

**Міністерство освіти і науки України
Чорноморський державний університет
імені Петра Могили**

Кутковецький В.Я.

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Монографія



**Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили
Миколаїв – 2010**

УДК 517.93
ББК 22.18
К 95

*Рекомендовано до друку вченою радою ЧДУ імені Петра Могили
(протокол № 2 від 08.10.09 р.).*

Рецензенти:

Бліщов В.С., д.т.н., професор, директор Інституту автоматики й електротехніки Національного університету кораблебудування;

Кошкін К.В., д.т.н., професор, директор Інституту комп'ютерних та інженерно-технічних наук Національного університету кораблебудування;

Ставинський А.А., д.т.н., професор, зав. кафедрою «Суднові електроенергетичні системи» Інституту автоматики й електротехніки Національного університету кораблебудування;

Хлопенко М.Я., д.т.н., професор, зав. кафедрою автоматики Інституту автоматики й електротехніки Національного університету кораблебудування.

Кутковецький В.Я. Методи розв'язання задач дослідження операцій: Монографія. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2010. – 164 с.

ISBN 978-966-336-174-1

У монографії розширено розглянуті питання місця задач дослідження операцій (поряд з іншими методами та теоріями) у системному аналізі з точки зору підкреслення обов'язковості їх застосування у вигляді пакета прикладних програм у сучасних автоматизованих системах управління (АСУ, АСУП, САПР, СППР). У монографію включені також основні положення теорії однозначних нечітких систем – за узгодженням з її автором Турти М.В., Національний університет кораблебудування ім. Макарова м. Миколаєва. Це дозволило висвітлити сучасні методи нечіткого математичного програмування задач прийняття рішень при значному спрощенні розрахунків у порівнянні з класичними нечіткими системами, в основі яких лежить теорія, розроблена каліфорнійським професором Л. Заде.

Основний напрям матеріалу – спрощення розрахунків та їх більше пристосування до виконання на ЕОМ. Ілюстрація розрахунків на конкретних прикладах дає змогу використовувати монографію для самостійного вивчення розглянутих питань.

До введених матеріалів належать деякі нові та методично перероблені розробки автора. Наведений скорочений розгляд надсистеми з точки зору впливу політичних, економічних, фінансових та ринкових процесів на прийняття рішень щодо виробництва товарів на підприємстві; розглянуті основні принципи програмування прибутку, яке має на меті максимальне збагачення підприємства в часі; удосконалені розрахунки задач: оптимізації лінійних та нелінійних багатокритеріальних задач математичного програмування, упорядкування нумерації вершин мережі; визначення максимального потоку та найкоротшого шляху в мережі; ітераційні методи оптимізації лінійних та нелінійних задач математичного програмування; дискретні ітераційні методи оптимізації лінійних та нелінійних задач математичного програмування.

Монографія може бути використана при створенні систем підтримки прийняття рішень і буде корисною для менеджерів, бізнесменів, управлінського персоналу; проєктантів й обслуговуючого персоналу АСУП і САПР; науковців, аспірантів та студентів.

УДК 517.93
ББК 22.18

ISBN 978-966-336-174-1

© Кутковецький В.Я., 2010
© ЧДУ ім. Петра Могили, 2010

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Передмова | 5 |
| 1. Система та системний аналіз | 7 |
| 1.1. Загальні відомості про системи та системний аналіз | 7 |
| 1.2. Вплив держави на виробничі процеси | 11 |
| 1.3. Деякі визначення стосовно системи та системного аналізу | 12 |
| 2. Функції системи | 17 |
| 3. Дослідження операцій у системному аналізі господарчої діяльності | 19 |
| 4. Стратегічні, тактичні та локальні цілі в автоматизованих системах | 25 |
| 5. Плани систем та підсистем | 28 |
| 6. Задачі дослідження операцій | 32 |
| 7. Пакети прикладних програм | 34 |
| 8. Загальні питання теорії прийняття рішень | 36 |
| 9. Урахування часу та визначення мети при програмуванні прибутку | 40 |
| 9.1. Програмування прибутку – головний напрям дослідження операцій | 40 |
| 9.2. Приклади впливу прибутку та часу на прийняття рішення | 42 |
| 9.3. Виробничий цикл | 45 |
| 9.4. Функції мети | 47 |
| 9.5. Розв'язок задач дробно-лінійного програмування | 51 |
| 9.6. Паралельний та послідовний випуск різних товарів | 53 |
| 10. Номограми для графо-аналітичного розв'язку багатокритеріальних задач | 56 |
| 11. Задача про призначення | 58 |
| 12. Упорядкування нумерації вершин орієнтованої мережі | 62 |
| 13. Логічний метод упорядкування нумерації вершин орієнтованої мережі | 65 |
| 14. Визначення максимального потоку в упорядкованій орієнтованій мережі | 67 |
| 15. Визначення найкоротшого шляху в мережі | 70 |
| 16. Однозначні нечіткі системи | 81 |
| 17. Ітераційні методи оптимізації моделей математичного програмування та однозначних нечітких систем | 93 |

| | |
|---|-----|
| 18. Дискретні методи оптимізації задач математичного програмування | 101 |
| 19. Комбінаторно-граничний метод розв'язання задачі рюкзака з обмеженням у вазі та об'ємі | 111 |
| 20. Комбінаторно-граничний метод розподілу обмежених ресурсів | 113 |
| 21. Задача комівояжера | 116 |
| 22. Міжгалузева балансова модель | 121 |
| 23. Діалоговий метод оптимізації випуску товарів з урахуванням ринкових умов | 126 |
| 24. Системний аналіз надсистеми – світового суспільства | 129 |
| Література | 158 |

ПЕРЕДМОВА

Монографія виконана в результаті роботи над лекційними матеріалами з курсу «Дослідження операцій», який автор протягом багатьох років читає для студентів спеціальності «Інтелектуальні системи прийняття рішень» у Чорноморському державному університеті (ЧДУ) ім. Петра Могили м. Миколаєва. У монографію включені також основні положення теорії однозначних нечітких систем – за узгодженням з її автором Турти М.В., Національний університет кораблебудування ім. Макарова м. Миколаєва. Це дозволило висвітлити сучасні методи нечіткого математичного програмування задач прийняття рішень при значному спрощенні розрахунків у порівнянні з класичними нечіткими системами, в основі яких лежить теорія, розроблена каліфорнійським професором Л. Заде.

У монографії дещо розширено розглянуті питання розгляду процесів у надсистемі, збагачення підприємця в часі та місця задач дослідження операцій (поряд з іншими методами й теоріями) у системному аналізі з точки зору підкреслення обов'язковості їх застосування у вигляді пакета прикладних програм у сучасних автоматизованих системах управління (АСУ, АСУП, САПР, СППР).

Основний напрям матеріалу – спрощення розрахунків та їх більше пристосування до виконання на ЕОМ. Зроблені розрахунки на конкретних прикладах дають змогу використовувати монографію для самостійного вивчення розглянутих питань.

До введених матеріалів належать деякі нові та методично перероблені старі розробки автора:

1. Загальний розгляд надсистеми з точки зору впливу політичних, економічних, фінансових та ринкових процесів на прийняття рішень щодо виробництва товарів на підприємстві.

2. Метод максимального збагачення підприємця в часі із застосуванням дробово-лінійного програмування.

3. Мережні задачі: упорядкування нумерації вершин орієнтованої мережі; визначення максимального потоку та мінімального шляху в орієнтованій та неорієнтованій мережах.

4. Ітераційні методи оптимізації лінійних та нелінійних задач математичного програмування (у співавторстві).

5. Дискретні ітераційні методи оптимізації лінійних та нелінійних задач математичного програмування.

6. Задачі: визначення виробничого циклу, призначення, рюкзака, розподілу обмежених ресурсів, комівояжера.

7. Запропонована удосконалена модель Леонтьєва міжгалузевого балансу, яка дозволяє урахувати власні постійні та змінні витрати галузей – на амортизацію, зарплату, напівфабрикати тощо.

Автор висловлює подяку студентам ЧДУ за допомогу в перевірці і співставленні результатів розрахунків.

1. СИСТЕМА ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Організовані економіко-соціальні суспільства людей (у вигляді держав, колективів підприємств тощо) можна розглядати як окремі складні системи, які складаються з підпорядкованих підсистем.

Особливу роль серед подібних систем відіграє *держава, яка є надсистемою* по відношенню до галузей, підприємств, установ та інших колективів людей. Спрямованість політики держави знаходить суттєвий відбиток у діяльності підпорядкованих їй підсистем. Економіка США, Японії та інших держав досягла вражаючих успіхів саме за рахунок використання *системного аналізу для держави*, який вимагає встановлення конкретних цілей та відповідних стимулів для їх досягнення для усіх учасників виробничого процесу.

Люди, усі без винятку, намагаються своєю працею підвищити власний добробут, який залежить від результатів роботи системи. Тому *метою* економіко-соціального суспільства людей як системи є його забезпечення предметами споживання та підвищення добробуту.

На даний час наука управління стає все менш гуманітарною (менш мистецтвом) й все більш технократичною (більш ремеслом або наукою). Зараз, у принципі, не існують управлінські задачі, для яких не розроблені чи не можуть бути розроблені кількісно обґрунтовані рішення чи математичні моделі. *Тільки фактор часу* може виправдовувати застосування заходів управління великомасштабним виробництвом послуг, які базуються на принципі «Підлога – Стеля – Палець», або «Досвід – Палець».

Нові методи управління застосовують: кібернетичні підходи до управління соціально-технічними системами; математичні методи теорії автоматизованого регулювання та методи систем підтримки прийняття управляючих рішень (СППУР). Для цього застосовуються такі дисципліни, як «Дослідження операцій», «Теорія прийняття рішень», «Теорія нечітких систем», «Теорія корисності», «Математична економіка», «Математичне моделювання соціально-економічних процесів», «Кібернетика», «Теорія автоматизованого регулювання», «Економетрика» тощо. Розглядаються математичні моделі: *макроекономіки* (опис економіки держави в цілому з урахуванням укрупнених показників); *мікроекономіки* (опис взаємодії

структурних і функціональних складових, опис окремого елемента в ринковому середовищі); **прогнозування та регулювання** економіки (держави, галузі, підприємства); **рівноважні** моделі (звичайно на макрорівні); **прикладні** моделі (**оптимізація** конкретного економічного процесу з метою прийняття практичного рішення – звичайно на мікрорівні); **статичні та динамічні** моделі.

Якщо раніше людина ставила вимоги до системи підтримки прийняття управляючих рішень (СППУР), то тепер СППУР як кібернетична система (система штучного інтелекту), у свою чергу, **ставить вимоги до характеру мислення людини**.

Це означає, що людина вже створила систему штучного інтелекту як повноправний об'єкт, і **це повинно знаходити відбиток у навчанні**.

Системи штучного інтелекту вимагають від людини: високої культури роботи з поняттями; міждисциплінарного мислення; розуміння ролі абстракцій; здатність створювати, утримувати та змінювати великі понятійні системи; бути спроможним синтезувати абстракції, забезпечуючи в умовах гострих протиріч коректну інтерпретацію понятійних схем; користуватись ЕОМ; знати різні алгоритмічні мови і програмувати; складати математичні моделі виробничих процесів; знаходити оптимум серед сукупності альтернативних рішень (у «лабіринті» рішень); розвивати інтелект, уявлення, креативність мислення та візуалізацію; працювати з абстракціями; засвоювати методи швидкого відновлення сил та розслаблення від психічного стресу тощо. І не кожна людина відповідає вказаним **вимогам, які висуває штучний інтелект**.

Володіння лише апаратом ДО не розв'язує у повному обсязі проблем управління системою, і його доповнюють іншими методами систем підтримки прийняття управляючих рішень (СППУР), наприклад, методами концептуального мислення, згідно з якими рішення **завжди має альтернативи**, а кожна альтернатива розглядається як інструмент, який можна змінювати для отримання оптимального рішення.

Дисципліна «Дослідження операцій» (ДО) застосовує множину математичних методів для розв'язання практичних задач управління системи. Але в методах ДО не розглядаються питання про синергетичний ефект управління від складання «припустимих» похибок кожного з обраних методів; не має належного відображення організація роботи та вплив стимулів на її виконання; не відображаються соціально-економічні умови виробництва; не розглядаються процеси в надсистемі тощо. Наприклад, неможливо ефективно керувати підприємством без урахування процесів, які відбуваються в надсистемах – у державі та у фінансовій сфері.

Яскравим підтвердженням **математизації керування** є створення в ряді держав так званих «електронних урядів» (про це заявлено в тому

числі й в Україні). Подібний підхід забороняє захист ідей без їх наукового кількісного *технократичного* обґрунтування.

Причиною недостатнього благополуччя окремих держав та підпорядкованих їй колективів людей є *недостатній рівень культури в матеріальному та духовному сенсі* [1].

Матеріальною основою культури держави є рівень розвитку техніки, технологій, промисловості, сільського господарства; знання, вміння та здоров'я робітників. За американським економістом Г.С. Беккером, «запаси» освіти, професійно-інтелектуальний потенціал суспільства, здоров'я населення складають приблизно 75 % багатства економіки США [2].

Духовною основою культури держави є ідеологія – система релігійних, політичних, економічних, правових, соціальних, моральних, філософських поглядів, відношень, ідей та теорій, у яких відображається ставлення до людей, до соціальної дійсності та природи. *Державна ідеологія* втілюється в житті керівними органами через закони, примусові органи, релігію, систему навчання, органи інформації, моральні норми тощо.

У пострадянському просторі склалась *ідеологофобія* внаслідок надзвичайно жорстокої репресивної спрямованості ідеології держави проти основних свобод: людина повинна була висловлюватись, діяти й думати лише дозволеним чином – «по-державному», робітники не могли вільно переміщуватись (у них забирали паспорти), репресивний апарат створював «трудові армії» з рабів тощо [1].

Між тим саме *ідеологія визначає основні цілі розвитку суспільства й людини* і тому має першочергове значення для суспільства. *Неправильна ідеологія* є особливо небезпечною для держави (приклад – крах фашистських режимів Німеччини, Італії). *Відсутність ідеології* означає відсутність цілей та стихійний пошук шляхів розвитку, що пов'язано зі значними втратами ресурсів та часу.

Заважають розробці та удосконаленню науково обґрунтованої ідеології [1; 71]:

- негативні дії керівників та «осіб впливу»;
- створення кланів «еліти» з нав'язуванням суспільству своїх цілей;
- *«егоїзм ієрархічних рівнів»*, визначений Черчменом, згідно з яким реальні системи служать не цілям, для яких вони створені, а *цілям персоналу цих систем*. Приклади «жадібних» тенденцій захоплення «прав домінування» з матеріальним підґрунтям та укріпленням своїх позицій у чиновницьких структурах влади: хабарництво; державні установи – для кланів, а не для держави (це майже узаконено і скромно именується «лобіюванням»); навчальний заклад – для адміністрації та викладачів, а не для студентів; лікарня – для лікарів, а не для хворих; магазин – для продавців, а не для покупців. І питання полягає лише в

тому, як поводити себе із системою, «егоїзм» якої виходить «за рамки розумного»;

– **обмеженість суспільних умов** підтримки фахових здібностей, ефективності праці, таланту людей та «покарання» за їх відсутність. Ця обмеженість суттєво залежить від розподілу багатства в суспільстві, державної політики, системи соціального захисту, доступності освіти, підтримки багатодітних сімей, боротьби з безробіттям та зубожінням населення;

– **недооцінка наукового забезпечення**. Висуваються та захищаються ідеї з посиланням не на розрахунки, а лише на вітчизняний та закордонний «досвід» та цитати. Управління повинне будуватись на методології системного аналізу, вивчення ситуацій, урахування зворотних зв'язків, поступового переходу від *описових уявлень до розрахункових математичних моделей* розвитку соціально-економічних систем. Потрібно не лише «знаходити і лікувати слабкі місця» – треба знаходити та знищувати причини їх появи;

– **негативні наслідки традицій** (на Русі споконвіку чим вищий ранг адміністратора, тим вище його бажання стати над законом; «телефонне право»).

Розробка та корекція науково обгрунтованої ідеології є *центральною й дуже складною проблемою*, яку треба розв'язати суспільству та державі.

Велику шкоду розвитку культури наносить:

1. **Недооцінка моральних якостей робітника в порівнянні з його кваліфікацією**. На даний час в Україні моральне виховання та його оцінка відстають від системних потреб суспільства. **Моральні принципи суспільства (виховання людей) стають важливими чинниками виробничого процесу**. Не береться до уваги твердження Платона «Корисно лише те, що є справедливим». Хоча справедливість – це моральна, а не економічна категорія, але економіка без неї не може ефективно працювати. Потрібні «справедливі правила гри». Експерти Світового банку назвали «пасткою нерівності» **бідність, безробіття та недоступність освіти**. Вони вважають, що «справедливість та розквіт економіки йдуть поряд». В економіці також давно діє такий моральний принцип, як «довіра» до партнерів. Брак «довіри» може викликати фінансову кризу (наприклад, брак довіри до долара США).

2. **Низький рівень матеріальної бази виробництва** – основи культурного розвитку.

3. **Відносне зубожіння населення**. Активна протидія змінам існуючого стану в середовищі промисловців відбувається за твердженнями: «безробіття – благо, яке прискорює структурну перебудову»; «низькі зарплати – конкурентна перевага»; «у бідності винні самі бідняки» тощо.

Не береться до уваги той факт, що зuboжіле населення буде витратити кошти в основному на їжу і не буде купувати промислові товари, тобто не буде підтримувати власне виробництво.

У статистиці використовується коефіцієнт диференціації, який дорівнює відношенню доходів 10 % найбільш багатого населення до 10 % найбіднішого. У Європі цей коефіцієнт складає 3-5 разів, у Росії – 17 разів [71]. Чим більша в суспільстві нерівність, тим воно слабше економічно.

4. Значна відірваність грошей (як стимулу для інтенсифікації праці) від реальних матеріальних цінностей, людської праці й таланту. Фінансові сурогати (гроші, зроблені «з повітря») почали важити більше, ніж людська праця: за деякими даними, 85 % грошей світової економіки не мають матеріального забезпечення. Тут маються на увазі спекулятивні операції з грошима (гроші «породжують» гроші); банки, отримавши від держави суттєву підтримку, замість стимулювання вітчизняного виробництва, займаються скупкою валюти, вивезенням валюти за кордон, підтримуючи чужі економіки [71]; необґрунтоване підвищення вартості цінних паперів.

Хоча держава не може займатися «роздачею коштів», але вона може суттєво впливати на економічні процеси.

1.2. ВПЛИВ ДЕРЖАВИ НА ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ

На даний час немає держави, яка б не впливала на виробництво товарів та послуг у народному господарстві.

Приклади впливу держави на виробничі процеси в системному сенсі:

- визначення основних цілей економічного розвитку держави і спрямування економічних та наукових важелів на їх виконання;
- введення рівноваги в процес виробництва товарів народного господарства;
- підтримка внутрішнього платіжного попиту;
- захист вітчизняного виробника;
- усунення проміжних спекулятивних ланок між виробником та користувачем (наприклад, сільськогосподарської продукції);
- вилучення «інвестиційної» діяльності у вигляді модернізації застарілого обладнання (це «латання дірок» веде до консервації технологічної відсталості) і спрямування інвестицій на технічне переозброєння підприємств;
- контроль вивезення капіталу за кордон (бо ці кошти йдуть на розвиток чужої економіки, а введення їх, наприклад, у сільське господарство може поліпшити соціально-економічний стан села й усієї держави);
- заборона створення боргів банків з державною участю;

- проведення політики впровадження дійсно ринкового механізму, основою якого є зацікавленість усіх робітників у якісній праці;
- підтримка високих вимог до фахових та моральних якостей членів суспільства;
- створення справедливих стимулів для праці (встановлення пропорцій між прибутком власника та сукупною зарплатою робітників, бо найбільш істотний стимул для праці – економічний; реальний соціальний захист робітників від зменшення чи невідачі зарплати, необґрунтованого звільнення тощо);
- керування системою соціального захисту щодо отримання освіти, пенсійного забезпечення, медичного обслуговування;
- сприяння вивезенню за кордон готової високотехнологічної продукції, бо вивезення сировини закріплює економічне відставання;
- переорієнтація розподілу багатства, яке створюється працею всього суспільства за рахунок податкової, митної, інвестиційної політики та правил взаємодії суб'єктів економіки (у вигляді законів, указів, постанов тощо);
- створення умов для руху робочої сили;
- уведення податкових пільг для малого та середнього бізнесу, який є своєрідною «лабораторією» перевірки нових ідей у виробництві;
- перерозподіл податків із збільшенням їх на спекулятивні операції та велику власність;
- підтримка науки, винахідництва, наукових досліджень;
- підтримка випуску наукоємної високотехнологічної продукції; контроль над ефективністю проектного і діючого виробництва та його відповідністю світовому рівню (за кордоном ці вимоги стандартизовані державою) тощо.

1.3. ДЕЯКІ ВИЗНАЧЕННЯ СТОСОВНО СИСТЕМИ ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Ціль системи – це пов'язана з її функціонуванням обрана сукупність найліпших на даний час кількісних і якісних показників системи та її підсистем.

Система є ієрархічною сукупністю структурно і функціонально взаємопов'язаних внутрішніх компонент та зовнішніх компонент надсистеми, у якій внутрішні компоненти можуть змінювати свою кількість, функції, організацію, структуру, зв'язки, розподіл інформації та ресурсів для оптимізації внутрішніх і зовнішніх взаємодій у досягненні **глобальної мети**, спроектованої на цілі внутрішніх компонент та на самозбереження (у тому числі в умовах катастроф).

Об'єкти системи можуть бути матеріальними (підприємства) чи абстрактними (створеними людською думкою – поняття, гіпотези, теорії тощо).

Ми будемо розглядати моделі задач ДО, які застосовуються в цивільних АСУП. АСУП належать до *кібернетичних систем*, що є більш вузьким поняттям у порівнянні з *«системами»*: *кібернетична система* цілком визначена та формалізована, і в ній процеси розглядаються з кількісного боку з використанням лише логічної компоненти при моделюванні інтелекту.

Кібернетична система – це ієрархічна керована сукупність структурно і функціонально взаємопов'язаних компонент (підсистем), які за рахунок обміну інформацією та ресурсами визначають точний і вчасний оптимальний алгоритм (порядок, послідовність, місце в просторі, час, організація) взаємодії між собою та навколишнім середовищем і мають загальну сукупність кінцевих, глобальних, з абсолютним пріоритетом цілей, які спроектовані на функції цілей кожної компоненти.

Система характеризується єдністю структури, функцій та емерджентності.

На даний час визнано існування теорії систем у широкому та вузькому сенсі (використані погляди Л. фон Берталанфі, 1962) [1]:

1. **Загальна теорія систем (метатеорія)**, яка стосується методології дослідження усіх існуючих конкретних систем.

2. **Спеціальні, конкретні, часткові системні теорії** – системологія, кібернетика, синенергетика (розвиток систем різної природи), системний підхід, системний аналіз, **дослідження операцій**, системотехніка тощо. Таким чином, оптимізація роботи конкретних систем (підприємств, установ та держав) на основі методів кібернетики, системного підходу, системного аналізу, **дослідження операцій** засновуються на методології **спеціальних системних теорій**.

Системний аналіз – це логічно пов'язана сукупність теоретичних та емпіричних знань з математики, природничих наук та досвіду розробки й експлуатації складних систем, орієнтованих за певними умовами на підвищення обґрунтованості рішення конкретної проблеми та визначення оптимальних дій, пов'язаних з алгоритмом (простором, часом, послідовністю дій та організацією) роботи системи.

Витоки системного аналізу, його методологічні концепції лежать у тих дисциплінах, **які займаються проблемами прийняття рішень**: теорії операцій та теорії управління.

Системний рівень належить до найвищого рівня ієрархії процесу проектування складних систем. Він мало формалізований і часто замість математичного моделювання використовуються приклади конкретних реалізацій, традиційні рішення, неформальні методи проектування.

Задачам системного аналізу властиві невизначеність, суперечливість, багатокритеріальність, багатфакторність, недостатня формалізованість.

Системний аналіз розглядає ряд проблем, які можна поділити на три класи [3]:

1. **Добре структуровані** (*well-structured*), або кількісно сформульовані проблеми. Для їх розв'язання використовуються методологія **дослідження операцій** (*лінійне, нелінійне, динамічне програмування; теорія систем масового обслуговування; теорія ігор тощо*).

2. **Неструктуровані** (*unstructured*), або якісно виражені проблеми, для яких кількісні залежності невідомі. Для їх аналізу можна використати теорію нечітких систем.

3. **Слабо структуровані** (*ill-structured*), які вміщують якісні елементи та маловідомі невизначені сторони, що мають тенденцію домінувати. Для розв'язання слабо структурованих проблем використовується методологія системного аналізу; систем підтримки прийняття рішень; практичний досвід; особливості та переваги різних методів наукового аналізу.

Усі три класи проблем системного аналізу можуть існувати паралельно в одній складній системі (наприклад, в АСУП).

Основні етапи системного аналізу радянської науки [1]: виявлення проблеми; визначення мети; збір інформації; розробка максимальної кількості альтернативних шляхів розв'язання проблеми; фільтрація альтернатив; побудова математичної моделі, програми чи сценарію альтернатив; оцінка витрат реалізації альтернативних рішень; обрання однієї альтернативи в якості рішення; керування впровадженням рішення.

У системному аналізі використовують сукупність таких процедур: цільові, ситуаційні, інформаційні, структурно-функціональні, організаційно-процедурні, техніко-економічні [4]. При цьому техніко-економічні процедури призначені для визначення соціально-економічної і техніко-економічної ефективності функціонування системи і, **як обов'язковий елемент, використовують методи ДО**, бо класичні задачі ДО для АСУП виконують розрахунок прибутку, рентабельності, витрат тощо **в системі (для усього підприємства), або для її підсистем** [5].

Системна методологія охоплює сукупність різних методів, алгоритмів, пакетів прикладних програм і повинна відповідати принципам: системної погодженості, процедурної повноти, інформаційної узгодженості, функціональної раціональності (з точок зору досягнення технічних, соціальних, економічних, технологічних, інформаційних, ергономічних, моральних, юридичних потреб) тощо [4].

Звичайно процеси в погано організованих підприємствах не є оптимальними з погляду вимог системного аналізу, бо системний виграш є більшим за виграш сукупності виграшів кожного її окремого

компонента за рахунок миттєвого розподілу інформації стосовно прийняття рішень. Ефективність загальної автоматизації може до 10 разів перевищувати ефект від впровадження автоматизації окремих компонентів автоматизованих систем управління (АСУ), автоматизованих систем управління підприємством (АСУП), інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ) та систем автоматизованого проектування (САПР).

Системний підхід полягає в оптимізації функціонування всієї системи в цілому і звертає увагу на недостатність і навіть шкідливість рішень, отриманих при аналізі лише частки компонент системи і без урахування взаємодії із зовнішнім середовищем. Будь-яку систему потрібно розглядати не лише як об'єднання власних підсистем, а як підсистему ще більшої зовнішньої надсистеми з урахуванням впливу ієрархічно вищої надсистеми на дану систему. Якщо в результаті системного аналізу досягнуті лише позитивні наслідки, **то вже одне це має викликати настороженість, бо абсолютизувати один напрям і недооцінювати інші напрями означає вузьке, неглобальне, несистемне мислення**. Пріоритетними стають розумні компроміси між різними потребами системи і можливостями їх задоволення [6].

Алгоритми системного аналізу за їх складністю умовно (і досить приблизно) діляться на **два класи**:

– **до класу складності P (polynomial)** належить множина алгоритмів, час роботи яких порівняно малий і слабо залежить від розміру вхідних даних n . Ці алгоритми можна «практично» розв'язати

за поліноміальний час, коли оцінка часу роботи $O_T = \sum_{j=0}^K A_j n^j$ не

перевищує багаточлена від розміру вхідних даних n , де n – довжина входу, чи складність входу (наприклад, для факторіалу « $n!$ » це число « n »); K – деяка константа, яка не залежить від довжини входу « n ».

– **до класу складності NP (non-deterministic polynomial)** належить клас P та алгоритми, час розв'язання яких експоненційно залежить від розміру входу, і тому вони є неефективними для великих входів « n ».

У NP -задачі виділили **підклас, який назвали « NP -повними задачами»**. Тут слово «повний» означає «який є найбільш яскравим представником, і тому вказує на найбільш тяжкі до розв'язання задачі NP ». До **NP -повних задач** входять: задача комівояжера, задача наплічника, виконання булевих формул тощо (є підстави вважати, що вони «практично» **не розв'язуються за поліноміальний час**). Згідно з розповсюдженою гіпотезою не існує ефективних алгоритмів для розв'язання NP -повних задач. **Для NP -повних задач не знайдені поліноміальні P -рішення, але разом з тим не доведено, що такі рішення не існують**.

Проблема « $P = NP$ » виникла у 1971 р. і до цього часу є складною проблемою обчислень.

Для більшості дискретних та комбінаторних NP -повних задач математичного програмування можна отримати розв'язок повним перебором можливих варіантів, який є точним, але й частковим, бо практично не придатний для розв'язання за поліноміальний час задач великої складності. Багато NP -повних задач досі взагалі не має розв'язку (наприклад, немає доведення, що застосований алгоритм дасть розв'язок за термін не більше заданого). Якщо будь-яка задача має NP -повний алгоритм розв'язку, то цей алгоритм намагаються замінити на P -алгоритм для окремих випадків, або на евристичний алгоритм, наближений до оптимального (але самі ці задачі залишаються NP -повними).

Л. Хачіян довів, що задачі лінійного програмування (ЛП) входять до P -класу. Особливе місце займає задача про потік у мережі: хоча вона належить до підкласу задач ЛП та одночасно до задач дискретної оптимізації, але для неї доведений факт існування ефективного розв'язку.

2. ФУНКЦІЇ СИСТЕМИ

При вивченні системи нас, перш за все, цікавлять її функції («що вона робить?»). Тому з функціонального опису починається вивчення системи. Функції системи виявляються в її поведінці: зовнішнє середовище впливає на систему через її входи, а система впливає на зовнішнє середовище через виходи.

Виробничо-економічна система має наступні функції [7]:

1. **Прогнозування** розвитку системи відповідно до зміни потреб та зовнішніх умов: технічних, політичних, соціальних; інвестицій; зміни стосовно матеріальних, фінансових, трудових ресурсів. Прогнозування відбувається на базі екстраполяції, вивчення трендів, регресійних моделей, часових рядів, імітаційного моделювання, опису сценаріїв розвитку в майбутньому.

2. **Розробка планів** – стратегічних (на віддалене майбутнє в 10-50 років); перспективних (планування нововведень на 5-10 років); виробничих (на 1-2 роки); спеціальних (для особливих цілей). При розробці планів визначають цілі, виділяють ресурси, розробляють організаційні структури, визначають процедури досягнення цілей. Плани повинні мати резерви для подолання ризиків (непередбачуваних відхилень від планованого розвитку подій та можливості «адаптуватись» до них, використовуючи ситуаційний план на конкретний варіант господарчої ситуації). Дуже важливим аспектом у виконанні планів є соціальний стан, мотивація і поведінка працівників.

Плани втілюють у життя основні цілі системи.

3. **Управління виконанням робіт** (реалізація рішень): забезпечення ефективності функціонування системи; заміна стратегій на інші залежно від умов на даний момент (ситуаційне планування робіт). Побудувати жорстке дерево цілей для економічних систем практично неможливо. Функція управління полягає або в програмному регулюванні, або в стабілізації суттєвих параметрів системи, чи в адаптації до зміни навколишнього середовища. **Стимулювання** виконання робіт має вигляд адміністративного, економічного та соціально-психологічного впливу.

4. **Інформаційні функції**, які забезпечують накопичення, зберігання та видачу виробничої інформації і виконують роль своєрідного «нервового центру» **обліку і контролю** стану системи.

5. **Організаційні функції**, які пов'язані зі структурою системи й описують зв'язки між компонентами системи, формування функцій і методи взаємодії компонентів. В економічній кібернетиці розглядають структури: послідовні, колові, зіркові, багатозв'язні, ієрархічні та змішані.

6. *Соціально-економічні функції*: вектор прийняття рішень може суттєво залежати від впливу зовнішнього та внутрішнього соціально-економічних станів. Відомо, що соціально-економічні відносини відображають в основному економічні інтереси.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ У СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ ГОСПОДАРЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Операцією зветься будь-яка діяльність людини, що спрямована на досягнення мети (у виробництві, у плануванні робіт, у військовій операції та ін.).

Дослідження операцій (ДО) – це теорія використання наукових методів для прийняття оптимального рішення в практичній діяльності людини на основі **кількісного критерію**, який відображає ступінь досягнення мети на обмеженій чи не обмеженій множині можливих рішень.

Предметом дослідження операцій є теорія і методи оптимізації прийняття рішень у нечітких, багатокритеріальних, багатофакторних системах та підсистемах в обмежених умовах (при обмеженні ресурсів, габаритів, ваги, об'єму, витрат, терміну роботи тощо) чи без обмежень.

Об'єктами керування, для яких застосовується розв'язок задачі ДО, є економіко-соціальні кібернетичні системи; підприємства; військові операції; господарчі, фінансові, державні, технічні справи; проектування об'єктів (технічних конструкцій, розташування об'єктів, отримання рішення для проекту, обрання параметрів механізмів чи споруд).

Метою ДО є наукова кількісна оптимізація процесів управління практичною діяльністю людини, які розглядаються у вигляді математичних моделей чи алгоритмів операцій в умовах обмежень чи без обмежень. У деяких випадках (наприклад, у багатьох комбінаторних задачах) отримати оптимальне рішення неможливо, і тому приймається субоптимальне (не найгірше) рішення [8].

Методи ДО застосовують широкий клас математичних методів прийняття рішень для систем та підсистем на основі оптимізації аналітичних, графо-аналітичних, логічних, алгоритмічних, безперервних та дискретних моделей і ранжованих критеріальних стратегій.

Математична модель операції – це формальне співвідношення, яке встановлює зв'язок між критерієм ефективності та діючими факторами операції з урахуванням існуючих обмежень [9].

Кількісні критерії спрямовані на максимізацію прибутку та рентабельності, мінімізацію витрат та ін. Ці дані потрібні бізнесменам, управлінському персоналу, менеджерам, проектантам АСУП, інженерам та обслуговуючому персоналу АСУП, які повинні володіти методами ДО.

Для автоматизації розв'язку задач ДО використовуються заздалегідь відлагоджені програмні продукти, які звичайно мають вигляд пакета

прикладних програм (ППП) і застосовуються в системах автоматизованого управління підприємствами та установами (АСУП), у системах і підсистемах автоматизованого проектування (САПР), при прийнятті інженерних рішень, в інтегрованих системах і підсистемах автоматизованого управління (ІАСУ), в інформаційно-аналітичних системах, в автоматизованих робочих місцях. Методи ДО у вигляді ППП входять як складова частина в математичні методи підтримки прийняття рішень [10, с. 155-250; 11; 12]. ППП ґрунтовані на модульному програмуванні, мають кілька моделей, просту символіку вхідних мов, але є досить складними програмними системами: розробка, супроводження і використання ППП вже не під силу одній людині [12, с. 12].

Методи ДО є настільки універсальними, що їх можуть застосовувати будь-які великі та малі системи чи підсистеми – від держави чи світової економіки до невеличкого ательє з пошивку одягу, дитячого садка та магазину. Навіть одна людина в процесі прийняття рішення стосовно власних справ може скористатись методами ДО: у відпустці – щодо оптимізації маршруту відвідин ряду пунктів чи для оптимізації заповнення наплічника; стосовно виготовлення суміші добрив для городу; щодо виготовлення якісної їжі для худоби тощо.

Для великих і складних систем кінцеве рішення приймає людина на основі результатів аналізу, отриманому **при застосуванні сукупності різних методів**, у тому числі й за методами ДО.

Для управління господарчою діяльністю може використовуватись **автоматизована система управління підприємством (АСУП)**. АСУП – це комплекс програмних, технічних, інформаційних, організаційно-технологічних засобів та дій персоналу, призначених для розв’язання задач планування і управління різними видами діяльності підприємства.

АСУП – це окремий напрям розвитку автоматизованої системи управління (АСУ). До категорії АСУП прийнято відносити реалізації методологій міжнародних стандартів типу *MRP* та *ERP* [13].

АСУП як складна система обов’язково **повинна розв’язувати добре структуровані проблеми** – оптимізацію випуску товарів з точки зору максимального збагачення в часі, визначення стратегічних шляхів розвитку, планування робіт, задачу розкрою матеріалів тощо. Тому при проектуванні АСУП задачі дослідження операцій ураховуються як обов’язковий та стандартний елемент і звичайно розташовуються в пакетах прикладних програм (ППП). Для малих підприємств задачі дослідження операцій можуть мати також вигляд автоматизованих робочих місць (АРМ) у складі ПЕОМ.

Радянський академік Глушков В.М. (ще в 70-х роках) сформулював основні принципи будування АСУП, серед яких знаходиться застосування системного підходу при розробці АСУП [14]. Сучасна фахова література

теж підкреслює, що будь-яка кібернетична система, яка складається з підсистем, повинна свою діяльність обґрунтовувати системним аналізом [15].

У *Вікіпедії* сказано [16]: «Характерною особливістю **дослідження операцій** є системний підхід до поставленої проблеми та аналіз. Системний підхід є головним методологічним принципом дослідження операцій»; «Дослідження операцій тісно пов'язано з наукою управління, системним аналізом, ...»; «Використовувати дослідження операцій можна й на малих підприємствах».

ДО як наука виникла раніше системного аналізу [1, с. 31].

В основу курсу ДО і системного аналізу господарчої діяльності покладені класичні роботи ленінградського математика Л.В. Канторовича, який став у 14 років студентом, у 20 років – доцентом, у 22 роки – професором і отримав Державну (1949 р.), Ленінську (1965 р.), Нобелівську (1975 р.) премії.

Саме професор Л.В. Канторович уперше запропонував методи прийняття рішень стосовно організації та планування виробництва складної системи – підприємства з його підсистемами. Л.В. Канторович у роботі «Математичні методи організації та планування виробництва» (1939 р.) сформулював клас **задач лінійного програмування** (розміщення виробництва, розподіл робіт, розкрій матеріалу, транспортні задачі тощо), який з успіхом застосовується й у сучасному виробництві. Він уперше розглянув людину як «ресурс», використовуючи «людино-години» у розрахунках.

Цей підхід безперервно удосконалюється і набув глобального розповсюдження у вигляді задач оптимізації математичних моделей прийняття рішень у соціально-економічних системах. У сукупності з іншими методами задачі ДО дозволяють отримати оптимальне системне рішення.

Як самостійний науковий напрям дослідження операцій оформилося в 1938-1940 рр.

У 1935 р. в Великобританії почалась розробка однією групою дослідників радіолокаційної системи виявлення й супроводу ворожих літаків та другою групою у 1936 р. (внаслідок надзвичайної секретності) – системи наведення власних літаків-перехоплювачів на літаки ворога. У 1937 р. розробку обох систем об'єднали: була створена група з узгодження операцій між виявленням літаків, їх супроводом та наведенням на них власних літаків-перехоплювачів. Це вимагало відповідного математичного забезпечення (у цій групі почав уперше вживатись термін «операційне дослідження»). Саме тоді виявилось, що **багатокритеріальна задача двох об'єднаних підсистем вимагає системного підходу (компромісної оптимізації підсистем)**, бо неможливо в об'єднаній системі точно дотримуватись оптимальних вимог щодо кожної окремої підсистеми. З

цього моменту *багатокритеріальний системний аналіз* почав удосконалюватись і використовуватись у різних напрямках діяльності.

Задачі ДО стосуються процесу виробництва послуг, який можна розглядати як роботу трьох конвеєрів: конвеєр К1 – накопичення ресурсів, конвеєр К2 – виробництво товарів, конвеєр К3 – продаж товарів. При цьому конвеєри К1 та К3 безпосередньо пов'язані з *ринковою компонентою надсистеми – держави*. Крім того, надсистема додатково впливає на виробництво послуг через випадкову зміну в часі економічного, політичного та соціального стану суспільства, податків, системи соціального захисту, митної політики тощо, що звичайно не враховується в повному обсязі в математичній моделі ДО. Тому задачі ДО можна розглядати як *ідеалізоване оптимальне математичне рішення*, яке за певних умов досягається з деякою ймовірністю. Розрахунок цієї ідеалізованої оптимальної мети використовується при плануванні виробничої діяльності.

Великим недоліком ринку є виникнення взаємної системної залежності виробників продукції, необхідність взаємної узгодженості виробництва товарів, що вимагає від виробника товарів досліджувати вплив ринкових умов на власне виробництво. Необхідність урахування впливу надсистемних економічно-соціальних процесів при плануванні роботи підприємства як системи пояснюється наступними причинами.

1. Держава в цілому багатіє за рахунок ринкових відносин, бо спеціалізація підприємств значно скорочує час на вироблення одиниці продукції. Але створене працею (наприклад, за один рік) нове сукупне багатство всієї держави у вигляді «загального пирога» не завжди справедливо поділяється між окремими підприємствами в результаті обміну товарів на ринку (внаслідок різниці в продуктивності праці, політики держави тощо). Тому *темпи збагачення є різними* серед учасників ринкових відносин держави. І тому виробники намагаються мати вплив на владу. Це ж саме стосується й міждержавних ринкових відносин: міжнародна торгівля прискорює рух до добробуту всіх ринкових держав, але *темпи збагачення* держав теж є різними і залежать від продуктивності праці, політики та інших умов.

2. Кожний підприємець *витрачає на ринку надсистеми* власні кошти $S_1 = S_{II} + S_{II2}$ (тут S_{II} – зарплата власним співробітникам; S_{II2} – податки, плата за сировину, енергію, обладнання тощо, куди входить також зарплата підприємцям і робітникам сторонніх підприємств та установ), *а намагається повернути собі з ринку більшу суму $S_2 > S_1$ – з прибутком*.

Звідки на ринку брати ці зайві кошти, щоб збагатити *всіх без винятку підприємців*? Очевидно, що основне збагачення надходить від створеного

працею (наприклад, за один рік) нового сукупного багатства всієї держави. А кожний підприємець намагається вкласти найменше зусиль у власну продукцію (у власну частку цього «пирога»), а отримати «найбільший шматок пирога» від суспільства. Отримання прибутку прямо залежить також від зубожіння, підпорядкування, поглинання, банкрутства конкурентів. Тобто не всі є «переможцями» у конкурентній боротьбі. І це є нормою розвитку ринкової економіки, що спонукає до безперервного підвищування продуктивності праці і є жорстоким «нормальним» процесом розвитку ринкового суспільства. Гроші є лише відображенням ринкового «обміну працею = обміну товарами». Наявність надлишку грошової маси на ринку гарантується матеріальною незабезпеченістю основної маси грошей, а також щорічним випуском додаткової грошової маси порядку 5 %.

3. Соціальна, економічна та ринкова політика надсистеми суттєво впливають на ринкові умови.

Машини виштовхують людей від фізичної та розумової праці. Цілком автоматизоване підприємство в ідеалі може зменшити підсумкову зарплату власним робітникам $S_{\text{пл}}$ майже до нуля. Якщо б вся держава стала таким «автоматизованим підприємством», то практично всі люди стали б зайвими в державі, вони не отримували б зарплату і не стимулювали б виробництво як покупці товарів. Вихід у такій умовній державі знаходиться в ***політиці держави як надсистеми***:

- Розвиток наукоємного виробництва, підтримка винахідництва, забезпечення високого інтелектуального рівня та фізичного здоров'я населення.
- Розширення внутрішнього ринку надсистеми збільшенням зарплати усім робітникам.
- Контроль рівня прибутків підсистем та рівня відданої робітникам зарплати.
- Захист власного ринку (протекціонізм), розділ сфер впливу стосовно інших держав, поглинання більш слабких систем.
- Планування розвитку в державному та глобальному сенсі: щодо нафти, газу, води, сировини, викидів в атмосферу, розв'язку екологічних проблем.
- Політика заборони будівництва технологічно відсталих підприємств, підвищення на них податків.
- Підвищення продуктивності праці в державі за рахунок заохочення існування та проектування лише ефективних підприємств.

4. Кризові явища на конкретному виробництві безпосередньо впливають на надсистему:

- Звільнення робітників на одному підприємстві надсистеми призводить до згортання виробництва та звільнення робітників на підприємствах-постачальниках.

– На ринку зменшується кількість покупців, грошей, товарів. Втрачаються інвестиції у виробництво. Якщо підприємці намагаються отримувати попередній рівень прибутків, то ціни на товари збільшуються (виникає інфляція).

4. СТРАТЕГІЧНІ, ТАКТИЧНІ ТА ЛОКАЛЬНІ ЦІЛІ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

Внаслідок ієрархічності системи її цілі можна поділити на три частини:

1. *Стратегічні цілі розвитку з урахуванням вимог надсистеми:* тут ключовими можуть бути слова «рівновага», «узгодженість», «погодженість», «компроміс», «дозволеність», «існування у складі надсистеми». При складанні стратегічних цілей ураховується фінансовий, економічний, політичний стани держав та світового суспільства.

2. *Тактичні (глобальні) системні цілі.* Тут ключовими можуть бути слова «оптимізація» («максимізація», «мінімізація»), «компромісна оптимізація сукупності цілей (стосовно сукупності: прибутку, рентабельності, часу, витрат тощо)».

3. *Локальні цілі підсистем* спрямовані лише на оптимальне виконання стратегічних та тактичних системних рішень. Тут ключовими в основному можуть бути слова «оптимізація» («максимізація», «мінімізація»), «компромісна оптимізація (стосовно кількості субвиробів, їх якості, витрат, часу, коштів)» при точному виконанні глобального системного завдання. Не може бути й мови про перегляд цехом підписаних підприємством угод стосовно номенклатури, кількості товарів, ціни та замовників, якщо завданням цеху є лише виготовлення заданої кількості заготовок. Це також стосується транспортної задачі, задачі комівояжера, задачі про суміші тощо.

Стратегічні, тактичні та локальні цілі не можна плутати між собою: при затвердженні угоди з постачання продукції для замовника *безглуздо ставити питання* «Як розрахувати вплив на прибуток заводу виконання чи невиконання задачі комівояжера?», бо відрядження працівника є необхідним елементом виконання роботи, яку підсистемі потрібно виконати з найменшими витратами.

У силу своєї складності, виробнича система та її підсистеми є багатокритеріальними. Ініціатор створення «Римського клубу» А. Печчеї стверджує: «Немає більше економічних, технічних або соціальних проблем, які б існували відокремлено, незалежно одна від одної... Вони тепер одночасно і психологічні, і соціальні, і економічні, і технічні, до того ж й політичні» [17].

Система в цілому має кілька ієрархічних цілей, які можна поділити на стратегічні, тактичні та локальні (підсистемні).

Головна стратегічна мета керівника полягає в забезпеченні зростання прибутку в часі, створенні високого рівня конкурентної переваги (за рахунок зниження собівартості, унікальності продукції в якомусь аспекті, задоволення особливих потреб вузької групи покупців), залученні інвестицій, оптимізації, ритмічності роботи, узгодженні соціально-економічних потреб колективу.

Стратегія розвитку виробництва в часі повинна відповідати на ті ж питання, які виникають у поточній роботі: як накопичити ресурси, що і коли виробляти, кому і за скільки продавати, який ступінь ризику прийнятого рішення? Але внаслідок неточності стратегічної інформації намічені в часі кількісні показники циклічно корегуються; у ній більше уваги надається системному аналізу з урахуванням вимог зовнішнього середовища. Саме керівник повинен знаходити міру між внутрішньою «оптимізацією» у часі власного виробництва та зовнішніми системними вимогами «рівноваги», «узгодженості», «дозволеності». Керівник також повинен узгоджувати між собою роботу трьох згадуваних конвеєрів: К1 – забезпечення ресурсів, К2 – виробництва товарів, К3 – продажу товарів.

Цій головній стратегії підкоряються **тактичні цілі**, які більше пов'язані з поточним виробництвом.

Прикладом типових глобальних тактичних системних цілей задач дослідження операцій (серед інших цілей), які відображаються в математичній моделі у вигляді функцій мети, є:

Максимальне збагачення в часі. Це головне спрямування господарчої діяльності людини [18]. Задача полягає в такому визначенні типів та кількості випуску продукції при обмежених ресурсах, щоб отримати найбільший прибуток за одиницю часу (тобто ураховується як величина прибутку, так і час на його отримання). При виконанні розрахунків під прибутком та часом слід розуміти їх **математичні очікування**.

Отримання максимального прибутку. У даному випадку **час не враховується**, мета полягає у визначенні такої сукупності типів та кількості випуску продукції при обмежених ресурсах, яка б дала найбільший прибуток. Це рішення не враховує час на отримання прибутку, і тому в принципі може призвести до невірної рішення і банкрутства.

Отримання максимальної рентабельності у вигляді максимального прибутку на одного працівника чи на суму інвестицій тощо.

Прийняття компромісних рішень. Багатогранна підприємницька діяльність вимагає компромісних рішень при щоденному узгодженні взаємно суперечливих вимог. Серед них або обирається одна (головніша), або зменшуються вимоги до головної мети з наданням звільнених ресурсів для розв'язку безумовно необхідних проблем (наприклад, виплати зарплати або податків).

Локальні (підсистемні, оперативні) цілі. У деяких випадках локальні цілі можуть тимчасово набувати значення глобальних. Вони сприяють досягненню глобальних стратегічних і тактичних цілей та полягають у зменшенні витрат, часу, собівартості, відходів (розкрій матеріалів при виготовленні деталей для меблів; відрядження комівояжера; транспортні витрати; виготовлення сумішей тощо):

Отримання мінімальних витрат ресурсів (матеріалів, грошей, часу тощо). Цей показник доцільно використовувати в основному для допоміжних локальних господарчих процесів і у випадку, якщо неможливо змінити прибуток та час на його отримання. Але треба пам'ятати, що зменшення витрат не завжди супроводжується зростанням прибутку, а зростання прибутку без урахування часу на його отримання не завжди є оптимальним рішенням.

Оптимізація технічних рішень: процес оптимізації знаходиться в основі інженерної діяльності в силу необхідності підвищувати показники нової техніки. Оптимізація технічних рішень втілюється в САПР, наприклад, у вигляді задач математичного програмування загального вигляду (лінійного, нелінійного, цілочислового програмування). Інженер повинен вміти скласти математичну модель власної прикладної задачі: мінімізувати витрати хімічного заводу на придбання труб, насосів та перекачку рідини; мінімізувати повні витрати на створення контейнера і перевезення вантажу при заданій вартості матеріалів, об'єму вантажу, довжині та вартості рейсу тощо [19].

Господарча діяльність ставить перед людиною багато складних, нечітких і взаємно суперечливих вимог. Побудувати жорстке дерево цілей для економічних систем практично неможливо: цілі мобільні, мають кількісні та якісні стратегії і вимагають для їх досягнення використання формальних та неформальних методів прийняття рішень [20].

Багатокритерійні методи оптимізації підприємницької діяльності не можна розділяти на «більш важливі» та «менш важливі», бо кожний з існуючих методів є інструментом для виконання конкретної і в цілому дуже складної, корисної і необхідної роботи.

5. ПЛАНИ СИСТЕМ ТА ПІДСИСТЕМ

Цілі системи та її підсистем висвітлюються в планах, які поділяють на стратегічні, перспективні, виробничі (поточні) та спеціальні, вони охоплюють ряд виробничих циклів у часі. Кожний з них має свою мету, час на виконання, ресурси, пріоритети та організацію.

Функції цілі для виробничого циклу системи можна уявити у вигляді

$$F^{0r}(X^{0r}) = f\{F^t(X^t), X^t, B^t, S_T^t, S_C^t\} \rightarrow \max/\min,$$

де $F^{0r}(X^{0r}) = \{f_1^{0r}(X^{0r}), \dots, f_K^{0r}(X^{0r})\}$ – **оптимальна** компромісно визначена сукупність значень системних соціально-економічних функцій мети, включаючи час на їх отримання;

$X^{0r} = \{x_1^{0r}, \dots, x_n^{0r}\}$ – **оптимальний** випуск послуг;

$F^t(X^t) = \{f_1^t(X^t), \dots, f_K^t(X^t)\}$ – сукупність математично визначених системних соціально-економічних функцій мети, включаючи час на їх отримання;

$X^t = \{x_1^t, \dots, x_n^t\}$ – змінні кількості послуг, перелік яких визначається при створенні системи;

$B^t = \{b_1^t, \dots, b_m^t\}$ – об'єми наявних ресурсів для виконання запланованих робіт;

$S_T^t = \{S_{T1}^t, \dots, S_{TR}^t\}$ – технологічний стан виробництва, який урахує технологію використання ресурсів B^t при створенні обмежень для ділянки можливих рішень;

$S_C^t = \{S_{C1}^t, \dots, S_{CP}^t\}$ – сукупність зовнішніх та внутрішніх виробничих, економічних, соціальних та політичних станів з урахуванням їх впливу на показники конкретного виробництва: структуру системи, відношення між елементами системи, соціальні потреби, організаційну складність виконання робіт, методи керування (каральні, економічні, морального порядку), кваліфікацію та моральний стан робітників.

Система складається з підсистем. Внаслідок ієрархічності елементів системи функції підсистем змінюються, бо ієрархічно нижчі підсистеми повинні точно дотримуватись прийнятого вищою ієрархічною системою рішення щодо випуску послуг X^{0r}

$$\varphi_e^{0r}(Z_e^{0r}) = y_e\{\varphi_e^t(Z_e^t), Z_e^t, B_e^t, S_{Te}^t, S_{Ce}^t\} \rightarrow \max/\min,$$

де $\varphi_e^{0t}(Z_e^{0t}) = \{\varphi_{1e}^{0t}(Z_e^{0t}), \dots, \varphi_{Ge}^{0t}(Z_e^{0t})\}$ – **оптимальні** компромісно визначені значення функцій мети e -ої підсистеми;

$Z_e^{0t} = \{z_{1e}^{0t}, \dots, z_{De}^{0t}\}$ – **оптимальний** випуск деталей e -ою підсистемою

для послуг системи $X^{0t} = \{x_1^{0t}, \dots, x_n^{0t}\}$;

$B_e^t = \{b_{1e}^t, \dots, b_{Be}^t\}$ – об'єми ресурсів для одного циклу виробництва e -ої підсистеми;

$Z_e^t = \{z_{1e}^t, \dots, z_{De}^t\}$ – змінні кількості послуг, перелік яких визначається при створенні e -ої підсистеми;

$S_{Te}^t = \{S_{T1e}^t, \dots, S_{TNe}^t\}$ – технологічний стан виробництва e -ої підсистеми,

який ураховує технологію використання ресурсів B_e^t при створенні обмежень для ділянки можливих рішень e -ої підсистеми;

$S_{Ce}^t = \{S_{C1e}^t, \dots, S_{CKe}^t\}$ – сукупність зовнішніх та внутрішніх виробничих, економічних, соціальних та політичних станів з урахуванням їх впливу на якісні показники підсистеми: відношення між елементами e -ої підсистеми, соціальні потреби, організаційну складність виконання робіт, методи керування (каральні, економічні, морального порядку), кваліфікацію та моральний стан робітників.

Таким чином, аналітичні функції мети, які застосовуються в задачах ДО

$$F^{0t}(X^{0t}) = f\{F^t(X^t), X^t, B^t, S_T^t\} \rightarrow \max/\min,$$

не дадуть точної оптимізації соціально-економічної проблеми, бо задачі ДО повинні доповнюватись урахуванням організаційних, економічних, соціальних, політичних чинників $S_{Ce}^t = \{S_{C1e}^t, \dots, S_{CKe}^t\}$, які впливають на процес виробництва.

Пояснюється це неповнотою та деякими недоліками аналітичних моделей задач ДО.

1. **Неповнота моделі** пояснюється нехтуванням рядом факторів, які (при їх несуттєвому впливі) у сукупності можуть навіть визначати поведінку системи.

2. **Слабо формалізоване (командне) обрання функції мети.** Це пов'язане з рудиментами уявлення про «командний» характер економіки, на що звернула увагу Е.С. Вентцель: досліднику не подобається довільність в обранні цілі на практиці, і він цю довільність впроваджує в математичну модель! Чим одна довільність ліпша за іншу?

3. У математичній моделі не враховується зміна організації управління та удосконалення в часі технології виконання робіт.

Наприклад, у рівняннях не передбачено:

- що керівник вугільної шахти щоденно спускається в забій (в умовах Донбасу) і встановлює норми добутку вугілля залежно від товщини пласта, яка змінюється в межах 0,5...1,0 м;
- що об'єм перевезеного вантажними машинами ґрунту визначається не за кількістю ходок вантажних машин, а за геодезичними вимірами перевезеного ґрунту (точність вимірів 5 %) і розподілу вартості виконаної роботи згідно з кількістю ходок кожної машини;
- вплив рівня оплати робітникам залежно від кількості та якості виконаної роботи;
- використання робітниками нових технологічних пристроїв для збільшення продуктивності праці;
- прискорення процесів управління щодо налагодженої схеми виробництва та налагоджених зв'язків з контрагентами.

А все це суттєво впливає на виконання роботи.

4. Застосовується неправильна гіпотеза про однаковість правил господарчої поведінки в різних ситуаціях і на різних підприємствах, у різних районах та різних галузях. Наприклад, військова галузь використовує виправдані зміщені акценти на результати своєї діяльності.

5. Не враховуються зовнішні та внутрішні економічні інтереси: необхідність раптової виплати боргу, урахування зміни ціни та попиту на ринку, ризик аварії, необхідність поточних виплат (зарплати, плати за сировину тощо), переходу на нову технологію, необхідність ремонту обладнання, необхідність пристосування до нових внутрішніх та зовнішніх умов.

6. Не враховується час на виконання роботи.

7. Не враховується організація праці (конвеєрна, неконвеєрна), структура підприємства, розподіл функцій між підсистемами, соціальний стан.

8. Не враховуються соціальні умови, кваліфікація, виробнича дисципліна та моральний стан персоналу, витрати на матеріальну зацікавленість працівників, готовність персоналу на збільшення напруженості праці.

9. Не враховуються взаємно суперечливі вимоги сталого розвитку за стратегічними, перспективними, поточними та спеціальними планами виконання робіт і розподілами ресурсів.

10. Реальні задачі організаційного управління надсистемою декомпонуються на не менш складні підзадачі управління підприємствами та установами, а в методах ДО (які стосуються підприємств та установ)

питання про *синергетичний ефект управління* від складання «припустимих» похибок кожного з обраних методів не розглядається.

У результаті побудувати жорстке дерево цілей для економічної системи практично неможливо [20].

Хоча ці недоліки й впливають на точність реалізації оптимального рішення задач ДО, але *лише задачі ДО визначають оптимальну мету виробництва*, і тому ними не можна нехтувати в економічно-соціальному аналізі.

Частково вказані недоліки усуваються врахуванням соціальних, політичних і економічних факторів; використанням нечітких систем; імітаційним моделюванням; урахуванням часу в математичній моделі; розглядом багатокритеріальних задач з обранням рішення в діалоговому режимі чи розділом ресурсів за задачами.

6. ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Методи ДО (у сукупності з методами економіко-соціологічних досліджень та іншими методами прийняття рішень) широко використовуються для оптимізації практичної діяльності. З математичної точки зору, задачі ДО стосуються оптимізації математичних моделей людської діяльності у вигляді визначення оптимуму: окремої математичної моделі з урахуванням і без урахування обмежень; ранжованої за деякою оцінкою сукупності стратегій.

Застосовується методологія оптимізації в політиці (спочатку в Канаді, а потім і в інших країнах створений, як його прозвали, «електронний уряд», який призначений для підтвердження прийняття політичних та господарчих рішень у державних справах); для визначення стратегічного напрямку розвитку підприємств та установ; визначення оптимальної номенклатури продукції і розподілу ресурсів; оптимізації військових операцій чи соціальних процесів; у плануванні виконання робіт; уточненні конструкцій та роботи механізмів тощо.

Методи ДО в сукупності з іншими методами прийняття рішень та методами економіко-соціальних досліджень знайшли широке застосування в аналізі роботи підприємств, установ, держави.

Приклади застосування задач дослідження операцій (військові операції не розглядаються):

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ВИРОБІВ, яка забезпечує отримання максимального прибутку в умовах обмежених ресурсів (часу, людської праці, матеріалів, фінансів та ін.). Це дає можливість отримати *стратегічний прогноз щодо номенклатури виробів* стосовно підприємства та галузі.

СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕКОНОМІЦІ застосовують як складові частини моделі дослідження операцій для апробації пропозицій та ідей стосовно перебудови управління економічними та соціальними процесами в масштабах підприємства, галузі та держави [21].

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ (САПР) КОНСТРУКЦІЙ, МЕХАНІЗМІВ, СПОРУД забезпечує в конструкціях та в механізмах мінімізацію ваги, енерговитрат, рівня вібрації, збільшення продуктивності тощо в умовах обмежень. САПР використовують, наприклад, при проектуванні оптимальних конструкцій суднового корпусу, для розподілу металу в поперечному перерізі судна таким чином, щоб

отримати мінімальну вагу при забезпеченні міцності [22; 23] чи при параметричній оптимізації машин та обладнання [24].

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ в інженерній діяльності [19].

УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ. Із збільшенням запасів створюються умови для більш ритмічної роботи виробництва. Але разом з тим запаси збільшують змертвілий капітал і витрати на зберігання. Виникає проблема управління запасами при найменших витратах.

РЕМОНТ ТА ЗАМІНА ОБЛАДНАННЯ. Старе обладнання вимагає збільшених витрат на ремонт і має знижену продуктивність. Для прийняття рішення щодо визначення термінів ремонту та заміни обладнання потрібні розрахунки, які забезпечують найбільший прибуток.

ЗАДАЧА НАПЛІЧНИКА: «наплічник» (вантажна машина, вагон, судно, літак) має обмежену вантажність. Треба так заповнити «наплічник», щоб отримати максимальний прибуток.

ЗАДАЧІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ: розглядають питання створення та функціонування черг (у складній комп'ютерній системі; на заводському конвеєрі; у залізничній касі; для літаків над аеропортом, що йдуть на посадку; абонентів міської телефонної станції). Потрібно розв'язати проблеми якісного обслуговування черг при мінімальних витратах на обладнання.

ТРАНСПОРТНІ ЗАДАЧІ, ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА, СТВОРЕННЯ СУМІШЕЙ, НАЙМУ ТА ЗВІЛЬНЕННЯ РОБІТНИКІВ, МЕРЕЖЕВОГО ПЛАНУВАННЯ РОБІТ, ПОРЯДКУ ОБРОБКИ КІЛЬКОХ РІЗНИХ ДЕТАЛЕЙ та ін. – всім цим займається наука «Дослідження операцій».

7. ПАКЕТИ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ

Математичне моделювання систем для дослідження процесу функціонування поділяється на аналітичне, імітаційне, комбіноване.

1. **Аналітичне моделювання** характеризується описом процесів у вигляді сукупності алгебраїчних, інтегро-диференційних, кінцево-різностних виразів та логічних умов. Аналітичне моделювання може бути досліджене за методами: аналітичними (отримання аналітичних математичних виразів); ітераційними; якісними (не маючи загального рішення у вигляді математичних виразів, розглядають, наприклад, сталість рішення).

2. **Імітаційне моделювання (ІМ)** застосовує імітацію функціонування системи в часі зі збереженням логіки і послідовності явищ у часі. ІМ дозволяє просто врахувати в часі дискретність та безперервність елементів, лінійність та нелінійність, випадкові збурення, статистичну обробку отриманої вибірки тощо. На даний час ІМ – найбільш ефективний метод дослідження великих систем. **Недолік імітаційного моделювання:** воно завжди дає часткове (не загальне) рішення, бо воно ураховує структуру, алгоритми та параметри конкретної системи.

3. **Комбіноване (аналітико-імітаційне) моделювання** об'єднує переваги аналітичного та імітаційного моделювання.

Задачі ДО використовуються в АСУ звичайно у вигляді відлагодженого пакета прикладних програм (ППП) аналітичного моделювання чи критеріального розв'язку.

Пакет прикладних програм (ППП) є готовою і апробованою сукупністю програм, яка дозволяє розв'язати клас однотипних задач (наприклад, задач лінійного програмування). Їх застосування дозволяє **наблизитись до автоматизації створення деяких елементів АСУ**. PPP – це сукупність взаємно пов'язаних програм, придатних для реалізації функції або груп функцій АСУП, **яка налагоджується при конкретному використанні**. Їх особливість – видача готових рішень основних задач управління. Основу пакета складає виконуючий *exe*-файл, який власне і є програмою розв'язку задачі. У пакет входять: файли опису програми; методичні вказівки (HELP-програми) та інші файли. PPP дозволяє знизити витрати на розробку та підвищити якість і надійність АСУП за рахунок налагодженості PPP [25].

У документацію PPP входить опис методів і алгоритмів рішення, набір мікрОВизначень, схема опису, перелік і опис алгоритму користувача.

Перехід до ППП, у тому числі стосовно задач дослідження операцій, підвищує продуктивність при створенні АСУ і спрощує впровадження задач у виробництво.

Один зі стандартних ППП для розв'язку задач лінійного програмування – пакет LP88 на IBM PC під керівництвом операційної системи PC DOS версії 2.0 та вище, який дозволяє розглядати математичні моделі з використанням до 255 обмежень на 2...255 змінні. Програма LP88 детально описана в книжці [26].

Програма LP88 працює в діалоговому режимі: питання висвітлюються на екрані; програма дозволяє вносити зміни в коефіцієнти математичної моделі; на екрані з'являються значення оптимального рішення; проводиться економіко-математичний аналіз (оцінка дефіцитності ресурсів, рентабельність продукції, ефективність окремих планів тощо).

Використовується ППП ЛП2 та ППП ЛП АСУ (вони схожі, але ЛП АСУ дає широкій аналіз після виконання розрахунків). Розглянуто питання використання ППП ЛП2 для меблевої фабрики, а також використання ППП ЛП АСУ для рішення задач нелінійного програмування з сепарабельними функціями у функції мети та в системі обмеження області існування рішень. Програма розрахована для розв'язку задач НП на 16 000 обмежень (при будь-якій кількості змінних) на ЕОМ з оперативною пам'яттю 1024 Кб.

ППП як частина стандартного програмного забезпечення АСУ діляться на такі напрями [27]: математичного програмування; оптимізації; реалізації ймовірнісних методів аналізу та управління; оптимізації планування і управління підприємством (статистична обробка та імітаційне моделювання). Задачі ДО використовуються при створенні АРМ, САПР, АСУ, АСУП, ІАСУ. У створених ППП застосовуються різні мови (Фортран, Паскаль, Лисп, асемблери, C++ тощо) та різні операційні системи (MS DOS, Unix, Windows). Багато задач може бути розв'язано в середовищі *Excel*, *Matlab* чи *MathCAD*. Для спілкування ЕОМ та користувача в ППП застосовуються: діалогові вікна, меню, команди, пояснення, графіки, повідомлення про помилки; коментарі в ППП складають до 40 % програми.

8. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Рішення приймаються для розв'язання проблеми.

Проблемою зветься незадоволеність існуючим станом, що виникає в особи, яка приймає рішення (ОПР) внаслідок: відставання порівняно з конкурентною новою сучасною технологією [28]; виникнення нових ідей щодо організації виробництва; невисокого прибутку; неефективності виробництва; технічного чи морального старіння обладнання; аварії або загрози банкрутства.

Мета – бажаний результат, яким особа, що приймає рішення (ОПР), намагається виправити існуюче незадовільне становище в майбутньому.

ОПР визначає проблему та мету (у вигляді потрібного майбутнього результату), приймає рішення для її досягнення й керується своїм досвідом, знаннями, інтуїцією.

Цілі, які ставить перед собою ОПР, можуть складатись з трьох генеральних видів сукупностей стратегій:

1. **Альтернативних рішень** (взаємно несумісних) [28-37]. Наприклад, ОПР ставить перед собою задачу побудувати і очолити або ліцей, або вищий навчальний заклад (ВНЗ).

2. **Сумісних паралельних рішень** в умовах обмежених ресурсів. Цей напрям розробив Мещанінов О.П. [36]. Наприклад, ОПР очолює вищий навчальний заклад (ВНЗ), ставить перед собою задачу сталого розвитку ВНЗ і бачить це у вигляді сукупності кількох паралельних субрішень: насичення ВНЗ комп'ютерами; збільшення навчальної площі; збільшення кількості студентів та викладачів. Внаслідок обмеження ресурсів із сукупності субрішень обирається головне (або кілька головних), і після виконання цієї субзадачі, розв'язуються й інші проблеми.

3. **Сукупності альтернативних та сумісних напрямів**. Задача прийняття рішень може розглядатись як множина $\{C, A, K, O, PO, X\}$, де C – множина цілей, A – множина альтернативних рішень, K – множина критеріїв оптимізації та вимог, O – множина обмежень, PO – принцип оптимальності (еквівалент якості прийнятого рішення); X – шукане рішення [38].

Процес прийняття рішень звичайно слабо формалізований, і окремі його етапи будуть завжди розв'язуватись особою, яка приймає рішення (ОПР). Широке розповсюдження отримало обрання рішення з ряду ранжованих альтернатив та визначення математичного оптимуму функціональної залежності в заданих умовах.

Процес рішення складається з формування ряду альтернатив з наступним визначенням найліпшої альтернативи. Залежно від наявних умов, що впливають на рішення, задачі прийняття рішень (ЗПР) поділяються на:

1. **ЗПР в умовах визначеності** (детермінованості): відомі всі варіанти рішень (альтернативи) та їх наслідки.

2. **ЗПР в умовах ризику** (стохастичні): відомі всі варіанти рішень (альтернативи), їх наслідки та ймовірності появи.

3. **ЗПР в умовах невизначеності**: відомі всі варіанти рішень (альтернативи) та їх наслідки, але не відомі ймовірності появи.

Теорії і методи ДО є складовою частиною **теорії прийняття рішень**, яка пов'язана з **економічними, соціальними, фінансовими, технічними, математичними, інформаційними, організаційними, політичними, психологічними, моральними, юридичними** чинниками в обґрунтуванні прийняття рішень [29-55].

Для визначення найліпшої цілі за результатами економічно-соціального аналізу елементів декомпозиції і розпаралелювання досліджуваних процесів виконується **ранжування альтернатив** (упорядкування за виграшем, витратами, ризиком, часом, техніко-економічними показниками, привабливістю для ОПР, ефективністю, результатами моделювання або розрахунків). За результатами ранжування обирається найліпша ціль.

Центральним питанням у проблемі прийняття рішень є ризик. Прийняті рішення можуть викликати непередбачувані і навіть катастрофічні наслідки. Треба виходити з факту, що завжди існує **ризик невиконання наміченого плану в досягненні цілі**. Тому потрібно мати матеріальні і фінансові резерви на усунення можливих ризиків та стратегію виходу з кризи. **Цілковите усунення ризику неможливе, більш того, ризик є корисним і вводиться свідомо**, бо прийняття рішення без ризику (з гранично песимістичної позиції), як правило, є економічно не вигідним. Але підприємство повинне розробити міри щодо виходу з ризикованих ситуацій. Звичайно ураховуються ймовірності кількох видів ризиків: p_p – ймовірність виникнення розрахованої втрати (робота цілком відповідає плану); $p_{п}$ – ймовірність виникнення припустимої втрати (повна втрата прибутку); $p_{кр}$ – ймовірність виникнення критичної втрати (повна втрата виручки); $p_{кат}$ – ймовірність виникнення катастрофічної втрати (повна втрата всього майна).

Щоб зменшити ризик, ОПР потребує наукового кількісного підтвердження наслідків прийнятих рішень. Математичну, програмну, інтелектуальну, організаційну та інформаційну підтримку з урахуванням усіх техніко-економіко-соціальних показників повинна надати **АСУП чи система підтримки прийняття рішень (СППР)**.

СППР одержує компромісне багатокритеріальне рішення проблеми на основі діалогової взаємодії з користувачем і потім допомагає йому у впровадженні рішення в життя. СППР нагадує експертні системи, але відрізняється від них тим, що: рішення стосуються майбутнього; у процесі діалогу обирається суб'єктивний шлях розв'язання проблеми, який залежить від знань, евристичного озброєння та інтуїції менеджера; рішення буває лише одне (статистичні методи розв'язання проблем не розглядаються); СППР надає користувачеві не шлях до розв'язання проблеми за заданим алгоритмом, а сукупність методів, серед яких користувач обирає власний індивідуальний шлях, власний сценарій виконання дій.

Відомо, що в СППР-знання не повинні бути просто фактами, вони повинні «створювати ситуацію» і щодо отриманої ситуації викликати потрібні знання та команди.

У СППР можуть використовуватись різні методи розв'язання проблеми. При цьому виявилось, що математична **теорія прийняття рішень (ТПР)**, яка має витоки з дослідження операцій, характеризується **низькою адекватністю реальним процесам**. Дещо виправити становище вдалося завдяки введенню в модель конкуруючих висновків; математичної теорії оптимальних рішень; нечітких алгоритмів прийняття рішень; виявлення трендів та ін. З іншого боку, **організаційний напрям («школа прийняття рішень», «поведінкова ТПР»)** дає відповідь на питання «Як приймається рішення?» і «Чому саме так, а не інакше?», але не дає відповіді на питання «Яким має бути рішення у кількісному відношенні?». Тому стали використовувати **функції корисності** як результат взаємодії математичного й організаційного підходів до прийняття рішень. Але основним напрямом ТПР є об'єднання **усього кращого**, що втілює в собі кожний з методів аналізу і розв'язання ситуацій, у тому числі із задач дослідження операцій.

У розробці СППР беруть участь економісти, програмісти, математики, організатори виробництва, психологи. СППР забезпечує всебічну підтримку ОПР: діалогову, моделюючу, інформаційну, інтелектуальну, сервісну.

Рішення обирається із сукупності кількох ранжованих альтернатив і є основою управління: цим визначається загальний план дій для усунення проблеми. Розробляється сценарій впровадження рішення у виробництво. СППР повинна давати рішення-поради: з маркетингу, з планування робіт, з прогнозування, з підготовки виробництва, щодо виходу з аварії, щодо розв'язання екологічної задачі, з виконання бухгалтерських розрахунків та звітів.

Поточний контроль виконання рішення є необхідним. Невикористання контролю нагадує ситуацію, коли водій автомобіля прийняв рішення

їхати з м. Миколаєва в м. Одесу: він спрямував кермо автомобіля, що рухається, до мети (у напрямку м. Одеси), відпустив руль і ліг спати; у цьому разі автомобіль обов'язково потрапить в аварію. Тобто для виконання рішення потрібно безперервно контролювати ефективність його впровадження в життя.

Оцінка фактичної ефективності результатів виконання рішення. Людина, яка приймає рішення (ОПР), несе повну відповідальність за успішність запланованої операції.

9. УРАХУВАННЯ ЧАСУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ ПРИ ПРОГРАМУВАННІ ПРИБУТКУ

9.1. ПРОГРАМУВАННЯ ПРИБУТКУ – ГОЛОВНИЙ НАПРЯМ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Під програмуванням прибутку розуміється комплексне прийняття рішення стосовно виробничої діяльності в умовах багатокритеріальності, яка забезпечує *головну мету підприємця – максимальне збагачення в часі* [18; 56]. Тому головним критерієм функціонування економічної господарської системи є прибуток і час його отримання (у статистичному сенсі). Найбільш чітко це простежується у фінансових справах: усі кладуть гроші в банк під найвищі *річні* відсотки.

У дослідженні операцій ресурси повинні розглядатись як *ті ж самі гроші*: вони повинні принести найбільший *річний* прибуток (або найбільший прибуток в одиницю часу).

Для ведення бізнесу, перш за все, необхідне *бажання підприємця та ресурси*. Розраховуючи лише на власні ресурси, підприємець *суттєво зменшує ризики, але в той же час зменшує і можливості бізнесу: підприємцю вигідно користуватись позиками* для прискорення власного максимального збагачення в часі. Максимальне збагачення в часі є найліпшою рекламою підприємства, яка забезпечує зростання вартості його акцій на ринку паперів і приваблює інвесторів.

Припустимо, що підприємець керується у своїй виробничій діяльності такими критеріями:

- *прибуток;*
- *інтенсивність зростання в часі прибутку;*
- *відношення прибутку до собівартості одиниці продукції;*
- *інтенсивність зростання в часі відношення прибутку до собівартості одиниці продукції.*

Кожний із вказаних напрямів (хоча вони в загальному плані є суперечливими і взаємно несумісними й далеко не складають повного переліку) має право на застосування в багатогранній, суперечливій і складній господарчій діяльності. Серед цих чотирьох конкуруючих між собою критеріїв можна виділити «переможця» – за прибутком, який він дає підприємцю в часі при заданих обмежених ресурсах. Треба

також підкреслити, що рекомендації цих «конкурентів» (навіть усіх чотирьох) в окремих випадках можуть співпасти.

При дослідженні операцій до ресурсів треба ставитись дбайливо і ставити вимоги як до грошей: ресурси повинні максимально збагачувати власника в часі. ***Бо ресурси – це ті ж самі гроші, лише вони мають вигляд матеріалів та людської праці.***

Відомо, що виробництво товарів відбувається циклічно в часі. Час є надзвичайно важливою і невід’ємною частиною оцінки виробничої діяльності. Прибуток без вказівки часу на його отримання – безглуздя. Таким чином, прибуток та час, за який він отриманий, – це дві найважливіші складові, які потрібно враховувати у виробничій діяльності й отже – у дослідженні операцій.

Ми багато і справедливо говоримо про підвищення продуктивності праці. Але, якщо розглядати будь-яке виробництво як «виробництво грошей», «виробництво прибутку», то чи не доцільно збільшити «продуктивність праці» в отриманні грошей саме за рахунок випуску товарів, які приносять найбільший прибуток у часі?

При цьому під ***інтенсивністю зростання прибутку I_T*** (інтенсифікацією збагачення в часі) розуміємо відношення величини прибутку P до часу виробничого циклу T , за який цей прибуток отриманий ***при різних критеріях***

$$I_T = P/T.$$

Тут під виробничим циклом T розуміємо підсумковий час – на накопичення ресурсів, виробництво і продаж товару. Чим більший прибуток ми отримаємо за одиницю часу (чим більше значення має інтенсивність зростання прибутку I_T), тим ліпше йде господарча діяльність.

Таким чином, у багатокритеріальній і суперечливій виробничій діяльності ***різні критерії можна оцінити з точки зору головного напрямку – інтенсивності зростання прибутку.*** Хоча це й не означає обов’язковості застосування критерію інтенсивності зростання прибутку в усіх випадках, але цей критерій є важливим чинником у виробництві товарів, і тому безсумнівно є необхідність його практичного застосування.

В основі дослідження операції повинне знаходитись розраховане скорочення циклу «накопичення ресурсів – виробництво – продаж». Тому виробництво товарів не повинне відриватись від урахування процесів накопичення ресурсів, продажу та попиту: хоча на практиці ці процеси часто штучно роз’єднані, але насправді вони складають єдине ціле.

Для скорочення часу на виробництво та зменшення собівартості продукції на сучасних підприємствах використовуються: автоматизація, розділ робіт на паралельні процеси, застосування роботів, конвеєрні виробництва, спеціалізація та об’єднання у випуску й продажу товарів.

Для скорочення часу на продаж використовують спеціалізовані магазини, вимушено пристосовуються до смаків покупців, використовується реклама для створення та керування попитом, усякого роду діалоги з покупцями та звернення до них. Збільшення попиту на ринку скорочує час циклу «накопичення ресурсів – виробництво – продаж».

Програмування прибутку має такі недоліки:

1. Повинна бути впевненість у безперервності виробничого процесу в майбутньому, щоб отримане заощадження часу не було втрачене через можливі паузи між виробничими циклами.

2. Ускладнення розрахунків.

3. Інтенсифікація виробництва послуг може супроводжуватись зростанням витрат ресурсів на одиницю отриманих прибутків у порівнянні з моделлю максимізації прибутку чи іншими критеріями.

4. Програмування прибутку має дещо хижацьке спрямування щодо використання ресурсів.

Але разом з тим програмування прибутку спрямоване на інтенсифікацію підвищення добробуту суспільства в часі, на задоволення його потреб. ***А за це треба платити.***

Відставати в інтенсифікації збільшення прибутків суспільства – це означає відставати від сусідів у темпах розвитку народного господарства, добробуту народу, відставати в конкурентній боротьбі.

У методах дослідження операцій стосовно господарчих справ треба орієнтуватись на перехід від економії витрат – до прибутку, від прибутку – до урахування попиту ринку і збагачення в часі при одночасному урахуванні інших критеріїв, загальної наявності ресурсів та вимог сталого розвитку.

В області економіки будь-яке рішення менеджера, бізнесмена, управлінського персоналу насамперед повинне бути спрямованим на прискорення збагачення в часі в умовах сталого розвитку. Цей напрям повинен також бути ***основою систем підтримки прийняття рішень.***

9.2. ПРИКЛАДИ ВПЛИВУ ПРИБУТКУ ТА ЧАСУ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

Розглянемо приклад обрання напрямку господарчої діяльності: підприємець при заданих ресурсах може або отримати великий прибуток у 100 тис. грн через 1 рік, або отримає маленький прибуток у 50 тис. грн через 1 місяць (при витраті тих же ресурсів). При існуючих класичних методах дослідження операцій (без урахування впливу часу) підприємцю рекомендується обрання великого значення прибутку – 100 тис. грн. Такий напрям є правильним лише у випадку неможливості придбання ресурсів.

Але в умовах ринкової економіки придбання ресурсів не становить великої проблеми – аби були гроші. Тому насправді на практиці перевагу слід надати другому варіантові (тобто меншому прибуткові), бо тоді подібний цикл виробництва можна повторювати щомісячно і в результаті через рік замість 100 тис. грн прибутку отримати 600 тис. грн. Тобто прибуток можна збільшити в 6 разів у порівнянні з рекомендованими існуючими методами розрахунку!

Звичайно на практиці тяжко здобути вказані кінцеві результати, але наведений умовний приклад яскраво свідчить про потребу надання більшої уваги питанню інтенсифікації отримання прибутку (наведені нижче приклади і завдання до розв'язання треба розглядати не як модель конкретного виробництва, а як зручну навчальну ілюстрацію застосування різних методів у дослідженні операцій).

Розглянемо ще один класичний приклад. Припустимо, що з двох товарів, які випускає підприємство (жіночий та чоловічий костюми), жіночий костюм дає шалений прибуток, але на ринку розкуповується надзвичайно повільно: скажемо один жіночий костюм за двадцять років.

Класичні методи дослідження операцій не враховують попиту і «порадять», що саме жіночі костюми потрібно випускати в найбільшій кількості (з використанням усіх ресурсів!), бо він дає найбільший прибуток. Але ж насправді ця «порада» веде до банкрутства підприємця!

Прості розрахунки про збагачення в часі свідчать, що навіть при однаковій ціні на ці два товари, якщо чоловічий костюм розкуповується вдвічі швидше, то потрібно випускати чоловічі костюми.

Вказаний недолік у розрахунках стосується також класичних методів мінімізації витрат і збитків у задачах дослідження операцій, бо збільшення витрат збільшує лише собівартість продукції, у той час як підприємця, насамперед, цікавлять не мінімізація витрат, а збільшення прибутку та ще більше – інтенсифікація процесу збільшення добробуту в часі.

Розглянемо наступні приклади з ілюстрацією впливу часу на величину прибутку.

1. **Зменшення часу отримання незмінного прибутку.** За час $T_A = N = 6$ діб фірма отримала прибуток $P_A = 1000(N + 8) = 14\,000$ грн. Працівником фірми подана пропозиція, впровадження якої не змінює прибуток (тобто $P_B = P_A$), але час на отримання прибутку скорочується до $T_B = 0,8N$. Збільшення прибутку фірми в часі можна розрахувати за формулою

$$P_B^{\max} = \frac{P_B T_A}{T_B} = \frac{14\,000 \cdot 6}{0,8 \cdot 6} = 17\,500 \text{ грн.}$$

Знаючи збільшення прибутку, можна визначити премію робітнику.

2. **Оптовий продаж** використовується для зменшення витрат часу на продаж товару. Вважаємо, що фірма за час $T_A = N = 6$ діб продає товар і отримує прибуток за одиницю товару $P_A = 1000(N + 8) = 14\,000$ грн. Тоді можна визначити максимально можливу знижку ціни покупцю за одиницю товару без зміни прибутку фірми ($P_B = P_A$), якщо оптовий продаж зменшує час на отримання прибутку. Наприклад:

- Час продажу $x = 2$ одиниць товару $T_{B1} = 1,4T_A = 1,4 \cdot 6 = 8,4$ діб. Прибуток $x \cdot P_A = P_{B1}(xT_A)/T_{B1}$, звідки найменший прибуток $P_{B1} = P_A \cdot T_{B1}/T_A = 14\,000 \cdot 8,4/6 = 19\,600$ грн. Максимальна знижка на одиницю товару $\Delta S_1 = P_A - P_{B1}/x = 14\,000 - 19\,600/2 = 4\,200$ грн.

- Час продажу $x = 4$ одиниць товару $T_{B2} = 2T_A = 2 \cdot 6 = 12$ діб. Найменший прибуток $P_{B2} = P_A \cdot T_{B2}/T_A = 14\,000 \cdot 12/6 = 28\,000$ грн. Максимальна знижка на одиницю товару $\Delta S_2 = P_A - P_{B2}/x = 14\,000 - 28\,000/4 = 7\,000$ грн.

- Час продажу $x = 10$ одиниць товару $T_{B3} = 3T_A = 3 \cdot 6 = 18$ діб. Найменший прибуток $P_{B3} = P_A \cdot T_{B3}/T_A = 14\,000 \cdot 18/6 = 42\,000$ грн. Максимальна знижка на одиницю товару $\Delta S_3 = P_A - P_{B3}/x = 14\,000 - 42\,000/10 = 9\,800$ грн.

3. **Зміна ціни на товар** має на меті не благодійну діяльність, а підвищення прибутку в часі:

- ціну знижують з метою збільшення прибутку за рахунок зростання попиту (на товар, що псується; на товар, який виходить з моди або сезону; з метою боротьби з конкурентами; для переманювання покупців; на залежаний товар, який не купляють у належному темпі; при оптовому продажу);

- ціну підвищують, якщо є підстави сподіватись, що нова ціна максимізує прибуток.

Звичайно підприємець прагне максимально збагатитись у часі, але не знає, чи підвищувати ціну, чи зменшувати її. Щоб не ризикувати усім товаром, він виділяє, наприклад, три однакові маленькі партії за однаковою кількістю, які продає за цінами, що забезпечують зменшений C_M , середній C_C та збільшений C_B прибутки за одиницю проданого товару. Через деякий, однаковий для усіх товарів час, при наявності залишків від усіх товарів, підприємець отримує інформацію про кількість кожного проданого товару (n_M, n_C, n_B) і розраховує прибуток від кожного окремо:

$$P_M = C_M n_M; P_C = C_C n_C; P_B = C_B n_B.$$

Це надає підприємцю можливість визначитись щодо зміни ціни на товар.

4. **Програмування прибутку при збільшенні швидкості транспортних засобів.** Припустимо, що при старій швидкості перевезення вантажу за час $T_A = N$ діб отримується прибуток $P_A = 5N$ тис. грн. На основі цих

даних можна розрахувати збільшення прибутку фірми при збільшенні швидкості транспорту на 20 % без урахування збільшення витрат ($P_B = P_A$).

При збільшенні швидкості транспорту додаткові витрати перевезення повинні урахувати збільшення витрат на паливо, на амортизаційні відрахування, на ремонт автомашин та доріг, підвищення небезпеки тощо. Ці витрати повинні відніматись від прибутку P_A . Якщо швидкість зменшується, то новий прибуток P_B зростає, але й час його отримання T_B теж зростає.

Якщо замість транспорту розглядається транспортна нафтова (або газова) мережа, то збільшення тиску в нафтопроводі призводить до збільшення швидкості переміщення нафти, але водночас за нелінійною залежністю збільшуються гідравлічні втрати на переміщення нафти в нафтопроводі.

9.3. ВИРОБНИЧИЙ ЦИКЛ

Процес виробництва реалізується в часі за циклом «накопичення ресурсів – виробництво товарів – продаж товарів». Виробничий цикл – це проміжок часу між початком накопичення ресурсів та завершенням продажу товарів.

Для якісного розгляду процесів уявимо виробництво і продаж деякого одного товару у вигляді трьох «конвеєрів» (рис. 9.3.1):

1. «**Конвеєр K1**» повинен підготувати виробництво: забезпечити приміщеннями, верстатами, сировиною, матеріалами, грошми, енергією, робочою силою тощо. Уявимо собі все це умовно у вигляді «складу № 1», у якому накопичилась еквівалентна «сировина» у вигляді відповідної «купи грошей», якої повинно вистачити на роботу наступного «конвеєра № 2» на один виробничий цикл.

2. «**Конвеєр K2**» пов'язаний безпосередньо з виробництвом товарів: він виробляє готову продукцію в такій кількості, щоб була витрачена вся заготовлена в «складі № 1» «сировина». Готові товари накопичуються «конвеєром № 2» у «складі № 2».

3. «**Конвеєр K3**» пов'язаний з ринком: він повинен продати всі виготовлені товари зі «складу № 2» і забезпечити виробництво на наступному циклі.

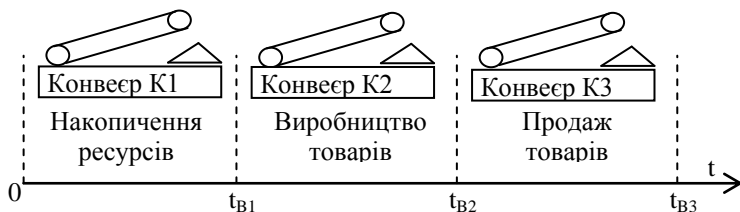


Рис. 9.3.1. Повний виробничий цикл

Для ознайомлення з виробничим циклом у часі можна скласти календарний план згідно з методами динамічного мережевого управління та планування робіт [9; 39].

Ці «конвеєри» працюють послідовно в часі: спочатку «конвеєр К1» повинен заготовити «сировину», потім «конвеєр К2» з цієї «сировини» має виготовити товар, і лише на останку «конвеєр К3» – продати товар.

Отриманий цикл виробництва рис. 9.3.1 стосується початку роботи нового, тільки введеного в дію, підприємства і визначає кінцевий термін виконання проекту t_{B3} .

На підприємстві, що працює давно, процес виробництва товарів теж виконується за повним виробничим циклом рис. 9.3.1, але цей процес є безперервним. Він розбивається на місячні плани, і протягом одного місяця вказані роботи виконуються паралельно й включають у себе етапи (рис. 9.3.2): «Накопичення ресурсів», «Виробництво товарів», «Продаж товарів».

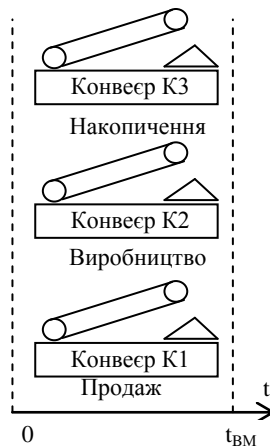


Рис. 9.3.2. Поточне виробництво за місяць

Таке поточне паралельне керування не повинне вводити нас в оману: повний цикл виробництва треба завжди визначати за схемою рис. 9.3.1, бо за схемою рис. 9.3.2 накопичення ресурсів та продаж товарів забезпечують не лише поточне виробництво даного місяця, але й обслуговують минулий і майбутній цикли виробництва.

Теоретично вважається, що ці три конвеєри К1-К3 працюють синхронно і узгоджено: усі накопичені конвеєром К1 ресурси перетворюються конвеєром К2 на товари, далі товари продаються конвеєром К3. Тобто за об'ємом роботи кожного окремого конвеєра можна чітко визначити

об'єми роботи інших конвеєрів, бо вони однакові. Але це в теорії. На практиці від виробника продукції залежить лише робота конвеєра K2, а постачання ресурсів залежить від постачальника, продаж – від мережі магазинів та покупців.

Ми повинні узгоджувати швидкість випуску продукції між трьома паралельно працюючими «конвеєрами» виробництва рис. 9.3.2. Тому збільшення часу продажу на «конвеєрі № 3» автоматично означає вимогу збільшення часу для виробництва товарів на «конвеєрах № 1 та № 2» (зменшення продуктивності виробництва) через відсутність попиту на ринку.

З рис. 9.3.2 випливає, що менеджер на підприємстві, яке працює давно, повинен за продуктивністю роботи головного конвеєра K3 корегувати продуктивність роботи залежних конвеєрів – K1 та K2. Відхилення від цього правила в будь-яку сторону зменшує прибуток.

Розгляд повного циклу виробництва за рис. 9.3.1 дає змогу визначити «вузькі місця» у сенсі занадто великих витрат часу з метою їх усунення. Будемо вважати, що далі при розрахунках ми будемо використовувати *середньостатистичні дані (математичне очікування) витрат часу*.

9.4. ФУНКЦІЇ МЕТИ

У виробничій діяльності можуть застосовуватись різні, взаємно суперечливі функції мети.

1. **Максимізація прибутку** (запропоновано Канторовичем Л.В. у 1939 р.)

$$F_C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (9.1)$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер товару x_j ;

x_j – кількість j -го товару;

c_j – прибуток за одиницю товару x_j .

Час отримання прибутку

$$T = \sum_{j=1}^n (t_{0j} + t_j x_j), \quad (9.2)$$

де t_{0j} – загальні постійні витрати часу на накопичення, вироблення та продаж j -го товару;

t_j – індивідуальна норма витрати часу на накопичення, вироблення та продаж одиниці продукції x_j .

2. **Максимізація збагачення підприємця в часі** [18; 56]:

$$F_{21} \approx \sum_{j=1}^n \frac{c_j x_j}{t_0 + t_{0j} + t_j x_j} \rightarrow \max; \quad (9.3)$$

$$F_{22} \approx \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sum_{j=1}^n t_j x_j} \rightarrow \max; \quad (9.4)$$

$$F_{23} \approx \sum_{j=1}^n \frac{c_j x_j}{t_j} \rightarrow \max; \quad (9.5)$$

де $T_j = t_0 + t_{0j} + \sum_{j=1}^n t_j x_j$ – повний цикл вироблення і продажу одиниці

продукції x_j , включаючи накопичення ресурсів, виробництво товару та його продаж (час отримання прибутку);

t_0 – загальні постійні витрати часу на організацію виробництва.

Формули (9.3)-(9.5) можуть застосовуватись для виробництва лише з послідовним випуском товарів (спочатку випускається один товар, потім – інший і т. д.). Теоретично, при точних значеннях параметрів, формули (9.3)-(9.5) повинні давати однакові результати розрахунків. Але з математичного погляду, вони не є однаковими: формули (9.3) та (9.4) нелінійні, а формула (9.5) – лінійна. Формулу (9.4), згідно з методом дробно-лінійного програмування [48], можна звести до задачі лінійного програмування шляхом заміни деякої постійної величини d_j на постійний час t_j . Для переведення формули дробно-лінійного програмування (9.4) до задачі лінійного програмування вводять постійну величину

$$y_0 = \frac{1}{\sum_{j=1}^n t_j x_j} \quad (9.6)$$

і застосовують нові змінні

$$y_j = y_0 x_j, j = 1, 2, \dots, n. \quad (9.7)$$

На основі (9.4), (9.6) та (9.7) отримуємо лінійну залежність функції мети

$$F_{22}^* = \sum_{j=1}^n c_j y_j, \quad (9.8)$$

а відповідні обмеження ділянки існування рішень

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (9.9)$$

набувають лінійного вигляду на основі (9.7)

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{y_j}{y_0} = b_i; \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j - b_i y_0 = 0; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (9.10)$$

У зв'язку з тим, що ми маємо нову змінну y_0 , уводимо додаткове рівняння, яке отримується з (9.6) та (9.7):

$$\sum_{j=1}^n t_j x_j y_0 = 1 \text{ або } \sum_{j=1}^n t_j y_j = 1. \quad (9.11)$$

Отримані математичні моделі (9.8), (9.10) та (9.11) є задачею лінійного програмування з невідомими y_0, y_1, \dots, y_n .

3. *Мінімізація терміну випуску продукції*

$$F_3 = \sum_{j=1}^n (t_{0j} + t_j x_j) \rightarrow \min. \quad (9.12)$$

Час отримання продукції визначається за значенням F_3 або за формулою (9.2).

4. *Мінімізація собівартості продукції*

$$F_4 = \sum_{j=1}^n s_j x_j \rightarrow \min, \quad (9.13)$$

де s_j – собівартість одиниці продукції.

Час отримання продукції визначається за формулою (9.2).

5. *Максимізація рентабельності випуску продукції*

$$F_5 = \sum_{j=1}^n \frac{c_j x_j}{k_j} \rightarrow \max, \quad (9.14)$$

де k_j – кількість зайнятих роботою працівників.

Час отримання продукції визначається за формулою (9.2).

Взагалі рентабельність – це багатогранне поняття і може означати відношення прибутку до: кількості робітників; вартості капіталу; витрат виробництва; середньої величини активів; отриманих грошей за реалізацію продукції; акціонерного капіталу; середньої величини активів.

Багатокритеріальний аналіз. Кожна з перелічених функцій мети F_C, F_2-F_3 (насправді їх більше) математично точно забезпечує власний оптимум. Тому, якщо визначити номенклатуру виробів за функціями мети F_C, F_2-F_3 , то найбільший прибуток отримуємо лише згідно з функцією мети F_C за формулою (9.1). Але сама номенклатура виробів і кількість вироблених товарів для кожної функції мети F_C, F_2-F_3 можуть відрізнитись між собою. Отже, може відрізнитись і загальний час на отримання відповідного прибутку після продажу всіх виробів. З точки зору максимального збагачення в часі, порівняння прибутків потрібно виконувати за однаковий час їх отримання. Тому для того, щоб мати підставу перейти від номенклатури товарів при максимізації прибутку (за функцією мети F_C з терміном отримання прибутку T_C) до номенклатури товарів при максимізації збагачення підприємця в часі

(за функцією мети F_e з терміном отримання прибутку T_e), еквівалентний прибуток F_{Ce}^E для деякої функції мети F_e за однаковий час T_C повинен бути більшим за F_C , тобто повинна спостерігатись нерівність

$$F_{Ce}^E = \frac{F_{Ce} T_C}{T_e} \geq F_C, \quad (9.15)$$

де F_{Ce} – прибуток, розрахований за формулою (9.1) для номенклатури і кількості товарів, отриманих згідно з функцією мети F_e при заданих обмеженнях.

Якщо нерівність (9.15) є неправильною, то потрібно застосовувати виробництво товарів за номенклатурою, отриманою при максимізації прибутку виробів за функцією мети F_C .

З формули (9.15) отримуємо критерій

$$k = \frac{F_{Ce} T_C}{F_C T_e} \geq 1. \quad (9.16)$$

Якщо $k > 1$, то можна перейти від номенклатури функції мети F_C на номенклатуру та кількість випуску продукції, отриманих згідно з функцією мети F_e .

По суті, тут ми перевіряємо на нерівність дві «швидкості надходження прибутку» підприємству за одиницю часу:

$$\frac{F_{Ce}}{T_e} \geq \frac{F_C}{T_C}. \quad (9.17)$$

Тому при наявності багатьох критеріїв достатньо розрахувати максимальне значення швидкості надходження прибутку, щоб визначити привабливість переходу до відповідного критерію та його номенклатури випуску товарів.

При цьому слід зазначити, що результати аналізу за різними критеріями можуть бути різними, але можуть і співпасти. Наприклад, усі функції мети однакового спрямування (наприклад, до максимуму) співпадають, якщо розглянути ділянку існування рішень у вигляді прямої лінії. Така пряма лінія виникає, якщо задатись метою пропорційного забезпечення вимог ринку. Це забезпечить відсутність затоварювання в магазинах. При цьому можна орієнтуватись на $t_{\Pi j}$ -норму витрати часу на продаж одиниці продукції x_j на даному ринку при заданій мережі продажу (ця величина є складовою частиною t_j і враховує попит ринку). Якщо вважати, що подібні обмеження щодо попиту ринку повинні входити в обмеження щодо ресурсів математичної моделі і мати на меті пропорційне задоволення вимог ринку, то кількості товарів x_j повинні бути пропорційними величинам $M_j = 1/t_{\Pi j}$, звідки отримуємо відношення

$$x_1 : x_2 : \dots : x_j : \dots : x_n = M_1 : M_2 : \dots : M_j : \dots : M_n, \quad (9.18)$$

яке є рівнянням прямої лінії, що проходить через початок координат $X_0 = \{x_1 = 0, x_2 = 0, \dots, x_j = 0, \dots, x_n = 0\}$ та точку $X_M = \{x_1 = M_1, x_2 = M_2, \dots, x_j = M_j, \dots, x_n = M_n\}$.

Ця пряма лінія, уведена в обмеження за ресурсами підприємства, виділить ділянку існування рішень у вигляді відрізка на прямій лінії, яка проходить через початок координат X_0 та точку X_M . На кінцях цього відрізка усі функції мети однакового спрямування (наприклад, до максимуму) дадуть однаковий числовий результат. Але при цьому кількість товару не повинна перевищувати певну межу, яка може бути визначена за одним з товарів.

9.5. РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧ ДРОБНО-ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Задача дробно-лінійного програмування має функцію мети (9.4), яку можна прирівняти деякій постійній величині $A_t = const$:

$$F_{22} \approx F_{22} \approx \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sum_{j=1}^n t_j x_j} = A_t = const. \quad (9.19)$$

У результаті отримуємо рівняння прямої лінії, яка проходить через початок координат

$$\sum_{j=1}^n (P_j - A_t t_j) x_j = 0. \quad (9.20)$$

Обмеження задачі

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_j, \quad i = 1, \dots, m$$

визначає багатокутник існування рішень. Оптимальні рішення знаходяться в кутовій точці багатокутника, до якої дотичною є n -мірна площина (9.20), що проходить через початок координат. Звичайно отримуються дві точки: в одній знаходиться максимум, а в іншій – мінімум функції мети [48].

Графо-аналітичне визначення оптимумів при двох змінних показано на рис. 9.5.1 (для обмеженої ділянки існування рішень) та на рис. 9.5.2 (для частково необмеженої ділянки існування рішень і для меж, паралельних з функцією мети). Функція мети має вигляд прямої пунктирної лінії; збільшення у формулах (9.19), (9.20) значення $A_t > 0$ призводить

до зміни величини «кута повернення» пунктирної прямої лінії функції мети і її переміщення від положення F_{min} до F_{max} . Якщо осі координат x_1 та x_2 створюють границі області існування рішень, то функція мети набуває оптимуму в точках, розміщених на даних осях.

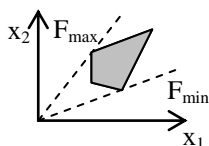


Рис. 9.5.1. Визначення оптимуму задачі дробно-лінійного програмування

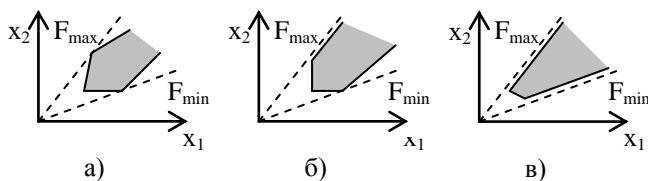


Рис. 9.5.2. Визначення оптимуму задачі дробно-лінійного програмування, коли багатокутник рішень не обмежений

Таким же чином можна перетворити функцію мети

$$F_{22} \approx \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j} = A_t = const,$$

якщо вилучити з функції мети постійний член t_0 .

Нелінійну математичну модель максимального збагачення в часі

$$F_3 \approx \frac{c_0 + \sum_{j=1}^n c_j x_j}{t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j} \rightarrow \max/\min;$$

$$b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = 0;$$

$$x_j \geq 0;$$

за допомогою відомого метода дробно-лінійного програмування можна перетворити на задачу лінійного програмування. Для цього позначимо

$$y_0 = \frac{1}{t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j}; \quad y_j = y_0 x_j; \quad t_0 y_0 + \sum_{j=1}^n t_j y_j = 1; \quad y_0 \cdot (b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j) = 0;$$

отримуємо модель лінійного програмування

$$Z = c_0 y_0 + \sum_{j=1}^n c_j y_j \rightarrow \max/\min;$$

$$b_i y_0 + \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j = 0;$$

$$t_0 y_0 + \sum_{j=1}^n t_j y_j = 1;$$

$$y_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Тут кількість невідомих змінних збільшується на одиницю, у порівнянні з початковою моделлю, через появу додаткової змінної « y_0 ». Тому збільшується на одиницю й кількість обмежень до функції мети.

9.6. ПАРАЛЕЛЬНИЙ ТА ПОСЛІДОВНИЙ ВИПУСК РІЗНИХ ТОВАРІВ

З формул функції мети за максимізацією збагачення підприємця в часі

$$F_{21} \approx \sum_{j=1}^n \frac{c_j x_j}{t_0 + t_{0j} + t_j x_j} \rightarrow \max; \quad F_{22} \approx \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sum_{j=1}^n t_j x_j} \rightarrow \max;$$

$$F_{23} \approx \sum_{j=1}^n \frac{c_j x_j}{t_j} \rightarrow \max$$

видно, що функції мети розглядають процес надходження прибутку за одиницю часу **при послідовному випуску товарів у часі**, бо різниця у формулах F_{21} , F_{22} та F_{23} полягає лише в послідовності розрахунків, але в усіх формулах точно ураховується надходження прибутку за одиницю часу за кожним окремим товаром, у той час як при паралельному випуску товарів виробничий цикл ураховує лише максимальний час за випуском одного з усіх типів товару:

– у формулах F_{21} та F_{23} надходження прибутку в часі за весь виробничий цикл розглядається як підсумок за кожною окремою виробничою лінією $j = 1, 2, \dots, n$;

– у формулі F_{22} надходження прибутку в часі ураховується як відношення загального прибутку до загального часу виробничого циклу.

Графічно визначення виробничого циклу при послідовному та паралельному випуску товарів відображено на рис. 9.6.1.

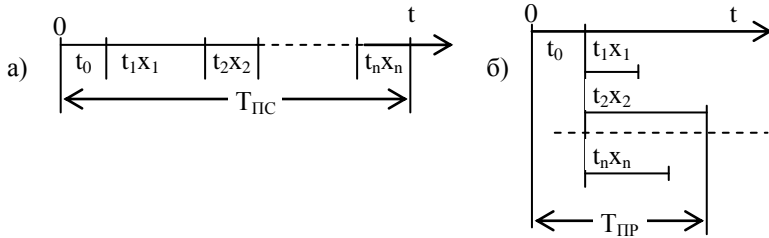


Рис. 9.6.1. Визначення циклу послідовного $T_{ПС}$ (а) та паралельного $T_{ПР}$ (б) випуску товару

Цикл послідовного випуску товарів (рис. 9.6.1, а)

$$T_{ПС} = t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j$$

дозволяє точно порівняти витрати часу $T_{ПС}$ на випуск продукції двох підприємств за нерівністю $T_{ПС1} > T_{ПС2}$, у той час як при паралельному випуску товарів, для якого цикл дорівнює

$$T_{ПР} = t_0 + (t_j x_j)_{\max},$$

подібне порівняння не є вірним, бо якщо в підприємства, яке працює погано, менше значення $(t_j x_j)_{\max}$ порівняно з тим, що працює краще, то воно буде мати меншу величину циклу $T_{ПР}$ (рис. 9.6.1, б), а час роботи інших паралельних ліній з випуску товарів не враховується.

Тому далі в розрахунках будемо умовно вважати, що всі товари випускаються послідовно. Це більш точно враховує час, який витрачається підприємством на випуск продукції. Дійсний повний цикл випуску товарів, з точки зору надходження прибутку, у реальному часі повинен розраховуватись окремо.

Якщо підприємство випускає на кількох паралельних лініях однакові товари, то на одній з паралельних ліній час на випуск продукції розраховується за формулою $T = x_{j\alpha} t_{j\alpha}$. Той же час для еквівалентної лінії, яка замінює кілька паралельних ліній, можна визначити як $T = x_j t_j$, звідки

$$T = x_j t_j = x_{j\alpha} t_{j\alpha}, \quad x_{j\alpha} = x_j \frac{t_j}{t_{j\alpha}},$$

де $x_j, t_j, (x_{ja}, t_{ja})$ – кількість товару та норма часу на виробництво та продаж одиниці товару для еквівалентної лінії, яка замінює кілька паралельних ліній (та деякої з паралельних ліній).

Для еквівалентної лінії, яка замінює кілька паралельних, загальна кількість продукції

$$x_j = \sum_{\alpha=1}^A x_{j\alpha} = \sum_{\alpha=1}^A x_j \frac{t_j}{t_{j\alpha}} = x_j t_j \sum_{\alpha=1}^A \frac{1}{t_{j\alpha}}, \text{ або } x_j = x_j t_j \sum_{\alpha=1}^A \frac{1}{t_{j\alpha}}, \quad (9.21)$$

звідки отримуємо час на випуск одиниці товару еквівалентної лінії

$$t_j = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^A \frac{1}{t_{j\alpha}}}. \quad (9.22)$$

Загальні підсумкові витрати i -го ресурсу складають

$$\sum_{\alpha=1}^A c_{ji\alpha} x_{j\alpha} = \sum_{\alpha=1}^A c_{ji\alpha} \frac{x_j t_j}{t_{j\alpha}} = x_j t_j \sum_{\alpha=1}^A \frac{c_{ji\alpha}}{t_{j\alpha}} = c_{ji} x_j, \quad (9.23)$$

звідки для i -го ресурсу витрати c_{ji} на одиницю випущеної продукції для еквівалентної лінії складають

$$c_{ji} = \sum_{\alpha=1}^A c_{ji\alpha} \frac{t_j}{t_{j\alpha}}. \quad (9.24)$$

Таким чином, за формулами (9.22) та (9.24) можна визначити основні параметри t_j та c_{ji} однієї еквівалентної гілки, яка замінює A паралельних гілок із загальним випуском однакової продукції x_j .

Випуск різної продукції можна перевести на гроші («товар на 1000 грн»). Тоді усі паралельні гілки виробництва постачають однаковий «товар» – «гроші прибутку». Для такого «товару» можна розрахувати t_j, c_{ji}, x_j , що полегшує аналіз ефективності виробничої діяльності.

10. НОМОГРАМИ ДЛЯ ГРАФО-АНАЛІТИЧНОГО РОЗВ'ЯЗКУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ ЗАДАЧ

Припустимо, що ми маємо графо-аналітичний розв'язок багатокритеріальної задачі лінійного програмування (рис. 10.1).

Вважаємо, що нам відомий розв'язок задачі та максимальне і мінімальне значення обох критеріїв оптимальності:

– для критерію F_1 : $F_1^{min} = 0$, точка $O\{x_1 = 0; x_2 = 0\}$; $F_1^{max} = 100$, точка $B\{x_1 = 20; x_2 = 10\}$;

– для критерію F_2 : $F_2^{min} = 0$, точка $O\{x_1 = 0; x_2 = 0\}$; $F_2^{max} = 160$, точка $A\{x_1 = 0; x_2 = 20\}$.

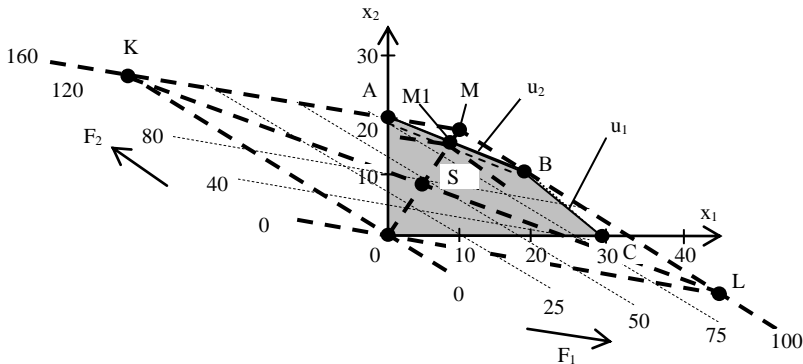


Рис. 10.1. Графо-аналітичний метод розв'язання задачі ЛП

Якщо змінювати відповідні значення функції мети в межах $[F_1 = F_1^{min} \dots F_1^{max} = 0 \dots 100]$ та $[F_2 = F_2^{min} \dots F_2^{max} = 0 \dots 160]$, то **можна побудувати номограму (сітківку)**, яка надає експерту можливість отримати розв'язок задачі з компромісним визначенням функції мети. На рис. 10.1 ця номограма показана для фіксованих значень зміни функцій мети: $F_1 = 0, 25, 50, 75, 100$; $F_2 = 0, 40, 80, 120, 160$. Перевагою даного графо-аналітичного методу є уникнення використання симплекс-методу для багатокритеріальної задачі та більш чітке графо-аналітичне уявлення напрямів розрахунків.

З номограми випливає [56]:

1. При одночасному задоволенні максимальних вимог двох функцій мети ($F_1^{max} = 100$, $F_2^{max} = 160$) отримуємо кутову точку Парето «М» та Парето-оптимальну ділянку рішень у вигляді відрізка AB . В одній з точок відрізка AB знаходиться дійсне оптимальне рішення. Але точка «М», яка відповідає цим вимогам, знаходиться ззовні ділянки існування рішень. Тобто в цьому випадку *треба шукати компромісне рішення* на відрізку AB .

2. Вважаючи, що для задач лінійного програмування переміщення від «найліпшої точки» «М» (при $F_1 = 100$, $F_2 = 160$) до «найгіршої точки» «0» (при $F_1 = 0$, $F_2 = 0$) проходить по прямій лінії «М0», на перетині прямих «AB» та «М0» отримуємо точку «М1», у якій знаходиться оптимальне рішення для функцій мети $F_1 \rightarrow \max$ та $F_2 \rightarrow \max$ в задачі лінійного програмування.

3. Таким чином, для багатокритеріальних задач оптимальна точка звичайно не знаходиться в кутовій точці.

4. Переміщення від точки «М» (або «М1») до точки «0» поступово змінює «максимальне» значення функцій мети (F_1^{max} та F_2^{max}) на протилежні «мінімальні» значення (F_1^{min} та F_2^{min}). Будемо вважати, що ці якісні значення умовно змінюються в точці S .

5. Якщо задовольнитись значенням функції мети $F_1 \leq 0...75$, то оптимальне рішення може знаходитись усередині ділянки існування рішень, а отримані залишки ресурсів можна використати для поліпшення значень інших критеріїв.

Висновок. Номограми дозволяють наочно довести: неможливість отримання оптимального розв'язку для кількох критеріїв – необхідність пошуку компромісного рішення; знаходження оптимального рішення не в кутовій точці ділянки існування рішень; пояснення Парето-оптимальних ділянок рішень; отримання компромісного багатокритеріального рішення всередині ділянки існування рішень.

11. ЗАДАЧА ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ

На виробництві виникає задача розподілу m машин за n роботами таким чином, щоб при відомій продуктивності праці c_{ij} (i -ої машини на j -ій роботі) отримати максимальний сумарний ефект. Так само може виникнути проблема розподілу m робітників за n ланками (чи за n посадами) з метою отримання максимального сумарного ефекту. Ми розглянемо задачу розподілу робітників за машинами.

У цьому випадку математична модель нагадує модель транспортної задачі $F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$ при обмеженнях $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, n;$

$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n$, але зі своїми властивостями (табл. 11.1) [39-43]:

1. У транспортній задачі функція мети спрямована до мінімуму, а в даному випадку загальна продуктивність праці спрямована до максимуму.
2. Кожна машина розглядається як «користувач» по відношенню до робітників і вимагає лише одного робітника.
3. Кожний робітник розглядається як «постачальник» лише одиниці робочої сили.
4. Задача про оптимальне призначення розглядається при $m = n$ з метою отримання «закритої транспортної задачі». Якщо ця умова не виконується, вводяться фіктивні робітники – «постачальники», або фіктивні машини – «користувачі» при нульовій продуктивності праці $c_{ij} = 0$.

Таблиця 11.1

Початковий вигляд задачі про оптимальне призначення

| Робітники M_i | Машини N_j | |
|--------------------|--------------|-------|
| | 1 | 1 |
| 1 | 4; 1; | 3; 0; |
| 1 | 2; | 5; 1; |
| 1 | 5; 1; | 7; |

Тому табл. 11.1 переробляється в табл. 11.2 для виконання вимог транспортної задачі таким чином:

1. Задача табл. 11.1 не замкнута, бо кількість робітників $M_i = 3$, а кількість машин $N_j = 2$. Тому в табл. 11.2 вводимо фіктивного «користувача» – машину з вимогою одного робітника і з нульовою продуктивністю праці $c_{ij} = 0$ по всій колонці. У результаті задача стає замкненою.

2. Змінюємо знак ефективності праці робітників з « $+c_{ij}$ » на « $-c_{ij}$ ». У результаті «ефективність праці робітника» чи «прибуток при роботі

робітника» набуває протилежного тлумачення – «втрати при роботі робітника»: найбільша ефективність робітника розглядається як його найбільша неефективність. Це дає можливість виконати ще одну умову транспортної задачі – спрямувати функцію мети до мінімуму

$$F = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \text{ Звичайно в літературі цю вимогу транспортної}$$

задачі задовольняють заміною ефективності праці робітників c_{ij} на різницю $(c_{ij}^{\max} - c_{ij})$ (тут c_{ij}^{\max} – максимальне значення ефективності праці робітника), і отриманий таким чином новий тариф тлумачиться як «шкодування за втраченою продуктивністю», який потрібно звести до мінімуму; але такий у цілому вірний підхід потребує додаткових розрахунків, у той час як при зміні знака ефективності можна просто вимагати, щоб у таблиці «транспортної задачі» «ефективність праці робітника» c_{ij} бралась з від'ємним знаком.

3. У результаті отримана табл. 11.2 задовольняє усі вимоги транспортної задачі. Тому розв'язуємо її за методом потенціалів.

Таблиця 11.2

Етап 1. Розрахунок «втрат продуктивності праці»

| Потенціали рядків α_i | Постачання M_i | Вимоги користувачів N_j | | |
|------------------------------|------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | 1 | 1 | Фк(1) |
| $\alpha_1 = 0$ | 1 | -4; 1; | -3; 0; | 0; -4; ● |
| $\alpha_2 = -4$ | 1 | -2; 6; | -5; 2; | 0; 1; |
| $\alpha_3 = -4$ | 1 | -5; 3; | -7; 1; | 0; 0; ↓ |
| Потенціали колонок β_j | | $\beta_1 = -4$ | $\beta_2 = -3$ | $\beta_3 = 4$ |

Таблиця 11.3

Етап 2. Розрахунок «втрат продуктивності праці»

| Потенціали рядків α_i | Постачання M_i | Вимоги користувачів N_j | | |
|------------------------------|------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | 1 | 1 | Фк(1) |
| $\alpha_1 = 0$ | 1 | -4; □; 1 | -3; □; 0 | 0; □; 0 |
| $\alpha_2 = 0$ | 1 | -2; 4; | -5; -2; ● | 0; □; ↓ |
| $\alpha_3 = -4$ | 1 | -5; 3; | -7; □; 1 | 0; 4; |
| Потенціали колонок β_j | | $\beta_1 = -4$ | $\beta_2 = -3$ | $\beta_3 = 0$ |

Таблиця 11.4

Етап 3. Розрахунок «втрат продуктивності праці»

| Потенціали рядків α_i | Постачання M_i | Вимоги користувачів N_j | | |
|------------------------------|------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | 1 | 1 | $\Phi_k(1)$ |
| $\alpha_1 = 0$ | 1 | -4; 1; | -3; 2; | 0; 0; |
| $\alpha_2 = 0$ | 1 | -2; 2; | -5; 0; | 0; 1; |
| $\alpha_3 = -2$ | 1 | -5; 1; | -7; 1; | 0; 2; |
| Потенціали колонок β_j | | $\beta_1 = -4$ | $\beta_2 = -5$ | $\beta_3 = 0$ |

Початковий розподіл робітників виконуємо за методом найбільшої користі для машин. Таким чином ми можемо заповнити «постачанням» лише $n = 3$ комірки, а згідно з вимогами до транспортної задачі ми повинні мати $(n + n - 1) = (3 + 3 - 1) = 5$ заповнених постачанням комірок. Тому після визначення початкового розподілу робітників потрібну додаткову кількість комірок $(n - 1) = (3 - 1) = 2$ довільно заповнюємо нульовим «постачанням» таким чином, щоб не створювати кола із заповнених комірок.

Визначаємо за методом потенціалів потенціали вільних від постачання комірок і в результаті отримуємо спочатку табл. 11.3, а потім – табл. 11.4 з оптимальним постачанням.

У результаті отримуємо функцію мети (робітник $i = 2$ не використовується)

$$F = 4 + 7 = 11.$$

Примітки. У даному випадку треба враховувати довільність уведення в комірки нульового «постачання», що може призвести до появи комірок з від'ємним потенціалом навіть при оптимальному розподілі робітників. Виявляється, що в процесі розрахунків транспортної задачі можна отримати ряд варіантів перевезення вантажу з від'ємними потенціалами незавантажених комірок, витрати для яких насправді однакові з оптимальними. Прикладом цього твердження є транспортна задача рис. 11.5, а, рис. 11.5, б з однаковою функцією мети $F = 870$ (тут розглянута задача з фіктивним користувачем $K_5 = 20\phi$).

Таблиця 11.5

Транспортна задача з фіктивним користувачем

| α_i | K_j P_i | 60 | 20 | 30 | 80 | 20 ϕ |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| $\alpha_1 = 0$ | 40 | 5; 20 | 4; 20 | 6; 1 | 2; 0 | 0; 1 |
| $\alpha_1 = 1$ | 60 | 6; 40 | 8; 3 | 9; 3 | 12; 10 | 0; 20 |
| $\alpha_1 = 2$ | 110 | 8; 1 | 6; 0 | 7; 30 | 3; 80 | 0; -1 |
| β_j | | $\beta_1 = 5$ | $\beta_2 = 4$ | $\beta_3 = 5$ | $\beta_4 = 1$ | $\beta_5 = -1$ |

а)

| α_i | K_j P_i | 60 | 20 | 30 | 80 | 20ф |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| $\alpha_l = 0$ | 40 | 5; 20 | 4; 20 | 6; 0 | 2; 0 | 0; 1 |
| $\alpha_l = 1$ | 60 | 6; 40 | 8; 3 | 9; 2 | 12; 9 | 0; 20 |
| $\alpha_l = 1$ | 110 | 8; 2 | 6; 1 | 7; 30 | 3; 80 | 0; 0 |
| β_j | | $\beta_1 = 5$ | $\beta_2 = 4$ | $\beta_3 = 6$ | $\beta_4 = 2$ | $\beta_5 = -1$ |

б)

Висновок. Запропонований алгоритм спрощує розрахунки шляхом вилучення зайвих операцій перерахунку тарифів комірок.

12. УПОРЯДКУВАННЯ НУМЕРАЦІЇ ВЕРШИН ОРІЄНТОВАНОЇ МЕРЕЖІ

Задача пошуку найкоротшого шляху в мережі спрямована на збереження витрат ресурсів, наприклад, на будівництво та ремонт доріг, або на переміщення вантажів. При розв'язанні цих задач бажано мати упорядковану нумерацію вершин орієнтованої мережі [45].

В орієнтованій мережі з входом та виходом при упорядкуванні нумерації вершин спрощується розрахунок оптимального шляху між вершинами та виходу з мережі. Алгоритми послідовної нумерації вершин [45] та зустрічного упорядкування вершин мережі [56] не завжди дає бажане упорядкування. Упорядкування також потребує структурна матриця – символічна матриця, для якої діагональні елементи « $a_{ii} = 1$ », а інші елементи – символічні позначення ребер, причому « $a_{ij} > 0$ » при $i < j$, та « $a_{ij} < 0$ » при $i > j$. Згідно з теоремою теорії графів, щоб знайти усі шляхи з вершини « i » у вершину « j », потрібно розкрити мінор $M(i, j)$ структурної матриці з використанням методу булевої алгебри. Розкриття мінору визначає повний комбінаторний перегляд усіх шляхів, тобто означає розв'язання NP -повної задачі.

Ознакою упорядкування нумерації вершин є розміщення лише додатних дуг над головною діагоналлю її матричного відображення (додатною для даної вершини вважаємо дугу, яка виходить з вершини). Усі від'ємні дуги розміщуються під головною діагоналлю. Подібну властивість можуть мати матриці лише тих мереж, у яких дуги не створюють замкненого кола.

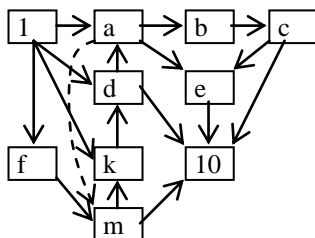


Рис. 12.1. Початковий вигляд орієнтованої мережі

Алгоритм нумерації вершин розглянемо на прикладі орієнтованої мережі рис. 12.1.

1. Розраховуємо загальну кількість вершин орієнтованої мережі (їх десять). Початок мережі позначаємо цифрою «1», а кінець – цифрою «10». Усі інші вершини помічаємо літерами a, b, c, d, e, f, k, m .

2. Перевіряємо в мережі відсутність замкненого кола, створеного дугами однакового напрямку. Якщо в мережі є замкнене коло, то його треба штучно перервати. Наприклад, показана пунктиром на рис. 12.1 дуга між вершинами « a » та « m » створює коло з вершин, яке треба перервати. Ми перериваємо (не враховуємо) більший або рівний шлях, у даному випадку пунктирну криву « a - m », бо шлях « 1 - a - m » \geq « 1 - f - m ».

3. Далі в орієнтованій мережі з відсутніми колами при нумерації вершин керуємось правилом: «**вершина, у яку входить дуга, має більший порядковий номер, ніж вершина, звідки надходить ця дуга**». З цього правила та рис. 12.1 випливають нерівності:

$$1 < f < m < k < d < a; \quad a < b < c < e.$$

Об'єднуємо ці нерівності і розміщуємо їх послідовно в табл. 12.1, у яку вносимо послідовну нумерацію вершин.

Таблиця 12.1

Нумерація вершин

| Позначення вершин | 1 | a | b | c | d | e | f | k | m | 10 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Номер вершини | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

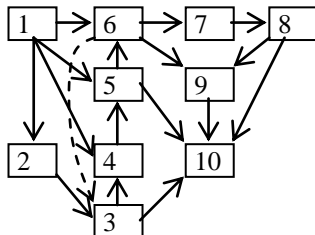


Рис. 12.2. Початковий вигляд орієнтованої мережі

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | – | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 2 | –1 | – | 1 | | | | | | | |
| 3 | | –1 | – | 1 | | | | | | 1 |
| 4 | –1 | | –1 | – | 1 | | | | | |
| 5 | –1 | | | –1 | – | 1 | | | | 1 |
| 6 | –1 | | | | –1 | – | 1 | | 1 | |
| 7 | | | | | | –1 | – | 1 | | |
| 8 | | | | | | | –1 | – | 1 | 1 |
| 9 | | | | | | –1 | | –1 | – | 1 |
| 10 | | | –1 | | –1 | | | –1 | –1 | – |

Рис. 12.3. Матрична форма орієнтованої мережі

На рис. 12.2. показана отримана нумерація вершин мережі, а на рис. 12.3 – її матрична форма.

Висновок. Даний алгоритм завжди дає упорядкування, яке не отримується за методами [45] та [56].

13. ЛОГІЧНИЙ МЕТОД УПОРЯДКУВАННЯ НУМЕРАЦІЇ ВЕРШИН ОРІЄНТОВАНОЇ МЕРЕЖІ

Алгоритм логічного методу нумерації вершин орієнтованої мережі, у якій дуги не створюють кола, розглянемо на прикладі рис. 13.1.

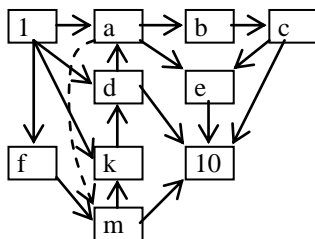


Рис. 13.1. Початковий вигляд орієнтованої мережі

Розраховуємо загальну кількість вершин. Початок мережі позначаємо цифрою «1», а кінець – цифрою «10». Усі інші вершини помічаємо літерами a, b, c, d, e, f, k, m .

Переміщуючись від початку «1» у кінець «10» по різні дугах, охоплюємо щоразу нову вершину і складаємо нерівності лише одного знака «<» (нерівність « $A < B$ » означає: спрямування шляху від « A » до « B »; нумерація вершин зростає від « A » до « B »). У результаті для рис. 13.1 отримуємо систему нерівностей:

– для середини мережі (без вершин початку та кінця)
 $a < b; \quad a < e; \quad b < c; \quad c < e; \quad d < a; \quad k < d; \quad m < k; \quad f < m;$ (13.1)

– для початку та кінця

$$1 < a; \quad 1 < d; \quad 1 < k; \quad 1 < f; \quad c < 10; \quad e < 10; \quad d < 10; \quad m < 10. \quad (13.2)$$

В основу алгоритму покладений **логічний висновок**: «Якщо $a < b$, то порядковий номер вершини a менший за b ».

З (13.1) отримуємо дві системи нерівностей:

$$f < m < k < d < a; \quad a < b < c < e. \quad (13.3)$$

Об'єднання (13.2) та (13.3) дає ранжовану нерівність

$$1 < f < m < k < d < a < b < c < e < 10,$$

яка дозволяє послідовно упорядковувати номери вершин мережі (табл. 13.1).

Таблиця 13.1

| Нумерація вершин | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Позначення вершин | 1 | f | m | k | d | a | b | c | e | 10 |
| Номер вершини | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Згідно з табл. 13.1 на рис. 13.2. показана отримана нумерація вершин мережі, а на рис. 13.3 наведена її матрична форма.

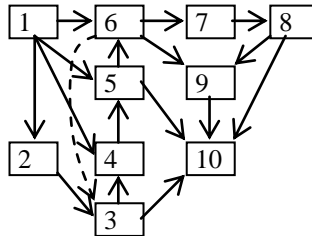


Рис. 13.2. Отримана нумерація орієнтованої мережі

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | – | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 2 | –1 | – | 1 | | | | | | | |
| 3 | | –1 | – | 1 | | | | | | 1 |
| 4 | –1 | | –1 | – | 1 | | | | | |
| 5 | –1 | | | –1 | – | 1 | | | | 1 |
| 6 | –1 | | | | –1 | – | 1 | | 1 | |
| 7 | | | | | | –1 | – | 1 | | |
| 8 | | | | | | | –1 | – | 1 | 1 |
| 9 | | | | | | –1 | | –1 | – | 1 |
| 10 | | | –1 | | –1 | | | –1 | –1 | – |

Висновок. Алгоритм логічного методу нумерації вершин орієнтованої мережі за витратами часу та за отриманими результатами упорядкування аналогічний алгоритму попереднього розділу.

14. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ В УПОРЯДКОВАНІЙ ОРІЄНТОВАНІЙ МЕРЕЖІ

Метою даного розділу є усунення недоліку відомого графоаналітичного методу Форда-Фалкерсона [9, с. 172-174] – багаторазове малювання мережі при виконанні розрахунків.

Орієнтований граф мережі може бути представлений або у вигляді графа (рис. 14.1, а), або у вигляді матриці (рис. 14.1, б).

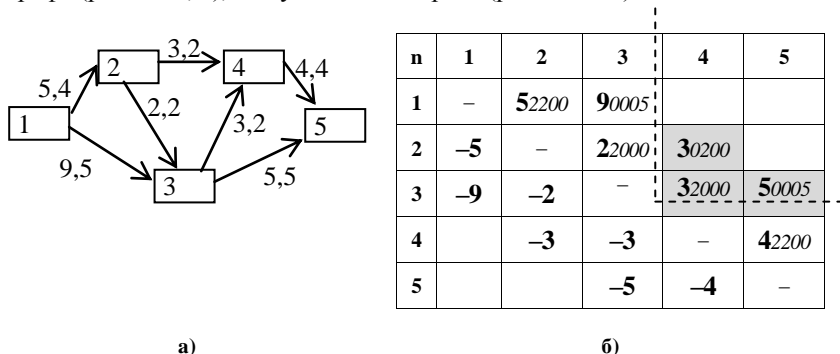


Рис. 14.1. Упорядкований орієнтований граф мережі

На графі (рис. 14.1, а) у прямокутниках вказана нумерація вершин; на дугах перші цифри вказують максимально можливі потоки, а цифра через кому – дійсний розрахований потік дуги.

У матриці (рис. 14.1, б) великими жирними цифрами вказані максимальні потоки дуг, а поряд – малі курсивні цифри (назвемо їх **придатком комірки**), які за кількістю відповідають кількості етапів розрахунків; підсумок цифр приладку комірки дорівнює потоку через дану дугу; цей потік не повинен перевищувати максимальний потік дуги, вказаний у комірці цифрою, виділеною жирним. Розрахунок пристосований для використання на ЕОМ і виконується на матриці (рис. 14.1, б), а граф (рис. 14.1, б) наведений лише для ілюстрації виконання розрахунків.

Алгоритм розрахунків повинен дотримуватись вимоги **теорему Форда та Фалкерсона**: максимальний потік повинен дорівнювати мінімальній величині пропускної спроможності розрізу мережі.

Для визначення дуг, що попадають у розріз мережі, використаємо діагональні елементи матриці, у яких, як у початку координат, будемо взаємно перпендикулярні лінії: на рис. 14.1, б вони показані пунктирними лініями лише для одного діагонального елемента (3, 3). У розріз мережі попадають усі дуги заповнених комірок, які перерізаються горизонтальною пунктирною лінією та знаходяться над нею (вони виділені сірим фоном), а комірки, що пересікаються вертикальною пунктирною лінією, у розріз не входять. Звідси випливає, що загальна кількість таких розрізів дорівнює $(n - 1)$, бо останній діагональний елемент (5, 5) не визначає розрізу.

Користуючись цими даними, можна запропонувати різні алгоритми заповнення мережі потоками. Вважаючи кількість перерізів рівною 4, розрахуємо для кожного з них максимальні можливі потоки, які вказані в табл. 14.1.

Таблиця 14.1

Максимальні потоки перерізу мережі рис. 14.1

| № | Перерізи (i, j) | Максимальний потік перерізу |
|---|-------------------|-----------------------------|
| 1 | (1, 1) | $5 + 9 = 14$ |
| 2 | (2, 2) | $9 + 2 + 3 = 14$ |
| 3 | (3, 3) | $3 + 3 + 5 = 11$ |
| 4 | (4, 4) | $5 + 4 = 9$ |

З табл. 14.1 випливає, що максимально можливий потік даної мережі може бути не більше 9. У дійсності потік може бути й меншим внаслідок особливостей дійсного зв'язку дуг мережі.

Для проведення потоку через мережу будемо застосовувати наступний алгоритм.

1. Обираємо шлях у мережі від початку до кінця, намагаючись охопити комірки, які знаходяться найближче до діагоналі матриці. У даному випадку розглянемо шлях

$$(1,2) - (2,3) - (3,4) - (4,5) = 5 - 2 - 3 - 4,$$

у якому через рівність вказані максимальні потоки дуг.

На шляху $1 - 2 - 3 - 4 - 5$ ми маємо найменший потік $q_{\min} = 2$ в комірці (2, 3). Тому в придатки всіх перелічених комірок $(1,2) - (2,3) - (3,4) - (4,5)$ уводимо цифру «2», а комірку (2, 3) забороняємо до використання підкресленням, бо її ресурс із проведення потоку вичерпано.

2. Новий шлях обирається так само, але в нього не можна вводити заборонену комірку. Отримуємо шлях

$$(1, 2) - (2, 4) - (4, 5) = (5 - 2) - 3 - (4 - 2),$$

у якому найменший потік $q_{\min} = 2$ знаходиться в комірці (4, 5). У придатки всіх перелічених комірок $(1, 2) - (2, 4) - (4, 5)$ уводимо цифру «2», а

комірку (4, 5) забороняємо до використання підкресленням, бо її ресурс із проведення потоку вичерпано.

3. Шлях

$$(1, 2) - (2, 4) - \underline{(4, 5)}$$

співпадає з попереднім шляхом і охоплює заборонену комірку (4, 5). Тому початок цього шляху теж забороняємо підкресленням.

4. Шлях

$$(1, 3) - (3, 5) = 9 - 5$$

має найменший потік $q_{\min} = 5$, який знаходиться в комірці (3, 5). У придатки перелічених комірок (1, 3) – (3, 5) уводимо цифру «5», а комірку (3, 5) забороняємо до використання підкресленням, бо її ресурс із проведення потоку вичерпано.

У результаті отримали заборонений розріз (4, 4), і на цьому розрахунок припиняється. Максимальний потік мережі дорівнює 9.

Потрібно враховувати, що може існувати кілька варіантів максимального завантаження мережі потоком, рівним 9, що залежить від послідовності використання шляхів.

Висновок. Запропонований метод визначення максимального потоку на базі однієї матриці спрощує розрахунки, порівняно з існуючим графоаналітичним методом Форда-Фалкерсона [9, с. 172-174] за рахунок вилучення зайвої графічної роботи і дозволяє використати ЕОМ для аналізу.

15. ВИЗНАЧЕННЯ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ В МЕРЕЖІ

Алгоритм на графах. Граф може бути представленим у вигляді геометричної фігури (вершин, з'єднаних орієнтованими чи неорієнтованими дугами рис. 15.1) або у вигляді матриці.

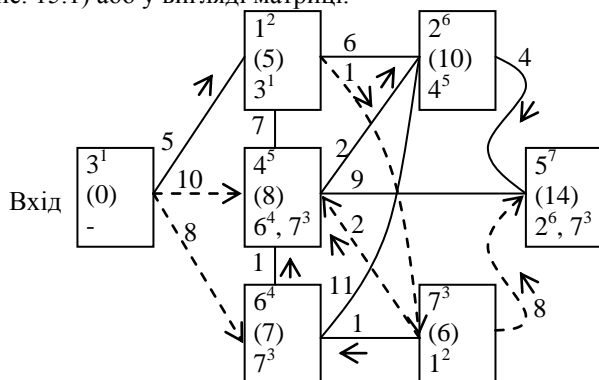


Рис. 15.1. Найменші шляхи за алгоритмом на графах

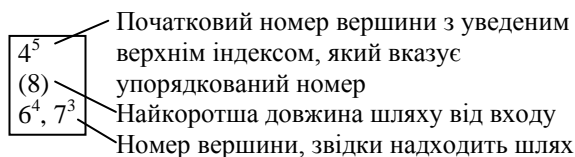


Рис. 15.2. Позначення на вершинах графу

Позначення на вершинах графа пояснені на рис. 15.2.

Звичайно для визначення найкоротших шляхів у мережі використовується алгоритм на графах за методом Дейкстри [9]. Недоліки алгоритму Дейкстри:

1. Малювання n графів або використання n матриць у процесі розрахунку найкоротших шляхів.
2. Корегування проміжних значень отриманих мінімальних шляхів від входу («використання олівця»).
3. Початкове призначення нескінченності довжини шляхів від входу до всіх вершин з наступним корегуванням їх значень.

Недоліком описаного в [72] методу зі скороченою кількістю графів є багатоваріантність виконання розрахунків та необхідність корегування проміжних значень шляхів (які мають початкову величину, рівну нескінченності).

Ці недоліки усуваються двома наведеними нижче алгоритмами: один виконаний на графі (рис. 15.1); другий використовує матрицю (що є більш зручним при застосуванні ЕОМ). При цьому упорядковуються номери вершин графа залежно від відстані до вершини входу.

Розглянемо алгоритм на графах (рис. 15.1). На початку розрахунків вершини графа рис. 15.1 мають довільно вказані початкові номери згідно з рис. 15.2. Усі інші дані вершин належить ще розрахувати.

Частка дуг рис. 15.1 є орієнтованою (показані пунктирними лініями), а частка – неорієнтованими (показані безперервними лініями). Неорієнтовані дуги розглядаються як дві паралельно-зустрічно включені орієнтовані дуги з однаковою чи неоднаковою довжиною шляхів. Окрема стрілка поряд з дугою вказує напрямок оптимального переміщення між вершинами. В алгоритмі на масивах не використовуються в розрахунках комірки матриці з від’ємними значеннями довжини орієнтованої дуги.

Всі вершини, для яких визначені найкоротші шляхи від входу, у сукупності складають *ділянку входу (ДВ)*, по відношенню до якої визначають *сусідні вершини* (за наявності позитивно спрямованої орієнтованої дуги: від вершини ДВ до сусідньої вершини). Для всіх сусідніх вершин розраховується довжина шляху від вершини входу мережі; її найменше значення визначає наступну вершину, що приєднується до ДВ.

Розрахунки на графі рис. 15.1 виконуються за алгоритмом:

1. Вершина входу 3^1 має упорядкований номер 1, що помічається у вигляді верхнього індексу; її найкоротший шлях дорівнює $u_3 = 0$; замість номера вершини, звідки надходить шлях, ставиться риска.

2. ДВ спочатку складається з вершини входу 3^1 . Потім до ДВ відносять інші вершини, для яких визначені найкоротші шляхи, і номери яких мають верхні індекси. Сусідніми до отриманої ДВ (у початку – до вершини 3^1) є вершини за номерами (1, 4, 6).

3. Для сусідніх вершин (1, 4, 6) визначають відстані від входу 3^1 : $u_{31} = (5)$, $u_{34} = (10)$, $u_{36} = (8)$ – усі переміщення відбуваються вздовж орієнтованих дуг.

4. Найменша довжина шляху $u_{31} = (5)$ визначає вершину 1^2 , для якої вказується упорядкований номер 2 у вигляді верхнього індексу; напрямок переміщення помічається окремою стрілкою вздовж орієнтованої дуги від вершини 3^1 до вершини 1^2 .

Якщо отримані кілька однакових мінімальних шляхів, то їх уведення в ДВ відбувається в довільному порядку при відповідному збільшенні значень упорядкованих номерів – верхніх індексів.

Якщо отримані мінімальні шляхи для всіх вершин, то розрахунок припиняється; якщо ні – повертаємось у п. 2 з новою сукупністю вершин в ДВ. Якщо в процесі розрахунку одна з проміжних вершин має вихід з мережі – розрахунок може припинитись.

Результати розрахунків наведені в табл. 15.1 та на рис. 15.3.

Таблиця 15.1

Розрахунок найкоротших шляхів за методом на графах
(y_{iz} – найкоротші шляхи від вершини « $i = 1...7$ » до вершини «3»)

| Номер кроку | Уведення вершин у ДВ | Номер вершини, звідки надходить шлях | Найкоротший шлях y_{iz} вершини, уведеної в ДВ | Сусідні вершини |
|-------------|----------------------|--------------------------------------|---|-----------------|
| 1 | 3^1 | – | $y_{33} = 0$ | 1, 4, 6 |
| 2 | 1^2 | 3^1 | $y_{31} = y_{33} + c_{31} = 0 + 5 = (5)$ | 4, 6, 2, 7 |
| 3 | 7^3 | 1^2 | $y_{37} = y_{31} + c_{17} = 5 + 1 = (6)$ | 4, 6, 2, 5 |
| 4 | 6^4 | 7^3 | $y_{36} = y_{37} + c_{76} = 6 + 1 = (7)$ | 4, 2, 5 |
| 5 | 4^5 | 6^4 | $y_{34} = y_{37} + c_{74} = 6 + 2 = (8)$ $y_{34} = y_{36} + c_{64} = 7 + 1 = (8)$ | 2, 5 |
| 6 | 2^6 | 4^5 | $y_{32} = y_{34} + c_{42} = 8 + 2 = (10)$ | 5 |
| 7 | 5^7 | 2^6 7^3 | $y_{35} = y_{32} + c_{25} = 10 + 4 = (14)$ $y_{35} = y_{37} + c_{75} = 6 + 8 = (14)$ | – |

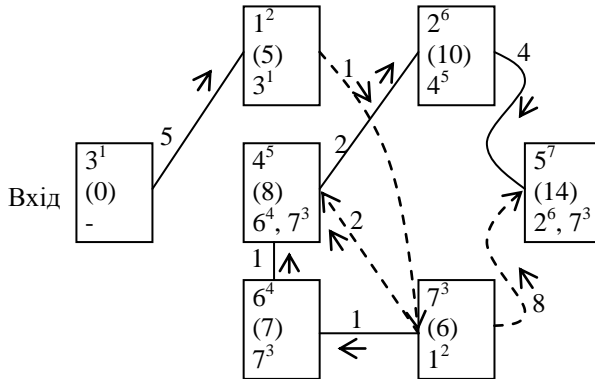


Рис. 15.3. Найменші шляхи для мережі рис. 15.1

Математична модель задачі має вигляд :

1. Функція мети у вигляді найкоротших шляхів від вершини входу «В» до кожної i -ої вершини

$$F_{Bi} = y_{Bi} \rightarrow \min. \quad (1)$$

2. Обмеження зверху найкоротшого шляху між вершинами

$$y_{Bi} = [y_{Bj} + c_{ji}]_{\min}. \quad (2)$$

3. Обмеження знизу найкоротшого шляху між вершинами

$$y_{Bi} \geq y_{Bj}. \quad (3)$$

4. Обмеження входу

$$y_{BB} = 0. \quad (4)$$

5. Невід'ємність довжини орієнтованої дуги

$$c_{ij} \geq 0, \quad (5)$$

де $i = \overline{1, n}$ – неупорядковані номери вершин, які не входять у ДВ;

$j = \overline{1, n}$ – неупорядковані номери вершин, які входять у ДВ;

n – загальна кількість номерів вершин;

B – неупорядкований номер вершини входу;

y_{Bi}, y_{Bj} – найкоротші шляхи при переміщенні по орієнтованих дугах від B -ої вершини входу до i -ої та j -ої вершин;

$c_{ij} \geq 0$ – довжина орієнтованої дуги від вершини « i » до вершини « j » (цей шлях може бути лише невід'ємним).

Алгоритм на масивах. Розрахунок з використанням матриці рис. 15.4 наведені в табл. 15.2.

| (j, i) | n | 1^2 | 2^6 | 3^1 | 4^5 | 5^7 | 6^4 | 7^3 |
|----------|-----|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| (3, 1) | 1 | $L_{31}^2 = 0^1 + 5^2$ | 6 | 5 | 7 | | | 1^3 |
| (4, 2) | 2 | 6 | $L_{32}^6 = 8^5 + 2^6$ | | 2 | 4^7 | 11 | |
| (3, 3) | 3 | 5^2 | | $L_{33}^1 = 0^1$ | 10 | | 8 | |
| (6, 4) | 4 | 7 | 2^6 | -10 | $L_{34}^5 = 7^4 + 1^5$ | 9 | 1 | -2 |
| (7, 4) | | | | | $L_{34}^5 = 6^3 + 2^5$ | | | |
| (2, 5) | 5 | | 4 | | 9 | $L_{35}^7 = 10^6 + 4^7$ | | -8 |
| (7, 5) | | | | | | $L_{35}^7 = 6^3 + 8^7$ | | |
| (7, 6) | 6 | | 11 | -8 | 1^5 | | $L_{36}^4 = 6^3 + 1^4$ | 1 |
| (1, 7) | 7 | -1 | | | 2^5 | 8^7 | 1^4 | $L_{37}^3 = 5^2 + 1^3$ |

Рис. 15.4. Розрахунок найкоротших шляхів за алгоритмом з використанням масивів

Особливості матриці графу рис. 15.4.

Таблиця 15.2

**Результати розрахунків найкоротших шляхів за алгоритмом
на масивах**

| № кроку | Заборонені колонки i | Вершини ДВ | Сусідні вершини ДВ | C_{ji} | Мінімальна довжина шляху L_{3i} |
|---------|--------------------------------|------------|--------------------|---|--|
| 1 | — | Вхід 3^1 | 3^1 | — | $\langle\Delta\rangle L_{33} = 0^l$ |
| 2 | — | 3^1 | 1^2 4 6 | $C_{31} = 5^2$ $C_{34} = 10$ $C_{36} = 8$ | $\langle\Delta\rangle L_{31} = L_{33} + C_{31} = (0^l + 5^2)^2$ $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{33} + C_{34} = 0^l + 10$ $\langle\bullet\rangle L_{36} = L_{33} + C_{36} = 0^l + 8$ |
| 3 | $3^1, 1^2$ | 3^1 | 4 6 | $C_{34} = 10$ $C_{36} = 8$ | $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{33} + C_{34} = 0^l + 10$ $\langle\bullet\rangle L_{36} = L_{33} + C_{36} = 0^l + 8$ |
| | | | 2 4 7^3 | $C_{12} = 6$ $C_{14} = 7$ $C_{17} = 1^3$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{31} + C_{12} = 5^2 + 6$ $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{31} + C_{14} = 5^2 + 7$ $\langle\Delta\rangle L_{37} = L_{31} + C_{17} = (5^2 + 1^3)^3$ |
| | | 1^2 | 2 4 | $C_{12} = 6$ $C_{14} = 7$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{31} + C_{12} = 5^2 + 6$ $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{31} + C_{14} = 5^2 + 7$ |
| | | | 4 6^4 5 | $C_{74} = 2$ $C_{76} = 1^4$ $C_{75} = 8$ | $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{37} + C_{74} = 6^3 + 2$ $\langle\Delta\rangle L_{36} = L_{37} + C_{76} = (6^3 + 1)^4$ $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = 6^3 + 8$ |
| 4 | $3^1, 1^2, 7^3$ | 3^1 | 4 6 | $C_{34} = 10$ $C_{36} = 8$ | $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{33} + C_{34} = 0^l + 10$ $\langle\Delta\rangle L_{36} = L_{33} + C_{36} = 0^l + 8$ |
| | | 1^2 | 2 4 | $C_{12} = 6$ $C_{14} = 7$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{31} + C_{12} = 5^2 + 6$ $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{31} + C_{14} = 5^2 + 7$ |
| | | | 4 6^4 5 | $C_{74} = 2$ $C_{76} = 1^4$ $C_{75} = 8$ | $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{37} + C_{74} = 6^3 + 2$ $\langle\Delta\rangle L_{36} = L_{37} + C_{76} = (6^3 + 1)^4$ $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = 6^3 + 8$ |
| | | 7^3 | 4 6^4 5 | $C_{74} = 2$ $C_{76} = 1^4$ $C_{75} = 8$ | $\langle\bullet\rangle L_{34} = L_{37} + C_{74} = 6^3 + 2$ $\langle\Delta\rangle L_{36} = L_{37} + C_{76} = (6^3 + 1)^4$ $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = 6^3 + 8$ |
| | | | 2 4^5 | $C_{62} = 11$ $C_{64} = 1^5$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{36} + C_{62} = 7^4 + 11$ $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{36} + C_{64} = (7^4 + 1)^5$ |
| 5 | $3^1, 1^2, 7^3, 6^4$ | 3^1 | 4 | $C_{34} = 10$ | $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{33} + C_{34} = 0^l + 10$ |
| | | 1^2 | 2 4 | $C_{12} = 6$ $C_{14} = 7$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{31} + C_{12} = 5^2 + 6$ $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{31} + C_{14} = 5^2 + 7$ |
| | | 7^3 | 4^5 5 | $C_{74} = 2^5$ $C_{75} = 8$ | $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{37} + C_{74} = (6^3 + 2)^5$ $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = 6^3 + 8$ |
| | | 6^4 | 2 4^5 | $C_{62} = 11$ $C_{64} = 1^5$ | $\langle\bullet\rangle L_{32} = L_{36} + C_{62} = 7^4 + 11$ $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{36} + C_{64} = (7^4 + 1)^5$ |
| | | 4^5 | 4^5 | $C_{64} = 1^5$ | $\langle\Delta\rangle L_{34} = L_{36} + C_{64} = (7^4 + 1)^5$ |
| 6 | $3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5$ | 3^1 | — | — | — |
| | | 1^2 | 2 | $C_{12} = 6$ | $\langle\Delta\rangle L_{32} = L_{31} + C_{12} = 5^2 + 6$ |
| | | 7^3 | 5 | $C_{75} = 8$ | $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = 6^3 + 8$ |
| | | 6^4 | 2 | $C_{62} = 11$ | $\langle\Delta\rangle L_{32} = L_{36} + C_{62} = 7^4 + 11$ |
| | | 4^5 | 2^6 5 | $C_{42} = 2$ $C_{45} = 9$ | $\langle\Delta\rangle L_{32} = L_{34} + C_{42} = (8^3 + 2)^6$ $\langle\bullet\rangle L_{35} = L_{34} + C_{45} = 8^3 + 9$ |
| 7 | $3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5, 2^6$ | 3^1 | — | — | — |
| | | 1^2 | — | — | — |
| | | 7^3 | 5^7 | $C_{75} = 8$ | $\langle\Delta\rangle L_{35} = L_{37} + C_{75} = (6^3 + 8)^7$ |
| | | 6^4 | — | — | — |
| | | 4^5 | 5 | $C_{45} = 9$ | $\langle\Delta\rangle L_{35} = L_{34} + C_{45} = 8^3 + 9$ |
| | | 2^6 | 5^7 | $C_{25} = 4$ | $\langle\Delta\rangle L_{35} = L_{32} + C_{25} = (10^6 + 4)^7$ |

1. До матриці графу на рис. 15.4 ліворуч додана колонка (j, i) для визначення найменшої орієнтованої невід'ємної дуги оптимального шляху переміщення в мережі. У колонці (j, i):

- $j = 1 \dots 7$ – порядковий номер рядка-вершини графа;
- $i = 1 \dots 7$ – порядковий номер колонки-вершини графа; значення $i = 1 \dots 7$ заповнюються в порядку зростання без розрахунків.

2. У діагональних елементах матриці, які помічені сірим фоном, записані найкоротші довжини шляхів L_{3i} сусідніх вершин мережі від вершини входу 3^1 , які складаються з двох складових: шляху від вершини входу 3^1 до вершини ДВ плюс шляху від цієї вершини ДВ до сусідньої вершини.

Числове значення довжини дуги $\pm c_{ji}$ між вершинами « j » та « i » береться зі знаком «+», якщо існуючий шлях спрямований від вершини « j » до вершини « i » та зі знаком «-» в іншому випадку; від'ємні значення орієнтованих дуг у розрахунках не використовуються. При цьому для неорієнтованої дуги знак перед довжиною шляху завжди позитивний, бо ця дуга розглядається як дві зустрічно-паралельно з'єднані орієнтовані дуги з однаковими чи неоднаковими довжинами шляхів.

Очевидно, що наддіагональні елементи матриці рис. 15.4 вказують шляхи орієнтованих дуг, спрямованих від вершини з меншим неупорядкованим номером до вершин з більшим неупорядкованим номером, а піддіагональні елементи – навпаки. Внаслідок невпорядкованості нумерації вершин графа в оптимальний шлях потрібно вводити як наддіагональні, так і піддіагональні невід'ємні елементи.

Результати розрахунків за алгоритмом на масивах наведені в табл. 15.2.

У табл. 15.2 для окремих кроків у колонці L_{3i} помічені:

- знаком «•» невикористані на даному кроці розрахунки, які враховуються на наступних кроках;
- знаком «Δ» вилучені з подальшого розгляду розрахунки внаслідок обрання мінімального значення вказаного шляху;
- сірим фоном в табл. 15.2 вказані обрані мінімальні значення шляху.

Розрахунок виконується за матрицею рис. 15.4; алгоритм розрахунку зведений у табл. 15.2 (кількість кроків алгоритму дорівнює кількості вершин графу).

Крок 1. Обирається вхід $n = j = i^1 = B = 3^1$ (рис. 15.4) і помічається вершина « $n = 3^1$ » верхнім індексом 1 в колонці $i = 3$. Верхній індекс 1 означає упорядкований номер обраної вершини. Найкоротший шлях до входу $L_{BB} = L_{33}^1 = 0^1$ записуємо в діагональну комірку (виділена сірим фоном на рис. 15.4). Оптимальну орієнтовану дугу переміщення $(j, i) = (3, 3)$ записуємо в додатковій колонці (j, i) . Ці дані відображаємо в таблиці 15.2.

Крок 2. ДВ складається з вершини 3^1 (рис. 15.4). Сусідні до ДВ вершини $i = (1, 4, 6)$, з яких використовуються *лише позитивні значення*, визначаються **за рядком $j = 3$** (бо рядок вказує орієнтовані дуги, які виходять з вершини 3) для порядкового номера вершини « $n = 3$ ». Для сусідніх вершин $i = (1, 4, 6)$ найменші шляхи **від вершини входу 3^1**

дорівнюють, відповідно, довжинам орієнтованих невід'ємних дуг $c_{3i} = (5, 10, 8)$. Дані відображаємо в таблиці 15.2.

Серед них мінімальне значення шляху від входу 3^1 має вершина $n = 1^2$, для якої вказуємо (рис. 15.4):

- 5^2 – верхній індекс 2 для довжини врахованої орієнтованої невід'ємної дуги $c_{31} = 5^2$;

- 1^2 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 2 в колонці $i = 1^2$;

- $(3, 1)$ – у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 3$ » для найменшої орієнтованої невід'ємної дуги з довжиною шляху $c_{31}^2 = 5^2$ від вершини 3 до вершини 1;

- $L_{3i}^2 = L_{31}^2 = L_{33}^1 + c_{31}^2 = (0^1 + 5^2)^2 = 5^2$ – у виділеній сірим фоном діагональній комірці довжину шляху L_{3i} від входу $j = 3^1$ до вершини $i = n = 1^2$.

Крок 3. ДВ складається з вершин $(n = 3^1, 1^2)$. Сусідні для ДВ вершини визначаються за рядками $j = 3^1, 1^2$ (не враховуються колонки, які мають верхній індекс, та не враховуються комірки з від'ємною довжиною орієнтованої дуги):

- для вершини-рядка $j = 3^1$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{33} = 0^1$) сусідніми є вершини $i = 4, 6$ з довжинами орієнтованої невід'ємної дуги $C_{34} = 10, C_{36} = 8$ та шляхами від входу $L_{34} = 0^1 + 10; L_{36} = 0^1 + 8$;

- для вершини-рядка $j = 1^2$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{31} = 5^2$) сусідніми є вершини $i = 2, 4, 7$ з довжинами орієнтованої невід'ємної дуги $C_{12} = 6, C_{14} = 7, C_{17} = 1$ та шляхами від входу $L_{32} = 5^2 + 6; L_{34} = 5^2 + 7; L_{37} = 5^2 + 1$.

Серед них мінімальне значення шляху від входу 3^1 має вершина $n = 7^3$ з відстанню $L_{37} = (5^2 + 1)^3 = 6^3$, для якої вказуємо (рис. 15.4):

- 1^3 – верхній індекс 3 для довжини орієнтованої дуги $c_{17} = 1^3$;

- 7^3 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 3 для колонки $i = n = 7^3$;

- $(1, 7)$ – у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 1$ » для найменшої приєднаної орієнтованої невід'ємної дуги з довжиною шляху $c_{17} = 1^3$ від вершини 1 до вершини 7;

- $L_{37} + c_{17} = (5^2 + 1^3)^3 = 6^3$ – у діагональній комірці для $n = 7$ довжину шляху від входу 3^1 до вершини 7^3 .

Крок 4. ДВ складається з вершин $(n = 3^1, 1^2, 7^3)$. Сусідні для ДВ вершини визначаються за рядками $j = 3^1, 1^2, 7^3$ (не враховуються колонки, які мають верхній індекс, та не враховуються комірки з від'ємною довжиною орієнтованої дуги):

- для вершини-рядка $j = 3^1$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{33} = 0^1$) сусідніми є вершини $i = 4, 6$ з довжинами орієнтованої невід'ємної дуги $C_{34} = 10, C_{36} = 8$ та шляхами від входу $L_{34} = 0^1 + 10; L_{36} = 0^1 + 8$;

- для вершини-рядка $j = 1^2$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{31} = 5^2$) сусідніми є вершини $i = 2, 4$ з довжинами орієнтованої невід’ємної дуги $C_{12} = 6$, $C_{14} = 7$ та шляхами від входу $L_{32} = 5^2 + 6$; $L_{34} = 5^2 + 7$.

- для вершини-рядка $j = 7^3$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{37} = 6^3$) сусідніми є вершини $i = 4, 5, 6$ з довжинами орієнтованої невід’ємної дуги $C_{74} = 2$, $C_{75} = 8$, $C_{76} = 1$ та шляхами від входу $L_{34} = 6^3 + 2$; $L_{35} = 6^3 + 8$; $L_{36} = 6^3 + 1$.

Серед них мінімальне значення шляху від входу 3^1 має вершина $n = 6^4$ з відстанню $L_{36} = (6^3 + 1)^4 = 7^4$, для якої вказуємо:

- 1^4 – верхній індекс 4 для довжини орієнтованої дуги $c_{76} = 1^4$ в колонці $i = 6^4$;

- 6^4 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 4 для колонки $i = n = 6^4$;

- (7, 6) – для рядка « $j = 6$ » у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 7$ »;

- $L_{37} + c_{76} = 6^3 + 1^4$ – у діагональній комірці для $n = 6$ довжину шляху від входу 3^1 до вершини 7^3 .

Крок 5. ДВ складається з вершин ($n = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4$). Сусідні для ДВ вершини визначаються за рядками $j = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4$ чи колонками $i = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4$ (не враховуються колонки, які мають верхній індекс, та не враховуються комірки з від’ємною довжиною орієнтованої дуги – рис. 15.4):

- для вершини-рядка $j = 3^1$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{33} = 0^1$) сусідньою є вершина $i = 4$ з довжиною орієнтованої невід’ємної дуги $C_{34} = 10$ та шляхом від входу $L_{34} = 0^1 + 10$;

- для вершини-рядка $j = 1^2$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{31} = 5^2$) сусідніми є вершини $i = 2, 4$ з довжинами орієнтованої невід’ємної дуги $C_{12} = 6$, $C_{14} = 7$ та шляхами від входу $L_{32} = 5^2 + 6$; $L_{34} = 5^2 + 7$;

- для вершини-рядка $j = 7^3$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{37} = 6^3$) сусідніми є вершини $i = 4, 5$ з довжинами орієнтованої невід’ємної дуги $C_{74} = 2$, $C_{75} = 8$ та шляхами від входу $L_{34} = 6^3 + 2$; $L_{35} = 6^3 + 8$;

- для вершини-рядка $j = 6^4$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{36} = 7^4$) сусідніми є вершини $i = 2, 4$ з довжинами орієнтованої невід’ємної дуги $C_{62} = 11$, $C_{64} = 1$ та шляхами від входу $L_{32} = 7^4 + 11$; $L_{34} = 7^4 + 1$.

Серед них вершина $n = 4^5$ має два однакових мінімальних значення шляхів від входу 3^1 (помічені сірим фоном). Для вершини $n = 4^5$ вказуємо (рис. 15.4):

- $1^5, 2^5$ – верхній індекс 5 для довжин орієнтованих дуг $c_{64} = 1^5$ та $c_{74} = 2^5$ у колонці $i = 4^5$;

- 4^5 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 5 для колонки $i = n = 4^5$;

- (6, 4), (7, 4) – у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 6$ » та « $j = 7$ » для найменшої приєднаної орієнтованої невід’ємної дуги з довжиною шляху $c_{64} = 1^5$ та $c_{74} = 2^5$ від вершин 6 та 7 до вершини 4;

– $L_{36} + c_{64} = 7^4 + 1^5$; $L_{37} + c_{74} = 6^3 + 2^5$ – у діагональній комірці для $n = 4$ дві однакові мінімальні довжини шляху від входу 3^1 до вершини 4^5 .

Крок 6. ДВ складається з вершин ($n = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5$). Сусідні для ДВ вершини визначаються за рядками $j = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5$ (не враховуються колонки, які мають верхній індекс, та не враховуються комірки з від'ємною довжиною орієнтованої дуги – рис. 15.4):

– для вершини-рядка $j = 3^1$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{33} = 0^1$) відсутні нові сусідні вершини;

– для вершини-рядка $j = 1^2$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{31} = 5^2$) сусідньою є вершина $i = 2$ з довжиною орієнтованої невід'ємної дуги $C_{12} = 6$ та шляхом від входу $L_{32} = 5^2 + 6$;

– для вершини-рядка $j = 7^3$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{37} = 6^3$) сусідньою є вершина $i = 5$ з довжиною орієнтованої невід'ємної дуги $C_{75} = 8$ та шляхом від входу $L_{35} = 6^3 + 8$;

– для вершини-рядка $j = 6^4$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{36} = 7^4$) сусідньою є вершина $i = 2$ з довжиною орієнтованої невід'ємної дуги $C_{62} = 11$ та шляхом від входу $L_{32} = 7^4 + 11$;

– для вершини-рядка $j = 4^5$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{34} = 8^5$) сусідніми є вершини $i = 2, 5$ з довжинами орієнтованої невід'ємної дуги $C_{42} = 2, C_{45} = 9$ та шляхами від входу $L_{32} = 8^5 + 2; L_{35} = 8^5 + 9$.

Серед них мінімальне значення шляху від входу 3^1 має вершина $n = 2^6$ з відстанню $L_{32} = (8^5 + 2)^6 = 10^6$, для якої вказуємо (рис. 15.4):

– 2^6 – верхній індекс 6 для довжини орієнтованої дуги $c_{42} = 2^6$ у колонці $i = 2^6$;

– 2^6 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 6 для колонки $i = n = 2^6$;

– $(4, 2)$ – у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 4$ »;

– $L_{32} = (8^5 + 2^6)^6 = 10^6$ – у діагональній комірці для $n = 2$ довжину шляху від входу 3^1 до вершини 2^6 .

Крок 7. ДВ складається з вершин ($n = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5, 2^6$). Сусідні для ДВ вершини визначаються за рядками $j = 3^1, 1^2, 7^3, 6^4, 4^5, 2^6$ (не враховуються колонки, які мають верхній індекс, та не враховуються комірки з від'ємною довжиною орієнтованої дуги – рис. 15.4):

– для вершини-рядка $j = 3^1$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{33} = 0^1$) відсутні нові сусідні вершини;

– для вершини-рядка $j = 1^2$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{31} = 5^2$) відсутні нові сусідні вершини;

– для вершини-рядка $j = 7^3$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{37} = 6^3$) сусідньою є вершина $i = 5$ з довжиною орієнтованої невід'ємної дуги $C_{75} = 8$ та шляхом від входу $L_{35} = 6^3 + 8$;

– для вершини-рядка $j = 6^4$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{36} = 7^4$) відсутні нові сусідні вершини;

– для вершини-рядка $j = 4^5$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{34} = 8^5$) сусідньою є вершина $i = 5$ з довжиною орієнтованої невід’ємної дуги $C_{45} = 9$ та шляхом від входу $L_{35} = 8^5 + 9$;

– для вершини-рядка $j = 2^6$ (шлях від входу $L_{3i} = L_{32} = 10^6$) сусідньою є вершина $i = 5$ з довжиною орієнтованої невід’ємної дуги $C_{25} = 4$ та шляхом від входу $L_{35} = 10^6 + 4$.

Серед них вершина $n = 5^7$ з відстанню $L_{35} = (6^3 + 8^7) = (10^6 + 4^7)^7 = 14^7$, має два однакових мінімальних значення шляхів від входу 3^1 (помічені сірим фоном). Для вершини $n = 5^7$ вказуємо (рис. 15.4):

– $4^7, 8^7$ – верхній індекс 7 для довжин орієнтованих дуг $c_{25} = 4^7$ та $c_{75} = 8^7$ у колонці $i = 5^7$;

– 5^7 – наступний упорядкований номер у вигляді верхнього індексу 7 для колонки $i = n = 5^7$;

– $(2, 5), (7, 5)$ – у додатковій колонці (j, i) значення « $j = 2$ » та « $j = 7$ »;

– $L_{32} + c_{25} = (10^6 + 4^7)^7 = 14^7$; $L_{37} + c_{75} = (6^3 + 8^7)^7 = 14^7$ – у діагональній комірці для $n = 5$ довжину шляху від входу 3^1 до вершини 5^7 .

Найкоротший шлях від вершини входу 3^1 до i -ої вершини визначається за колонками L_{3i} та (j, i) переміщенням «з кінця» – від кінцевої i -ої вершини до вершини входу 3^1 :

– **Для вершини 7^3 :**

- довжина найкоротшого шляху дорівнює $L_{37} = 5^2 + 1^3 = 6$ (визначається за діагональною коміркою);

- найкоротший шлях визначається рухом у зворотному напрямку від вершини 7^3 до 3^1 за комірками $(1, 7), (3, 1)$ колонки (j, i) і має вигляд $3 - 1 - 7$.

– **Для вершини 5^7 (розглядається один з двох можливих шляхів):**

- довжина найкоротшого шляху дорівнює $10^6 + 4^7 = 14$ (визначається за діагональною коміркою);

- найкоротший шлях визначається рухом у зворотному напрямку від вершини 5^7 до 3^1 за комірками $(2, 5), (4, 2), (7, 4), (1, 7), (3, 1)$ колонки (j, i) і дорівнює $3 - 1 - 7 - 4 - 2 - 5$.

Вершини мережі упорядковуються за довжинами від входу 3^1 у порядку: $3^1 - 1^2 - 7^3 - 6^4 - 4^5 - 2^6 - 5^7$ з довжинами шляхів від входу $0 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10 - 14$.

Висновки

1. Запропоновані алгоритми (на графах та на масивах) дозволяють отримати найкоротші шляхи в мережі і мають переваги перед алгоритмом Дейкстри в скороченні розрахунків, зменшенні графічної роботи та в

упорядкуванні нумерації вершин залежно від їх відстані від входу в мережу.

2. Якщо в задачі комівояжера початкову вершину 1 розділити на дві умовні вершини (з однієї орієнтовані дуги лише виходять, а до іншої орієнтовані дуги лише входять), то можна було б отримати розв'язок задачі комівояжера. Але, на жаль, у цьому випадку шлях звичайно розбивається на ряд часткових циклів, і розв'язок задачі можна отримати лише в окремому випадку.

16. ОДНОЗНАЧНІ НЕЧІТКІ СИСТЕМИ

Однозначна теорія нечітких систем Турти М.В. [57; 58] дозволяє отримати ті ж самі результати, що й класична теорія Л. Заде [59], але має перед нею ряд переваг: збільшується точність розрахунків; значно спрощуються логічні операції та розрахунки; підвищується швидкодія системи за рахунок відмови від обробки кожного сигналу входу усіма правилами бази знань; спрощується аналіз задач (особливо – процес дефазифікації); обмежується суб'єктивний вплив експерта на створення математичної моделі; виправляються логічні похибки класичної теорії Л. Заде; усуваються логічні вагові коефіцієнти для правил бази знань; замінюються на одну рівноцінну модель дві моделі класичної теорії нечітких систем: Мамдані (з лінгвістично-логічним визначенням виходу) та Такагі – Сугено (з аналітичним визначенням виходу) [60-67].

Термін «однозначна» найбільш точно передається в перекладі англійським словом «*synonymous*», бо в однозначній нечіткій системі «число» та «лінгвістична змінна з функцією належності» є «синонімами» – однаковими однозначними цифрами зі взаємним однозначним переходом від одного поняття до іншого, що не завжди спостерігається стосовно переходів від термів з функцією належності до числа в класичній нечіткій системі. Однозначність розв'язку задачі простежується і в інших випадках: в однозначному автоматичному визначенні форми логічних трикутних функцій належності (без суб'єктивного впливу експерта), у більш чітких вимогах до створення правил бази даних (замість бази знань з перев'язаними між собою правилами).

Метою аналізу в нечіткій системі є отримання математичного опису (апроксимації) невідомої (або відомої, але занадто складної) **оптимальної функції** $F(X)$, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$, $j = 1, 2, \dots, n$. Для цієї невідомої функції вважаються відомими універсуми – чіткі числові діапазони входів x_j та виходу $F(X)$. Універсуми входів та виходу помічаються літерами $U_{x1}, U_{x2}, \dots, U_{xj}, \dots, U_{xn}, U_F$ і мають позитивний напрям осей у бік зростання чисел. У нечіткій логіці якісний універсум має числове підґрунтя. Наприклад, «Технічна досконалість», «Якість», «Надійність», «Акуратність» можуть змінюватись у межах 0...100 %. Звичайно розглядають один універсум виходу, але не забороняється розгляд кількох виходів.

На універсумі $U_{BAFA} = Вага = 10...40$ (рис. 16.1) **терми-числа** мають **лінгвістичні назви** та числові координати: *Мала* = 10, *Середня* = 25,

Велика = 40. Два терми (Мала та Велика) завжди розміщені по краях універсуму, а розміщення інших термів довільно визначає експерт.

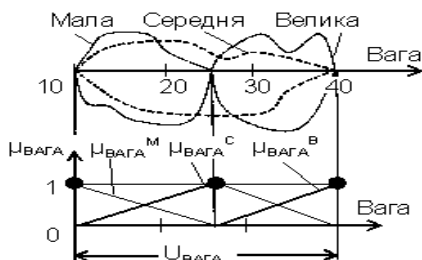


Рис. 16.1. Нечіткі множини, терми лінгвістичної змінної, функції належності

Кожному терму належить *нечітка множина*: на універсумі $U_{ВАГА} = 10 \dots 40$ ці нечіткі множини, які належать термам $Мала = 10$, $Середня = 25$, $Велика = 40$, обведені пунктирними лініями, а самі числа-терми помічені чорними точками на функціях належності $\mu_{ВАГА}^M$, $\mu_{ВАГА}^C$, $\mu_{ВАГА}^B$.

Логічні функції належності $\mu_{ВАГА}^M$, $\mu_{ВАГА}^C$, $\mu_{ВАГА}^B$ для термів *Мала*, *Середня*, *Велика* охоплюють відповідні нечіткі множини термів, мають у даному випадку трикутну форму і змінюються по прямих лініях від 1 на координаті власного терму до 0 на координаті сусіднього терму (не забороняється також використовувати нелінійну функцію належності).

Лінгвістична змінна може набувати значень одного з термів-чисел з деякою мірою впевненості, яка визначається за функцією належності.

Підсумок функцій належності сусідніх термів дорівнює «1». Цієї дубльованої інформації позбуваються штучно: ураховуються лише ті функції належності, які зростають у напрямку зростання універсуму (показані жирними лініями на рис. 16.1). У результаті зміна змінної як числа на будь-якому універсумі супроводжується однозначною зміною його лінгвістично-логічного еквівалента, і навпаки: досягається повна тотожність (однозначність, «синонімальність») між числовим та логічно-лінгвістичним значеннями змінних універсуму.

Найближчі сусідні терми конкретного числа x_j^A універсуму мають назви *молодший терм* x_j^0 (менше сусіднє число-терм) та *старший терм* x_j^m (більше сусіднє число-терм). Функція належності розраховується за формулою

$$\mu_{x_j}^A = (x_j^A - x_j^0) / (x_j^m - x_j^0) = 0 \dots 1,$$

де x_j^A – реальне значення змінної для вхідної точки A вздовж осі x_j ;

x_j^0, x_j^m – числові значення «молодшого» та «старшого» терму-числа x_j^A .

Опорними точками для деякої функції $F(X)$ зуться вхідні точки з координатами вхідних термів-чисел [57; 58]. Для **реалізованих опорних точок** експерт вказує значення виходу, які в загальному випадку не співпадають з термами виходу. **Нереалізовані опорні точки** не мають значень виходу.

При використанні n змінних у векторі X для визначення виходу y можна застосувати інтерполяційну формулу (можна використовувати й інші формули) [57; 58]

$$y^A = y^0 + \sum_{j=1}^n (y^j - y^0) \mu_{x_j} + [y^m + (n-1)y^0 + \sum_{j=1}^n y^j] \prod_{j=1}^n \mu_{x_j},$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер вхідних змінних;

$X^A = \{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}$ – досліджувана точка A з відповідними вхідними координатами $\{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}$;

$y^0\{x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0\}$ – значення виходу y^0 в опорній точці, у якій кожна координата входу $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ дорівнює найменшому значенню координат вхідних термів, між якими знаходиться координата досліджуваної точки A з вхідними координатами $X^A\{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}$;

$y^m\{x_1^m, x_2^m, \dots, x_n^m\}$ – значення виходу y^m в опорній точці, у якій кожна координата входу $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ дорівнює найбільшому значенню координат вхідних термів, між якими знаходиться координата досліджуваної точки A з вхідними координатами $X^A\{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}$;

$y^1 = f\{x_1^m, x_2^0, \dots, x_j^0, \dots, x_n^0\}$ – осьова опорна точка-терм по осі x_1 ;

$y^2 = f\{x_1^0, x_2^m, \dots, x_j^0, \dots, x_n^0\}$ – осьова опорна точка-терм по осі x_2 ;

.....

$y^j = f\{x_1^0, x_2^0, \dots, x_j^m, \dots, x_n^0\}$ – осьова опорна точка-терм по осі x_j ;

.....

$y^n = f\{x_1^0, x_2^0, \dots, x_j^0, \dots, x_n^m\}$ – осьова опорна точка-терм по осі x_n ;

$\mu_{x_j} = (x_j^A - x_j^0) / (x_j^m - x_j^0) = 0 \dots 1$ – логічна функція належності вхідного значення змінної x_j^A до найближчого старшого терму x_j^m по даній вхідній осі x_j .

Приклад 1. Визначення чайових у ресторані (тут демонструється приклад, який наводиться для пояснення роботи класичної нечіткої системи в *Matlab*)

Вважаємо, що **чайові F у ресторані** (універсум $U_F = 0 \dots 100\%$, лінгвістична змінна «Чайові», терми-числа $F^M = 0\%$; $F^C = 50\%$; $F^B = 100\%$) залежать від:

- **якості страв** x_1 (універсум $U_{x1} = 0 \dots 100$ %, лінгвістична змінна «Страви», терми-числа $x_1^M = 0$ %; $x_1^C = 50$ %; $x_1^B = 100$ %);
- **якості обслуговування** x_2 (універсум $U_{x2} = 0 \dots 100$ %, лінгвістична змінна «Обсл.», терми-числа $x_2^M = 0$ %; $x_2^C = 50$ %; $x_2^B = 100$ %).

Експерт визначає базу даних у вигляді реалізованих опорних точок рис. 16.2.

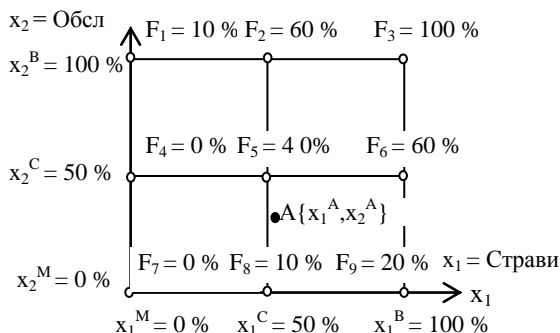


Рис. 16.2. Реалізовані опорні точки нечіткої системи визначення чайових

Таблиця 16.1

| База знань для визначення чайових | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| $x_2 \backslash x_1$ | 0 % | 50 % | 100 % |
| 0 % | $F_7 = 0$ % | $F_8 = 10$ % | $F_9 = 20$ % |
| 50 % | $F_4 = 0$ % | $F_5 = 40$ % | $F_6 = 60$ % |
| 100 % | $F_1 = 10$ % | $F_2 = 60$ % | $F_3 = 100$ % |

Цю базу даних можна внести в табл. 16.1, або можна дати як сукупність продукційних правил

if $x_1 = 0$ % *and* $x_2 = 0$ % *then* $F = 0$ %.

if $x_1 = 50$ % *and* $x_2 = 0$ % *then* $F = 10$ %.

.....

if $x_1 = 100$ % *and* $x_2 = 100$ % *then* $F = 100$ %.

Таким чином, база знань класичної нечіткої системи замінюється базою даних у вигляді таблиці – без взаємного зв'язку між правилами. Це є перевагою однозначних нечітких систем:

- немає потреби в разі заміни одного продукційного правила переглядати усі правила бази знань сумісно з їх функціями належності;

- для визначення виходу немає потреби розглядати усю сукупність правил (розглядаються лише правила інформаційного модуля), що спрощує розрахунки і збільшує швидкодію нечіткої системи;
- немає також потреби вводити в базу даних для кожного правила додатковий логічний ваговий коефіцієнт, значення якого береться у межах 0...1, і який урахує вплив даного правила на кінцевий результат, «з точки зору експерта» (це зменшує суб'єктивний вплив експерта на результати дослідження), бо самі правила бази даних чітко і однозначно відображують знання експерта відносно системи, яка моделюється.

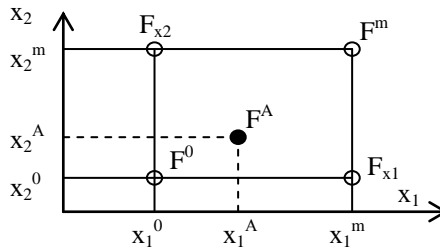


Рис. 16.3. Інформаційний модуль

Будь-яка вхідна точка $A\{x_1^A = 60\%; x_2^A = 30\%\}$ потрапляє в позицію між сусідніми реалізованими опорними точками, які в сукупності складають для даної точки **інформаційний модуль** ІМ (рис. 16.2, рис. 16.3). Вихід однозначної нечіткої системи розраховується за інтерполяційною формулою (вона наведена як приклад і може бути заміненою на будь-яку іншу формулу [58])

$$F^A = F^0 + (F_{x1} - F^0)\mu_{x1}^A + (F_{x2} - F^0)\mu_{x2}^A + [F^m + F^0 - (F_{x1} + F_{x2})]\mu_{x1}^A\mu_{x2}^A = 10\% + (20\% - 10\%) \cdot 0,2 + (40\% - 10\%) \cdot 0,6 + [60\% + 10\% - (20\% + 40\%)] \cdot 0,2 \cdot 0,6 = 15\%, \quad (16.1)$$

$$\text{де } \mu_{x1}^A = (x_1^A - x_1^0) / (x_1^m - x_1^0) = (60\% - 50\%) / (100\% - 50\%) = 0,2 -$$

функція належності координати x_1^A до нечіткої множини універсуму U_{x1} по осі x_1 ;

$$\mu_{x2}^A = (x_2^A - x_2^0) / (x_2^m - x_2^0) = (30\% - 0\%) / (50\% - 0\%) = 0,6 -$$

функція належності координати x_2^A до нечіткої множини універсуму U_{x2} по осі x_2 ;

$x_1^0, x_1^m, x_2^0, x_2^m$ – позначення входів ІМ; F^0, F_{x1}, F_{x2}, F^m – позначення виходів ІМ.

Перевіряємо апроксимацію: при якості страв $x_1^A = 60\%$ та якості обслуговування $x_2^A = 30\%$ ми повинні дати чайові в розмірі $F^A = 15\%$, значення яких знаходиться в межах, визначених інформаційним модулем.

Приклад 2. Визначення оплати працівника

Однозначна нечітка система повинна апроксимувати функцію $y = F(x_1, x_2)$, де y – оплата робітника, x_1 – час виконання роботи, x_2 – акуратність виконання роботи.

Оптимальну оплату робітника повинен визначити експерт: чим швидше та акуратніше виконана робота, тим вища оплата робітника. Експерт визначає універсуми, лінгвістичні змінні та терми згідно з даними табл. 16.2.

Таблиця 16.2

Універсуми, лінгвістичні змінні та терми однозначної нечіткої системи для визначення оплати робітника

| Змінна | Назва | Універсум | Лінгвістична змінна | Терми-числа |
|--------|------------------------------|---------------------------|---------------------|--|
| y | Оплата праці | $U_y = 0 \dots 1$ | Плата | $y^M = 0,1$; $y^C = 0,5$; $y^B = 1,0$ |
| x_1 | Час виконання роботи | $U_{x_1} = 1 \dots 5$ діб | Час | $x_1^M = 1$; $x_1^C = 3$; $x_1^B = 5$ |
| x_2 | Акуратність виконання роботи | $U_{x_2} = 0 \dots 100\%$ | Ак | $x_2^M = 0\%$; $x_2^C = 50\%$; $x_2^B = 100\%$ |

Експерт визначає реалізовані опорні точки (рис. 16.4).

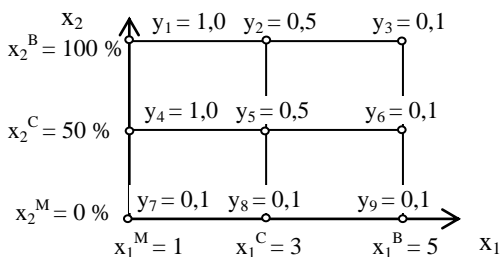


Рис. 16.4. Реалізовані опорні точки нечіткої системи визначення оплати робітника

Таблиця 16.3

База знань для визначення оплати робітника

| $x_2 \backslash x_1$ | 1 | 3 | 5 |
|----------------------|-----|-----|-----|
| 0 % | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 50 % | 1,0 | 0,5 | 0,1 |
| 100 % | 1,0 | 0,5 | 0,1 |

База знань має вигляд табл. 16.3, також її можна представити сукупністю продукційних правил

if $x_1 = 1$ *and* $x_2 = 0$ % *then* $y = 0,1$.

if $x_1 = 3$ *and* $x_2 = 0$ % *then* $y = 0,1$.

.....
if $x_1 = 5$ *and* $x_2 = 100$ % *then* $y = 0,1$.

Для заданої вхідної точки $A\{x_1^A = 2 \text{ доби}; x_2^A = 75\%$ вихід повинен знаходитись у межах $y^A = 0,5 \dots 1,0$ і розраховується за інтерполяційною формулою

$$y^A = y^0 + (y_{x1} - y^0)\mu_{x1}^A + (y_{x2} - y^0)\mu_{x2}^A + [y^m + y^0 - (y_{x1} + y_{x2})]\mu_{x1}^A\mu_{x2}^A =$$

$$= 1 + (0,5 - 1,0) \cdot 0,5 + (1,0 - 1,0) \cdot 0,5 + [0,5 + 1,0 - (0,5 + 1,0)] \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,75,$$

де $\mu_{x1}^A = (x_1^A - x_1^0)/(x_1^m - x_1^0) = (2 - 1)/(3 - 1) = 0,5$ – функція належності координати x_1^A до нечіткої множини універсуму U_{x1} по осі x_1 ;

$\mu_{x2}^A = (x_2^A - x_2^0)/(x_2^m - x_2^0) = (75\% - 50\%)/(100\% - 50\%) = 0,5$ – функція належності координати x_2^A до нечіткої множини універсуму U_{x2} по осі x_2 .

Приклад 3. Апроксимація «невідомої» функції $F = x_1 \sin x_2$.

Уведені в табл. 16.4 дані визначає експерт.

Таблиця 16.4

Визначені експертом дані однозначної нечіткої системи

| Змінна | Універсум | Лінгвістична змінна | Терми |
|--------|-------------------------|---------------------|---|
| F | $U_F = 0 \dots 10$ | Вихід F | $F^M = 0; F^C = 5; F^B = 10$ |
| x_1 | $U_{x1} = 0 \dots 10$ | Вхід X1 | $x_1^M = 0; x_1^C = 5; x_1^B = 10$ |
| x_2 | $U_{x2} = 0 \dots 6,28$ | Вхід X2 | $x_2^M = 0; x_2^{CT} = 1,57; x_2^{C2} = 3,14;$ $x_2^{C3} = 4,71; x_2^B = 6,28$ |

Для **реалізованих опорних точок** (на рис. 16.5, а вони показані білими колами) експерт вказує значення виходу $F_1 \dots F_{15}$.

У нечітких системах виникає проблема переміщення до екстремуму в просторі ділянки існування рішень, форма якої визначається обмеженнями (нерівностями) за ресурсами. За допомогою реалізованих та нереалізованих опорних точок експерт може позначити дозволену множину точок ділянки існування рішень або її дозволену границю (як приклад, границя показана на рис. 16.5, а більш жирними колами), яка після цього може бути

переведена до вигляду однозначної нечіткої нерівності – обмеження для багатокритеріальних моделей нечітких та комбінованих систем.

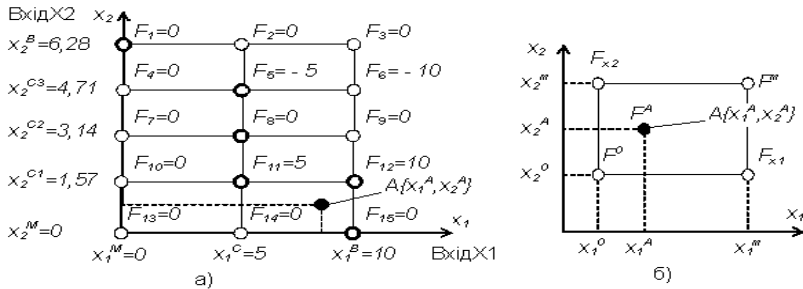


Рис. 16.5. Реалізовані опорні точки (а) та позначення даних інформаційного модуля ІМ (б)

Таблиця 16.5

База даних однозначної нечіткої системи апроксимації формули
 $F = x_1 \sin x_2$

| x_2 | x_1 | | |
|-------|-------|----|-----|
| | 0 | 5 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,57 | 0 | 5 | 10 |
| 3,14 | 0 | 0 | 0 |
| 4,71 | 0 | -5 | -10 |
| 6,28 | 0 | 0 | 0 |

Правила бази даних однозначної нечіткої системи складаються на основі даних реалізованих опорних точок. Їх можна представити або у вигляді таблиці (див. табл. 16.5), або у вигляді сукупності окремих не пов'язаних між собою 15-ти продукційних правил (див. рис. 16.5).

if $x_1 = 0$ and $x_2 = 6,28$ then $F_1 = 0$.

if $x_1 = 5$ and $x_2 = 6,28$ then $F_2 = 0$.

.....

if $x_1 = 10$ and $x_2 = 0$ then $F_{15} = 0$.

Задана вхідна точка $A\{x_1^A = 7; x_2^A = 0,7\}$ потрапляє в позицію між сусідніми реалізованими опорними точками, які в сукупності складають для даної точки **інформаційний модуль** ІМ (рис. 16.5, б). Вихід однозначної нечіткої системи розраховується за інтерполяційною формулою

$$F^A = F^0 + (F_{x1} - F^0)\mu_{x1}^A + (F_{x2} - F^0)\mu_{x2}^A + [F^m + F^0 - (F_{x1} + F_{x2})]\mu_{x1}^A\mu_{x2}^A = 0 + (0 - 0) \cdot 0,4 + (5 - 0) \cdot 0,445 + [10 + 0 - (0 + 5)] \cdot 0,4 \cdot 0,445 = 3,04,$$

де $\mu_{x_1}^A = (x_1^A - x_1^0)/(x_1^m - x_1^0) = (7 - 5)/(10 - 5) = 0,4$ – функція належності координати x_1^A до нечіткої множини універсуму U_{x_1} по осі x_1 ;
 $\mu_{x_2}^A = (x_2^A - x_2^0)/(x_2^m - x_2^0) = (0,7 - 0)/(1,57 - 0) = 0,445$ – функція належності координати x_2^A до нечіткої множини універсуму U_{x_2} по осі x_2 ;
 $x_1^0, x_1^m, x_2^0, x_2^m$ – позначення входів ІМ; $F^0, F_{x_1}, F_{x_2}, F^m$ – позначення виходів ІМ.

Перевіряємо точність апроксимації (дійсне значення $F = x_1 \sin x_2 = 7 \cdot \sin(0,7) = 4,5$, а отримане значення – 3,04), і якщо вона не задовольняє, то обираємо більшу кількість реалізованих опорних точок. У даному випадку отримана достатньо велика похибка. Але якщо обрати точку $B\{x_1^B = 10; x_2^B = 1,57\}$, то отримуємо точну відповідь – $F^B = 10$. Це пояснюється тим, що обрана інтерполяційна форма апроксимації. При цьому слід звернути увагу на те, що ми як експерти навіть не розглянули форму логічних функцій належності, бо вони у вигляді формул для $\mu_{x_1}^A$ та $\mu_{x_2}^A$ безпосередньо увійшли в розрахунок. Отриману числову величину виходу F^A потім можна перевести в однозначне лінгвістично-логічне значення: $(F^A = 3,04) \rightarrow$ (старший терм $F^C = 5$, функція належності $\mu_F^A = 0,61$).

Приклад 4. Соціальний стан на підприємстві

Вважаємо, що **соціальний стан F на підприємстві** (універсум $U_F = 0 \dots 100$ %, лінгвістична змінна «СоцСтан», терми-числа $F^M = 0$ %; $F^C = 50$ %; $F^B = 100$ %) залежать від:

– **заробітної плати** x_1 (універсум $U_{x_1} = 0 \dots 100$ %, лінгвістична змінна «Зарплата», терми-числа $x_1^M = 0$ %; $x_1^C = 50$ %; $x_1^B = 100$ %);

– **цін на ринку** x_2 (універсум $U_{x_2} = 0 \dots 100$ %, лінгвістична змінна «Ціни», терми-числа $x_2^M = 0$ %; $x_2^C = 50$ %; $x_2^B = 100$ %).

Експерт визначає базу даних у вигляді реалізованих опорних точок рис. 16.6.

Цю базу даних можна внести в табл. 16.6, або дати як сукупність продукційних правил

if $x_1 = 0$ % and $x_2 = 0$ % then $F_7 = 0$ %.
 if $x_1 = 50$ % and $x_2 = 0$ % then $F_8 = 50$ %.

 if $x_1 = 100$ % and $x_2 = 100$ % then $F_3 = 40$ %.

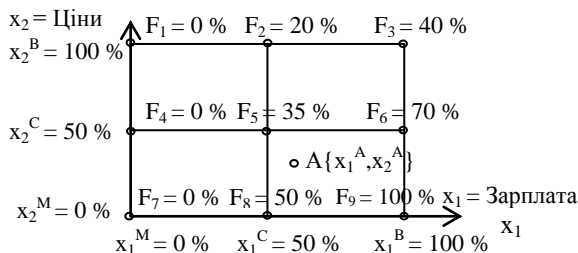


Рис. 16.6. Реалізовані опорні точки системи визначення соціального стану

Таблиця 16.6

База знань для визначення соціального стану

| $x_2 \backslash x_1$ | 0 % | 50 % | 100 % |
|----------------------|--------------|---------------|----------------|
| 0 % | $F_7 = 0 \%$ | $F_8 = 50 \%$ | $F_9 = 100 \%$ |
| 50 % | $F_4 = 0 \%$ | $F_5 = 35 \%$ | $F_6 = 70 \%$ |
| 100 % | $F_1 = 0 \%$ | $F_2 = 20 \%$ | $F_3 = 40 \%$ |

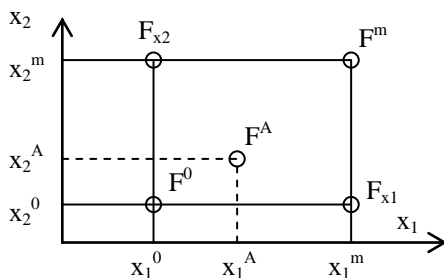


Рис. 16.7. Інформаційний модуль

Вхідна точка $A\{x_1^A = 60 \% ; x_2^A = 30 \%\}$ потрапляє в позицію між сусідніми реалізованими опорними точками, які в сукупності складають для даної точки **інформаційний модуль** ІМ (рис. 16.6, рис. 16.7). Вихід однозначної нечіткої системи розраховується за інтерполяційною формулою

$$F^A = F^0 + (F_{x1} - F^0)\mu_{x1}^A + (F_{x2} - F^0)\mu_{x2}^A + [F^m + F^0 - (F_{x1} + F_{x2})]\mu_{x1}^A\mu_{x2}^A =$$

$$= 50 \% + (100 \% - 50 \%) \cdot 0,2 + (35 \% - 50 \%) \cdot 0,6 + [70 \% + 50 \% - (100 \% + 35 \%)] \cdot 0,2 \cdot 0,6 = 49,2 \%,$$

де $\mu_{x1}^A = (x_1^A - x_1^0) / (x_1^m - x_1^0) = (60 \% - 50 \%) / (100 \% - 50 \%) = 0,2$ – функція належності координати x_1^A до нечіткої множини універсуму U_{x1} по осі x_1 ;

$$\mu_{x_2}^A = (x_2^A - x_2^0) / (x_2^m - x_2^0) = (30 \% - 0 \%) / (50 \% - 0 \%) = 0,6 -$$

функція належності координати x_2^A до нечіткої множини універсуму U_{x_2} по осі x_2 ;

$x_1^0, x_1^m, x_2^0, x_2^m$ – позначення входів ІМ;

$F^0, F_{x_1}, F_{x_2}, F^m$ – позначення виходів ІМ.

Перевіряємо апроксимацію: при зарплаті $x_1^A = 60 \%$ та цінах на ринку $x_2^A = 30 \%$ соціальний стан дорівнює $F^A = 49,2 \%$, що не суперечить межах інформаційного модуля.

Для демонстрації можливостей наведеного аналізу нижче наводяться приклади ряду проблем, які можуть бути розв'язані за допомогою однозначних нечітких систем.

1. Створення однозначної нечіткої системи з визначення оцінки студента ($y = 2 \dots 5$) залежно від терміну праці студента над матеріалами лекцій ($x_1 = 0 \dots (20 + 0,5N)$ годин). N – порядковий номер студента в групі.

2. Створення однозначної нечіткої системи для визначення прибутку фірми ($y = 0 \dots N$ тис. грн) від собівартості одиниці продукції ($x_1 = 3 \dots (2 + N)$ грн) та ціни на ринку ($x_2 = 4 \dots (5 + 1,1N)$) з урахуванням зміни попиту. Вважається, що фірма може цілком задовольнити розглянутий попит. N – довільне число.

3. Створення однозначної нечіткої системи для апроксимації довільно визначеної формули $y = f(x_1, x_2)$ при параметрах входу ($x_1 = 0 \dots N$) та ($x_2 = 0 \dots N$) з перевіркою точності апроксимації для 5-ти довільно обраних точок. N – довільне число.

4. Отримання за наданою базою знань у вигляді таблиці аналітичної залежності однозначної нечіткої системи регулятора збудження синхронного генератора $u_{3Б} = f(x_1, x_2)$, де x_1 – струм, який віддається генератором у мережу; x_2 – коефіцієнт потужності. N – довільне число.

| $x_2 \backslash x_1$ | 0 | 50 N | 100 N |
|----------------------|----|------|-------|
| 0 | 30 | 60 | 100 |
| 0,5 | 30 | 50 | 80 |
| 1 | 30 | 40 | 60 |

5. Отримання за наданою базою знань у вигляді таблиці аналітичної залежності однозначної нечіткої системи управління зарядним струмом акумулятора $i = f(x_1, x_2)$, де x_1 – зарядний струм; x_2 – температура електроліту. N – довільне число.

| $x_2 \backslash x_1$ | 0 | 50 N | 100 N |
|----------------------|----|------|-------|
| 0 | 30 | 60 | 100 |
| 0,5 | 30 | 50 | 80 |
| 1 | 30 | 40 | 60 |

6. Розрахунок струму виходу сонячної батареї залежно від яскравості сонця та площі батареї.

7. Розрахунок ціни продукції залежно від ціни на сировину та ціни на паливо.

8. Розрахунок залежності ефективності роботи від заробітної плати та працездатності.

9. Розрахунок залежності витікання рідини від рівня рідини в емкості та положення заслонки.

10. Розрахунок швидкості переміщення вантажу від стану машини та професійності водія.

11. Розрахунок залежності величини переміщення заслонки подачі пару від температури в приміщенні та зовнішньої температури.

12. Розрахунок росту рослин залежно від інтенсивності поливу та температури.

13. Складання програми визначення траєкторії покрокового переміщення рухомого об'єкта (літальними апаратами, суднами, підводними човнами, автономними роботами тощо) за допомогою застосування нечітких множин залежно від координат початкової та цільової точки, координат перешкод та даних «радарного датчика», який вказує кути обходу найближчої перешкоди з використанням двох вхідних нечітких множин: напрямку на цілі (x_1); кути обходу перешкод (x_2).

14. Розрахунок залежності швидкості судна від швидкості вітру (x_1), стану моря (x_2) та характеристики судна (x_3).

15. Розрахунок споживання пива залежно від коливання температури повітря в червні місяці та середнього заробітку робітника в порівнянні з вартістю прожиткового мінімуму.

17. ІТЕРАЦІЙНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ТА ОДНОЗНАЧНИХ НЕЧІТКИХ СИСТЕМ

Розглянемо універсальні ітераційні методи, які можуть застосовуватись для оптимізації багатокритеріальних і багатфакторних процесів у технічних, господарських, фінансових та соціальних сферах з ділянками існування рішень (ДІР), що обмежуються лінійними чи нелінійними нерівностями (нелінійності рекомендується обмежувати математичними моделями другого порядку) [68; 70]. Задача нелінійного програмування має загальний вигляд

$$F_e(X) \rightarrow \min; \quad (17.1)$$

$$g_i(X) \leq 0, \quad (17.2)$$

де $e = 1, 2, \dots, E$ – порядковий номер функції мети $F_e(X)$;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ – вектор вхідних змінних;

$j = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер вхідної змінної;

$i = 1, 2, \dots, m$ – порядковий номер нерівності-обмеження $g_i(X) \leq 0$.

Розроблений метод охоплює достатньо великий обсяг задач (у тому числі й задачі оптимізації міцності конструкцій, її маси, об'єму [8; 9; 11-13]) і дозволяє або отримати ітераційний розв'язок, або виділити оптимальну частину ДІР, у якій знаходиться розв'язок, з метою наступного його математичного опису добре розвиненими методами планування експериментів або нечітких систем.

У системах автоматизованого проектування (САПР) багатокритеріальність та багатфакторність технічних споруд пояснюється не лише необхідністю розгляду впливу різних факторів на їх міцність, але й необхідністю оптимізації її ваги, вартості, економічних показників експлуатації, впливу віку споруди на надійність тощо [8; 9; 11-13].

Взаємно суперечливі функції мети $F_e(X)$, $e = 1, 2, \dots, E$ потрібно узгоджувати за одним розрахунком, але відсутність такого підходу є недоліком багатьох методів аналізу лінійних та нелінійних задач математичного програмування. Недоліком існуючих ітераційних методів оптимізації нелінійних задач є також складність їх застосування у зв'язку зі зміною величини кроків та напрямків переміщення в ДІР з

урахуванням обмежень (2), впливу на кінцевий результат положення початкової точки та величини кроків переміщення. Внаслідок цього не завжди може бути отримане оптимальне рішення.

Метою даного аналізу є усунення цих типових недоліків і створення універсального методу аналізу для прийняття оптимальних рішень у складних багатокритеріальних технічних, господарчих чи соціальних процесах.

Розроблений метод оперує моделями, які описуються математичними виразами (17.1) та (17.2) з урахуванням оцінки показників, які можуть дати експерти на рівні інтуїції. Тому в комбінованих узагальнених задачах окремі обмеження можна застосовувати на основі теорії однозначних нечітких систем [57; 58].

Дискретна сітківка спостереження виходу. Попередньо покажемо, що значення функції мети $F(X)$ на границях ділянки існування рішень (ДІР) змінюються вздовж границі поступово від найгіршої до найліпшої величини в міру наближення до точки оптимуму. Це зручно зробити на основі номограм, які розглянуті в [56] для розв'язку багатокритеріальних двовірних задач лінійного програмування. Ці номограми отримуються шляхом зміни вільного члена від максимального значення, яке позначено цифрою 100 % і точкою 'С', до мінімального значення, яке позначено цифрою 0 % і точкою 'О' (ми розглянемо номограми лише для однієї функції мети $F(X)$ – рис. 17.1). Із рис.17.1 видно, що на межевих точках 0, А, В, С, D, Е ділянки існування рішень, яка виділена сірим кольором, функція мети поступово змінюється від 0 % до 100 %.

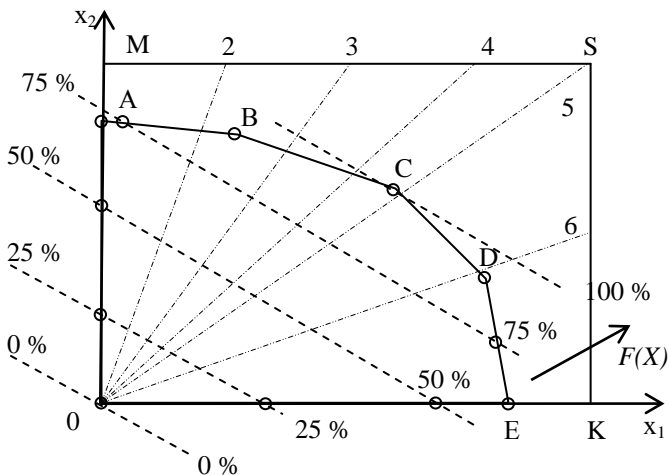


Рис. 17.1. Зміна значень функції мети $F(X)$ на границях ділянки рішень

Таким чином, якщо отримати координати ряду точок на границі існування рішень, то серед них можна виділити частку точок з найліпшими значеннями функції мети $F(X)$. Це стосується як задач лінійного програмування, так і задач нелінійного програмування, для яких вважаємо, що їх точка оптимального розв'язку знаходиться ззовні ДІР. Для розв'язку задачі вводимо **дискретну сітківку спостереження виходу** у вигляді прямої MS (або x_1^C для осі x_1) та прямої KS (або x_2^C для осі x_2), на які проектуємо дискретні (чи цілочислові) значення осьових координат $\{x_1; x_2\}$ (рис. 17.1). Ми повинні розрахувати точку перетину кожної **радіальної лінії спостереження** (вони позначені цифрами) 2-6 з можливими поверхнями ДІР усіх нерівностей $g_i(X) \leq 0$, серед них обрати найменші значення координат $\{x_1^T; x_2^T\}$ і для них розрахувати усі задані функції мети. Це дозволяє виділити сукупність точок з найліпшими значеннями функції мети і через їх координати $\{x_1^T; x_2^T\}$ визначити оптимальну частку ДІР з розумним компромісом між критеріями. Таким чином можна розглядати навіть деякий клас невипуклих ДІР. Кількість осей цілочислових координат спостереження $\{MS, KS\} = \{x_1^C, x_2^C\}$ дорівнює кількості змінних x_j . Якщо по черзі обирати **сітківку спостереження**, для якої значення x_j^C не змінюється і дорівнює максимуму ($x_j^{Cm} = b_j$), то оптимум функції мети ми розшукуємо при зміні x_i^C . Сітківки спостереження виходу для тримірних задач складається з трьох площин, для чотирьохмірних задач – з чотирьох гіперплощин і т. д.

Якщо сітківку спостереження розмістити на осях x_j (замість ліній MS, KS), то замість загальної точки ' $x_j^C = 0$ ' для радіальних ліній треба використати загальну точку S при $x_j^{Cm} = b_j$ (рис. 17.1).

На початку розрахунків основну вісь спостереження доцільно обирати для кутової точки осей x_j ДІР з найліпшими значеннями функції мети. Можлива організація випадкового пошуку оптимуму по сітківці x_j^C , яка, порівняно з x_j , може мати навіть іншу метрику. Нумерацію ліній спостереження можна виконувати за цілочисловою матрицею $V[1...(b_1 + b_2 + 1); 1...(b_3 + 1); \dots; 1...(b_n + 1)]$ у напрямках: від осі x_1 до осі x_2 , а потім вздовж осей x_3, \dots, x_n від «нуля» до b_3, \dots, b_n .

Приклад. Розглянемо задачу ЛП з однією функцією мети

$$F = 8x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 \rightarrow \max; \quad (17.2)$$

$$8x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 2000; \quad (17.3)$$

$$6x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \leq 800; \quad (17.4)$$

$$1,5x_1 + 3x_3 + 2x_4 \leq 200; \quad (17.5)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

з оптимальним рішенням, отриманим за симплексним методом: $F^{opt} = 1350$; $x_1^{opt} = 0$; $x_2^{opt} = 350$; $x_3^{opt} = 0$; $x_4^{opt} = 100$.

Скористаємось відомими даними з аналітичної геометрії:

– рівняннями площин у відрізках з нерівностей (17.3)-(17.5) у вигляді

$$\frac{x_1}{a_{1i}} + \frac{x_2}{a_{2i}} + \frac{x_3}{a_{3i}} + \frac{x_4}{a_{4i}} = 1, \quad (17.6)$$

де $a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, a_{4i}$ – значення відрізків, які відсікає площина (17.3)-(17.5) на осях $\{x_1; x_2; x_3; x_4\}$; $i = 1, 2, 3$ – порядковий номер нерівності (17.3)-(17.5);

– рівнянням прямої лінії спостереження, яка проходить через початок координат осей $\{x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0\}$ та точку $P(x_1^C, x_2^C, x_3^C, x_4^C)$ на сітківці спостереження

$$\frac{x_1}{x_1^C} = \frac{x_2}{x_2^C} = \frac{x_3}{x_3^C} = \frac{x_4}{x_4^C} \quad (17.7)$$

і дозволяє для будь-якої функції обмеження (17.3)-(17.5) (лінійної чи нелінійної) визначити значення однієї з координат x_k перетину цієї радіальної прямої лінії з поверхнею ДПР за рахунок заміни в обмеженнях (17.3)-(17.5) усіх інших змінних x_j на одну обрану змінну x_k за рівностями, які отримані з (17.7)

$$x_j = \frac{x_j^C x_k}{x_k^C}; \quad (17.8)$$

– формулою координати перетину прямої лінії (17.7) з площиною (17.6)

$$x_{ji}^T = \frac{x_j^C}{A_i}, \quad (17.9)$$

$$\text{де } A_i = \frac{x_1^C}{a_{1i}} + \frac{x_2^C}{a_{2i}} + \frac{x_3^C}{a_{3i}} + \frac{x_4^C}{a_{4i}}.$$

Дані гіперплощин (17.3)-(17.5) переносимо в табл. 17.1 на основі формули (17.6).

Таблиця 17.1

Дані гіперплощин-нерівностей (17.3)-(17.5)

| Нерівність | a_{1i} | a_{2i} | a_{3i} | a_{4i} |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| (3) | 250* | 1000 | 666,6 | ∞ |
| (4) | 133,3 | 400* | 266,6 | 800 |
| (5) | 133,3 | ∞ | 66,6* | 100* |

Діапазон зміни $x_j^C = 0 \dots b_j = 0 \dots 400$ можна брати довільним для різних осей спостереження, і його слід розглядати лише як необов'язковий до виконання намір визначення точності, бо при практичних розрахунках використовуються лише обрані можливі комбінації величин x_j^C .

Дані розрахунків наведені в табл. 17.2. У п. 1-4 табл. 17.2 визначені функції мети на осях x_1 - x_4 , з яких найліпшим є значення функції мети $F^C(x_1^C; x_2^C; x_3^C; x_4^C) = F^C(0; 400; 0; 0) = 1200$ на осі x_2 .

Таблиця 17.2

Розрахунки значень функції мети задачі (17.2)-(17.5)

| № | Координати ($x_1^C, x_2^C, x_3^C, x_4^C$) | A_i | x_{1i}^T | x_{2i}^T | x_{3i}^T | x_{4i}^T | F |
|---|--|----------------|------------|------------|------------|------------|------|
| 1 | (400; 0; 0; 0), вісь x_1 | 1,6 | 250 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 3 | 133,3 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 3 | 133,3* | 0 | 0 | 0 | 1067 |
| 2 | (0; 400; 0; 0), вісь x_2 | 0,4 | 0 | 1000 | 0 | 0 | |
| | | 1 | 0 | 400* | 0 | 0 | 1200 |
| | | $0 + \Delta b$ | 0 | ∞ | 0 | 0 | |
| 3 | (0; 0; 400; 0), вісь x_3 | 0,6 | 0 | 0 | 666 | 0 | |
| | | 1,5 | 0 | 0 | 267 | 0 | |
| | | 6 | 0 | 0 | 66,6* | 0 | 133 |
| 4 | (0; 0; 0; 400), вісь x_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | ∞ | |
| | | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 800 | |
| | | 4 | 0 | 0 | 0 | 100* | 300 |
| 5 | (100; 400; 0; 0) | 0,8 | 125 | 500 | 0 | 0 | |
| | | 1,75 | 57,1* | 228* | 0 | 0 | 1141 |
| | | 0,75 | 133,3 | 532 | 0 | 0 | |
| 6 | (0; 400; 100; 0) | 0,55 | 0 | 727 | 182 | 0 | |
| | | 1,375 | 0 | 291 | 72,7 | 0 | |
| | | 1,5 | 0 | 267* | 66,7* | 0 | 933 |
| 7 | (0; 400; 0; 100) | 0,4 | 0 | 1000 | 0 | 250 | |
| | | 1,125 | 0 | 356* | 0 | 89* | 1324 |
| | | 1 | 0 | 400 | 0 | 100 | |
| 8 | (100; 400; 0; 100) | 0,8 | 125 | 500 | 0 | 125 | |
| | | 1,875 | 53,4* | 213* | 0 | 53,4* | 1229 |
| | | 1 | 100 | 400 | 0 | 100 | |
| 9 | (0; 400; 100; 100) | 0,55 | 0 | 726 | 182 | 182 | |

Закінчення таблиці 17.2

| | | | | | | | |
|----|------------------|-------|---|--------|-------|-------|-----|
| | | 2,625 | 0 | 152,3* | 38,1* | 38,1* | 647 |
| | | 2,5 | 0 | 160 | 40 | 40 | |
| 10 | (0; 400; 0; 200) | 0,4 | 0 | 1000 | 0 | 500 | |
| | | 1,25 | 0 | 320 | 0 | 160 | |
| | | 2 | 0 | 200* | 0 | 100* | 900 |

Основний принцип пошуку полягає в тому, що навколо знайденої точки з найліпшим компромісом між функціями мети треба обстежувати усі сусідні точки на оптимум. Це дозволяє або визначити нову, кращу точку, або визначити оптимальну частку ДІР, або отримати ітераційний розв'язок задачі. У табл. 17.3 ми отримали найліпшу функцію мети $F(x_1^T; x_2^T; x_3^T; x_4^T) = F(0; 356; 0; 89) = 1\,324$. У загальному плані бажано виконувати розрахунки при великих кроках координат x_j^C , а потім скорочувати ці кроки навколо точки оптимального рішення.

Якщо якась нерівність з (17.3)-(17.5) є нелінійною і має, наприклад, вигляд

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 \leq 20\,000, \quad (17.10)$$

то для визначення координати перетину прямої лінії x_1^T з поверхнею ДІР з (17.7) отримуємо

$$x_2^T = \frac{x_2^C}{x_1^C} x_1^T, \quad x_3^T = \frac{x_3^C}{x_1^C} x_1^T, \quad x_4^T = \frac{x_4^C}{x_1^C} x_1^T \quad (17.11)$$

і підставляємо їх в (10), звідки визначаємо x_1^T з рівняння

$$(x_1^T)^2 \{1 + [(x_2^C)^2 + (x_3^C)^2 + (x_4^C)^2] / [(x_1^C)^2 + \Delta b]\} = 20\,000,$$

де $\Delta b \approx 0,00001$ – штучно додана величина, яка не повинна суттєво впливати на точність розрахунків (її можна замінити логічними умовами).

Потім розраховуємо інші координати за аналогічними формулами (17.11).

Для визначення оптимуму за методом прямого пошуку (без обмежень) задамося значеннями універсумів вхідних змінних і (діленням радіальних відрізків спостереження, наприклад, за методом «золотого перетину» [6; 38; 49]) визначаємо оптимальні точки з наступним або зменшенням універсумів по їх координатах, або зменшенням кроків по x_j^C . Можна також отримати розв'язок, якщо функції мети надати вигляд рівності з деяким значенням вільного члена і розглядати її як поверхню, з якою перетинаються лінії спостереження.

Як відомо, окремий клас методів оптимізації складають методи прямого пошуку (типу Хука-Дживса, Нелдера-Міда, Давідсона-Флетчера-Пауела та ін.), які розглядають функцію мети без обмежень. Якщо ми при застосуванні радіальних прямих спостереження задамося значеннями універсумів вхідних змінних, то (знаючи функції мети на початках та на кінцях універсумів) для кожної радіальної лінії спостереження ми можемо всередині радіальних відрізків спостереження за методом «золотого перетину» визначити координати точок з найліпшим значеннями випуклих чи увігнених функцій мети з наступним уточненням універсумів по цих координатах [49]. При переміщенні вздовж обраної прямої спостереження змінюють одну з координат та по ній перераховують усі значення координат згідно з (17.9); отримані координати використовуються у функції мети, і за методом «золотого перетину» визначають координати точок з найліпшим значенням функції мети. Для нелінійних функцій мети є небезпека потрапити в локальний оптимум.

Припустимо, що потрібно мінімізувати функцію

$$F(x_1; x_2; x_3; x_4) = (9 - x_1)^2 + (1 - x_2)^2 + (20 - x_3)^2 + (4 - x_4)^2, \quad (17.12)$$

де $X^{opt} = \{x_1^{opt}; x_2^{opt}; x_3^{opt}; x_4^{opt}\} = \{3; 1; 20; 4\}$.

Для цього експерт задає значення універсумів $U_{x1} = 0...10$; $U_{x2} = 0...40$; $U_{x3} = 0...100$; $U_{x4} = 0...60$; і починає використовувати метод «золотого перетину». Для деякої прямої $P(b_1; b_2; b_3; b_4) = P(10; 40; 100; 60)$ експерт розглядає значення функції мети в чотирьох точках: $P_1(0; 0; 0; 0)$, $P_2(3,82; 12,72; 38,2; 22,92)$, $P_3(6,18; 24,72; 61,8; 37,08)$, $P_4(10; 40; 100; 60)$. Значення координати x_k , розраховується згідно з методом «золотого перетину», а потім за формулою (17.9) перераховують інші координати точок на прямій спостереження з наступним визначенням функції мети. Отримані точки з ліпшими значеннями функції мети використовуються для скорочення числових значень універсумів. Початок розрахунків показаний у табл. 17.5.

Таблиця 17.5

Оптимізація функції (17.12) методом «золотого перетину»

| № | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | $F(X)$ |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 416 |
| | 3,82 | 12,72 | 38,2 | 22,92 | 803 |
| | 6,18 | 24,72 | 61,8 | 37,08 | 4257 |
| | 10 | 40 | 100 | 60 | 17118 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 416 |
| | 2,36 | 9,44 | 23,6 | 14,16 | 199 |
| | 3,82 | 12,72 | 38,2 | 22,92 | 803 |
| | 6,18 | 24,72 | 61,8 | 37,08 | 4257 |

Висновки. 1. Розглянуті два універсальні ітераційні методи оптимізації задач для кількох функцій мети дійсних змінних $F_e(X) \rightarrow \min, X = \{x_1; x_2; \dots, x_n\}, e = 1, 2, \dots, E$:

- **метод** з використанням радіальних ліній спостереження, з обмеженнями $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$, який може застосовуватись у випадку наявності деякої невивуклості множин ДІР;
- метод прямого пошуку з використанням радіальних ліній спостереження, без урахування обмежень при завданні максимально можливих універсумів вхідних змінних;

2. Методи дозволяють оптимізувати задачу або з однією функцією мети, або отримати оптимум з розумним компромісом між кількома функціями мети. Вони добре пристосовані до пошуку оптимуму випадковим чином, дозволяють робити скорочений перебір усіх комбінаторних можливостей по координатах з можливістю дискретної зміни кроків пошуку.

3. Використання методів однозначних нечітких систем дозволяє розглядати задачі оптимізації змішаного характеру, коли частка характеристик системи встановлюється експертами або на різних рівнях дискретності (до отримання «точного» ітераційного рішення за одними змінними та дискретного за іншими змінними), або на рівні інтуїції.

18. ДИСКРЕТНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Метою даного аналізу є спрощення розрахунків при дискретному програмуванні та розробка універсальних ітераційних методів для оптимізації лінійних чи нелінійних багатокритеріальних процесів з математичною моделлю у вигляді

$$F_e(X) \rightarrow \min; \quad g_i(X) \leq 0, \quad (18.1)$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ – вектор вхідних змінних; $e = 1, 2, \dots, E, j = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, m$ – порядкові номери функцій мети $F_e(X)$, змінних x_j та нерівностей-обмежень $g_i(X) \leq 0$, включаючи однозначні нечіткі обмеження [68].

Дискретна сітківка спостереження виходу. Якщо змінювати значення вільного члена однієї функції мети $F(X)$ від максимального значення (воно позначене цифрою 100 % і точкою «С» – рис. 18.1) до мінімального значення (воно позначене цифрою 0 % і точкою «0»), то отримуємо номограму. Подібні номограми розглянуті в [56] для розв'язку багатокритеріальних двовірних задач лінійного програмування. Таким чином, на межевих точках ділянки існування рішень (ДІР), яка виділена сірим кольором, функція мети поступово змінюється від 0 % до 100 %. Якщо отримати координати ряду точок на границі існування рішень, то сукупність координат точок з найліпшими величинами функцій мети дозволять виділити в ДІР оптимальну множину точок. Це стосується задач лінійного та нелінійного програмування, для яких оптимальна точка функції мети $F(X)$ знаходиться ззовні ДІР.

Розглянемо дві **дискретні сітківки спостереження осей** на прикладі двовірної моделі (рис. 18.1). Для цього осям $\{x_1; x_2\}$, які існують паралельно, уводимо довільну допоміжну **цілочислову дискретну систему координат спостереження** $\{y_1; y_2\}$ з власною метрикою, яка охоплює по осях $\{x_1; x_2\}$ ділянку існування рішень $OABCDE$ (вона помічена сірим кольором). Дискретність осей $\{y_1; y_2\}$ у даному випадку означає, що кожна одна цілочислова одиниця осі y_j може вмішувати один з наступних варіантів значень діапазонів відповідної нецілочислової координати x_j : будь-який діапазон чисел (цілочисловий чи нецілочисловий), дробове

число, цілочислову одиницю (ці числові діапазони можуть бути різними для різних осей y_i). Можна вважати, що цілочисловим значенням дискретної системи координат спостереження $\{y_1; y_2\}$ однозначно відповідають дискретні нецілочислові значення осей $\{x_1; x_2\}$, які будемо помічати як $\{x_1^C; x_2^C\}$. Тобто дискретну систему координат спостереження $\{y_1; y_2\}$ можна також розглядати як цілочислові порядкові номери дискретних значень осей $\{x_1; x_2\}$.

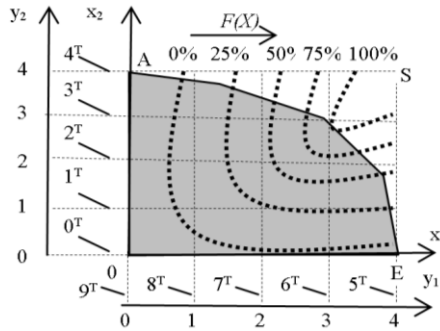


Рис. 18.1. Зміна значень функції мети $F(X)$ на границях ділянки рішень

Паралельно осям $\{y_1; y_2\}$ проводимо першу **дискретну сітківку спостереження осі y_1** у вигляді прямої AS та другу **дискретну сітківку спостереження осі y_2** у вигляді прямої ES для осі y_2 , на які проєктуються цілочислові значення осьових координат спостереження $\{y_1; y_2\}$ та нецілочислові дискретні значення осей $\{x_1; x_2\}$ у вигляді $\{x_1^C; x_2^C\}$.

Показані пунктиром **прямі ліній спостереження** в координатній системі $\{y_1; y_2\}$ (вони проходять паралельно до осей координат $\{y_1; y_2\}$ і позначені цифрами $0^T \dots 4^T$ для осі y_1 та $5^T \dots 9^T$ для осі y_2) пересікають поверхню ДПР та сітківку спостереження ES та AS . Внаслідок випуклості ДПР ми завжди будемо мати лише одну точку перетину границі ДПР кожною окремою прямою лінією спостереження $0^T \dots 9^T$ (але, як бачимо з рис. 18.1, ДПР може мати й деяку невивуклість форми, і однаково можна отримати лише одну точку перетину границі ДПР). Таким чином можна розглядати навіть деякий клас невивуклих ДПР.

Кожна сітківка спостережень складається з дискретної системи прямих ліній спостереження ($0^T \dots 4^T$ для осі y_1 та $5^T \dots 9^T$ для осі y_2), кожна з яких пересікає ДПР в одній точці. Визначення координат цієї точки дозволяє розрахувати усі функції мети та оцінити напрямок руху до їх взаємного узгодження.

У загальному випадку для вектора вхідних змінних $X = \{x_1; x_2; \dots; x_m\}$ ми повинні виділити одну **розрахункову вісь** (наприклад, вісь x_1); з обмежень $g_i(X) \leq 0$ при заданих фіксованих дискретних значеннях $\{x_2^C; x_3^C; \dots; x_n^C\}$ розрахувати x_{1i} і серед отриманих $i = 1, \dots, m$ значень x_{1i} обрати її найменшу величину x_1^T . **Нерівність, яка не вміщує x_1 , не бере участі у визначенні його значення, але використовується в розрахунках для перевірки, чи дотримується нерівність при інших заданих значеннях координат $\{x_2^C; x_3^C; \dots; x_n^C\}$.** У результаті ми отримуємо точку перетину прямої лінії спостереження з поверхнею ДПР $X^T = \{x_1^T; x_2^C; \dots; x_n^C\}$. Для цієї точки ми повинні розрахувати усі функції мети. Це дозволяє виділити сукупність точок з найліпшими значеннями функції мети і через їх координати визначити множину ДПР з розумним компромісом між критеріями.

Таким чином, сітківка спостереження ES використовується, якщо обирається **основною вісь спостереження u_1** (тобто розраховується координата x_1^T при заданих значеннях x_2^C). Для цього застосовуються прямі спостереження $0^T \dots 4^T$: підставляємо в обмеження-нерівності значення $y_2 = x_2^C = const$ і серед кількох отриманих значень для різних нерівностей обираємо найменшу величину x_1^T . Для отриманої точки з координатами $\{x_1^T; x_2^C\}$ розраховуємо усі функції мети $F_e(X)$.

Сітківка спостереження AS використовується, якщо обирається **основною вісь спостереження u_2** (розраховується координата x_2^T при заданих значеннях x_1^C). Для цього застосовуються прямі спостереження $5^T \dots 9^T$: підставляємо в обмеження-нерівності значення $y_1 = x_1^C = const$ і серед кількох отриманих значень для різних нерівностей обираємо найменшу величину x_2^T . Для отриманої точки з координатами $\{x_1^C; x_2^T\}$ розраховуємо усі функції мети $F_e(X)$.

Кількість осей цілочислових координат спостереження u_j дорівнює кількості змінних x_j . При цьому для аналізу можна обирати лише одну **основу вісь спостереження u_j** , для якої розшукується значення x_j^T , а оптимум функції мети ми розшукуємо при зміні інших значень x_j^C . Сітківка спостереження виходу для тримірних задач складається з трьох площин, для чотирьохмірних задач – з чотирьох гіперплощин і т. д. Одну з цих площин, яка належить відповідній осі, можна обирати

для розрахунків: сукупність їх дискретних координат у вигляді $X^T = \{x_1^C; \dots; x_j^T; \dots; x_n^C\}$ надає можливість за нерівностями $g_i(X) \leq 0$ визначити найменшу координату x_j^T .

Починати розрахунки бажано з кутової точки осей x_j ДІР з найліпшими значеннями функцій мети. Можлива організація випадкового пошуку оптимуму по сітківці y_j .

Таким чином, кожна цілочислова поверхня спостереження y_j має на поверхні ДІР: точку перетину з координатами спостереження $X^T = \{x_1^C; x_2^C; \dots; x_j^T; \dots; x_n^C\}$; цілочислові значення координат точки перетину границі ДІР $Y^T = \{y_1^C; y_2^C; \dots; x_j^T; \dots; y_n^C\}$ (тут значення x_j^T звичайно є нецілочисловим); значення усіх функцій мети для точки перетину з границею ДІР $F_e(X)$.

У результаті можна виділити сукупність точок з найліпшими значеннями функції мети і через їх координати виділити ту оптимальну множину точок ДІР, яка має ліпші значення функцій мети з розумним компромісом між ними. Очевидно, що розрахунки бажано починати з кутової точки на осях $\{x_1; x_2\}$, яка має найкраще значення функції мети, і з зупинкою розрахунків при погіршенні значення функції мети. Тобто ми не повинні переглядати усі можливі комбінації за заданими координатами $\{y_1; y_2; \dots; y_n\}$.

Для сукупності точок з найліпшими значеннями функції мети можна отримати математичну модель за методом найменших квадратів, планування експериментів, однозначних нечітких систем [57; 58].

Відомо, що округлення x_j^T у векторі $Y^T = \{y_1^C; y_2^C; \dots; x_j^T; \dots; y_n^C\}$ до найближчого дискретного значення може не дати оптимального дискретного рішення. Разом з тим слід сказати, що, якщо воно може не дати точного оптимального цілочислового рішення, то в усякому разі отримане рішення не є найгіршим.

Як відомо, окремий клас методів оптимізації складають методи прямого пошуку [49] (типу Хука-Дживса, Нелдера-Міда, Давідсона-Флетчера-Пауела та ін.), які розглядають функцію мети без обмежень. Якщо ми задамося значеннями універсумів вхідних змінних, то (знаючи функції мети в початках та на кінцях універсумів) для кожної лінії спостереження $0^T \dots 9^T$ (рис. 18.1) ми можемо всередині відрізків ліній спостереження визначити функції мети з наступним пошуком узгодженого оптимуму, наприклад, діленням відрізків за методом «золотого перетину» [49].

Алгоритм розрахунків:

1. Рішення можна отримати, якщо виконувати розрахунки *за однією будь-якою площиною спостереження*. Але рекомендується обрати

площину спостереження осі x_k , яка має найліпшу кутову точку серед осей ДІР. Це означає, що координату цієї осі x_k розраховуємо, а усі інші координати задаються у вигляді фіксованих значень x_j^C при $j \neq k$.

2. По черзі змінюємо одну координату x_j^C на $(x_j^C + h_j^C)$ (де h_j^C – дискретність осі x_j^C). Кількість подібних змін дорівнює $(n - 1)$ і для кожної такої зміни m разів розраховуємо величину x_k за нерівностями $g_i(X) \leq 0$, з яких обираємо одне, найменше значення. Загальна кількість таких розрахунків дорівнює $(n - 1) \cdot m$.

3. Якщо знайшли ліпшу точку з розумним компромісом між функціями мети, то вважаємо її новою точкою спостереження x_k з продовженням розрахунків згідно з п. 2.

Приклад розв'язання задачі лінійного програмування. Розглянемо спочатку розв'язок задачі лінійного програмування з однією функцією мети

$$F = 8x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 \rightarrow \max; \quad (18.2)$$

$$8x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 2000; \quad (18.3)$$

$$6x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \leq 800; \quad (18.4)$$

$$1,5x_1 + 3x_3 + 2x_4 \leq 200; \quad (18.5)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

з оптимальним рішенням, отриманим за симплексним методом:

$F^{opt} = 1350$; $x_1^{opt} = 0$; $x_2^{opt} = 350$; $x_3^{opt} = 0$; $x_4^{opt} = 100$. З нерівностей (18.3)-(18.5) впливає, що вхідні змінні x_j мають по осях максимальні значення $x_1^{\max} = 133,3$; $x_2^{\max} = 400$; $x_3^{\max} = 66,6$; $x_4^{\max} = 100$, які обмежують ДІР, з відповідними функціями мети

$$F_{x_1}^{\max}(x_1; x_2; x_3; x_4) = F_{x_1}^{\max}(133,3; 0; 0; 0) = 1065; \quad F_{x_2}^{\max}(0; 400; 0; 0) = 1200;$$

$$F_{x_3}^{\max}(0; 0; 66,6; 0) = 133,3; \quad F_{x_4}^{\max}(0; 0; 0; 100) = 300.$$

Діапазони зміни осей координат спостереження y_j візьмемо рівними відповідним цілим числам максимального значення по осях x_j , тобто $y_j^{\max} = x_j^{\max}$: $y_1^{\max} = 133$, $y_2^{\max} = 400$, $y_3^{\max} = 66$, $y_4^{\max} = 100$. Особливих застережень щодо визначення максимального значення y_j^{\max} немає. Цю величину можна брати або рівною чи кратною округленому цілому значенню x_j^{\max} , або довільною і різною для різних осей. Її слід розглядати лише як необов'язковий для виконання намір обмеження можливого атомарного досліджуваного об'єму оптимальної частини ДІР, бо при практичних розрахунках розглядаються лише обрані комбінації зі значеннями y_j .

Дані розрахунків наведені в табл. 18.1. При цьому:

– розрахунки починаємо з точки з найліпшим значенням функції мети $F_{x_2}^{\max}(0; 400; 0; 0) = 1\,200$ при початкових значеннях $y_1^0 = 0$, $y_2^0 = 400$, $y_3^0 = 0$, $y_4^0 = 0$. Основний принцип пошуку полягає в тому, що як тільки виявляється точка з найліпшою функцією мети, потрібно саме цю точку обстежити на оптимум шляхом визначення функцій мети усіх сусідніх по відношенню до неї точок із заданою мірою дискретності. Це дозволяє або визначити нову, найкращу точку, або визначити оптимальну частку ДПР, або отримати ітераційний розв'язок задачі (з розумними співвідношеннями між функціями мети).

– дискретність визначимо на рівні $\Delta y_j = 50$;

– задаємось цілочисловими значеннями точки спостереження $\{y_1^C; y_3^C; y_4^C\}$ і підставляємо відповідні їм змінні $\{x_1^C; x_2^T; x_3^C; x_4^C\}$ в обмеження (18.3)-(18.5) і визначаємо нецілочислові величини x_1^T з відповідним знаком обмеження; для знака обмеження « \leq » серед трьох значень (за кількістю обмежень-нерівностей) обираємо найменшу величину x_1^T . Якщо маємо знак обмеження « \geq », то серед обмежень з цим знаком обираємо найбільше значення x_{1G}^T (при цьому повинні отримати $x_{1G}^T \leq x_1^T$). Вектор $X^T\{x_1^C; x_2^T; x_3^C; x_4^C\}$ і надає координати точки перетину з поверхнею ДПР прямих ліній спостереження. Для отриманої точки $X^T\{x_1^C; x_2^T; x_3^C; x_4^C\}$ розраховуються усі функції мети з наступним переміщенням у бік зваженого оптимуму.

Таблиця 18.1

Розрахунки значень функції мети задачі (2)-(5) для осі розрахунку x_2

| № | x_1^C | x_{2i}^T | x_3^C | x_4^C | F | Нерівність | Примітка |
|---|---------|--------------|---------|---------|------|------------|---|
| 1 | 0 | ≤ 1000 | 0 | 0 | – | (18.3) | Початок розрахунків: кутова точка осі x_2 |
| | 0 | $\leq 400^*$ | 0 | 0 | 1200 | (18.4) | |
| | 0 | – | 0 | 0 | – | (18.5) | |
| 2 | 50 | ≤ 800 | 0 | 0 | – | (18.3) | Пошук навколо точки $x_{2i}^T = 400$, згідно з найліпшою точкою п. 1, зміною значення x_j^C при $j \neq 2$ |
| | 50 | $\leq 250^*$ | 0 | 0 | 1150 | (18.4) | |
| | 50 | – | 0 | 0 | – | (18.5) | |
| 3 | 0 | ≤ 925 | 50 | 0 | – | (18.3) | |
| | 0 | $\leq 325^*$ | 50 | 0 | 1075 | (18.4) | |
| | 0 | – | 50 | 0 | – | (18.5) | |
| 4 | 0 | ≤ 925 | 0 | 50 | – | (18.3) | |
| | 0 | $\leq 375^*$ | 0 | 50 | 1275 | (18.4) | |
| | 0 | – | 0 | 50 | – | (18.5) | |

Закінчення таблиці 18.1

| | | | | | | | |
|----|----|--------------|----|-----|------|--------|---|
| 5 | 50 | ≤ 800 | 0 | 50 | – | (18.3) | Пошук навколо точки $x_{2i}^T = 375$, згідно з найліпшою точкою п. 4, змінною значення x_j^C при $j \neq 2$ |
| | 50 | 225* | 0 | 50 | 825 | (18.4) | |
| | 50 | – | 0 | 50 | – | (18.5) | |
| 6 | 0 | ≤ 925 | 50 | 50 | – | (18.3) | |
| | 0 | $\leq 300^*$ | 50 | 50 | 1150 | (18.4) | |
| | 0 | – | 50 | 50 | – | (18.5) | |
| 7 | 0 | ≤ 1000 | 0 | 100 | – | (18.3) | |
| | 0 | $\leq 350^*$ | 0 | 100 | 1350 | (18.4) | |
| | 0 | – | 0 | 100 | – | (18.5) | |
| 8 | 50 | ≤ 800 | 0 | 100 | – | (18.3) | Пошук навколо точки $x_{2i}^T = 350$, згідно з найліпшою точкою п. 7, змінною значення x_j^C при $j \neq 2$. У п. 10 забороняються розрахунки за нерівністю (18.5). |
| | 50 | $\leq 200^*$ | 0 | 100 | 1300 | (18.4) | |
| | 50 | – | 0 | 100 | – | (18.5) | |
| 9 | 0 | ≤ 925 | 50 | 100 | – | (18.3) | |
| | 0 | $\leq 225^*$ | 50 | 100 | 1075 | (18.4) | |
| | 0 | – | 50 | 100 | – | (18.5) | |
| 10 | 0 | ≤ 1000 | 0 | 150 | – | (18.3) | |
| | 0 | ≤ 325 | 0 | 150 | – | (18.4) | |
| | 0 | – | 0 | 150 | – | (18.5) | |

У табл. 18.1 обрані значення x_{2i}^T позначені зірочками. Внаслідок того, що в обмеженні (18.5) немає змінної x_2 , то воно не застосовується для його визначення і використовується лише для перевірки обмеження за іншими змінними.

Розв'язання задачі нелінійного програмування. Якщо яка-небудь нерівність обмеження з (18.3)-(18.5) є нелінійною і має вигляд

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 \leq 20\,000, \quad (18.6)$$

то для визначення координати перетину прямої лінії x_2^T з поверхнею ДПР використовуємо залежність

$$(x_1^C)^2 + (x_2^T)^2 + (x_3^C)^2 + (x_4^C)^2 = 20\,000.$$

З отриманих точок перетину з обмеженнями-нерівностями обираємо одну з найменшими значеннями координати і отримуємо точку перетину з поверхнею ДПР $X^T \{x_1^C; x_2^T; x_3^C; x_4^C\}$. Можна також застосувати ітераційне визначення величини x_2^T .

Розглянемо розв'язок задачі нелінійного програмування

$$F = 24x_1 + 120x_2 - 3x_1^2 - 15x_2^2 \rightarrow \max; \quad (18.7)$$

$$x_1^2 + 4x_2^2 \leq 64; \quad (18.8)$$

$$4x_1 + 3x_2 \leq 24; \quad (18.9)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2$$

З нерівностей (18.8)-(18.9) випливає, що входні змінні x_j мають по осях максимальні значення $x_1^{\max} = 6$; $x_2^{\max} = 4$, які обмежують ДПР, з відповідними функціями мети $F_{x1}^{\max}(x_1; x_2) = F_{x1}^{\max}(6; 0) = 36$; $F_{x2}^{\max}(0; 4) = 240$. Візьмемо за основну вісь спостереження x_1 і зведемо розрахунки в табл. 18.2.

Таблиця 18.2

Розрахунки значень функції мети задачі (18.7)-(18.9) для осі спостереження x_1

| № | x_{1i}^T | x_2^C | F | Нерівність |
|----|----------------|---------|--------|------------|
| 1 | ≤ 8 | 0 | – | (8) |
| | $\leq 6^*$ | 0 | 36 | (9) |
| 2 | $\leq 0^*$ | 4 | 240 | (8) |
| | ≤ 3 | 4 | – | (9) |
| 3 | $\leq 1,78^*$ | 3,9 | 273 | (8) |
| | $\leq 3,075$ | 3,9 | – | (9) |
| 4 | $\leq 2,5^*$ | 3,8 | 280,7 | (8) |
| | $\leq 3,15$ | 3,8 | – | (9) |
| 5 | $\leq 3,87$ | 3,5 | – | (8) |
| | $\leq 3,375^*$ | 3,5 | 283,1 | (9) |
| 6 | $\leq 5,29$ | 3 | – | (8) |
| | $\leq 3,75^*$ | 3 | 272,8 | (9) |
| 7 | $\leq 4,80$ | 3,2 | – | (8) |
| | $\leq 3,60^*$ | 3,2 | 278 | (9) |
| 8 | $\leq 3,69$ | 3,55 | – | (8) |
| | $\leq 3,34$ | 3,55 | 283,6 | (9) |
| 9 | $\leq 3,49$ | 3,6 | – | (8) |
| | $\leq 3,3^*$ | 3,6 | 284,1 | (9) |
| 10 | $\leq 3,32$ | 3,64 | – | (8) |
| | $\leq 3,27$ | 3,64 | 284,4 | (9) |
| 11 | $\leq 3,27$ | 3,65 | – | (8) |
| | $\leq 3,26$ | 3,65 | 284,5 | (9) |
| 12 | $\leq 3,22$ | 3,66 | 284,48 | (8) |
| | $\leq 3,25$ | 3,66 | – | (9) |

Згідно з розрахунками табл. 18.2 ітераційне рішення дорівнює: $x_1 = 3,26$; $x_2 = 3,65$; $F = 284,5$.

Графоаналітичний розрахунок задачі має вигляд рис. 18.2.

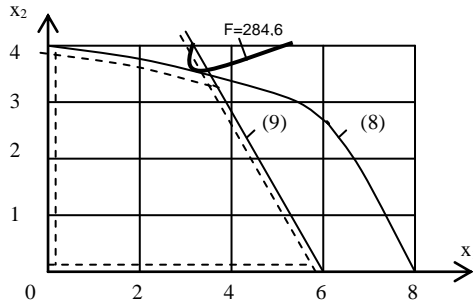


Рис. 18.2. Задача нелінійного програмування

Розв'язання задачі прямого пошуку. Для визначення оптимуму за методом прямого пошуку (без обмежень) задамося значеннями універсумів вхідних змінних і (діленням відрізків спостереження, наприклад, за методом «золотого перетину» [38]) визначаємо одну координату x_k при заданих інших координатах точок на прямій спостереження з наступним визначенням випуклих чи увігнених функцій мети та зменшенням універсумів по їх координатах, або зменшенням кроків по x_j^C . Можна також отримати розв'язок, якщо функції мети надати вигляд рівності з деяким значенням вільного члена і розглядати її як поверхню, з якою перетинаються лінії спостереження.

Для нелінійних функцій мети є небезпека потрапити в точки локальних мінімумів, наприклад, для функції мети

$$F_{AB} = (x_1 - x_2)^2 + (2 - x_1)^2 \rightarrow \min,$$

локальні мінімуми якої можна уявити собі як «яри», «дно» яких позначене прямими А та В, що перехрещуються в точці С глобального мінімуму (рис. 18.2).

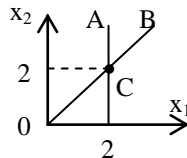


Рис. 18.2. Уявлення поверхні функції F_{AB}

Висновки. 1. Розглянуті два універсальні ітераційні методи оптимізації задач лінійного та нелінійного програмування для кількох функцій мети дійсних змінних $F_e(X) \rightarrow \min, X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, e = 1, 2, \dots, E$:

- метод з використанням обмежень $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$;

– метод прямого пошуку для сукупності квадратичних функцій мети без урахування обмежень при заданих максимально можливих універсумів вхідних змінних.

2. Методи дозволяють оптимізувати (у тому числі й випадковим чином та при деякій невивуклості ДПР) модель математичного програмування з розумним компромісом між кількома лінійними чи нелінійними квадратичними функціями мети. Форма ДПР може визначатись лінійними, нелінійними та однозначними нечіткими обмеженнями.

3. Методи дозволяють робити скорочений перебір усіх комбінаторних можливостей по координатах з можливістю дискретної зміни кроків пошуку.

4. Використання методів однозначних нечітких систем дозволяє розглядати задачі оптимізації змішаного характеру, коли частка обмежень системи встановлюється експертами або на різному рівні дискретності (до отримання «точного» ітераційного рішення за одними змінними та дискретного за іншими змінними) та з використанням однозначних нечітких обмежень.

19. КОМБІНАТОРНО-ГРАНИЧНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РЮКЗАКА З ОБМЕЖЕННЯМ У ВАЗІ ТА ОБ'ЄМІ

Розглянемо задачу завантаження літака з обмеженнями у вазі $G = 30 \text{ т}$ та об'єму $V = 50 \text{ м}^3$ за даними, наведеними в табл. 19.1 [56].

Таблиця 19.1

Дані для літака вантажністю $G = 30 \text{ т}$, з об'ємом вантажу $V = 50 \text{ м}^3$

| Тип речей J | Кількість речей, штук | Вага g_j , тонн | Максимальна кількість речей за вагою $x_{gj} = G/g_j$ | Об'єм v_j , м^3 | Максимальна кількість речей за об'ємом $x_{vj} = V/g_j$ | Вартість s_j , тис. грн |
|------------------|--------------------------|-------------------------|--|-------------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | x_1 | 7 | 4 | 12 | 4 | 3 |
| 2 | x_2 | 9 | 3 | 20 | 2 | 4 |
| 3 | x_3 | 12 | 2 | 23 | 2 | 7 |

Математична модель задачі завантаження літака з обмеженням у вазі та об'ємі має вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^n s_j x_j \rightarrow \max;$$

$$\sum_{j=1}^n v_j x_j \leq V;$$

$$\sum_{j=1}^n g_j x_j \leq G; \quad j = \overline{1, n},$$

де $j = 1, \dots, n$ – порядковий номер речей;

g_j – вага речі j -го типу, дискретні числа;

v_j – об'єм речі j -го типу, дискретні числа;

x_j – кількість речей j -го типу, цілі числа;

$x_{gj} = G/g_j$ – максимально можлива кількість (ціле число) завантаження за вагою лише j -ою річчю ($j = 1, 2, 3$) всього літака;

$x_{vj} = V/v_j$ – максимально можлива кількість (ціле число) завантаження за об'ємом лише j -ою річчю ($j = 1, 2, 3$) всього літака.

Процес завантаження літака розбивають на три етапи (за кількістю типів речей $n = 3$).

Спочатку, згідно з комбінаторно-граничним методом [56], виконується поетапне завантаження літака за вагою, як це показано в табл. 19.2. Отримані в табл. 19.2 припустимі комбінаторні варіанти завантаження $(x_1 : x_2 : x_3)$ за вагою G_e використовуються для визначення обмеження в об'ємі (очевидно, що при цьому можна застосувати й інші обмеження). Обмеження, які задовольняють дві вимоги (у вазі G_e та об'ємі V_e), у табл. 19.2 виділені сірим фоном.

Таблиця 19.2

**Процес завантаження літака вантажністю $G = 30 \text{ т}$,
з об'ємом вантажу $V = 50 \text{ м}^3$**

| Етап | Крок, e | x_1 | x_2 | x_3 | Вага вантажу літака $G_e, \text{ т}$ | Функція мети (вартість) $F_e, \text{ тис. грн}$ | Об'єм вантажу літака $V_e, \text{ м}^3$ |
|------|--------------|-------|-------|-------|---|---|--|
| E1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 24 | 14* | 46* |
| | 2 | 0 | 2 | 1 | 30 | 15 | 63 |
| | 3 | 1 | 1 | 1 | 28 | 14 | 55 |
| | 4 | 2 | 0 | 1 | 26 | 13 | 47 |
| E2 | 5 | 0 | 3 | 0 | 27 | 12 | 60 |
| | 6 | 1 | 2 | 0 | 25 | 11 | 52 |
| | 7 | 3 | 1 | 0 | 30 | 13 | 56 |
| E3 | 8 | 4 | 0 | 0 | 28 | 12 | 48 |

З табл. 19.2 випливає, що оптимальне завантаження літака (з точки зору отримання найбільшої вартості) визначене на кроці $e = 1$, це і є розв'язком задачі: $x_1 = 0$, $x_2 = 0$, $x_3 = 2$, вага вантажу $G_1 = 24 \text{ т}$, об'єм вантажу літака $V_1 = 46 \text{ м}^3$, функція мети $F_1 = 14$.

У випадку необхідності на додаток до отриманої оптимальної вартості перевезення вантажу виділені сірим фоном результати завантаження літака можна також оцінити й за іншими функціями мети з обранням розумного компромісу між ними:

- за отриманим прибутком

$$P_e = \sum_{j=1}^n p_j x_{ej},$$

де p_j – прибуток від одиниці j -го товару; x_{ej} – кількість завантаженого в літак j -го товару на e -му кроці;

- за часом продажу товарів

$$T_e = \sum_{j=1}^n t_j x_{ej},$$

де t_j – час продажу одиниці j -го товару;

- за інтенсифікацією прибутку

$$I_e = P_e / T_e.$$

20. КОМБІНАТОРНО- ГРАНИЧНИЙ МЕТОД РОЗПОДІЛУ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

Припустимо, що нам потрібно розділити обмежені ресурси ($X = 4$ млн грн) між підприємствами з порядковими номерами $j = 1, 2, \dots, n$ (розглядаємо приклад для $n = 3$) таким чином, щоб отримати максимальний підсумковий прибуток. Розподіл вкладів виконується з градацією у 1 млн грн, тобто підприємство може отримати 0, 1, 2, 3, 4 млн грн (можлива інша градація розподілу грошей) [18].

Усі підприємства надали нам довідку з даними про прибуток ΔS_{ij}^P , час на його отримання t_{ij}^P та інтенсифікацію прибутку $I_{ij}^P = \Delta S_{ij}^P / t_{ij}^P$ у вигляді табл. 20.1 за умови, що прибуток підприємства не залежить від розподілу ресурсів по інших підприємствах.

Таблиця 20.1

Дані про інтенсифікацію прибутків $I_{ij}^P = \Delta S_{ij}^P / t_{ij}^P$, значення прибутків ΔS_{ij}^P та час їх отримання t_{ij}^P залежно від можливих варіантів виділення ресурсів x_{ij}^P

| Виділений ресурс x_{ij}^P млн грн | Інтенсифікація прибутків $I_{ij}^P = \Delta S_{ij}^P / t_{ij}^P$ за i -им ресурсом для j -го підприємства, млн грн/місяць, де ΔS_{ij}^P – отриманий прибуток, млн грн; t_{ij}^P – час, витрачений підприємством на отримання прибутку, місяців | | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|
| | $j = 1$ | $j = 2$ | $j = 3$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | $I_{11} = 0,48/0,5 = 0,96$ | $I_{12} = 0,56/2 = 0,28$ | $I_{13} = 0,52/0,5 = 1,04$ |
| 2 | $I_{21} = 1,0/3 = 0,33$ | $I_{22} = 1,12/1 = 1,12$ | $I_{23} = 1,04/0,5 = 2,08$ |
| 3 | $I_{31} = 1,4/3 = 0,47$ | $I_{32} = 1,4/3 = 0,47$ | $I_{33} = 1,3/2 = 0,65$ |
| 4 | $I_{41} = 1,8/5 = 0,36$ | $I_{42} = 1,56/4 = 0,39$ | $I_{43} = 1,6/3 = 0,53$ |

У результаті розрахунків ми повинні отримати оптимальні дані у вигляді табл. 20.2.

Таблиця 20.2

Прибуток від дійсно наданих капітальних вкладів

| Підприємство, j | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|-------|-------|
| Дійсно виділений ресурс, x_j млн грн | x_1 | x_2 | x_3 |
| Дійсно отриманий прибуток, $q_j(x_j)$ млн грн | q_1 | q_2 | q_3 |
| Час на отримання прибутку, T_i місяців | T_1 | T_2 | T_3 |

Враховуючи дані табл. 20.2, отримуємо таку математичну модель:

$$F = \sum_{j=1}^3 q_j \rightarrow \max$$

при обмеженні $\sum_{j=1}^3 x_j \leq X$,

де $x_j \geq 0$;

$j = 1, 2, 3$ – порядковий номер підприємства;

x_j – дійсно виділений ресурс;

q_j – дійсно отриманий прибуток;

$X = 4$ млн грн – загальний ресурс.

На основі даних табл. 20.1 введемо значення питомих прибутків як відношення прибутків до виділених підприємству ресурсів (цим визначаємо, який прибуток дає кожна гривня внесених ресурсів) і виділимо найбільші їх значення (див. затемнені комірки табл. 20.3).

Таблиця 20.3

Значення питомих прибутків у гривнях на одну гривню внесених ресурсів

| Ресурс x_{ij}^P , млн грн | Питомі прибутки в гривнях на одну гривню внесених ресурсів: $\Delta S_{ij}^P / x_{ij}^P$ | | |
|--------------------------------|---|---------|---------|
| | $j = 1$ | $j = 2$ | $j = 3$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0,48 | 0,56 | 0,52 |
| 2 | 0,5 | 0,56 | 0,52 |
| 3 | 0,46 | 0,46 | 0,44 |
| 4 | 0,45 | 0,39 | 0,40 |

Зі значень затемнених комірок ми повинні скласти комбінаторно-граничним методом підсумкове число в 4 млн грн. Це можливо, якщо в підприємства ми вкладемо ресурси у вигляді

$$x_1 = 0 \text{ млн грн}; x_2 = 2 \text{ млн грн}; x_3 = 2 \text{ млн грн}$$

з отриманням підсумкового прибутку $P_0 = 0 + 1,12 + 1,04 = 2,16$ млн грн за термін $T_0 = 1$ місяць (при визначенні часу можна орієнтуватись на найбільший термін отримання прибутку від одного з підприємств, або ж враховувати, що отримані раніше гроші від одного з підприємств можуть бути вкладені в підприємницьку діяльність і давати прибуток вже до отримання прибутку з іншого підприємства).

Розглянемо отримання найбільшого інтенсифікаційного прибутку з визначенням часу. З таблиці 20.1 введемо значення питомих інтенсифікаційних прибутків у гривнях на одну гривню внесених

ресурсів і виділимо найбільші їх значення (див. затемнені комірки табл. 20.4).

Таблиця 20.4

Питомі значення прибутків у гривнях на одну гривню внесених ресурсів у моделі інтенсифікації

| Ресурс x_{ij}^P , млн грн | Питомі інтенсифікаційні прибутки в гривнях на одну гривню внесених ресурсів: I_{ij}^P/x_{ij}^P | | |
|--------------------------------|--|---------|---------|
| | $j = 1$ | $j = 2$ | $j = 3$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0,96 | 0,28 | 1,04 |
| 2 | 0,165 | 0,56 | 1,04 |
| 3 | 0,157 | 0,157 | 0,22 |
| 4 | 0,09 | 0,1 | 0,13 |

Зі значень затемнених комірок ми повинні скласти підсумкове число в 4 млн грн. З даних табл. 20.4 можна отримати два варіанти виділення ресурсів підприємствам:

1) $x_1 = 0$ млн грн; $x_2 = 2$ млн грн; $x_3 = 2$ млн грн

з отриманням підсумкового прибутку $P_{KI} = 0 + 1,12 + 1,04 = 2,16$ млн грн за час $T_{KI} = 1$ місяць (у даному випадку орієнтуємось на підприємство, яке пізніше отримує прибуток);

2) $x_1 = 1$ млн грн; $x_2 = 2$ млн грн; $x_3 = 1$ млн грн

з отриманням підсумкового прибутку $P_{KI} = 0,48 + 1,12 + 0,52 = 2,12$ млн грн за час $T_{KI} = 1$ місяць (у даному випадку орієнтуємось на підприємство, яке пізніше отримує прибуток).

Як бачимо, програмування, згідно з моделлю інтенсифікації прибутків, не має переваг і тому не застосовується.

Для порівняння: у результаті розрахунків традиційним методом ми отримаємо максимальний прибуток $F = 2,16$ млн грн, якщо розподілимо ресурси між підприємствами за схемою $x_1 = 0$ млн грн; $x_2 = 2$ млн грн; $x_3 = 2$ млн грн.

21. ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА

Розглянемо розв'язок задачі комівояжера з використанням як основи дещо модифікованого методу Фогеля та методу потенціалів, що використовуються в транспортній задачі для визначення розподілу перевезення вантажу при мінімальних витратах. Задача комівояжера відповідає вимогам транспортної задачі, бо кількість відвідин комівояжером пунктів дорівнює кількості виїздів з них (тобто задача завжди замкнута), а функція мети теж спрямована до мінімізації витрат. Метод Фогеля в транспортній задачі часто дає оптимальний розподіл – без необхідності додаткових розрахунків за методом потенціалів.

Але в задачі комівояжера при розрахунках слід брати до уваги:

- 1) довільність уведення в комірки нульового постачання (для використання методу потенціалу);
- 2) вимогу уникнення створювання окремих розрізнених циклів у шляху комівояжера;
- 3) необхідність «заповнення відвідинами комівояжера» лише **n комірок** (у кожній колонці «заповнюється відвідинами» лише одна комірка), у той час як в транспортній задачі потрібно заповнити постачанням **$(m + n - 1)$ комірок**.

Метод Фогеля в транспортній задачі складається з визначення штрафів комірки з мінімальним тарифом c_{ij}^{min1} для кожного рядка та кожної колонки. Штраф рядка та колонки $Ш_{ij}$ дорівнює значенню різниці між цим мінімальним тарифом c_{ij}^{min1} та сусіднім до нього найменшим значенням тарифу c_{ij}^{min2} по рядку та колонці (у задачі комівояжера ці тарифи замінюються довжиною шляху між пунктами):

$$Ш_{ij} = (c_{ij}^{min2} - c_{ij}^{min1}).$$

Найбільше значення штрафу рядка чи колонки $Ш_{ij}$ визначає комірку для заповнення постачанням у транспортній задачі чи «відвідинами» комірки комівояжером. При однакових значеннях штрафів перевага надається: рядку чи колонці з меншим тарифом; якщо й тарифи однакові, перевага в транспортних задачах надається найбільшій вазі перевезення; в інших випадках комірку обирають довільно. Початковий розподіл за методом Фогеля завжди гарантує отримання оптимального розподілу і потім повинен перевірятись на оптимум за методом потенціалів. Але за методом Фогеля отримується принаймні ненайгірший розподіл.

У кожній комірці таблиці 21.1 у верхньому лівому куті вказано: «тариф» – довжина шляху; позначкою **П** помічено комірки з реальними відвідинами комівояжером, які входять у шлях комівояжера; позначкою **0** помічені комірки з фіктивними відвідинами комівояжером, які вико-

У початку розрахунків при викресленні рядка та колонки комірки $(i, j) = (a, b)$ звичайно забороняється до використання комірка $(i, j) = (b, a)$.

4. Якщо залишилися для відвідин лише два місця, то шляхи визначаються детерміновано. В іншому разі повертаємось до п. 1. У даному випадку за розрахованими штрафами в шлях комівояжера обрані комірки $(2, 4)$ та $(4, 3)$; без розрахунків детерміновано обрані комірки $(1, 2)$ та $(3, 1)$; заборонені до використання виділені сірим фоном комірки $(3, 2)$ та $(4, 2)$.

Згідно з даними табл. 21.1, ми отримали шлях комівояжера $(1, 2) - (2, 4) - (4, 3) - (3, 1)$ довжиною $L = 18 + 1 + 3 + 18 = 40$. Всі комірки з реальними відвідинами комівояжера помічені «постачанням» \square . Отримане рішення є оптимальним, воно співпадає з проведенням аналізом за методом редукції рядків та колонок (ці розрахунки не наводяться; вони повинні починатись з редукції колонок).

5. Розрахунки за методом потенціалів виявили, що від'ємний потенціал має лише одна **заборонена** комірка $(i, j) = (4, 2)$. Це вказує на оптимальність отриманого розв'язку; у задачі комівояжера не потрібно робити подальших розрахунків, бо тоді шлях комівояжера може скластись з кількох окремих циклів, не пов'язаних між собою (але при подальшому зменшенні довжини шляху).

Особливості використання методу Фогеля та методу потенціалів у задачі комівояжера полягають у наступному:

1. При визначенні штрафів діагональні елементи матриці комівояжера не використовуються і не враховуються. При однакових штрафах перевага для «відвідин» комівояжером надається комірці $[i, j]$, яка в скороченній таблиці комівояжера (з метою заборони створення часткових циклів) призводить до заборони комірки з більшим тарифом.

2. Дійсний шлях комівояжера визначається за комірками, заповненими «відвідинами» \square . На відміну від транспортної задачі, задача комівояжера **може включати в себе незаповнені «постачанням» комірки з від'ємним потенціалом, маючи при цьому оптимальний розв'язок**. Якщо в результаті застосування методу потенціалів отримані від'ємні значення потенціалів лише в заборонених для відвідин комірках (які виділені сірим фоном), то, на відміну від транспортної задачі, розрахунок вважається оптимальним: подальші розрахунки можуть призвести до зменшення шляху комівояжера, але сам шлях набуде вигляду окремих циклів, що забороняється в задачі комівояжера.

3. Ми можемо ввести в шлях комівояжера за модифікованим методом Фогеля лише n комірок (тут n – загальна кількість пунктів, які повинен відвідати комівояжер), а згідно з вимогами до транспортної задачі для застосування методу потенціалів (з метою перевірки оптимальності рішення, отриманого за модифікованим методом Фогеля), ми повинні

мати $(2n - 1)$ заповнених постачанням комірок. Потрібну додаткову кількість комірок $(n - 1)$ довільно заповнюємо фіктивними нульовими «відвідинами» \emptyset таким чином, щоб не створити замкненого кола із заповнених комірок, не застосовувати виділені сірим фоном заборонені комірки і використати комірки з найменшою довжиною шляху.

4. Метод Фогеля сам по собі визначає «принаймні ненайгірше рішення», і тому може використовуватись як приблизне оптимальне рішення в задачах штучного інтелекту.

Для перевірки за методом потенціалів оптимальності рішення табл. 21.1 додатково заповнюємо відвідинами ще $(n - 1) = (4 - 1) = 3$ комірки, які помічаємо «постачанням» \emptyset . Викреслені комірки комівояжера, які виділені сірим фоном, ми не повинні розглядати, бо вони створюють ряд ізольованих циклів шляху комівояжера. Для демонстрації цього твердження в табл. 21.1 за методом потенціалів створений цикл перерозподілу постачання (показаний стрілками), а в табл. 21.2 показаний отриманий результат, який цілком відповідає вимогам оптимізації транспортної задачі, але порушує заборону задачі комівояжера – не створювати шлях комівояжера у вигляді окремих не з'єднаних між собою циклів. Згідно з даними табл. 21.2, шлях комівояжера має вигляд двох окремих циклів $(1, 3) - (3, 1) - (2, 4) - (4, 2)$ загальною довжиною $L = 10 + 18 + 1 + 8 = 37$.

Таблиця 21.2

Оптимізація задачі комівояжера за методом потенціалів

| Потенціали рядків α_i | В'їзд M_i | Вийзд N_j | | | |
|------------------------------|-------------|-----------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $\alpha_1 = 0$ | 1 | – | 18; 3 | 10; \emptyset | 40; 7 |
| $\alpha_2 = -32$ | 1 | 5; \emptyset | – | 6; 28 | 1 ¹ ; \emptyset |
| $\alpha_3 = -19$ | 1 | 18; \emptyset | 10; 14 | – | 15; 1 |
| $\alpha_4 = -7$ | 1 | 30; \emptyset | 8; \emptyset | 3 ² ; \emptyset | – |
| Потенціали колонок β_j | | $\beta_1 = 37$ | $\beta_2 = 15$ | $\beta_3 = 10$ | $\beta_4 = 33$ |

Перевагами застосування методу Фогеля та методу потенціалів є скорочення розрахунків (бо метод Фогеля навіть без методу потенціалів може дати ненайгірший чи оптимальний розв'язок) та гарантія перевірки на оптимальність розв'язку за методом потенціалів (бо розв'язок задачі комівояжера за методом редукції рядків та колонок не завжди визначає оптимум [56]).

Примітка. У процесі розрахунків транспортної задачі за методом потенціалів можна отримати *оптимальні витрати на перевезення вантажу*, маючи між тим від'ємні потенціали незавантажених комірок. Такий розподіл при витратах на перевезення $F = 870$ показаний на табл. 21.3, а з від'ємним потенціалом «-1» порожньої комірки (тут

розглянута задача з фіктивним користувачем $K_5 = 20\phi$). Результат розв'язку транспортної задачі табл. 21.3, а за методом потенціалів показаний на табл. 21.3,б з тим же значенням функції мети.

Таблиця 21.3

Транспортна задача з фіктивним користувачем

| α_i | K_i P_i | 60 | 20 | 30 | 80 | 20 ϕ |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| $\alpha_1 = 0$ | 40 | 5; 20 | 4; 20 | 6; 1 | 2; 0 | 0; 1 |
| $\alpha_1 = 1$ | 60 | 6; 40 | 8; 3 | 9; 3 | 12; 10 | 0; 20 |
| $\alpha_1 = 2$ | 110 | 8; 1 | 6; 0 | 7; 30 | 3; 80 | 0; -1 |
| β_j | | $\beta_1 = 5$ | $\beta_2 = 4$ | $\beta_3 = 5$ | $\beta_4 = 1$ | $\beta_5 = -1$ |

а)

| α_i | K_i P_i | 60 | 20 | 30 | 80 | 20 ϕ |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| $\alpha_1 = 0$ | 40 | 5; 20 | 4; 20 | 6; 0 | 2; 0 | 0; 1 |
| $\alpha_1 = 1$ | 60 | 6; 40 | 8; 3 | 9; 2 | 12; 9 | 0; 20 |
| $\alpha_1 = 1$ | 110 | 8; 2 | 6; 1 | 7; 30 | 3; 80 | 0; 0 |
| β_j | | $\beta_1 = 5$ | $\beta_2 = 4$ | $\beta_3 = 6$ | $\beta_4 = 2$ | $\beta_5 = -1$ |

б)

Висновок. Отриманий розв'язок задачі комівояжера з ненайгіршим рішенням може бути застосованим при необхідності зменшення об'єму розрахунків. Метод Фогеля сам по собі визначає «принаймні ненайгірше рішення», і тому може використовуватись як приблизне оптимальне рішення в задачах штучного інтелекту, наприклад, замість методу Монте-Карло з визначенням шляху з багатьох варіантів, отриманих випадковим чином.

22. МІЖГАЛУЗЕВА БАЛАНСОВА МОДЕЛЬ

Міжгалузева балансова модель вченого США Леонтьєва В.В. [49] (громадянин СРСР до 1936 р.) була в 1930 р. застосована для дослідження економіки США. У 1973 р. він отримав за цю модель Нобелівську премію. Модель Леонтьєва В.В. використовується для макроекономічного аналізу і є таблицею структури валового національного продукту. Це потужний інструмент аналізу, прогнозу, планування економічного та соціального розвитку держави. На час Другої світової війни матриця Леонтьєва В.В. «Витрати – Випуск» стосовно Германії використовувалась для визначення об'єктів, по яких наносились бомбові удари авіацією США. Аналогічний баланс для СРСР був використаний США для прийняття рішення стосовно об'єму та структури Ленд-Лізу.

Модель Леонтьєва спочатку була застосована з 1930 р. для збалансованого **планування виробництва капіталістичної держави**, можливість чого прямо заперечувалась теорією марксизму-ленінізму, «бо планування є перевагою лише соціалістичного ладу». Хоча в СРСР перший баланс народного господарства й був створений під керівництвом П. Попова на 1923-1924 рр. у вигляді шахматної таблиці міжгалузевих зв'язків, але обмежені розрахункові можливості та заборона Сталіна Й.В. припинили цей напрям, а найбільш талановиті вчені, які брали в ньому участь, були фізично знищені. Між тим ця модель після впровадження у США в 1930 р. набула широкого розповсюдження в усіх провідних капіталістичних країнах, у яких за багато років на даний час накопичився великий статистичний матеріал у вигляді таблиць «Витрати – Випуск». У закордонних моделях кількість галузей, які розглядаються, досягає до 700, а в Японії – до 2 000. Ричаги втілення цього планування в життя належать політиці держави.

У СРСР аналіз за схемою Ларіонова відновився з початку 60-х років: у 1951 р. був розроблений баланс у натуральному виразі (на 83 галузі по 257 позиціях), а з 1962 р. – у вартісному та натуральному виразах.

Згідно з моделлю Леонтьєва В.В., у державі працює n галузей за номерами $i = 1 \dots n$, які випускають на продаж (накопичення) та споживання продукцію $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Кожна галузь випускає **лише один продукт**. Міжгалузева балансова модель Леонтьєва В.В.

$$X = Y + A \cdot X, \quad (22.1)$$

має розв'язок

$$X - A \cdot X = Y; (E - A)X = Y; (E - A)^{-1} (E - A)X = (E - A)^{-1} Y;$$

$$X = (E - A)^{-1} Y, \quad (22.2)$$

$$\text{де } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix};$$

$X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – вектор валового випуску продукції в натуральному вимірі (для галузей за номерами $i = 1 \dots n$);

$Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ – вектор продукції в натуральному вимірі, яка йде на накопичення;

AX – вектор споживання продукції галузями у вигляді добутку двох матриць;

A – квадратна матриця матеріальних витрат (технологічна матриця) розмірністю $[n : n]$; $a_{ij} = \Delta x_i / x_j$ – елемент матриці A , який оцінює відносні значення витрат i -ої галузі в натуральному вимірі на виробництво натуральної одиниці j -ої продукції j -ої галузі. Дані для матриці A накопичуються державними статистичними організаціями у вигляді таблиць;

E – одинична квадратна матриця з діагональними елементами, що дорівнюють одиниці, і з нульовими іншими елементами.

За формулою (22.2) модель надає можливість визначити X – вектор валової продукції, при якому досягається заданий об'єм накопиченої продукції Y . Можна також визначити об'єм накопиченої продукції Y за заданим об'ємом валової продукції X (за формулою $Y = X - A \cdot X$). При цьому «Витрати» розглядаються у формі натуральної завершеної продукції i -ої галузі для витрат у j -ій галузі, а під «Випуском» X розуміють вектор валового випуску готової продукції в натуральному вимірі. Напівфабрикати галузі виділяються в окремі «галузі», для яких продукція теж вважається «завершеною», або переводяться за ціною вартістю в «завершену продукцію». Вважається, що кожна галузь випускає лише один продукт. Натуральні значення «Витрат» та «Випуску» лише потім переводяться в гроші.

Прибуток від накопиченої продукції розраховується за формулою

$$F = C \cdot Y^T,$$

$$\text{де } C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix} \text{ – вектор прибутку від одиниці продукції, що йде на продаж.}$$

При цьому потрібно дотримуватись обмежень щодо виробничої потужності

$$X \leq D,$$

де D – вектор виробничої потужності галузі.

Простота моделі Леонтьєва є її величезною перевагою, яку не можна втрачати. Критика звичайно спрямована на ускладнення моделі. Як недолік моделі Леонтьєва у д.е.н. професор С.А. Карганова вказано на неможливість її застосування для урахування: зарплати; податків; амортизаційних відрахувань; витрат усередині процесу виробництва у вигляді «проміжної» незавершеної продукції – напівфабрикатів; для міжнародної торгівлі тощо. Є і явно несправедливі нарікання: модель застосовується при постійних коефіцієнтах матриці A без урахування майбутніх технічних досягнень (наче інші методи ураховують ці **невідомі поки що** досягнення, які змінять в матриці A коефіцієнти взаємного споживання a_{ij} , та ураховують поступовість технологічного переоснащення підприємств галузі); накопичений продукт галузей Y повинен витрачатись в інших галузях, що не розглянуто (цим **необґрунтовано забороняється** проміжна оцінка економічної діяльності для визначення натурального та фінансового внеску кожної галузі в народне господарство); не враховується складний характер галузі, яка виробляє багато товарів, у свою чергу, перев'язаних між собою (це звичайна вимога ускладнення моделі – так можна дійти й до моделювання кожної ланки на підприємстві; і наче модель Леонтьєва не може бути використана для аналізу роботи ланок одного підприємства, які можуть розглядатись як «галузі»).

Деякі недоліки моделі можна вилучити, якщо використати міжгалузеву балансову модель у вигляді

$$X = (Y + B) + A \cdot X, \quad (22.3)$$

а її розв'язок як

$$X = (E - A)^{-1} (Y + B), \quad (22.4)$$

де

$X = \{x_1, \dots, x_n\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ – вектор валового випуску продукції в натуральному вимірі на накопичення та споживання;

$Y = \{y_1, \dots, y_n\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ – вектор продукції в натуральному вимірі, яка йде на накопичення;

E – одинична квадратна матриця;

$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ – вектор постійних витрат галузей у натуральному вимірі випущеної завершеної продукції галузей. Тут $i = 1, 2, \dots, n$ – нумерація галузей; $k = 1, 2, \dots, K$ – нумерація складових постійних витрат галузей b_i^k ; $b_i = b_i^1 + b_i^2 + \dots + b_i^K$ – підсумкова величина постійних витрат i -ої галузі в натуральному вимірі

випущеної завершеної продукції. Наприклад, для галузі $i = 1$: елемент b_1^1 є оцінкою зарплати в натуральному вимірі випущеної завершеної продукції, яка не залежить від об'єму випуску продукції галузі $i = 1$; елемент b_1^2 є оцінкою проміжної незавершеної продукції (напівфабрикату) у натуральному вимірі завершеної випущеної продукції галузі $i = 1$; ...; елемент b_1^K складається з постійних амортизаційних витрат у натуральному вимірі завершеної випущеної продукції галузі $i = 1$. Тобто постійні витрати b_i розраховуються як підсумок потрібного натурального об'єму завершеної випущеної продукції, необхідного для задоволення існуючих постійних витрат галузі $i = 1$;

A – квадратна матриця матеріальних витрат, де елементи матриці A :

– $i = 1, 2, \dots, n$ – нумерація галузей; $j = 1, 2, \dots, n$ – нумерація випущеної продукції; $d = 1 \dots D$ – нумерація складових витрат для діагональних елементів матриці A ; $c = 1 \dots C$ – нумерація складових витрат для недіагональних елементів матриці A ;

– $a_{ij} = a_{ij}^1 + a_{ij}^2 + \dots + a_{ij}^C$, (для недіагональних елементів $i \neq j$) – відносний коефіцієнт витрат i -ої галузі ($i = 1 \dots n$), який урахує необхідний об'єм випуску частки власної натуральної завершеної продукції x_i для її споживання j -ою галуззю ($j = 1 \dots n$) залежно від об'єму випущеної натуральної продукції x_j . Наприклад, для галузі $i = 1$ елемент a_{1j} ($i \neq j$) складається з кількох додатків ($j = 2, 3, \dots, n$): додаток a_{1j}^1 є відносним коефіцієнтом оцінки випуску галуззю $i = 1$ у натуральному вимірі частки власної завершеної продукції x_1 , яку **належить передати до j -ої галузі**, і яка залежить від об'єму випуску валової продукції x_j ; додаток a_{1j}^2 є відносним коефіцієнтом оцінки **зарплати** галузі $i = 1$ у натуральному вимірі власної випущеної завершеної продукції x_1 , що залежить від об'єму випуску валової продукції x_j в j -ій галузі; ...; елемент a_{1j}^C є відносним коефіцієнтом оцінки додаткових витрат для випуску **незавешеної продукції** в натуральному вимірі частки випущеної продукції x_1 згідно зі спеціальним рішенням; діагональний елемент a_{11} для галузі $i = 1$ не розглядається, бо $i = j$ (див. нижче). Тобто відносні коефіцієнти витрат 1 -ої галузі ураховують підсумок потрібного натурального об'єму випущеної продукції x_1 , необхідного для задоволення вказаних витрат для галузі $j = 1$;

– $a_{ii} = a_{ii}^1 + a_{ii}^2 + \dots + a_{ii}^D$, (для діагональних елементів $i = j$ матриці A) – відносні коефіцієнти оцінки витрат в i -ій галузі ($i =$

1...n) частки продукції x_i на **власні внутрішні потреби i -ої галузі**, які залежать від загального об'єму випущеної власної натуральної продукції x_i . Наприклад, для галузі $i = 1$: елемент a_{11}^1 є відносним коефіцієнтом **зарплати** в натуральному вимірі випущеної продукції, яка залежить від об'єму випуску продукції x_1 галузі $i = 1$; елемент a_{11}^2 є відносним коефіцієнтом для визначення **власної проміжної незавершеної продукції** в натуральному вимірі випущеної завершеної продукції; елемент a_{11}^D є відносним коефіцієнтом урахування додаткових витрат для експортного виконання продукції в натуральному вимірі випущеної завершеної продукції. Тобто відносні коефіцієнти витрат i -ої галузі розраховані як підсумок потрібного натурального об'єму випущеної продукції x_i , необхідного для задоволення вказаних витрат галузі $i = 1$.

Таким чином, вектор B можна розглядати як підсумок ряду векторів $B = B^1 + B^2 + \dots + B^K$, а матрицю A можна уявити як підсумок ряду квадратних матриць $A = A^1 + A^2 + \dots + A^S$ (деякі з цих матриць можуть бути діагональними): це дозволяє деталізувати потрібні елементи витрат галузей у натуральному вимірі випущеної завершеної продукції та надають можливість визначити їх сукупний внесок у народне господарство.

На даний час описана вище статична теорія рівноваги **поступово замінюється динамічною теорією**.

У період часу t модель набуває вигляду

$$X_t(t) = [Y_t(t) + B_t(t)] + A \cdot X_t(t+1), \quad (22.5)$$

де $X_t(t) = \{x_1(t), \dots, x_n(t)\}$ – вектор валового випуску в період часу t . Продукція, яка випущена в період часу t , витрачається на витрати в галузях у наступний період часу $(t+1)$, що відображається у формулі вектором валового випуску $X_t(t+1)$;

$Y_t(t) = \{y_1(t), \dots, y_n(t)\}$ – вектор продукції на накопичення в період часу t ;

$B_t(t) = \{b_1(t), b_2(t), \dots, b_n(t)\}$ – вектор постійних витрат i -ої галузі в натуральному вимірі випущеної завершеної продукції.

Якщо вважати, що показники виробництва та споживання змінюються в часі з деяким постійним темпом ρ ($\rho > 1$ означає зростання економіки, а $\rho < 1$ – деградація), то з (22.5) отримуємо

$$X_t(t) = [Y_t(t) + B_t(t)] + \rho \cdot A \cdot X_t(t); \quad X_t(t) - \rho \cdot A \cdot X_t(t) = Y_t(t) + B_t(t);$$

$$(E - \rho \cdot A)X_t(t) = Y_t(t) + B_t(t);$$

$$X_t(t) = [E - \rho \cdot A]^{-1} \cdot [Y_t(t) + B_t(t)].$$

Висновки. Отримана модифікована модель міжгалузевого балансу дозволяє враховувати власні постійні та змінні витрати галузі.

23. ДІАЛОГОВИЙ МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ВИПУСКУ ТОВАРІВ З УРАХУВАННЯМ РИНКОВИХ УМОВ

Розглянемо аналіз математичної моделі, коли кількість випущеного товару $x_j, j = 1, 2, \dots, n$ впливає на ринкову ціну

$$p_{xj} = \frac{p_j + a_j(x_{kj} + x_j)}{1 + b_j(x_{kj} + x_j)}, \quad (23.1)$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер товару;

x_j – кількість випущеного j -го товару фірми;

x_{kj} – наявна на ринку кількість конкуруючих товарів;

$x_{0j} = x_{kj} + x_j$ – підсумкова кількість товару на ринку;

p_j – початкова вартість товару при його відсутності на ринку;

a_j, b_j – постійні коефіцієнти.

Значення p_j, a_j, b_j визначаються при дослідженні конкретного ринку. Загальний вигляд кривої $p_{xj} = f(x_{0j})$ наведений на рис. 23.1.

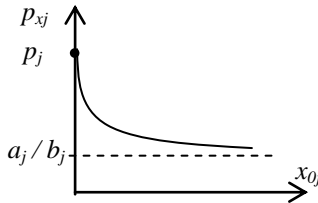


Рис. 23.1. Залежність ціни p_{xj} від підсумкової кількості товару на ринку x_{0j}

Розглянемо математичну модель

$$F = \left(\frac{40 + 0,02x_1}{1 + 0,08x_1} \right) x_1 + \left(\frac{20 + 0,01x_2}{1 + 0,04x_2} \right) x_2 \rightarrow \max; \quad (23.2)$$

$$40x_1 + 20x_2 \leq 800; \quad (23.3)$$

$$120x_1 + 15x_2 \leq 1800; \quad (23.4)$$

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$ – кількість товарів, яку повинна випускати фірма.

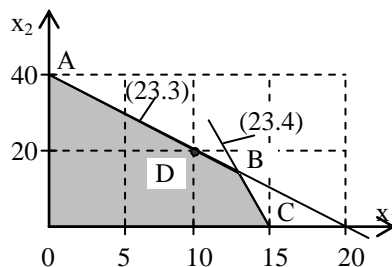


Рис. 23.2. Графоаналітичний розв'язок задачі

Розв'язок задачі в MathCAD:

```

ORIGIN:=1
x1 := 0 x2 := 0

$$F(x_1, x_2) := \left( \frac{40 + 0.02x_1}{1 + 0.08x_2} \right) x_1 + \left( \frac{20 + 0.01x_2}{1 + 0.04x_2} \right) x_2$$

Given
40x1 + 20x2 ≤ 800
120x1 + 15x2 ≤ 1800
x1 ≥ 0 x2 ≥ 0
X := Maximize(F, x1, x2)
X1 = 9.921 X2 = 20.139
F(X1, X2) = 447.785

```

Як бачимо, оптимум функції мети не знаходиться в кутовій точці.

При оптимізації моделі математичного програмування за описаним вище дискретним ітераційним методом можна використати складні нелінійні математичні залежності функції мети, бо функція мети не використовується для отримання координат точки на поверхні випуклої ділянки існування рішень 0ABC (на рис. 23.2 ця ділянка виділена сірим фоном). При цьому для отриманої оптимальної точки визначаються функції мети сусідніх точок з наступним переміщенням у сусідню точку, яка має поліпшене значення функції мети. Алгоритм розрахунку має вигляд:

1. Розрахунок починаємо з кутових точок, отриманих за нерівностями (23.3) та (23.4), коли всі значення $x_j = 0$, за винятком однієї змінної, яка розраховується. У результаті отримуємо координати кутових точок A($x_1^A = 0$; $x_2^A = 40$) та C($x_1^C = 15$; $x_2^C = 0$), для яких за формулою (23.2) розраховуємо функції мети $F^A = 313,8$; $F^C = 275$. Мінімальні дискретні кроки переміщення обираємо рівними $\Delta x_1 = 5$; $\Delta x_2 = 10$.

2. Серед отриманих кутових точок визначаємо точку $A(x_1^A = 0; x_2^A = 40)$ з найбільшим значенням функції мети $F^A = 313,8$ і починаємо переміщення в сторону збільшення функції мети. Початкові значення кроків для зміни координат беремо приблизно рівними половині осевих відрізків (з урахуванням дискретності): $h_{11} = 2\Delta x_1 = \pm 10$; $h_{21} = 2\Delta x_2 = \pm 20$. Отримуємо координати сусідньої точки D $x_1^D = 0 + 10 = 10$; $x_2^D = 40 - 20 = 20$ і за ними розраховуємо значення функції мети $F^D = 448$.

3. Для отриманої точки $D(x_1^D = 10; x_2^D = 20)$ з функцією мети $F^D = 448$ нові координати сусідніх точок розраховуємо при кроках, приблизно рівних половині попередніх кроків (з урахуванням дискретності): $h_{12} = 0,5h_{11} = \pm 5$; $h_{22} = 0,5h_{21} = \pm 10$. Отримуємо координати не показаних на рис. 23.2 сусідніх точок і за ними розраховуємо значення функції мети (усі координати перевіряються на відповідність нерівностям):

$$E(x_1^E = 5; x_2^E = 20); F^E = 391,4; K(x_1^K = 10; x_2^K = 10); F^K = 430,7;$$

$$(R(x_1^R = 15; x_2^R = 20); L(x_1^L = 10; x_2^L = 30)).$$

Точки $(R(x_1^R = 15; x_2^R = 20)$ та $L(x_1^L = 10; x_2^L = 30)$ не задовольняють нерівності (23.3), і тому для них не розраховуються функції мети. Усі сусідні точки (E, K) мають зменшені значення функції мети. Тому точка $D(x_1^D = 10; x_2^D = 20)$ з функцією мети $F^D = 448$ є оптимальним розв'язком задачі.

За використаними значеннями кроків можна організувати подальший пошук рішення в оптимальному напрямку.

Висновки. 1. При наявності випуклої ділянки існування рішень у діалоговому режимі можна визначити оптимальні умови випуску продукції з урахуванням ринкових умов за описаними вище ітераційним чи дискретним методами оптимізації моделей математичного програмування.

2. Перевагою розглянутих діалогових методів є відсутність впливу функції мети на отримання рішення.

розглядати як вплив **грошей**. Вольтер казав: «Стосовно грошей всі люди сповідують однакову **релігію**». Іуда, до речі, продав Христа (свою релігію) за Гроші. Недарма існує вираз «Не знаю, як Бог, а гроші допоможуть завжди». **«Релігія» грошей є найбільш постійною складовою ідеології**: протягом історії релігійні погляди людства змінювалися, але ставлення до **грошей** – ні. Проти цього поклоніння «Золотому Тельцю» застерігає релігійна ідеологія, святі люди, пророки. Світові події (війни, революції) звичайно пов'язані з економічними проблемами, з **грошами**.

Недарма за всіх часів існували фальшивомонетники. **Гроші** приносять добробут, а надмірне прагнення до **грошей** – нещастя для людства. І мало хто усвідомлює, що **банки є уособленням грошей**: вони керують економікою і є «фальшивомонетниками в законі». Відомі слова Ротшильда: *«Дайте мені право контролювати й управляти фінансовою масою держави, і мені немає справи до того, хто пише її закони...»*. А умовою надання кредитів **є контроль за економікою**. Зараз основною світовою валютою (доларами) керують масонські банки США.

Військо (озброєння, військові сили і їх керівництво, військові союзи з іншими державами) є неабияким чинником у прийнятті рішень у міжнародних відносинах. Керівництво збройних сил часто може розглядатися як окрема партія, що може мати власну ідеологію (хоча це й забороняється – занадто у **війська** вагомій «аргументи» в диспутах).

Партії та їх ідеології мають **близькі до релігії ознаки** (а найбільш впливові й небезпечні для людства – з кривавим підтекстом: комунізм, фашизм, масонство, терор). Люди більше підтримують ідеологію партії, якщо вона освячена «теорією». Тому **партійну ідеологію** (а це – захист **грошей**) часто поєднують із релігійними напрямками: «комуністи + атеїсти», «фашисти + католики». Демократію можна розглядати як неіснуючий **релігійний** міф, тому що насправді всі політичні питання вирішують **«Гроші + Політична влада»**. Релігійний і партійний напрями мають багато загальних ознак: «Вожда»; ідеологію; непогрішність; намагання обходитись без конкурентів; боротьба за владу; повчальне ставлення до інших плинів. Прикладом політичних партій є демократи, релігійні партії, масони, комуністи, фашисти, терористи.

Політична влада є об'єктом зазіхання з боку **релігії (ідеології)** й **грошей**, тому що вона розподіляє цінності, отримані в результаті роботи **народу**; дозволяє зміцнити позиції партії розподілом цінностей і посад; розподіляє інвестиції; керує **військом, економікою** й впливає на **ідеологію** через правові органи й ЗМІ. Але історично **політичну владу** захопили спочатку **гроші (економіка)** – у рамках національних держав.

Системний аналіз світового суспільства повинен стосуватися **політичної влади, грошей і війська** провідних держав світу. Характерною ознакою

сучасних світових процесів є намагання об'єднатись у різні спілки інтересів – НАТО, ЄС, ОПЕК. *Гроші борються за гроші* і є найвпливовішими в розвитку світового суспільства. Тому потрібно дослідити політику того, хто «очолює» *гроші*. На даний час *масони США* – найбагатші у світі і мають надвплив на геополітичні процеси. Зараз *дуже великі гроші* на чолі з масонами США хочуть захопити *політичну владу* на Землі і створити масонський *Світовий Уряд*.

Масони – основна сила геоекономічної та геополітичної Влади на Землі

Масонська організація «Вільні муляри» була організована головним візиром Древнього Єгипту Імхотепом (ціль – прагнення до волі). Символіка масонів: піраміда з «всевидючим оком» Люцифера; фартух муляра; камінь; молот; Фенікс; ключові фрази типу «Новий світовий порядок»; числа 3, 7, 13, 33; ритуали. Цілі масонів виправдовують убивства й відомі лише верхівці – «особливо присвяченим». На нижчому рівні й для «неприсвячених» пропагуються загальнолюдські цінності [73]. На людях масон може набувати будь-якого, навіть ворожого, образу, але всередині він повинен берегти єдність.

Різні автори на основі зібраних фактів указують на існування *масонського таємного Світового Уряду*, що планує створення на Землі масонського суспільства у вигляді «золотого мільярда», куди входять члени «вищих гільдій» і представники «найбільш гідних» націй. Інше населення повинне обслуговувати «золотий мільярд» або знищуватись. Таємний світовий уряд керує світом за допомогою своїх організацій – Більдербергського клубу, Комітету 300, Великого Сходу Франції, ФРБ, МВФ, ВБ [74; 75]. Масонів не раз били й розганяли. Але гарна конспірація ватажків і накопичені банками багатства дозволяли масонам відроджуватись. Зараз масони – це маса різних організацій, включаючи неонацистські. Це дітище й ворог усього людства, *у тому числі – ворог народу США*. Використовуване тут слово «США» слід розуміти *не як «народ США», а як «масони США»*. Стати масоном у США – довгий час було «засобом зробити кар'єру» [76, с. 288]. *3 56 людей, що підписали Декларацію про Незалежність США, 53 – масони. Кажуть, що всі президенти в історії США були масонами*. Перший президент Д. Вашингтон – ілюмінат; недавні президенти США (Буші – старший і молодший, Б. Клінтон) і нинішній президент Б. Обама – масони; лише один Д. Кеннеді не був масоном, його вбили. Пишуть, що в одній Америці нині офіційно є 5 мільйонів масонів. У світі зараз безліч різних спілок масонів – вони створюють кадри масонів; кращі йдуть «наверх», у таємні ложі. Тепер масони США вже майже відкрито використовують їхні ресурси для досягнення своїх цілей. Народи СРСР захищала від масонів «залізна завіса», яка зараз зникла. У результаті –

«перший комуніст» масон Горбачов М.С. розвалює СРСР (зараз він зайнятий створенням Організації Об'єднаних Релігій за типом ООН), перший президент Росії Єльцин – масон [77], перший президент України Кравчук – масон, 300 видних керівних діячів України є масонами (ця проблема обговорювалася в парламенті України).

Сценарій захоплення масонами США світового панування в Третій світовій війні

Як це не дивно, але для США існують можливості «безпечного» сценарію війни з її початком у 2012...2014 рр.:

1. **Прийняти в ряди масонів лідерів** політичної, адміністративної, фінансової, економічної, правової, інформаційної та військової влади держав світу. Захопити банки для управління економікою. За їх допомогою зруйнувати державність та **знищити «зайве населення»** – розрухою економіки, кабальними позиками, «перебудовами», голодом, хворобами типу свинячий грип, війнами, хабарництвом, руйнуванням психіки й моралі. Зруйнувати системи освіти та охорони здоров'я. Для всього людства застосовувати «ліки» власного виробництва і охопити своєю «допомогою» народжуваність.

2. **Вселити непевність у майбутньому в усіх народів** повідомленнями про майбутні космічні катастрофи: про планету Нібіру на 2012 р., астероїди і т. д. [78-81]. Для їхнього підтвердження використати засоби масової інформації, чутки; психотропну й космічну зброю; імітацію Другого пришествя. Використати як «п'яту колону» масонів усього світу для створення паніки.

3. Космічним військовим силам реалізувати **спрямоване падіння астероїдів на Землю**; «організувати» глобальні лісові пожежі; катастрофи; виверження вулканів; землетруси. Використати нанозброю для нанесення невідворотних ударів, спрямованих на об'єкти економіки.

4. «Через погрозу тероризму» **розосередити свої військові сили** по всьому світі й зробити «непомітну» **внутрішню військову мобілізацію** в США.

5. Під загрозою «космічних катастроф» спровокувати панічну втечу народів Землі в Росію, одночасно убезпечивши від цього свою власну територію. Для цього **першим на Землі одержати удар «астероїдом»** по території США.

6. Перед 2012-2014 рр. демонструвати свою заклопотаність внутрішніми проблемами, слабкість, поступливість. Створити враження про агресивність інших держав.

«Вигоди» від такого розвитку подій:

1. При використанні нових вірусів і ракет для бомбардування Землі «космічними каменями» злочин практично не доказовий, і його можна приписати суперникові або терористам.

2. Не може держава, чиї *власні правителі ведуть країну до прямої економічної й політичної кабали (тобто – до військової поразки)*, оголосити з цієї причини війну іншій державі. Чужих військ на її території практично немає.

3. У результаті космічної катастрофи виникне *голод*, і вибухне найбільша світова соціальна й економічна криза, плодами якої скористається підготовлена сторона для захоплення матеріальних і фінансових ресурсів планети – без воєнних дій і навіть під видом надання допомоги.

4. *«ГОЛОД І ХВОРОБИ»* є ключовими словами в цьому процесі. *Голод* дозволить США вирішити проблему урядового боргу, а також проблему випущених доларів, які за вартістю перевищують все національне надбання США. «Вороги» США із численним населенням (Росія, Китай, Індія, мусульманські країни) будуть мати масу проблем внаслідок *голоду*. *Голод* скоротить загальну чисельність населення Землі, що дозволить створити на Землі суспільство *«золотого мільярда»* з «найбільш гідними представниками».

Таким чином, *від 2012-2014 р. можна чекати неординарних міжнародних подій.*

Американський народ цього не допустить? Абсурд? – автор згодний із цими твердженнями на 99,995 % – *цього не може бути!* Але все-таки залишається сумнів в 0,005 % і ця мала ймовірність, помножена на можливі величезні цілі ініціаторів подій і величезні втрати Людства, у сукупності є *двома вагомими аргументами* для розгляду *фактів*, що побічно підтверджують виникнення Третьої світової війни у 2012-2014 рр. за ресурси. Тут наводяться дані про *можливість* негативних подій як попередження про необхідність прийняття рішень для пом'якшення їх наслідків.

Треба нагадати, що народи СРСР ознайомились повною мірою з «культурою» цивілізованої Європи під час Другої світової війни: у кожній родині СРСР було горе. Я, молдованин, пишаюся стійкістю всіх народів СРСР (росіянами, білорусами, євреями, українцями, казахами, грузинами, татарами й ін.), що зламали хребет гітлеризму. У наших серцях біль мужнього білоруського народу, який втратив тільки вбитими 20 % свого населення, і попів Освенцима, Майданека, Хатині – як уособлення «культури» Заходу. Я також вдячний союзним силам за їх вагомий внесок у розгром гітлеризму. Автор під час Другої світової війни був в окупації. Повторення уроку не потрібне: обстріли; стрілянина з пістолетів з вікна будинку п'яних офіцерів, що супроводжувалась веселим реготом, по дітях 6-11 років, як по горобцях (одного ранили); голод, небезпека, страх. Двічі хрещений – пішли чутки, що нехрещених дітей будуть знищувати. *Для всіх нас це й було знайомство з культурою Європи. І*

у свій час ми теж «закидували Європу шапками»... І автор тепер розуміє неодноразове скрушне попередження матері в 1970-1980 рр.: «Ти зіткнуєшся з небезпечною «організацією».

На жаль, сьогодні Європейський Союз не з'єднує, а роз'єднує Європу. На зміну Берлінській Стіні прийшла Шенгенська Зона із зарозумілою політикою ЄС відносно інших країн. Європейці явно діляться на «старших» і «молодших». Нам це знайоме на практиці. Нам уже тлумачили, що ми, «недолюди», **повинні** служити гноєм для цивілізації... Треба звільнити свідомість із павутини неправди, яка обплутала Людство. Війни починають не народи, а **«Гроші + Влада»**, причому, в основному – **за рахунок провокацій**. Зараз Третю світову війну провокують **«масонські гроші, що розважаються + розжирила масонська влада»**. Але автор – звичайна грішна людина й може помилитися. Висновки повинна зробити кожна людина на підставі фактів. *Тому перейдемо саме до них.*

Допомога Папи Римського у створенні масонського Світового Уряду

Хоча в лютому й березні 2009 р. Папа Римський стверджував, що у фінансовій кризі 2009 р. винен егоїзм світових фінансистів (*масонів*), але вже через 4 місяці (13.07.2009 р.) він же призвав їх створити **світовий уряд**. Папа знає, що, відповідно до Одкровення Іоанна Богослова в одному з останніх епізодів Апокаліпсиса, світовий уряд очолить *Антихрист*. Багато пророцтв указують на важливу роль Ватикану у встановленні світової влади на чолі з Антихристом.

Тільки Православна Церква послідовно виступає проти масонства, бо з погляду християнства, **масонська віра є сатанинською**. Масони стверджують, що **християнство є вкраденою і перекрученою гілкою масонства** [82], яке має коріння у віруваннях Древнього Єгипту [76, с. 256]. У Біблії є масонські цифри – Свята Трійця; відпочинок на 7-й день; 12 апостолів плюс Христос становлять цифру «13»; Христос був розп'ятий на 33 році життя. І знак долара «\$» є знаком Сатани (*\$atan*). Тобто, з точки зору християнства, уряди **беруть Сатанинські гроші в борг у \$атани** – для поневолювання власного народу.

Християнство не проти благополуччя – воно проти добування *Грошей заради Грошей*, коли поруч з ненажерливим добробутом страждають люди. Спокусою, Прокльоном і Сатаною для Людства є його невгамовна спрага Грошей за всяку ціну. Саме це поклоніння Сатані приносить війни й страждання Людству. Недарма Біблія забороняє кланятися Золотому Тельцю, *\$атані*. А хіба не є *Гроші* масонів уособленням цієї спраги, обіцянкою *\$атани* комфортного життя за рахунок інших людей? І чи не ведуть нас **зараз «Гроші + Влада»** у пекло Третьої світової війни?

Папство не зробило істотного впливу на події Першої і Другої світових війн і не засудило фашизм [84, с. 329, 387]. Папа не засудив війну в Югославії, розв'язану протестантом Клінтоном. Католицька церква продавала індульгенції; спалювала людей на багаттях; придумала більше 1 600 знарядь катувань, що ламають ноги, виривають очі, спускають кров; прославилася тим, що анти-Папа Іоанн XXIII згвалтував 800 черниць, 1 500 незайманих, 2 000 заміжніх жінок та власну внучку Діору [94].

Ватикан виявився замішаним (1978 р.) в убивствах [84, с. 378], коли гроші Ватикану в банку були використані наркомафією. Виникла кримінальна справа. «Двоє Пап підряд умирають при підозрілих обставинах, а з ними ще біля тридцяти слідчих, свідків, поліцейських і прокурорів» [84, с. 84, 329, 332, 515]. Папи (Павло VI і Павло I) не винні в цій афері: їх убили кардинали, щоб сховати злочин [84, с. 83-86]. Павло VI був «винний» у зближенні з комуністичними країнами, в осуді конфліктів у В'єтнамі й на Близькому Сході. А Павло I почав розслідування банку Ватикану й дав секретареві Вильо список осіб з **масонів ложі «Р2»**, які підлягали звільненню з роботи [84, с. 84] (навіщо **Ватикан співпрацює з масонами?**). І через кілька днів Павла I знаходять мертвим. Вильо заборонив розтин, наказав бальзамувати тіло й забрав ліки [84, с. 83-86]. «Кардинал Бенеллі на ранковій конференції сказав: «Ми вражені й налякані». Він добре знав убивць і боявся їх більше, ніж прокльону Господа» [84, с. 85]. Кого можуть боятися Папа й кардинали? Невже й Ватикан настільки «проржавив» масонством? А в 2009 р. Папа закликає здійснити заповітну мрію масонів – створити **світовий уряд**. А у 2009 р. католицький банк у Німеччині знову порушив закони етики – вклав гроші у виготовлення зброї (826 тисяч доларів)...

Ватикан скасував переслідування масонів (раніше він спалював їх на багаттях), а тепер тісно з ними співпрацює.

Але дивуватися нема чому: із системної точки зору, для панування над світом масони повинні були захопити керівництво ідеологією всіх напрямів – католицизму, православ'я, ісламу, комунізму, неонацизму, сатанізму, тероризму. Іслам цьому тиску не піддався. А православ'я Росії завжди виступало проти масонів, було захищене «залізною завісою», і багато хто з його священиків прийняли мученицьку смерть за віру.

Центральною проблемою людства стають відносини християнського світу й ісламу в районі Аравійського півострова. США імпортують звідси 55 % нафти, Німеччина – 75 %, а Японія – 95 %. Зараз ціна на нафту визначає рівень життя держави. Щоб знизити ціну на нафту, США воювали в Перській затоці вже двічі, але успіхів так і не домоглися. ОПЕК твердо стоїть на сторожі своїх інтересів. **У цих умовах Людству загрожує Третя світова війна за нафту** – «вона стає неминучою, але тепер уже за володіння нею» [84, с. 332]. Для повного захоплення нафти

масонам США потрібен конфлікт. Як Ватикан бореться за мир у цьому районі? Адже всі люди – брати, нафта – арабська, і де позиція Ватикану стосовно цього питання про справедливість? І отут Папа не знайшов нічого ліпшого, як обурити весь світ, привівши слова візантійського імператора XVI століття Мануїла II, що Мухаммед приніс світу лише «щось зле й нелюдське, таке, як його наказ поширювати мечем віру, що він проповідував». Чи сприяє така заява в гарячій точці Землі встановленню миру й любові між людьми? Чи не сприяє це інтересам масонів? А чому не згадати заодно розквіт інквізиції в XVI столітті з 1 600 інструментами для катувань, першу загальноєвропейську релігійну Тридцятирічну Війну 1618-1648 рр., спалення Дж. Бруно (1600 р.), зречення Галілея (1633 р.)? Турецька ісламська партія звинуватила Папу в тому, що він трактує історію, як Гітлер і Муссоліні.

Політичні, військові й економічні події в США

Смерть президента Кеннеді. Убивство президента Кеннеді було виконано в Далласі (розташований на *33° північної широти*) *через 2 місяці* після його пропозиції об'єднати зусилля США, СРСР й інших країн в освоєнні космосу [76, с. 8, 9, 125] і *через тиждень* після згоди на це Хрущова [76, с. 127], Р. Хогленд обвинувачує в убивстві Кеннеді ЦРУ й масонів США [76, с. 9, 134-138]. Але якщо в [76] зазначені ритуальні масонські причини вбивства, то тепер **до них можна додати економічні й політичні причини**: масони США не бажали мати контроль за їх діями на Місяці. Автор був свідком промови Джонсона по телебаченню з приводу смерті Кеннеді й дивувався тому, що під його «похмурою» маскою ховалася невтримна радість. Автор був обурений його небажанням стримуватися й пояснював собі радість Джонсона тим, що він зайняв пост Кеннеді. Але в книзі [76, с. 134-138, у розділі «Подмигивание»] на фотографії наведене інше пояснення: відразу після закінчення жалобної промови Джонсон посміхається конгресменові Томасу, який йому підморгує, як би говорячи один одному «Ми його зробили!». І правий Р. Хогленд, коли стверджує, що якщо Джонсон і Томас організували вбивство Кеннеді, то «вони повинні були очікувати чогось неймовірного» [76, с. 138].

Неймовірно люб'язні терористи. Організовані за допомогою США, а тепер «неслухняні» терористи на чолі з Усама Бен Ладеном «чомуś» дуже успішно **допомагають США** вирішувати зовнішньополітичні проблеми:

1. США ввели **свої війська в головні нафтоносні райони Землі** (за допомогою міжнародного співтовариства й навіть країн СНД) і забезпечили собі переваги у випадку виникнення ускладнень.

2. США розосередили свої військові сили **по усьому світі** й зробили **внутрішню військову мобілізацію** «під погрозою тероризму».

3. США «під погрозою тероризму» розосередили на власній території кілька мільйонів покликаних на військову службу резервістів; побудували на своїй території **укомплектовані персоналом величезні в'язниці, які поки що пустують; концентраційні табори, що не працюють; непрацюючі, але укомплектовані персоналом гігантські крематорії й запаслися 1 млн гігієнічних пластмасових трун** – у передбаченні глобальної катастрофи й масонської фашизації суспільства. У США був прийнятий «Акт національної безпеки», що дозволяє вторгтися в приватне життя громадян, усуває судовий нагляд за поліцією й розвідслужбами, дозволяє підслуховування телефонних розмов і розкриття електронної кореспонденції. Все це – непогана підготовка до фашизації власного народу.

4. «Терористи» дозволяють терміново побудувати глобальну систему ПРО, а додатково – побудувати на кордоні з РФ ПРО – проти «терористів», але якщо знадобиться, то й проти Росії.

5. Здійснюється шантаж Ірану – за обвинуваченням у «тероризмі» й «ядерному озброєнні». А як може бути інакше, якщо **Іран займає 2-е місце за видобутком нафти в ОПЕК?** І ніхто не замислюється: а що ж робити Ірану, якщо в арабському світі на його порозі господарює армія США? А перед цим був безпідставний шантаж Іраку... Ми вірили, що в Іраку розробляється біологічна і ядерна зброя, а потім – у те, що її там просто не знайшли, але тепер її треба терміново «пошукати» в Ірані...

6. «Неслухняні» терористи вмішуються у внутрішні справи держав-суперників США (Усама Бен Ладен чотири рази відвідував Чечню; війна велась під керівництвом президента-кавалера-масона Єльцина; гроші в Чечню надходили терористам навіть з Росії – мільярди доларів). Усе це – непогане «підштовхування» Росії до війни з арабським світом. Аналогічна задача ставилась в Югославії. Бо дуже хочеться, щоб Росія проливала кров за інтереси масонів США. Подібних провокацій слід очікувати й далі.

7. На додаток до сказаного «неслухняні терористи» мають можливість загрожувати **будь-якому району Земної кулі** невідомими «карами», включаючи ракетну, бактеріологічну, хімічну, космічну атаку, кібер- і нанозброю. Терористи також «не дозволять» США вивести свої війська з нафтових районів Землі.

І невідомо кому це вигідно? А авторові незрозуміло, кому служать розвідувальні й аналітичні органи країн світу! Цих «терористів» треба зробити «Героями США»!

Заради таких «вигод» масони США й ЦРУ пішли на руйнування терористами двох хмарочосів Нью-Йорка 11 вересня 2001 р. і на загибель

3 000 співвітчизників з наступним пролиттям іудиних сліз і підморгуванням один одному.

Як легко забули, що США «допомогли» Росії в розвалі СРСР. У результаті розвалу СРСР *Росія опинилась у рамках XVI століття!* А зараз Росія допомагає США затвердитися в нафтових районах, *безкоштовно* пропускаючи через свою територію військові вантажі США в Афганістан!

Зацікавленість США в Третій світовій війні. США і Європа споживають значно більше, ніж виробляють працею. І цей період закінчується. Монополія у технологіях та шахрайська грошова система масонів вичерпала себе. Країни Землі нагромадили зараз величезну купу доларів й у будь-який момент можуть «пред'явити рахунок» *«Сатані»*. **Найгострішим питанням для Людства на 2000-2050 рр. стає сировина, а особливо – НАФТА та ГАЗ.** Це стержень економіки: паливо, електрична енергія, металургія, хімічна промисловість, ліки, посів сільськогосподарських культур, опалення, пластмаси, електрична ізоляція, конструктивні матеріали. **Їх відсутність викличе крах цивілізації, голод, необхідність цілковитої перебудови економіки,** що особливо буде відчуватись розвиненими країнами, звиклими до комфорту. Ефект буде не менший, ніж від появи планети Нібіру. Запевнення, що нафти ще вистачить на 150 років є невірними: при теперішніх темпах споживання її вистачить на 20-30 років. Тому там, де є на Землі нафта, слід очікувати **Грошей, провокацій та армію масонів США – під благородними гаслами.** Не треба брати участь у «миротворчих акціях» масонів за нафту. І не дарма з держав СНГ масово вивозився метал.

Ще 5-10 років й економічне становище розвинених країн може круто змінитися. У США, крім Росії, з'явилися потужні конкуренти в Азії й Латинській Америці. **Тому США, як повітря, потрібний військовий конфлікт** для розв'язання всіх проблем. І США до цього готові, мова йде лише про «економічне» приєднання до США «сировинних ресурсів», у першу чергу – нафти.

Військова програма США. США готові вести військові операції на морі, на суші, у повітрі, у кіберпросторі й космосі. Три кандидати в президенти США (включаючи Б. Обаму) обіцяли підготувати США до відбиття агресії з космосу, *тобто обіцяли підготувати космічні війська!* Але війська, як відомо, можуть захищати, але можуть і нападати... США розгорнули свої військові сили по всьому світі. Всупереч умовам ДОВСЕ («Договор про Обычные Вооруженные Силы в Европе», 1990 р.), які РФ виконує, Захід нарощує свою військову присутність по периметру російських границь й досяг у цьому значної переваги на свою користь, що викликало протест РФ.

У листопаді 2008 р. *декільком мільйонам звільненим у запас і військовим пенсіонерам США* прийшли повідомлення, що вони повинні пройти *трирічну* військову службу [83] – це охоплює й 2011 р. Востаннє щось подібне відбувалося в 1941 році. У ЗМІ США склалося враження, що США готові *інсценувати ядерний або біологічний удар по США* для виправдання початку **Третьої світової війни**. Експерти вважають, що США готуються до війни з іншою державою, гігантського цунамі, геологічної катастрофи, терористичного акту чи репресій з величезними втратами:

- а в одному зі складів виявлено *від 500 000 до 1 000 000 труп*. Це не єдиний склад, тобто загальний рахунок заготовлених труп іде на мільйони;

- склади труп перебувають, як правило, поруч із недавно збудованими спорудами, що нагадують *концтабори* – з бараками, обнесеними заборами з колючого дроту і вишками;

- у 2008 році в США ударними темпами було побудовано більше *160 в'язниць*, з яких 90 % є порожніми, але повністю укомплектовані персоналом. Також було побудовано кілька *гігантських крематоріїв*, серед яких жоден не працює, хоча всі готові до експлуатації.

Уряд США відмовчується про значення цих приготувань. Але розпорошення населення та внутрішня мобілізація практично відбулась – і якраз на 2012 рік.

Масони планували створити Світовий уряд у 2000 р. Згідно з [84, с. 362, 366] Третя світова війна повинна відбуватись у 2003-2030 рр. І автор вважає, що **Третя світова війна вже давно йде**.

Зараз 2009 р. І хіба можна зрівняти завоювання Чингісхана й А. Македонського з нинішнім пануванням у світі США? Хіба зараз США не правлять практично світом за допомогою доларів? Хіба зараз США не очолюють ООН з масонськими емблемою й прапором, і чи не вони приміряються очолити «світовий уряд», «запропонований Папою»? Чи не вони дають команду, що садити на полях України?

Замість бойової зброї при цьому в основному використані долари США. І чим отримана перемога над СРСР гірша за битву при Канах? Втім США також готові розв'язати це питання «гарним старим методом». Чому ці диверсійні політико-фінансово-економічно-інформаційно-військові методи не вивчають *Генеральні штаби й військові Академії всього світу*? Звідки така скромність у Ротшильдів і Рокфеллерів? Запроданець-керівник коштує значно менше за атомну бомбу, а шкоди власній державі принесе більше. У військових академіях, крім воєнних дій, варто вивчати політичну, фінансову, економічну й інтелектуальну експансію як не менш небезпечний сучасний вид військового мистецтва поневолювання народів.

Армія «суперника» США не веде бойових дій, «пильно охороняє свої кордони», а за її спиною країна вже економічно переможена – Україні досить поглянути на нинішній стан її військ. Підрив економіки забезпечує перемогу над армією. І хіба вона практично не розгромлена без усяких бойових дій? Так чому цей вид діяльності не враховують військові відомства?

Замість диверсантів використовуються зрадники – масони-керівники з невагомною спрагою збагачення й особистої кар'єри. Саме у вищих колах найбільшою мірою розвинені кар'єризм і масонство. Щось не чуто про масонів з «народу» – робітників, селян, рядових продавців й інженерів. Вони масонам не потрібні, тому що вони – раби. Це ясно демонструє «любов» масонів до народу і їх «благодійні» справи. Чим відрізняється доведення до руйнування державних підприємств із наступною їхньою приватизацією від дій диверсійних груп супротивника? Чому допускається явище «рейдерства», коли «невідомі» банди силою захоплюють в Україні підприємства?

Не довівши справу до прямого військового зіткнення з основними суперниками, іде військова боротьба США за головний сировинний ресурс – нафту, тому що в основному від нафти залежить *економічний стан держави і його військова могутність*. І це головне завдання зараз практично виконане. Залишився Іран. Але за допомогою «обуреного світового товариства» та нових провокацій і ця проблема буде розв'язана – у війні 2012-2014 рр.

Звичайно політика спрямована перш за все на захист економічних інтересів держави. Але в Україні «еліта» захоплена привласненням та вивезенням державних багатств і металу за кордон перед Третьою світовою війною. **Державні** установи часто підтримують закордонні розробки, бо за це отримують фінансову винагороду. На кого все це працює?

Гроші вирішили масонам проблему політичного й економічного підпорядкування держави США, підкорили ООН, допоможуть створити «світовий уряд» (за «пропозицією Папи»), допоможуть знайти «спільників» і управляти Землею. Треба тільки на кожному ієрархічному рівні держав захопити за допомогою доларів **командні пости**.

Зараз Сатанинські Гроші знуцаються над нами: у нас з'явилися власні нацисти (за що стільки людей загинуло у війні?), хтось нам виховує молодь у дусі фашизму та сатанізму, фашисти проводять демонстрацію в Києві, США безкоштовно перевозить військові вантажі через територію РФ (за що воювали в Афганістані?), йде безглузда перебудова всього навкруги, організовують поразку РФ в Чечні тощо.

У великій мірі держави «Великої сімки» (10 % відсотків населення, 60 % всіх фінансів світу) багатіють не внаслідок надзвичайної працездатності,

а через банки, які надають кредити під 10-12 % за право контролю за бюджетом та фінансовою системою держав [84, с. 283]. Одразу запускаються механізми ослаблення національної валюти та зарплати населення [84, с. 283]. За 10 років «демократії Єльцина» вартість сталі на світовому ринку різко знизилась, а автомобілів, тракторів, комбайнів – дійшла до 300-500 тис. доларів США [84, с. 283]. І Росія змушена їх купляти, тому що за рекомендаціями «економістів» Гайдара, Чубайса, Лівшица, Чорномірдіна знищила власне виробництво. Розділені держави СРСР швидко перетворились у «бананові республіки» третього світу [84, с. 283]. Але не треба «звалювати» тільки на масонів власну розруху: лише розрив налагоджених зв'язків СРСР може дати зниження об'єму виробництва в кілька разів. Це й був потужний економічний тиск до об'єднання на інтернаціональній основі. Але керівники-комуністи-«інтернаціоналісти» держав СНГ, які «дуже люблять народ», були в захваті від зовсім інших справ... Цим й скористались масони.

Масони України та Росії посилено, наче на замовлення, провокують війну між українцями та росіянами [92] – **бо це вигідно масонам США.** Хто з масонів першим вчинить провокацію?

Чи цього не може бути? Але чи не масони Росії вчинили потужний економічний тиск на *Білорусію, яка єдина з республік СРСР показувала усім приклад – не руйнувала власної економіки й не брала позики МВФ?* Гроші масонів «пахнуть» кров'ю, зрадою, провокацією та шахрайством! Гроші масонів спочатку зруйнували СРСР, а зараз руйнують кожну республіку окремо.

І зараз тільки ядерний щит Росії є реальним захистом усього Людства, включаючи народ США, від сатанистської влади масонів.

І ЗМІ нема чого дивуватись, що проти протоколу і за нереалізовану ще пропозицію (скоротити до 85 % ядерний арсенал) президент США Б. Обама отримав Нобелівську премію як «борець за мир» – цього вимагав термін переговорів з Росією щодо зменшення ядерного озброєння. **Бо масонам США дуже заважає ядерний щит Росії.** А хто зможе відмовити у розброєнні Нобелівському лауреату? Як би виглядала тоді Росія? І Росія «не підвела» – висунула «зустрічний план» скорочення **в три рази** ядерного потенціалу. Але чи не досить того, що Україна склала перед масонами свою ядерну зброю, яка була третьою за потужністю у світі? Автору незручно так тлумачити події, бо йому подобається Б. Обама, його сім'я та дві доньки – Малія та Саша. Але треба врахувати й те, що в Інтернеті було повідомлення, ніби за даними російської розвідки, група конгресменів США погрожувала Б. Обамі участю Кенеді (причина невідома).

Керуюча роль масонів у космічній програмі США [76]. Всіх масонів поєднують глибокі єгипетські коріння [76, с. 9, 288]. Майже «усі, хто займав у НАСА хоч яку-небудь важливу посаду, у тій чи іншій мірі були пов'язані з Ложею (масонів – КВ)» [76, с. 260, 287], а *при відборі астронавтів у США «явні переваги віддавалися франкмасонам»* [76, с. 285]. У космічній програмі США настирливо повторюються масонські цифри 33 й 19,5° (число 33 «є головним ритуальним числом для всіх трьох груп» масонів НАСА [76, с. 12]).

Очевидно, що три групи масонів НАСА («*маги*» з віруваннями масонів Древнього Єгипту, сучасні «*масони*» й «*наці*» з їхнім шануванням Гітлера [76, с. 9]) об'єдналися в ім'я захоплення всесвітньої влади, тому що всі групи масонів мають єгипетські корені [76, с. 287-288]: автоматичний апарат «Сервойер-3» сів 20 квітня 1967 р. *на Місяць – у день народження Гітлера* при зірці Алнітак (пояс Оріона) на $39^\circ = 2 \cdot 19,5^\circ$; Апполон – 16 в 1972 р. також був посаджений *на Місяці в день народження Гітлера* [76, с. 295]. Таким чином, групи масонів різних напрямів знаходять між собою розуміння. Настирливе повторення масонських цифр, увічнення пам'яті Гітлера мають практичну мету – *підтвердити могутність масонів, мати засіб залякування непокірливих*.

У книзі [76, с. 15] Р.С. Хогленд і М. Бара повідомляють про дослідження (НАСА, Білим домом, Міністерством оборони США, інститутом «Брункінгс») впливу інформації про інопланетян на можливість соціальних катастроф. Дивна радіотрансляція «Війни світів» О. Уелса (1938р.), що ввела в паніку *більше мільйона людей* на північному сході США, на думку Хогленда, «була військовим психологічним експериментом» [76, с. 118-119]. Р.С. Хогленд і М. Бара попереджають, що НАСА засекречує дані щодо Місяця й Марса для забезпечення *панування на Землі* [76, с. 12-13]. Багато про що говорить і *гіпнозування* космонавтів США [76, с. 223-225], щоб вони не могли сказати, що справді бачили й що робили на Місяці.

Анонімне джерело повідомило Хогленду, що космічний *телескоп США «Хаббл»* у майбутньому «*Новому світовому порядку*» (це масонський термін) буде використовуватись як лазерний індикатор у хмарах «*для підробки Другого пришествя!*» [76, с. 115]. Дивні ідеї для великої держави – «Новий світовий порядок» й імітація Другого пришествя, чи не правда?

Р.С. Хогленд відзначив дивну назву «Арес» (грецький бог війни) нового проекту 2006 р. для переміщення великих вантажів на Місяць і Марс [76, с. 526-527] і висловив здивування: чому в 2006 р. так поспішно відновлені польоти на Місяць і Марс [76, с. 528], адже новий політ на Місяць планувався в 2020 р. [76, с. 528], *а відновився на 14 років раніше (у 2006 р.), що у два рази скорочувало строки* затвердженої програми.

Тим часом є пояснення: 2020 р. занадто відстає від 2012-2014 р. у зв'язку із пророкуваннями щодо планети Нібіру. І в жовтні 2009 р. США запускає найдосконалішу пілотовану космічну ракету «Арес» довжиною 100 м із твердженням про *«крайню відсталість НАСА в ділянці проектування ракет»...*

У 2006 р. було затверджено створення пілотованого апарата Оріон: *«Апполон і стероїди»* [76, с. 526-528]. Стероїд – це ліки. Слово «стероїд» «з дивним підтекстом запропонував глава НАСА М. Гріффіні» [76, с. 12]. *Астероїд* – це невелике планетоподібне тіло Сонячної системи; має назву; орбіта його відома й розраховується; загальна маса всіх астероїдів становить 4 % маси Місяця. А поруч із «видаленням космічних тіл від Землі» цілком може перебувати й *«націлювання астероїдів на Землю»...* Підтекст слова «стероїди» звучать як «ліки з астероїдів» – такий гумор у масонів. Кого масони збираються «лікувати» астероїдами на Землі? У 2009 р. США бомбардує Місяць кінетичним снарядом масою 2 тонни з утворенням на Місяці кратера діаметром 5 км – нібито в пошуку води на Місяці – в умовах вакууму. А Місяць не має навіть атмосфери! Цей експеримент дуже схожий на спробу точного бомбування Землі «стероїдами».

Охоплення страхом і непевністю найбільшої кількості людей [78-81]. На 2012-2014 рр. створена велика концентрація «страхів» – з опорою на наукові дані й пророкування. Непевність народів у завтрашньому дні створюється повідомленнями про кінець світу – Апокаліпсис, планету Нібіру на 2012 р., астероїди, комети, космічні катастрофи 2012-2014, 2029, 2050 рр.

Наприклад, *планета Нібіру* сузір'я *Оріон* пройде крізь орбіту Сонця під кутом **33°** («33» – масонське число [76, с. 285]). За повідомленням НАСА планета Нібіру спостерігається з травня 2009 р., її будуть усі бачити з травня 2011 р.; 21.12.2012 р. на Землі почнуться землетруси; 14.02.2014 р. – найгірші події (зрушення тектонічних плит, зсув полюсів); після 01.07.2014 Нібіру не буде тероризувати наш світ і рушить геть із нашої частини Галактики. У результаті впливу планети Нібіру виживе приблизно кожна десята людина планети. НАСА **на той же період** повідомляє про вихід з ладу усіх трансформаторів на Землі... І наче це не стосується усіх науковців Землі, які займаються чим завгодно, лише не питаннями погроз Людству.

4.10.2009 р. українським телебаченням *в одній передачі* було повідомлено про *три варіанти повного знищення планети Земля* з наступною заспокоїливою заявою усміхненого астролога. У кінотеатрах пішла демонстрація фільму «2012».

Пророкування Павла Глоби: «Світ зіштовхнеться з небаченою кризою, що почнеться після приходу 44-го президента США. На це є вказівка російського астролога В. Немчина – він назвав його «чорною людиною». Для Б. Обами найважчим стане 2011 р. – його життя буде під загрозою. Гороскоп Б. Обами дивно схожий на гороскоп Д. Кеннеді. США чекає велика депресія, країна поступиться лідерством. Найважчий час для США наступить після Б. Обами. Більш сумне майбутнє очікує Євросоюз. Розпадуться військові й політичні союзи, у тому числі й НАТО. Україна розпадеться на три частини, дві з яких увійдуть до складу Росії. У 2014 р. людство впритул підійде до Третьої світової війни. Але до 2014 р. війни в Росії не буде».

26.10.09 р. на телебаченні виступає академік і повідомляє, що на 2011-2012 рр. (до чого ж **«удала» дата!**) варто очікувати атаку ожилых вірусів з льодів Арктики, що тануть, і до яких людина не має імунітету. Й існуючі віруси пташиного й свинячого грипу теж активізуються (й **обов'язково** на 2011-2012 рр.!). При цьому не згадується, що Земля не перший рік зустрічається з айсбергами, танення яких до 2009 р. чомусь не призвело до катастроф.

Влада Грошей [85]. Долар США є основною валютою світу й складає більше 50 % від загальних валютних запасів. Нині 30-50 % доларів ідуть за межі США. Щодня для виготовлення доларів ФРБ США витрачає 18 тонн фарби. Приріст резервів валюти поза США становить 63 % у євро, 37 % – для підтримки долара. Хто гадав, що Росія буде підтримувати долар США? Але вона підтримує – вимушено! Розмір валютних резервів світу досягає \$7,3 трлн. Росія має валютні резерви: 47 % – у доларах США, 42 % – у євро, 10 % – у фунтах стерлінгів.

США і Європа офіційно – християнські країни. Вони бояться числа Сатани 13, тому що в п'ятницю 13-го: розіпнули Христа, Адам й Єва покуштували заборонений плід, Каїн убив брата Авеля. У деяких готелях навіть немає 13-го поверху. Але жодного християнського символу на доларовій купюрі немає. Немає хреста, зате панує сатанинське число 13. Пояснюється це тим, що **масони, які малювали долар, – супротивники Христа.** США спочатку склалися з 13 штатів (за числом колін ізраїлевих плюс тринадцяте: духовні іудеї – масони). Принцип керування той же: місцеві закони й загальний федеральний центр. Така ж структура у Федерального Резервного Банку США.

У лівій частині однодоларової банкноти США (рис. 24.1), виконаної за задумом С. Макроновського (він же – **масон** М.К. Рерих) і розпорядженням майбутнього **віце-президента США масона** Генрі Уоллеса, зображена усічена піраміда – **найдавніший символ жерців Єгипту, що сформували й саме іудейське царство, й іудаїзм як релігію.**



Рис. 24.1. Один долар США



Рис. 24.2. Зірка Давида



From Hartz's History of the Seal of the United States.

Рис. 24.3. Піраміда й орел



Рис. 24.4. Прапор США

Усічена піраміда складається з *13-ти цегельних ярусів*, де кожна цегла позначає окремих народ або державу. Називають її «пірамідою Ілюмінатів». Структура ілюмінатів складається з 13 ступенів посвячення в істину. Це ціла група масонських лож. У вершині – трикутника (ще один масонський символ!) – око. Фахівці називають його по-різному: «Всевидюче і Всезнаюче Око» «невидимого правителя» усім світом, око «Великого Архітектора Всесвіту», **«око Люцифера», тобто Сатани** (рис. 24.2). Якщо зобразити іудейський символ – зірку Давида на шість кутів, то з літер у вершинах трикутників можна утворити слово M.A.S.O.N. Символ «вершини» увінчаний латинським написом з *13-ми літер*: «Annuīt Coeptis» – «благословенні всевишнім», що підкреслює, якому «обраному» класу дано правити світом. Під пірамідою написано «Novus Ordo Seclorum» – **«Новий Світовий Порядок»** (рис. 24.3).

У центрі зображений «американський» орел. У дзьобі він несе стрічку, на якій написано (*13 літер*): «E PLURIBUS UNUM» – «Один над множиною». Впадає в око настірливе повторення «масонського» числа 13, що означає 13 ступенів посвячення в істину: *13 листків* у гілці акації, *13 бутонів* на гілці, *13 стріл* в лапі орла, *13 смужок* на прапорі у нього на грудях, *13 п'ятикутних зірок* над головою орла, *13 сходів* у піраміди, *13 літер* у словах над пірамідою, *13 літер* у словах над орлом. Стріли в лівій лапі орла **символізують знання й сили, покликані втихомирити або вмертвити ворогів.**

На державному прапорі США є *13 біло-червоних смуг* (рис. 24.4); якщо виміряти ширину купюри \$1, то одержимо 66,6 мм. **«Число Звіра» 666** згадується в Біблії як ім'я Сатани. Випадковий збіг? Люди, які

стояли за Рерихом, вибрали єднодоларову купюру, тому що надавали **єдиниці** сакральне значення. Головну таємницю Рерих зашифрував у **центрі купюри у вигляді одного речення із трьох написів**: «США + Ми віримо в Бога + Один долар».

Вся масонська система на різних рівнях керування дають **різну систему знань**. Рабовласникам дають знання про те, **як управляти людьми**; рабам же дають лише **знання, необхідні для роботи раба** – як ростити рис і т. д. Але боротьба за волю ставала непримеренішою, і рабовласники замінили кайдани на кредити з високим позиковим відсотком. При цьому 90 % доларової маси створюється як кредитний борг, що повертається з відсотками. **Але грошей для відсотків просто не існує. Тому повернути всі доларові борги неможливо.** Долар – це засіб поневолення всього людства масонами – власниками Федерального Резервного Банку США.

На новій **українській купюрі** вартістю в 500 гривень (рис. 24.5) на будинок Києво-Могилянської академії напливає масонський символ – «**око Люцифера**», поміщене в центр трикутника і зображене на доларових банкнотах США. «**Хто продав Україну за 500 гривень?** І на що натякнув нам всім НБУ? На те, що Києво-Могилянська академія є масонським навчальним закладом, чи на те, що економіка України вже цілком перебуває під контролем масонів?», – пише із цього приводу сайт «Обком».

На монетах України праворуч від року випуску з'явився масонський символ – квітка.

А яке має відношення ООН до масонів? Емблема ООН (рис. 24.6) підготовлена Керівництвом стратегічних служб США у квітні 1945 р. у вигляді земної кулі з двома маслиновими гілками: число листків в одній гілці дорівнює 13, число «ієрархічних рівнів» листів – 7. Обидві цифри – масонські й призначені для підтвердження могутності масонів.



Рис. 24.5. Купюра України



Рис. 24.6. Емблема і прапор ООН

Особливості поширення доларів США [86]:

- Долари друкуються приватною конторою – Федеральним Резервним Банком США (ФРБ) з 12-ти відділень без якого-небудь контролю з боку уряду США. Ці долари не підкріплені ні товарообігом США, ні золотим запасом.

- Всі гроші, які беруться урядом США в борг у ФРБ під відсотки, забезпечуються державними гарантіями США.

– Кожен долар, що друкує ФРБ США, дається в кредит. Кожен кредит повинен бути *повернутий з відсотками*. Для кредитів (на строки від 10 до 30 років під відсотки від 7 до 20 % річних) відсотки можуть у 2,5-4 рази перевищувати суму кредиту.

– *Весь світ винен ФРБ в 2,5 рази більше, ніж взагалі існує грошей, тобто віддати борг фізично неможливо*. Навіть держава США має величезні борги перед ФРБ. Для відстрочки банкрутства всіх перед всіма *ФРБ США щороку друкує мільярди нових нічим не підкріплених доларів*, щоб створити грошову масу, необхідну для виплати боргів і відсотків за торішніми кредитами. Але ця маса знову дається в кредит, заганаючи цивілізацію в остаточне рабство.

– Собівартість друку 100-доларової купюри – 3 центи. А ціну долара (його курс) можна регулювати штучно, зменшуючи або збільшуючи кількість доларів на ринку. Це виконується такими організаціями, як ФРБ, МВФ, ВБ, *які належать тим самим людям*. Для створення хвилі банкрутств (приватних осіб, підприємств, банків і держав), досить лише перестати видавати нові кредити й приймати платежі за старими, накачуючи долари в сховища ФРБ, МВФ, ВБ. *І цей крок робився неодноразово* – у 1907 році в США, у 1914 році в США, 1928-1932 року в США. Нинішня криза 2009 року теж почалась з банкрутства банку США Lehman Brothers 15 вересня 2008 р.

– Сьогодні долар є міжнародною валютою. Це уможливило *штучне створення кризи в планетарних масштабах*.

Світова фінансово-економічна система. Матеріальною основою масонської могутності є гроші й створена ними фінансова система – ФРБ, МВФ, ВБ. *Більдербергський клуб* (неофіційна щорічна конференція 130 учасників з найбільш впливових фінансових і політичних діячів) трактується як таємний світовий уряд. Зараз наступив переломний момент: *дуже великі гроші хочуть керувати Світом*.

Їхня стратегічна мета – захоплення фінансової, економічної й політичної влади на Землі й установлення «нового світового порядку» на нелюдських принципах рабовласництва. Методологія відпрацьована по США – там уперше влада захоплена масонами. А тепер досвід переноситься на найближчих сусідів США та на народи Землі.

За типовим сценарієм національному уряду дається кредит на «реформи» та «розвиток» з фантастичною сплатою послуг «радникам даної держави», які, у свою чергу, керують «місцевими чиновниками». Частка виділених коштів наперед призначається для «розподілу» місцевою владою. В умови «кредиту» входить також контроль за економікою та «де й що купляти», тобто це звичайнісінький продаж власних послуг, товарів чи «впливу». *Світовий уряд* керує національними урядами й видає основні ключові

документи держави. Так проводились реформи у Росії, в СНГ, Латинській Америці [87]. На «зелені папірці» йде **підкуп урядів**. Із системної точки зору – навіщо витрачати мільярди на війну, якщо папірцями за собівартістю 3 центи за 100 доларів можна розв'язати ті ж проблеми, але значно дешевше? Ніхто не хоче задати собі прості питання:

1. Як така могутня держава, як США, стала боржником **приватної маленької масонської контори** – власного Федерального Резервного Банку (ФРБ), який розташований на території США й випускає лише якісь зелені папірці? Є таким же банкрутом ФРБ, чи в нього **«усе в порядку»**?

2. Чому вважають за можливе брати багатомільярдні позики у відомого банкрута – США (при наявності в Японії, Китаї, Росії банкнот США на суму вже 5 трлн доларів)? Чому в міжнародних відносинах папірці замінюють золотом? Чому злочинським правилам ФРБ повинні підкорятися народи Землі? Кому це вигідно?

3. Чому Гітлер друкував фальшиві фунти стерлінгів (у той час це була світова валюта) для підриву економіки супротивника, й **де гарантія**, що ФРБ **не може надрукувати** зайвих «зелених» папірців?

У структурі золотовалютних запасів Китаю золото становить 1 %, Росії (\$ 413,4 млрд) – 4 %. Близькі значення мають Японія, Індія, Тайвань, Сінгапур. **Золото США становить 67,5 %**. США можуть піти на гіперінфляцію: це знецінить борги США й здешевляє робочу силу. США не бояться інфляції своїх доларів, бо мають достатній золотий запас, – інфляції долара боїться вся Земля. Зараз навіть усього майна США (включаючи землю й заводи) не вистачить, щоб розплатитись за випущені зелені папірці.

США експортують інфляцію, а в самих її немає. Фінансова громадськість світу обурена поведінням США, але нічого не може зробити.

Розглянута проблема набагато складніша, але все ж **настав час переходити у відносинах між державами на матеріальне забезпечення грошей**. Першою отямилась Європа – перейшла на «євро». Іран переводить свої долари в «євро». Аналогічне рішення приймають країни ОПЕК. Існує проект заміни долара на «Амеро». Домовилися (12.10.09) про єдину грошову одиницю союз країн Латинської Америки (ALBA). Росія, Китай і Японія можуть стати заручниками своїх величезних запасів доларів. Але економічні процеси не можуть бути зупинені. Тому вживають часткових заходів: РФ преводить частину своєї валюти в канадські долари, Китай – у євро і японські ієни. Але час паперових грошей пройшов. Стабільних паперових грошей більше немає. Тому приватному інвесторові в такій ситуації треба бігти від будь-якої валюти: євро теж може бути девальвований з метою стимулювання економічного росту Європи.

Генетична афера – інструмент харчового контролю над суспільством для майбутнього «єдиного уряду» [88]. Один літній канадський фермер повідав наступне:

«15 років тому в Канаді за сприяння держави почалося кредитування фермерів. За 5 років близько 85 % фермерів було втягнуто у великі борги. А потім держава за один сезон зробила на них потужний тиск, і багато хто не зміг погасити взяті кредити. Банки стали відбирати заставне майно. Але тут з'явилася корпорація, яка рятувала фермерів від проблем з банками за умови, що фермери повинні сіяти генетично змінені рослини (пшеницю). Особливістю цих рослин було те, що *на наступний рік їхні насіння не проростали*, і фермерам доводилося знову купувати *генетично змінене насіння*. За кілька років *зникли запаси «звичайного» зерна Канади*. Тепер якщо ця корпорація вирішить улаштувати голод у Канаді, – вона просто не дасть зерна на посів».

15 років тому з'явилися надзвичайно багаті фірми – підставні фігури фінансово-промислових груп. Вони скупили майже всіх конкурентів за біотехнологією й генетично зміненими продуктами. Зараз десяток фірм у світі *контролюють харчові ресурси на планеті* – більше 40 % виробництва генетично зміненого зерна. У Канаді й інших країнах *може бути влаштований ГОЛОД* – для регулювання чисельності населення, політичного тиску, геноциду непокірливих народів.

Але дана тема – *це табу в ЗМІ й Інтернеті*. Учені б'ють тривогу, але їх не чути в шумі про можливі мутації людини в результаті зміни ДНК рослин та про надприбутки фірм. Насправді обмін між ДНК людини й рослин неможливий. Якби людське ДНК могло одержати частину ДНК помідора – воно б давно його одержало, і по всій планеті ходили б червоні «люди-помідори». Зазначений шум є *спецоперацією з приховання дійсних цілей*: суть біологічної революції не в грошах, *а у владі, контролі й у рабстві*, у створенні *продовольчого й політичного контролю* над цілими країнами.

Масони України

Багаторічне дослідження колишнього співробітника британських спецслужб Джона Колемана «**Комітет 300**» розкриває таємниці *Світового Уряду* масонів у складі **300 людей**. Несподіване **число 300 виникло в українському контексті**. У 1999 році в Україні була зареєстрована Міжнародна громадська організація ордена Тамплієрів – «Пріорат України» [89]. З тих пір його членами стали близько **300 вищих керівників України** [89; 90]: парламентарі, міністр оборони; начальник генштабу; голова СБУ; заступники голови СБУ; генерали й полковники СБУ; начальник Національної академії Оборони України; начальник Головного керівництва щодо боротьби з корупцією й організованою злочинністю і т. д.

Доведення членства в масонській ложі 300 високопоставлених керівників України привів лідер соціалістів України А. Мороз [90]. Він продемонстрував фотографії посвячення в лицарі ордена *першого Президента України Леоніда Кравчука, экс-міністра оборони Івана Кураса та ін.* й уточнив, що керівництво масонів перебуває за кордоном. А. Мороз зажадав, щоб масони-керівники України покинули державну службу. Але перший Президент України Л. Кравчук не вважає організацію «Орден Святого Станіслава», до якої він належить із 1999 року, масонською ложею. Л. Кравчук назвав Орден позитивною організацією. За його словами, в Орден входить багато українських політичних діячів, а також бізнесмени, що займаються доброчинністю.

У національному інституті україно-російських відносин *при Раді національної безпеки й оборони України* пройшов «круглий стіл» на тему «Національна програма забезпечення економічної безпеки в контексті стратегії соціально-економічного розвитку України». Секретар Ради Безпеки України (СБУ), экс-шеф держбезпеки Е. Марчук запропонував, що якщо вже «світовий уряд» не противиться планам Москви побудувати газопровід в обхід України, то *співробітництво Києва з масонами треба припиняти*, а також призвав *відмовитися від глобалістичних цінностей у керуванні державою*.

Відомо, що батько вбитого журналіста Георгія Гонгадзе був масоном, але масонський напрям у розслідуванні злочину ігнорується.

Економіка України

Народи США, Росії, України, ставлячи масонів на чолі урядів, по суті, підтримують нікому не відомі цілі закордонних керівників масонів. Керівництво України під виглядом реформ зруйнувало економіку, керування й соціальні стандарти власної країни. Ми успішно перетворюємося в сировинний придаток Зарубіжжя. Наші парламентарії «граються в парламент» на тлі неухильного економічного поневолення країни й зменшення населення. За 18 років – жодного напряму розвитку економіки чи принаймні збереження існуючого майна України. Основною функцією Верховної Ради стала невпинна приватизація державного майна та держзаймів України.

Дійсно, навіщо потрібна війна із завоювання України? Прошло 18 років у мирі: економіка зруйнована, влада й суди приватизовані фінансовими кланами (про привласнення політичної влади свідчать назви партій за прізвищами керівників), армія ослаблена, зате «звідкілясь» з'явилась кучка мільйонерів, які «заробили» свої гроші на фоні зубожіння населення.

Інвестиційні долари беруться не на інноваційні технології, а на «латання дір» технологічно застарілих підприємств, практично консервуючи

технічну відсталість країни на століття. І дивно чути, що похваляються не створеними підприємствами на основі нових технологій, не збільшенням робочих місць, не розширенням внутрішнього ринку за рахунок підвищення виробництва товарів і зарплати, а прославляють новий отриманий *заиморг для народу* у вигляді позики МВФ.

Дарма обвинувачують наших «реформаторів» у бездарності. Вони натхненно і винахідливо розподіляють між собою зовнішні державні позики, «чуже» (державне) майно України, позбавляють робітників у майбутньому пенсій, а іноді – взагалі не платять за роботу. Адже головна мета масонства – зменшення населення Землі і його дебілізація. Так вони швидше збагачуються й так їм «економічно вигідніше». Навіщо їм займатися заморочливим і ризикованим будівництвом нових підприємств? А на інтереси держави (а за великим рахунком – це їх власні майбутні інтереси) їм наплювати – вигода, отримана в цю ж хвилину, набагато дорожча, й так вони звикли. Крім того – у них і так *«непогано йдуть справи»*...

Чому банки України розпочали війну проти власної валюти [91]? Всі гроші, виділені НБУ у 2009 р. (при погрозі дефолту в Україні!), пішли не на кредитування економіки, а на валютний ринок (1\$ банки купували по 6 грн, а продавали по 9 грн – це забезпечило прибуток в 150-200 % річних). А виплачувати позику буде народ України [93]. Зараз Україна знаходиться на порозі реструктуризації банківської системи в систему з перевагою іноземного банківського капіталу. Про це під час *прес-конференції на «Обозревателе»* заявив экс-заступник голови Національного банку України С. Яременко. В умовах домінування грошового капіталу над виробничим *«іноземні банківські установи є основою для керування країною»* – підкреслив економіст.

Чи не тому МВФ командує, як Україні «розвивати» сільське господарство, дає команду підвищити ціну на газ, приватизувати держпідприємства й т. д. І зверніть увагу: нікого не обурюють накази МВФ, до цієї «нової влади» звикли, а це означає, що ми поступово звикаємо до нового масонського *«Світового Уряду»*, що вже існує практично.

Держави СНД припустилися стратегічної помилки – у погоні верхівки влади за власним благополуччям вони дозволили зруйнувати національну економіку. А тепер МВФ добиває те, що ще не добито. Лозунг «Пролетарі всіх держав, єднайтесь!» замінено на лозунг «Багатії всіх держав, єднайтесь!». І головна турбота МВФ – це *втілення практичних висновків з ідей Мальтуса – зменшення населення Землі, у тому числі за рахунок України*. Уведення грабіжницьких податків на зарплату, стягнення прибутку зі здоров'я робітників і практичне позбавлення робочих прав

і пенсій, розгром промисловості й сільського господарства має тільки один **вищий** зміст – **скоротити населення України і позбавити її державності**. Адже це розширює «життєвий простір» для масонів. На це спрямовані команди: не підвищувати зарплату, скоротити соціальну допомогу, збільшити ціну на газ. Немає жодного «наказу» МВФ – не розкрадати і не руйнувати економіку. Немає жодної пропозиції масонів провести жорстку боротьбу з корупцією, починаючи з лобіювання у Верховній Раді та в судах; скоротити роздутий адміністративний апарат і кількість депутатів з 400 до 150 людей; скоротити витрати на обслуговування Верховної Ради України й президента; перерозподілити величезний розрив прибутків різних верств населення; встановити виборність суддів, щоб найвищим Суддею був народ України. Не будуються підприємства з виготовлення завершеного національного інноваційного продукту. Усе спрямовано або на вивіз сировини (металургія, нафтопроводи, атомні електростанції за принципом: ми вам джерельно чисту електричну енергію, нашій «еліті» – гроші, державі – теплові викиди, а народу – радіонукліди й радіоактивну воду), або випуск напівфабрикатів (корпусів судів без «начинки», товари незавершеного виробництва). Магазины України забиті іноземними товарами, які й ми можемо випускати. І уважно прислухаються до **наказів** МВФ (чим він не «світовий уряд»?) **про заходи для подальшого погіршення життя населення**. Немає порівняння витрат на адміністративний апарат і звітів про витрату коштів за позиками – скільки коштують «внутрішні й зовнішні консультанти», скільки робочих місць створено, скільки нових підприємств побудовано.

Будь-яка організація ставить перед собою цілі. Які цілі ставлять перед собою керовані з-за кордону кавалери-масони? Хоч один масон підняв питання про захист робітників від сваволі підприємців? Або про скорочення роздута бюрократичного апарату? Або про введення представників простого народу в парламент? Або про обмеження співвідношення прибутків, одержуваних все ж у результаті суспільної праці? Або про дебілізацію українців телебаченням?

А ось «зворотні» дії є. Робочі раді, коли їм дають роботу без пенсійного забезпечення (чим не «нові» раби?). У президенти України може балотуватися тільки людина, яка внесла 2,5 млн грн, і тому розуміє, чому «багаті теж плачуть». Невже слово «демократія» означає, що керувати країною може тільки мільйонер? За це проголосували депутати України – всі, згідно з їх заявами, – матеріально дуже бідні люди. Чи депутат «дякує благодійникам» на основі інтелігентного слова «лобіювання», яке застосовується замість більш точного слова «продажність»?

Невже народ України обрав депутатів, щоб фізично сильні били слабких? Чому допускаються бійки, блокування трибуни й псування

майна Верховної Ради? Коли припиниться «запах параші» і дух «дитячого садочка» у Верховній Раді? Чому неонацисти провели демонстрацію 1 травня 2009 р. у Києві? Хто їх фінансує, і чому президент Ющенко не раз казав, що в Україні їх немає? І чомусь *тему про небезпеку масонства* і їхніх міжнародних організацій неонацистів і сатанистів *вперто замовчують в ЗМІ й передвиборній компанії 2009 р.*

Світовий банк фінансує шкільну реформу України: у районі, де існує 30 шкіл, повинні залишитися 10. Дітей з інших шкіл повинні возити автобусами. Наша влада схвалила ідею Світового Банку. Але діти утомляться їздити щодня по 20-30 кілометрів. Молодь почне масово виїжджати із села, тому що *без школи немає села*. Ось це й треба масонам! Вони негайно захоплять знецінені землі спустілих сіл зі встановленням у них *«нового порядку»*.

Де захист ВНЗ від сваволі Міністерства вищої освіти й науки України у вигляді нескінченних реорганізацій форми навчання і звітності? Замість наукової праці викладачі України зайняті обслуговуванням нікому непотрібних реорганізацій в умовах відсутності коштів на наукову роботу.

Фізичне й розумове здоров'я націй під погрозою. *Ніколи в Україні не було стільки розумово відсталих*, не було стільки випадків жорстокості, бійок ногами, насильства, прищеплювання «смаку» до вбивств, до сексу, до садизму з деталізацією садистських знущань над людиною, неповаги до жінки і т. д. за допомогою «ігор», реклами, кіно, телебачення, преси.

Відомо, що моральність людини важливіша за професійні знання. Але в усіх навчальних закладах скасовані існуючі раніше *оцінки за поведінку й характеристики дітям*. Але ж перед школою стоїть завдання **виховання й навчання**: професійні знання обов'язково повинні підкріплюватися моральними якостями – це «дві ноги людини», аксіома при прийомі на роботу будь-якого працівника. Школа дає *не тільки знання*. Вона вчить жити в колективі, дисциплінує, прищеплює позитивне ставлення до праці й дорослих, виховує. Тому потрібна оцінка не лише професійних знань людини.

Інтернаціональне об'єднання народів. Британські депутати вже вимагають жорсткого ставлення до Росії: мати план у випадку «нападу Росії на Прибалтику» (нападу немає, але зато є готові «захисники», «агресор», «жертва» і навіть «обурення»), зажадати від Росії повідомлення про маршрути польотів своїх військових літаків *поблизу кордонів Британії* (літаки не порушують кордонів Британії, але створюють «напруженість») і не визнавати сфер інтересів РФ.

Уряд Росії зрозумів, що співробітництво із Заходом не виходить, і зараз від оборони переходить до конфронтації. Але при цьому Росія не враховує борги, залежність від зовнішніх ринків, розхлябану економіку,

настрої сепаратизму, загальне погіршення соціального стану населення і його «патріотизм» у зв'язку з війнами й «заходами» злодійської «еліти». Росія забула уроки Першої світової війни (розпад Російської імперії) і Афганістану (розпад СРСР), забула, що зараз перебуває в межах XVI століття, забула уроки від *Грошей* у Чечні. Хто виграв у війні в Чечні? Однозначно виграли лише масони. Всім іншим залишилися втрати та ворожнеча.

Всім республікам колишнього СРСР треба боротися з нацистами, які власне нікчемство замінюють вихвалянням національності з матеріальним підтекстом для своєї персони. Розвал багатонаціонального СРСР нічому не навчив, і влада РФ, як і раніше, замінює поняття «РФ» на «Росію». Ми живемо у вибухонебезпечний час (*йде Третя світова війна!*) і необхідно направити всі зусилля на примирення людей, а не на створення конфліктів. Ніхто не звертає увагу на те, що талановитому Задорнову заборонено в'їзд у США – але ж це вже державний акт! У Росії дурні всі, але не росіяни. І якщо дозволені національні випадки Задорнову, то це – політика, що зачіпає всі нації Землі. Не можна жартувати з вогнем на пороховій бочці національних розходжень і в жерлі *Третьої світової війни*, яка усе більше охоплює нас. Її треба уникнути – всіма способами. Після Чечні, провокації в Югославії й Іраку **РФ треба налагоджувати стосунки з ісламом**, щоб ні в якому разі не бути утягненою у війну за нафту для США. Не треба проливати кров за масонів.

Насторожують провокаційні повідомлення зі США про неминучість війни України й Росії, про розділ і поглинання України Росією [95]. Вони підігруються **масонами РФ** й охоче підхоплюються **масонами України**. *Хто перший зробить провокацію?* Але ж **верхівці масонів США** тільки й треба, щоб *слов'янські народи почали стріляти один в одного*. Це їх послабить, дасть можливість США бути «миротворцем» у *хлібному регіоні Землі* й навіть увести туди свої «міжнародні» війська.

Масонам у значній мірі вдалося роз'єднати народи СРСР, але ситуація із самого початку жорстко підштовхує країни СНД до об'єднання на новій основі. Росії, Білорусії, Казахстану, Україні, Грузії, Вірменії, Азербайджану, Молдові й ін. тут належить своя роль в інтеграції на основі реального інтернаціоналізму. Щоб зрозуміти неможливість об'єднання на старій основі, досить лише переглянути розподіл ресурсів за останнім 5-річним планом розвитку СРСР: там на сільське господарство Підмосков'я виділено стільки ж грошей, скільки й на Україну.

Здається, що зовсім недавно в США був потужний негритянський рух за рівноправ'я. Де він тепер? А справа в тому, що США дійсно переглянули свою національну політику – тому доказ президент Б. Обама, переваги нінців Аляски перед приїжджими й ін. США не потрібна

національна конфронтація. А нам, виходить, – потрібна? Якщо Європа змогла об'єднатися, то чому нам цього не можна? Чому братні народи раптово стали ворогами, а **Гроші + Влада** вже змусили їх стріляти один в одного? Хто це спровокував, хто «підігріває», «кому це вигідно», і хто зараз ллє воду на млин масонів?

Масонам удалося розчленувати СРСР спрагою **Грошей** верхівки влади комуністів. Але ядерний потенціал Росії збережений і є вагомим стримуючим фактором для апетитів масонів, є **опорою й надією всього Людства, включаючи народи США.**

Висновки

Найгострішою проблемою для Людства на 2000-2050 рр. став стержень економіки – НАФТА та ГАЗ. Нафти вистачить на 20-30 років. Тому там на Землі, де є нафта, слід очікувати провокації та армію масонів США. Не треба воювати за нафту для масонів та попадатись на вудочку протистояння арабському світу.

Бути масоном – це означає бути запродавцем не лише народу України, але й всього Людства, бути прихильником поневолення Людства кучкою багатих негідників, які розжирили на грабуванні людей і тепер розважаються його бідами. Посилання масонів на їх добрі справи – не більше ніж маскування для «непосвячених», тому що їх дійсні цілі демонструються трагедією держав, що взяли кредити МВФ; трагедією арабських народів; вбивством двох Пап у 1978 р. [84, с. 83-86]; державним банкрутством США, які притулили масонів; вбивством президента США Кеннеді; трагедією США від терористичного акту 11 вересня 2001 р. в Нью-Йорку; заготовкою для народу США 1 млн трупів, 160 в'язниць, крематоріїв та концтаборів; тим, що зараз світ втягується в **заплановану масонами Третью світову війну.** Народ України, ставлячи на чолі урядів масонів, по суті, підтримує нікому не відомі цілі **закордонних керівників** масонів – керівників міжнародних банків. Органи управління масонів в Україні мають бути заборонені, а обмануті масони України повинні вийти з цієї злочинної організації.

Між Людством і Сатаною (масонами США) у світі йде Третья світова війна, головною зброєю якої поки що є **Гроші**, а ціллю – нафта та газ. Її початок виграв **Сатана.** Згідно з [84], війна відбуватиметься протягом 2003-2030 рр. Зі страшною послідовністю відбувається передбачення Біблії, Нострадамуса та розшифрування Біблії А.С. Лазаревим [84]: битва **Сатани з Людством**; протистояння християнства та мусульман, в основі якого є нафта, з центром битви – Ізраїлем; підлив впливу католицької церкви, яка не раз поклонялась Золотому Тельцю, підтримує масонів і зараз пропонує Людству створення масонського Світового Уряду **Сатани**; звеличення православного християнства, яке послідовно

бореться з масонством; звеличення *Росії, ядерний щит якої є одним з витверезних факторів стосовно апетитів масонів*. НАФТА і ГАЗ є центральними політичними питаннями даного п'ятдесятиріччя. Саме тут слід очікувати провокації та армію США; людству потрібно подбати про альтернативні джерела енергії та подумати про обмеження зростання населення Землі.

Небезпека Третьої світової війни за нафту та газ між масонами та арабами жорстко вимагає розв'язати проблему *об'єднання народів СРСП* на взаємовигідній інтернаціональній основі.

Випущені у світі цінні папери, включаючи паперові гроші, перевищують створені матеріальні цінності в 2,5...28 разів. Це зростання вже вичерпало себе і зараз можна очікувати зменшення впливу хвилі «паперової товарної цінності». Зараз немає стабільних паперових грошей.

Керована з-за кордону світова фінансова система побудована на невірних системних принципах, є нестабільною і приводить до експлуатації третіх країн. У будь-який момент можна очікувати девальвації усіх цінних паперів, підняття цін на товари і на золото. Фінансова нестабільність може перерости у військові дії. Тому приватному інвесторові в такій ситуації треба бігти від паперової валюти: євро нічим не відрізняється від долара і може бути девальвований з метою стимулювання економічного росту Європи. У світовій торгівлі потрібен перехід на гроші, підкріплені матеріальними цінностями. Грошовий капітал не повинен домінувати над виробничим. Отримані «борги» треба справедливо перерахувати в 2,5...28 разів.

Йде війна, і особливу увагу треба приділити армії й розвідці України (оснащенню, постачанню, ідеології, дисципліні, створенню аварійного запасу продовольства). Невже нас треба бити багато разів стосовно цього питання?

За кордоном не працюють більше за нас. Фундаментом неоексплуатації є **збільшена продуктивність праці та надприбуток**, як результат знань (кадри), технологій, виробничих фондів, закабальючих позик (контролю за нашою економікою та фінансами), сертифікації, політики, міжнародного поділу праці, захисту ринків та ножиць цін між сировиною і готовим товаром. Вихід полягає в переході до випуску сучасних товарів. Технологію ніхто не подарує: її треба купувати і розробляти паралельно з випереджуючим навчанням власних кадрів (в США кадри створюють 75 % національного продукту). Але чи зацікавлена економічно Україна в підвищенні продуктивності праці за рахунок автоматизації? Ні, бо занадто дешева робоча сила, звикли до постачання сировини, напівфабрикатів, приватизації та привласнення держзаймів. Цю проблему треба розв'язати з урахуванням державних інтересів.

Перш за все, треба поставити цілі – перетворення держави на «автоматизовану виробничу лінію» з випуску готових товарів за рахунок політичного узгодження національних програм розвитку на 5, 10, 20, 50 років на базі **«політики + кадрів + високотехнологічності + автоматизації + державного та міжнародного поділу праці»**; використання альтернативних джерел енергії; стандартизації вимог до нового й старого виробництва; припинення вивезення кадрів за кордон і їх перетворення в обслуговування з продажу чужих товарів; підвищення цін на сировину тощо. Розширення ринку в нас можливе *лише за рахунок внутрішнього ринку (який треба захищати!), торгівлі з державами СНГ та з державами, які розвиваються*. За цими межами від нас чекають не товарів, а лише сировину та дешеву робочу силу. Організацію **міжнародного розподілу праці між державами СНГ** розглядати не як виробництво напівфабрикатів, а як сумісне виробництво обладнання чи виробництво окремих видів готової продукції (літаків, ракет, обладнання).

Висновки стосовно стратегії промислової діяльності: час паперових грошей пройшов, треба зменшити паперові заощадження; ресурси підприємства повинні бути більше укладені в матеріальні багатства; економити енергію; у зв'язку з несталим станом фінансів угоди потрібно складати на короткий термін та зі зменшеним ступенем ризику; не вивозити за кордон гроші та стратегічну сировину; на ділі підтримувати вітчизняних виробників; створити умови для розвитку малого та середнього бізнесу; зменшити випуск напівфабрикатів; розширювати внутрішній ринок будівництвом інноваційних підприємств, збільшенням випуску товарів та зарплати населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колomoєц Ф.Г. Основы системного анализа в теории принятия решений. – Минск: Тесей, 2006. – 320 с.
2. Палехова В.А. Політична економія. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – 332 с.
3. Термін «Системний аналіз» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
4. Згуровський М.З., Панкратова М.Д. Основы системного анализа: Підручник. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
5. Энциклопедия кибернетики. – Т. 2. – Киев: Главная редакция УСЭ, 1974. – 622 с.
6. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике. – М.: Экзамен, 2002. – 480 с.
7. Семенов Г.В. Лекции по экономической кибернетике. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1990. – 106 с.
8. Брикач Г.Е. Нелинейная оптимизация в оценках деловой стратегии предприятий. – Москва – Воронеж: Изд-во МПСИ; Изд-во НПО «МОДЭК», 2006. – 200 с.
9. Катренко А.В. Дослідження операцій. – Львів: Магнолія Полюс, 2004. – 549 с.
10. Катулев А.Н., Северцев Н.А. Математические методы в системах поддержки принятия решений. – М.: Высшая школа, 2005. – 311 с.
11. Пакеты прикладных программ. Математическое моделирование. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
12. Парасюк И.Н., Сергиенко И.В. Пакеты программ анализа данных: технология разработки. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 159 с.
13. Термін «АСУП» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
14. <http://automation-system.ru/asup/composition-cam/55-osnovnye-principy-postroyeniya-asup.html>.
15. Шарапов О.Д., Терехов Л.Л., Сиднев С.П. Системний аналіз. – К.: Вища школа, 1993. – 303 с.
16. http://ru.wikipedia.org/wiki_исследование_операций.
17. Печчеи А. Человеческие качества. – М.: Прогресс, 1985. – 312 с.
18. Кутковецкий В.Я. Програмування прибутку в задачах дослідження операцій: Монографія. – Миколаїв: МДГУ, 2006. – 204 с.
19. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. – М.: Мир, 1986. – Кн. 1 – 350 с. – Кн. 2 – 320 с.

20. Givsvold K.M., Moe J. A Method for Nonlinear Mixed-Integer Programming and its Application to Design Problems // Journal of Engineering for Industry, May, 1972. – P. 353-394.
21. Модельные эксперименты с механизмами экономического управления / Г.М. Татевосян, Б.С. Луняков, Е.Н. Егорова и др. – М.: Наука, 1989. – 224 с.
22. Родионов А.А. Математические методы проектирования оптимальных конструкций судового корпуса. – Л.: Судостроение, 1990. – 248 с.
23. Цыбенко Б.А., Стрелковский И.В. Методы машинного проектирования и оптимизации элементов судна. – Николаев: НКИ, 1983. – 38 с.
24. Сухарев Э.А. Параметрическая оптимизация машин и оборудования. – Ровно: НУВХП, 2007. – 179 с.
25. Исследование операций в экономике / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1999. – 407 с.
26. Горчаков А.А., Орлова И.В. Компьютерные экономико-математические модели. – М.: Компьютер, ЮНИТИ, 1999.
27. Применение пакетов прикладных программ по экономико-математическим методам в АСУ. – М.: Статистика, 1980. – 196 с.
28. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение. – К.: Вид-во «Політехніка», 2005. – 156 с.
29. Штоер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
30. Балдин К.В., Воробьев С.Н., Уткин В.Б. Управленческие решения. – М.: Дашков и Ко, 2004. – 496 с.
31. Горский П. Введение в прикладную дисциплину «Принятие решений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gorski.ru/>.
32. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985. – 32 с.
33. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
34. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
35. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями // Автоматика и телемеханика, 1976. – № 11.
36. Мещанинов О.П. Сучасні моделі розвитку університетської освіти в Україні: теорія і методика. 15.00.04 – Теорія та методика професійної освіти. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня д.пед.н. – К.: Ін-т педагогіки та психології професійної освіти АПН України, 2005. – 44 с.
37. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 286 с.

38. Колодницький М.М. Елементи теорії САПР складних систем. – Житомир: ЖІТІ, 1999. – 512 с.
39. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ: ЗАТ «ВІПОЛ», 2000. – 688 с.
40. Математические методы исследования операций. – Киев: Вища школа, 1979. – 312 с.
41. Горелик В.А., Ушаков И.А. Исследование операций. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
42. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
43. Давыдов Э.Г. Исследование операций. – М.: Высшая школа, 1990. – 383 с.
44. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.
45. Вагнер Г. Основы исследования операций: В 3 т. – М.: Мир, 1972-1973. – Т. 1-3.
46. Исследование операций: В 2 т. / Под. Ред. Дж. Моудера, С. Элмагграби. – М.: Мир, 1981. – Т. 1-2.
47. Дегтярев Ю.И. Исследование операций. – М.: Высш. Шк., 1986. – 320 с.
48. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1986. – 319 с.
49. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
50. Финкельштейн Ю.Ю. Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. – М.: Наука, 1976. – 264 с.
51. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
52. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – М.: Мир, 1974. – 516 с.
53. Орлов О.А. Планирование деятельности промышленного предприятия: Підручник. – К.: «Скарби», 2006. – 416 с.
54. Тарасюк Г.М., Шваб Л.І. Планування діяльності підприємства. – К.: «Каравела», 2005. – 312 с.
55. Рогальский Ф.Б., Курилович Я.Е., Цокурено А.А. Математические методы анализа экономических систем. Книга 1. Теоретические основы. – Киев: Наукова думка, 2001. – 436 с.
56. Кутковецкий В.Я. Дослідження операцій: Підручник. – Миколаїв: МДГУ, 2007. – Т. 1. – 312 с.; – Т. 2. – 272 с.
57. Турти М.В. Теорія однозначних нечітких систем та нейронні мережі: Монографія. У 2-х частинах. – Миколаїв: Вид-во Європейського ун-ту, Миколаївська філія, 2007. – Ч. 1. – 140 с.; Ч. 2 – 114 с.

58. Турти М.В. Теорія однозначних нечітких систем та нейронні мережі // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 229-237.
59. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
60. Кондратенко Г.В. Фаззифікація якісних сигналів у нечітких системах підтримки прийняття рішень // Вестник ХГТУ. – 2002. – № 14. – С. 74-81.
61. Kondratenko Y.P. The fuzzy model for efficient solving ship's transportation problem // Proc. of Int. Conf. «Contemporary systems on business control» CSBS'2001, 4-6 June, 2001, Lipetsk, Russia. – P. 56-60.
62. Штовба С.Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB // Exponenta Pro, 2, 2003. – С. 9-15.
63. Матвійчик А.В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: Монографія. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 206 с.
64. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
65. Takagi H., Hayashi L. NN-criven fuzzy reasoning // International Journal of Approximate Reasoning. – 1991. – Vol. 5. – № 3. – P. 192-212.
66. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy Identification of Systems and its Applications to Modelling and Control // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – P. 116-132.
67. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
68. Турти М.В., Кутковецький В.Я., Комарова О.І. Ітераційні методи оптимізації моделей математичного програмування та однозначних нечітких систем // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: Збірник наукових праць / Дніпропетровський національний університет. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2009. – Вип. 13. – С. 248-258.
69. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2000. – 440 с.
70. Михалевич В.С., Гупал А.М., Норкин В.И. Методы невыпуклой оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 280 с.
71. Мионов С. Эффективно только то, что справедливо. Настало время перейти от экономики прибылей к экономике людей [Электронный ресурс] // «Аргументы и факты», № 20 (1489), 13-19 мая 2009 г. – Режим доступа: www.AIF.RU.

72. Вагнер Г. Основы исследования операций. – Т. 1. – М.: Мир, 1972. – 335 с. – С. 299-292.
73. Кто такие масоны? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amra-bey.narod.ru/histinih.html/>.
74. http://ru.wikipedia.org/wiki/Мировое_правительство – из Википедии.
75. <http://rossichi.narod.ru/mirprav.htm> Тайное мировое праительство.
76. Хогленд Р.С., Бара М. Темная миссия. Секретная история NASA. – М.: Эксмо, 2009. – 576 с.
77. Комсомольская правда, 09.12.1991 – Организатор развала СССР Б. Ельцин – масон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rossichi.narod.ru/mirprav.htm>.
78. Планета Нибиру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chayka.org/article.php?id=2412>.
79. Астероид Апофис массой 10 млн. тонн столкнется с Землей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pogoda.mail.ru/article.html?id=37845>.
80. «Истерика»: история с астероидом Апофис: в 2029 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=312602>.
81. Взрыв гиперновой звезды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pogoda.mail.ru/article.html?id=40325>.
82. Knight, Christipher and Robert Lomas. The Hiram Key.
83. Военное ведомство США заготовило до 1.000.000 гробов! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krizis.co.ua/main_grobi.php.
84. Лазарев А.С. Расшифрованная Библия, или Реквием цивилизации. – К.: А.С.К., 2003. – 1064 с.
85. Что такое доллар? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krizis.co.ua/main_dollar.php.
86. Особенности распространения долларов США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krizis.co.ua/main_scenariy.php.
87. Проведение реформ в России, в СНГ, Латинской Америке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otvet.mail.ru/question/29693889/>.
88. Генетическая афера – инструмент пищевого контроля над обществом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krizis.co.ua/main_gen_afera.php.
89. <http://www.ua-pravda.com/old/articles/interes/622.php>: «Советская Россия», от 27 февраля 2003 г. <http://www.zaistinu.ru/ukraine/press/masonukr2.shtml> – масоны в Украине.
90. Комитет 300 Украины? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zaistinu.ru/ukraine/press/masonukr3.shtml>.

91. Почему банки Украины развязали войну против собственной валюты? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zip.org.ua/>.

92. Сообщения из США о неизбежности войны Украины и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.flot2017.com/monitoring/11733>.

93. «Мудрый» ювелир и его изобретение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krizis.co.ua/main_yuvelir.php.

94. 1 600 орудий пыток католической церкви [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krizis.co.ua/index.php>.

95. Сообщения из США о неизбежности войны Украины и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.flot2017.com/monitoring/11733>.

**КУТКОВЕЦЬКИЙ
Валентин Якович**

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Монографія

Редактор *Ю. Сафронюк*. Молодший редактор *Г. Леценко*.
Комп'ютерна верстка, дизайн обкладинки *К. Дорофєєва*.
Друк *С. Волинець*. Фальцювальню-палітурні роботи *А. Грубкіна*.

Підп. до друку 22.06.2010 р.
Формат 60х84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Умовн. друк. арк. 9,53. Обл.-вид. арк. 7,37.
Тираж 300 пр. Зам. № 2964.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: vrector@kma.mk.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.