної економіки [1-5]. Базовим математичним апаратом для моделювання економічних процесів є теорія ігор [1,5]. Вона має велику кількість застосувань в самих різних областях - від управління фірмою [5] і до управління економічними [1,4], політичними і соціальними [6] системами.

Разом з тим, в існуючому апараті теорії ігор закладені внутрішні суперечності. З одного боку, потрібно мати могутній технологічний апарат для того, щоб з його допомогою можна було записати у стандартному вигляді велику кількість самих різних задач. З іншого ж боку, цей апарат повинен мати надзвичайно високий рівень простоти для того, щоб його могли застосовувати численні користувачі.

У статті викладено варіант рішення задачі про побудову класифікації типів економічної діяльності людини на основі опису як стратегій, так і результатів її діяльності. Вона орієнтована на застосування для моделювання широкого класу соціально-економічних систем та використання в теорії ігор і теорії прийняття рішень. Результати апробації розвинутого теоретичного апарату свідчать про високу надійність здійснюваного з його допомогою прогнозу управлінської поведінки людини [7-9].

Аналіз літератури і невирішені задачі.

У 1944 році книгою [10] були закладені основи теорії ігор як сучасній теорії опису економічної поведінки людини. У 1950 році Дж. Неш ввів

в розгляд поняття «рівноваги» для гри, яке стало фундаментом для опису раціональної поведінки людини [1,5].

Сучасна теорія ігор стрімко розвивається внаслідок високої затребуваності її результатів в економіці [1,4,6]. Разом з тим є серйозні труднощі як при «перекладі» практичної ситуації на «мову» теорії ігор, так і в подальшому застосуванні отриманих результатів на практиці [2,11-14].

Найважливіше значення для застосування теорії ігор має так звана «гіпотеза раціональної поведінки» для гравців [1,2,5,6,13], згідно якої гравець із урахуванням всієї тієї інформації, яка є у нього, вибирає саме ті дії, які приводять до найбільш переважних для нього результатів діяльності. Моделювання функції переваг і є основним «каменем спотикання» при аналізі практично важливих ситуацій.

Застосування цього принципу для моделювання економічної поведінки людини в практичних ситуаціях неявно припускає, що *різні* гравці приймають «те ж саме» рішення. З погляду практичних застосувань теорії ігор можна допустити, що рішення можуть навіть розрізнятися між собою, - але тоді обов'язковою вимогою буде те, щоб таких *експериментально помітних* станів була *конечна* кількість.

Харшанї [15] запропонував розглядати цю проблему, вводячи певний універсальний простір для типів. Він розумів під цим, що в просторі можливих типів необхідно ввести певну метрику і розглядати два типи як «близькі», якщо «відстань» в цій метриці між ними задовольняє певним співвідношенням.

Практичне застосування такої процедури наштовхується не тільки на труднощі математичного характеру [16], але і на ще більші утруднення у сфері верифікації і апробації отриманих на такому шляху результатів. Автори статті [16] задаються трьома питаннями: 1) яким чином може бути змінена «стратегічна ситуація» для того, щоб можна було контролювати гравців, 2) як визначити ту «стратегічну поведінку», яку необхідно досліджувати, і 3) що саме розуміється під поняттям «подібне» при розгляді поведінки. Для відповіді на ці питання ними розвинений топологічний підхід для узагальненого простору станів. Доведено, що певний топологічний простір є всюди щільним в загальному просторі стратегій гравців. Проте застосувати ці результати для опису ситуацій, які виникають на практиці, не представляється можливим.

Отже, проблема розподілу гравців по конечній кількості експериментально верифікуємих типів зберігає актуальність.

В даній статті ми спираємося на формалізм теорії ігор [1,5], за яким людина, що здійснює економічну діяльність, називається «гравцем».

Постановка задачі.

Нехай гравець здатний вибирати дії (стратегії, стани тощо) з деякої множини A . Дію позначатимемо u , $u \in A$. В результаті вибору дії $u \in A$ під

впливом довколишньої обстановки реалізується результат діяльності гравця, що позначається як $z \in A_0$, де A_0 – множина можливих результатів діяльності. Можлива відмінність дії гравця і результату його діяльності може бути зумовлена впливом обстановки: зовнішнього середовища, дій інших гравців тощо.

Таким чином, основним завданням побудови типології гравців із точки зору математичного моделювання є встановлення зв'язку між множинами A і A_0 . Одночасно отримана модель буде слугувати також і типологією стратегій діяльності гравців (для заданого класу задач).

Побудова інформаційного простору для системи, над якою здійснюється діяльність людини.

Для того, щоб описати об'єктивним чином стратегії, які людина може розглядати, ми повинні спочатку побудувати *інваріантний* опис для об'єкту, над яким буде здійснюватися така діяльність. В якості такого об'єкту часто виступають системи різної природи [17-19]. Таким чином, перед розглядом *стратегій діяльності людини* ми повинні спочатку «сконструювати» технологію для опису соціально-економічних систем. Для цього скористаємося визначеннями [17,18].

Визначення. Соціально-економічною системою будемо називати сукупність певних універсальних складових одиниць (компонентів системи), які перебувають у визначених співвідношеннях і зв'язках між собою, завдяки чому вони і складають деяку певну неподільність, унітарність, цілісність.

Визначення. Компоненти соціально-економічної системи – це множина відносно однорідних елементів, які об'єднані спільними функціями при забезпеченні виконання спільних задач та цілей розвитку соціально-економічної системи.

Визначення. Структура соціально-економічної 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 специфіці (наприклад, особистісній), а по *своєму місцю та своїй ролі* у функціонуванні всієї системи.

Визначення. Границя соціально-економічної системи – це сукупність зв'язаних між собою елементів, які – узяті у своїй сукупності – дозволяють зробити поділ на «внутрішнє» 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 та її оточенням.

Таким чином, щоб задати систему, ми повинні описати (задати) наступне:

1. універсальні складові одиниці – функціональні елементи системи,
2. зв'язки, які існують між цими елементами,
3. спеціально виділити структуру системи як сукупність «специфічних місць», потрапляючи в які елементи здобувають «особливу вагу й значення»,
4. сукупність «граничних» елементів (тих «місць», тих положень елементів у системі, знаходження в яких надає їм здатність «відмежовувати» внутрішність системи від навколишнього середовища).

Нарешті, опис досліджуваної соціально-економічної системи може бути розділений ще на два класи, які характерні для кожної з чотирьох перерахованих вище груп – це *процеси* і *стани*.

Визначення. Клас даних (характеристик, параметрів тощо) про соціально-економічну систему, який характеризує її як *інваріантну* в часі («застиглу», стаціонарну, незмінну, статичну, «подібну до самої себе»), називається *статичними* компонентами.

Визначення. Клас даних (характеристик, параметрів тощо) про соціально-економічну систему, який характеризує її як *змінну* в часі (динамічну, нестаціонарну, неінваріантну в часі, «неподібну до самої себе»), називається *динамічними* компонентами.

Остаточно дані, параметри та характеристики, які задають довільну соціально-економічну систему, можуть бути розділені на вісім класів, які не перетинаються між собою.

Схематично описану технологію розбиття *довільної* бази даних про соціально-економічну систему на класи-компоненти інформації (тобто процедуру виділення компонент інформації із загального опису) можна представити наступною Таблицею. В ній явно виділені основні процеси системного аналізу – аналіз (розклад-декомпозиція системи на складові) та синтез (об'єднання елементів у єдину цілісність) [17,18].

Таким чином, повний опис об'єкту *економічної* діяльності людини – соціально-економічної системи – задається *інформаційним простором*.

Визначення. Інформаційним простором називатимемо сукупність атрибутівних параметрів і релевантних характеристик, які дозволяють із потрібним ступенем однозначності описати всю ту сукупність даних про соціально-економічну систему, які відносяться до даної мети і/або задачі. Цей простір *покомпонентно* задається Таблицею.

Таблиця. Опис компонент інформаційного простору (характеристик соціально-економічної системи).

	Синтез: дані про	опорні елементи сис-	Статичність	Ст-С
--	------------------	----------------------	-------------	------

Дані про систему	клас подібних елементів системи (узагальнюючі компоненти інформації)	теми (структура, топологія)	Динамічність	Ст-Д
		границя між даною системою і довкіллям	Статичність	Гр-С
			Динамічність	Гр-Д
	Аналіз: дані про унікальні складові системи (деталізуючі компоненти інформації)	елементи системи як одиничні і унікальні	Статичність	Об-С
			Динамічність	Об-Д
		зв'язки між елементами системи	Статичність	Зв-С
			Динамічність	Зв-Д

Визначення. Базисом в інформаційному просторі називатимуться введені 8 класів інформації. Базисні компоненти будуть надалі скорочено позначатися так, як описано в Таблиці.

Цей базис є *повним*, оскільки провести подальше ділення, придатне для найбільш широкого класу випадків, не представляється можливим. Нарешті, вирішальною обставиною є та, що експериментальна перевірка цього твердження підтвердила його обґрунтованість [7-9,17].

Литература.

1. Mas-Collel A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic Theory. Oxford: Oxford University Press, 1995. – 977 p.
2. Активізація теоретичних досліджень. Про інституціональну архітектуру як новий науковий напрямик // Економіка і прогнозування. – 2003. - №3. – С.127-147.
3. Вітлінський В. В., Верченко П. І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком. — К.: КНЕУ, 2000. — 292 с.
4. Вітлінський В. В. Моделювання економіки. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
5. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: ИПУ, 2005. – 138 с.
6. Acemoglu, D., Robinson, J. A., Economic Origins of Dictatorship and Democracy. -Cambridge. - Cambridge University Press, Cambridge. - 2006. – 416 p.
7. Шиян А.А. Соціально-психологічні портрети політиків: О.О. Мороз, Н.М. Вітренко та В.П. Горбулін // Нова Політика. - 1998. - №4. - С.24-28.
8. Шиян А.А. О роли коммуникантов в обеспечении психологического комфорта: от стресса к суициду // Прикладная психология (Москва). - 2000. - № .4. - С.67-79.
9. Шиян А.А. О способах убеждения в политике: использование межличностных отношений // Политический маркетинг (Москва). - 2000. - № 8. - С.28-46.
10. Фон Неман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 708 с.

11. Rubinstein A. Experience from a course in game theory: pre- and post- class problem sets as a didactic device // *Games and Economic Behavior*. – 1999. – V.28. – P.155-170.
12. Fehr E., Schmidt K.A Theory of Fairness, Competition and Cooperation // *Quarterly J. of Economics*. – 1999. – V.114. – P.817-868.
13. Меркулова Т.В. Раціональність в економічній моделі людини // *Економічна теорія*. – 2005. - №1. – С.24-34.
14. Томчук Н.В. Еволюція наукових поглядів на людський розвиток // *Економічна теорія*. – 2005. - №3. – С.95-105.
15. Harsanyi J. Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players // *Management Science*. - 1967/68. - V.14. - P.159-182 (Part I), P. 320-334 (Part II), P. 486-502 Part III).
16. Dekel E., Fudenberg D., Morris S. Topologies on Types // *Theoretical Economics*. – 2006. – V.1. – P.275-309.
17. Курносов Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М.: РУСАКИ, 2004. - 512 с.
18. Шиян А.А. Економічна кібернетика: вступ до моделювання соціальних і економічних систем. – Львів: «Магнолія 2006». – 2007. – 228 с.
19. Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. – 2007. - № 3(10). – С.131-139.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Для вибраної вами біологічної чи ергатичної системи побудувати інформаційний простір.
2. Для вибраної вами соціальної, економічної чи політичної системи побудувати інформаційний простір.
3. Вибравши певну задачу, побудувати для вибраної вами системи простір дій A та простір результатів діяльності A_0 .

Розділ 9. Людина як інформаційний автомат.

Побудова класифікації стратегій діяльності.

Перейдемо до побудови класифікації стратегій діяльності.

Визначення. Цілеспрямоване перетворення (зміну) компонент інформації називатимемо економічною діяльністю.

Наявність явно заданої мети управління необхідна нам для побудови інформаційного простору як перед здійсненням управління (простір можливих стратегій A), так і після здійснення управлінської діяльності (простір результатів дій A_0) [1,5].

Дане визначення розширює поняття «раціональної поведінки людини» [1,2,5,6,13,14] на довільні випадки, коли людина є тим суб'єктом, який як формує мету управління (і, відповідно, інформаційний простір стратегій A_0), так і визначає її досягнення в результаті діяльності (формуючи, тим самим, інформаційний простір для результатів діяльності A_0).

Це визначення є алгоритмічним, оскільки воно в явному вигляді *задає процедуру* для визначення наявності акту економічної діяльності (поведінки) людини. Для цього необхідно здійснити 3 послідовних етапи.

По-перше, описати «початковий» інформаційний простір A , для чого виділити 8 компонент інформації, - розбиваючи базу даних на 8 класів, які описують ступінь *наповненості* компонент інформації для нашої соціально-економічної системи. Таким чином, отримуємо опис соціально-економічної системи в деякий певний момент часу. *По-друге*, провести ту ж саму процедуру через *якийсь час* *опісля* і отримати інформаційний простір A_0 . *По-третє*, порівняти описи соціально-економічної системи «до і після», - тобто в початковий і кінцевий моменти часу.

Якщо в рамках кожної із *базисних* компонент інформації характеристики соціально-економічної системи не змінилися - значить, і акту діяльності над системою не було здійснено. Якщо ж така зміна спостерігається – то це означає, що зафіксовано *факт здійснення дії*. При цьому, одночасно, відкривається можливість для опису власне прояву цієї дії.

Визначення. Об'єкт, який сприймає (засвоює) компоненти інформації про стани і/або процеси в даній системі, і який здатний трансформувати (змінювати, перетворювати) стани і/або процеси в ній (на тому ж самому і/або інших ієрархічних рівнях) називається *абстрактним інформаційним автоматом* (AIA).

Остаточно, AIA може розглядатися як об'єкт, що має наступну будову

< блок сприйняття / блок здійснення діяльності (трансформації) >

Сконструйовані таким чином AIA своїм першим блоком сприймають (засвоюють) певні компоненти інформації і трансформують їх в компонен-

ти інформації (взагалі кажучи - інші), в рамках яких і проводиться (та описується) діяльність даного АІА. Іншими словами АІА, який побудований згідно такого правила, може бути розглянутий як об'єкт, що реалізовує набір методів (алгоритмів, режимів) управління в соціально-економічній системі.

Введений вище АІА може розглядатися як *оператор* в інформаційному просторі, тобто $AIA: A \rightarrow A_0$.

Представлене вище визначення вводить для інформаційного простору об'єкт, який в математичному сенсі є тотожним до введеного в [19] при розгляді управлінської діяльності людини, і ми можемо скористатися отриманими там математичними результатами. Таким чином, тут ми *розповсюджуємо* підхід [19] на *економічну діяльність* людини взагалі.

Користуючись введеним вище базисом в просторі інформації, запишемо довільну інформацію про систему в наступному вигляді, явно вводючи звичайним способом [19] лінійний простір.

$$I = \sum_{k=1}^8 I_k \cdot \vec{i}_k \quad (1)$$

Тут i_k - базисні вектори для простору компонент інформації, які позначають *назви* компонент інформації (вони перераховані в Таблиці), I_k - характеристики, які можуть бути віднесені до даної компоненти інформації (база даних, яка відноситься до даної компоненти).

Таким чином, співвідношення (1) розуміється в тому сенсі, що I_k є базою даних, яка відноситься до певного класу інформації. Наприклад, позначаючи як i_1 компоненту інформації *Ст-С*, через I_1 буде позначена вся база даних, яка описує цю компоненту інформації для задачі, яка розглядається нами. У цьому сенсі «точка» в інформаційному просторі є сукупністю *непересічних* між собою баз даних, кожна із яких відноситься до однієї і тільки однієї із компонент інформації.

Відзначимо, що I_k не є числом, внаслідок чого операція «покомпонентного додавання» повинна бути визначена як *об'єднання* двох баз даних, які описують одну й ту ж саму компоненту інформації, в одну. «Покомпонентне віднімання» визначається аналогічно. Операція множення на число, необхідна для визначення лінійного простору, відповідає зміні одиниць вимірювання (масштабів) при описі даних. У цьому сенсі запис (1) є певним узагальненням лінійного простору. Підкреслимо, що в цій статті ми не вводимо метрику в інформаційному просторі, тобто «відстань» між різними точками в нашому підході не визначена.

Таким чином, діяльність гравця може бути представлена у вигляді оператора G , що перетворює ту інформацію про об'єкт діяльності, яка була перед здійсненням акту управління $I_{before} \in A$ в інформацію про цей же об'

єкт діяльності, але яка має місце вже після здійснення акту управління $I_{after} \in A_0$. Це можна записати таким чином:

$$I_{after} = G \cdot I_{before} \quad (2)$$

Неважко бачити, що введений нами оператор G має наступну властивість: якщо інформаційний простір розбивається на два *непересічні* підпростори I_{b1} і I_{b2} , то $G(I_{b1}+I_{b2})=G(I_{b1})+G(I_{b2})$ [19].

Оскільки, внаслідок своєї побудови, інформаційний простір I_{before} розбивається на *прямую суму* підпросторів, кожен із яких відповідає визначеній компоненті інформації (дивись Таблицю), то справедливе наступне співвідношення.

$$I_b = \sum_k \oplus I_b^k, \quad \forall k, m : I_k \cap I_m = 0, \quad (3)$$

Тоді оператор G діє наступним чином:

$$I_a = \sum_k \oplus I_a^k = G \left(\sum_k \oplus I_b^k \right) = \sum_k \oplus G(I_b^k) \quad (4)$$

Відзначимо, що (3) є, по суті, просто іншою формою запису співвідношення (1). При цьому сума в (4) береться тільки для *однакових* компонент інформації, оскільки, в загальному випадку, оператор G може переводити одну компоненту інформації в іншу (одну чи декілька).

У загальному вигляді із (4) випливає, що оператор G може бути представлений як оператор, у якого є n «вхідних» і m «вихідних» індексів. При цьому через наявність в інформаційному просторі *базису* кількість як «вхідних», так і «вихідних» компонент у оператора $G_{(n)}^{(m)}$ обмежена 8.

Умовимося для простоти запису, що «нижні» компоненти відповідають компонентам інформації для інформаційного простору I_{before} , а «верхні» - відповідно для I_{after} .

Застосовуючи «умову Ейнштейна» про те, що по індексах, які повторюються, береться сума, формула (2) може бути переписана у вигляді

$$I_a^{k1,k2,\dots} = G_{s1,s2,\dots}^{k1,k2,\dots} \cdot I_b^{s1,s2,\dots} \quad (5)$$

Використовуючи властивість (3) і (4), приходимо до висновку, що дія будь-якого оператора $G_{(n)}^{(m)}$ виражається через дію суми $\max\{m,n\}$ квазілінійних операторів виду g_k^i .

Це твердження може бути сформульоване у вигляді наступної теореми

Теорема 1. Для здійснення будь-якої діяльності необхідно і достатньо наявності тільки таких АІА, які програмуються всього однією компонентою інформації з інформаційного простору I_{before} , а діяльність яких виражається також в зміні всього однієї компоненти інформації з інформаційного простору I_{after} . Тобто результуюча зміна таких АІА від I_{before} до I_{after} полягає в зміні в інформаційному просторі I_{after} всього однієї компоненти в порівнянні із інформаційним простором I_{before} .

Доведення аналогічне наведеному у [19].

Іншими словами, ми можемо «замінити» одну сукупну і довільно взятую економічну діяльність, яка ґрунтується на сукупності компонент із інформаційного простору, на суму послідовно вживаних актів діяльності, кожен із яких «задіює» всього лиш одну компоненту із (проміжного) інформаційного простору I_{before} і результат якого виражається в зміні всього однієї компоненти (проміжного) інформаційного простору I_{after} . Це «майже очевидне» твердження є, по суті, стандартним методом «розбивання» (декомпозиції) складної задачі на етапи.

Таким чином, в силу теореми 1 кожен оператор, що відповідає АІА, може бути виражений як сума певних «бінарних» лінійних операторів, які зв'язують між собою всього 2 компоненти інформації: одну із простору I_{before} , а іншу - із простору I_{after} . Математично це запишеться так:

$$g_{(n)}^{(m)} = \sum_{k=1}^{\max(n,m)} g_{(k)_i}^j \quad (6)$$

Мають місце наступні теореми.

Теорема 2. Оператор g_k^i має властивості комутативності $g_i^k + g_n^m = g_n^m + g_i^k$ та асоціативності $g_1 + (g_2 + g_3) = (g_1 + g_2) + g_3$.

Теорема 3. Загальна кількість операторів g_k^i складає 64 різних варіанти.

(Бінарний оператор g_k^i може мати одну із 8-ми компонент з інформаційного простору I_{before} і одну із 8-ми компонент з інформаційного простору I_{after} . Кількість різних можливих варіантів складає $8 \times 8 = 64$.)

Неважко побачити, розглядаючи вектор в інформаційному просторі як вектор-стовпець, що оператор G в матричній формі може бути записаний таким чином:

$$G_{kn} = P_{kn} \cdot \langle k | n \rangle \quad (7)$$

Тут оператора $\langle k | n \rangle$ переводить один базисний вектор i_b^n в інший базисний вектор i_a^k , а оператор P_{kn} діє вже тільки на характеристики (описи) відповідних компоненти інформації, «переводячи» їх із одного вигляду в інший

Розглянемо тепер докладніше будову введеного нами лінійного оператора G_{kn} . Він перетворює одну компоненту інформаційного простору I_{before} також в одну компоненту інформаційного простору I_{after} . Тоді для його матричних елементів отримуємо:

$$G_{kn} = \langle k | n \rangle \cdot P_{kn} \cdot \delta_{k,k_0} \cdot \delta_{n,n_0} \quad (8)$$

Тут $\delta_{x,y}$ - символ Кронекера, що приймає значення 1 за умови $x = y$ і значення 0 в протилежному випадку.

Таким чином, цей оператор перетворює компоненту інформації $I_{k_0} i_{k_0}$ в компоненту інформації $I_{n_0} i_{n_0}$. Схематично це може бути записано у вигляді

$$G_{k_0 n_0} = \langle I_{k_0} | I_{n_0} \rangle \quad (9)$$

Нагадаємо, що компоненти інформації «на вході» і «на виході» належать до різних інформаційних просторів (A і A_0 відповідно).

Двокомпонентні абстрактні інформаційні автомати (2AIA).

Розглянемо найпростіший клас AIA - двокомпонентні AIA. Дамо їм таке визначення (назви базисних компонент наведено в Таблиці).

Визначення. AIA називається двокомпонентним (2AIA), якщо він задовольняє наступним умовам:

1. Кожен AIA сприймає тільки *одну* компоненту інформації і здійснює діяльність теж тільки по *одній* інформаційній компоненті.
2. Для кожного AIA одна компоненту описує *статичність*, а інша - *динамічність*.
3. Для кожного AIA одна компоненту є *узагальнюючою*, а інша - *деталізуючою*.

Коректне визначення 2AIA саме як об'єкту, який реалізовує ті або інші типи управління, можливо тільки описаним вищим способом [19].

Відзначимо також, що при будь-якому *іншому* визначенні 2AIA їх кількість буде більша: таким чином, образом, введений нами клас 2AIA є в цьому сенсі «мінімально необхідним».

Підрахувати кількість *різних типів* 2АІА можна таким чином. По-перше, в якості «вхідної» компоненти може бути вибрана будь-яка компоненти інформації. Значить - є 8 різних можливостей. А ось в якості другої - тут вже потрібно відкинути деякі із варіантів вибору компонент інформації. По-перше, потрібно відкинути всі ті компоненти інформації, які описують ту ж саму *часову* динаміку – а це 4 компоненти інформації (наприклад, якщо вхідна компоненту є статичною, то вихідна компоненту інформації не може бути статичною). Далі, ми повинні відкинути компоненти інформації того ж самого ієрархічного рівня, що і для вхідної інформації (наприклад, якщо вхідна інформація є узагальнюючою, то вихідна узагальнюючою бути не може). Більше обмежень у визначенні 2АІА немає. В результаті залишаються 2 компоненти інформації, які ми можемо взяти за вихідну. Наприклад, якщо вхідна компоненту узагальнююча і динамічна, то як вихідну можна взяти будь-яку компоненту із двох статичних і деталізуючих: *Об-С* або *Зв-С*.

Разом отримуємо: 8 можливих варіантів входу помножити на 2 можливих варіанти виходу = 16 різних типів 2АІА.

Таким чином, приходимо до наступної теореми.

Теорема 4. Несуперечливий опис економічної діяльності в загальному вигляді може бути здійснено сукупністю із 16-ти типів 2АІА, які мають наступний вигляд:

$\langle Ст-С|Зв-Д \rangle$, $\langle Ст-С|Об-Д \rangle$, $\langle Ст-Д|Зв-С \rangle$, $\langle Ст-Д|Об-С \rangle$,
 $\langle Гр-С|Зв-Д \rangle$, $\langle Гр-С|Об-Д \rangle$, $\langle Гр-Д|Зв-С \rangle$, $\langle Гр-Д|Об-С \rangle$,
 $\langle Об-С|Ст-Д \rangle$, $\langle Об-С|Гр-Д \rangle$, $\langle Об-Д|Ст-С \rangle$, $\langle Об-Д|Гр-С \rangle$,
 $\langle Зв-С|Ст-Д \rangle$, $\langle Зв-С|Гр-Д \rangle$, $\langle Зв-Д|Ст-С \rangle$, $\langle Зв-Д|Гр-С \rangle$.

При записі типів 2АІА використані найменування компонент інформації, наведені в Таблиці. Перша компоненту інформації відповідає входу в 2АІА, тобто опису тієї компоненти інформації, яку даний 2АІА сприймає, а друга компоненту - опису тієї компоненти інформації, в рамках якої може бути виражена його діяльність. Нагадаємо, що ці компоненти інформації беруться в *різні моменти* часу.

Умови Теореми 1 і Теореми 4 приводять до наступної теореми.

Теорема 5. Для здійснення довільної економічної діяльності необхідно і достатньо наявності 16-ти типів 2АІА.

Іншими словами, для будь-якої соціально-економічної системи для реалізації як завгодно складної економічної діяльності необхідно і достатньо мати тільки ті типи 2АІА, які визначені вище.

Результат нашого розгляду вийшов достатньо нетривіальним: ми отримали **класифікацію всіх можливих типів економічної діяльності людини**.

Теорема 5 свідчить, що «інших типів» бути не може.

Роз'яснимо це твердження детальніше. Внаслідок Теореми 1 для здійснення довільно взятої економічної діяльності необхідно і достатньо

мати набір тільки із «двохкомпонентних» АІА. У відповідності із Теоремою 4 *несуперечливу* діяльність можуть здійснювати тільки 16 спеціальним чином сконструйованих типів АІА, які ми позначили як 2АІА.

Для завдання одного певного типу із сукупності типів 2АІА можна використовувати метод дихотомічного ділення. Опишемо одну із можливих схем реалізацій цього метода.

Перша дихотомія базується на розгляді програмної компоненти. Вона основана на розділенні деталізуючих і узагальнюючих компонент інформації для програмного блоку 2АІА. Таким чином, проводиться розділення на *узагальнюючі* типи 2АІА (узагальнюючі технології діяльності) і *деталізуючі* типи 2АІА (деталізуючі технології діяльності).

Друга дихотомія визначає спрямованість діяльності даного типу 2АІА. Одні типи 2АІА, спираючись на стан, творять процеси. Для цього вони знаходяться в постійному «творчому процесі», в постійному контакті із тими об'єктами, над якими вони реалізують своє управління. Природно, до тих пір, поки вони проводять управління над ними. Такі типи 2АІА ми називатимемо *участвующими*. Інші ж 2АІА, програмуючись процесом, творять стан. Ми називатимемо такі 2АІА *спостерігающими*. Таким чином, ця дихотомія проводить розділення на *участвующі* і *спостерігаючи* типи 2АІА.

Для третьої і четвертої дихотомій розташування відповідних компонент інформації значення не має. Вони можуть належати як до програмного, так і до творчого блоку типу 2АІА. Цю особливість важливо враховувати при розробці методик для визначення типу належності для конкретної людини, оскільки полюси цих дихотомій можна виявити не на всіх етапах здійснення діяльності.

Третя дихотомія визначає, чи залучаються до процесу діяльності *одиночні* об'єкти, або ж діяльність описується в термінах зв'язків між об'єктами. Діяльність, яка описується тільки в рамках одиничних об'єктів, назвемо *об'єкт-орієнтованою*. Діяльність, яка описується в рамках зв'язків між об'єктами, назвемо *зв'язок-орієнтованою*.

Четверта дихотомія визначає, чи залучається до процесу діяльності *структура* всього ієрархічного рівня, або ж управління описується в термінах *границі* ієрархічного рівня як цілого. У першому випадку ми використовуватимемо для такого типу 2АІА назву *ототожнюючі*, у другому - *розмежовуючі*.

Таким чином, приходимо до наступної теореми.

Теорема 6. Застосування описаних вище чотирьох дихотомій необхідно і достатньо для того, щоб однозначно задати конкретний тип 2АІА.

Рішення задачі про побудову ланцюжків виконання діяльності із 2АІА буде описано в окремій роботі.

Класифікація типів математичних моделей для моделювання соціально-економічних систем.

Наведеними вище типами 2AIA *повністю* описується також і класифікація всіх можливих моделей для моделювання соціально-економічних систем.

Дійсно, математична модель для заданої соціально-економічної системи повинна мати своїми складовими:

1. Опис соціально-економічної системи *до* дії певних факторів.
2. Опис соціально-економічної системи *після* дії певних факторів.

Тільки в такому разі ми *зможемо виділити* (описати), в чому саме полягає *результат* від *впливу* того чи іншого фактора на нашу соціально-економічну систему.

Однак саме це і покладене в основу даного в статті *визначення AIA*.

Таким чином, справедлива наступна теорема.

Теорема 7. Сукупність із 16-ти 2AIA являє собою класифікацію сукупності всіх можливих моделей для опису соціально-економічних систем в тому сенсі, що *довільно взяту модель* можна замінити *еквівалентною* їй сукупністю (ланцюжком) 2AIA.

Внаслідок цієї теореми виникає задача про виділення з усіх існуючих моделей для опису соціально-економічних систем тієї сукупності *базових* моделей, які будуть *відповідати* кожному із 16-ти типів 2AIA. Ця задача ще тільки чекає свого рішення.

Висновки.

У статті отримано класифікація типів економічної діяльності людини.

Побудовано інформаційний простір і його базис із 8 класів даних.

Типи економічної діяльності визначені як оператори переведення початкового інформаційного простору опису соціально-економічної системи в інформаційний простір результатів діяльності.

Доведено, що довільна економічна діяльність може бути представлена як двокомпонентний оператор в інформаційному просторі. Доведено, що мінімальний набір таких операторів складає 16 різних типів.

Показано, що 2AIA задає також класифікацію всіх можливих моделей для опису соціально-економічних систем.

Застосування розвинутого в статті формалізму до опису діяльності людини опубліковано в [7-9,17].

Література.

1. Mas-Collel A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic Theory. Oxford: Oxford University Press, 1995. – 977 p.
2. Активізація теоретичних досліджень. Про інституціональну архітектуру як новий науковий напрямик // Економіка і прогнозування. – 2003. - №3. – С.127-147.

3. Вітлінський В. В., Верченко П. І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком. — К.: КНЕУ, 2000. — 292 с.
4. Вітлінський В. В. Моделювання економіки. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
5. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: ИПУ, 2005. — 138 с.
6. Acemoglu, D., Robinson, J. A., Economic Origins of Dictatorship and Democracy. -Cambridge. - Cambridge University Press, Cambridge. - 2006. — 416 p.
7. Шиян А.А. Соціально-психологічні портрети політиків: О.О. Мороз, Н.М. Вітренко та В.П. Горбулін // Нова Політика. - 1998. - №4. - С.24-28.
8. Шиян А.А. О роли коммуникантов в обеспечении психологического комфорта: от стресса к суициду // Прикладная психология (Москва). - 2000. - № 4. - С.67-79.
9. Шиян А.А. О способах убеждения в политике: использование межличностных отношений // Политический маркетинг (Москва). - 2000. - № 8. - С.28-46.
10. Фон Неман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. — М.: Наука, 1970. — 708 с.
11. Rubinstein A. Experience from a course in game theory: pre- and post- class problem sets as a didactic device // Games and Economic Behavior. — 1999. — V.28. — P.155-170.
12. Fehr E., Schmidt K. A Theory of Fairness, Competition and Cooperation // Quarterly J. of Economics. — 1999. — V.114. — P.817-868.
13. Меркулова Т.В. Рациональність в економічній моделі людини // Економічна теорія. — 2005. - №1. — С.24-34.
14. Томчук Н.В. Еволюція наукових поглядів на людський розвиток // Економічна теорія. — 2005. - №3. — С.95-105.
15. Harsanyi J. Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players // Management Science. - 1967/68. - V.14. - P.159-182 (Part I), P. 320-334 (Part II), P. 486-502 Part III).
16. Dekel E., Fudenberg D., Morris S. Topologies on Types // Theoretical Economics. — 2006. — V.1. — P.275-309.
17. Курносков Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. — М.: РУСАКИ, 2004. - 512 с.
18. Шиян А.А. Економічна кібернетика: вступ до моделювання соціальних і економічних систем. — Львів: «Магнолія 2006». — 2007. — 228 с.
19. Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2007. - № 3(10). — С.131-139.

Математичне моделювання спільної економічної діяльності людей.

Вступ.

Теорія колективного вибору і прийняття рішень широко застосовується в сучасних політичних, економічних і соціологічних дослідженнях [1,2]. З її допомогою вдалося вирішити цілий ряд модельних задач, що дозволили досягти істотного прогресу в описі широкого класу важливих для життя суспільства задач, - наприклад, задачу про організацію виборчих процедур в політичній діяльності [3].

Разом з тим, існуючий апарат кооперативної теорії ігор [4], який часто застосовується в теорії суспільного вибору і колективного прийняття рішень, базується на побудові достатньо формальних функцій переваги для гравців та їх коаліцій, що не дозволяє застосовувати його до вирішення багатьох практично важливих задач.

У статті викладено апарат, що дозволяє здійснювати формальне рішення широкого класу задач колективного прийняття рішень.

Аналіз літератури і невирішені задачі.

Сучасна теорія колективного вибору і прийняття рішень базується на таких достатньо абстрактно визначених поняттях, як ядро, вектор Шеплі, рішення Немана-Моргенштейна і деяких інших [4-7]. Ці конструкції не тільки достатньо громіздкі, але також і погано визначені в плані експериментального знаходження їх чисельних значень.

Про можливість вирішення *прикладних* завдань із використанням сучасної теорії кооперативних ігор говорити доводиться з великою обережністю, оскільки вони, по суті, розглядають швидше поведінку гравців для цілої *сукупності* ігор, що повторюються [4].

Разом з тим існує достатньо великий клас задач, коли необхідно спрогнозувати поведінку *конкретного* колективу людей. Це, наприклад, задача управління персоналом фірми, екіпажем літаки, групою, що здійснює заданий проект, і багато інших.

Розвинений в статті апарат дозволяє розглядати вирішення цього класу задач, що істотно розширює область застосовності сучасних інформаційних технологій в управлінні соціально-економічними системами.

Постановка задачі.

В [8-10] побудовано інформаційний простір і сукупність операторів, що діють в ньому. Показано, що довільна діяльність може бути описана як двокомпонентний абстрактний інформаційний автомат (2AIA) - оператор, що зв'язує інформаційний простір після здійснення дії з початковим інформаційним простором.

Для того, щоб *фіксувати* тип 2AIA, необхідно провести послідовне співвідношення результатів його діяльності послідовно з 4-ма полюсами відповідних дихотомій:

- Узагальнюючий – деталізуючий.
- Участвуючий – спостерігаючий.
- Зв'язок-орієнтований - об'єкт-орієнтований.
- Ототожнюючий – розмежовуючий.

Застосування цих дихотомій (яке робиться в *довільному* порядку) дозволяє «вийти» на будь-який з 16-ти типів 2AIA для кожного конкретного випадку.

Виникає задача про те, яким чином може бути описана *спільна* діяльність декількох 2AIA.

Опис алгебри відносин між типами 2AIA

Як було показано в [8-10], кожен з 16-ти типів 2AIA може бути записаний у вигляді вектора, складеного із 4-х компонент. Цей вектор має вигляд $\{a, b, c, d\}$, де перші дві компоненти описують програмну функцію даного типу 2AIA, а останні дві - його творчу функцію.

Першу компоненту цього вектора задає полюс дихотомії «узагальнюючий – деталізуючий» програмної функції, а *другу* - конкретний клас інформації, до якого вона відноситься.

Третя компонента вектора описує конкретний клас інформації, до якого належить творча функція, а *четверта* задає те, описує творча компоненту інформації стан або процес.

Відмітимо, що внаслідок такого визначення друга і третя компоненти вектора типу 2AIA відрізняються по дихотомії «узагальнюючий – деталізуючий», тому при зміні *цього полюса* в записі типу 2AIA друга і третя компоненти в записі вектора типу повинні помінятися місцями.

Як впливає з приведеного вище визначення для запису типу 2AIA, кожна компонента вектора типу може приймати два значення - 0 або 1. Вибір фіксації конкретних відповідностей значень змінних - полюсів відповідних дихотомій - для подальшого неістотний: по суті, це означає *довільність* вибору «типу 2AIA, від якого починається відлік». Таким чином, тип 2AIA як вектор може бути записаний як $\{a, b, c, d\}$, де $a, b, c, d = 0, 1$. Позначимо множину всіх 16-ти векторів типів 2AIA через $\{T_{ij}\}$.

Введемо тепер клас операторів, які визначені на безлічі векторів типів 2AIA $\{T_{ij}\}$ і які переводять один тип 2AIA у *визначений* інший тип 2AIA. Легко бачити, що цей клас операторів може бути представлений як покомпонентне складання вектора типу з *якимсь певним* 4-компонентним вектором, кожен з яких є представленням відповідного оператора. Складання повинне проводитися по *mod 2*. Таким чином, компоненти всіх векторів утворюють в алгебраїчному сенсі *поле* із двох елементів 0 і 1 [11].

Приклад. Розпишемо «табличку додавання» для наших компонент: $0+0=0$, $1+0=0+1=1$, $1+1=0$. Таким чином, внаслідок *останнього* співвідношення введена нами операція додавання *відрізняється* від Булевої алгебри.

Базис цього представлення операторів утворюють 4-ри вектора, які можна записати як

$$\begin{aligned} e_1 &= \{1, 0, 0, 0\}, \\ e_2 &= \{0, 1, 0, 0\}, \\ e_3 &= \{0, 0, 1, 0\}, \\ e_4 &= \{0, 0, 0, 1\}. \end{aligned} \quad (1)$$

Легко побачити, що існує всього тільки 16 різних операторів, що переводять один тип в іншій: окрім описаних вище 4-ьох базисних векторів та нульового вектора $e_0 = \{0, 0, 0, 0\}$ (тотожне перетворення) це такі вектори:

$$\begin{aligned} e_5 &= e_1 + e_2, \\ e_6 &= e_1 + e_3, \\ e_7 &= e_1 + e_4, \\ e_8 &= e_2 + e_3, \\ e_9 &= e_2 + e_4, \\ e_{10} &= e_3 + e_4, \\ e_{11} &= e_1 + e_2 + e_3, \\ e_{12} &= e_1 + e_2 + e_4, \\ e_{13} &= e_1 + e_3 + e_4, \\ e_{14} &= e_2 + e_3 + e_4, \\ e_{15} &= e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \end{aligned} \quad (2)$$

Підкреслимо, що після дії оператора e_1 змінюється полюс дихотомії «узагальнюючий – деталізуючий» в записі типу 2AIA, і тому ми повинні поміняти місцями узагальнюючі і деталізуючі класи інформації в записі типу (тобто - поміняти місцями друге і третє число в записі вектора типу). З цієї причини для операторів $e_5 - e_{15}$ операцію «переведення типу в тип» - тобто «закон додавання» для компонент інформації - визначимо так.

1. Оператор e_1 діє *першим* (змінюючи при цьому полюс дихотомії «узагальнюючий – деталізуючий» в записі типу 2AIA - «0» на «1»

або навпаки, відповідно), внаслідок чого *другі і треті компоненти вектора типу міняються місцями*.

2. А вже після цього має місце дія інших базисних операторів (тобто відбувається підсумовування з іншими компонентами вектора типу e_i при $i > 1$).

Внаслідок цієї умови сукупність операторів $e_0 - e_{15}$ розглядатиметься як сукупність впорядкованих операторів в сенсі В.П. Маслова [12].

Таким чином, отримана система *операторів* $\{e_{ij}\}$, які діють на вектори з множини $\{T_{ij}\}$.

Структуру цієї множини операторів $\{e_{ij}\}$ задає наступна сукупність теорем:

Теорема 1. Сукупність операторів $\{e_{ij}\}$ утворює некомутативну групу.

Доказ очевидний: оскільки, наприклад, $e_7 \bullet e_{13} \neq e_{13} \bullet e_7$.

Теорема 2. Група $\{e_{ij}\}$ має 11 циклічних підгруп порядку 2.

Теорема 3. Група $\{e_{ij}\}$ розпадається на 3 види комплексів, елементи яких мають наступні властивості: $e_0 \bullet e_0 = e_0$ (1 комплекс), $e_i \bullet e_i = e_i^2 = e_0$ (11 наборів комплексів - циклічних підгруп порядку 2, - таких операторів називатимемо «симетричними»), і $e_i^4 = e_0$ (4 набори комплексів - циклічних підгруп порядку 4, - такі оператори називатимемо «асиметричними»).

Теорема 4. Група $\{e_{ij}\}$ є векторним простором, розмірність якого дорівнює 4.

Наслідок. Якщо описано дії будь-яких 4-ьох лінійно незалежних операторів з $\{e_{ij}\}$, то дія останніх 11 операторів може бути виражена в термінах дії цих операторів (дія *тотожного* оператора e_0 є тривіальною).

Асиметричні оператори з набору $\{e_{ij}\}$ структурують множину типів 2AIA $\{T_{ij}\}$ таким чином:

Теорема 5. Множина типів 2AIA $\{T_{ij}\}$ кожним із асиметричних операторів розбивається на 4 рівнопотужних непересічних підмножини (4 *орбіти*, які містять відповідно по 4 різних типи 2AIA).

Наслідок. Множина $\{T_{ij}\}$ є сума 4 множин, кожна із яких утворена оператором, що має властивість $e_i^4 = e_0$.

Визначення 1. Оператор e_i з $\{e_{ij}\}$, який переводить один тип 2AIA в інший, називатимемо *відношенням* між даними типами 2AIA.

Таким чином, на множині типів 2AIA $\{T_{ij}\}$ є всього 16 відносин: 1 *тотожне відношення*, 11 *симетричних відносин* (коли послідовне застосування операторів переходу від типу до типу не виводить за межі цієї пари типів), і 4 *асиметричних відносин* (коли послідовним застосуванням даного відношення 4 різних типів 2AIA замикаються в кільце).

Асиметричне відношення e_{13} є виділеним, оскільки саме воно забезпечує найбільш високу ступінь самопрограмування між парою типів 2AIA. Дійсно, як неважко побачити, тільки при такому співвідношенні між цими типами 2AIA творча функція першого типу 2AIA співпадає із програмною функцією іншого типу 2AIA. Іншими словами, активність першо-

го типу 2AIA другим типом 2AIA сприймається як цілком рівнозначна заміна всьому навколишньому світу (адже цей, другий тип 2AIA, «бачить» як тільки одну компоненту інформації - причому якраз ту, яка є творчою для першого типу 2AIA).

Сукупність операторів $\{e_i\}$ можна представити також у вигляді графів - відрізків, що сполучають дві точки (два 2AIA із різними типами). Тоді легко побачити, що асиметричні відносини можуть бути представлені у вигляді *орієнтованих* графів.

Нарешті, як впливає з визначення операторів $\{e_i\}$, якщо довільний *асиметричний* оператор e_i застосувати двічі, то отримаємо симетричний оператор: $e_i^2 = e_8$. Мають місце також наступні співвідношення: $e_{12} \bullet e_{13} = e_{13} \bullet e_{12} = e_5 \bullet e_6 = e_6 \bullet e_5 = e_0$. Наявність «перехресних» співвідношень $e_{14} \bullet e_5 = e_{13}$ і $e_{14} \bullet e_6 = e_{12}$ та подібних до них дозволяє виділити відношення e_{14} серед всіх симетричні відносин. При цьому співвідношення $e_{14} \bullet e_5 = e_{13}$ внаслідок орієнтованості графа e_{13} приводить до того, що граф e_5 також виявляється орієнтованим (оскільки граф e_{14} є неорієнтованим).

Таким чином, отримуємо Теорему:

Теорема 6. Система графів $\{e_i\}$ структурована таким чином: e_0 - кільце (точка), e_1 - e_4 , e_7 - e_{11} , e_{14} , e_{15} - неорієнтовані граfi (симетричні відносини, причому граф e_{14} є виділеним в плані стикування між собою орбіт, утворених дією асиметричних операторів), e_5 , e_6 , e_{12} , і e_{13} - орієнтовані граfi (причому інформація розповсюджується тільки по графах e_{13} і e_5 , а граfi e_{12} і e_6 орієнтовані *протилежно* напрямку розповсюдження інформації, - і тому можуть розглядатися як «інформаційні пробки»). Граф e_1 є виділеним, оскільки його застосування приводить до радикальної перебудови вектора представлення типу.

Слова з $\{e_i\}$ як ланцюжки вироблення рішень (ланцюжки розповсюдження інформації)

Введений вище математичний формалізм дозволяє вирішити два класи задач.

1. Задачу про організацію оптимального управління заданим типом 2AIA за допомогою деякої сукупності типів 2AIA із конкретної заданої множини об'єктів, кожен із яких є 2AIA (включаючи і тождісні типи 2AIA).
2. Задачу про організацію вироблення оптимального нового режиму (способу або стилю управління, алгоритму) для управління даним об'єктом або рівнем заданої ієрархічної системи.

Перший клас задач можна переформулювати спеціально для цілей його використання в теорії прийняття рішень, в наступному вигляді:

- Є гравець (агент), що має *заданий* тип 2AIA, а також колектив гравців, кожен член якого має певний тип 2AIA. Необхідно із членів колективу організувати такий ланцюжок, по якому переда-

ватиметься інформація, щоб виділений нами гравець *отримав завдання* в тому вигляді, який для нього особисто максимально зручний.

Вирішується ця задача таким чином. Спочатку необхідно виділити ту компоненту інформації, яка є *програмною* для типу виділеного гравця. Потім розглядаються такі типи 2AIA для членів колективу, *творча* функція яких *співпадає* із програмною для виділеного гравця. Якщо їх немає - то із колективу вибираються ті типи 2AIA, у яких «схожі» творчі функції: тобто ті, у яких «нормальні» відносини із заданим гравцем.

У загальному випадку, для цього класу задач математичний алгоритм їх рішення може бути оформлений у вигляді, типовому для задач динамічного програмування [13]. Цільовою функцією тут може служити, наприклад, вимога мати «ланцюжок мінімальної довжини». При цьому можуть виникати ситуації, коли *необхідно*, щоб ланцюжок «пройшов» через деяку сукупність *виділених* типів 2AIA, - наприклад, через гравців, які повинні здійснити певні інформаційні операції, що також може бути вирішене методами динамічного програмування.

Другий клас задач можна переформулювати у такому вигляді:

- У колективі гравців із заданими типами 2AIA створити оптимальну кількість ланцюжків для обміну інформацією з метою вироблення максимальної кількості різноманітних технологій управління і/або рішень.

Як буде доведено нижче, *оптимальним* - і, одночасно, найбільш ефективним при мінімумі «задіяних» типів 2AIA (тобто гравців) - буде *соціон*. Ця задача знову вирішується методами динамічного програмування, проте тут необхідні певні його модифікації. Ряд таких вимог до алгоритму описаний нижчим.

Визначення 2. Довільну послідовність операторів з $\{e_i\}$ називатимемо *словом* (послідовність застосування операторів - справа наліво).

Кожне таке *слово* задає ланцюжок вироблення нового рішення. Інакше кажучи, кожне *слово* задає цілком певний ланцюжок розповсюдження нової інформації.

Неважко бачити, що умови для оптимізації введених вище задач будуть різними.

Так, умова для оптимізації *першої задачі* - по цілеспрямованому управлінню діяльністю заданого 2AIA за допомогою заданої множини інших 2AIA виглядає так:

- Знайти на множині всіх заданих 2AIA слово мінімальної довжини, з мінімальною кількістю операторів, які змінюють полюси дихотомії «узагальнюючий-деталізуючий» і з мінімальною кількістю асиметричних операторів, яка закінчується на заданому 2AIA (часто при цьому «початковий» 2AIA - той, який і «задає програму дій», - задається також). Оптимальним є випадок, коли асиметричний оператор

e_{13} (або e_5) стоїть в кінці слова (тобто - перед заданим 2AIA). Наявність в слові операторів e_{12} і e_6 означає наявність «інформаційної пробки», після якої інформація далі по слову не розповсюджується.

А умова для оптимізації *другої задачі* - по виробленню оптимального нового рішення (технології управління) на заданій множині 2AIA виглядає так:

- Знайти на множині всіх заданих 2AIA слово максимальної довжини, з мінімальною кількістю операторів, що змінюють полюси дихотомії «узагальнюючий-деталізуючий» і з максимальною кількістю асиметричних операторів e_{13} і/або e_5 (часто при цьому «початковий» 2AIA задається: саме через нього, як правило, вводиться нова інформація в дану безліч 2AIA). Оптимальним є випадок, коли таке слово формує замкнутий шлях на даній множині 2AIA (при виконанні такої умови той 2AIA, через який введена нова інформація, здійснюється також «апробація» виробленого нового режиму управління, - тобто визначається, чи досягнуто цілі управління і який ступінь ефективності такого управління).

Зауваження. Неважко бачити, що «спілкуватися» між собою «на рівних» можуть тільки типи, що володіють одним і тим же полюсом дихотомії «узагальнюючий-деталізуючий». Дійсно, *узагальнюючий* тип реалізує управління «від загального до часткового», тоді як *деталізуючий* тип 2AIA - навпаки, «від часткового до загального» (див. Теорему 6).

Вельми важливою є та обставина, що одне і те ж *слово* може об'єднувати в деякий шлях *разні* сукупності 2AIA (особливо наочно це видно при представленні операторів у вигляді графів).

Визначення 3. Слова на множині заданих типів 2AIA називатимемо *еквівалентними в сенсі передачі інформації*, якщо вони спираються своїми початком і кінцем на фіксовані типи 2AIA (які можуть бути як різними, так і співпадаючими, - в останньому випадку отримаємо *цикл (кільце)* із 2AIA).

Можна сказати, що слова - це топологічно інваріантні конструкції на множині $\{T_{ij}\}$.

Таким чином, загальний алгоритм вирішення задач по управлінню соціальною, економічною і організаційною системою довільної природи за допомогою заданої множини 2AIA виглядає таким чином.

1. На *першому етапі* визначаються всі типи 2AIA, які містяться в заданій множині 2AIA (тобто визначаються типи всіх (точніше - *потрібних!*) гравців-агентів в даному колективі).
2. На *другому етапі* визначаються всі типи операторів, які зв'язують пари різних типів 2AIA, що містяться в заданій множині 2AIA.
3. Нарешті, на *третьому етапі* вибираються слова, які є оптимальними для вирішення поставленої мети управління і рийняття рішень (тобто *фіксуються* як типи 2AIA (конкретних гравців), так і *відносини* між ними. Це можна зробити, наприклад, розробивши спеціа-

льний регламент здійснення операцій по управлінню і прийняття рішень.

Відзначимо, що цілі управління в загальному випадку можуть бути відмінні від тих, які перераховані вище: вони визначатимуться конкретним наповненням задачі. Таким чином, замість того, щоб досліджувати ланцюжки передачі інформації (ланцюжки вироблення нового режиму управління) між конкретними типами 2AIA, тепер можна досліджувати *слова*, які є інваріантними і не залежать вже від вибору конкретних типів.

Класифікація інформаційно помітних конструкцій

Розглянемо відмінність в інформаційному сенсі конструкції, які виникають на множині *всіх* 16-ти типів 2AIA $\{T_i\}$ за умови максимального повного вироблення нового режиму управління. Інакше кажучи, необхідно знайти конструкцію, в якій задіяні всі 16 типів 2AIA і все 16 типів відносин між ними, і яка максимально пристосована для вироблення нових режимів управління.

Згідно алгоритму оптимізації для *другої* задачі - про вироблення нового режиму управління - така конструкція повинна містити максимально велику кількість замкнутих шляхів з асиметричних операторів.

Побудуємо таку конструкцію

Даний тип 2AIA (той, який «ставить задачу» перед рештою типів 2AIA) формує кільце *індивідуального* самопрограмування за допомогою послідовної дії виділеного оператора e_{13} .

Дію цього ж оператора розбиває множина $\{T_i\}$ ще на 3 кільця самопрограмування. Тільки одне з таких кілець індивідуального самопрограмування може бути зістиковане із даним типом 2AIA з тим, щоб утворити єдине ціле - кільце *здвоєного* («*діадного*») самопрограмування. Таке кільце діадного самопрограмування вийде, якщо до даного типу 2AIA приєднати за допомогою оператора e_{14} відповідний тип 2AIA разом із тим кільцем індивідуального самопрограмування, яке містить той тип. При цьому кожна пара типів, що знаходиться в ланках такого «здвоєного» кільця (кільця діадного самопрограмування) виявляється зв'язаною тим же оператором e_{14} .

Таким чином, вся множина $\{T_i\}$ розбивається на два кільця діадного самопрограмування, одне із яких містить даний тип 2AIA, а інше ні.

Два кільця індивідуального самопрограмування, які складають *друге* кільце діадного самопрограмування (яке залишилося), можна приєднати до даного типу 2AIA тільки ще за допомогою 4-х різних способів: за допомогою 4-х різних операторів, що не змінюють у виділеного нами типу 2AIA полюс дихотомії «узагальнюючий-деталізуючий». При цьому приєднання відбувається із тими типами 2AIA, у яких або програмна, або творча функції *співпадають* із відповідними функціями даного типу 2AIA або типу, отриманого з даного за допомогою оператора e_{14} (такий тип називається «*діадним*»).

При будь-яких інших способах приєднання кілець індивідуального самопрограмування до даного типу 2AIA оптимальної передачі інформації досягнуто не буде (оскільки інформація спотворюватиметься при комунікації даного типу 2AIA з іншими типами 2AIA в одній і тій же ланці).

Таким чином, отримуємо наступну теорему.

Теорема 7. Конструкція на множині типів 2AIA $\{T_i\}$, яка оптимально здатна перетворити нову інформацію, в топологічному сенсі еквівалентна букету із 6 кіл.

Наслідок. Описана в Теоремі 7 конструкція диффеоморфна двовимірній сфері із 7 вклеєними плівками Мебіуса (математичні деталі див., наприклад, в [14]).

Визначення 4. Введену в Теоремі 7 конструкцію називатимемо *соціоном*.

Неважко побачити, що в *соціоне* для будь-якого із типів 2AIA присутні *всі можливі* на множині $\{T_i\}$ оператори (відносини між типами). Таким чином, соціон є тим об'єктом, що містить *найбільш довге слово*, в якому всі типи 2AIA із $\{T_i\}$ присутні тільки один раз (тобто це найбільш довгий шлях без повторів). В соціоні також реалізований випадок, коли окремі типи 2AIA здійснюють комунікацію із найбільшою кількістю інших типів 2AIA.

Отже, соціон є якраз тим об'єктом, який повинен бути утворений для того, щоб виробити всю сукупність можливих режимів (способів, алгоритмів, методів) для реалізації управління даним рівнем в довільній ієрархічній системі.

Іншими словами, соціон являє собою об'єкт, який *тотожний* максимально можливій коаліції в умовах симетричної інформації.

Неважко бачити, що справедлива наступна теорема.

Теорема 8. «Інформаційна місткість» заданої сукупності гравців задається топологічними властивостями фундаментальної групи із слів, які можуть бути складені з типів 2AIA для людей із цієї сукупності, і вона не може бути більше, аніж інформаційна місткість соціону.

Зауваження. Отримані в цьому розділі результати можуть бути отримані також «геометричним» способом, коли відповідні оператори представляються у вигляді графів.

Мережі із $\{e_i\}$.

Наступним кроком є побудова мережі із графів - представлень операторів $\{e_i\}$. В цьому випадку доведеться оперувати об'єктами, які є *розгалуженнями* графів - операторів: їх можна представити як «точку (тип 2AIA)», в яку «входить» n графів - операторів і з якої виходить m графів - операторів (у загальному випадку $n \neq m$).

Тут відкриваються широкі можливості для комп'ютерного моделювання і формування об'єктів різної топологічної будови і різної розмірності - див., наприклад [15]. Цікаво, що, як впливає з Теоремі 7, оптимальний

для функціонування соціону розгалужений граф може бути описаний у вигляді об'єкту, в якому є 1 «вхід», - асиметричний оператор, 1 «вихід» - асиметричний оператор, і 5 неорієнтованих графів - симетричних оператора.

Неважко побачити, що, в загальному випадку, будь-який тип 2AIA може функціонувати у складі соціону тільки тоді, коли на нього спирається граф із 7 ± 2 розгалуженнями. Це твердження є, ймовірно, першим *замкнутим* математичним доведенням для відомого з психології і менеджменту факту, що комунікація між людьми можлива тільки між 7 ± 2 комунікантами [16]. Також це може служити варіантом доведення гіпотези Інґве [17].

Висновки і перспективи подальших досліджень.

У статті отримана класифікація можливих інформаційно помітних коаліцій для задач прийняття рішень. Побудована класифікація відносин між типами гравців.

Розроблені алгоритми для вирішення типових задач на управління і прийняття рішень.

Застосування розвиненого в статті формалізму до опису способу прийняття управлінських рішень конкретними людьми опубліковано в [18-22].

Література.

1. Acemoglu, D., Robinson, J.A. Economic Origins of Dictatorship and Democracy. - Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 416 p.
2. Нуреев Р.М. Общественный выбор: теория и практика. - М. Изд-во ГУ ВШЭ, 2005. – 532 с.
3. Persson T., Tabellini G. Political Economics: Explaining Economic Policy. - Cambridge, MA: MIT Press, 2000. – 533 p.
4. Губко М.В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. - М.: ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
5. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики. – М.: Мир, 1985. – 200 с.
6. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели. – М.: Мир, 1991. – 464 с.
7. Печерский С.Л., Беляева А.А. Теория игр для экономистов. – СПб: Изд-во Европейского университета в С.-Петербурге, 2001. – 342 с.
8. Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. - № 3(10). – С.131-139.
9. Шиян А.А. Типы людей и их взаимодействие с компьютером // Труды 1 Междунар. научно-практической конф. по программированию "УкрПРОГ'98". Киев, 2-4 сентября 1998. - Кибернетический центр НАН Украины, 1998. - С.482-486.

10. Шиян А.А. Економічна кібернетика: вступ до моделювання соціальних і економічних систем. – Львів: «Магнолія 2006». – 2007. – 228 с.
11. Ван дер Варден Б.Л. Алгебра. - М.:Наука,1976. – 648 с.
12. Маслов В.П. Операторные методы. - М.:Наука,1973. - 544с.
13. Таха Х.А. Исследование операций. – М.: Вильямс, 2005. – 912.
14. Рохлин В.А., Фукс Д.Б. Начальный курс топологии. Геометрические главы. - М.: Наука, 1977. – 488 с.
15. Хармут Х. Применение методов теории информации в физике. - М.:Мир, 1989. – 344 с.
16. 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.
17. Словарь по кибернетике /под ред.. В.С. Михалевича. – Киев: Гл. Ред.. УСЭ им. М.П. Бажана, 1989. – С.751.
18. Шиян А.А. Соціально-психологічні портрети політиків: О.О. Мороз, Н.М. Вітренко та В.П. Горбулін // Нова Політика. - 1998. - №4. - С.24-28.
19. Шиян А.А. О роли коммуникантов в обеспечении психологического комфорта: от стресса к суициду // Прикладная психология (Москва). - 2000. - № 4. - С.67-79.
20. Шиян А.А. О способах убеждения в политике: использование межличностных отношений // Политический маркетинг (Москва). - 2000. - № 8. - С.28-46.
21. Мингазов Р., Киямов И. Президентский характер: личность М.Ш. Шаймиева в ракурсе современных социальных технологий // Татарстан.- 2003.-№1.-С.4-9.
22. Курносоев Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М.:РУСАКИ,2004.-512с.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Для вибраної та описаної вами біологічної/ергатичної системи побудувати інформаційний простір та навести приклад алгоритму управління – тобто зв'язку між просторами A та A_0 .
2. Навести приклад AIA . Для цього вибрати певну систему та побудувати інформаційний простір.
3. Навести приклад $2AIA$ для вибраної вами системи.
4. Розписати для вибраного вами типу $2AIA$ дію операторів (1) та (2) з здутої статті.

5. Для вибраного вами типу 2AIA, використовуючи оператори із властивістю $e_i^4 = e_0$ побудувати кільця самопрограмування, які включають даний тип 2AIA.

6. Вибравши 2 довільні типи 2AIA із першої статті, знайти оператор із другої статті, який зв'язує ці два типи.

7. Задавши певну сукупність із декількох *різних* типів 2AIA, вирішити перший та другий клас задач із другої статті.

Розділ 10. Людина як 2AIA.

Описано ключові елементи, які необхідні для того, щоб читач зміг побудувати працездатну методику визначення типу управління для конкретної людини (особистості). Докладно описані специфічні особливості, які виникають через те, що інформацію, необхідну для типування, потрібно отримати від конкретної людини. Тим самим читачу надається можливість освоїти ключові елементи описаних у книзі технологій. По суті, у цьому розділі викладена технологія побудови методик типування для теорії 2AIA.

Цей розділ розраховано для людей, які хочуть використовувати концепції інформаційного простору і 2AIA в своїй практиці діяльності. Оскільки тут наведено виклад методологічних і методичних аспектів, розуміння матеріалу цього розділу вимагає від читача значних зусиль. Це може створити деякі труднощі, - однак вони неминучі при переході від інтер'єру «навчання» до інтер'єру «практична діяльність».

Спочатку опишемо, що ж, властиво, буде викладено в цьому розділі: ми опишемо особливості проведення процедури стискання інформації про конкретну людину до абстрактного *наукового* терміна - типу 2AIA для конкретної особи.

Але спочатку нагадаємо, що ж таке являє собою науковий термін. (Як показала наша власна практика викладання, це далеко не зайве.) Одночасно читач одержить інформацію про те, що ж саме із методологічної точки зору зроблено в цій книзі.

Говорити про те, що є *науковий термін* ми можемо тільки в ситуації, коли виконані наступні три пункти *одночасно*.

По-перше, повинна бути наявна методика стискання даних, які відносяться до даної людини, до рівня системи точно визначених нами абстрактних понять, які й розглядаються як *наукові терміни*.

Інакше кажучи, при описі конкретної людини повинні використовуватися тільки ті теоретичні терміни (поняття, символи тощо), які мають експериментальне обґрунтування. При цьому дуже важливою обставиною є вимога, щоб така процедура стискання інформації була *достатньо стандартною*, тобто, щоб була чітко описана система кодування відомостей, отриманих від людини. На цьому етапі немає необхідності в стандартизованій методиці - тут досить наявності всього лише *теоретичного методу*, який дозволяє провести таке стискання інформації.

Підкреслимо, що використання в теорії в якості термінів понять, для яких відсутній такий спосіб стискання інформації до заданого «наукового ярлика», є некоректним.

У розділі 3 було введено термін «тип 2AIA для опису раціональної (наприклад, управлінської) діяльності людини», - іноді для нього ми використовували також *скорочений* термін «тип діяльності» або «тип стратегії». Був описаний також теоретичний метод для здійснення стискання інформації, отриманої від конкретної людини (або інформації про конкретну людину) спочатку до певних полюсів дихотомій, а потім, користуючись ними – і до типу 2AIA. Таким чином, цей, перший пункт для описаної в книзі *типології технологій діяльності людини* (типології 2AIA) - виконано.

Нижче в ми ще зупинимося більш докладно на описі комплексу питань, пов'язаних з визначенням типу 2AIA для конкретної людини.

По-друге, повинні бути встановлені зв'язки введених нами термінів із іншими термінами в цій же та/або іншій галузі науки. Ми повинні встановити свого роду «правила відповідності», «правила зв'язку» для введених нами термінів із уже існуючими науковими термінами та поняттями.

Образно говорячи, ми повинні описати «правила гри» із такими термінами. У фізиці, наприклад, «правила гри» з абстрактними термінами раніше часто називалися «Законами Природи». Тепер використовуються менш голосні назви: «теоретичний апарат», «формалізм», або ж просто - «теорія». Підкреслимо, що використання математики обмежене, як правило, тільки областю теорії.

Слід зазначити, що при виконанні такої процедури ми можемо іноді одержувати *нові терміни*. Однак ці нові терміни також повинні відповідати вимогам першого із розглянутих нами пунктів.

У цій книзі ми, «граючись» із терміном «тип 2AIA для особи», одержимо *нові* терміни: «інтертипні відношення», «соціон» та «координатор» тощо. Для них будуть коротко описані методи для їхнього експериментального визначення. Таким чином, і для цього пункту виклад запропонованої читачеві книги задовольняє вимогам, висунутим у науці.

Нарешті, *по-третьє*, наш термін повинен допускати і процедуру, зворотну до першого пункту: повинні бути розроблені методики для *розширення* інформації (наповнення терміну *конкретним* змістом, - наприклад, який відповідає розглянутій нами задачі та потрібному для нас інтер'єру), тобто методики для переходу від розглянутого наукового терміна до точно описаної експериментальної ситуації. Зокрема - до опису реальної людини.

Такі методики ми навели в низці статей (посилання наведені нижче): наприклад, переходячи від опису типу 2AIA до опису поведінки конкретних людей (портрети політиків, опис відносин між ними тощо)

Підсумовуючи, ми можемо стверджувати, що абстрактне поняття, яке нами вводиться, можна розглядати як *науковий термін* (*наукове поняття*), тільки у разі, коли *виконані* всі три умови *одночасно*:

- 4) Є метод стискання інформації про Реальний Світ до деяких абстрактних понять - наукових термінів.

- 5) Визначені «правила гри» із такими термінами, тобто є математичний і теоретичний апарат, у якому ці терміни використовуються.
- 6) Є метод розширення інформації - метод переходу від використовуваних нами термінів знову до Реального світу, до життя. Фактично, такий метод є технікою для реалізації прогнозу (апробації теорії, імплементації (впровадження) технології тощо).

Таким чином, введені нами у цій книзі поняття можуть бути використані як наукові терміни. Це, насамперед, такі наукові терміни як «тип 2AIA для особи», «відносини між типами 2AIA» (включаючи їхні назви, - наприклад, «тотожні», «діадні», «програмування» тощо), «соціон», «координатор» тощо.

Слід зазначити, що всі поняття, використовувані людиною, ми можемо розділити на 2 класи: *поняття наукові* та *поняття життєві*.

Про поняття *наукове*, або про *термін*, - ми вже говорили вище.

А от поняття *життєве* - це просте слово, ярлик, який людина використовує для позначення якесь нечіткої конструкції. Для позначення того, зміст чого часто їй самій чітко не ясний. Це – не більш ніж *образна метафора*.

Особливу небезпеку використання життєвих понять здобуває при роботі із 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 із іншої науки. При цьому зовсім забувається, що *поза* «своєю» галуззю науки строгий науковий термін негайно перетворюється в розпливчате *життєве поняття*. Простіше кажучи – в «порожнє» слово, яке нічого не значить. Причини ж такого явища практично очевидна: міждисциплінарна роз'єднаність сучасної науки та відсутність форумів, де над вивченням якогось одного явища працювали б бік-об-бік фахівці із декількох різних галузей науки.

Отже, нижче ми переходимо до опису елементів такої методики для визначення типу особи (синонім терміну «тип 2AIA», який ми будемо широко використовувати у цій книзі, коли будемо говорити про *застосування* теорії 2AIA для вирішення конкретних задач), що дозволить сформулювати певні «інваріанти», які будуть однаково сприйматися кожним фахівцем.

Структурна побудова методики.

Тут ми опишемо структурну побудову методики, яка необхідна для визначення типу управління для конкретної особи - тобто типу 2AIA для особи.

Людина є досить багатограним об'єктом, який досліджується з різних сторін і різних точок зору в рамках різних наукових дисциплін. Ми ж

будемо розглядати людину як найочевиднішу кандидатуру для того, щоб описати її в термінах 2AIA, тобто в термінах управління.

Чи здійснює людина управління? Відповідь очевидна: звичайно ж «так»! Тому цілком правомірна постановка такої задачі:

- Визначити, чи здійснює дана конкретна людина такий клас технологій для здійснення управління, яку можна було б віднести до певного типу 2AIA.

Для того, щоб можна було відповісти на це питання, необхідно розробити методику визначення 2AIA стосовно до людини.

Ось до опису такої методики ми зараз і переходимо.

Але перш за все - опишемо сам дихотомічний спосіб визначення типу 2AIA.

Отже, задамося питанням:

- Як визначити, що *довільний*⁶ реальний об'єкт є 2AIA?

Підкреслимо ще раз, що кожен тип 2AIA є саме клас технологій споріднених типів (шляхів, способів, стилів) для управління, еквівалентність яких задається їх програмним і творчим компонентами. Тому для того, щоб одержати можливість розглядати реальний об'єкт як 2AIA, ми повинні досліджувати ті способи управління, які він застосовує.

Тут саме й зручно застосувати *метод послідовного дихотомічного віднесення* сукупності технологій управління (способу прояву їм своєї активності), використаних даним об'єктом до одного із альтернативних полюсів. Послідовне застосування чотирьох таких незалежних дихотомій гарантує нам віднесення розглянутого об'єкта тільки до одного із типів 2AIA.

Примітка. Ми звертаємо увагу читача на те, що дихотомічний метод обрано нами тільки як один із можливих прикладів здійснення загального методу для визначення типу 2AIA.

А хіба можуть бути ще й інші методи? Звичайно ж, можуть! Наприклад, для цього досить уявити собі таку ситуацію. Нехай у нас є якийсь *об'єкт*. Насамперед, ми повинні переконатися, що він дійсно *управляє*. Ми можемо зробити це в такий спосіб. Помістимо цей об'єкт у якесь середовище, - наприклад, у якусь задану нами ієрархічну систему. А потім - почнемо змінювати цю систему. Причому змінювати так, щоб у результаті нашого впливу змінився *тільки один* з 8 компонентів інформації, які описують цю систему. І так повторимо це послідовно по всім 8-ми компонентам інформації. Коли наш об'єкт почав проявляти активність тільки тоді, коли ми «поворухнули» якийсь певний компонент інформації, то запам'ятаймо її - вона і є програмною для нашого об'єкта при розгляді його як типу 2AIA.

⁶ Не тільки людина, - але, наприклад, фірма чи організація.

А тепер - подивимося, у рамках якого саме компонента інформації *проявляється активність* нашого об'єкта (у рамках якого компонента інформації ця активність може бути описана). Для цього нам потрібно подивитися, яким чином ми можемо описати те, що він робить в нашій ієрархічній системі.

Визначивши компоненту інформації, по якій проявляє активність наш об'єкт - ми одержимо творчий компонент нашого об'єкта, а разом із попереднім і сам тип 2AIA.

А що робити, якщо об'єкт реагує на кілька різних компонент інформації? І якщо його активність також проявляється в рамках різних компонент інформації? І чи не може бути так, що наш об'єкт «не впишеться» у рамки «типу 2AIA»? Або навіть так, що він взагалі ніяк себе не виявить?

Ну що ж, всі ці випадки цілком можуть бути! Тоді ми повинні спробувати трохи змінити методику, удосконалити її. Наприклад, спробувати *інший* набір змін ієрархічної системи, - адже може виявитися, що наш об'єкт просто був «навчений» реагувати саме на такі зміни, які ми *чисто випадково* вибрали!

Втім, ми можемо зіштовхнутися з таким випадком, коли визначити тип 2AIA для нашого об'єкта ми не зможемо. Наприклад, коли цей об'єкт не є *двох-компонентний* інформаційний автомат. Або коли він є-таки *двох-компонентним*, але вхід і вихід у нього інші, аніж в описаному у нашій книзі набору із 16 типів 2AIA. Нагадаємо, що ми вибирали наші 16 типів 2AIA саме таким чином, щоб вони здійснювали не просто управління, - але *оптимальне* та *несуперечливе* управління.

Нарешті, можливий і випадок, коли наш об'єкт взагалі не управляє!

По суті те, що ми написали вище про методику визначення типу «довільного об'єкта», завжди здійснюється при визначенні типу особи! По *одному* питанню - тип особи ніколи не визначається! Також завжди повинна здійснюватися й перевірка зроблених висновків.

Фактично, ми просто описали те, що є *стандартним* підходом до експерименту в науці. Не більш того.

Але повернемося все-таки до нашого «довільного об'єкта» і дихотомічного способу визначення його типу управління - типу 2AIA.

Перша дихотомія базується на розгляді програмного компонента типу 2AIA. Вона основана на диференціювання між деталізуючими і узагальнюючими компонентами інформації для програмного блоку 2AIA. Таким чином, проводиться поділ на *Узагальнюючі* типи 2AIA (узагальнюючі технології управління) і *Деталізуючі* типи 2AIA (деталізуючі технології управління). Ця дихотомія описує, *наприклад*, те, як саме реальний об'єкт виражає мету свого управління. Нею задається, у певному сенсі слова, опозиція - протиставлення «знак – символ» (або «частина – ціле»: ми до цього ще повернемося).

Друга дихотомія визначає *спрямованість* діяльності даного типу 2АІА. Одні типи 2АІА, опираючись на стан, творять процеси. Для цього вони перебувають у постійному «творчому процесі», у постійному контакті із тими об'єктами, над якими вони реалізують своє управління. Природно, доти, поки вони проводять управління над ними. Такі типи 2АІА ми будемо називати *Участвуючими*. Інші ж 2АІА, програмуючись процесом, творять стан. Ми будемо називати такі 2АІА *Спостерігаючими*. Таким чином, ця дихотомія робить поділ на *Участвуючі* і *Спостерігаючі* типи 2АІА. Нею задається, у певному сенсі слова, опозиція - протиставлення «процес – стан» (або «статика – динаміка»).

Для третьої та четвертої дихотомій розташування відповідних компонент інформації значення не має. Вони можуть належати як до програмного блоку, так і до творчого блоку даного 2АІА. Відзначимо, що цю особливість важливо враховувати при розробці методик для визначення типу, тому що внаслідок цього полюса цих дихотомій проявляються не на всіх етапах здійснення управління (див. далі параграф 17.4).

Третя дихотомія визначає, чи використовується в процесі управління *одиночні* реальні об'єкти, або ж управління описується в термінах *багатьох* одиничних реальних об'єктів. Управління, яке описується тільки в рамках одиничних реальних об'єктів, ми будемо називати *Об'єкт-Орієнтованим*. Управління, яке описується в рамках багатьох одиничних реальних об'єктів, ми будемо називати *Зв'язок-Орієнтованим*. Нею задається, у певному сенсі слова, опозиція - протиставлення «один – багато» (сукупність), або ж «об'єкт – суб'єкт».

Четверта дихотомія визначає, чи використовується в процесі управління *структура* всього ієрархічного рівня (структура якоїсь сукупності об'єктів), або ж управління описується в термінах *границі* ієрархічного рівня як цілого. У першому випадку ми будемо використовувати для такого типу 2АІА назву *Ототожнюючі*. У другому - *Розмежовуючі*. Нею визначається, у певному сенсі слова, опозиція - протиставлення «тотожність – розходження» (або ж «тотожний мені – відмінний від мене»).

Слід зазначити, що в реальному випадку управління, описуване як тип 2АІА, може бути застосоване до об'єктів, які не являються ієрархічними самоорганізованими системами. Тоді в якості *Деталізуючих* компонент інформації виступає набір даних про індивідуальні характеристики реальних об'єктів. А в якості *Узагальнюючих* компонент інформації виступає набір відомостей про «загальні» властивостях якогось певного класу, до якого належить реальний розглянутий об'єкт.

Тепер давайте перейдемо до людини.

Людина як об'єкт для застосування апарата теорії 2АІА розглядається рівно настільки, наскільки вона здійснює управління. Можна дати таке «робоче визначення людини», виходячи із цієї точки зору:

- Людина розглядається об'єкт, який реалізовує заданий набір технологій для здійснення управління (способів, методів, шляхів, режимів, алгоритмів тощо). *«Тип людини є тип 2AIA»*. Саме це - і тільки цю сторону активності та діяльності людини й описує теорія 2AIA.

Саме на інтерпретації даних із цієї сторони його діяльності і будується методика для визначення *типу управління, який здійснює людина*.

Саме в цьому сенсі ми будемо надалі використовувати термін «тип управління для людини» (=2AIA). Або, скорочено, «тип людини» (або «тип особи» - коли мова йде про конкретну людину).

Зараз ми можемо визначити мету методики типування.

Ціль методики:

- Віднесення сукупності технологій (способів) управління конкретної людини послідовно до відповідного полюса кожної з 4-х можливих дихотомій.

Нагадаємо ще раз, що в цьому розділі ми розглядаємо тільки дихотомічний спосіб визначення типу управління для людини.

Дамо роз'яснення сказаного - опускаючись на один логічний рівень донизу, розглядаючи ієрархічну (по рівнях складності) будову запропонованої методики:

- Структура методики (опорні елементи): 1) від конкретної людини нам потрібна інформація про те, як вона організує свою діяльність, коли зіштовхується із *новим*, - як це нове обробляється людиною, 2) визначення декількох областей діяльності людини, де вибір управління здійснюється *альтернативно*, 3) спосіб виділення деяких відповідей як *неінформативних*.
- Границя методики (відсорткування «непотрібного» і «неінформативного»): 1) як саме реальною людиною здійснюється процес виділення *нового* (Узагальнюючий - Деталізуючий), 2) границі застосовності методики (повинне бути явно описано, що тип особи - це не психологічний тип індивідуальності, описана орієнтація на певну групу людей, - це особливо важливо для правильного вибору питань, які задаються, і області діяльності), 3) «чого я хочу від інших» і «чого я сам особисто хочу зробити» - урахування і поділ (уже для типованих).
- Окремі елементи методики: 1) блоки питань (описів діяльності людини), у рамках певної дихотомії та 2) вкладені в них блоки питань (описів діяльності людини) *всередині* однієї області діяльності людини.
- Зв'язки між темами: 1) урахування полюсів дихотомій (наприклад, дихотомії «узагальнюючий – деталізуючий») при постановці питання

(«питання про питання» - яке із них для типованого є більш зрозуміле), 2) організація перевірки адекватності відповідей *між* різними областями діяльності в рамках *однієї* дихотомії.

Логічні рівні. Визначення термінів.

У попередньому параграфі була описана структурна побудова методики для визначення типу особи. Тепер перейдемо до розгляду логічних рівнів переходу від складних понять - наукових термінів - до усе більш простих, але усе менш строгих «звичайним словам». Тобто - до життєвих понять.

Це потрібно для того, щоб дослідник зміг задавати такі питання, які були б зрозумілі тим людям, тип яких ми хочемо визначити. І не тільки для цього! Виділення структурних рівнів важливо також і для того, щоб фахівець зміг свої *рекомендації* також надавати у вигляді, зрозумілому для клієнта. Нарешті, тільки навчившись переходити від загальних теоретичних понять - наукових понять - до опису проявів діяльності конкретних людей *і навпаки* - тільки тоді читач зможе максимально використовувати весь потенціал теорії 2AIA.

Так, для того, щоб дати *прогноз* поведінки конкретної людини, нам потрібно «спуститися донизу по драбині рівнів», тобто сформулювати відповідь у зрозумілому для користувача вигляді.

Але щоб сформулювати проблему, із якої до нас прийшов клієнт, на рівні теорії 2AIA (мови 2AIA), нам потрібно проробити *зворотний* процес! Нам потрібно «перекласти» інформацію із рівня *життєвого* (а тільки на цьому рівні й може наш клієнт звернутися до нас по допомогу) - на рівень *науковий*, на рівень *термінів* теорії 2AIA.

Як видно, для того, щоб стати професіоналом в області застосування описаних у книзі технологій здійснення прогнозу поведінки людини – тобто професіоналом по застосуванню апарата теорії 2AIA – потрібно навчитися дуже добре «бігати по драбинці рівнів» - бігати як зверху-донизу, так і знизу-нагору.

Ну що ж, перейдемо до опису.

- **Логічні рівні методики** (побудова методики - від (1) до (5), інтерпретація - від (5) до (1), по **кожній** з 4-х дихотомій):
 - (1) Визначення загальних понять. (8 компонент інформації, класи інформації, тип 2AIA, управління – все це наведено нижче).
 - (2) Загальний опис полюсів дихотомій. (Він наведений в ряді розділів, а також на веб-сайті <http://soctech.narod.ru>).
 - (3) Загальний опис проявів полюсів дихотомій у декількох областях діяльності людини (сприйняття себе, інших, об'єктів зовнішнього світу, - і активність у тих же напрямках).

(4) Кілька конкретних прикладів (питання).

(5) Кілька прикладів відповідей на ці питання (приклади відповідей і їхня інтерпретація).

Зауваження. Усюди в цьому розділі приводиться переведення теоретичних понять і термінів на рівень *дослідницьких* питань. Побудова на базі таких дослідницьких питань тестових, анкетних або тренінгових завдань - це наступний етап роботи. Він повинен робитися, як правило, із залученням фахівців - наприклад, фахівців в області маркетингових досліджень, соціологічних досліджень або професійних психологів. Це необхідно з тієї причини, що вихідну інформацію ми повинні одержати від людини – але способи її одержання досить добре розроблені тільки в рамках перекислених вище спеціальних дисциплін. Непрофесіоналові важко розробити блок *анкетних* питань, які б *гарантовано* забезпечили одержання від конкретної людини відповіді на ті дослідницькі питання, які тільки і цікавлять нас. Справа в тому, що в рамках нашого опису для того, щоб визначити тип конкретної людини, у якості *первинних даних* виступають саме відповіді людини на наші *дослідницькі* питання.

Приведемо визначення основних термінів, які ми будемо використовувати при побудові конкретних методик типування. Ми описуємо їх відповідно до потреб побудови методики типування, тому всюди підкреслюється перехід від теоретичного опису до практичного застосування такого опису. Надане нижче визначення термінів фактично нами вже використовувалося протягом всієї книги. Однак тут ми приводимо ще раз їхні визначення для того, щоб цей розділ мав замкнутий спосіб опису.

Управління

Створення (або зміна, або ж підтримка в незмінному вигляді, - залежно від конкретної мети) *«нового»* - (нових) об'єктів і/або нових характеристик цих об'єктів у об'єкті управління називається управлінням.

Управління містить у собі наступні складові (описано для дихотомії *«Узагальнюючий – Деталізуючий»*, - подібна процедура може бути проведена для кожної із дихотомій):

- Спосіб відбору інформації (сприйняття інформації): сприймається сама інформація як символ, або ж фіксується об'єкт - носій даної інформації.
- Спосіб кодування відібраної інформації: «слово як знак» або ж «слово як символ».
- Спосіб формування мети управління (спосіб її опису на рівні «знаків» або ж «символів»).
- Спосіб вибору об'єктів, над якими будуть здійснені дії для досягнення мети. (На рівні «слів» («знаків»), конкретних об'єктів або відносин

(«суджень») між ними. Або ж на рівні «ідей», «символів», коли слово служить найменуванням не конкретного об'єкта, а «символом», - наприклад, символом класу, до якого належить даний об'єкт).

- Спосіб ухвалення (прийняття) рішення (і оптимізації діяльності): фіксується *спосіб проведення* аналізу декількох можливих варіантів. Якщо прийняття рішення проводиться на рівні «знаків», то відбувається *фіксація об'єктів*, за допомогою яких буде здійснюватися управління. Проблема вибору тоді здійснюється на рівні здійснення «алгоритму порівняння», тобто знову на рівні порівняння «знаків» - реальних об'єктів (або відносин між ними) - між собою. Якщо ж вибір рішення здійснюється на рівні «символів», то відбувається фіксація методик, які будуть використані (самі ж об'єкти, які будуть використані для здійснення управління, не фіксуються). Проблема вибору тоді здійснюється на рівні порівняння методик, тобто на рівні «символів». Виражається вона тому у вигляді нечітких змінних.
- Спосіб реалізації діяльності для досягнення мети. Чи використовуються для цього «знаки» чи «символи». Чи відбувається фіксація «знаків» - реальних об'єктів (або відносин між ними) - *перед* початком діяльності. Або ж - перед початком діяльності фіксуються тільки «символи» - наприклад, методики, які будуть використовуватися для досягнення мети.
- Спосіб аналізу діяльності в плані визначення досягнення поставленої мети. Деталізуючий тип 2AIA програмується «знаками» і творить «символи». Тому для нього обов'язковим елементом здійснення управління є наявність процесу «осмислення зробленого», - тобто процес «перекладу символів у знаки». Тільки в результаті здійснення такого «перекладу» цей тип 2AIA й здатний зробити висновок про те, чи досягнута мета, яку він ставив перед собою. (Тому, зокрема, деталізуючий тип 2AIA не зможе визначити, чи досягнута його мета, якщо здійснення управління ним перервано, - адже аналізом він займається вже *після* закінчення управління.) Узагальнюючий тип 2AIA програмується «символами» і творить «знаки». Так як «знак» належить більш низькому рівню опису реальності, аніж «символ», то такий тип 2AIA вже в самому процесі здійснення управління робить висновок про те, чи досягнута поставлена ним мета управління чи ні. Зокрема, він «здатний *припинити* управління» (припинити свою діяльність), коли побачить його неефективність.

Управління здійснюється завжди тільки в умовах *нового*, тому що тільки поява нової інформації запускає описаний вище «процес управління». Якщо нової інформації немає – то немає й управління.

Тут необхідно відзначити наступне. *Нове* - у сенсі теорії 2AIA - з'являється тоді, коли людина зіштовхується із новим завданням у вже знаній нею області діяльності. Там, де не треба навчатися. Тоді й тільки тоді вона

може виявити свій спосіб управління в чистому вигляді. Тобто саме так, як це й потрібно для визначення властивого їй способу управління (типу 2AIA). Це необхідно, тому що реальна діяльність людини в цілому завжди містить у собі інформацію по тим компонентам, які є нормативними для даної людини.

Тип 2AIA визначається в умовах, коли в людини виникає необхідність «працювати із новим», - але без необхідності «новому навчатися». Навчатися новому для людини не дорівнює обробці нового, а сам спосіб навчання для реальної людини не дорівнює способу здійснюваного нею управління.

В «стандартній» (*нормативній*) ситуації людина проявляє стандартні (навчені) методи управління. Тоді ланцюжок управління редукується до *двох ланок*: «стандартні умови → застосування стандартного режиму управління». Необхідність нормативного режиму управління викликана тим, що людина не сприймає 7 компонент інформації.

Нормативна діяльність типу 2AIA – це діяльність об'єкта з використанням способів управління (керування), засвоєних їм *від інших* об'єктів (інших типів 2AIA). Наприклад, ці способи керування найчастіше засвоюються в процесі *навчання*. Ця діяльність здійснюється без проведеного аналізу ситуації (зовнішнього світу), без урахування границь застосовності та ефективності таких методів (для даного конкретного випадку). Необхідність у такого роду діяльності виникає внаслідок того, що людина повинна діяти під тиском соціальних нормативів, кооперуючи свою діяльність із іншими людьми. Внаслідок цього мова, якою користуються для спілкування, характеризується нечіткими визначеннями та нечітким змістом. Людина при нормативній комунікації фактично «сліпо переймає» кимсь *іншим* розроблені методи керування. Для обґрунтування застосовності таких методів треба, як правило, відсилання «до авторитету», до «соціально прийнятих норм» (звідки й відбулася назва) тощо. Більша частина активності людини проявляється саме в рамках цього виду управління. Нормативна активність і діяльність людини при типуванні повинна бути відкинута як неінформативна.

Структура (внутрішня будова) - відомості (дані, інформація про, характеристики, параметри,...), які описують сукупність таких стійких зв'язків між частинами об'єкта, які забезпечують його цілісність і тотожність самому собі. Тобто забезпечують збереження ним основних властивостей щодо якогось певного класу (набору) зовнішніх і внутрішніх змінних. У контексті даної методики найчастіше це відноситься до опису *загального*, - тоді часткове («конкретне», - але не всі складові частини!) виступає як елементи такої структури (такої структурної будови, певної мережі «опорних» елементів).

Границя (мембрана) - відомості (дані, інформація про, характеристики, параметри,...), які описують розмежування між однорідними об'єктами

щодо приналежності до них розглянутого об'єкта. У контексті даної методики найчастіше це відноситься до опису саме тих (часткових, конкретних) елементів, які відокремлюють внутрішнє від зовнішнього. Це також відноситься до опису *загального* - тому що характеризує відразу цілий клас об'єктів (які мають такі властивості), що мають властивість «лежати на границі». Поняття границі навіть у рамках природничих наук сьогодні відноситься до загального, - наприклад, у фізиці границя має фрактальну розмірність і може проходити поблизу «майже кожної» точки об'єкта (звичайно, не для всякого об'єкта). Як правило, розглядаються замкнуті границі, що дозволяє зробити висновок про «внутрішнє» (приналежне розглянутому об'єкту) і «зовнішнє» (йому не приналежне).

Об'єкт (одиничний, функціональний) - у контексті даної методики це відомості, які описують якісь певні *нероздільні* одиниці зовнішнього (стосовно особистості) світу. Застосовується саме в рамках *часткового*, тобто тих відомостей (даних, інформації про, характеристики, параметрів,...), які описують *відмінності* даного обговорюваного об'єкта від інших, йому подібних. Розглядається як «конкретний представник» від якоїсь спільноти, як *конкретна частка* від *загального*, котре складається із подібних одиниць. Об'єкт – певний конкретний *одиничний* представник.

Зв'язки - відносини (між одиничними функціональними об'єктами) - відомості (дані, інформація про, характеристики, параметри,...), які описують весь комплекс взаємозв'язку між *декількома конкретними* об'єктами. Застосовується саме в рамках *часткового*, тобто як опис відмінностей взаємин (взаємодії, взаємозв'язку) між *заданими конкретними* об'єктами (які, у свою чергу, розглядаються як певні «неподільні» конкретні одиниці).

Узагальнюючі компоненти інформації - структура та границя. Як правило, вони описуються у вкрай нечітких змінних, «загальних словах» (*узагальненими поняттями, термінами*). Можна сказати, що вони виражаються «ідеями», «символами». Через них суб'єкт застосування методики (типована людина) здійснює співвіднесення між собою та навколишнім світом. Управління типованого в рамках *Структури*, коли складові її конкретні об'єкти не грають принципової ролі, приводить до того, що типований робить *ототожнення* між собою та іншими. Якщо ж управління здійснюється в рамках *Мембрани*, коли виробляється поділ конкретних об'єктів на ті, які розташовані «по одну» чи «по різні» сторони, типований робить *розрізнення* між собою та іншими.

Деталізуючі компоненти інформації - об'єкт (одиничний, функціональний) і зв'язки - відносини (між одиничними функціональними об'єктами). Як правило, вони виражаються у вигляді досить чітких характеристик. Можна сказати, що вони виражаються конкретними «словами», «знаками». Управління типованого в рамках *Об'єкта* приводить до того, що типований управляє *єдиним* реальним об'єктом. Тоді як управління типованого в

рамках *Зв'язків* дозволяє йому управляти *декількома* конкретними об'єктами.

Стан - відомості (дані, інформація про, характеристики, параметри,...), які описують об'єкт як незмінний, застиглий. У природничих науках (наприклад, фізиці) стан звичайно пов'язується із постійними значеннями деяких параметрів. Причому підкреслюється, що це можуть бути як «безпосередньо вимірювані» (у тому числі спостережувані) параметри, так і параметри, які описують якісь «обчислювальні» характеристики. Наприклад, в останні роки введено поняття про «стохастичні (шумові) стани», які характеризуються певними параметрами, що визначають «структуру шуму». Можна сказати, що стан має місце тоді, коли даний об'єкт реагує на зовнішні впливи як єдине ціле і коли ця реакція є інваріантною щодо певного розкиду зовнішніх умов. Тобто тоді, коли цікавляться відгуком об'єкта як цілого. У деякому сенсі, це відповідає опису «стійкості» такого об'єкта, його «рівноважності» із оточенням. Також вважається, що якщо за час спостереження (використання, прояву діяльності, активності) характеристика об'єкта не змінила своє значення (або ж змінила «несуттєво» - так що відповідна властивість об'єкта не змінилася), то вона характеризує саме стан.

Процес - відомості (дані, інформація про, характеристики, параметри,...), які описують характерні особливості *мінливості* об'єкта. Коли розглядається процес у якомусь об'єкті, то виділяються ті його характеристики, які свідчать про таку мінливість. У природничих науках (наприклад, у фізиці) прийнято пов'язувати наявність процесу із якоюсь певною «нерівноважністю» (тобто з «не-станом»), і розглядати процес як такий, що відбувається на фоні якихось певних «потоків» (потоків енергії і/або речовини). Із процесом також пов'язується сам опис переходу від одного стану до іншого (особливо в статистичній фізиці та термодинаміці, - так званий «термодинамічний стан»). У деякому сенсі процес відповідає «нестійкості» об'єкта, його «не - рівновазі», «розбалансованості» із 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), то вона характеризує саме процес.

2AIA - двохкомпонентний абстрактний інформаційний автомат (машина). Об'єкт, який реалізує тільки один клас із 16 можливих класів для опису управління. Фактично, конкретний 2AIA - це просто інше позначення для одного класу технологій управління. Сукупність 2AIA є класифікація технологій (методів, способів, режимів) для управління.

Програмна функція типу 2AIA - набір характеристик, які описують сприйняття (аналіз) зовнішнього світу, ціль дії (активності), аналіз того, чи досягнута поставлена мета, планування реалізації мети. Фактично, це є опис тієї компоненти інформації, який сприймає даний тип 2AIA «на вході». Можна сказати, що це – «фільтр», який залишає тільки одну із 8 ком-

понентів інформації та який «відсікає» всі інші компоненти інформації. (*Нормативна діяльність зараз не розглядається!*)

Творча функція типу 2A1A - набір характеристик, які описують метод (спосіб) досягнення мети, який реалізується даним типом 2A1A, прояви його конкретної активності (діяльності), спрямовані на досягнення поставленої мети. Фактично, це є опис тієї компоненти інформації, «у рамках якої» проявляється вся доступна для нашого об'єкта активність. Можна сказати, що по всім іншим 7-ом компонентам інформації активність даного типу 2A1A – «нульова». (*Нормативна діяльність зараз не розглядається!*)

Питання дослідницькі та питання анкетні.

Ну що ж, зараз ми вже можемо приступитися до того, щоб почати задавати питання.

Але питання питанню – велика різниця!

Бувають питання «запитальні», бувають і риторичні. Це ми ще в школі проходили. У плані ж побудови методики для визначення типу особи важливо відзначити те, що є *два* типи питань, які необхідно чітко розрізняти.

Питання бувають *дослідницькі* і питання бувають *анкетні*.

Що таке питання *дослідницьке*? Це таке питання, яке *дослідник сам* ставить перед собою і на яке він повинен знайти відповідь у прояві активності даної конкретної людини. При цьому, як правило, це питання сформульоване мовою тієї теоретичної концепції, яку дослідником застосовує для опису діяльності людини. Це питання формулює *мету* звернення дослідника до вивчення конкретної особи. Ще більш детально - це саме те питання, на яке ми саме зараз хочемо одержати відповідь від типованої нами людини.

Але якщо запитати людину «прямо в очі», - то що людина відповідь? Людина - не машина. Вона має почуття, бажання, емоції. Нарешті, у різних людей різний інтелектуальний рівень, - так що типований іноді може навіть не зрозуміти, про що його запитують.

Виходить, потрібно придумати таке питання, щоб людина зрозуміла, чого від неї хоче фахівець. Але оскільки людина схильна приховувати відомості про себе, то таке питання повинне бути як би «ковзним», «непрямим», «дотичним» до тієї теми, яка *насправді* цікавить дослідника. Не говорячи вже про те, що типований просто не зобов'язаний навіть знати теорію, у рамках якої йому задається питання!

Цілком правильно! Саме такі питання й називаються *анкетними*.

Анкетне питання - це те питання, що саме й задається нашому конкретному типованому.

Часто буває, що для одержання чіткої відповіді на одне дослідницьке питання потрібно задавати *декілька* питань анкетних. Кожне анкетне пи-

тання *розкриває* ту або іншу сторону, ту або іншу грань дослідницького питання.

Нижче в цьому розділі ми приводимо опис того, як сформувати *питання дослідницькі*. Це необхідно, наприклад, як найважливіший етап при побудові *стандартизованої* методики для визначення типу особи. З появою такої *стандартизованої* методики фактично, з'явиться «інструмент» для визначення типу управління для конкретної людини.

Розглянемо приклад побудови такого *дослідницького* питання.

Опишемо для дихотомії «*Узагальнюючий – Деталізуючий*» логічні рівні питань, - і прийдемо в результаті до *одного* із дослідницьких питань.

Приклад розкладання на логічні рівні.

Полюси дихотомій:

- (1) Узагальнюючий - Деталізуючий = «стиль управління». (Потрібні: визначення, загальний опис. Це вже зроблено вище.)
- (2) Області діяльності (контексти управління, інтер'єри діяльності), прояви активності в рамках яких є альтернативним. 1) Спосіб відбору інформації (сприйняття інформації). 2) Спосіб кодування відібраної інформації (слово або символ). 3) Спосіб формування мети управління (спосіб її опису). 4) Спосіб вибору об'єктів, над якими будуть здійснені дії для досягнення мети. 5) Спосіб ухвалення (вибору) рішення (і оптимізації діяльності). 6) Спосіб реалізації діяльності для досягнення мети. 7) Спосіб аналізу діяльності в плані визначення досягнення поставленої мети. Деталізація по напрямках: =сприйняття об'єктів зовнішнього світу, =сприйняття себе, =сприйняття інших, =особливості прояву активності (самооцінка, і + на думку інших, терміни, у яких вона описується).
- (3) Конкретний приклад питання: « Чи подобається Вам працювати в умовах, коли межі вашої компетенції чітко визначені?».
- (4) (Спосіб формування мети управління + сприйняття себе). Кодування відповіді: визначення рівня, яким оперує типовий. Відповідь «так» = орієнтація на **знак**, на об'єкт, на конкретне. Конкретні рамки, тільки усередині яких і можна вибирати мета для управління. Правомірність же встановлення рамок «*передается*» на рівень **вище**, «комусь» іншому. Це блок відповідей для Деталізуючого типу 2AIA. (Для Узагальнюючого типу 2AIA характерна відповідь «ні». Орієнтація такого типу 2AIA спрямована на *символ*. Рамки «для себе» така людина встановлює *сама*, у відповідності із завданням.)

Спосіб формування дослідницьких питань.

Типологія 2AIA є типологія способів управління. Тому типкування конкретної людини повинне здійснюватися по тим характерним рисам управління, які вона використовує.

Нагадаємо, що ми можемо виділити наступні стадії, які мають місце при управлінні⁷:

- Спосіб відбору інформації та вибору мети для управління.
- Спосіб кодування сприйнятої інформації.
- Спосіб формування (опису) мети управління.
- Спосіб вибору об'єктів, над якими будуть здійснені дії для досягнення мети.
- Спосіб ухвалення (прийняття, вибору) рішення (і оптимізації діяльності).
- Спосіб реалізації діяльності для досягнення мети.
- Спосіб аналізу діяльності в плані визначення досягнення поставленої мети.

Розпишемо перехід на один логічний рівень донизу у побудові дослідницьких питань для двох перших дихотомій - «Узагальнюючий - Деталізуючий» і «Участвуючий - Спостерігаючий» для цих стадій управління.

Помітимо, що для дихотомії «Узагальнюючий - Деталізуючий» ми провели більш детальне членування. Викликано це тією обставиною, що ця дихотомія, як показують наші дослідження та практична діяльність, є найбільш важливою і саме вона задає основні характеристики як стилю управління, так і перетворення інформації, які здійснюються конкретно людиною.

◆ Спосіб відбору інформації та вибору мети для управління.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Об'єкти зовнішнього світу: □ Подання інформації в загальному виді або ж перерахування конкретних фактів □ Легкість у виборі конкретного об'єкта Сприйняття себе: □ Легкість у зав'язуванні контактів із незнайомими людьми (бажання одержати нову інформацію) □ Необхідність постійно повертатися до обмірковування колишніх рішень, справ і вчинків, тому що оточення постійно змінюється Сприйняття інших: □ Готовність піти на контакт із тими, хто хоче одержати інформацію від Вас. Особливості прояву активності: □ Про що думаєте в умовах інформаційного голоду? Чим волієте «заміщати» нову інформацію при інформаційному голоді?	Об'єкти зовнішнього світу: □ Сприйняття станів або процесів □ Учасник або сторонній спостерігач

⁷ Це перерахування не претендує на повноту!

◆ Спосіб кодування сприйнятої інформації.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий -Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ У якому вигляді Ви хотіли б одержувати нову інформацію? Сприйняття інших: ☐ У якому вигляді Ви вважаєте найбільш доцільним знайомити інших із новою інформацією?	☐ Особистість як об'єкт або особистість як процес (рефлексій) при сприйнятті себе й інших. ☐ Себе: Я = мої рефлексії і самодостатність. ☐ Інші: Я = мої рефлексії стосовно інших (відносини до інших).

◆ Спосіб формування (опису) мети управління.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ Як Ви сприймаєте ситуацію, коли межі Вашої компетенції чітко зазначені? ☐ Для Вас зручно самому визначати для себе ціль управління, або ж Вам зручніше перекласти це на інших? Сприйняття інших: ☐ у якому вигляді Ви вважаєте найбільш доцільним давати завдання для своїх підлеглих?	☐ Удосконалити себе як особистість або удосконалити свої відносини (рефлексії)? ☐ Створення закінчених об'єктів або ж «починати» нову роботу?

◆ Спосіб вибору об'єктів, над якими будуть здійснені дії для досягнення мети.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ Чи фіксуєте Ви до початку діяльності конкретні об'єкти, над якими будете робити діяльність? ☐ Що Ви контролюєте у своїх підлеглих: конкретні об'єкти? Сприйняття інших: ☐ У якому вигляді Вам зручно давати завдання підлеглим - коли чітко фіксовані об'єкти й стадії роботи, або ж фіксовані лише методики й загальний напрямок?	Об'єкти незмінні (щоб їх «позмінювати»), або ж вони мінливі (щоб їх «зупинити»)?

◆ Спосіб ухвалення (вибору) рішення (і оптимізації діяльності).

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ Шлях рішення Ви вибираєте методом порівняння? Сприйняття інших:	Дієте «щоб змінити» або ж «щоб зупинити»?

☐ Чи повинні інші представити повне перерахування причин, що спонукали їх до цієї діяльності, перед її початком?	
---	--

◆ Спосіб реалізації діяльності для досягнення мети.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ Чи вважаєте Ви, що поточні зміни зовнішніх умов потрібно враховувати в ході роботи? Сприйняття інших: ☐ Чи дратують Вас люди, які міняють об'єкти, заплановані ними для досягнення мети?	Легко перемкнутися на іншу діяльність - або ж спочатку закінчити розпочату справу, а вже потім розпочинати іншу?

◆ Спосіб аналізу діяльності в плані визначення досягнення поставленої мети.

Узагальнюючий - Деталізуючий	Участвуючий - Спостерігаючий
Сприйняття себе: ☐ Чи вважаєте Ви, що про результати можна буде судити тільки після того, як справа зроблена? Сприйняття інших: ☐ Чи дратують Вас люди, які можуть оцінити зроблене ними тільки після завершення роботи?	Якщо результату не досягнуто - то поспостерігати «з боку», або ж порозпитувати про причини невідповідності в інших (знову по-досліджувати).

Для того, щоб навести приклад одержання дослідницьких питань по двох останніх дихотоміях – «Об'єкт-орієнтований – Зв'язок-орієнтований» і «Ототожнючий – Розмежовуючий», необхідно взяти до уваги наступну обставину, на яке ми вже вказували вище в цьому розділі. Конкретне наповнення дослідницьких питань залежить, загалом кажучи, від того, чи є даний клас інформації *програмним* або *творчим* блоком (функцією) даного типу 2A1A.

Оскільки визначається це полюсом дихотомії «Узагальнюючий - Деталізуючий» для даного типу 2A1A, цю обставину можна враховувати при розробці власної методики типування, задаючи полюси дихотомій, які підлягають дослідженню.

Ми ж підемо наступний шляхом: нижче ми наведемо виведення ряду дослідницьких питань *не для всіх* стадій управління.

◆ Спосіб кодування інформації.

Об'єкт-орієнтований – Зв'язок-орієнтований	Ототожнючий – Розмежовуючий
☐ Одне - декілька. ☐ Окремий об'єкт або відносини між ними. ☐ Логічно або етично.	☐ Тотожність - розмежування. ☐ Поверхня - структура. ☐ Особисте - безособове. ☐ Розмежування «свої - інші» або

	ж «усі однакові».
--	-------------------

♦ Спосіб опису мети керування.

Об'єкт-орієнтований – Зв'язок-орієнтований	Ототожнючий – Розмежовуючий
☐ Робота над об'єктами або робота над відносинами (взаєминами).	☐ Міняти структуру або поверхню. ☐ Активність «заради всіх» або ж лише «заради своїх».

♦ Спосіб вибору об'єктів, над якими будуть здійснені дії для досягнення мети.

Об'єкт-орієнтований – Зв'язок-орієнтований	Ототожнючий – Розмежовуючий
☐ «Роблю сам» або «завантажую інших»	☐ Приналежність об'єктів управління структурі або границі. ☐ «Незважаючи на особи» або «тільки для (заради) своїх».

♦ Спосіб реалізації діяльності для досягнення мети.

Об'єкт-орієнтований – Зв'язок-орієнтований	Ототожнючий – Розмежовуючий
☐ Послідовний перехід від об'єкта управління до об'єкта управління або ж паралельна робота відразу над декількома об'єктами.	☐ Через зміну об'єктів структури або ж через зміну об'єктів границі.

Приклади дослідницьких питань.

Нарешті, ми опишемо приклади - *тільки приклади!* - ряду дослідницьких питань. Представлений матеріал не є однорідним. Деякі з питань ще досить абстрактні, а деякі - наближаються вже до рівня анкетних.

Ми не відновлюємо всю процедуру переходу від наукової термінології, від абстрактних наукових понять до конкретних *дослідницьких* питань. Опис усього цього кола проблем вимагав би занадто багато місця. Втім, читачеві неважко буде відновити логічний ланцюжок виведення цих питань, скориставшись результатами попереднього параграфа. Ми дуже рекомендуємо читачеві провести такий виведення: це буде не тільки цікаве завдання, але також і перевірка ступеня засвоєння ним нового матеріалу.

Дослідницькі питання ми приводимо у формі, яка використовує явне звертання до типованого. З деяких питань ми, в якості прикладу (а також як узагальнення досвіду нашої роботи) даємо подальший їхній розвиток, наближаючи їх тим самим до практики типування. Відзначимо, що часто ми приводимо *тільки одну альтернативу* - питання «для іншої сторони» будується тоді очевидним образом.

Примітка. Переважна більшість наведених питань виявила високу ефективність при їх використанні в процесі особистого інтерв'ю при типу-

ванні – або особисто із типованим, або ж із третіми особами, яких розпитували про діяльність типованого. Таким чином, багато питань цілком можуть бути використані безпосередньо без змін у практиці типування конкретної особи.

Узагальнюючий - Деталізуючий

1. Чи легко Ви робите вибір одного із можливих варіантів?

(Вам необхідно спочатку виділити всі можливі варіанти? Для Вас важливо мати можливість кожен із варіантів «продумати» від початку до кінця? І тільки потім їх порівняти між собою? А саме порівняння Ви робите шляхом розгляду сукупності «за» і «проти» по кожній парі із цих варіантів? І тільки після всього вибираєте той варіант, який найкраще відповідаємо Вашим цілям? І коли Ви зробили вибір, то Ви завжди можете надати повне обґрунтування того, що Ви вибрали саме найкращий варіант? А для того, щоб перевірити і переконатися, що Ваш вибір дійсно найкращий, Вам необхідно «до кінця» його здійснити? А якщо доводиться вносити корективи в прийняте Вами рішення - те це, по суті, означає, що Вам необхідно розпочати весь шлях прийняття рішення знову?

Або ж Вам необхідно прислухатися до себе? А при здійсненні зробленого Вами вибору Ви досить легко здійснюєте корективи? І, якщо бачите - ще в процесі здійснення рішення, - що «справа не вигорить», то легко відмовляєтеся від нього?)

2. Чи необхідно Вам постійно повертатися до аналізу своїх минулих учинків?

(При цьому Ви аналізуєте ще й ще раз ті Ваші рішення, які вже були Вами прийняті раніше? Або ж ви вважаєте, що якщо ситуація проаналізована, рішення і його наслідки уже проаналізовані, то й немає чого вертатися до старого? Що новий аналіз нічого нового вже не дасть?)

3. Чи легко Ви сходитеся із незнайомими людьми? Чи легко запам'ятовуєте їхні імена?

(Для Вас була б важлива інформація, що випереджає Ваше спілкування із тією або іншою новою для Вас людиною? Або ж - це для Вас, як правило, значення не має? Якого роду інформація і у яких ситуаціях була б Вам потрібною?)

4. Чи легко Ви розстаєтеся зі своїми знайомими (наприклад, якщо Ви переїжджаєте в інше місто)?

(Ви важко звикаєте до розставання зі своїми знайомими? Довго листуєтеся із ними? Прагнете «продовжити» спілкування - періодичні зустрічі, дзвінки тощо?)

5. Чи легко Ви зважуєтеся на придбання нових речей?

- (Коли Ви приходите в магазин щоб купити продукти, то Ви завжди досить легко здійснюєте вибір серед «багатьох подібних речей»? Або ж Ви починаєте - іноді болісно довго! - вибирати щось конкретне?)
6. Чи потрібно Вам «натхнення», щоб зробити яка-небудь дію (наприклад, написати лист)?
(Для Вас важливо, щоб Ви перебували в стані «натхнення» - і тоді робота робиться як би «сама собою»? А якщо натхнення немає - то й не працюється зовсім? Або ж Ви одержуєте вищу насолоду вже після того, як робота завершена і Ви побачили ясно й чітко її результат?)
7. Чи подобається Вам обговорювати (наприклад, - із друзями) хто і як діє, які симпатії й до кого проявляє, емоції, логічні виводи - свої та чужі?
(Чи важливо для Вас при переказі яких-небудь фактів або явищ мати можливість сказати «свою думку» і навести результати зробленого Вами аналізу цього? Чи легко Вам повторювати багаторазово те ж саме, наприклад, ту ж саму розповідь, нічого в ній не змінюючи?)
8. Чи подобається Вам обговорювати об'єкти, самопочуття, погоду, хто й у якому темпі працює, здатності конкретних людей і їхній розвиток?
(Ви вважаєте, що найважливіше - це представити факт саме таким, як він є? Без усякої «відсебенькок»?)
9. Чи любите Ви чіткі й недвозначні завдання начальника?
(Ви волієте працювати в умовах, коли Ваші права й обов'язки чітко розписані? А в «нестандартних» ситуаціях Ви волієте мати можливість звернутися до керівництва, які б і прийняло рішення?)
10. Чи подобається Вам працювати в умовах, коли межі Вашої компетенції чітко зазначені?
(Вас дратує, коли працювати доводиться в умовах, коли постійно доводиться приймати рішення в нестандартних ситуаціях?)
11. Чи подобається Вам працювати в умовах, коли задається лише «загальний напрямок», а вибирати «конкретний шлях» доводиться Вам самим?
(Для Вас було б втомливим працювати в умовах, коли б Вам не доводилося робити щось нове, приймати самостійні рішення в нових умовах?)
12. Для Вас важливо: знати «ЯК», або ж – важливо знати «ЧОМУ»?
(Коли Ви попадаєте в нову ситуацію, для Вас важливо знати як саме потрібно в ній діяти?)
13. Чи представляєте Ви собі звичайно (як правило, найчастіше, тощо) результати своєї діяльності ще до її початку?
(Ви можете зробити висновок про успіх тієї або іншої нової справи, яка робиться Вами, тільки після того, як вона зроблена? А якщо справа не зроблена - то завжди залишається болісне для Вас «незнання»: а раптом би вона «таки вийшла»? І Вас дратує, коли хтось говорить, що вона «однаково б не вийшла» - звідки ж він знає, адже

справа так і не була доведена до кінця, і про її результат - нічого не ясно?)

14. Чи необхідна (бажана) для Вас допомога для того, щоб оцінити зроблене Вами?

(Коли Ви зробили якусь нову справу, прийняли рішення в новій для Вас ситуації, то для Вас була б досить бажана допомога компетентної людини, яка допомогла б оцінити зроблене Вами й узгодити його із загальною картиною?)

15. Чи легко Ви переносите почуття голоду?

(Коли Ви відчули голод – то чи необхідно Вам його «хоч якось» угадувати? «Заморити черв'ячка», так сказати? Або ж Ви можете почекати, поки буде накрито на стіл і поки все столове приладдя буде розставлено, і тарілки наповнені?)

16. Чи важливо для Вас, щоб Ваше «здрастуйте» (або - щось інше; Ваше звертання до конкретної людини або групи людей взагалі) було помічено (відмічено) тими, до кого Ви звертаєтесь?

(Ви здороваєтесь із людини «для себе», тому що це важливо для Вас самих?)

17. Що для Вас більш важливо: загальна теорія і методологія, - або ж набір описів конкретних випадків?

(Коли Ви знайомитеся із новим для себе матеріалом, для Вас краще навчання починати із загальної теорії, і тільки після її вивчення переходити до практики?)

18. Чи любите Ви користуватися довідниками різного роду? І - якими саме (прикладі)?

(Ви шукаєте в довідниках виклад загальних методів і способів рішень, а також розбору одного - двох прикладів, щоб зрозуміти, як застосовувати цей матеріал? Або ж для Вас необхідно, щоб у довіднику були перераховані рішення всіх можливих ситуацій, із якими Вам доведеться зіштовхнутися?)

19. Які кіноактори Вам подобаються більше: підтягнуті та із чіткими рухами (начебто Шварценегер), або «м'які» (начебто Сталлоне)?

(Коли Ви навчаєтесь новим рухам, для Вас важливо, щоб кожен рух був виправлений тренером? Або ж для Вас більш прийнятно, коли Ви користуєтесь послугами тренерів зрідка, у міру необхідності, після того, як відпрацюєте даний рух самостійно?)

20. Чи робите Ви імпульсивні вчинки? Як часто? Чи шкодуєте Ви про них? І - як довго?

(Під імпульсивним учинком Ви розумієте вчинок, зумовлений необхідністю, що настійно відчувається вами, вийти із даного душевного (психологічного) стану, - наприклад, припинити розмову або спілкування?)

21. Як швидко Ви звикаєте до нової обстановки (зміни місця проживання, нового робочого колективу тощо)?
(Чи прагнете Ви всюди встановити «старі звичні» порядки та правила, або ж досить легко пристосовуєтеся до існуючої?)
22. Як швидко Ви адаптуєтеся при зміні «правил гри», і чи потрібна (чи бажана) Вам для цього чиясь допомога?
23. Яка форма подання матеріалів для Вас більш інформативна («більше подобається»): у вигляді малюнків і графіків, або ж у вигляді таблиць?
24. Що б Ви хотіли бачити в довідниках: виклад загальної теорії й загальних методів її використання, або ж - докладний опис конкретних прикладів?
25. Чи любите Ви робити що-небудь (діяти) «по шаблону», нічого не змінюючи від «справи» до «справи»?
(Необхідність постійно діяти за цілком певними, раз і назавжди заданими правилами, - чи дратує це Вас? Необхідність виконувати роботу, пов'язану із повторенням того самого (дії, розмови, тощо) - наскільки Ви стійкі до цього (чи прагнете це змінити)?)
26. Що Вас переконує: загальні ідеї (закономірності тощо), - або ж набір конкретних фактів (іноді навіть - не зв'язаних між собою)?
(Що Ви вважаєте найбільш важливим у науковій теорії: теоретичний опис або ж набір конкретних фактів і чому? Що Ви вважаєте найбільш важливим викладати при навчанні - багато теорії і мало прикладів, або ж багато прикладів і мало теорії, і чому?)
27. Ви робите вчинки та дії - щоб вийти із того або іншого свого душевного (психологічного) стану, або ж - щоб увійти в нього, щоб прийти до нього?
28. Чи накопичуєте Ви в собі - а потім «вибухаєте» від «останньої краплі», або ж відповідаєте на слово - словом, на емоцію - емоцією, на дію - дією?
(Наприклад, коли сперечаєтеся або конфліктуєте, Ви робите це по даному конкретному випадку, - або ж обґрунтовуєте свою думку якимось певним набором прикладів? Для Вас комфортно, коли Ви маєте можливість висловити свою думку (наприклад, невдоволення) по кожному конкретному приводу? Або ж для Вас комфортно, коли Ви періодично будете обговорювати конфліктні ситуації і робити висновки на майбутнє?)
29. Для того, щоб прийняти рішення, Вам необхідно «прислухатися до себе» - або ж прорахувати, перебрати, обговорити (самому із собою або із «експертами») і осмислити всі можливі варіанти розвитку подій?

Участвуючий - Спостерігаючий

1. Чи любите Ви бути «у центрі уваги», у самій гушавині подій? Або ж - прагнете спостерігати «за всім цим» з боку?

- (Коли Ви перебуваєте в процесі - наприклад, при розмові, суперечці тощо - то Вам необхідно «вийти» із цієї ситуації, щоб обміркувати її та зробити свої висновки?)
2. Коли Вам погано, чи шукаєте Ви можливості «поплакатися в жилетку», або ж - «перемелюєте» все на самоті?
(Коли Вам погано, на душі кішки скребуть - для Вас комфортно вибрати відокремлене місце і самому впоратися зі своїми проблемами? Коли у Вас щось не виходить, для Вас було б зручно, якби Ви могли із кимсь відразу обговорити ці неприємності? Коли Вас друзі використовують як «жилеточку» для плакання, Вас це дратує?)
 3. Чи вважаєте Ви, що відносини повинні бути такими, які вони потрібні людям?
(Для Вас відносини між людьми - це якась певна система відліку, на яку Ви спираєтеся?)
 4. Чи вважаєте Ви, що людей треба пристосовувати до відносин?
(Ви здійснюєте свої дії, орієнтуючись на ті відносини, які повинні бути встановлені між людьми? У Вашій діяльності Ви спираєтеся на вже сформовані відносини між предметами, явищами, подіями тощо?)
 5. Чи вважаєте Ви, що суспільство буде оцінювати Вас по проявах Ваших особистих якостей, по Вашій активності?
(Ваша активність - це саме те, що для суспільства є найціннішим? Ваша активність, її прояви - це саме те, що, на Вашу думку, суспільство найбільше цінує у Вас? Ви думаєте, що Ваша активна позиція - наприклад, по досягненню гідної для Вас роботи - підтримується і схвалюється суспільством?)
 6. Чи вважаєте Ви, що суспільство буде оцінювати Вас по Вашим відносинам із людьми (незалежно від того, які почуття вони у Вас викликають)?
(Ви думаєте, що Вас цінують за Ваші відносини з іншими людьми?)
 7. Чи вважаєте Ви, що кожна людина здатна поліпшити свій соціальний статус за допомогою самовдосконалення? І якщо вона не робить цього - виходить, не хоче?
(Для того, щоб зайняти високий статус у суспільстві, Ви повинні якнайбільше працювати над собою, - наприклад, підвищувати свою кваліфікацію? Без цього - не можна зайняти гідне положення в суспільстві?)
 8. Чи вважаєте Ви, що якщо людина займає в суспільстві скромне місце, то їй бракує яких-небудь соціально - значимих якостей?
 9. Чи вважаєте Ви, що кожен може підвищити свою соціальну значимість за допомогою вдосконалення своїх відносин із людьми? І якщо не робить цього - виходить, не хоче?

- (Для того, щоб перейти на більш високий рівень у суспільстві, для цього саме головне - це оптимально вибудувати свою систему відносин із іншими людьми? Якщо немає потрібних зв'язків, якщо їх не вдало побудовано, - то важко сподіватися на високий результат? І особисті якості тут мало що можуть зіграти?)
10. Чи вважаєте Ви, що якщо хтось не цінується в суспільстві, то він - неправильно сформував свої відносини із навколишніми?
 11. Як Ви ставитеся до різного роду «перевиховань» і повчань?
(Чи вважаєте Ви, що постійні перевиховання і «моралізування» допомагають у вихованні гідної людини?)
 12. Чи подобається Вам створювати «закінчені» об'єкти? Чи завжди Ви завершуєте справу, щоб надалі не вертатися до неї? Чи часто Ви повертаєтеся до написаних Вами раніше паперів (звітів, статей тощо)?
(Наскільки Ви стійкі до роботи в умовах, коли постійно доводиться перемикатися із однієї справи на іншу, - навіть не закінчуючи попередню? Ви думаєте, що, як тільки одержали щось таке, що може поліпшити даний об'єкт, то потрібно негайно почати це застосовувати?)
 13. Чи легко Ви можете відкласти розпочату Вами справу «на завтра»? А - «у довгий ящик»?
 14. Що Ви більше любите: «борг», «обов'язки», «відповідальність»?
(Чи легко Вам взяти на себе відповідальність за якусь справу? Чи подобається Вам працювати в умовах, де це доводиться робити постійно?)
 15. Чи любите Ви висловлювати своє відношення до об'єктів - людей, речей тощо?
 16. Чи любите Ви, щоб звертали увагу - на Вас?
(Чи приймаєте Ви як належне, коли Ваше прізвище перераховують у ряді інших?)
 17. Чи любите Ви, коли звертають увагу на Ваші почуття?
 18. Чи легко Ви можете залишити недоїденою їжу на тарілці (у гостях, їдальнях і ресторанах тощо - тобто там, де її кількість дають без урахування Ваших звичок)?
 19. Чи дивитеся Ви на людину при спілкуванні із нею? Чи легко Вам дивитися на людину при розмові (особливо в очі) - не відриваючи погляду від неї?
 20. Чи любите Ви розпочинати нові справи? А якщо для цього - прийдеться покинути попередню справу - незавершеною?
 21. Чи любите Ви доводити справу до завершеного стану?
 22. Чи прагнете Ви дограти комп'ютерну гру «до кінця» (всю, або ж - хоч поточний рівень)?
 23. Чи легко Ви відриваєтеся від непрочитаної книги (наприклад, детектива)?

Об'єкт-Орієнтований – Зв'язок-орієнтований

1. Ви любите зосередитися на чому-небудь одному, - або ж багато на чому відразу?
(Вам подобається працювати в умовах, коли виділено щось одне як головний напрямок? Коли Ви аналізуєте ситуацію (або щось робите), Ви прагнете займатися чимось одним? Коли на роботі постійно доводиться займатися одночасно багатьма речами, це Вас дратує?)
2. Коли Ви чим-небудь захоплені - наприклад, пишете або працюєте на комп'ютері - то чи втрачаєте при цьому нитку розмови?
3. Чи відволікає Вас від поточної діяльності необхідність спілкування?
4. Коли у Вас багато предметів (сумок, пакетів тощо) - чи не забуваєте Ви щось із їх?
5. Ви волієте носити покупки в одній сумці - або ж розкладаєте їх по декількох?
6. Чи добре Ви уявляєте собі, як Ви виглядаєте в очах інших людей?
7. Чи знаєте Ви, що думають (у дійсності!) про Вас люди, - або ж орієнтуетесь на те, що саме вони повинні про Вас думати?
8. Чи легко Ви спілкуєтесь із людьми? Чи легко Ви входите в незнайомі компанії? Чи вмієте Ви «піти» із компанії (вийти із неї, залишити її)?
(Своє спілкування з людьми Ви організовуєте відповідно до якихось правил або алгоритмів, які Ви виробили самі в процесі своєї діяльності? Ви використовуєте при роботі із людьми правила й норми, які засвоїли від інших (наприклад, із підручників типу Карнегі)?)
9. Чи вважаєте Ви, що свою потребу людям треба (потрібно) доводити справами?
(Якщо Ви хочете щось зробити для іншої людини - то для цього необхідно зробити для нього щось «конкретне» і «матеріальне»? Ви думаєте, що спілкування - це саме головне для друга або родича у важких ситуаціях (цілком достатня підтримка для нього у такій ситуації)?)
10. Чи вважаєте Ви, що маєте права на почуття, емоції, час тощо інших людей?
11. Чи любите Ви переконувати співрозмовника у своїй правоті? Чи виходить це у Вас?
(Як аргументація при доказі Ви використовуєте прохання та уговори?)
12. Чи легко Вам попросити кого-небудь про що-небудь?
13. Як Ви вважаєте: чи маєте Ви вплив на людей? Чи користуєтесь Ви (і як часто) таким впливом?
14. Чи піддаєтесь Ви на уговори інших? А - на докази?
15. Чи вимагаєте Ви від людини доказів необхідності та потреби вчинити дії, які вона хоче від Вас?

16. Чи вважаєте Ви, що свою обіцянку необхідно виконувати завжди й у всіх випадках?
(Ви думаєте, що іноді цілком припустимо давати «нездійсненні» обіцянки, підтверджуючи тим самим те, що Ви будете старатися (прагнути) це зробити? Ви думаєте, що іноді можна давати «нездійсненні» обіцянки для підтримки нормальних відносин? Якщо у Вас не вийшло виконати надану Вами обіцянку, Ви вмовляєте «простити Вас», або ж вважаєте за необхідне навести аргументи та докази, що це відбулося не з Вашої вини?)
17. Чи завжди Ви виконуєте свої обіцянки?
18. Чи вмієте Ви «запалити», «надихнути» людей? Чи любите Ви робити це?
(Ви думаєте, що найкращий спосіб для наснаги інших - це особистий приклад? Для того, щоб згуртувати колектив і надихнути його на плідну роботу, Ви користуєтеся рекомендованими (наприклад, у літературі) методами спілкування? Або ж розраховуєте тільки самі на себе?)
19. Чи вмієте Ви оцінити працю, затрачену людиною (у тому числі - Вами) на виготовлення того або іншого об'єкта (продукту)?
20. Чи добре Ви «бачите» почуття та емоції інших людей - або ж у спілкуванні із ними орієнтуєтеся на те, якими вони «повинні бути»?
21. Чи любите Ви демонструвати свої почуття й емоції? Чи важлива така можливість для Вас?
(Ви самі бачите, коли і яку емоцію Вам потрібно продемонструвати? Або ж орієнтуєтеся на «загальноприйняті» норми? Стриманість в емоціях - необхідність дотримуватися цього є для Вас дискомфортом?)
22. Чи вмієте Ви визначати, коли настає «час відпочити»?
23. Наскільки стійкі Ваші почуття та емоції?
24. Як швидко опановують Вами почуття та емоції?

Ототожнючий – Розмежовуючий

1. Чи любите Ви дивитися в дзеркало? Чи необхідно Вам це? Наприклад, чи дивитеся Ви в нього, коли голитеся (наносите макіяж)?
(Чи легко Ви ототожнюєте себе із тим, що бачите в дзеркалі?)
2. Чи добре Ви диференціюєте свої відчуття?
(Ви завжди правильно визначаєте причину свого нездужання?)
3. Чи любите Ви гуляти на природі, - або ж Вам більше подобаються «цивілізовані» парки?
(Ви любите гуляти по «недоторканій природі»? Або ж для Вас важливо, щоб під ногами завжди була протоптана доріжка?)
4. Чи добре Ви відчуваєте (диференціюєте), що саме Вам *зараз* потрібно (хочеться)?

(Чи правильно Ви визначаєте, чого Вам саме зараз хочеться з'їсти? Ви самі робите поділ «на корисну» і «не дуже корисну» їжу? Чи стежите Ви за тим, щоб їжа була не тільки «смачною», але ще й «корисною»?)

5. Чи вмієте Ви планувати (наприклад, своє життя) на тривалий проміжок часу? Або ж - живете «сьогоднішнім днем»? І - чи любите Ви здійснювати таке планування?

(У вас краще виходить планування на короткі проміжки часу? І що далі, ніж 1 тиждень, - то вже «далеке майбутнє»?)

6. Чи хочеться Вам, щоб «тягар» прийняття *стратегічних* «рішень на майбутнє» здійснював за Вас - хто-небудь інший (звичайно, кому Ви могли б це довірити)?

(У Вас виходить планувати на тривалі проміжки часу? Чи часто Ви цим займаєтеся? Чи легко Вам це дається?)

7. Чи добре Ви передбачаєте наслідки тих або інших своїх рішень, своїх вчинків?

(Наскільки далеко простирається успішність Вашого прогнозу щодо своїх дій та прийнятих Вами рішень? Чим довше, тим гірше? А скільки триває це «довго»: 1 тиждень, 1 місяць, 1 рік?)

8. Чи легко, чи швидко Ви приймаєте рішення, які стосуються Вас самих?
9. Як Ви вважаєте, чи володієте Ви певним «убудованим» у Вас життєвим ритмом? Чи любите Ви втягувати в цей свій ритм - навколишніх?
10. Чи любите Ви, щоб Вас хто-небудь втягував у свій власний «життєвий ритм»?

11. Чи любите Ви самі вживати заходів до зближення із об'єктом Вашої уваги, інтересу або потягу? Чи любите Ви, щоб «дистанцію спілкування» із кимось - визначали *саме Ви самі*?

12. Наскільки постійні Ваші почуття та потяги?

13. Чи подобається Вам, коли Вас «вибирають»? Коли Вам - нав'язують дистанцію у спілкуванні з Вами? Коли об'єкт Вашого інтересу або потягу (уваги) процесом *керує* зближення з ним?

14. Чи ревниві Ви?

15. Чи вмієте Ви піклуватися про себе?

16. Чи вмієте Ви, чи подобається Вам піклуватися *про інших*?

17. Чи подобається Вам піклуватися про «своїх» (тобто про тих, кого *саме Ви* зараховуєте до «своїх»)? А - про «чужих» (або «інших»)?

18. Чи впевнені Ви у своєму естетичному смаку? Чи можете Ви швидко й чітко визначити, чи «підійде» Вам та або інша річ, той або інший одяг? Або ж - Вам необхідно порадитися із Вашими «експертами» у цих питаннях?

(Чи можете Ви усвідомити («відчути»), що дана річ - саме «для Вас», навіть якщо Ви її ще й не приміряли?)

19. Чи довіряєте Ви діагнозу лікаря більше, аніж своїм відчуттям?

20. Чи добре Ви розподіляєте свій час? Або ж Вам необхідно, щоб хтось «стежив» за його використанням («контролював» Вас у цьому питанні)?

Побудова інтерв'ю із клієнтом з метою визначення його типу 2AIA.

Насамперед, познайомимо читача із способами одержання так званих *первинних даних* від людини. Ці способи спочатку виникли в рамках психології, і практично в незмінному вигляді існують донині, застосовуючись у маркетингових або соціологічних дослідженнях.

Первинні дані - це і є ті відповіді, які можуть бути класифіковані як *важливі* для наступного прийняття рішення (тобто - для наступного кодування та інтерпретації).

Способів одержання таких первинних даних є дуже мало. Це (у порядку ускладнення для того, хто проводить типкування):

1. спостереження,
2. тест,
3. інтерв'ю,
4. бесіда,
5. тренінг.

Кожен із способів має як свої переваги, так і свої недоліки. Дослідникам-практикам вони досить добре відомі.

Оскільки ми цікавимося *проявами діяльності* людини, то всі ці способи нами можуть бути використані.

Більш того - і це ми хочемо зараз особливо підкреслити:

- Відштовхуючись від сформульованих вище *дослідницьких* питань, можуть бути розроблені різні методики визначення типу 2AIA, що використовують кожен із 5-ти перерахованих вище способів одержання первинних даних про людину.

Сьогодні ми ще не можемо запропонувати читачеві *стандартизовану* методику для визначення типу особи. Тому кожен користувач повинен буде перехід від *дослідницьких* питань до *анкетних* питань робити самостійно. Звичайно, це приведе до різнобою у використовуваних методиках, викликаному різним рівнем кваліфікації їх розробника. Однак наявність єдиної, чітко визначеної термінологічної бази дозволить їм досить легко погодити між собою різні методики.

(Як свідчить практика застосування теорії 2AIA, *узгодження* між різними дослідниками досягається досить легко)

Нижче ми опишемо основні моменти, які виникають при визначенні типу особи методом інтерв'ю. Як показала практика нашої діяльності, це часто є оптимальним способом. Нагадаємо, що багато аспектів технологій роботи із клієнтом описані в попередніх розділах книги стосовно до різних інтер'єрів, у яких здійснюється діяльність клієнта.

Отже, до нас прийшов клієнт.

Насамперед, ми повинні чітко з'ясувати, що саме він хоче від нас. Можуть бути два варіанти. Або він прийшов до нас «просто з інтересу», або ж у нього є *проблема*, яку він хоче вирішити за нашою допомогою.

Чому це так важливо? Якщо в людини є проблема, - отже, вона *уже* перебуває в процесі її вирішення. Тобто, вона *саме зараз* продумує всі стадії *прийняття рішення*. Тобто - ця людина вже перебуває в *процесі здійснення управління*.

Але ж ми тип управління - тип 2AIA - саме й визначаємо по тим маркерам, через які дана людина й виражає те, як вона здійснює свою управлінську діяльність. Таким чином, у цьому випадку нашому клієнту буде досить просто описати, як саме він здійснює управління: адже він просто опише те, у результаті чого він вирішив за потрібне звернутися до нас. Все це є ще свіжим в його пам'яті.

Якщо ж людина прийшла до нас «просто протипуватися», то ми можемо зіштовхнутися із ситуацією, коли людина починає як відповідь на наші питання розповідати не те, «як вона це робить», а те, «як *потрібно* це робити». Природно, у цьому випадку відокремити особливості *нормативних* режимів управління буде значно складніше, ніж в описаному вище випадку.

Отже, ми з'ясували проблему даної людини та переконалися, що вона може бути вирішена методами теорії інформаційного простору і теорії 2AIA. Інакше кажучи, ми зробили кодування конкретної проблеми нашого клієнта в термінах описаного в книзі матеріалу.

Тепер нам потрібно визначити тип 2AIA для особи клієнта.

Ми рекомендуємо *перед* початком типування надати клієнту коротку інформацію про інформаційний простір і типи 2AIA. Розповісти йому, що це - типологія технологій (способів, методів) для здійснення управління, які він вже використовує протягом свого життя. Підкреслити, що ця типологія не є психологічною. Звернути увагу людини на ту обставину, що нас цікавить тільки інформація про те, що саме даний клієнт вважає правильним, що саме даний клієнт вибирає, робить, у якому саме вигляді він проявляє свою активність.

Відразу варто попередити його, що якщо якісь питання здадуться йому не зовсім коректними, такими, що зачіпають те, про що він не хотів би говорити (конфіденційні відомості) – то він цілком може на них не відповідати. Підкреслити, що в нас є *багато* питань «на ту ж саму тему», так що нехай не боїться «не відповісти» на якісь із них.

Як показала наша практика, зазвичай цього виявляється досить, щоб клієнт правильно зрозумів, що саме від нього потрібно.

Тепер можна переходити до власне способу задавання питань.

Природно, що *анкетні* питання повинні бути нами підготовлені *заздалегідь*! Більш того: вони повинні бути орієнтовані на особливості прояву активності саме в тій області, до якої належить наш клієнт (на інтер'єр, у якому відбувається діяльність клієнта). Наприклад, виклад цього розділу нашої книги орієнтовано на практиків (наприклад – на менеджерів), - тому, якщо ми плануємо працювати в сфері сімейних консультацій, нам доведеться враховувати це поле нашої діяльності вже на рівні формування навіть дослідницьких питань.

У маркетингових і соціологічних дослідженнях, у психології існує досить велика література на тему складання анкетних питань. Ці питання добре розроблені як в цих дисциплінах, так і в методології науки. Тому ми рекомендуємо читачу звернутися до відповідних книг. А ще краще - розробляти блок анкетних питань разом із професіоналами в цій області.

У процесі типування доводиться *кодувати* відповіді типованого. Це значить, що типувальник повинен *заздалегідь* чітко продумати, до якого полюса дихотомії варто віднести відповідь. Ми нагадуємо про це, хоча без такої процедури побудова анкетних питань не може вважатися закінченою. Не потрібно при цьому забувати, що можуть бути й відповіді, які не несуть у собі інформацію. Наприклад, коли типований раніше ніколи не зустрічався із ситуацією, про яку ви його запитуєте.

Ми рекомендуємо розробити систему кодування відповідей типованого.

Також досить важливе значення має підготовка відповідного *бланка* із запитаннями, куди будуть заноситися об'єктивні дані про клієнта, на якому будуть надруковані питання та де будуть проставлятися вже закодзовані відповіді клієнта.

Наявність такого бланка дозволяє вести статистику та аналіз як типових особливостей людей, так і здійснювати розробку поліпшених версій методик визначення типу особи для заданої області активності клієнтів.

Нарешті, створення такого банку даних дозволяє організувати оптимальні форми роботи із вашими клієнтами. Також це дозволить *захистити* зроблені висновки і рекомендації, - наприклад, при видачі рекомендацій клієнту.

Нарешті останнє: тільки наявність у такий спосіб оформленої бази даних дозволить спілкуватися із дослідниками та практиками в різних країнах світу.

Працюючи із людиною професійно, розглядаючи область консалтингу із використанням викладених у книзі матеріалів як сферу свого бізнесу, наявність системи картотеки та папок, куди підшивається інформація про суть і результати кожного відвідування конкретного клієнта, є просто необхідним елементом.

Про перевірку (верифікацію) типу 2AIA для клієнта.

У цьому параграфі буде описаний ряд способів проведення процедури верифікації типу клієнта. Ми опишемо деякі прийоми, які ми застосовуємо для того, щоб виявити, чи правильно ми сформулювали наше уявлення про тип особи (тип 2AIA) для клієнта.

Використання дихотомічного способу визначення типу 2AIA для особи, надає можливість для організації *ієрархічної* верифікації зроблених висновків.

Наприклад, дослідницькі питання по кожній із дихотомій зачіпають, як правило, *кілька* різних областей діяльності людини. Тому ми рекомендуємо залишати для можливості проведення процедури верифікації як мінімум одну таку область. Мається на увазі, що по діяльності людини в цьому напрямку, по його активності в цьому інтер'єрі під час типування не слід задавати ніяких питань. Після того, як ми віднесли діяльність даної конкретної людини до певного полюса дихотомії, «залишений про запас» напрямок проявів активності даної людини можна використовувати для опису того, як вона «типно» діє за тих чи інших обставин.

Можна також використовувати наступний алгоритм. Як правило, мова людини допускає різні тлумачення. Тому можна «повернутися» до тих епізодів, де конкретна людина не зрозуміла питання або ж утруднялася відповісти. Знання «її власного» полюса дихотомії вже дозволяє сформулювати саме той спосіб вирішення конкретних ситуацій, що є «рідними» для неї. І коли ми описуємо, який саме спосіб управління (із *декількох* можливих) типований вибере, - це також є перевірка правильності вашого висновку.

Корисно буває використовувати те, що можна назвати «прогноз минулого». Знаючи тип особистості типованого (або хоча б один «притаманий йому» полюс дихотомії), а також ту сферу, у якій типований *зазвичай* змушений здійснювати управління, можна описати те, як типований «вирішує ситуації». Ми описуємо таку ситуацію, яка, на нашу думку, *повинна* була мати місце в житті типованого. Ми при цьому описуємо її як *можливий приклад* ситуації, і - прогнозуємо, яке саме рішення (бажано - із декількох можливих) типований вибере.

Можна все це сказати й коротше: прогноз проявів активності (діяльності) клієнта дається саме в тих інтер'єрах, які йому добре знайомі (опис проявів його діяльності в нових інтер'єрах може бути використаний як прогноз).

Бажано оформити роботу із клієнтом у такий спосіб.

Під час першої зустрічі ми насамперед визначаємо, як саме ми можемо вирішити проблему клієнта із використанням концепцій інформаційного простору та типології 2AIA. Потрібно роз'яснити клієнтові, що саме він одержить у результаті нашої роботи з ним.

Потім - інтерв'ю з метою визначення типу 2AIA для особи клієнта. Заповнення бланка з фіксацією об'єктивних даних клієнта. (Відзначимо, що в практиці *анонімних* консультацій можна привласнювати клієнтові якийсь «парольний» набір знаків і/або символів.)

При проведенні інтерв'ю заповнюється бланк із видруківаними питаннями з використанням розробленої нами системи кодів. Ми в цьому бланку фіксуємо в закодованому вигляді відповіді клієнта на наші питання.

Якщо є необхідність у визначенні типів 2AIA для осіб інших людей - зі слів клієнта або при особистому контакті - усе повторюється.

Потім бажано зробити перерву. Це необхідно для того, щоб ми зробили *обробку* бланка та інтерпретацію відповідей клієнта. Але це ще не все. Ми повинні продумати план всієї нашої подальшої роботи із клієнтом. Бажано - призначити час зустрічі на наступний день. Втім, реальний бізнес може вимагати більш швидких рішень, - але зробити *перерву* ми настійно рекомендуємо.

Друга зустріч із клієнтом має на меті, по-перше, провести верифікацію визначеного нами типу особи клієнта (і всіх інших людей, що його цікавлять,).

Далі, ми повинні представити клієнту план (програму) роботи із вирішення його проблеми, з якої він звернувся до нас.

Наприклад, якщо ми проводимо сімейні консультації, то більша частина проблем буде лежати в області інтертипних відносин. Тому ми повинні вже на другу зустріч із клієнтом підготувати описи важливих для нього інтертипних відносин. Причому такий опис повинен бути зроблений в «кодах», якими користується наш клієнт. Тобто повинні бути описані конкретні ситуації (особливо якщо клієнт - деталізуючий тип особистості), і, природно, способи їхнього усунення, профілактики і реабілітації для клієнта.

Як видно, це зовсім не малий обсяг роботи. І, особливо на початку вашої кар'єри як фахівця в описаній області, це вимагає від вас значних зусиль і часу. Наприклад, підготовка одних тільки описів типів, інтертипних відносин і «стандартних» для клієнтів ситуацій займе у вас чимало часу! Але згодом ви з успіхом будете застосовувати *готові*, напрацьовані вами особисто блоки, - і тоді час, необхідний вам на підготовку до наступної зустрічі із клієнтом, істотно зменшиться.

Відзначимо, що і опис інтертипних відносин, і використання кількісної моделі для нормативної комунікації, і виконання професійних обов'язків клієнтом, - все це, *по суті*, також є *верифікацією* - тому що все це ***виводиться теоретично***, використовуючи *тільки* теоретичний апарат інформаційного простору і теорії 2AIA.

Опис застосування типології 2AIA в практичній діяльності.

Описано досвід застосування типології 2AIA для прогнозування діяльності конкретної особи автором книги.

Протягом 1997-2002 років автором книги був проведений комплекс досліджень як для розробки елементів технологій побудови методик для визначення типу управління для людини (типу 2AIA), так і для тестування їхніх елементів.

Загалом було визначено типи понад 1,5 тисяч реальних людей. Використовувався в основному спосіб інтерв'ю. По кожному визначенню типу проводилася ієрархічно організована перевірка правильності визначення типу (дивись попередній параграф). Проведені дослідження показали високу надійність використовуваного методу визначення типу.

Як показала практика, тип людини надійно визначається як при очному контакті, так і заочно. В останньому випадку необхідну інформацію було одержано шляхом розпитування людей, які знали ту реальну людину, чий тип 2AIA підлягав визначенню.

Усього способом особистого опитування було визначено типи 2AIA більш ніж для 600 осіб. Заочно було протиповано понад 900 чоловік. Такий розкид викликаний тією обставиною, що практично кожна людина зверталася із проханням протипувати її друзів, рідних та близьких.

Практикою застосування типології 2AIA для людей зафіксовано, що люди після їх типування часто зверталися за допомогою в вирішенні своїх особистих проблем із застосуванням технологій, розроблених на основі 2AIA (такі технології бели названі автором книги «Соціальними Технологіями» - СТ). Тому автору книги довелося здійснювати не тільки тестування та апробацію методик для типування людей (причому із урахуванням самих різних вікових груп людей та інтер'єрів їх діяльності), але також і перейти до розробки елементів для нових технологій по використанню концепції інформаційного простору та теорії 2AIA для вирішення управлінських, психологічних, сімейних і інших проблем конкретних людей.

З використання телебачення, радіо та опублікованих у ЗМІ інтерв'ю було протиповано в сукупності близько 70 чоловік. За використання телефонної розмови та переписки через Інтернет протиповано понад 50 чоловік.

При очному типуванні вся процедура визначення типу займала в середньому близько 10-15 хвилин, - з варіаціями від декількох хвилин до 20-30 minut (були й статистичні «викиди», коли типування займало 1-2 години!). Сам контакт із людиною тривав від декількох хвилин і до декількох годин. Останнє мало місце, коли мова йшла про вирішення конкретних проблем для даної людини. Таким чином, описаний у книзі теоретичний апарат і розроблені на його основі технології виявилися досить ефективним засобом в якості *терапевтичних* методик.

Верифікація визначеного типу управління (типу 2AIA) для конкретної людини здійснювалася різними способами.

Зокрема, людині повідомлялися: способи обробки нею нової інформації, про вироблення нею нових способів управління в областях діяльності, про які розмови раніше, під час типування, не було. При цьому вибиралися такі області проявів активності людини, які *могли* мати місце в минулому. Вибиралися, як правило, такі області активності, де допускався багатозначний вибір. Людині повідомлявся один з декількох можливих варіантів як прогноз її поведінки. Крім того, на цьому етапі часто залучалися думки людей, які знали цю людину.

Як верифікація застосовувалися також і прогнози, звернені «уперед, у майбутнє». Це робилося для тих людей, поведінка яких могла бути згодом проаналізована.

Приклад із практики.

При відвідуванні однієї фірми тип 2AIA для заступника директора був визначений як <Об-С|Ст-Д>, а тип інженера – як <Гр-Д|Об-С>. Була звернена увага на те, що інформація рухається тільки в одну сторону, а саме від інженера до заступника директора: тобто мають місце асиметричні відносини <Об-С|Ст-Д> → <Гр-Д|Об-С>. Я зробив *теоретичний* висновок, що саме інженер є *ініціатором* зближення чи віддалення від заступника директора, що саме він «управляє» ним.

Мій опис викликав здивування в слухачів: заступник директори – жінка, а інженер – її *колишній* чоловік. Співробітники фірми думали (колектив – жіночий, так що обмін інформації був досить великим та інтенсивним), що це *саме дружина* «пішла» від чоловіка. Я не став сперечатися – тим більше, що моє відвідування фірми було *ситуативним*, і не призначалося для консультування (я чекав потрібну мені людину не більш як 10-15 хвилин).

Через півроку я зустрів директора цієї фірми, який був присутнім при розмові, – уже в іншому місті. Він мені розповів, що, приблизно через три місяці, бухгалтер, яка була присутня при розмові, звернула увагу співробітників на те, що мій прогноз виявився правильним: чоловік дійсно «управляв» своєю колишньою дружиною. (Протягом цього часу вже нагромадилося *досить багато фактів*: а «на що звертати увагу» - це бухгалтер уже знала завдяки моїм словам.)

Даний приклад для мене цікавий та важливий із тієї причини, що тут *була відсутня* навіть можливість «сугестивного впливу» на людей. До того ж, спочатку в них було *неприйняття і незгода* із моїми результатами. Таким чином, ситуативно вийшла досить ефективна перевірка викладених у книзі результатів.

Сьогодні елементами описаної вище методики для визначення типу управління – типу 2AIA для конкретної людини – користується досить багато як окремих спеціалістів, так і груп людей. Багато хто з них вивчили цю методику самостійно, користуючись варіантами текстів із описом як теорії, так і методик, які були виставлені в Інтернеті (наприклад, на веб-сайті <http://soctech.narod.ru>). Особливо варто підкреслити, що багато хто із сьогоднішніх користувачів розробленими технологіями вивчили їх без контакту зі мною, що свідчить про те, що в даній книзі присутня істотний об'єктивний елемент, який допускає ефективне *самостійне* навчання описаним методикам та технологіям.

ЗАДАЧІ І ЗАВДАННЯ.

1. Для вибраної вами сукупності типів 2AIA (можна використовувати також кілька *тотожних* типів) побудувати ланцюжки для управління.

2. Задати певні функціональні обов'язки для оператора в ергатичній системі. Віднести стратегії діяльності оператора до певної дихотомії. Вибрати тип 2AIA (типи 2AIA), які є оптимальними для виконання заданих вами обов'язків.

3. Задати певні функціональні обов'язки для оператора в ергатичній системі, використовуючи *ранжований* перелік обов'язків (від більш важливих до менш важливих чи навіть «бажано було б *також...*»). Віднести стратегії діяльності оператора до певної дихотомії. Навести *ранжований* перелік типів 2AIA, які є оптимальними для виконання заданих вами функціональних обов'язків. Обґрунтувати свій вибір.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян А.А. Економічна кібернетика: вступ до моделювання соціальних і економічних систем. – Львів: «Магнолія – 2006», 2007. – 226 с.
2. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М: Наука, 1988. – 592 с.
3. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. – М: Мир, 1969. – 216 с.
4. Шиян А.А. Концептуальные проблемы описания человека: самоорганизация жизни на фоне потоков энергии и вещества – от клетки до разума // Оптико-электронные информационно-энергетические технологии. – 2003. – №1-2(5-6). – С.177-184.
5. Шиян А.А. О роли коммуникантов в обеспечении психологического комфорта: от стресса к суициду // Прикладная психология. – 2000. – №4. – С.67-79.
6. Shiyani A.A. Method for Determination of the Functional State of Cells: Lymphocytes // Biophysics. – 1999. – V.44. No.6. – P.1027-1031.
7. Шиян А.А. Типы людей и их взаимодействие с компьютером // Труды 1 Междунар. научно-практической конф. по программированию "УкрПРОГ'98". Киев, 2-4 сентября 1998. – Кибернетический центр НАН Украины, 1998. – С.482-486.
8. Shiyani A.A. The Mass distribution of Biological Systems as a Characteristic of Their Interaction with the Surrounding Medium // Biophysics. – 1997. – V.42. – P.1173-1178.
9. Шиян А.А. Вывод соотношения между массой и продолжительностью жизни живых организмов // Докл. НАН Украины. – 1997. – №1. – С.183-185.
10. Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія (Вінниця). – 2007. – № 3(10). – С.131-139.
11. Маслов В.П. Операторные методы. – М: Наука, 1973. – 544 с.
12. Арнольд В.И Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М: Наука, 1984. – 272 с.
13. Шиян А.А. Соціально-психологічні портрети політиків: О.О. Мороз, Н.М. Вітренко і В.І. Горбулін // Нова політика (Київ). – 1998. – №4. – С.24-28.
14. Курносое Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М. : РУСАКИ, 2004. – 512 с.
15. Шиян А.А. О способах убеждения в политике: использование межличностных отношений // Политический маркетинг (Москва). – 2000. – № 8. – С. 28-46.

Навчальне видання

Анатолій Антонович Шиян

Основи моделювання біологічних та ергатичних систем

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено укладачами

Редактор

Науково – методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку

Гарнітура Times New Roman

Формат 29,7х42^{1/4}

Папір офсетний

Друк різнографічний

Ум. друк. арк

Тираж прим.

Зам. №

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомвидаву України

серія ДК №746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ