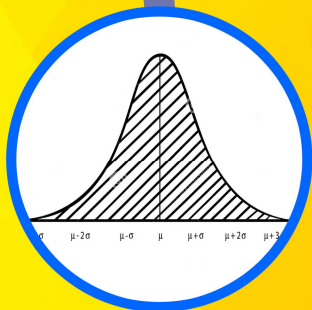
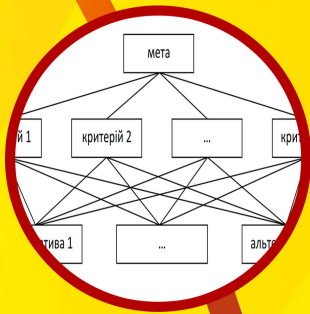
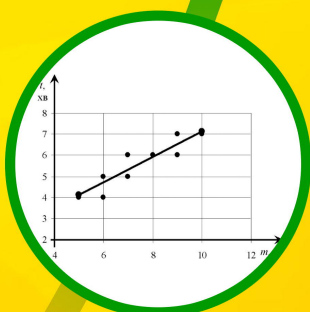


Л. О. ЄЛЬНІКОВА, О. О. МАЗУРЕНКО, О. А. НАЗАРОВ,
Р. В. ВЕРНИГОРА, В. В. МАЛАШКІН, А. В. КУДРЯШОВ



МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



ДНІПРО
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Л. О. Єльнікова, О. О. Мазуренко, О. А. Назаров,
Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін, А. В. Кудряшов

Методологія та організація наукових досліджень

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ДНІПРО
2024

УДК 001.891(075.8)
М 54

Авторський колектив:
*Єльнікова Л. О., Мазуренко О. О., Назаров О. А., Вернигора Р. В.,
Малашкін В. В., Кудряшов А. В.*

Рекомендовано Радою якості освітньої діяльності УДУНТ
Протокол № 10 від 18.06.2024 р.

*Електронний аналог
друкованого видання*

М 54 **Методологія та організація наукових досліджень :**
навчальний посібник / Л. О. Єльнікова, О. О. Мазуренко,
О. А. Назаров, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін, А. В. Кудряшов ;
Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2024. –
228 с.

ISBN 978-617-8314-43-9

У навчальному посібнику викладено відомості щодо основних понять науки, методології та методів наукових досліджень, їх організації та проведення; дані рекомендації щодо пошуку, накопичення та обробки наукової інформації. У виданні розглядаються основні поняття кореляційного, регресійного, системного аналізу, а також планування експерименту і моделювання для дослідження складних систем. В посібнику наведені методи прийняття рішень (метод аналізу ієрархій, експертних оцінок, генерування ідей), які можуть бути використані для вирішення комплексних, термінових, нестандартних проблем.

Навчальний посібник призначений для студентів освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами) для підготовки до лекцій, практичних та лабораторних робіт з дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень».

Іл. 27. Табл. 20. Бібліогр.: 18 назв.

УДК 001.891(075.8)

ЗМІСТ

Основні терміни та визначення понять	6
Вступ	12
Наука як сфера людської діяльності	14
1.1. Предмет і сутність науки як сфери людської діяльності	14
1.2. Поняття про науку. Мета та предмет науки	15
1.3. Види наукових знань. Основні ознаки науки	16
1.4. Понятійний апарат науки. Види та функції наукової діяльності	18
1.5. Організація науково-дослідної роботи	23
Психологія і технологія наукової творчості	27
2.1. Організація творчої діяльності	27
2.2. Психологія наукової творчості	32
2.3. Характеристика рис і якостей науковця	34
2.4. Планування робочого дня науковця	35
2.5. Організація робочого місця науковця	36
Методологія та методи наукового дослідження	39
3.1. Предмет і сутність методології	39
3.2. Види методології	42
3.3. Методи наукових досліджень	45
Організація і проведення наукових досліджень	56
4.1. Основи організації науково-дослідної роботи	56
4.2. Основні етапи проведення досліджень	64
4.3. Сучасні програмні засоби виконання досліджень	71
Пошук, накопичення та обробка наукової інформації	77
5.1. Інформація та інформатика. Підсистема інформації	77
5.2. Документальні джерела інформації	81
5.3. Пошук вторинної документної інформації	87
5.4. Аналіз наукової літератури за темою дослідження	92
Системний підхід та моделювання як засіб наукового дослідження складних систем	96
6.1. Системний підхід у наукових дослідженнях	96
6.2. Системний аналіз як спосіб дослідження складних систем	97
6.3. Класифікація систем	99
6.4. Моделювання як інструмент системного аналізу	103

Випадкові величини, їх характеристики та аналіз експериментальних даних	107
7.1. Проблеми дослідження стохастичних процесів та систем.....	107
7.2. Основні характеристики випадкових подій та величин	108
7.3. Закони розподілу випадкових величин	110
7.4. Основні поняття статистичного аналізу випадкових величин.....	114
7.5. Статистичний аналіз випадкових величин.....	115
7.6. Визначення закону розподілу випадкової величини	118
Точкове та інтервальне оцінювання параметрів випадкових величин	124
8.1. Точкове оцінювання параметрів випадкових величин	124
8.2. Інтервальні оцінки математичного сподівання	125
8.3. Інтервальна оцінка дисперсії	129
8.4. Точний метод визначення довірчого інтервалу.....	130
8.5. Визначення необхідної кількості спостережень.....	131
Кореляційний та регресійний аналіз	134
9.1. Оцінка лінійної кореляції випадкових величин	134
9.2. Оцінка ступеню нелінійної залежності випадкових факторів	139
9.3. Множинна кореляція	141
9.4. Основні поняття регресійного аналізу.....	141
9.5. Порядок побудови регресійної моделі	143
9.6. Статистичний аналіз рівняння регресії	146
Планування експерименту та аналіз результатів експерименту	152
10.1. Основні поняття та методика планування експерименту.....	152
10.2. План проведення експерименту	153
10.3. Повний факторний експеримент	157
10.4. Перевірка відтворюваності експерименту	160
10.5. Отримання коефіцієнтів математичної моделі та перевірка її адекватності.....	161
Теорія прийняття рішень	166
11.1. Рішення, їх види та класифікація	166
11.2. Послідовність і зміст основних етапів процесу прийняття рішень.....	169
11.3. Організація і контроль виконання управлінських рішень.....	171
Метод аналізу ієрархій	176
12.1. Переваги та можливості методу	176

12.2. Методика вибору альтернатив методом аналізу ієрархій	178
12.3. Практичне використання методу	184
Методи експертних оцінок	189
13.1. Передумови виникнення методу	189
13.2. Основні принципи та класифікація методів експертного оцінювання	190
13.3. Методи індивідуальних експертних оцінок	192
13.4. Методи групових експертних оцінок	197
13.5. Обробка результатів опитування	202
Методи генерування ідей	207
14.1. Метод мозкової атаки	208
14.2. Метод синектики	211
14.3. Метод морфологічного аналізу	213
Бібліографічний список	217
Додаток А. Значення нормальної нормованої функції	219
Додаток Б. Значення критерію $\chi^2_{\text{табл}}$	220
Додаток В. Значення t -критерію Стьюдента	221
Додаток Г. Критичні значення F -критерію Фішера	223
Додаток Д. Критерій Кохрена G	225
Додаток Е. Критичні значення коефіцієнта рангової кореляції Спірмена ..	226

Основні терміни та визначення понять

Абстрагування – процес мисленнєвого відволікання від ряду властивостей і зв'язків явища, що вивчається, з одночасним виділенням властивостей (насамперед, суттєвих, загальних), що цікавлять дослідника.

Аналогія – встановлення схожості в деяких властивостях і зв'язках між нетотожними об'єктами.

Вибірка – цкінцевий (обмежений) набір значень випадкової величини, отриманий у результаті спостережень.

Вимірювання – сукупність дій, що виконують за допомогою засобів вимірювання з метою знаходження числового значення вимірюваної величини у прийнятих одиницях виміру.

Випадкова величина – величина, яка у результаті одиничного дослідження набуває певного значення, причому до проведення дослідження це значення невідоме.

Випадкова подія – подія, яка у результаті одиничного імітаційного дослідження (одиничного жеребу) може статися або не статися.

Вчений – фізична особа, яка провадить фундаментальні та (або) прикладні наукові дослідження з метою здобуття наукових та (або) науково технічних результатів.

Генеральна сукупність – сукупність усіх можливих результатів спостережень за випадковою величиною, які в принципі можуть бути проведені за даних умов.

Гіпотеза – наукове припущення, висунуте для пояснення будь-яких явищ (процесів) або причин, які зумовлюють певний наслідок.

Дедукція – по-перше, перехід у процесі пізнання від загального до одиничного, виведення одиничного із загального; по-друге, процес логічного висновку, тобто переходу за тими чи іншими правилами

логіки від деяких даних пропозицій-посилань до їх наслідків (висновків).

Дискретна випадкова величина – величина, окремі можливі значення якої можна перерахувати.

Дослідник – людина, яка здійснює наукові дослідження.

Експеримент – цілеспрямоване і активне втручання у хід процесу, що вивчається, відповідні зміни об'єкта чи його відтворення у спеціально створених і контрольованих умовах.

Елемент системи – найпростіша складова частини системи, яку умовно розглядають як неподільну.

Знання – перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне її відбиття у свідомості людини. Це ідеальне відтворення узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивної реальності.

Закон – внутрішній суттєвий зв'язок явищ, що зумовлює їх закономірний розвиток.

Закон розподілу випадкової величини – будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями величини та відповідними їм ймовірностями.

Ідеалізація – мисленнева процедура, яка пов'язана з утворенням абстрактних (ідеалізованих) об'єктів, що реально є принципово нездійсненними, але є такими, для яких існують прообрази у реальному світі.

Ієрархія – певна абстракція структури системи, призначена для вивчення функціональної взаємодії її компонентів і їх дій на систему загалом.

Індукція – логічний прийом дослідження, що пов'язаний з узагальненням результатів спостереження та експерименту і рухом думки від одиничного до загального.

Інформація – відомості про будь-що незалежно від форми їх подання.

Категорія – основне логічне поняття, що відбиває найзагальніші закономірні зв'язки та відношення, які існують у реальній дійсності.

Кореляційний аналіз – статистичне дослідження залежності між випадковими величинами.

Мета дослідження – кінцевий результат, на досягнення якого спрямоване дослідження.

Метод дослідження – спосіб застосування старого знання для здобуття нового знання. Він є засобом отримання наукових фактів.

Методика – фіксована сукупність прийомів практичної діяльності, що призводить до заздалегідь визначеного результату.

Методологія – концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

Методологія наукового пізнання – вчення про принципи, форми і способи науково-дослідницької діяльності.

Модель (від лат. *modulus* – «міра, аналог, зразок, взірець») – відтворення чи відображення об'єкту, задуму (конструкції), опису чи розрахунків, що втілює, імітує, відтворює принципи внутрішньої організації або функціонування, певні властивості, ознаки чи/та характеристики об'єкта дослідження.

Моделювання – один із способів пізнання, який полягає у заміні деякого об'єкта дослідження іншим об'єктом, що має подібні властивості.

Наука – соціально значуща сфера людської діяльності, функцією якої є розроблення й використання теоретично-систематизованих знань про дійсність.

Наукова діяльність – інтелектуальна творча діяльність, спрямована на здобуття і використання нових знань.

Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища (процесу) без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на підставі яких робиться висновок. Вона базується на наявних знаннях, але виявляє раніше не помічені закономірності.

Наукова концепція – система поглядів, теоретичних положень, основних думок щодо об'єкта дослідження, які об'єднані певною головною ідеєю.

Наукова література (книжка) – приклад первинного документа, найважливішого засобу узагальнення наукової інформації.

Наукове пізнання – дослідження, яке характерне своїми особливими цілями і задачами, методами отримання і перевірки нових знань.

Науковець – це той, хто має відношення до науки, виробляє нові знання, є спеціалістом у певній галузі науки.

Науковий працівник – вчений, який за основним місцем роботи та відповідно до трудового договору (контракту) професійно займається науковою, науково-технічною або науково-педагогічною діяльністю та має відповідну кваліфікацію, підтверджену результатами атестації.

Науковий факт – подія чи явище, яке є основою для висновку або підтвердження теорії, гіпотези.

Неперервна випадкова величина – величина, можливі значення якої заповнюють деякий інтервал на числовій осі.

Об'єкт дослідження – процес або явище, що породжує проблемну ситуацію чи потребує більш детального знання.

Опис – пізнавальна операція, що полягає у фіксуванні результатів досліджу (спостереження чи експерименту) за допомогою певних систем позначень, що прийняті у науці.

Підсистема – складова частина системи, яка сама є системою.

Планування експерименту – процедура вибору кількості експериментів і умов їх проведення для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю.

Поняття – думка, відбита в узагальненій формі. Воно відбиває суттєві й необхідні ознаки предметів та явищ, а також взаємозв'язки.

Порівняння – пізнавальна операція, що лежить в основі умовиводів щодо схожості чи відмінності об'єктів (або ступенів розвитку одного й того ж об'єкта).

Постулат – твердження (судження), що приймається у межах будь-якої наукової теорії як істинне, хоча й не має доказів, і тому відіграє у ній роль аксіоми.

Принцип – це найабстрактніше визначення ідеї, правило, що виникло у результаті об'єктивно осмисленого досвіду.

Психологія науки – галузь, що вивчає психологічні фактори наукової діяльності з метою підвищення її ефективності.

Рішення – результат інтелектуальної діяльності людини, під час якого робиться вибір між альтернативними та, як правило, конкуруючими можливостями, наслідком чого є певний висновок або дія.

Синтез – об'єднання, реальне і розумове, різних сторін, частин предмета в єдине ціле.

Система – множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють собою єдине ціле, які, взаємодіючи з середовищем та між собою, породжують нову якість.

Системний аналіз – методологія виконання наукових досліджень, що являє собою послідовність дій з установлення структурних зв'язків між змінними (або елементами) системи, що досліджується.

Системний підхід – сукупність загальнонаукових методологічних принципів (вимог), в основі яких лежить розгляд об'єктів як систем.

Спостереження – цілеспрямоване вивчення предметів, що переважно спирається на дані органів чуття (відчуття, сприйняття, уявлення).

Стан системи – сукупність значень її параметрів (властивостей) у певний момент часу.

Структура системи – сукупність відношень (зв'язків) між її компонентами, необхідних і достатніх для досягнення мети.

Судження – думка, в якій за допомогою зв'язку понять стверджується або заперечується що-небудь.

Теорія – вчення, система ідей, поглядів, положень, тверджень, спрямованих на тлумачення того чи іншого явища.

Узагальнення – це процес становлення загальних властивостей і ознак предметів.

Умовивід – розумова операція, за допомогою якої з певної кількості заданих суджень виводиться інше судження, яке певним чином

пов'язане з початковим чи попереднім.

Формалізація – це відображення знання у знаково-символічному вигляді (формалізованій мові).

Функція відгуку (цільова функція) – визначає результат функціонування об'єкту дослідження.

Експеримент активний – кожному фактору в деякому досліді можна задати конкретне значення згідно планування експерименту, тобто коли об'єкт дослідження є керованим.

Експеримент пасивний – кожен фактор в деякому досліді приймає випадкове значення.

Вступ

В будь-якій сфері життя важливо вміти ставити собі запитання: «Чого я хочу досягти?», «Чому я хочу навчитись?», «Для чого мені потрібна певна інформація?» тощо. Правильно сформульоване питання – шлях до розв'язання задачі, що постала перед людиною. В науковій сфері теж потрібно вміти правильно ставити питання (визначати мету дослідження), але, не менш важливо, знати, як на ці питання відповісти.

Як відомо, розвиток науки не стоїть на місці, тому наразі існує безліч методів та методик розв'язання задач в різних сферах наукового та суспільного життя. Навчальний посібник містить відомості щодо основних понять науки, методології та методів наукових досліджень, їх організації та проведення; дані рекомендації щодо пошуку, накопичення та обробки наукової інформації. У виданні розглянуто основні поняття кореляційного, регресійного, системного аналізу, а також планування експерименту і моделювання для дослідження складних систем. В посібнику наведені методи прийняття рішень (метод аналізу ієрархій, експертних оцінок, генерування ідей), які можуть бути використані для вирішення комплексних, термінових, нестандартних проблемних питань.

При підготовці підручника автори керувалися вимогами законів України «Про вищу освіту» та «Про наукову і науково-технічну діяльність», а також офіційних нормативних документів Кабінету Міністрів України та Міністерства освіти і науки України.

Навчальний посібник підготовлено відповідно до робочої програми дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» для студентів освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами) та забезпечує такі програмні результати навчання (РН): РН-01 – відшукувати необхідну інформацію у науково-технічній літературі, базах даних, інших джерелах, аналізувати і об'єктивно оцінювати інформацію у сфері транспортних систем і те-

хнологій та з дотичних міжгалузевих проблем; РН-02 – вільно обговорювати державною та іноземною мовами питання професійної діяльності, проєктів та досліджень у сфері транспортних систем і технологій усно і письмово; РН-04 – доносити свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття до фахівців і нефахівців в ясній і однозначній формі; РН-13 – організувати роботу персоналу, забезпечувати його професійний розвиток та об'єктивне оцінювання.

Ознайомлення майбутніх спеціалістів з даним виданням стане в нагоді для вирішення складних комплексних задач транспортної сфери, в тому числі тих, що зустрічаються вперше.

Наука як сфера людської діяльності

1.1. Предмет і сутність науки як сфери людської діяльності

Виникнення науки як сфери людської діяльності обумовлена історичними факторами і пов'язана з природним процесом розподілу суспільної праці, зростанням інтелекту людей, прагненням їх до пізнання невідомого, всього суцього, що складає основу їх буття. Історично наука пройшла довгий і складний шлях розвитку від первинних, елементарних знань про природу до пізнання складних закономірностей природи, суспільного розвитку та людського мислення. Ще на початку свого розвитку людство покращувало умови життя за рахунок пізнання і деякого перетворювання оточуючого його світу. Століттями і тисячоліттями досвід накопичувався, певним чином узагальнювався і передавався наступним поколінням. Механізм наслідування накопичених відомостей поступово вдосконалювався за рахунок встановлення певних обрядів, традицій, а потім – і писемності. Так історично виникла перша форма науки, предметом вивчення якої була вся природа в цілому. Первісно створена наука ще не ділилася на окремі відособлені галузі і мала риси натурфілософії.

Наука являє собою систему понять і категорій, пов'язаних між собою за допомогою суджень (міркувань) та умовиводів. Але, треба пам'ятати, що не всі знання можна розглядати як наукові. Не є науковим знанням повсякденний або життєвий досвід, знання, що отримані шляхом простого спостереження і практичної діяльності, у результаті опису фактів і процесів з виключно зовнішньої сторони. Вони важливі у житті людини, але не розкривають сутності явищ, взаємозв'язку між ними, які дозволили б пояснити принципи виникнення процесів, явищ та їх подальший розвиток. Наукове знання починається тільки тоді, коли за сукупністю фактів усвідомлюється закономірність (зага-

льний і необхідний зв'язок між частинами явища, що дозволяє пояснити, чому дане явище відбувається саме так, а не інакше). Наука виникла у момент усвідомлення незнання, що, у свою чергу, викликало об'єктивну необхідність здобуття знання.

Знання – це перевірений практикою результат пізнання дійсності, адекватне її відбиття у свідомості людини. Це ідеальне відтворення узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивної реальності.

1.2 Поняття про науку. Мета та предмет науки

Поняття науки ґрунтується на її змісті та функціях у суспільстві.

Виділяють дві сфери людського інтересу – матеріальну (прагнення до комфорту) і духовну (прагнення задовольнити цікавість).

До матеріальної діяльності відноситься виробнича діяльність людини, яка спрямована на отримання матеріального продукту. До духовної сфери діяльності відноситься мистецтво, сфера послуг і наука. Вони забезпечують інтелектуальне (духовне) багатство суспільства.

Наука – це соціально значуща сфера людської діяльності, функцією якої є розроблення й використання теоретично-систематизованих знань про дійсність.

Наука являє собою сукупність знань, які зведені у систему. Наука йде шляхом:

- збирання фактів;
- вивчення фактів;
- розкриття зв'язків між фактами;
- установлення закономірностей (або законів);
- створення теорії, що пояснює «старі» факти і прогнозує «нові».

Достовірність наукового знання визначається логічною несуперечністю, доказовістю та обов'язковою перевіркою на практиці (у спостереженнях, досвідах та експериментах).

Наукознавство – галузь знань, що розкриває різні сторони науки як цілісної динамічної системи. Наукознавство розглядає науку в єдності її аспектів – як систему знань, як сферу людської діяльності, як соціальний інститут. Наукознавство складається з таких розділів як: соціологія науки, економіка науки, логіка науки, методологія науки, психологія наукової творчості, наукове прогнозування та ін.

Наука є складовою частиною духовної культури людства. Як система знань вона охоплює не лише фактичні дані про предмети навколишнього світу, людські думки та дії, а й певні форми та способи усвідомлення їх. Наука виступає як:

- специфічна форма суспільної свідомості, основою якої є система знань;
- процес пізнання закономірностей об'єктивного світу;
- процес здобуття знань і їх використання.

Метою науки є пізнання законів природи і суспільства, відповідний вплив на природу та отримання корисних для суспільства результатів.

Предметом науки є пов'язані між собою форми руху матерії або особливості їх відображення у свідомості людей. Різноманітні матеріальні об'єкти природи обумовлюють існування багатьох галузей знань. Достовірність наукових знань визначається не лише логікою, а перш за все обов'язковою перевіркою їх на практиці, адже саме наука є основною формою пізнання та приведення до певної системи знань про навколишній світ і використання їх у практичній діяльності людей.

1.3 Види наукових знань. Основні ознаки науки

Всі людські пізнавальні прагнення спрямовані на досягнення достовірних знань, що відображають дійсність. Вони існують у вигляді законів науки, теоретичних положень, висновків, вчень, підтверджених практикою і існуючих об'єктивно, незалежно від праць та відкриттів вчених. Але, разом з тим, наукові знання можуть бути відносні, абсолютні та апіорні.

Процес руху людської думки від незнання до знання називають *пізнанням*, в основі якого лежить відбиття і відтворення у свідомості людини об'єктивної дійсності. Пізнання – це взаємодія суб'єкта й об'єкта, результатом якого є нове знання про світ. Процес пізнання ґрунтується на емпіричних і теоретичних знаннях, які існують у тісній взаємодії.

Наукове пізнання – це дослідження, яке характерне своїми особливими цілями і задачами, методами отримання і перевірки нових

знань. Воно виявляє сутність явищ, розкриває закони їх існування та розвитку, тим самим вказуючи практичні можливості, шляхи і способи впливу на ці явища, та зміни згідно з їхньою об'єктивною природою. Наукове пізнання є теоретичною основою для вирішення практичних проблем людства.

Основою і рушійною силою пізнання є практика, вона надає науці фактичний матеріал, який потребує теоретичного осмислення. Теоретичні знання створюють надійну основу розуміння сутності явищ об'єктивної дійсності.

Головною функцією наукової діяльності є шлях пізнання, який визначається від живого споглядання до абстрактного мислення і від останнього – до практики.

Основні ознаки науки:

- наявність систематизованих знань (ідей, теорій, концепцій, законів, принципів, гіпотез, основних понять, фактів);
- наявність наукової проблеми, об'єкта і предмета дослідження;
- практична значущість процесу, що вивчається.

Знання можна звести до відповідей на декілька запитань, які схематично можна зобразити таким чином: «Що? Скільки? Чому? Яке? Як?» – на ці запитання дає відповідь наука; «Як зробити?» – на це запитання дає відповідь методика; «Що зробити?» – це сфера практики.

Відповіді на запитання зумовлюють безпосередні цілі науки: опис, пояснення і передбачення процесів та явищ об'єктивної дійсності, що становлять предмет її вивчення на основі законів, які вона відкриває, тобто у широкому значенні – теоретичне відтворення дійсності.

Істинні знання існують як система принципів, закономірностей, законів, основних понять, наукових фактів, теоретичних положень і висновків. Тому істинне наукове знання є об'єктивним. Разом з тим наукове знання може бути відносним або абсолютним.

Відносне знання – це знання, яке, будучи в основному адекватним відображенням дійсності, відрізняється певною неповнотою збігу образу з об'єктом.

Абсолютне знання – це повне, вичерпне відтворення узагальнених уявлень про об'єкт, що забезпечує абсолютний збіг образу з об'єктом. Безперервний розвиток практики унеможливорює перетворення знання на абсолютне, але дає змогу відрізнити об'єктивно істинні знання від помилкових поглядів.

Апріорні знання – не ґрунтуються на досвіді, а передують йому і вказують шлях здобуття наукових знань.

1.4 Понятійний апарат науки. Види та функції наукової діяльності

Для точного та повного розуміння науки як сфери людської діяльності користуються основним науковими поняттями, які наведено на рисунку 1.1.

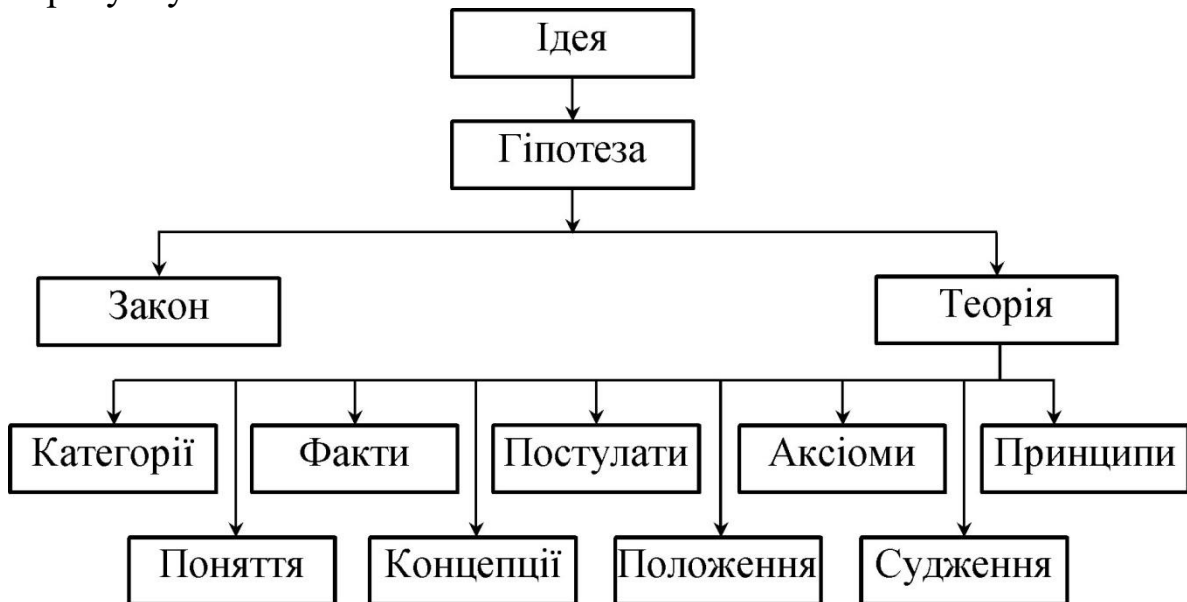


Рис. 1.1. Основні наукові поняття

Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища (процесу) без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на підставі яких робиться висновок. Вона базується на наявних знаннях, але виявляє раніше не помічені закономірності. Наука передбачає два види ідей: конструктивні й деструктивні, тобто ті, що мають чи не мають значущості для науки і практики. Свою специфічну матеріалізацію ідея реалізує у гіпотезі.

Гіпотеза – наукове припущення, висунуте для пояснення будь-яких явищ (процесів) або причин, які зумовлюють певний наслідок. Наукова теорія включає у себе гіпотезу як вихідний момент пошуку істини, яка допомагає суттєво економити час і сили, цілеспрямовано зібрати і згрупувати факти. Розрізняють нульову, описову (понятійно-термінологічну), пояснювальну, основну робочу і концептуальну гіпотези. Якщо гіпотеза узгоджується з науковими фактами, то у науці її називають теорією або законом.

Гіпотези (як і ідеї) мають імовірнісний характер і проходять у своєму розвитку три стадії:

- накопичення фактичного матеріалу і висунення на його основі припущень;
- формулювання гіпотези і обґрунтування на основі припущення прийнятної теорії;
- перевірка отриманих результатів на практиці і на її основі уточнення гіпотези.

Якщо при перевірці результат відповідає дійсності, тоді гіпотеза перетворюється на наукову теорію. Гіпотеза висувається зі сподіванням на те, що вона, якщо не цілком, то хоча б частково, стане достовірним знанням.

Закон – внутрішній суттєвий зв'язок явищ, що зумовлює їх закономірний розвиток. Закон, винайдений через здогадку, необхідно потім логічно довести – лише у такому разі він визнається наукою. Для доведення закону наука використовує судження.

Теорія – вчення, система ідей, поглядів, положень, тверджень, спрямованих на тлумачення того чи іншого явища. Це не безпосереднє, а ідеалізоване відображення дійсності. Теорію розглядають як сукупність узагальнюючих положень, що утворюють науку або її розділ. Вона виступає як форма синтетичного знання, у межах якого окремі поняття, гіпотези і закони втрачають колишню автономність і перетворюються на елементи цілісної системи.

До нової теорії висувають наступні вимоги:

- адекватність наукової теорії об'єкту, що досліджується;
- можливість замінювати експериментальні дослідження теоретичними;
- повнота опису певного явища дійсності;
- можливість пояснення взаємозв'язків між різними компонентами в межах даної теорії;
- внутрішня несуперечливість теорії та її відповідність дослідним даним.

Теорія являє собою систему наукових концепцій, принципів, положень, фактів.

Наукова концепція – система поглядів, теоретичних положень, основних думок щодо об'єкта дослідження, які об'єднані певною головною ідеєю.

Концептуальність – це визначення змісту, суті, смислу того, про що йдеться.

Принцип – це найабстрактніше визначення ідеї, правило, що виникло у результаті об'єктивно осмисленого досвіду.

Поняття – це думка, відображена в узагальненій формі. Воно відбиває суттєві й необхідні ознаки предметів та явищ, а також їх взаємозв'язки. Якщо поняття увійшло до наукового обігу, його позначають одним словом або сукупністю слів-термінів. Розкриття змісту поняття називають його *визначенням*. Останнє має відповідати двом найважливішим вимогам:

- вказувати на найближче родове поняття;
- вказувати на те, чим дане поняття відрізняється від інших понять.

Поняття, як правило, завершує процес наукового дослідження, закріплює результати, отримані науковцем особисто у своєму дослідженні. Сукупність основних понять називають *понятійним апаратом* тієї чи іншої науки.

Науковий факт – подія чи явище, яке є основою для висновку або підтвердження теорії, гіпотези. Він є елементом, який у сукупності з іншими становить основу наукового знання, відображає об'єктивні властивості явищ та процесів. На основі наукових фактів визначаються закономірності явищ, будуються теорії і виводяться закони.

Судження – думка, в якій за допомогою зв'язку понять стверджується або заперечується що-небудь. Судження про предмет або явище можна отримати або через безпосереднє спостереження будь-якого факту, або опосередковано – за допомогою умовиводу.

Умовивід – розумова операція, за допомогою якої з певної кількості заданих суджень виводиться інше судження, яке певним чином пов'язане з початковим чи попереднім.

Постулат – твердження (судження), що приймається у межах будь-якої наукової теорії як істинне, хоча й не має доказів, і тому відіграє у ній роль аксіоми.

Категорія – основне логічне поняття, що відбиває найзагальніші закономірні зв'язки та відношення, які існують у реальній дійсності.

Рух думки від незнання до знання спрямовується за допомогою методології.

Методологія наукового пізнання – вчення про принципи, форми і способи науково-дослідницької діяльності.

Метод дослідження – це спосіб застосування старого знання для здобуття нового знання. Він є засобом отримання наукових фактів.

Наукова діяльність – інтелектуальна творча діяльність, спрямована на здобуття і використання нових знань.

Існують наступні види наукової діяльності:

- 1) науково-дослідницька;
- 2) науково-організаційна;
- 3) науково-інформаційна;
- 4) науково-педагогічна;
- 5) науково-допоміжна та ін.

Кожен із зазначених видів наукової діяльності має свої специфічні функції, завдання, результати роботи.

Основними соціальними функціями наукової діяльності є:

- *пізнавальна* – задоволення потреб людини у пізнанні законів природи і суспільства;
- *культурно-виховна* – розвиток культури, гуманізація виховання та формування «нової людини»;
- *практично-діяльна* – удосконалення виробництва і системи суспільних відносин.

У межах науково-дослідницької діяльності здійснюються наукові дослідження. *Наукове дослідження* – цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають як система понять, законів і теорій.

Розрізняють дві форми наукових досліджень: фундаментальні та прикладні. *Фундаментальні наукові дослідження* – наукова, теоретична та (або) експериментальна діяльність, спрямовані на здобуття нових знань про закономірності розвитку та взаємозв'язку природи, суспільства, людини. *Прикладні наукові дослідження* – наукова і науково-технічна діяльність, спрямовані на здобуття і використання знань для практичних цілей.

Наукові дослідження здійснюються з метою отримання наукового результату. *Науковий результат* – нове знання, здобуте у процесі фундаментальних або прикладних наукових досліджень та зафіксоване на носіях наукової інформації у формі наукового звіту, наукової праці, наукової доповіді, наукового повідомлення про науково-дослідну роботу, монографічного дослідження, наукового відкриття тощо. *Науково-прикладний результат* – нове конструктивне чи технологічне рішення, експериментальний зразок, закінчене випробування, яке впроваджене або може бути впроваджене у суспільну практику. Науково-прикладний результат може мати форму звіту, ескізного проекту, конструкторської або технологічної документації на науково-технічну продукцію, натурального зразка тощо.

Науково-дослідна робота – це документ, що містить системні ві-

домості з вибраної теми відповідно до поставлених завдань. Науково-дослідні роботи різняться за своїм значенням, обсягом й змістом у висвітленні теми й розгляду її питань.

До основних видів науково-дослідних робіт, в яких відображені результати наукових досліджень, належать:

- наукові реферати;
- наукові доповіді (повідомлення) на конференціях, нарадах, семінарах, симпозіумах;
- курсові (дипломні, магістерські) роботи;
- звіти про науково-дослідну (дослідно-конструкторську, дослідно-технологічну) роботу;
- наукові переклади;
- дисертації (кандидатські або докторські);
- автореферати дисертацій;
- депоновані рукописи;
- монографії;
- наукові статті;
- аналітичні огляди;
- авторські свідоцтва, патенти;
- алгоритми і програми;
- звіти про наукові конференції;
- препринти;
- підручники, навчальні посібники;
- бібліографічні покажчики та ін.

Суб'єктами наукової діяльності є: вчені, науковці, наукові працівники, науково-педагогічні працівники, а також наукові установи, наукові організації, вищі навчальні заклади III-IV рівнів акредитації, громадські організації у сфері наукової та науково-технічної діяльності.

Науково-дослідницькою діяльністю займається значне коло людей. Тих, хто робить це постійно, називають дослідниками, науковцями, науковими працівниками, вченими.

Дослідником називають людину, яка здійснює наукові дослідження.

Науковець – це той, хто має відношення до науки, виробляє нові знання, є спеціалістом у певній галузі науки.

Вчений – фізична особа, яка провадить фундаментальні та (або) прикладні наукові дослідження з метою здобуття наукових та (або) науково-технічних результатів.

Науковий працівник – вчений, який за основним місцем роботи та

відповідно до трудового договору (контракту) професійно займається науковою, науково-технічною або науково-педагогічною діяльністю та має відповідну кваліфікацію, підтверджену результатами атестації.

Люди науки мають відповідну спеціальність і кваліфікацію, працюють як самотужки, так і об'єднуючись у наукові колективи (постійні чи тимчасові), створюють наукові школи.

1.5 Організація науково-дослідної роботи

Визначальним чинником прогресу суспільства є розвиток науки і техніки, підвищення добробуту його членів, їх духовного та інтелектуального зростання. Цим зумовлено необхідність пріоритетної державної підтримки розвитку науки як джерела економічного зростання і невід'ємної складової національної культури та освіти.

Національною доктриною розвитку освіти України в ХХІ столітті визначено, що основними чинниками подальшого розвитку є:

- єдність освіти і науки як умови модернізації освітньої системи;
- достатній обсяг фінансування науки та підтримка вітчизняних наукових шкіл;
- фундаменталізація освіти, інтенсифікація наукових досліджень у вищих навчальних закладах;
- формування змісту освіти на основі новітніх наукових і технологічних досягнень;
- інноваційна освітня діяльність у навчальних закладах усіх типів, рівнів акредитації та форм власності;
- правовий захист освітніх інновацій та результатів науково-педагогічної діяльності як інтелектуальної власності;
- залучення до наукової діяльності учнівської та студентської обдарованої молоді, педагогічних працівників;
- поглиблення співпраці і кооперації навчальних закладів і наукових установ, широке залучення вчених Національної академії наук України (НАН) та галузевих академій до навчально-виховного процесу та дослідницької роботи у навчальних закладах;
- створення науково-інформаційного простору для дітей, молоді і всього активного населення, використання для цього можливостей нових комунікаційно-інформаційних засобів;

– запровадження цільових програм, що сприяють інтеграції освіти і науки;

– випереджальний розвиток педагогіки і психології, внесення цих наук до переліку пріоритетних напрямів розвитку науки в Україні.

Організацією наукової діяльності в Україні займається Державний комітет у справах науки і технологій України, який визначає разом з науковими установами напрям розвитку наукових досліджень та використання їх у народному господарстві. Державний комітет подає плани розвитку науки Уряду або Верховній Раді України на затвердження та забезпечення фінансування із державного бюджету або інших джерел.

Державна система організації і управління науковими дослідженнями в Україні дає можливість концентрувати та орієнтувати науку на виконання найбільш важливих завдань. Управління науковою діяльністю будується за територіально-галузевим принципом. Сьогодні науково-дослідну роботу виконують:

– науково-дослідні та проектні установи й центри НАН України;
– науково-виробничі, науково-дослідні, проектні установи мережі галузевих академій;

– науково-дослідні, проектні установи і центри міністерств і відомств;

– науково-дослідні установи і кафедри вищих навчальних закладів;

– науково-виробничі, проектні установи і центри при промислових підприємствах, об'єднаннях;

– ієрархічну вершину цієї сукупності установ, центрів, підприємств завершує Державний комітет України з питань науки і технологій, який забезпечує єдину державну політику в галузі науки та її використання в практиці.

Вищим державним науковим центром є Національна академія наук України. Вона очолює і координує разом з Державним комітетом у справах науки та технологій України фундаментальні і прикладні дослідження у різних галузях науки. НАН є державною науковою установою, яка об'єднує всі напрями науки та підтримує міжнародні зв'язки з науковими центрами інших країн. При Національній академії наук України створено міжвідомчу раду з координації фундаментальних досліджень. Очолює НАН України Президент, якого обирають загальними зборами вчених. Вони ж обирають трьох віце-

президентів, вченого секретаря, Президію і ревізійну комісію. НАН України має у своєму складі відділення з відповідних галузей науки, зокрема, математики, інформатики, механіки, фізики і астрономії, наук про землю, хімії, загальної біології, економіки, історії, філософії, літератури, мови та мистецтва тощо.

Відділення НАН об'єднують науково-дослідні інститути (НДІ), які очолюють розвиток науки у певній галузі знань.

У галузевих НДІ окремі підрозділи здійснюють наукові дослідження за темами профілю, переважно прикладного характеру, в яких має потребу галузь, до якої вони входять.

Науково-дослідну діяльність прикладного характеру на нижчих рівнях здійснюють в НДІ відділи, лабораторії, сектори, а також вищі навчальні заклади (університети, академії, інститути). Останні мають спеціальні підрозділи, які виконують науково-дослідні роботи за рахунок державних бюджетних і госпрозрахункових коштів. Здійснюють дослідження науково-педагогічні працівники із залученням студентів, а також молодих учених, здобувачів кандидатських і докторських дисертацій, аспірантів, магістрантів за науковою тематикою вищих навчальних закладів.

Науково-педагогічні працівники у вищих навчальних закладах можуть займати посади: асистент, викладач, старший викладач, доцент, професор, завідувач кафедри. Співробітникам НДІ присвоюють звання молодшого наукового співробітника, наукового співробітника, старшого наукового співробітника, провідного наукового співробітника, головного наукового співробітника, завідувачий науковим відділом, завідувачий лабораторією. Найвидатніші обираються зборами НАН України, галузевими і громадськими академіями – членами-кореспондентами і дійсними членами-академіками.

Класифікація наук здійснюється разом із формуванням наукових знань та виконує функції групування наукових знань у певні системи, що сприяє уніфікації науки, її міжнародним зв'язкам і зростанню темпів розвитку. Сучасна класифікація наук відображає взаємозв'язок природничих, технічних, гуманітарних наук і філософії. В основу такої класифікації покладено специфічні особливості вивчення різними науками об'єктів матеріального світу. Класифікація відображає закономірні зв'язки між об'єктами, визначає їх місце і основні властивості у цілісній системі, є засобом збереження та пошуку інформації.

Рівень і характер зв'язку між науками визначається предметом,

методом і умовами пізнання об'єктів, цілями і завданнями науки, їх практичним значенням та іншими факторами. Метою класифікації наук є розкриття взаємного зв'язку між науками на основі певних принципів і відображення цих зв'язків у вигляді логічно аргументованого розміщення, групування сукупності наук в єдину систему знань.

Питання для самоконтролю

1. Що таке наука та яке її призначення?
2. Перелічить основні ознаки науки?
3. Що є метою та предметом науки?
4. Поясніть термін «наукове пізнання».
5. Які виділяють види наукових знань?
6. Що таке теорія і які вимоги до неї висувають?
7. Назвіть основні елементи теорії.
8. Поясніть суть понять «метод» та «методологія».
9. Які існують види та функції наукової діяльності?
10. Які форми наукових досліджень розрізняють?
11. В яких роботах можуть бути відображені наукові результати?
12. Хто є суб'єктами наукової діяльності?
13. Зазначте основні чинники розвитку освіти України в ХХІ столітті.
14. Які установи України проводять науково-дослідну роботу?

Психологія і технологія наукової творчості

2.1. Організація творчої діяльності

Процес творчої діяльності може як загнати вченого в кут, так і відкрити перед ним всі грані свободи. Питання лише в тому, як організувати наукову роботу так, щоб вона приносила задоволення.

Багато хто думає, що справжній учений – це людина, яка замість того, щоб дивуватися і радіти світу, займається його серйозним вивченням. Це найперша помилка.

Ще Аристотель казав, що наука починається зі здивування. Без цього прекрасного почуття неможливе пізнання. Подумайте, відкрив би Ісак Ньютон закон гравітації, якщо б не здивувався падінню яблука? У нього могло б бути безліч аргументів, щоб не надати цьому особливої уваги. Наприклад, можна проявити байдужість і сказати, що яблука падали завжди і будуть падати (побутове мислення). Можна сказати, що яблука падають тому, що цього хоче Бог, і поставити на цьому крапку (релігійне мислення). Можна також сказати, що яблука падають, тому що земля їх потребує (міфологічне мислення). І, нарешті, можна захоплюватися самим фактом або процесом, але не звертати увагу на його причини (художнє мислення).

Жодна з цих відмовок не вплинула на великого вченого, відкриття якого перевернуло всі уявлення про фізику. На сьогоднішній день, удосконалюючись у науці, людство знайшло динаміку технічного та розумового розвитку, якої не було ніколи раніше в історії. Причиною цього є три основні можливості людини: можливість дізнатися, можливість перевірити і можливість повторити, які до 20 століття фактично не виникали одночасно.

Усі перераховані нами відмовки не змогли б привести Ньютона до розуміння причин падіння яблука. Чому ж здивувався Ісак Ньютон? Згадаймо вислів великого Платона: «Я знаю, що я нічого не знаю».

Відтак *першим ключем* до дверей науки є усвідомлення свого незнання.

Більшість людей думають, що наука, а точніше науковий процес, це коли вчений старанно збирає факти (спостерігає, проводить експерименти), а потому ретельно їх збагачує, у результаті чого отримує теорію. Це друга помилка.

Процес наукового пошуку йде шляхом перевірки наукових гіпотез (метод дедукції), а не шляхом збирання фактів (метод індукції). Саме тому, щоб робота була результативною, потрібно спочатку сформулювати теорію, що складається з набору гіпотез, щоб у подальшому перевіряти висунуті гіпотези. Зауважимо, гіпотези не потрібно прагнути підтвердити, їх потрібно прагнути перевірити! Підтверджуючи гіпотезу, ви отримуєте тільки один результат, а спростовуючи її – скільки завгодно альтернативних гіпотез. Таким чином *другим ключем* до науки є критична установка, бажання перевірити теорію.

Наука багато чого пояснює. З різним успіхом, але дуже багато чого. Трохи докладніше розглянемо це твердження. Уявіть, що вам необхідно все життя всім все пояснювати, наводити доводи та аргументи і захищатися, якщо хтось пояснює це по іншому. Чи довго ви протримаєтеся?

Для науки однієї мети замало. Потрібно засвоїти, що у науки є три основні цілі:

1. Описати.
2. Пояснити.
3. Передбачити.

Власне, логіка наукової роботи будується саме у такому порядку. У теоретичній частині роботи описуються думки різних авторів, розглядаються теорії і гіпотези, наприкінці теоретичної частини автор будує свою гіпотезу, щоб пояснити проблему роботи, і, нарешті, у практичній частині він може спробувати перевірити свою теорію. І, якщо виявиться, що деякі гіпотези спростовано, автор продовжує покращувати свою теорію, формулюючи нові гіпотези. Головна його мета – зробити так, щоб гіпотеза якомога ефективніше пророкувала явища. І в цьому полягає *третьий ключ* до науки: формулювання чітких цілей, що включають опис, пояснення і передбачення.

Існує думка, що наука – нудне заняття. Дуже вже багато правил, обмежень, стандартів. Є і протилежні судження: наука – творче заняття, захоплююче, цікаве.

Звичайно ж, правда знаходиться посередині. Правила, обмеження,

стандарти є скрізь і в науці теж, але їх рівно стільки, скільки потрібно для універсалізації результатів. Правила в науці існують для того, щоб, знаючи їх, кожен вчений у будь-якій країні міг зрозуміти іншого вченого. Творчість у науці є неминучою. Створення теорії – це творчість. Створення нового методу – це творчість. Реалізація перевіреної теорії на практиці – це творчість. У метаннях між стандартом і творчістю губляться багато науковців-початківців, не в силах знайти компроміс.

Можна сказати що наука – це технологія творчості. *Технологія* – це порядок дій для досягнення мети. Технологія має чітку послідовність, методи контролю якості процесу та результату. Зверніть увагу, наука – це і не жорстка технологія, і не вільна творчість.

Від раціональної організації залежить ефективність наукової творчості. Чим вище рівень організації праці науковця, тим більших результатів він може досягти за короткий термін. І навпаки, за незадовільної організації наукової праці подовжується термін виконання дослідження і знижується його якість, зменшується ефективність.

Є багато методів наукової організації праці, які обираються особисто з урахуванням індивідуальних особливостей. Однак, існують загальні принципи наукової праці. До найважливіших з них відносять: творчий підхід, мислення, плановість, динамічність, колективність, самоорганізацію, економічність, критичність і самокритичність, роботу над собою, діловитість, енергійність, практичність. Частину з цих принципів зумовлено навколишнім середовищем, інші стосуються особистості дослідника.

Творчий підхід означає, що на всіх етапах дослідження науковець має прагнути до пояснення фактів, предметів, явищ, намагатися сказати щось нове у науці. Тому для наукової творчості характерною є постійна кропітка розумова праця. У цьому зв'язку доцільно згадати давнє китайське прислів'я, яке стверджує: «Ти можеш стати розумним трьома шляхами: шляхом власного досвіду – це найважчий шлях; шляхом наслідування чужого – найлегший шлях; шляхом мислення – це найбагородніший».

Мислення, обмірковування – це один із основних елементів наукової праці. Різні люди здійснюють це по-різному. Значних результатів досягають ті, хто привчив себе думати постійно, концентрувати свою увагу на предметі дослідження. Виробити в собі такі риси необхідно кожному досліднику.

Серед правил наукової праці особливе значення має постійна робота мозку над сутністю і специфікою об'єкта та предмета дослідження. Дослідник має постійно розмірковувати над предметом свого дослідження.

Дбаючи про розвиток творчих задатків і здібностей, дослідник має бути наполегливим, нерідко мужнім, витриманим і терпеливим, і, разом з тим, проявляти творчу ініціативу. Лише за таких умов він зможе успішно подолати різноманітні труднощі й невдачі, яких на шляху до істини немало. Проілюструвати це можна багатьма історичними прикладами, починаючи з галілеївського вигуку в суді інквізиції: «А вона все-таки обертається!».

Творчість – це наукове виробництво, яке передбачає плановість в роботі. Планування потрібне вже тому, що за умов складності, трудомісткості, тривалості і дорожнечі сучасних наукових досліджень, планова дисципліна допомагає запобігти невиправданим витратам часу і засобів, вирішувати наукові завдання у визначений термін.

Плановість у науковій творчості втілюється у різних перспективних і робочих планах та програмах, календарних планах, у графіках роботи дослідника, в його індивідуальному плані та ін. За планами перевіряється (за можливості щоденно) хід роботи.

За весь період роботи над дипломною роботою, дисертацією або монографією може бути кілька планів. Спочатку складають плани досить укрупнені, потому їх деталізують, коригують, переробляють. Часто останній план дуже далекий від початкового варіанту. Треба постійно контролювати виконання основних етапів роботи та її результати. Слід коригувати як загальний план, так і окремі його частини. Важливо сформулювати не лише завдання даного етапу дослідження, а ще й заходи щодо досягнення загальної мети.

Наукова робота – це, як правило, одноосібне дослідження. Однак, дослідник (магістр, аспірант) є членом колективу: кафедри, інституту. Протягом роботи над дослідженням він може звертатися за порадою до членів колективу. Крім того, відбувається колективне обговорення теми дослідження, постановки завдань, отриманих результатів, можливостей їх використання та ін.

Оптимальний науковий колектив, поєднуючи у собі різні демографічні і психологічні типи, старих і молодих, генераторів ідей і виконавців, за умов повного взаєморозуміння і чіткого оперативного наукового керівництва, може значно підвищити ефективність роботи

над дослідженням. Рівень дисертації (диплома), рекомендації її до захисту – це не тільки індивідуальна, а й колективна відповідальність.

Велике значення, якщо, навіть, не головне, має принцип самоорганізації праці здобувача, оскільки наукова творчість піддається регламентації у граничних межах. Отже, кожний здобувач самостійно визначає комплекс заходів щодо забезпечення свого успіху.

До елементів самоорганізації належать:

- організація робочого місця із забезпеченням оптимальних умов для високопродуктивної праці;

- дотримання дисципліни праці;

- послідовність у накопиченні знань протягом творчого життя;

- систематичність у дотриманні єдиної методики і технології під час виконання одноразової роботи.

Досягти системності у роботі можна виконанням певних правил:

- постійно думати про предмет дослідження;

- не працювати без плану;

- під час виконання важливої роботи слід звільнитися від другорядних справ;

- перш ніж братися за роботу, зважити і розподілити свої сили і час;

- заздалегідь готувати все необхідне для виконання роботи, щоб не відволікатись;

- не можна робити дві справи одночасно;

- творчу роботу виконувати перед механічною, складну – перед простою;

- доводити розпочату роботу до кінця і не розпорошувати сили;

- постійно контролювати свою роботу, вчасно вносити корективи, обмежувати глибину розробки;

- намагатися бачити кінцеву мету.

Таким чином, у самореалізації велику роль відіграють самообмеження, дисципліна, самоуправління, самооблік, самоконтроль та інші «само...», у тому числі самостійність, тобто спроможність самому виявляти причини виникнення труднощів і долати їх. Сюди відносять також дотримання трудового режиму і графіка роботи, дисципліни мислення, здатність зосереджуватися, не порушувати логічний розвиток ідеї.

Не менше значення має принцип економії або самообмеження, яким кожний науковець має керуватися на всіх етапах наукового дос-

лідження. Принцип самообмеження виявляється, по-перше, у тому, що у будь-якому дослідженні слід обмежувати себе як за широтою охоплення теми, так і за глибиною її розробки. По-друге, дослідник, обмежуючи дослідження певними часовими рамками, тим самим уже обмежує себе. Самообмеження є особливо важливим на стадії збирання матеріалу, тобто слід вибрати те, що необхідно для вирішення даного завдання.

Цей принцип також передбачає розвиток і виховання самокритичності і скромності, вміння тактовно відстоювати свої переконання. Це викликано тим, що сама природа науки як сфери людської діяльності, спрямованої на вироблення знань, зумовлює те, що рушійною її силою є конфлікт – боротьба наукових шкіл, світоглядів, суперечність між теорією і практикою, розвиток критики і самокритики, несприйняття догматизму і сліпої віри в авторитети. Звідси кожному науковцю, особливо початківцю, слід виховувати в собі критичне ставлення до результатів своєї праці, до сприйняття чужих ідей і думок. Особливо велике значення має власне творчість. Доцільно передусім спробувати віднайти власні шляхи розв'язання проблеми, свій шлях наукового пошуку. Вивчення літератури буде корисним тією мірою, якою воно надасть змогу уникнути помилок.

Важливо є не лише довести необґрунтованість якогось наукового положення іншого вченого, а й запропонувати натомість теорію чи метод, що є більш слушним, виваженим.

2.2. Психологія наукової творчості

Психологія науки є одним з молодих відгалужень загального древа психологічного пізнання. І якщо основні поняття і методи психологічної науки вже знайшли ефективне застосування у таких сферах соціальної практики, як бізнес, політика, реклама і т.п., то у психологічному вивченні самої науки зроблено лише перші неспіливі кроки.

Психологія науки – галузь, що вивчає психологічні фактори наукової діяльності з метою підвищення її ефективності. Психологія науки трактує ці фактори, виходячи з розуміння науки як соціально організованої системи особливого виду духовного виробництва, продукти якого відображають реальність у емпірично контрольованих ло-

гічних формах. Тому область психології науки нерозривно пов'язана з іншими областями комплексної «науки про науку» – наукознавства (логіка науки, організація науки, економіка науки, етика науки). З цих позицій долається індивідуалістичний підхід до творчості вчених, яке у всіх його аспектах (інтелектуальному, мотиваційному, комунікативному та ін.) розглядається в його обумовленості об'єктивними законами розвитку науки, її історично мінливими структурами – предметно-логічними і соціальними.

Психологія наукової організації праці – галузь психології, що вивчає закономірності вдосконалення психічної складової трудового процесу. Завдання психології наукової організації праці полягають у розробці способів формування адекватних мотивів трудової діяльності, упорядкованої ієрархії цілей, здійснених систем когнітивних дій, а також у вивченні суб'єктивного відображення людиною трудового процесу.

На розвиток психології наукової організації праці вплинули інформатика, теорія і практика штучного інтелекту, когнітивна психологія.

Ефективність наукової творчості, оптимальне використання потенційних можливостей науковця залежить від раціональної організації праці. Чим вище є рівень організації праці науковця, тим більших результатів він може досягти за короткий термін. І навпаки, за умов незадовільної організації наукової праці продовжується термін виконання дослідження і знижується його якість, зменшується ефективність.

Розумова і фізична праця – два взаємопов'язані аспекти людської діяльності. Розумова діяльність – найскладніший, важкий вид діяльності. Вона потребує активізації уваги, процесів мислення та інших психологічних функцій, супроводжується вираженою нервово-психологічною та емоційною напругою, підвищеною чуттєвістю.

Розумова діяльність виявляється в певному нейрофізичному стані людини: посилюється кровопостачання і підвищуються біоелектрична активність мозку, енергетичний обмін нервових клітин, збільшується нервово-психологічна напруга на інформацію, яку сприймає і переробляє людина в процесі наукової діяльності, великому емоційному навантаженні.

Нервово-психологічне навантаження викликає посилення серцево-судинної діяльності і дихання, прискорення втрати енергії. Тому праця викладача, вченого прирівнюється до фізичної праці. Розумова

праця втомлює людину через 3-4 години, фізична – через 8 годин.

Особливість розумової праці полягає у тому, що втома накопичується поступово, а перевтомлення настає раптово. Тому рекомендується чергувати розумову і фізичну працю.

2.3. Характеристика рис і якостей науковця

Раціональна організація наукової праці передбачає максимальне використання комплексу індивідуальних особливостей науковця (дослідника), його моральних і вольових рис характеру. Науковець повинен мати певні особистісні й творчі якості:

– *Професійні знання*. Наявність знань, що відповідають вимогам, зумовленим специфікою обраної діяльності. Обов'язкові елементи: високий рівень базової освіти, вміння користуватися комп'ютером, знання рідної та іноземної мов.

– *Допитливість*. Високий рівень внутрішнього прагнення до непізнанного і незрозумілого, високий інтерес до нових знань, зокрема до наукової літератури як джерела знань.

– *Спостережливість*. Здатність до цілеспрямованого сприйняття об'єктивних властивостей явищ, предметів, процесів тощо, які досліджуються.

– *Ініціативність*. Здатність до самостійних рішень, внутрішнє спонукування до нових форм діяльності (не чекаючи вказівок наукового керівника).

– *Почуття нового*. Увага до нового, нетерпимість до догматизму, винахідництво, активна підтримка нового, творчий характер діяльності.

– *Зацікавленість у справі*. Наявність внутрішніх причин (мотивів, ідей), що спонукають науковця до праці, як до чогось важливого для нього, привабливого.

– *Пунктуальність*. Своєчасне і якісне виконання роботи, доручень наукового керівника.

– *Відповідальність і надійність*. Здатність брати на себе обов'язок відповідальності за певну ділянку роботи, справу, за свої або чийсь дії, вчинки, слова.

– *Організаторські здібності*. Здатність до впорядкування, узгодження, вдосконалення як своєї діяльності, так і діяльності інших

людей з метою досягнення поставленої мети або виконання завдання. Вміння організувати свою роботу, власну бібліотеку, архів, базу даних, картотеку та ін.

– *Комунікабельність*. Уміння налагоджувати зв'язки з різними за віком, характером та посадою людьми.

– *Доброчливість*. Людяність, повага до інших людей, прагнення за всіх обставин випромінювати позитив.

– *Честолобство*. Прагнення стати відомим, мати популярність, можливість просування по службі.

– *Зовнішній вигляд*. Гармонійне поєднання привабливості й елегантного стилю в одязі.

Безумовно, важко знайти людину, яка б могла в повному обсязі мати всі перелічені якості. Потрібно постійно працювати над собою для розвитку задатків і здібностей, пам'яті, уваги, спостережливості, формування навичок праці та ін.

2.4. Планування робочого дня науковця

Робочий день науковця важко передбачити або прогнозувати. Одними із головних правил є:

- поступове включення у роботу;
- ритмічність праці;
- планування роботи.

Планування може бути на день або тиждень, місячне, кварталне, річне. Плануючи роботу на день, слід зважати на таке: перш ніж розпочати роботу, необхідно обдумати майбутній день, виділивши найважливіші й термінові справи. Під час планування роботи науковець має знати, що найсприятливіший час для виконання завдань – від 10-ї до 12-ї години, від 14-ї до 17-ї години. Робочий тиждень має свій цикл. Найпродуктивнішими днями тижня є вівторок і середа.

Неодмінним атрибутом кожного науковця є *робочий блокнот* – щоденник, записна книжка, електронний календар, установлений на персональному комп'ютері. До його складу входять також телефонний довідник, адресна книга, блокнот та ін.

У багатьох країнах світу науковці використовують спеціальні плоскі *папки-гармошки*, сторінки яких розписані за днями місяця.

Крізь отвори в правому куті теки видно вкладені туди документи, записки-нагадування, доручення наукового керівника, які необхідно виконати у певний термін.

У процесі виконання роботи дослідник повинен:

– занотовувати в щоденнику чи спеціальному блокноті всі питання, які його зацікавили;

– визначити перелік необхідних документів (законодавчих, директивних, статистичних та ін.) і їх місцезнаходження. Ця робота «про запас», яка дозволяє науковцю мати у своєму розпорядженні точну, випереджувальну інформацію;

– постійно накопичувати документи (опубліковані й неопубліковані) з усіх розділів дослідження, поповнювати їх новою інформацією але не потрібно братися за написання всіх розділів одночасно;

– зважати на свої індивідуальні особливості, віднайти власні прийоми включення у роботу. Вважається доцільним перші десять хвилин витратити на повторне читання раніше підготовленого матеріалу та його коригування. Також індивідуально треба вибирати години роботи, які забезпечать найбільшу творчу продуктивність.

2.5. Організація робочого місця науковця

Робоче місце науковця – це сукупність усього того, що використовується у роботі, тобто меблі, комп'ютер та інші технічні засоби. Поліпшення робочого місця передбачає оснащення його всім необхідним відповідно до характеру роботи.

Однією з основних умов ефективної наукової діяльності є порядок на робочому столі. Ідеально, коли на столі лежать лише документи, потрібні у поточний момент. Необхідно підтримувати раз і назавжди заведений порядок розташування документів у шухляді робочого столу, шафах, картотеках. Це призводить до покращення умов праці, робить більшість операцій автоматичними, заощаджує час, запобігає «зникненню» документів.

Працюючи з комп'ютером, важливо розмістити його так, щоб з ним було легко і зручно працювати. Монітор має знаходитися на рівні очей, відстань – 40 см. Клавіатуру розташувати на відстані 10 см

від краю столу.

Стілець має бути зі спинкою і, бажано, з підлокітниками. Крім того, рекомендується регулярно робити перерви у роботі, змінювати час від часу позу.

Не менший вплив на емоційний стан науковця справляють кольори. Відомо, що темні тони присипляють, а яскраві – надзвичайно збуджують. Для письмової роботи найкраща гама бежевого і зеленого кольорів.

Важливою умовою комфортної роботи є відчуття свого особистого простору, де науковець проводить більшу частину часу.

Впливає на працездатність і запах. Дослідження свідчать, що запах лимона переважно знижує продуктивність праці вченого, а запах троянди – підвищує.

З часом у дослідника накопичуються різноманітні за формою та змістом документи: рукописи, машинописі, ксерокопії, картотеки, конспекти, вирізки, фотографії, які у сукупності утворюють особистий архів. Крім того, науковець має певну кількість книг, періодичних видань, інших видів опублікованих документів, що складають його особисту бібліотеку.

Ведення власного архіву є обов'язком для науковця. Матеріали треба відповідним чином організувати, оскільки без цього ускладнюється пошук потрібної інформації.

Найбільш доцільним починати впорядкування слід тоді, коли кількість матеріалів невелика. Обліку підлягають всі документи: опубліковані та неопубліковані.

Розрізнені документи систематизують за темами, формою, характером використання, терміном зберігання в окремих теках. Тека має певну назву і порядковий номер, які зазначають також і на каталожній картці. Документи, які неможливо підшити, зберігають у підписаних коробках, конвертах, за можливості окремо (за видами, темами).

В особистій бібліотеці слід виділити на окремій полиці свої власні праці. Порядок розташування книг і брошур здійснюється таким чином: універсальні енциклопедії, енциклопедичні словники, спеціальні енциклопедії, словники, довідники. Основний масив книг групують по галузях і темах, а в їх межах – за алфавітом по авторах і назвах.

Питання для самоконтролю

1. Яка емоція стимулює науковий пошук вченого ?
2. Чи можна стверджувати, що наука є творчим процесом? Чому?
3. Для чого потрібне планування в науковій творчості?
4. Що таке наукова робота? Хто її виконує?
5. Назвіть елементи самоорганізації.
6. Як можна досягти системності у роботі?
7. В чому полягає принцип економії або самообмеження?
8. Що вивчає психологія наукової організації праці?
9. Якими особистісними та творчими якостями повинен володіти науковець?
10. Назвіть основні правила ефективної роботи науковця протягом дня.
11. Які елементи робочого місця сприяють продуктивній роботі науковця?

Методологія та методи наукового дослідження

3.1. Предмет і сутність методології

Для дослідників-початківців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки саме на перших кроках до оволодіння навичками наукової роботи найбільше виникає питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технологій.

У науковому дослідженні важливо все. Концентруючи увагу на основних або ключових питаннях теми, не можна не зважати на побічні факти, які на перший погляд здаються малозначущими. Проте саме такі факти можуть приховувати у собі початок важливих відкриттів.

Для дослідника недостатньо встановити новий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, розкрити його загальнопізнавальне, теоретичне або практичне значення.

Виклад наукових фактів має здійснюватися у контексті загального історичного процесу, історії розвитку певної галузі, бути багатоаспектним, з урахуванням як загальних, так і специфічних особливостей. Накопичення наукових фактів у процесі дослідження – це творчий процес, в основі якого завжди лежить задум ученого, його ідея.

У філософському визначенні *ідея* – це продукт людського мислення, форма відображення дійсності. Ідея відрізняється від інших форм мислення тим, що в ній не тільки відображається об'єкт вивчення, а й міститься усвідомлення мети, перспективи пізнання і практичного перетворення дійсності. Тому важливе значення має історичне вивчення не лише об'єкта дослідження, а й становлення та розвитку знань про нього.

Ідеї народжуються з практики, спостережень навколишнього світу

і потреб життя. В основі ідей лежать реальні факти і події. Життя висуває конкретні завдання, однак, часто не відразу знаходяться продуктивні ідеї для їх вирішення. У такому разі на допомогу приходять здатність дослідника проаналізувати ідеї, погляди попередників, запропонувати новий, зовсім незвичний аспект розгляду завдання, яке протягом тривалого часу не могли вирішити традиційним шляхом.

Вивчення історичного досвіду, визначення етапів становлення, розвитку об'єкта дослідження та ідеї від часу виникнення до стадії вирішення завдання значно збагачує наукове дослідження, свідчить про достовірність його результатів і висновків, підтверджує наукову об'єктивність і компетентність дослідника.

Нова ідея – не просто зміна уявлень про об'єкт дослідження, це якісний стрибок думки за межі традиційного сприйняття і, здавалося б, перевірених рішень. Нові ідеї можуть виникати під впливом парадоксальних ситуацій, коли виявляється незначний, неочікуваний результат, який надто розходиться із загальноновизнаними положеннями науки – парадигмами. Отримання нових знань відбувається за схемою: парадигма – парадокс – нова парадигма. Розвиток науки є зміною парадигм, методів, стереотипів мислення. Перехід від однієї парадигми до іншої не піддається логічному опису, бо кожна з парадигм відкидає попередню і несе принципово новий результат дослідження, який не можна логічно вивести з відомих теорій. Особливу роль тут відіграють інтуїтивні механізми наукового пошуку, які не ґрунтуються на формальній логіці.

Складність, багатогранність і міждисциплінарний статус будь-якої наукової проблеми призводять до необхідності її вивчення у системі координат, що задається різними рівнями методології науки.

Методологія науки (*гр. methodos* – спосіб, метод і *logos* – наука, знання) – це система методологічних і методичних принципів і прийомів, операцій і форм побудови наукового знання.

Методологія скеровує дії дослідника, закладає вектор просування від незнання до знання.

Методологія – це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

Методологія вивчає технологію проведення наукових досліджень, опис і аналіз етапів досліджень і низку інших проблем. В методології виокремлюють дві взаємопов'язані функції:

1. обґрунтування правил застосування світогляду до процесу пізнання і перетворення світу (загальна функція);

2. визначення підходу до явищ дійсності (часткова функція).

Однією з основних задач пізнання є задача виявлення причин зміни і розвитку конкретних явищ і процесів. Діалектичний підхід до пізнання показує, що джерелами, причинами розвитку є внутрішні протиріччя та боротьба протилежностей, які складають основу процесів об'єктивної дійсності. Поступовий характер, спадковість у тенденціях розвитку об'єкта дозволяють розкрити третій закон діалектики – заперечення запереченням.

Діалектична методологія завжди спирається на конкретні знання. Дослідник, науковий працівник повинен мати певний запас знань і вміти застосовувати діалектику до рішення конкретних наукових проблем.

Основними *функціями* методології є:

1. визначення способів здобуття наукових знань, які відображають динаміку процесів та явищ;

2. вибір певного шляху, за допомогою якого може бути досягнуто науково-дослідну мету;

3. забезпечення всебічності отримання інформації стосовно процесу чи явища, що вивчається;

4. введення нової інформації до фонду теорії науки;

5. забезпечення уточнення, збагачення, систематизації термінів і понять у науці;

6. створення системи наукової інформації, яка базується на об'єктивних явищах, і логіко-аналітичний інструмент наукового пізнання.

Основною *метою* методології є:

1. вивчення і аналіз методів, засобів, прийомів, за допомогою яких отримують нові знання в науці як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях пізнання;

2. визначення схеми або плану вирішення поставлених завдань наукового дослідження;

3. виявлення найбільш суттєвих особливостей і ознак методів дослідження, розкриття їх за спільними рисами та глибиною аналізу;

4. визначення проблеми, побудова предмету дослідження і наукової теорії, перевірки достовірності результатів.

3.2. Види методології

Процес пізнання, як основа будь-якого наукового дослідження, є складним і потребує концептуального підходу на основі певної методології та застосування певних методів.

Характерною ознакою сучасної науки є зростання ролі методології при вирішенні проблем росту і розвитку спеціалізованого знання. Можна зауважити на низку істотних причин, які породили цю особливість науки: складність структури емпіричного і теоретичного знання, способи його обґрунтування та перевірки; тісне переплетення опису властивостей матеріальних об'єктів з абстракціями, що штучно вводяться, ідеальними моделями тощо.

Методологічна основа дослідження, як правило, не є самостійним розділом будь-якої наукової праці, однак, від її чіткого визначення значною мірою залежить досягнення мети і вирішення завдань наукового дослідження. Крім того, у розділах основної частини наукової праці подають виклад загальної методики і основних методів дослідження, а це потребує визначення методологічних основ роботи.

Під методологічною основою дослідження слід розуміти основне, вихідне положення, на якому базується наукове дослідження. Методологічні основи певної науки завжди існують поза цією наукою, за її межами і не впливають із самого дослідження.

Методологія має чотирирівневу структуру. Нині розрізняють фундаментальні; загальнонаукові принципи, що становлять власне методологію; конкретно наукові принципи, що лежать в основі теорії тієї чи іншої дисципліни або наукової галузі; систему конкретних методів і технік, що застосовуються для вирішення спеціальних дослідницьких завдань.

Філософська (фундаментальна) методологія є вищим рівнем методології науки, що визначає загальну стратегію принципів пізнання особливостей явищ, процесів, сфер діяльності.

Розвиток методології є однією із сторін розвитку пізнання у цілому. Спочатку методологія ґрунтувалася на знаннях, які диктувала геометрія як наука, де містилися нормативні вказівки для вивчення реального світу. Потому методологія виступала як комплекс правил для вивчення всесвіту і перейшла у сферу філософії. Платон і Арістотель розглядали методологію як логічну універсальну систему, засіб істинного пізнання.

Тривалий час проблеми методології не посідали належного місця у науці через механістичність або релігійність тих чи інших поглядів на світ. Зразком пізнання були принципи механіки, розроблені Г. Галілеєм і Ф. Декартом. Емпіризм протягом багатьох століть виступав вихідною позицією при розгляді всіх проблем. Ідеалісти І. Кант і Г.В.Ф. Гегель дали новий поштовх розвитку методології, спробували розглянути закономірності у самому мисленні: сходження від конкретного до абстрактного, суперечності розвитку буття і мислення та ін.

Усі досягнення минулого були опрацьовані у вигляді діалектичного методу пізнання реальної дійсності, в основу якого було покладено зв'язок теорії і практики, принципи пізнання реального світу, детермінованості явищ, взаємодії зовнішнього і внутрішнього, об'єктивного і суб'єктивного. Діалектична логіка пізнання стала універсальним інструментом для всіх наук, у вивченні будь-яких проблем пізнання і практики.

Філософська методологія виконує два типи функцій. По-перше, вона виявляє сенс наукової діяльності та її взаємозв'язки з іншими сферами діяльності, тобто розглядає науку відносно практики, суспільства, культури людини. Методологія не є особливим розділом філософії: методологічні функції щодо спеціальних наук виконує філософія у цілому. По-друге, методологія вирішує завдання вдосконалення, оптимізації наукової діяльності, виходячи за межі філософії, хоча й спирається на розроблені нею світоглядні й загальнометодологічні орієнтири та постулати.

Отже, фундаментальні принципи базуються на узагальнюючих, філософських положеннях, що відбивають найсуттєвіші властивості об'єктивної дійсності і свідомості з урахуванням досвіду, набутого у процесі пізнавальної діяльності людини. До них належать принципи діалектики, що відбивають взаємозумовлений і суперечливий розвиток явищ дійсності, детермінізму – об'єктивної причинної зумовленості явищ, ізоморфізму – відношень об'єктів, що відбивають тотожність їх побудови та ін. Безумовно, змістова інтерпретація цих принципів варіюється відповідно до специфіки досліджуваного матеріалу. Від тлумачення філософських принципів залежить обґрунтування методологічного підходу у дослідженні тієї чи іншої галузі.

Філософські вчення, провідними ідеями яких є філософські концепції наукового пізнання, діалектичний метод і теорія наукової творчості, визначають загальний підхід до вивчення проблеми, спрямо-

вані на вирішення стратегічних, а не тактичних завдань дослідження і пов'язані з ним опосередковано.

Загальнонаукову методологію використовують в усіх або у переважній більшості наук, оскільки будь-яке наукове відкриття має не лише предметний, але й методологічний зміст. Вона спричиняє критичний перегляд прийнятого на поточний момент понятійного апарату, чинників, передумов і підходів до інтерпретації матеріалу, що вивчається.

До загальнонаукових принципів дослідження належать: історичний, термінологічний, функціональний, системний, когнітивний (пізнавальний), моделювання та ін.

Сучасне науково-теоретичне мислення прагне проникнути у сутність явищ і процесів, що вивчаються. Це можливо за умови цілісного підходу до об'єкта вивчення, розгляду його у виникненні та розвитку, тобто застосування історичного підходу до його вивчення. Перш ніж вивчати сучасний стан, необхідно вивчити генезис та розвиток певної науки або сфери практичної діяльності.

Відомо, що нові наукові і накопичені знання перебувають у діалектичній взаємодії. Найкраще і прогресивне зі старого переходить у нове і надає йому сили та дієвості. Інколи забуте старе знову відроджується на новій науковій основі і живе друге життя в іншому, досконалішому вигляді.

У зв'язку з цим особливого значення набувають вивчення історичного досвіду, аналіз та оцінювання історичних подій, фактів, попередніх теорій у контексті їх виникнення, становлення та розвитку. Отже, історичний підхід дає змогу дослідити виникнення, формування і розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявлення внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей та суперечностей.

Загальнонаукова методологія існує як вчення про принципи, методи і форми знання, що функціонують у багатьох науках, які відповідають їх предмету і об'єкту дослідження. Це, наприклад, методи емпіричного дослідження: спостереження, вимірювання, експеримент; загальнологічні методи: аналіз, синтез, індукція, аналогія, дедукція тощо, а також такі форми знання, як поняття і закони, гіпотези і теорії. Виникнувши як прийоми і форми, які використовуються у конкретних дослідженнях, вони потім використовуються іншими вченими у різних галузях знання, тобто отримують наукову і культу-

рно-історичну апробацію, що дає їм статус загальних або загальнонаукових методів.

Частково-наукова методологія – сукупність специфічних методів кожної конкретної науки, які є базою для вирішення дослідницької проблеми.

Конкретно-наукова методологія зі своїми методиками має справу з технічними прийомами, приписами, нормативами, формулює принципи, методи конкретно-наукової діяльності, описує і обґрунтовує їх. Наприклад, методи мічених атомів у біохімії, умовних рефлексів у фізіології, анкетування в соціології тощо.

3.3. Методи наукових досліджень

Специфіка наукової діяльності у значній мірі визначається методами.

Метод (від грецької μέθοδος) у широкому розумінні слова «шлях до чогось», шлях дослідження, шлях пізнання, теорія, вчення, свідомий спосіб досягнення певного результату, здійснення певної діяльності, вирішення певних задач. Він виступає як сукупність певних правил, прийомів, способів, норм пізнання і дії. Він є системою приписів, принципів, вимог, що орієнтують суб'єкта у вирішенні конкретної задачі, досягненні певного результату у певній сфері діяльності.

Метод є інструментом для вирішення головного завдання науки – відкриття об'єктивних законів дійсності. Метод визначає необхідність і місце застосування індукції й дедукції, аналізу і синтезу, абстракції, формалізації, моделювання, порівняння теоретичних та експериментальних досліджень.

Будь-яке наукове дослідження має враховувати вимоги загальної методології. Конкретна методологія ґрунтується на законах конкретних наук, особливостях пізнання окремих явищ. Вона зумовлена та пов'язана з принципами і законами конкретних наук, із спеціальними методами дослідження.

Методика – це фіксована сукупність прийомів практичної діяльності, що призводить до заздалегідь визначеного результату. У науковому пізнанні методика відіграє значну роль в емпіричних дослідженнях (спостереженні та експерименті). На відміну від методу до

завдань методики не відноситься теоретичне обґрунтування отриманого результату, вона концентрується на технічній стороні експерименту і на регламентації дій дослідника. Хоча в сучасних умовах, коли обладнання і техніка експерименту ускладнилися, велике значення набуває докладний опис методичного боку досліджень.

Розмаїття видів людської діяльності зумовлює розмаїття спектрів методів, що можуть бути класифіковані за різними ознаками (критеріями), наприклад, методи природничих і методи гуманітарних наук; якісні і кількісні методи тощо. У сучасній науці склалася багаторівнева концепція методології знання, згідно з якою методи наукового пізнання за ступенем загальності і сфери дії можуть бути поділені на три основні групи:

- філософські методи;
- загальнонаукові методи;
- часткові методи наук (внутрішньо- та міждисциплінарні).

Філософські методи

Роль філософії у науковому пізнанні зумовлена наявністю двох крайніх моделей, що склалися у вирішенні цього надзвичайно складного питання:

– *умоглядно-філософський підхід* (натурфілософія, філософія історії та ін.), суть якого полягає у прямому виведенні вихідних принципів наукових теорій безпосередньо з філософських принципів, окрім аналізу матеріалу даної науки;

– *позитивізм*, згідно якого «наука сама собі філософія». Роль філософії у частковому науковому пізнанні або абсолютизується, або, навпаки, принижується аж до повного заперечення. І хоча обидві моделі мали певні позитивні результати, згоди між ними не було досягнуто.

Як показує історія пізнання і самої філософії, в її впливі на процес розвитку науки та її результати, можуть бути виділені такі основні характерні моменти:

1. Інтегративна функція філософії являє собою системне, цілісне узагальнення та синтез різноманітних форм пізнання, практики, всього людського досвіду.

2. Критична функція філософії спрямована на всі сфери людської діяльності. До того ж, критика має носити конструктивний характер, з пропозицією нового рішення, а відсутність конструктивно-

критичного підходу межує з апологетикою.

3. Філософія розробляє певні моделі реальності, крізь призму яких вчений дивиться на свій предмет дослідження, і дає узагальнену картину світу в його універсально-об'єктивних характеристиках.

4. Філософія озброює дослідника знанням загальних закономірностей самого пізнавального процесу в його цілісності й розвитку, в єдності всіх його рівнів.

5. Філософія дає науці найбільш загальні методологічні принципи, що формулюються на основі певних категорій. Звідси, принципи філософії реально функціонують в науці у вигляді загальних універсальних норм, що формують у своїй сукупності методологічну програму найвищого рівня.

6. Вчений отримує від філософії певні світоглядні ціннісні настанови та сенсо-життєві орієнтири, а сама філософія певним чином впливає на наукове пізнання на всіх його стадіях, особливо при побудові фундаментальних теорій.

Філософські методи не завжди прямо проявляють себе у наукових дослідженнях, оскільки можуть застосовуватися як свідомо, так і стихійно. Однак у будь-якій науці наявні елементи всезагального значення, такі як закони, категорії, поняття, причини тощо, які і роблять будь-яку науку так званою «прикладною логікою».

Філософські методи – це не жорстко фіксовані регулятиви, а система «м'яких» принципів, операцій, прийомів, що носять загальний, універсальний характер, тобто перебувають на вищих «поверхнях» абстрагування. Тому філософські методи не описуються у чітких термінах логіки та експерименту, не піддаються математизації та формалізації. Вони задають лише найбільш загальні регулятиви дослідження, його генеральну стратегію, але не заміняють спеціальні методи і не визначають остаточний результат пізнання прямо і безпосередньо.

Загальнонаукові методи

У структурі загальнонаукових методів можна виділити наступні три рівні:

1. Методи емпіричного дослідження.
2. Методи теоретичного пізнання.
3. Загальнологічні методи і прийоми дослідження.

Методи емпіричного дослідження

До них відносять спостереження, експеримент, порівняння, опис, вимірювання.

Спостереження – це цілеспрямоване вивчення предметів, що переважно спирається на дані органів чуття (відчуття, сприйняття, уявлення). Під час спостереження отримуються знання не лише про зовнішні сторони об'єкту пізнання, але й про його суттєві властивості. Спостереження може бути безпосереднім та опосередкованим. Останнє здійснюється за допомогою різних приладів і технічних засобів, а з розвитком науки стає все більш складним. Вимоги до спостереження: передбачуваність заздалегідь, системність, цілеспрямованість, планомірність, вибірковість.

Експеримент – це цілеспрямоване і активне втручання у хід процесу, що вивчається, відповідні зміни об'єкта чи його відтворення у спеціально створених і контрольованих умовах. Основними стадіями здійснення експерименту є: планування і будова, контроль, інтерпретація результатів. Експеримент має дві взаємопов'язані функції: дослідну перевірку гіпотез і теорій, а також формування нових наукових концепцій. У залежності від цих функцій виділяють експерименти: дослідницький (пошуковий), перевірочний (контрольний), відтворюючий, ізолюваний тощо, а у залежності від характеру об'єктів – фізичні, хімічні, біологічні, соціальні і т.ін. Експеримент – це найбільш загальний емпіричний метод пізнання, який не лише включає спостереження й вимірювання, а й здійснює перестановку, зміну об'єкта дослідження тощо. У цих методах можна виявити вплив одного чинника на інший. Емпіричні методи пізнання відіграють велику роль у науковому дослідженні. Вони не лише є основою для закріплення теоретичних передумов, а й часто становлять предмет нового відкриття, нового наукового дослідження.

Порівняння – це пізнавальна операція, що лежить в основі умовиводів щодо схожості чи відмінності об'єктів (або ступенів розвитку одного й того ж об'єкта). За допомогою порівняння виявляють якісні й кількісні характеристики предметів. Найпростішим і важливим типом відношень, що виявляються у ході порівняння, є відношення тотожності й відмінності. При цьому порівняння має сенс лише у сукупності однорідних предметів, що утворюють клас. Воно є основою такого логічного прийому як аналогія і є вихідним пунктом *порівняльно-історичного методу*. За допомогою останнього шляхом порів-

няння виявляється загальне і особливе в історичних та інших явищах, досягається пізнання різних ступенів розвитку одного і того ж явища чи різних існуючих явищ. Цей метод дозволяє виявити і співставити рівні у розвитку явища, що вивчається, ті зміни, що відбулися, визначити тенденції розвитку. Вимоги до порівняння: порівнюватись можуть тільки такі явища, між якими може існувати певна об'єктивна спільність; порівняння повинно здійснюватись за найважливішими, найсуттєвішими (у плані конкретного завдання) ознаками.

Опис – пізнавальна операція, що полягає у фіксуванні результатів досліджу (спостереження чи експерименту) за допомогою певних систем позначень, що прийняті у науці.

Вимірювання – це сукупність дій, що виконують за допомогою засобів вимірювання з метою знаходження числового значення вимірюваної величини у прийнятих одиницях виміру.

Методи теоретичного пізнання

До них відносять формалізацію, аксіоматичний метод, гіпотетико-дедуктивний метод і сходження від абстрактного до конкретного.

Формалізація – це відображення знання у знаково-символічному вигляді (формалізованій мові). Остання створюється для точного виразу думок з метою виключення можливості неоднозначного їх розуміння. За умов формалізації роздуми щодо об'єктів переносяться у площину оперування зі знаками (формулами). Формалізація будується на відмінностях природних і штучних мов. Адже природні мови як засіб спілкування характеризуються багатозначністю, багатогранністю, гнучкістю, неточністю, образністю тощо, а формалізовані (штучні) мови призначені для більш точного і чіткого вираження значення. Штучна мова формул стає інструментом пізнання.

Аксіоматичний метод – це спосіб побудови наукової теорії, за якої в її основу покладено деякі вихідні положення – аксіоми (постулати), з яких всі решта тверджень цієї теорії виводяться суто логічним шляхом, шляхом доказу. Для виводу теорем з аксіом (і взагалі одних формул з інших) формуються спеціальні правила виводу. Аксіоматичний метод є лише одним з методів побудови наукового знання. Він має обмежене застосування, оскільки потребує високого рівня розвитку аксіоматизованої змістовної теорії.

Гіпотетико-дедуктивний метод – це метод наукового пізнання, сутність якого полягає у створенні системи дедуктивно пов'язаних

між собою гіпотез, з яких виводять твердження щодо емпіричних фактів. Звідси, метод ґрунтується на дедукції умовиводів з гіпотез та інших посилянь, істинне значення яких невідоме. А це означає, що умовивід, отриманий на основі даного метода, буде мати лише ймовірнісний характер. З логічної точки зору гіпотетико-дедуктивний метод являє собою ієрархію гіпотез, ступінь абстрактності й спільності яких збільшується в міру віддаленості від емпіричного базису.

Сходження від абстрактного до конкретного – це метод теоретичного дослідження і викладу, який полягає у русі наукової думки від вихідної абстракції (однобічне, неповне знання) через послідовні етапи поглиблення і розширення пізнання до результату – цілісного відтворення у теорії предмета, що досліджується. Передумовою даного метода є сходження від чуттєво-конкретного до абстрактного, виокремлення у мисленні окремих сторін предмета та їх «закріплення» у відповідних абстрактних визначеннях. Рух пізнання від чуттєво-конкретного до абстрактного – це і є рух від одиничного до загального, тут домінують такі логічні прийоми як аналіз та індукція.

Загальнологічні методи і прийоми дослідження

До них відносяться: аналіз, синтез, абстрагування, ідеалізація, узагальнення, індукція, дедукція, аналогія, моделювання, системний підхід, імовірнісні (статистичні) методи.

Аналіз – це поділ об'єкта на складові частини з метою їх самостійного вивчення. Видами аналізу є: механічний поділ; визначення динамічного складу; виявлення форм взаємодії елементів цілого; пошук причин явищ; виявлення рівня знання та його структури тощо. Різновидом аналізу є поділ на класи та підкласи (множини) предметів – класифікація і періодизація.

Синтез – це об'єднання (реальне і розумове) різних сторін, частин предмета в єдине ціле. Синтез це не довільне, еkleктичне поєднання розрізнених частин, «шматочків» цілого, а діалектична єдність з виокремленням сутності.

Прямий або емпіричний аналіз і синтез використовують на стадії поверхового ознайомлення з об'єктом. При цьому здійснюють виділення окремих частин об'єкта, виявлення його властивостей, виконують найпростіші вимірювання, фіксацію безпосередніх даних, що лежать на поверхні. Ці види аналізу і синтезу дають можливість пізнати явище, однак, для проникнення в його сутність вони є недостатніми.

Зворотний, або теоретичний аналіз і синтез широко використовують для вивчення сутності досліджуваного явища. Тут операції аналізу і синтезу базуються на деяких теоретичних міркуваннях (припущеннях) і причинно-наслідкових зв'язках різноманітних явищ.

Слід розрізняти аналіз і синтез у науковому дослідженні від аналізу і синтезу у формальній логіці. Як відомо, в логіці під синтезом розуміють будь-яке поєднання за заданими ознаками. У науковому дослідженні до однієї групи включаються лише ті відомості, які відповідають головним, визначальним ознакам. Таким чином, аналіз і синтез із звичайних логічних операцій перетворюються на особливі методи дослідження.

Кожна наука має свій специфічний предмет дослідження, тому з'являються притаманні саме їй прийоми аналізу й синтезу, систематизації результатів спостереження, експерименту та обробки дослідних даних. Аналіз і синтез змістовно пов'язані між собою. Аналізуючи явище, розкладаючи його на складові й вивчаючи кожен окремо, слід розглядати їх як частини єдиного цілого. Ще Аристотель казав, що рука, яка відокремлена від тіла, є рукою лише за назвою. Це означає, що аналіз має переплітатися із синтезом, тобто має співвідносити аналізовану частину із цілим, встановлювати її місце в цьому цілому, для чого потрібно дослідити частини в їх сутності як складові цілого.

У результаті такого аналізу можна виділити загальне як суттєве у предметі, що стане основою для синтезу. Завданням аналізу є виділення тієї частини, з якої сам предмет виникає і розвивається. Об'єкт у синтезі становить єдність протилежностей, при цьому відтворюються його виникнення і розвиток.

У сучасному науковому пізнанні теоретичні аналіз і синтез нерозривно пов'язані з практичним аналізом і синтезом – з практикою експериментування та із суспільно-історичною практикою взагалі. Лише на практиці перевіряються висновки, зроблені на основі аналізу, і підтверджуються теоретичні побудови синтезу.

Абстрагування – це процес мисленнєвого відволікання від ряду властивостей і зв'язків явища, що вивчається, з одночасним виділенням властивостей (насамперед, суттєвих, загальних), що цікавлять дослідника. Існують різні види абстракцій: абстракція ототожнення; ізолююча абстракція; абстракція актуальної нескінченності; абстракція потенційної здійсненності. Абстракції розрізняють також за рівнем (порядком). Абстракції від реальних предметів носять назву абс-

тракцій першого порядку; абстракції від абстракцій першого рівня – другого порядку тощо. Найвищим рівнем абстракції характеризуються філософські категорії.

Ідеалізація – мисленнєва процедура, яка пов'язана з утворенням абстрактних (ідеалізованих) об'єктів, що реально є принципово нездійсненними («ідеальний газ», «абсолютно чорне тіло», «точка» тощо), але є такими, для яких існують прообрази у реальному світі. У процесі ідеалізації відбувається відволікання від реальних властивостей предмета з одночасним введенням до змісту понять, що утворюються, таких ознак, які є реально нездійсненними. В результаті утворюється так званий «ідеалізований об'єкт», яким може керуватись теоретичне мислення для відображення реальних об'єктів. У розвинутих наукових теоріях, як правило, розглядають не окремі ідеалізовані об'єкти та їх властивості, а цілісні системи ідеалізованих об'єктів та їх структури.

Узагальнення – це процес становлення загальних властивостей і ознак предметів. Воно тісно пов'язане з абстрагуванням. Гносеологічною основою узагальнення є категорії загального та одиничного. Загальне є філософською категорією, що відображає схожі, повторювані риси та ознаки, які належать кільком одиничним явищам чи всім предметам даного класу, а одиничне – виражає специфіку, своєрідність саме даного явища (чи групи явищ однакової якості), його відмінність від інших. Узагальнення не може бути нескінченним. Його межею є філософські категорії, що не мають родового поняття і тому узагальнювати їх не можна.

Індукція – логічний прийом дослідження, що пов'язаний з узагальненням результатів спостереження та експерименту і рухом думки від одиничного до загального. Оскільки досвід завжди є нескінченним, тому індуктивні узагальнення носять проблематичний (ймовірнісний) характер. Індуктивні узагальнення розглядають як дослідні істини чи емпіричні закони. Серед індуктивних узагальнень важливе значення має наукова індукція, яка, до формального обґрунтування, узагальнення, яке отримане індуктивним шляхом, додає додаткове змістовне обґрунтування його істинності, у тому числі за допомогою дедукції (теорій, законів). Наукова індукція дає достовірний висновок завдяки тому, що акцент робиться на необхідних, закономірних і причинних зв'язках.

Дедукція – це, по-перше, перехід у процесі пізнання від загального до одиничного, виведення одиничного із загального; по-друге, процес логічного висновку, тобто переходу за тими чи іншими правилами логіки від деяких даних пропозицій-посилань до їх наслідків (висновків). Сутність дедукції полягає у використанні загальних наукових положень для дослідження конкретних явищ. У процесі пізнання індукція та дедукція нерозривно пов'язані між собою, хоч на певному рівні наукового дослідження одна з них переважає. У разі узагальнення емпіричного матеріалу й висування гіпотези провідною є індукція. У теоретичному пізнанні важлива насамперед дедукція, яка дозволяє логічно впорядкувати експериментальні дані й побудувати теорію, яка спирається на логіку їх взаємодії. За допомогою дедукції завершують дослідження.

Аналогія – встановлення схожості в деяких властивостях і зв'язках між нетотожними об'єктами. На підставі виявленої схожості робиться відповідний висновок-умозаключення за аналогією. Аналогія дає не достовірні, а ймовірнісні знання. У висновку за аналогією знання, яке отримано від розгляду певного об'єкта («моделі»), переноситься на інший, менш досліджений і менш доступний для дослідження об'єкт.

Моделювання – це метод дослідження об'єктів на їх моделях. У логіці і методології науки модель – це аналог певного фрагменту реальності, породження людської культури, концептуально-теоретичних образів тощо. Форми моделювання різноманітні і залежать від використання моделей і сфери застосування моделювання. За характером моделей виокремлюють матеріальне (предметне) та ідеальне моделювання, яке виражається у відповідній знаковій формі.

Системний підхід – це сукупність загальнонаукових методологічних принципів (вимог), в основі яких лежить розгляд об'єктів як систем. До числа цих вимог відносяться:

1. виявлення залежності кожного елемента від його місця і функцій у системі з урахуванням того, що властивості цілого не можна звести до суми властивостей цих елементів;
2. аналіз того, наскільки поведінка системи зумовлена як особливостями її окремих елементів, так і властивостями її структури;
3. дослідження механізму взаємодії системи і середовища;
4. вивчення характеру ієрархічності, притаманного даній системі;
5. забезпечення всебічного багатоаспектного опису системи;
6. розгляд системи як динамічної цілісності, що розвивається.

Імовірно-статистичні методи ґрунтуються на врахуванні дії множинності випадкових факторів, які характеризуються стійкою частотою. Ймовірнісні методи спираються на теорію ймовірностей, яку часто називають наукою про випадкове, а в уявленні багатьох вчених ймовірність і випадковість практично неподільні. У законах динамічного типу передбачення мають точно визначений однозначний характер. У статистичних законах передбачення носять не достовірний, а імовірнісний характер. Останні, хоча і не дають однозначних і достовірних передбачень, тим не менше є єдино можливими у дослідженні масових явищ випадкового характеру. Імовірно-статистичні методи широко застосовують у дослідженні масових явищ, особливо у таких наукових дисциплінах, як математична статистика, статистична фізика, квантова механіка, синергетика та ін.

Часткові методи наук

Часткові методи наук застосовуються у кожній окремій галузі знання, у кожній науковій дисципліні. Чітко «прив'язати» конкретні способи дослідження саме до певної дисципліни дуже важко, кожна з них і має відносно своєрідний методологічний інструментарій. Поглиблення взаємозв'язків наук призводить до того, що результати, прийоми і методи одних наук все більш широко використовуються в інших, наприклад, застосування фізичних та хімічних методів у біології та медицині. Це породжує проблему методів міждисциплінарного дослідження. Застосування методу однієї науки в інших галузях знання здійснюється в міру того, що їх об'єкти підпорядковуються законам цієї науки. При цьому метод, характерний для однієї галузі знання, діє в інших вже як підпорядкований.

Розрізняють такі види спостереження: зріз (короткотривале спостереження), лонгітюдинальне (довготривале, іноді багаторічне спостереження за окремою групою), суцільне (досліджуються представники всієї групи, яка вивчається), вибіркоче (шляхом представницької вибірки) та включене спостереження (коли спостерігач стає членом піддослідної групи). Вивчення власних психічних процесів здійснюється шляхом самоспостереження (інтроспекції). Щодо експерименту, то виділяють два його різновиди: природний та лабораторний.

Таким чином, розглянуті вище методи і методологія наукових досліджень дозволяють стверджувати, що методологія не може бути зведена лише до одного методу, адже кожен метод застосовується не

ізолювано, а у поєднанні з іншими. «Ядром» системи методологічного знання є філософія, оскільки її принципи, закони і категорії визначають стратегію наукового дослідження, своєрідно втілюючись у конкретних формах. Головне призначення будь-якого наукового методу – на основі відповідних принципів (вимог, приписів тощо) забезпечити успішне вирішення певних пізнавальних і практичних проблем, прирощення знання, оптимальне функціонування і розвиток тих чи інших об'єктів.

Питання для самоконтролю

1. Чи достатньо досліднику встановити науковий факт?
2. Що таке ідея, як вона виникає?
3. Що таке методологія та які вона має функції?
4. Назвіть основну мету методології.
5. Які елементи входять в структуру методології?
6. Які функції виконує філософська методологія
7. В яких сферах використовують загальнонаукову методологію?
8. Які принципи відносять до загальнонаукових?
9. Назвіть основні групи методів наукового пізнання.
10. Який вплив має філософія на розвиток науки?
11. Які рівні можна виділити у структурі загальнонаукових методів?
12. Назвіть основну відмінність між спостереженням та експериментом.
13. В чому полягає формалізація знання?
14. Назвіть методи теоретичного пізнання.
15. Які існують загальнологічні методи та прийоми дослідження?

Організація і проведення наукових досліджень

4.1. Основи організації науково-дослідної роботи

Науково-дослідна робота – чітко організований комплекс дій, спрямований на отримання нових знань, що розкривають суть процесу і явищ у природі і в суспільстві з метою використання їх у практичній діяльності.

Науково-дослідний процес будь-якого класу, виду з різноманітними ознаками проходить за загальною схемою три стадії (рис. 4.1):

- організаційна;
- дослідна;
- узагальнення, апробація та реалізація результатів досліджень.

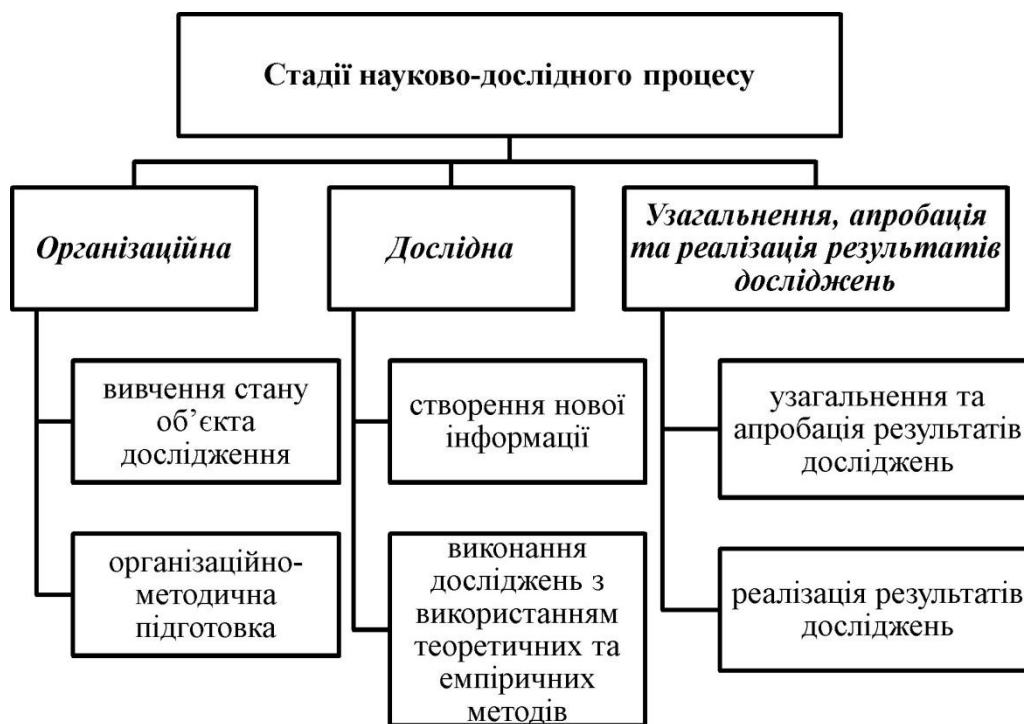


Рис. 4.1 Схема науково-дослідного процесу

Організаційна стадія науково-дослідного процесу – це послідовність процедур, що виконуються на початковому етапі кожного наукового дослідження (рис. 4.2).



Рис.4.2 Схеми організації стадії науково-дослідного процесу

На організації стадії науково-дослідного процесу вибір проблеми обґрунтовується передусім її актуальністю, тобто наскільки її рішення сприятиме виконанню програм економічного та соціального розвитку держави, міста, регіону. Проблема має бути чітко визначеною, послідовною і не суперечити економічним законам. Оскільки наукова проблема являє собою сукупність складних теоретичних або

практичних питань, то в процесі наукового дослідження її поділяють на складові елементи – теми.

Обґрунтування вибору теми дослідження проводять за наступними критеріями:

- народногосподарська ефективність;
- відповідність профілю установи;
- забезпечення фінансування і впровадження результатів дослідження.

Вибір проблеми наукового дослідження починається з визначення:

1. актуальності:

- а) важливість, необхідність вирішення питання саме зараз;
- б) значимість розробок для різних нових напрямів у галузі науки;
- в) вирішення комплексних питань підвищення якості продукції, виробів, економія матеріалів, поліпшення умов праці, удосконалення параметрів виробів;

2. наукової новизни:

- а) важливо, щоб обрана тема у такій постановці до цього часу не розроблялась;
- б) дублювання (повторне або паралельне виконання схожих тем) можливе лише у виняткових випадках, коли необхідно забезпечити вирішення певних наукових і практичних завдань у найкоротший термін або із застосуванням різних підходів.

Визначення мети і завдань наукового дослідження є одним із найважливіших творчих етапів вирішення проблеми.

Мета дослідження – кінцевий результат, на досягнення якого спрямоване дослідження. *Завдання дослідження* – підпорядковуються основній меті і спрямовані на поетапне її досягнення. Вони не можуть формулюватися як «вивчення», «ознайомлення», «дослідження» тощо, оскільки таким чином вказують не на результат наукової розробки, а на окремі технологічні процеси. *Об'єкт дослідження* – процес або явище, що має проблемну ситуацію чи потребує деталізації знання про нього.

Підготовка науково-дослідного процесу розпочинається з розробки програми досліджень, в якій визначено завдання, загальний зміст і практичну значущість, окреслено методи дослідження. Крім того, у програмі зазначається замовник робіт, підрозділ-виконавець, обсяги і терміни виконання робіт.

На основі програми досліджень складають деталізований план до-

слідження теми з метою більшої деталізації робіт за обраною темою. У плані встановлюється період виконання робіт, розшифровуються витрати, уточнюються обсяги та джерела фінансування, очікувані результати, визначаються підприємства, на базі яких мають виконуватися дослідження, уточнюються терміни відряджень, окреслюються терміни збору інформації та ін.

Після програми та плану дослідження теми складається техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) науково-дослідної роботи (НДР). ТЕО відображає найважливіші показники роботи, що дають можливість ще на стадії підготовки дослідження визначити наукову і практичну цінність, передбачуваний економічний ефект від впровадження результатів дослідження. Зазначаються дані про замовника, наукового керівника робіт, підстави для виконання і класифікацію НДР (теоретична, пошукова, прикладна, конструкторська розробка), кошторисну вартість і терміни виконання, місце й час можливого впровадження.

Одним із найважливіших етапів організаційно-методичної підготовки науково-дослідного процесу є складання методики дослідження теми, у якій конкретизуються методи, прийоми і способи виконання робіт згідно з метою і планом досліджень.

Різні наукові дисципліни відрізняються одна від одної не лише характером і змістом об'єкта вивчення, а й специфічними, конкретними науковими методами. В науці від категорій, методів дослідження і узагальнення часто залежать кінцеві результати дослідження в цілому.

Методи дослідження у момент написання обґрунтування не можуть бути визначені у повному обсязі, оскільки поетапне отримання нових відомостей про об'єкт потребує проведення нових експериментів, застосування нових підходів до його вивчення. Але основний перелік загальнонаукових та спеціальних методів необхідно сформулювати перед початком робіт. Причому, необхідно не лише навести набір найбільш популярних універсальних методів, а й зробити пояснення щодо їх застосування до кожної задачі дослідження.

На основі методики дослідження та згідно з програмою й планом дослідження складають робочий план. Це завершальний етап роботи на організаційно-методичній стадії науково-дослідного процесу.

Робочий план визначає календарні терміни початку й закінчення робіт за етапами, вартість робіт і їх питому вагу в повній сумі витрат.

Крім того, у плані зазначають конкретних виконавців на кожному етапі, терміни і форму представлення результатів робіт за етапами. Це дає можливість проводити достовірний облік і контроль ходу виконання робіт, встановлювати розміри і форму стимулювання працівників, уточнювати плани завершення робіт. Робочий план становить основу, визначає загальну спрямованість дослідження та послідовність його проведення.

План може містити в собі наступне:

- остаточно сформульовані пункти, які цілком відображають їх змістовне наповнення;
- тези, які у загальних рисах характеризують позицію автора, робочу гіпотезу, основні положення.

На більш пізніх стадіях виконання дослідження, коли ключові питання опрацьовані, а набуті відомості про предмет дослідження систематизовані, є можливим складання плану-проспекту – реферативного викладення отриманих результатів.

Календарний план-графік відрізняється від попереднього більшою конкретикою щодо організаційних моментів і термінів. Його доцільно складати до початку основної роботи та після попереднього ознайомлення з літературою, уточнення і конкретизації теми дослідження.

У складанні програми, плану та робочого плану дослідження потрібно враховувати й те, що саме на організаційній стадії має бути проведено роботу зі створення умов для виконання досліджень. Дослідники повинні бути забезпечені приладами, устаткуванням, обчислювальною технікою; у разі необхідності має бути розроблено й виготовлено або придбано експериментальне обладнання та апаратуру, підготовлено процес виготовлення та випробування дослідних зразків продукції тощо.

Дослідна стадія науково-дослідного процесу, як і організаційна, має кілька етапів (рис. 4.3).

Створення нової інформації відбувається у результаті проведення спостережень, експериментів та інших видів досліджень, спрямованих на отримання первинної інформації про об'єкт. При цьому передбачається паралельне вивчення процесів і явищ, що можуть впливати на стан об'єкта дослідження. Таке вивчення теми дає змогу виявити позитивні й негативні чинники впливу та визначити критерії їх оцінки.



Рис. 4.3 Схеми дослідної стадії науково-дослідного процесу

Отриману інформацію про об'єкт та супутні процеси та явища збирають і групують для подальшого перетворення згідно з метою дослідження. Зібрану нову інформацію про об'єкт групують і опрацьовують таким чином, щоб мати можливість використовувати її в подальшій роботі.

Етап виконання досліджень з використанням теоретичних і емпіричних методів дослідної стадії науково-дослідного процесу починається з доведення гіпотези, що, власне, і є сенсом і метою дослідної стадії.

Шлях до гіпотези пролягає через ідеї – думки, що досягли найвищого ступеня об'єктивності, повноти та конкретизації і одночасно спрямовані на практичну реалізацію. Вони не виникають на порожньому місці, їм передують базисні знання, наукові відкриття, винаходи, вивчення досвіду та результатів досліджень вітчизняних і закордонних колег.

Первинні, або попередні, гіпотези в процесі дослідження зазвичай неодноразово аналізуються, критикуються, уточнюються і, як результат, стають достовірнішими.

Проведення теоретичних досліджень з метою доведення гіпотези виконується згідно з програмою дослідження, методикою дослідження та робочим планом.

Під методикою експерименту розуміють сукупність методів і прийомів, за допомогою яких буде вирішено задачу дослідження. Вона встановлює послідовність проведення спостережень і вимірів, вибір необхідних пристроїв, обладнання, машин, апаратів і, у разі необхідності, створення унікальних приладів, пристроїв, експериментального обладнання, стендів для досягнення мети дослідження. Зазвичай процес контролюється за допомогою пристроїв, що вимірюють вхідні та вихідні параметри.

Основним етапом підготовки експерименту є складання плану його виконання, в якому визначають:

- уточнене формулювання теми;
- загальні та окремі завдання роботи;
- ступінь комплексності;
- етапи роботи з визначенням їх обсягу і змісту, об'єктів, методів і техніки дослідження, трудомісткість і терміни виконання кожного етапу;
- розподілення роботи між виконавцями;
- форма представлення результатів (звіт, стаття, доповідь та ін.).

Далі настає черга підготовки об'єкта дослідження. Це досить відповідальна й трудомістка операція. Іноді вона потребує розвідувального дослідження як попереднього етапу глибоких і масштабних експериментальних досліджень. Потреба в цьому виникає особливо у тих випадках, коли потрібна додаткова інформація про предмет і об'єкт дослідження, уточнюється або коригується гіпотеза і завдання, удосконалюється методика тощо.

Основою спільного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень є зіставлення висунутої гіпотези з дослідними даними спостережень. У результаті теоретико-експериментального аналізу можуть виникнути три випадки:

1. Встановлено повний чи достатньо повний збіг гіпотези, теоретичних передумов з результатами дослідів. При цьому додатково групують отриманий матеріал досліджень таким чином, щоб з нього впливали основні положення розробленої раніше гіпотези, у результаті чого остання перетворюється на доведене теоретичне положення, теорію.

2. Експериментальні дані лише частково підтверджують положення гіпотези, а в тій чи іншій частині суперечать їй. У цьому випадку гіпотезу змінюють і перетворюють таким чином, щоб вона більш

повно відповідала результатам експерименту. Найчастіше після цього виконують додаткові корегувальні експерименти з метою підтвердження робочої гіпотези, після чого вона також перетворюється на теорію.

3. Гіпотеза не підтверджується експериментом. Тоді її критично аналізують і повністю переглядають. Потому проводять нові експериментальні дослідження з урахуванням нової робочої гіпотези.

Негативні результати наукової роботи зазвичай не відкидають, у багатьох випадках вони допомагають отримати правильні уявлення про об'єкти, явища та процеси.

Висновки та рекомендації, зроблені на підставі аналізу гіпотез, що пройшли експериментальну перевірку та відповідне корегування, оприлюднюють як доповіді та повідомлення на семінарах й конференціях, публікації статей з результатами дослідження окремих питань.

Стадія узагальнення, апробації та реалізації результатів дослідження є завершальною стадією науково-дослідного процесу.

На цій стадії здійснюється формулювання висновків і пропозицій за результатами виконаної роботи; апробація їх у колективі наукової організації, споріднених організацій, наукової спільноти; рецензування та експертиза; дослідне впровадження; корегування, доопрацювання та реалізація кінцевих результатів (рис. 4.4).

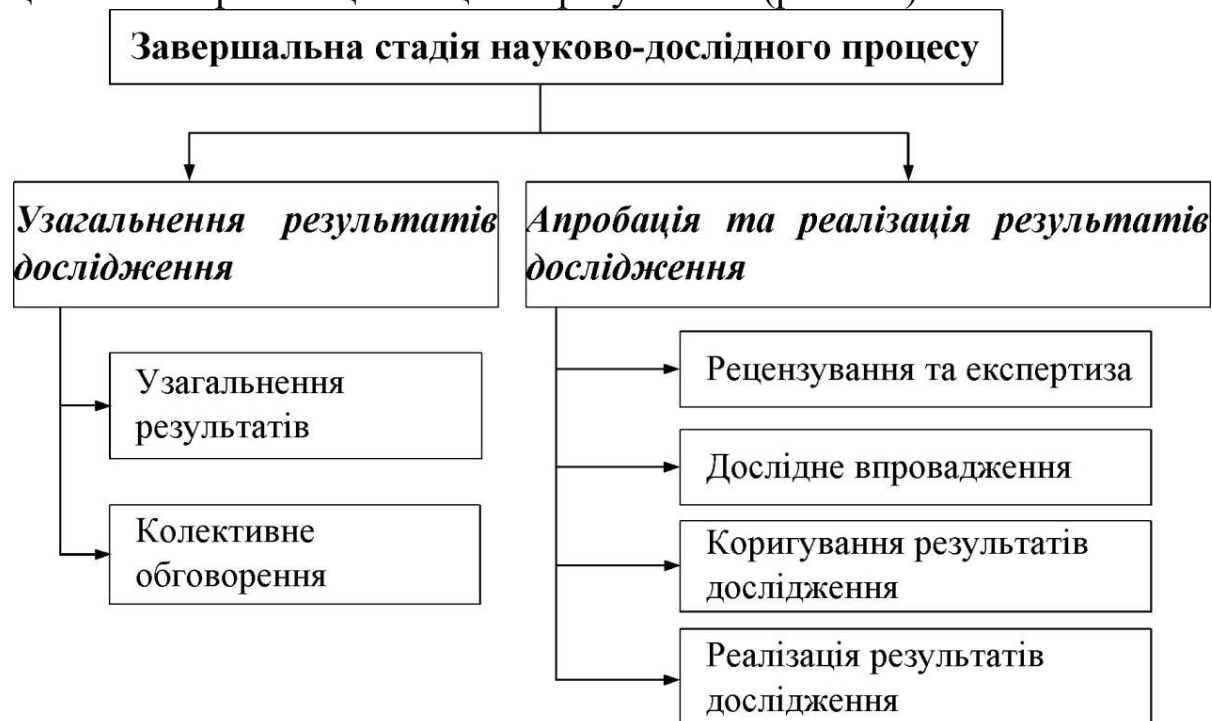


Рис. 4.4 Схема завершальної стадії науково-дослідного процесу

За узагальненням результатів настає черга невеликого, але досить важливого етапу обговорення роботи. Якщо роботу виконував колектив (лабораторія, група), то обговорення проводиться за присутності повного його складу. Роботу може бути поставлено на обговорення і більшого підрозділу (відділу, сектору) у залежності від чисельності і компетентності колективного виконавця та від теми дослідження (її новизни, складності, комплексності).

Поряд з членами колективу до обговорення залучають працівників суміжних відділів, а, за можливості, і працівників суміжних інститутів, вищих навчальних закладів і лабораторій, що мали стосунок до виконаної роботи. Велику користь дає і запрошення до обговорення спеціалістів-практиків.

Науково-дослідна робота та її результати можуть бути піддані науковій або науково-технічній експертизі. Згідно із законодавством України, під науковою та науково-технічною експертизою розуміють діяльність, метою якої є дослідження, перевірка, аналіз науково-технічного рівня об'єкта експертизи і підготовка обґрунтованих висновків для прийняття рішень щодо таких об'єктів. Це найбільш детальний та об'єктивний метод оцінки наукової діяльності та її результатів.

Кінцевою формою реалізації результатів науково-дослідної роботи є впровадження її результатів у виробництво, що забезпечує техніко-економічний ефект.

4.2. Основні етапи проведення досліджень

Спираючись на систему методологічних принципів, дослідник визначає:

- об'єкт та предмет дослідження;
- послідовність вирішення задач дослідження;
- застосовані методи.

Можна умовно виділити два основні етапи (два характерні рівні) наукового дослідження:

- а) емпіричний;
- б) теоретичний.

Емпіричний етап пов'язаний із отриманням та первинною обробкою первинного фактичного матеріалу. Зазвичай розрізняють факти дійсності та наукові факти.

Факти дійсності – це події, явища, які відбувалися чи відбуваються насправді, це різні сторони, показники, зв'язки досліджуваних об'єктів.

Наукові факти – це відображені свідомістю факти дійсності, причому обов'язково перевірені, осмислені та зафіксовані мовою науки у вигляді емпіричних суджень.

Емпіричний етап складається з двох стадій (ступенів) роботи:

1. перша стадія – процес здобування, отримання фактів, бо очевидно, що для осмислення, аналізу фактів їх потрібно передусім мати;

2. друга стадія – первинна обробка та оцінка фактів у їх взаємозв'язку, тобто вона включає в себе: осмислення та суворий опис отриманих фактів у термінах наукової мови; класифікацію фактів на різних підставах та виявлення основних залежностей між ними.

У ході цього етапу дослідник здійснює:

а) критичну оцінку та перевірку кожного факту, очищуючи його від випадкових та несуттєвих домішок;

б) опис кожного факту у певних термінах тієї науки, у межах якої виконується дослідження;

в) відбір з усіх фактів традиційних, найбільш повторюваних та тих, які виражають основні тенденції розвитку;

г) класифікацію фактів, що вивчаються, за видами явищ, за їх значущістю, зведення їх у систему;

д) розкриває найбільш очевидні зв'язки між відібраними фактами, тобто на емпіричному рівні досліджує закономірності, які характеризують явища, що вивчаються.

Теоретичний етап та рівень дослідження пов'язані з глибоким аналізом фактів, з проникненням у сутність досліджуваних явищ, із пізнанням та формулюванням у якісній та кількісній формі законів, тобто з поясненням явищ. Далі на цьому етапі здійснюють прогнозування можливих подій або змін у явищах, що підлягають вивченню, виробляють принципи дії, рекомендації з практичного впливу на ці явища.

Теоретичний етап включає у себе низку послідовних стадій роботи, в яких наукове знання представляється у певних формах, існуючи та розвиваючись у них і через них.

Сполучною ланкою між емпіричним і теоретичним кроком є постановка проблеми. Це означає:

- визначити відоме та невідоме: факти роз'яснені та ті, що потребують роз'яснення; факти, що відповідають теорії та суперечать їй;
- сформулювати питання, що виражає основний смисл проблеми, обґрунтувати його правильність та важливість для науки;
- намітити конкретні задачі, послідовність їх вирішення та методи, що мають застосовуватися для цього.

Головним завданням дослідника є виявлення причин явищ та законів, яким вони підпорядковуються. Тому і основним різновидом гіпотези є припущення про причини, умови, про закони виникнення, існування та розвитку явищ, що вивчаються.

Доказ є наступною необхідною стадією та формою, в якій існує та розвивається подальше наукове знання. Отже, наукове дослідження в кожному циклі здійснює послідовний рух від емпірії до теорії і від теорії до практики, що перевіряє теорію. Завершення кожного циклу є одночасно і початком нового циклу, що веде до подальшого розвитку та збагачення теорії.

Тема дослідження – у ній відображаються характерні риси проблеми. Вдале, точне у смисловому відношенні формулювання теми уточнює проблему, окреслює рамки дослідження, конкретизує основний задум, створюючи передумови до успіху роботи загалом.

Об'єкт дослідження – це сукупність зв'язків і відношень, що існує об'єктивно у теорії та на практиці і є джерелом потрібної для дослідника інформації.

Предмет дослідження більш конкретний і включає ті зв'язки й відношення, які підлягають безпосередньому вивченню у цій роботі, встановлюють межі наукового пошуку; в кожному об'єкті можна назвати декілька предметів дослідження. З предмета дослідження випливають його цілі та задачі.

Мета формулюється коротко і гранично точно, у смисловому відношенні, висловлюючи те основне, що має намір зробити дослідник. Вона конкретизується та розвивається у задачах дослідження:

- перша задача, зазвичай, пов'язана з виявленням, уточненням, поглибленням, методологічним обґрунтуванням сутності, природи, структури досліджуваного об'єкта;
- друга задача пов'язана з аналізом реального стану предмета дослідження, динаміки, внутрішніх протиріч розвитку;

– третя задача пов'язана із можливостями перетворення, моделювання, дослідно-експериментальної перевірки;

– четверта задача пов'язана з виявленням шляхів та засобів підвищення ефективності вдосконалення досліджуваного явища, процесу, тобто з практичними аспектами роботи, з проблемою управління об'єктом дослідження.

Під *процесом дослідження* розуміють один із видів цілеспрямованої діяльності, який відрізняється від інших видів тим, що:

1) містить творчу частину, яку можна назвати уявним досвідом з уявними об'єктами;

2) спрямований на з'ясування істотних показників явищ, процесів, які у результаті виступають як важливі узагальнення у формі принципів, закономірностей і законів, знання яких забезпечує панування людини у відповідній галузі;

3) дослідник не має жодних алгоритмічних передумов успіху; не можна також знайти вирішення проблеми у літературі або з'ясувати це рішення у своїх колег у науці;

4) дослідник поставлений у становище, коли він опиняється сам на сам перед складною науковою проблемою, відчуває об'єктивну недостатність інформації, очевидну невизначеність напрямку пошуку.

Джерелом творчого стану дослідника, в якому розробляється гіпотеза та методика наукового пошуку, є структура процесу дослідження. Яке ж значення терміну «структура» як загальнонаукової категорії? У філософській енциклопедії: «Структура (лат. *structura* – будова, розташування, порядок) – відносно стійка єдність елементів, їх зв'язків та цілісності об'єкта, інваріантний аспект системи».

Структурні компоненти дослідження (що передбачає експериментальну частину) в оптимальному варіанті вибудовуються поетапно наступним чином:

Етап I. Загальне ознайомлення з проблемою дослідження, визначення її зовнішніх кордонів.

На цьому етапі встановлюється рівень її розробленості та перспективність. Дослідник повинен ясно усвідомлювати та мотивувати потреби суспільства у поглибленні знань з даної проблеми.

Головне питання першого етапу наукової роботи – проблемний аспект теми, без чого не можна переходити до наступного етапу наукової роботи. Цей перший крок, якщо його зроблено чітко, потенцій-

но містить у собі ключ до майбутніх успіхів або невдач. Якість сформульованого проблемного аспекту обраної теми визначає значною мірою кінцеві результати дослідження.

Етап II. Формулювання цілей дослідження.

Цілі дослідження виступають як досягнення певних нових станів у будь-якій ланці дослідницького процесу або як якісно новий стан – результат подолання протиріччя між належним та суцим.

Крім формулювання загальної мети формуються часткові, проміжні цілі. Проміжними цілями можуть бути як перешкоди, що мають бути усунені, так і бажана ієрархія робіт (загальних чи індивідуальних).

Цілі дослідження повинні конкретно формулюватися і виражатися в описі того прогнозного стану, в якому бажано бачити об'єкт дослідження відповідно до соціального замовлення.

Метою дослідження є завжди опис очікуваного результату, вписаного у контекст зв'язків більш загальної системи. Розробка ієрархії цілей завершується побудовою мережевого графа (або дерева цілей), у якому виділяється критичний шлях, що оптимізує послідовність виконання науково-дослідних операцій та будь-яких робіт для досягнення кінцевої мети.

Етап III. Розробка гіпотези дослідження.

Гіпотеза дослідження стає прообразом майбутньої теорії у разі, якщо подальшим ходом роботи вона буде підтверджена. Тому у разі розробки гіпотези дослідник мусить пам'ятати основні функції наукової теорії.

Оскільки йдеться про побудову гіпотези як теоретичної конструкції, істинність якої має бути доведено експериментально чи масовим, організованим, контрольованим досвідом, вона вже в якості проєкту має виконувати відповідні функції у рамках предмета дослідження – описову, пояснювальну, прогностичну.

Задовольняючи цим вимогам, гіпотеза визначає структурну композицію предмета дослідження як прояву якості єдиного цілого. Тим самим досліднику надаються засоби та методи управління процесом експериментального перетворення дійсності, гіпотеза прогнозує кінцеві результати перетворення та довготривалість їх існування.

Етап IV. Постановка задач дослідження. Констатуючий експеримент.

Гіпотетично представлені внутрішні механізми функціонування досліджуваного явища та передбачливо описані його характеристики співвідносяться з цілями дослідження, тобто з кінцевими результатами. Це співвідношення дозволяє перейти до формулювання задач дослідження. Така теоретична робота спрямована на пошук та вироблення форми і змісту конкретних задач, орієнтованих на оптимізацію, варіювання умов (зовнішніх і внутрішніх, реальних та експериментальних), у результаті яких гіпотетичний причинно-наслідковий зв'язок набуває всіх рис об'єктивної закономірності.

Етап V. Вид перетворюючого досвіду та його організація.

Новий етап просування наукового пошуку настає після формулювання задач дослідження. Має бути представлений повний перелік істотних умов, що піддаються регулюванню, і допускають хоча б стабілізацію. З цього переліку стає зрозумілим вигляд, зміст, набір засобів цілеспрямованого перетворення об'єкта (процесу, явища) з метою формування у нього заздалегідь заданих якостей.

Етап VI. Організація та проведення експерименту.

Організація та проведення експерименту починається з випробувальної перевірки експериментальної документації: дослідницьких методик, опитувальників, анкет, програм бесід, таблиць або матриць для реєстрації та накопичення даних. Сенс такої перевірки – внести можливі уточнення, зміни у документацію, відсікти надмірності у збиранні фактичних даних, які у подальшому виявляться обтяжливими, а також відбиратимуть час і відволікатимуть увагу від центральних питань проблеми.

Експериментальний процес є найбільш трудомісткою, напруженою, динамічною частиною наукового дослідження, зупинити який неможливо – експеримент не допускає будь-яких незапланованих пауз.

У процесі експерименту дослідник зобов'язаний:

1) безперервно підтримувати умови, що забезпечують незмінність темпу та ритму перебігу експерименту, подібність та відмінність експериментальних та контрольних груп;

2) варіювати і дозувати керовані умови та інтенсивність факторів, що чинять спрямований вплив на кінцеві результати, які підлягають співставленню;

3) систематично оцінювати, вимірювати, класифікувати та реєструвати частоту та інтенсивність поточних подій експериментального процесу, включно з тими моментами, коли об'єкт дослідження набуває стійких запланованих характеристик;

4) паралельно з експериментом вести систематичну первинну обробку фактичного матеріалу для того, щоб зберегти його актуальність і достовірність деталей, не допустити нашарування на нього хибних вражень та інтерпретацій.

Етап VII. Узагальнення та синтез експериментальних даних.

На попередніх етапах аналітична стадія дослідження закінчилася. На етапі узагальнення та синтезу експериментальних даних розпочинається відтворення цілісного уявлення про досліджуваний об'єкт, але вже експериментально перетвореного з точки зору сутнісних відношень. Накопичено достатній фактичний матеріал. Він частково вже є систематизований у процесі експерименту і переходить у внутрішню лабораторію вченого, в якій першочергового значення набувають логічні та формалізовані методи дослідження.

Фактичний матеріал піддається кваліфікації на різних підставах, формуються статистичні послідовності, полігони розподілу, виявляються тенденції розвитку стабільності, стрибків у формуванні якостей об'єкта експериментального впливу та інші дослідження. Індуктивні та дедуктивні узагальнення фактичного матеріалу будуються відповідно до вимог репрезентативності, валідності та релевантності. На основі об'єктивно виявлених закономірностей здійснюються:

1) ретроспективна ревізія висунутої гіпотези з метою переведення її в ранг теорії, у тій частині, в якій вона виявилася несуперечливою;

2) формулювання загальних та часткових результатів у цій теорії, що допускають контрольну її перевірку та відтворення експериментального ефекту в інший час та в іншому місці іншими дослідниками, але за суворого дотримання ними умов експерименту;

3) оцінка адекватності методів дослідження та вихідних теоретичних концепцій з метою збільшення та вдосконалення методологічного знання та включення його у загальну систему методології науки;

4) розробка прикладної частини теорії для будь-яких категорій споживачів чи рівнів практики. Рекомендації повинні розроблятися виключно у такій формі, в якій їх можна застосовувати на практиці.

Дотримуючись даних рекомендацій, науковець отримує своєрідні нормативні методологічні орієнтири організації дослідницької діяльності: послідовне виконання переліку робіт, коли кожна з попередніх логічно забезпечує виконання наступної; формує остаточний результат, який у цьому випадку відрізнятиметься повнотою, доказовістю та прикладними якостями.

4.3. Сучасні програмні засоби виконання досліджень

Потужний розвиток інформаційних технологій наприкінці ХХ – початку ХХІ століття створив передумови для створення цілої серії різноманітних програмних продуктів для виконання та підтримки наукових досліджень. За допомогою таких програмних комплексів можна виконувати статистичну обробку та аналіз великих обсягів даних, математичні розрахунки різної складності, побудову математичних моделей та аналіз їх поведінки, прогнозування та пошук рішень, проводити експерименти тощо. Розглянемо найбільш поширені програмні продукти для виконання наукових досліджень.

1. *Anylogic (The AnyLogic Company)* – програмний продукт для побудови та дослідження імітаційних моделей різної складності. Пакет підтримує усі підходи до імітаційного моделювання: системна динаміка, подійно-дискретне моделювання, агентне моделювання. AnyLogic включає набір примітивів та бібліотек для ефективного моделювання виробничих, логістичних, транспортних, фінансових, соціальних процесів. Користувачі можуть розробити анімацію та 3D-симуляцію процесів, що моделюються, з цією метою пакет підтримує великий набір растрових та векторних графічних зображень. AnyLogic підтримує безліч різних типів експериментів з моделями: простий прогін, варіювання параметрів, випадковий прогін, аналіз чутливості, оптимізація, заданий сценарій тощо. Для програмування об'єктів та їх поведінки використовується мова Java.

2. *EViews - Econometric Views (Quantitative Micro Software / IHS Markit Ltd.)* – статистичний пакет для аналізу економетричних даних часових рядів, аналізу і моделювання даних, побудови регресійних

моделей. EViews – найпотужніший пакет для побудови економетричних моделей. EViews може бути успішно використаний для вирішення наступних задач: аналіз наукової інформації, фінансовий аналіз, макроекономічне прогнозування, моделювання економічних процесів, прогнозування станів ринків тощо. Широкі можливості пакет EViews надає для аналізу даних часових рядів. Функції цього програмного засобу: проста лінійна регресія, багатофакторна регресія, нелінійна регресія, симультивні моделі, ARIMA-моделі. Завдяки стрункій і логічній ідеології побудові Windows-інтерфейса пакет EViews дуже простий у засвоєнні, містить розвинену підказку (help), що є, по суті, довідником з економетричних методів.

3. **Maple** (*Waterloo Maple, Inc.*) – пакет для символічних розрахунків, що має розвинену систему графічних засобів та інтерпретації результатів розрахунків та базується на спеціалізованій мові програмування. Робота у Maple відбувається інтерактивно: користувач вводить команди, а система їх сприймає, виконує та виводить результат їх виконання. Містить понад 5000 функцій для більшості розділів сучасної математики, моделювання та інтерактивної візуалізації, підтримує мову програмування Maple, дозволяє комбінувати алгоритми, результати обчислення, математичні формули, текст, графіку, діаграми та анімацію зі звуком в електронному документі. Можливості пакета: символічні обчислення і чисельні методи; математичні функції та методи; розв’язування рівнянь; диференціальні рівняння; лінійна алгебра; оптимізація; програмування; операції з розмірностями та одиницями вимірювання величин; редактор математичних формул; візуалізація, графіки, інтерактивні меню та асистенти; шаблони-прикладі для стандартних проблем; елементи для розробки графічних інтерфейсів; доступ до MapleCloud-сховища для обміну документами між користувачами та колегами; понад 30 палітр відсортованих для створення та редагування математичних виразів; розпізнавання рукописних формул; інструментарій для фінансового моделювання; статистичне моделювання; фізичні моделі; високопродуктивні обчислення; автоматичне розпаралелювання; багатониткове програмування; експорт в інші мови програмування; системи доступу до баз даних; інтерфейс до математичної бібліотеки NAG.

4. **MathCad** (*Parametric Technology Corp.*) – багатофункціональний програмний редактор для виконання математичних розрахунків, що функціонує за принципом WYSIWYG («What-You-See-Is-What-You-Get» – «що бачиш, те й отримуєш»), який означає, що все зображене на екрані комп’ютера може бути в такому ж вигляді і надруковане. Відпо-

відно до цього принципу усі формули та математичні символи у програмі виглядають так само, як і у звичайних математичних виразах. Потужний пакет для математичних розрахунків, розв'язання рівнянь, побудови графіків тощо. Є системою комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи. Має простий і інтуїтивний інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстовому запису в мовах програмування. Незважаючи на те, що ця програма орієнтована на користувачів-непрограмістів, також використовується в складніших проектах, щоб візуалізувати результати математичного моделювання, шляхом використання найбільш поширених обчислень і традиційних мов програмування. MathCad зручно використовувати для навчання, обчислень і інженерних розрахунків. Відкрита архітектура дозволяє легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які інженерні застосування.

5. *Mathematica (Wolfram Research, Inc)* – вичерпна система комп'ютерної алгебри для чисельних, символічних та графічних обчислень і візуалізації. Виконує найрізноманітніші математичні операції та перетворення алгебраїчних виразів, заданих в чисельній та символічній формах (змінні, функції, поліноми, матриці тощо). Mathematica – це інтерактивний обчислювальний та графічний інструмент із вбудованою мовою програмування для швидких та точних розрахунків. Інформацію можна подавати як у звичайному математичному вигляді, так і у вигляді функцій з використанням вбудованої мови програмування. Існує також можливість підключення додаткових пакетів за допомогою технології Add-ons.

6. *MatLab (MathWorks, Inc.)* – пакет прикладних програм для виконання наукових та технічних розрахунків, який базується на спеціалізованій однойменній мові програмування. Об'єднує в собі чисельний аналіз, операції з матрицями, сигнальні процеси та графіки у зручному для використання середовищі, де задачі та розв'язки подаються у математичному запису без використання традиційного програмування. MatLab надає користувачеві велику кількість функцій для аналізу даних, які покривають майже всі області математики, зокрема: матриці та лінійна алгебра, розв'язання рівнянь, диференціація функцій, інтерполяція та екстраполяція даних, математична статис-

тика та аналіз даних, чисельне інтегрування, цілочислова арифметика. MatLab, завдяки вбудованій об'єктно-орієнтованій мові програмування, дозволяє користувачам будувати математичні та імітаційні моделі, досліджувати їх за допомогою різних алгоритмів – нейромережових, генетичних, евристичних тощо. Пакет має потужну підсистему візуалізації розрахунків та представлення даних, зокрема 3D-графіка та анімація. Є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малюванням функцій, роботи з алгоритмами, створенням робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Спеціалізується на числовому обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю.

7. *MS Excel (Microsoft Corp.)* – редактор електронних таблиць. Має потужний функціонал для оперування табличними даними. Табличний процесор дозволяє автоматизувати розрахунки, будувати графіки та діаграми, виконувати статистичний, регресійний, кореляційний аналіз даних, прогнозувати різні сценарії розвитку та вплив різних факторів на кінцевий результат процесу, здійснювати пошук оптимальних рішень, організовувати роботу з базами даних, програмувати необхідні розрахунки. Електронні таблиці Excel через свою простоту, зрозумілість інтерфейсу є найбільш поширеним програмним пакетом для виконання наукових розрахунків і використовується як у навчальному процесі, так і в науково-дослідній роботі. Нажаль, розрахунки, зроблені за її допомогою не визнаються авторитетними науковими журналами. Також у MS Excel неможливо побудувати якісні наукові графіки. Безумовно, MS Excel добре підходить для накопичення даних, проміжного перетворення, попередніх статистичних обчислень, для побудови деяких видів діаграм. Проте остаточний статистичний аналіз необхідно робити в програмах, які спеціально створені для цих цілей. Існують макроси-доповнення для MS Excel, що включають додаткові статистичні функції, які в основних випадках є достатніми для звичайного застосування. Пробну версію макросів можна узяти на сайті виробника.

8. *Statistica (StatSoft, Inc.)* – це потужний інструмент для аналізу даних (статистичного, регресійного, кореляційного, дисперсійного, коваріаційного, багатовимірною тощо), їх візуалізації, прогнозування, нейромережових розрахунків, планування експериментів, контролю якості. Має широкий спектр функціональних алгоритмів і розвинену графіку, відповідні засоби для редагування графічних матеріалів, містить більше 250 статистичних функцій. Користувач має знати статистичну

термінологію, а об'ємна довідкова система дає змогу досить повно ознайомлюватися з алгоритмами, що використовуються. Statistica має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та, на відміну від інших пакетів статистичної обробки, добре та швидко працює з великими обсягами даних. Нескладний у засвоєнні, пакет можна рекомендувати для статистичних досліджень будь-якої складності. Statistica має суттєві переваги у порівнянні з іншими статистичними пакетами: за допомогою реалізованих в системі Statistica мов програмування (SCL, STATISTICA BASIC), забезпечених спеціальними засобами підтримки, легко створюються закінчені рішення, що вбудовуються в інші застосунки або обчислювальні середовища.

9. *StatGraphics – Statistical Graphics System (Manugistics, Inc.)* – повний універсальний статистичний пакет для діалогового аналізу статистичних даних з широкими можливостями візуалізації. Перевагами StatGraphics є: поєднання наукових методів обробки різнотипних даних з можливістю створення сучасної високоякісної інтерактивної графіки; широкі можливості взаємодії з іншими програмними продуктами (електронними таблицями, базами даних); високоякісна двовимірна і тривимірна графіка, інтегрована графіка, в якій усі елементи графічних представлень результатів аналізу можуть бути перетворені. Після завершення процедури статистичного аналізу даних можна обрати графічні відображення результатів, релевантні використованій процедурі аналізу.

10. *OriginPro (OriginLab Corp.)* – потужний пакет для аналізу результатів статистичних і наукових досліджень та вимірювань, надає засоби програмування та побудови графіків, діаграм, таблиць, підтримка Microsoft COM, ActiveX і підпрограм на C. Для виконання операцій можна використати інструмент графічного інтерфейсу користувача (діалоги/меню) або викликати відповідні засоби у програмах. У OriginPro включений власний компілятор C/C++ з підтримкою і оптимізацією векторних і матричних обчислень. OriginPro створена для побудови двовимірної і тривимірної наукової графіки, яка створюється за допомогою готових шаблонів, доступних для редагування користувачем. Також можливо створювати нові власні шаблони. Після створення зображення воно може бути відредаговане за допомогою меню і діалогів. Можна експортувати отримані графіки і таблиці у різні формати, такі як PDF, EPS, WMF, TIFF, JPEG, GIF. За допомогою OriginPro можна виконувати числовий аналіз даних, включаючи різні статистичні операції, обробку сигналів тощо.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть стадії науково-дослідного процесу.
2. Які кроки виконуються на організаційній стадії науково-дослідного процесу?
3. Що потрібно врахувати при виборі проблеми наукового дослідження?
4. Для чого складають програму наукового дослідження?
5. Яку інформацію містить техніко-економічне обґрунтування науково-дослідної роботи?
6. Що таке методика експерименту?
7. Назвіть можливі варіанти висновків теоретико-експериментального аналізу.
8. Що є кінцевою формою реалізації результатів науково-дослідної роботи?
9. Дайте визначення термінам «факти дійсності» та «наукові факти».
10. Що відбувається під час первинної обробки та оцінки фактів у їх взаємозв'язку?
11. Поясніть різницю між об'єктом та предметом дослідження.
12. Назвіть етапи проведення дослідження.
13. Які існують види цілей дослідження?
14. Які вимоги мають бути дотримані при проведенні експериментів?
15. Назвіть відомі Вам програмні продукти для виконання наукових досліджень.

Пошук, накопичення та обробка наукової інформації

5.1. Інформація та інформатика. Підсистема інформації

Інформація завжди відігравала у житті людини дуже важливу роль, яка незмірно зросла останнім часом у результаті соціального прогресу й бурхливого розвитку науки. Для істотного підвищення ефективності будь-якої творчої роботи потрібна розробка принципово нових інформаційних методів і засобів, що є практичним завданням сучасної інформатики – базової теоретичної дисципліни для науково-інформаційної діяльності (НІД).

Основною метою НІД є забезпечення всіх потенційних інформаційних потреб лаконічною і кваліфікованою інформацією про нові знання, досвід і прогнози у різних сферах людської діяльності.

Конкретними цілями НІД є: збір наукових джерел інформації (документів), їх систематизація, аналіз і синтез, переробка, зберігання, відтворення, розмноження та розповсюдження наукової інформації.

Слово «інформація» походить від латинського слова, що в перекладі означає відомості, роз'яснення, ознайомлення. Інформація є настільки загальним і великим поняттям, що його неможливо пояснити однією фразою. В це слово вкладається різний сенс в техніці, науці і в життєвих ситуаціях.

Інформація – це відомості про будь-що незалежно від форми їх подання. Під інформацією розуміють відомості, передані усним, письмовим або яким-небудь іншим способом (наприклад, за допомогою умовних сигналів, з використанням технічних засобів тощо). Це первісне поняття наразі розширено й має різні визначення.

У сучасній науці розглядаються два види інформації:

– *об'єктивна* (первинна) інформація – відомості про властивість матеріальних об'єктів і явищ (процесів), різноманіття їх станів, які за

допомогою взаємодій передаються іншим об'єктам і впливають на їх структуру;

– *суб'єктивна* (семантична, смислова, вторинна) інформація – смисловий зміст об'єктивної інформації про об'єкти і процеси матеріального світу, сформований свідомістю людини за допомогою словесних образів (слів, відчуттів) і зафіксований на будь-якому матеріальному носії.

Наукова дисципліна, що вивчає структуру і загальні властивості семантичної (смислової) інформації, а також закономірності інформаційної комунікації, називається *інформатикою*. Основоположниками сучасної науки про інформацію стали бельгійський соціолог і документаліст Поль Отле (Otlet) і його сподвижник Анрі Лафонтен (La Fontaine), які створили на початку ХХ століття універсальну десятикову класифікацію (УДК) – систему, якою користуються сьогодні всі країни світу.

Отле і Лафонтен бачили в УДК лише засіб для досягнення досконалої системи організації знань. Їх головною метою було переконати в необхідності впорядкування всесвітньої системи наукової комунікації. Мета і досі на стадії реалізації, а потреба в удосконаленні наукової комунікації відчувається гостріше, ніж 100 років тому. Для інформатики важливим є вивчення неформальних каналів наукової комунікації, мотивів написання та структури первинних документів.

Визначення «науковий» в терміні «наукова інформація» не означає, що її обов'язково отримано або використовують тільки в сфері науки, а вказує на те, що вона задовольняє загальноприйнятим в даний час критеріям науковості.

Більш чітке і повне визначення наукової інформації може бути дано наступним чином: *наукова інформація* – це логічна інформація, що отримується методами дослідно-раціонального пізнання об'єктивного світу в будь-якій сфері діяльності людей, не суперечить панівній системі наукових уявлень і використовується в суспільно-історичній практиці.

Наукова інформація повинна відповідати певним критеріям:

- новизна;
- актуальність;
- достовірність;
- об'єктивність;
- повнота;
- цінність та ін.

Особливе значення первинна і вторинна інформація має для написання наукової роботи (магістерської роботи, дисертації тощо), оскільки служить теоретичним та експериментальним підґрунтям для досягнення мети дослідження і вирішення його задач.

Протягом багатьох століть потреби освічених людей в інформації задовольнялися бібліотеками. До винаходу друкарства в XV столітті широкі верстви населення були неписьменними і тому в бібліотеках не було потреби. До кінця XIX століття поширення грамотності населення в розвинених країнах зростає до такої міри, що масових читачів в них стало набагато більше, ніж учених і фахівців. Тому бібліотеки в той час розділилися на спеціальні (наукові та науково-технічні) та масові.

Для масових бібліотек (до них відноситься близько 80% загального числа бібліотек) головною функцією є культурно-просвітницька робота.

Завдання наукових і науково-технічних бібліотек полягає в інформаційному обслуговуванні вчених і фахівців. Наразі багато спеціальних бібліотек називаються бібліотеками лише за традицією через їх відомчу приналежність, а фактично вони є установами науково-технічної інформації.

Якщо метою роботи з науковими документами є їх систематизація, аналіз і синтез, без отримання нового знання, тоді така діяльність відноситься до науково-інформаційної. Якщо мета роботи з науковими документами полягає в отриманні нових знань про досліджуваний предмет, тоді така діяльність відноситься до науково-дослідницької. Зрозуміло, що чітке розділення між двома цими видами діяльності є умовним.

НІД є соціально-організованим різновидом наукової праці, яка виконується з метою підвищення ефективності досліджень та розробок і полягає у збиранні, аналітико-синтетичній переробці, зберіганні та пошуку закріплених у документах наукової інформації, а також у наданні цієї інформації вченим-дослідникам і фахівцям у відповідний час і у зручній для них формі.

НІД зародилася наприкінці XIX століття у надрах бібліотекознавства під впливом потреб самої науки. Стрімке зростання досягнень в науці і техніці супроводжувалось швидким зростанням кількості науково-технічної літератури, що виходить у світ, і розширенням кола її потенційних читачів. НІД остаточно виділилася в якості наукової підсистеми приблизно в середині XX століття. У більшості розвинених

країн світу існують національні або навіть державні системи науково-технічної інформації, а їх уряди створюють спеціальні органи для управління цими системами. За деякими оцінками, у світі на організацію цієї діяльності щорічно витрачається не менше \$10 млрд.

Підсистемою інформації про об'єкт (предмет) дослідження являється систематична діяльність з отримання інформації, необхідної для вирішення задач дослідження. Підсистема інформації включає планомірне збирання, обробку, аналіз та узагальнення як первинної, так і вторинної наукової інформації за темою дослідження. Кожна зі складових збору та обробки інформації за темою має свої особливості. Цей процес можна подати у вигляді схеми (рис. 5.1).

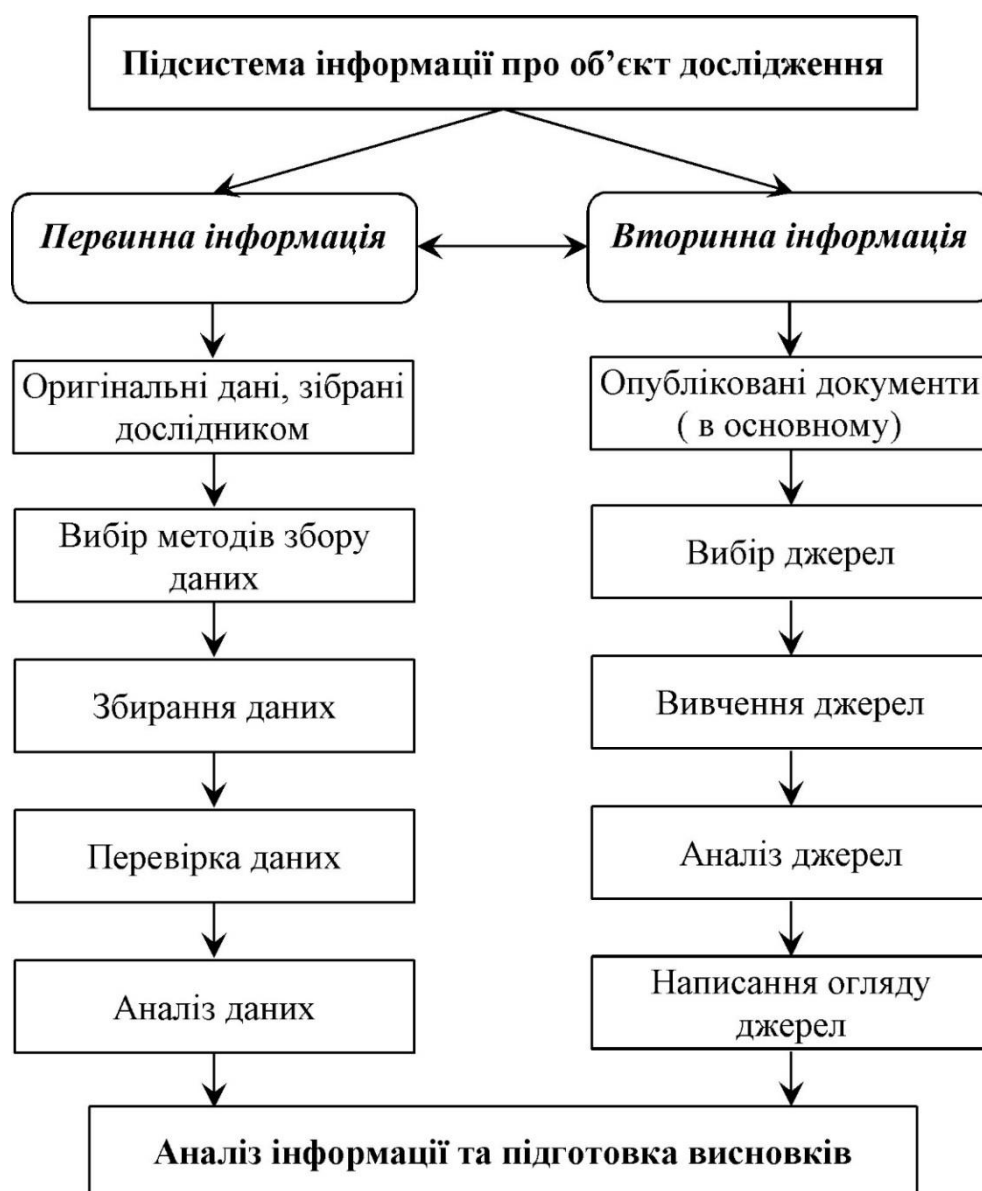


Рис. 5.1. Загальна схема процесу збирання та аналізу наукової інформації

5.2. Документальні джерела інформації

Людина опрацьовує біологічну та інтелектуальну інформацію. У НІД найважливішим джерелом наукової інформації і засобом її передачі в просторі та часі являється науковий документ. Відповідальним етапом наукового дослідження є отримання й аналіз інформаційних документів за темою дослідження.

Документ – це носій (матеріальний об'єкт) із зафіксованою на його поверхні інформацією, що підтверджує будь-які знання і може включатися у певні збірники. У широкому сенсі до документів відносять не лише написи, рукописи та друквані видання, а й твори мистецтва, нумізматичні пам'ятники, музейні експонати мінерального, ботанічного, зоологічного чи антропологічного характеру. Документ є засобом і найважливішим джерелом передачі інформації в просторі й часі для використання в суспільній практиці.

За формою подання розрізняють наступні джерела інформації (документи):

- текстові (книга, журнал, рукопис є найпоширенішими й представляють основну масу документів);
- графічні або образотворчі (креслення, схема, графік, план, карта, діаграма і т.п.);
- аудіовізуальні (звукозапис, відеозапис, діапозитив та ін.).

Досвід кількох тисячоліть розвитку письмових документів показує, що їх форма змінювалася головним чином під впливом потреб суспільства: документи ставали все більш змістовними, зручними для використання і дешевими. Саме ця тенденція розвитку засобів, що використовувалися для закріплення інформації, призвела до появи паперового книжкового блоку, який дотепер залишався основною матеріальною формою документа.

Образотворчі та аудіовізуальні документи виникли у різний час, значно змінилися, і наразі набувають все більшої популярності, завдяки активному впливу на людину.

Враховуючи вищесказане, можна уточнити визначення первинної та вторинної інформації.

Первинною інформацією є вихідна інформація, яка є результатом безпосередніх експериментальних досліджень, вивчення практичного досвіду (це фактичні дані, зібрані дослідником, їх аналіз і перевірка).

Вторинною інформацією є результат аналітичної обробки та пуб-

лікації інформації за темою дослідження (опубліковані документи, огляди інформації за темою). До них відносяться:

- інформаційні видання (сигнальна інформація, реферативні журнали, експрес-інформація, огляди);
- довідкова література (енциклопедії, словники);
- каталоги і картотеки;
- бібліографічні видання.

Ця інформація є базою для проведення наукового дослідження та доказом наукової обґрунтованості роботи її, достовірності і новизни.

Проте історично склалася така система наукових документів, у якій багато з них містять одночасно і результати наукових досліджень, і переробку колишніх відомостей, що містилися у раніше опублікованих документах. Прикладом можуть служити і статті у наукових журналах, і монографії, і підручники, і довідкова література. Тим не менш, такий поділ є зручним, оскільки дозволяє характеризувати різні потоки документів в інформаційній діяльності.

Первинними вважаються ті документи і видання, в яких переважно містяться нові відомості або нове осмислення відомих ідей і фактів, а вторинними – ті, в яких містяться відомості про первинні документи.

З урахуванням вище зазначеної класифікації до первинних документів і видань можна віднести більшість книг (за винятком довідників), журнали, газети і серійні видання, описи винаходів, стандарти, звіти, дисертації, переклади, а до вторинних – довідники та енциклопедії, огляди, реферативні журнали, бібліотечні каталоги, бібліографічні покажчики і картотеки.

До останнього часу такий поділ наукових документів вважався важливим. Для інформаційної діяльності цей поділ менш важливий, тому що, по-перше, в неопублікованих документах міститься багато цінної інформації, попередні відомості, що з'являються в публікаціях, а по-друге, нові засоби розповсюдження інформації роблять це розмежування дуже умовним. Такі наукові документи, що вважаються зазвичай неопублікованими (звіти, дисертації, переклади), часто поширюються в сотнях і навіть тисячах екземплярів.

Опубліковані документи

Пошук, обробка та аналіз опублікованих джерел дає змогу глибше осмислити науковий і практичний матеріал інших вчених, дослідни-

ків, виявити рівень дослідження конкретної теми, підготувати огляд літератури за темою, створити список використаних джерел.

Опубліковані видання поділяють на три основні види:

- неперіодичні;
- періодичні;
- серійні.

До неперіодичних видань відносяться книги (окрім художніх творів), які у свою чергу поділяються на:

- а) наукову літературу (праці класиків науки, публікації НДІ, наукових товариств і т. п.);
- б) науково-популярну літературу;
- в) виробничо-технічну літературу;
- г) навчальні посібники;
- д) довідково-енциклопедичну літературу (словники, довідники, енциклопедії);
- е) офіційно-документальну літературу (збірники стандартів, технічні умови та ін.).

Наукова література (книги) є прикладом первинного документа, найважливішого засобу узагальнення наукової інформації. У наукових книгах публікуються результати теоретичних досліджень, висвітлюється досвід, досягнутий в тих чи інших областях практичної діяльності, аналізуються стратегічні проблеми науки, господарства і культури. Книга служить незамінним засобом освіти, навчання і виховання. За деякими даними низки країн наукові книги складають приблизно 20-25% усіх випущених книг.

Для науково-інформаційної діяльності можна виділити наступні найбільш важливі види книг: монографії, збірники, матеріали наукових конференцій, довідники, підручники і керівництва, офіційні видання.

Роль книги як джерела наукової інформації дещо послаблюється за наявності наступних факторів: написання і видання потребує тривалого часу; відсутність допоміжних показників (іменного, предметного, скорочень і т.п.); недосконалість бібліографічного апарату (відсутність виносков, списків цитованої літератури, недбалість в їх оформленні); неповнота змісту. Досконалість довідкового апарату наукової книги є однією з головних вимог, що висувуються до неї як до джерела наукової інформації. Іншою важливою вимогою є наявність елементів, що забезпечує її швидке відображення в інформаційних

виданнях – індексів УДК, ББК (бібліотечно-бібліографічної класифікації) і авторських (видавничих) рефератів та анотацій.

Нормативно-технічна документація має важливе значення для розвитку різних галузей народного господарства. Термін «нормативний документ» є родовим терміном, який охоплює такі поняття, як стандарти, технічні умови, збірки правил, регламенти. Нормативна документація – це документи, що встановлюють правила, загальні принципи або характеристики різних видів діяльності або їх результатів.

До неперіодичних видань відносять також різноманітні інформаційні листки, що використовуються для обміну інформацією про нове в науці та виробництві між університетами та підприємствами.

Довідкова література призначена для оперативного отримання відомостей наукового, прикладного та іншого характеру. Види довідкової літератури (загальні, загально-технічні та галузеві, термінологічні й тлумачні, мовні та орфографічні) досить різні як за змістом, так і за обсягом й можуть бути представлені численними енциклопедіями, довідниками й невеликими пам'ятками чисто інформаційного змісту. Тому серед довідкової літератури розрізняють наступні видання:

- а) універсального типу;
- б) галузеві довідники;
- в) тематичні.

У довідники можуть бути включені як опубліковані матеріали, так і неопубліковані (матеріали звітів, проєктів, раціоналізаторських пропозицій, депонованих рукописів і т. п.). Довідкова література містить сталу, перевірену роками інформацію, що включає первинні й вторинні джерела, а також фактичні відомості.

Періодичним виданням є друкарська продукція, що виходить через певні проміжки часу, заздалегідь обмежена кількістю номерів (на рік), не повторюваними за змістом випусками, однаково оформленими, що мають однакову назву, обсяг і формат. У якості прикладу можна навести журнали, які у свою чергу поділяються на:

- наукові;
- науково-популярні;
- виробничо-технічні й т.п.

Журнали (періодика) є одним з основних видів інформації. У світі щорічно публікується близько 4 млн статей. Якщо в середині

XX століття налічувалося близько 100 тисяч назв періодичних видань, то до кінця століття, приблизно, видавалось до 1 млн періодичних видань. Науково-технічний прогрес і процес спеціалізації й диференціації науки викликав появу великої кількості нових журналів.

Поточна бібліографічна інформація надається різними періодичними виданнями, головна мета яких регулярно повідомляти про нові роботи, нерідко з короткою характеристикою їх змісту. У нашій країні склалася розгалужена система установ, що займаються створенням бібліографічних матеріалів, довідково-бібліографічним і довідково-інформаційним обслуговуванням читачів.

Однак, основним і найпоширенішим видом інформаційних видань є *реферативні журнали* – періодичні видання, у яких публікуються реферати та інші вторинні інформаційні повідомлення, отримані в результаті аналітико-синтетичної переробки первинних публікацій.

Реферативні журнали є засобом поточного оповіщення фахівців про всі публікації у світі, нової науково-технічної літератури у певній галузі науки або техніки. Вони дозволяють розшукувати потрібні матеріали за той або інший період часу на основі раніше надрукованих комплектів журналів та мають довідково-пошуковий апарат. Доведено, що без допомоги реферативних журналів фахівець може ознайомитися не більш ніж з 6% публікацій, а за їх допомогою може охопити близько 80%.

Реферативний журнал побудований за галузевим принципом і має 17 серій, що відповідають галузям науки й техніки (біологія, математика, фізика, хімія з біохімією та ін.). У більшості серій реферативних журналів видаються зведені томи, що відображають цілу галузь науки або техніки. Зведені томи діляться на випуски, що представляють собою великі розділи даної галузі. У тих серіях, де немає зведених томів, видаються окремі випуски. Така структура реферативного журналу відображає чітко виражену тенденцію розвитку сучасної науки й техніки; виникнення нових напрямків на стику суміжних наук або галузей техніки. Кожний зведений том і випуск має свій шифр.

Таку кількість журналів неможливо оперативно переглянути, а інформація, яку там наведено, швидко застаріває. В умовах, коли потрібно «найсвіжіша» інформація, функції журналів поступово починають зводитися до фіксації пріоритетних прав авторів і веденню впорядкованого наукового архіву. Наразі відбувається поступова змі-

на змісту журналів у бік скорочення обсягу наукових статей, публікуються короткі повідомлення, розширюється метод депонування статей тощо.

Патентна інформація (а також описи винаходів до авторських свідоцтв і патентів) відноситься до спеціальних видів технічних видань і має специфічні особливості. Боротьба з недоброчесною конкуренцією потребувала захисту прав та інтелектуальної власності вчених і винахідників різних країн, що у свою чергу призвело до створення спеціальних міжнародних угод. У 1967 р. у Стокгольмі було прийнято конвенцію, що заснувала Всесвітню організацію інтелектуальної власності (ВОІВ). Питаннями правової охорони й захисту пріоритету відкриттів і винаходів займається *патентоведення*. Авторство на винахід охороняється законом. Щоб захистити винахід, автор (один, група фахівців або організація) має подати заявку в Державний комітет по справах винаходів і відкриттів. Головна форма охорони власності – авторське свідоцтво; за кордоном – патент. Патент діє тільки протягом певного терміну (у середньому 15-20 років) і в тій країні, де він виданий. Після цього строку патентом може скористатися будь-хто. Авторське свідоцтво діє безстроково. Патент не може бути використаний без придбання ліцензії. Якщо винахід патентується за кордоном, його право власності поширюється на всі країни-члени ВОІВ. Патентна документація свідчить, насамперед, про високий рівень наукової розробки, її новизну й може служити надійним джерелом для прогнозування досліджень у майбутньому.

До серійних видань відносяться тематичні праці та збірники, які нерідко друкуються під усталеним заголовком: «Праці», «Учені записки» і т. ін. з послідовною нумерацією томів або випусків і містять, в основному, статті. Вони дозволяють виявити напрямок і рівень діяльності науково-дослідних організацій та університетів, що вирішують певні питання. Цей вид інформації займає проміжне положення між неперіодичними та періодичними виданнями.

Неопубліковані документи

До неопублікованих документів відносяться препринти (попередні копії статей, доповідей, повідомлень, виготовлені типографським способом до офіційного виходу видання з друку), переклади, наукові

звіти з НДР, рукописи дисертацій.

Депонування (від лат. *deponere* – відкладати) неопублікованих джерел інформації полягає в тому, що рукописи статей, книг, матеріалів симпозіумів вузькоспеціального характеру, що представляють інтерес для невеликого числа фахівців, за рішенням видавництва й редакцій передаються на зберігання в органи інформації. Відомості про ці рукописи публікуються в інформаційних виданнях, а копії самих рукописів висилаються за запитами фахівців. Депонування призводить до скорочення потоку друкованої продукції, не скорочуючи потоку інформації.

У загальному випадку процедура депонування наступна. Рукопис статті, доповіді або книги готується до публікації у відповідності зі стандартними вимогами, що висувуються редакцією журналу або видавництвом. Але замість публікації вона приймається на зберігання до уповноваженого органу науково-технічної інформації. Відомості про депонований рукопис, який за статусом прирівнюється до повноцінної наукової публікації, розміщують у спеціальному каталозі. Будь-який бажаючий може ознайомитися з рукописом у бібліотеці інформаційного органу, або замовити його копію.

5.3. Пошук вторинної документної інформації

Виконання завдань дослідження неможливе без ознайомлення з основними літературними джерелами за темою наукової роботи.

Знання опублікованих джерел інформації за темою дослідження є неодмінною умовою забезпечення його якості. Воно дає змогу глибше осмислити науковий матеріал, що міститься в опублікованих працях інших учених, оскільки основні проблемні питання майже завжди викладено в більш ранніх дослідженнях.

Під час джерелознавчих пошуків потрібно з'ясувати стан вивченості обраної теми сучасною наукою, щоб не повторювати в роботі загальновідомих істин, конкретніше і точніше визначити напрями та основні розділи свого дослідження.

Необхідну наукову інформацію дослідник отримує в бібліотеках та органах науково-технічної інформації. Для опрацювання джерел з

обраної теми використовують інформаційно-пошуковий апарат бібліотеки. У бібліотеках застосовується інформаційно-пошукова мова бібліотечно-бібліографічного типу УДК і ББК. УДК систематизує всі людські знання у 10 розділах, де кожний розділ має десять підрозділів і т. п. Багато років УДК застосовувалась як найбільш досконала класифікація знань. Але згодом виникнення нових понять у науковій і практичній діяльності людей зумовили впровадження ББК, яка має іншу систему класифікації та індексації людських знань. Основну частину її букво-цифрових індексів побудовано за десятковим принципом. Основні поділи ББК розподілені у 21 відділі, кожен з яких має свій індекс із великих букв українського алфавіту.

Основою інформаційно-пошукового апарату бібліотек є систематичні каталоги, які доцільно використовувати для складання списку джерел з обраної теми. Щоб користуватись каталогами, потрібно добре знати принципи їх побудови. Основні каталоги формуються за принципом алфавіту або за принципом систематизації знань – це розташовані в алфавітному порядку картки з описом видань. В алфавітному (абетковому) каталозі картки на книги розташовано в алфавітному порядку прізвищ авторів чи назв публікацій незалежно від їх змісту; у предметному – картки з описом літературних джерел згруповані за предметними рубриками, тобто містять назви творів із конкретних проблем і питань теж в алфавітному порядку.

Систематичні каталоги містять картки на книги, в яких назви робіт розташовані за галузями знань, згідно з діючою класифікацією науки. Крім основних каталогів створюються допоміжні: каталог періодики, картотеки статей і рецензій.

Перегляду повинні підлягати всі види джерел, зміст яких пов'язаний із темою наукового дослідження. Визначення стану вивченості теми доцільно розпочинати зі знайомства з інформаційними виданнями, які містять оперативні систематизовані відомості про документи (опубліковані, неопубліковані), найсуттєвіші сторони їх змісту. Інформаційні видання на відміну від звичайних бібліографічних посібників включають не лише відомості про надруковані праці, а й ідеї та факти, що в них містяться. Крім оперативності, їх характеризують новизна поданої інформації, повнота охоплення джерел і наявність довідкового апарату, що полегшує пошук і систематизацію літератури.

Інформаційні видання випускають інститути, служби науково-технічної інформації (НТІ), центри інформації, бібліотеки. Вони охоплюють усі галузі народного господарства. До основних інститутів і організацій України, які здійснюють централізований збір і обробку основних видів опублікованих документів, належать: Книжкова палата України, Український інститут науково-технічної та економічної інформації (УкрІНТІ), Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського та інші бібліотечно-інформаційні установи загальнодержавного або регіонального рівня.

Основна маса видань названих вище інститутів і організацій, поділяється на три типи: бібліографічні, реферативні та оглядові.

Бібліографічні видання містять упорядковану сукупність бібліографічних записів, показують, що видано з питання, яке цікавить спеціалістів. Бібліографічні описи виконують дві функції: сповіщають про появу документа (сигнальна функція) і повідомляють необхідні відомості про його місцезнаходження (адресна функція). З бібліографічних записів складають покажчики і бібліографічні списки.

Бібліографічні покажчики найчастіше є сигнальними і складаються з переліку бібліографічних записів, часто без анотацій і рефератів. Ці видання з максимальною повнотою інформують про вихід у світ вітчизняної і зарубіжної літератури. Їх характеризує оперативність підготовки за порівняно короткий термін від часу виходу публікації до відображення її в покажчику.

Слід виявити основні періодичні видання з вибраної проблематики. Відбираючи основні матеріали, слід звернутися до покажчиків статей, опублікованих протягом календарного року і розміщених у кінці останнього номера журналу за кожний рік видання. Далі слід створити картотеку (або список) літературних джерел за темою.

Бібліографічні виписки джерел краще робити на каталожних картках, щоб скласти з них робочу картотеку, яка, на відміну від записів у зошиті, є зручною тим, що її завжди можна поповнювати новими матеріалами, контролювати повноту добору літератури з кожного розділу наукової роботи, знаходити необхідні записи. Картки можна групувати у будь-якому порядку залежно від мети або періоду роботи над дослідженням.

Добре складена картотека (список) навіть у разі побіжного перегляду назв джерел допомагає охопити тему в цілому. На її основі мо-

жна вже на самому початку дослідження уточнити структуру роботи.

Поряд із інформаційними виданнями органів НТІ для інформаційного пошуку слід використовувати автоматизовані інформаційно-пошукові системи, бази і банки даних. Через службу Internet можна отримати різноманітну інформацію. Не випадково кажуть, що Internet знає все.

В останні роки стрімко розвивається державна система збору, обробки, зберігання, ефективного пошуку та передачі інформації з використанням сучасної обчислювальної техніки.

Накопичення і зберігання великих інформаційних масивів, баз даних, дозволяє систематизувати документи за ознаками певної тематики, а також формувати банки даних, для оперативного багатоцільового використання відповідної інформації. Досить популярним в останні роки стало використання інформаційної WEB-сторінки Internet. Ця мережа дає можливість швидко змінити найбільш важливі основи створення, розповсюдження і застосування знань у світі. Мільйони людей користуються мережею WEB для оперативного пошуку, перевірки інформації та дискусії.

Internet та WEB стають інформаційним джерелом, і для більшості людей ця мережа є більш привабливою аніж бібліотека чи вчитель. Її привабливість у тому, що користувачі мають доступ до інформації без будь-якої сторонньої допомоги, без участі чи то керівництва, чи іншої особи (викладача, бібліотекаря) і що її можна використати в будь-який час доби, не потрібно нікуди їхати, тим більше, що інформація може отримуватись за потребою.

І все ж мережа WEB не є універсальною заміною бібліотеки, тому що їй притаманні певні недоліки:

1. стисле викладення інформації на сторінках WEB, яка існує в цифровій формі і є дуже обмеженою у порівнянні з друкованими матеріалами;

2. WEB не завжди відповідає стандартам достовірності. Більшість матеріалів опубліковано без рецензій, без перевірок, гарантій (наприклад, з медицини, це думки і бачення окремих авторів);

3. WEB не має каталогізації (описання змісту, форми) є лише мінімальна структура інформаційних матеріалів;

4. не забезпечується ефективний пошук інформації фундаментальних наукових знань і вона більше підходить для обміну свіжою ін-

формацією і спілкування.

Функціонування автоматизованих систем обробки інформації (АСОІ) ґрунтується на машинному перетворенні інформації з певної проблеми. АСОІ використовується у науково-дослідному процесі у зв'язку зі зростанням обсягів інформації до такої межі, коли досліджувати проблему без допомоги ЕОМ неможливо. Структура інформаційної системи включає в себе банк даних: файл, секцію файлу, набір файлів, згрупованих у банку даних. Банк даних є сукупністю наборів файлів, згрупованих у масивах даних.

Відомо, що у практиці міжнародних організацій у процесі обміну інформацією використовуються скорочені назви країн – блоки буквеної та цифрової ідентифікації країн.

Міжнародна організація із стандартизації (ІСО) розробила коди для кожної країни. Щодо України традиційно вживають такі блоки буквеної та цифрової ідентифікації:

– двобуквений алфавітний код України (UA) рекомендований ІСО для міжнародних обмінів, який дає змогу утворювати візуальну асоціацію із загальноприйнятою назвою України без будь-якого посилення на її географічне положення або статус;

– трибуквений порядковий код (804) присвоєний статистичним бюро Організації об'єднаних націй і використовується для статистичних розрахунків.

Ці блоки ідентифікації України зафіксовані для використання Міжнародною організацією з стандартизації у стандарті ІСО 3166-88 «Коди для представлення назв країн». ООН у своїй роботі також користується цими блоками ідентифікації України.

Дані пошуку можуть бути використані безпосередньо, однак, частіше вони служать сходинкою (ключем) до виявлення первинних джерел інформації, якими є наукові праці (монографії, збірники) та інші потрібні для наукової роботи видання.

Широке використання бібліографічних покажчиків, баз і банків даних, а також Internet допоможе забезпечити повноту відбору необхідних джерел за темою дослідження.

5.4. Аналіз наукової літератури за темою дослідження

Наукові дослідження базуються на досягненнях науки. Невипадково кожна стаття, брошура, книга включає в себе *посилання* на попередні дослідження. У науковому дослідженні аналіз наукової літератури виконує наступні функції:

- виявляє здобутки науки, її досягнення і недоліки, помилки і прогалини;
- сприяє визначенню основних тенденцій у поглядах фахівців на проблему з огляду на те, що вже зроблено в науці;
- дає змогу визначити актуальність, рівень розробленості проблеми, яку вивчає дослідник;
- дає матеріал для вибору аспектів і напрямів дослідження, його мети і завдань, а також теоретичних розробок;
- забезпечує достовірність висновків і результатів пошуків дослідника, зв'язок його концепції із загальним розвитком теорії.

За підсумками аналізу літератури обов'язково складається огляд літератури за темою, уточнюються тема, об'єкт і предмет дослідження. Короткий критичний аналіз літератури та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми (наукової задачі) наводяться у вступі до наукової роботи, щоб обґрунтувати актуальність та доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки чи виробництва, особливо на користь України.

Найскладнішою є процедура систематизації наукової літератури під час її огляду та аналізу. Щоб уникнути помилок, слід уважно прочитати літературу і систематизувати погляди вчених у наступному порядку:

- сутність даного явища чи процесу (позиція декількох авторів збігається в такому-то аспекті);
- що становить зміст даного процесу чи явища (його компоненти, ланцюги, стадії, етапи розвитку);
- погляди вчених з приводу шляхів вирішення даної проблеми на практиці (хто і який напрям розробив);
- які труднощі, виявлені в попередніх дослідженнях, трапляються під час практичного вирішення задачі;
- які чинники, умови ефективного розвитку процесу чи явища в даній галузі виділені вченими.

Під час попереднього вивчення літератури здобувач ознайомлюється зі станом науки в цілому і розробки конкретного питання зокрема, виписує ідеї, які можуть стати базовими, узагальнюючими щодо даної проблеми (що спільного, чим відрізняються підходи вчених), дає точне визначення понять.

Вважається, що вивчення літератури за обраною темою слід розпочинати із загальних робіт, щоб мати уявлення про основні питання, близькі до теми дослідження, а потому вести пошук нової літератури. Причому на першому етапі накопичення інформації слід охопити якомога більше джерел, а надалі поступово відсіювати зайві видання. Однак, продуктивнішою є методика, за якою від самого початку роботи над дослідженням свідомо обмежується коло джерел, а вивчення починається саме з тих, що мають безпосереднє відношення до теми роботи. Досвід показує, що вивчення надмірного кола джерел призводить до надлишку інформації, на довгий час гальмує вирішення конкретної наукової проблеми (задачі) дослідження.

Прискорити відбір і вивчення літературних джерел може чітка орієнтація здобувача на основні розділи і підрозділи наукової роботи, в котрих будуть вирішуватися конкретні задачі дослідження у межах головної мети. Можна розробити деталізований опитувальник у межах кожної задачі з тим, щоб послідовно отримати відповіді на питання, які потребують вирішення.

Загальноновизнаним є поетапне вивчення наукових публікацій у наступному порядку:

- загальне ознайомлення з працями в цілому за їх змістом (переліком розділів і підрозділів);
- побіжний перегляд усього змісту;
- читання за послідовністю розміщення матеріалу;
- вибіркоче читання певної частини твору;
- виписування тієї частини матеріалу, яка зацікавила;
- критичне оцінювання записаного, його редагування і чистовий запис як фрагмента тексту майбутньої статті, монографії, наукової роботи тощо.

Є ще один спосіб вивчення. Сторінку зошита ділять навпіл вертикальною рисою. З лівої сторони роблять виписки з прочитаного, а з правої – свої зауваження, виділяючи підкресленнями слова чи речення, що мають особливо важливе значення. Слід вказувати не лише бібліографічний опис джерел, а й шифри предметних рубрик, які відповідають певним розділам і підрозділам роботи.

Зазначений метод легко реалізувати на персональному

комп'ютері. Для цього є спеціальні програми. Текст сканується й перекладається у звичайний текстовий формат за допомогою спеціалізованих програм (наприклад Fine Reader). Після цього його можна легко обробляти, редагувати, сортувати.

Вивчення літератури здійснюється не для запозичення матеріалу, а для обдумування знайденої інформації і вироблення власної концепції. Працюючи над чужими текстами, слід фіксувати власні думки, ідеї, що виникли під час ознайомлення з працями вітчизняних і закордонних авторів. Це послужить основою для здобуття нового знання.

Під час вивчення літератури з обраної теми використовується не вся інформація, що в ній міститься, а лише та, що має безпосереднє відношення до теми наукової роботи. Отже, критерієм оцінювання прочитаного є можливість його використання в науковій роботі.

Вивчаючи літературні джерела, необхідно старанно стежити за оформленням нотаток, щоб у подальшому ними було легко скористатися. Слід давати повний бібліографічний опис джерел, зазначаючи як загальний обсяг публікації, так і конкретну сторінку, на якій міститься цінний матеріал.

Аналіз наукової літератури потребує певної культури дослідника. Насамперед усі прізвища авторів, які дотримуються єдиних поглядів з того чи іншого питання, наводять в алфавітному порядку. Адже важко визначити, котрий із учених зробив більший внесок у розробку того чи іншого питання. Алфавітний порядок підкреслює однакове ставлення дослідника до наукових концепцій учених, хоча здобувач може звернути увагу на те, що певне питання вперше порушив такий-то вчений, що найбільший внесок у певний аспект науки зробив саме цей дослідник і т.ін.

Огляд літератури за темою подають також у першому розділі основної частини роботи при виборі напрямів дослідження. Якщо за даною проблемою було проведено багато важливих досліджень за тривалий час, науковий аналіз джерел має бути особливо глибоким і повним. Крім того, огляд літератури здійснюють для того, щоб не повторювати відомих позицій.

Огляд літератури за темою на завершальному етапі дослідження покликаний не лише пов'язати виконане дослідження із загальним станом науки, а й порівняти отримані результати з даними інших дослідників, точку зору здобувача з поглядами інших учених, визначити загальні тенденції в науці, підтвердити актуальність теми і достовірність фактології і теорії здобувача. Після завершення дослідження аналіз літератури, як правило, поглиблюється, оскільки стає можли-

вим більш обґрунтовано пояснити помилковість поглядів тих чи інших учених. Огляд джерел дає змогу визначити новий науковий напрям, який потребує наукового дослідження.

Крім того слід зазначити, що досвід показує користь використання таких каналів інформації як усні бесіди, обговорення доповідей і наукових проблем на симпозіумах, конгресах, конференціях і т.д. Зазначені заходи збирають широку аудиторію кваліфікованих фахівців зі спільними інтересами. Такі канали інформації забезпечують швидкий зворотний зв'язок. Слід зазначити, що цей шлях отримання інформації більш прийнятний для керівників і вчених, ніж для рядових науковців. Так, наприклад, видатний фізик Енріко Фермі вважав найбільш важливими бесіди з інформованими колегами, а не читання наукової літератури. Однак, така форма отримання інформації потребує неабияких індивідуальних здібностей особистості до критичного аналізу й творчого осмислювання отриманих відомостей.

Збір, аналіз та узагальнення первинної і вторинної інформації за темою дослідження забезпечують наукову обґрунтованість теоретичних або експериментальних результатів, отриманих особисто здобувачем і висунутих ним для публічного захисту.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть мету та цілі науково-інформаційної діяльності.
2. Які існують види інформації?
3. Що таке наукова інформація і яким критеріям вона повинна відповідати?
4. Поясніть різницю між науково-інформаційною та науково-дослідницькою діяльністю.
5. Які розрізняють джерела інформації?
6. Що відносять до первинних документів?
7. Назвіть види опублікованих видань.
8. Поясніть термін «нормативно-технічна документація».
9. Для чого призначена довідкова література та які існують її види?
10. Які видання відносяться до періодичних?
11. Де можна отримати наукову інформацію?
12. Які функції у науковому дослідженні виконує аналіз наукової літератури?
13. Яка рекомендується послідовність систематизації наукової літератури при її аналізі?

Системний підхід та моделювання як засіб наукового дослідження складних систем

6.1. Системний підхід у наукових дослідженнях

Системний підхід (англ. *Systems thinking* – системне мислення) – один з головних напрямів методології наукових досліджень, який полягає у дослідженні об'єкта як цілісної множини елементів у сукупності відношень і зв'язків між ними, тобто у розгляді об'єкта як моделі системи.

За системного підходу будь-яка *система* (об'єкт) розглядається як сукупність взаємозв'язаних елементів (компонентів), що має вихід (мету), вхід (ресурси), зв'язок з довкіллям, зворотний зв'язок. До того ж кожний об'єкт у процесі його дослідження треба розглядати як велику та складну систему і, одночасно, як елемент більш узагальненої системи.

Методологічна специфіка системного підходу полягає у тому, що метою дослідження є вивчення закономірностей і механізмів утворення складного об'єкта з певних складових. До того ж особливу увагу слід звертати на різноманіття внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи, на процес (процедуру) об'єднання основних понять в єдину теоретичну картину, що має дати змогу виявити сутність цілісності системи.

Не існує системного підходу у вигляді чіткої методики з визначеною логічною концепцією. Це є система, утворена із сукупності логічних прийомів, методичних правил і принципів теоретичного дослідження, що таким чином виконує евристичну функцію в загальній системі наукового пізнання.

Системний підхід передбачає також необхідність розчленування досліджуваних багатокомпонентних об'єктів на основі принципу найбільшої важливості зв'язків для системи за умов різноманіття їх типів у кожній конкретній складовій системи.

Основними принципами системного підходу у науковому дослідженні є:

1. **Принцип генеральної мети.** Функціонування та розвиток системи і всіх її складових мають бути спрямовані на досягнення певної глобальної (генеральної) мети. Всі зміни, впливи, вдосконалення системи потрібно оцінювати з цієї точки зору.

2. **Принцип цілісності.** Потрібно одночасно розглядати систему і як єдине ціле, і як підсистему систем вищих рівнів.

3. **Принцип ієрархічної побудови.** Наявність множини (принаймні двох) елементів, які організовані на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня. Такий підхід дозволяє виявити та дослідити зв'язки між елементами та підсистемами, їх взаємний вплив, взаємозалежність та підпорядкування.

4. **Принцип структуризації.** Дозволяє аналізувати елементи системи і їх взаємозв'язки у рамках конкретної організаційної структури. Як правило, процес функціонування системи є обумовлений не стільки властивостями її окремих елементів, скільки властивостями самої структури в цілому.

5. **Принцип невизначеності.** У більшості випадків досліджують систему, про яку не все відомо, поведінка якої не завжди є зрозумілою, невідома її структура, перебіг процесів непередбачуваний, невідомі зовнішні впливи тощо. Окремим випадком невизначеності є стохастичність, коли певна подія (процес) може відбутись, а може й не відбутись.

6.2. Системний аналіз як спосіб дослідження складних систем

Основним прикладним інструментом системного підходу у дослідженні є **системний аналіз**. Термін «системний аналіз» переважно вживається для характеристики процедури проведення системного дослідження, що полягає у розчленуванні проблеми на її складові (підпроблеми), які доступніші для вирішення, у використанні адекватних спеціальних методів для розв'язання окремих підпроблем і, зрештою, в об'єднанні часткових рішень таким чином, щоб проблему цілком було вирішено.

Отже, *системний аналіз* – методологія виконання наукових досліджень, що являє собою послідовність дій з установаження структурних зв'язків між змінними (або елементами) досліджуваної системи.

У процесі системного аналізу створюють абстрактну концептуальну систему, яка описується за допомогою символів або інших засобів і є певною структурно-логічною конструкцією, мета якої – слугувати інструментом для розуміння, опису та більш повної оптимізації поведінки реальної системи, її зв'язків і взаємодії її елементів. Такою абстрактною системою може бути математична, комп'ютерна, словесна (вербальна) модель або система моделей.

Принципами системного аналізу є:

1. *Цілісність* – полягає у тому, що у дослідженні елементи системи розглядаються як одне ціле, або більш жорстко: заборонено розглядати систему як просте поєднання елементів.

2. *Синергетичність* – визначає, що властивості системи є не просто сумою властивостей її елементів, тобто система набуває особливих властивостей, яких можуть і не мати окремі її елементи.

3. *Максимум ефективності* – передбачає необхідність оцінки ефективності системи. Теоретично доведено, що завжди існує функція цінності системи у вигляді залежності її ефективності (часто це економічний показник) від умов її побудови і функціонування. До того ж ця функція є обмеженою, а це означає, що можна і потрібно шукати її максимум.

4. *Врахування довкілля* – неможливість розглядати систему окремо від навколишнього середовища, або як автономну чи відокремлену. Це означає обов'язковість врахування зовнішніх зв'язків або вимогу розглядати досліджувану систему як частину (підсистему) деякої більш загальної системи.

5. *Декомпозиція* – можливість (а іноді і необхідність) поділу системи на окремі частини, підсистеми. Якщо останні виявляться недостатньо простими для аналізу, то до них застосовують той самий принцип. Однак, у процесі такої декомпозиції не можна порушувати попередні принципи.

У процесі наукового дослідження та практичної діяльності виникає потреба розв'язання проблем трьох видів:

– добре структуровані або кількісно визначені проблеми, в яких суттєві залежності виявлені та виражені у числах і символах (методологія дослідження операцій, математичні методи і моделі тощо);

– неструктуровані або якісно визначені проблеми, що містять лише опис основних ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежно-

сті між якими зовсім не визначені (евристичні методи, інтуїтивні рішення);

– слабо структуровані або змішані проблеми, які містять якісні та кількісні елементи, причому домінують якісні, мало визначені та невизначені сторони проблеми, до яких належать більшість соціальних, економічних, політичних, управлінських, технічних проблем.

Типовими є: перспективні (стратегічні) проблеми, що мають вирішуватись у майбутньому; проблеми, які характеризуються широким набором альтернатив; проблеми, які потребують значних ресурсів для вирішення і містять елементи ризику; проблеми, що мають складну внутрішню структуру; проблеми, для яких частково визначені вимоги щодо вартості і часу.

Основними етапами проведення системного аналізу є:

1) визначення призначення досліджуваного об'єкта, явища, цілей процесу, операцій та й самого дослідження у цілому;

2) аналіз обмежень, пов'язаних з наявними у розпорядженні або доступними для використання ресурсами й умовами реалізації рішення, спрямованого на досягнення поставлених на першому етапі цілей дослідження;

3) аналіз простору альтернатив, тобто сукупності різних варіантів досягнення поставлених цілей;

4) вибір критеріїв ефективності (цільової функції);

5) синтез (розробка) моделі та оцінка її адекватності;

6) дослідження моделі;

7) отримання рекомендацій та висновків.

6.3. Класифікація систем

У літературі існує безліч визначень поняття «система» (давньогрецьк. – «сполучення», «ціле», «з'єднання») – від загальнофілософських до вузькотехнічних.

Наведемо декілька визначень *системи*:

1. Множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють собою єдине ціле, які через взаємодію з середовищем та між собою породжують нову якість.

2. Багаторівнева конструкція взаємодіючих елементів, що поєднані у підсистеми декількох рівнів, з точки зору досягнення єдиної мети її функціонування (деякої цільової функції).

3. Сукупність деяких цілком певних універсальних складових одиниць – елементів, які перебувають у певних взаємовідношеннях і зв'язках між собою, завдяки чому вони і складають певну неподільність, унітарність, цілісність.

4. Комплекс елементів та їх властивостей, взаємодія між якими зумовлює появу якісно нової цілісності.

До основних характерних особливостей системи можна віднести наступні:

1) система є передусім сукупністю елементів. За певних умов елементи системи у свою чергу також можуть розглядатись як системи;

2) наявність суттєвих зв'язків між елементами та (або) їх властивостями, що переважають над зв'язками з тими елементами, які не входять до складу даної системи, і це відрізняє систему як цілісний об'єкт від довкілля;

3) наявність визначеної організації (структури) елементів, що проявляється у зменшенні ступеня ентропії (невизначеності) системи порівняно з ентропією окремих елементів;

4) наявність інтегративних властивостей, тобто властивих системі загалом, але не властивих жодному елементу зокрема. Це свідчить про те, що хоча властивості системи і залежать від властивостей елементів, вони не визначаються ними повністю. Отже, система не зводиться до простої сукупності елементів і, шляхом розчленування її на окремі частини, неможливо пізнати всі властивості системи загалом.

Елементом системи називають найпростішу складову частину системи, яку умовно розглядають як неподільну. Поняття неподільності є умовним та визначається залежно від конкретних задач.

Підсистемою називають складову частину системи, яка сама є системою.

Метою системи називають її бажаний майбутній стан.

Структурою системи називають сукупність відношень (зв'язків) між її компонентами, необхідних і достатніх для досягнення мети.

Стан системи – це сукупність значень її параметрів (властивостей) у певний момент часу. Якщо система здатна переходити з одного стану в інший, то кажуть, що вона має певну *поведінку*.

Вхід системи – це канали, за допомогою яких довкілля впливає на систему.

Системи класифікують за різними ознаками:

1. За ступенем складності: *складні* та *прості*. *Складною* називається система, у моделі якої недостатньо інформації для ефективного управління цією системою. Таким чином, ознакою *простоти* системи є достатність інформації для управління нею. Система, для актуалізації моделі якої з метою керування бракує матеріальних ресурсів (машинного часу, ємності пам'яті, інших матеріальних засобів моделювання) називається *великою*.

2. За впливом фактору часу:

а) *стаціонарні* та *нестаціонарні* – якщо параметри систем змінюються у визначеному інтервалі часу, то їх називають *нестаціонарними*; протилежним є поняття *стаціонарних* систем, часто замість понять «стаціонарні» та «нестаціонарні» системи використовують поняття «статичні» та «динамічні»;

б) *динамічні* та *статичні* – системи, вихідні сигнали яких на поточний момент визначаються характером вхідних впливів у минулому (залежать від передісторії), називають *динамічними*, інакше – *статичними*.

3. За ступенем невизначеності: *детерміновані* та *стохастичні*. *Детермінованою* називають систему, якщо її роботу можна абсолютно точно передбачити. Систему, стани якої залежать не лише від контрольованих, але і від неконтрольованих впливів або якщо в ній самій знаходиться джерело випадковості, називають *стохастичною*.

4. За закономірностями зміни своїх параметрів: *дискретні* та *неперервні*. Якщо сигнал на вході і на виході системи вимірюється чи змінюється у часі дискретно, через крок t , тоді система називається *дискретною*. Протилежним є поняття *неперервної* системи.

5. За залежністю між параметрами та змінними: *лінійні* та *нелінійні*. Для *лінійної* системи реакція на суму двох чи більше різних збурень еквівалентна сумі реакцій на кожне окреме збурення, для *нелінійної* – це правило не виконується.

6. За ступенем впливу людини: *керовані* та *некеровані*. Якщо поведінка системи залежить від певного цілеспрямованого зовнішнього впливу людини, то така система є *керованою*.

7. За походженням: *штучні* та *природні*. Система, яка створена людиною, є *штучною*.

8. За ступенем участі людини: *ергатичні* та *неергатичні*. Система, в якій одним з елементів є людина-оператор, являється *ергатичною*.

9. За ступенем ізолюваності від довкілля: *відкриті* та *закриті*. Система є *відкритою*, якщо існує довкілля, яке впливає на систему, і *закритою*, якщо вплив довкілля відсутній або не враховується, у зв'язку з поставленими цілями досліджень.

Для прикладу, виконаємо аналіз системи «залізнична станція» (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Аналіз залізничної станції як системи

№ п/п	Класифікаційна ознака	Пояснення
1	Складна	Складається із багатьох елементів (колійний розвиток, рухомий склад, персонал, технічні засоби) та функціонує в умовах невизначеності (неточності) інформації для ефективного управління станцією
2 а)	Нестационарна	Стан системи «залізнична станція» змінюється з плином часу
2 б)	Динамічна	Показники роботи станції (наприклад, на звітний час) визначаються результатами її функціонування за звітний період, а також вхідними впливами за цей період (прибуття поїздів та вагонів, характер управління станцією тощо)
3	Стохастична	Майбутній стан станції (показники її роботи) неможливо точно спрогнозувати на основі наявної інформації, оскільки багато чинників (зокрема, людський фактор) є непрогнозованими та носять ймовірнісний характер
4	Неперервна	Зміна стану здійснюється безперервно у часі
5	Нелінійна	Наприклад, у разі надходження одночасно двох чи більше поїздів, реакція системи може бути різною, зокрема, через відсутність вільних колій у парку
6	Керована	Показники роботи станції, а також послідовність зміни її станів залежать від характеру управління, яке здійснює оперативно-диспетчерський персонал
7	Штучна	Станцію збудовано людьми
8	Ергатична	Невід'ємною частиною станції є підсистема управління за участю оперативно-диспетчерського персоналу
9	Відкрита	У дослідженні процесу функціонування станції знехтувати впливом зовнішнього середовища (прибуття поїздів та вагонів, функціонування сусідніх станцій та під'їзних колій, вхідні інформаційні потоки тощо) неможливо

6.4. Моделювання як інструмент системного аналізу

У разі виконання наукових досліджень, зокрема, під час пошуку оптимального рішення щодо організації функціонування певної системи, можна досліджувати як реальний об'єкт чи процес, так і їх моделі. В більшості випадків неможливо виконувати дослідження на реальних об'єктах, наприклад, у випадку проектування нових систем. Тому виникає проблема розробки адекватної (достовірної) моделі реального процесу (системи, операції).

Моделювання є одним із способів пізнання, який полягає у заміні деякого досліджуваного об'єкта іншим об'єктом, що має подібні властивості. Важливо, щоб у контексті дослідження подібність між об'єктом та його моделлю була суттєвою, а відмінності – несуттєвими.

Модель (від лат. *modulus* – «міра, аналог, зразок, взірець») – відтворення чи відображення об'єкту, задуму (конструкції), опису чи розрахунків, що втілює, імітує, відтворює принципи внутрішньої організації або функціонування, певні властивості, ознаки чи/та характеристики об'єкта дослідження.

У залежності від специфіки реального об'єкта та завдання дослідження використовують різні моделі (рис. 6.1).

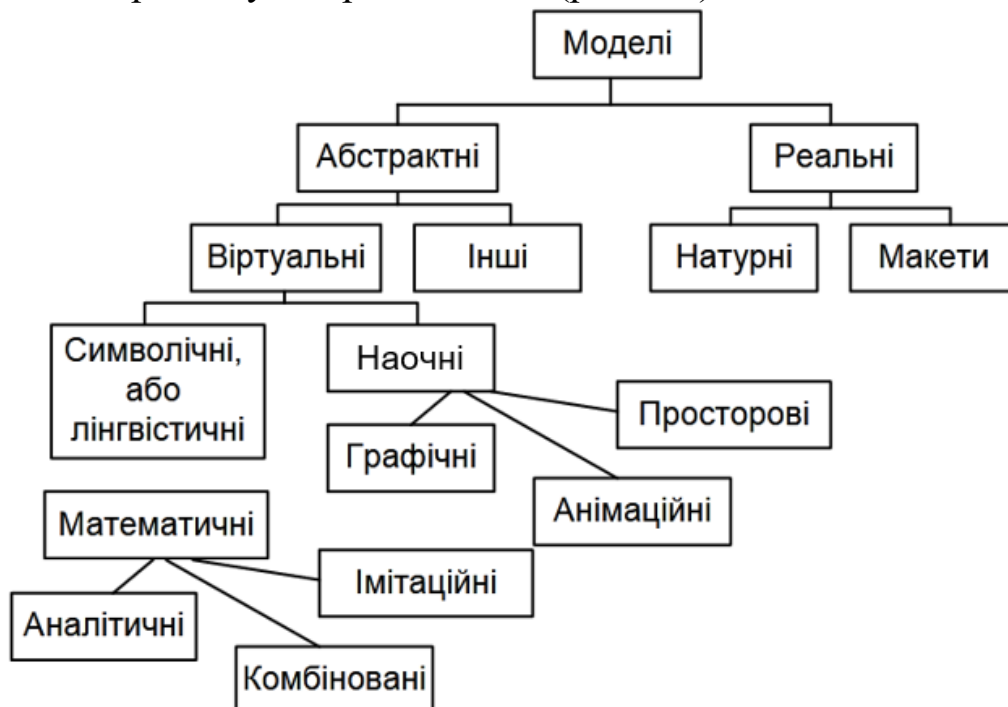


Рис. 6.1. Класифікація моделей для наукових досліджень

Реальні моделі – ті, в яких хоча б один компонент є фізичною копією реального об'єкта. Залежно від того, в якому співвідношенні перебувають властивості системи і моделі, реальні моделі можна поділити на *натурні* і *макетні*.

Натурні (фізичні) моделі – існуючі системи (або їх частини), на яких виконують дослідження. Натурні моделі адекватні та цілком відповідають реальній системі, що дає можливість отримувати високу точність і достовірність результатів моделювання. Істотні недоліки натурних моделей – це неможливість моделювання критичних й аварійних режимів їх роботи і висока вартість.

Мaketні моделі – реально існуючі моделі, що відтворюють модельовану систему у певному масштабі.

Враховуючи складність, вузьку функціональність та високу вартість реальних моделей, сьогодні під час виконання досліджень все частіше використовують абстрактні моделі, основним видом яких є математичні. У разі побудови **математичної моделі** реальний об'єкт, процес або явище певним чином спрощується та систематизується, виявляються найбільш важливі фактори та встановлюється характер їх впливу на процес; отриману систему описують за допомогою того чи іншого математичного апарату. Дослідження математичних моделей здійснюється за наступними етапами:

- постановка задачі – формулювання умов та вибір критерію оцінки;
- побудова математичної моделі об'єкту (формалізація задачі) та перевірка її адекватності;
- дослідження моделі (виконання експериментів та/або пошук оптимального рішення поставленої задачі);
- формулювання результатів дослідження моделі;
- оцінка отриманих результатів та коригування моделі.

Побудова моделі операції є, з одного боку, складним, а з іншого – відповідальним завданням. Узагальнених способів побудови моделей не існує. У кожному конкретному випадку модель будується виходячи з фізичного змісту задачі з урахуванням цільової спрямованості дослідження та здорового глузду. Вимоги до моделі досить суперечливі. З одного боку, модель повинна бути досить повною, тобто у ній потрібно врахувати всі важливі фактори, які суттєво впливають на результат операції. З іншого боку, модель повинна бути досить прос-

тою, щоб можна було встановити явні (бажано аналітичні) залежності між її параметрами.

Математичні моделі розділяють на аналітичні та імітаційні (статистичні).

Для *аналітичних моделей* характерним є встановлення формульних (аналітичних) залежностей між параметрами задач, що записані у вигляді алгебраїчних, диференціальних рівнянь або нерівностей. Недоліком таких моделей є певні спрощення та припущення під час їх побудови, а також їх досить значна складність за необхідності врахування великої кількості факторів у разі дослідження складних процесів та систем.

Імітаційні моделі, що базуються на методах математичної статистики, теорії ймовірностей та імітаційного моделювання, дозволяють врахувати значну кількість факторів, а також випадковість досліджуваного процесу. Такі моделі ніби відтворюють реальний процес функціонування операції. У більшості випадків імітаційне моделювання здійснюється на ЕОМ, оскільки під час дослідження не оминати багаторазового повторення процедури моделювання за різних значень випадкових факторів. Недоліком статистичних моделей є те, що отримані результати значно гірше піддаються аналізу та осмисленню, що ускладнює встановлення взаємозв'язків між факторами операції. Окрім того, побудова таких моделей часто пов'язана із складнощами розробки необхідного програмного забезпечення.

Найкращі результати вдається отримати за умови спільного використання аналітичних та статистичних моделей: за допомогою простої аналітичної моделі можна отримати попередні наближені результати та розібратись в основних закономірностях досліджуваного процесу, а з використанням імітаційної моделі можна більш точно дослідити перебіг процесу та визначити його поведінку у різних експлуатаційних умовах.

Математична модель має бути адекватною, тобто, з достатньою для умов дослідження точністю, відтворювати поведінку реального процесу чи об'єкта. З цією метою виконують перевірку адекватності моделі за допомогою одного з існуючих математичних методів. Часто під час перевірки адекватності моделей здійснюють статистичне порівняння результатів, отриманих за допомогою моделі та на реальному об'єкті, за одних і тих самих вихідних даних (експлуатаційних умов).

У залежності від типу та особливостей моделі обирають спосіб її дослідження та пошуку рішення наукової задачі. Сучасний інструментарій для дослідження математичних моделей надзвичайно різноманітний: математичний аналіз (статистичний, дисперсійний, регресійний, кореляційний), лінійне, нелінійне та динамічне програмування, теорія ігор, теорія графів, теорія масового обслуговування, кластерний аналіз, планування експерименту, нейромережеві технології, евристичні алгоритми, векторна оптимізація та багато інших.

Отримані результати аналізують з позиції як здорового глузду, так і можливості їх реалізації на практиці. У випадку отримання некоректного розв'язку, необхідно внести відповідні поправки у математичну модель та/або застосувати інший математичний метод розв'язання задачі.

Питання для самоконтролю

1. В чому сутність системного підходу?
2. Назвіть основні принципи системного підходу.
3. Що відбувається в процесі застосування системного аналізу до реального об'єкту?
4. Назвіть види проблем, які розв'язуються в процесі наукового дослідження та практичної діяльності.
5. Зазначте основні етапи проведення системного аналізу.
6. Що таке система і в чому полягає її мета?
7. В чому різниця між елементом системи та підсистемою?
8. Чим пояснюється поведінка системи?
9. За якими ознаками класифікуються системи?
10. В чому полягає суть моделювання?
11. Що таке модель і які види моделей існують?
12. Як дослідник обирає тип моделі, за допомогою якої описується об'єкт дослідження?
13. Поясніть термін «адекватність моделі».

Випадкові величини, їх характеристики та аналіз експериментальних даних

7.1. Проблеми дослідження стохастичних процесів та систем

Більшість реальних процесів та систем є стохастичними. Ймовірнісний характер функціонування обумовлюється в основному значною кількістю чинних факторів, як зовнішніх, так і внутрішніх, характер впливу яких кількісно оцінити часто не представляється можливим в силу різних причин (нерівномірність реальних процесів, відмови техніки, людський фактор тощо).

У зв'язку із тим доводиться аналізувати випадкові, ймовірнісні або стохастичні характеристики системи. Для таких стохастичних процесів теорія ймовірностей дозволяє представити результат не одної певної події, а середній (найбільш ймовірний) результат випадкових подій і тим точніше, чим більше кількість проаналізованих випадків. Це пов'язане з тим, що, незважаючи на випадковий характер подій, вони підкоряються певним закономірностям.

Сукупність множин однорідних даних у вигляді рядів випадкових величин, що характеризують систему, становить первинний статистичний матеріал. Таку сукупність отримують на основі натурних спостережень (наприклад, хронометражем) або зі статистичних звітних документів (баз даних). Отримані сукупності даних аналізують на основі методів теорії ймовірностей та математичної статистики.

Слід зауважити, що всі результати вимірювань значень випадкових величин містять помилки різної природи, які також є випадковими. Тому необхідно правильно обробити результати вимірювань для отримання максимально можливої достовірності інформації. Для обробки результатів, що містять випадкові помилки, використовують

методи теорії ймовірностей; ті самі методи необхідні і для статистичного аналізу результатів вимірювань.

Теорія ймовірностей розглядає як теоретичні розподіли випадкових величин, так і їх характеристики. *Математична статистика* займається обробкою та аналізом емпіричних подій та спостережень.

7.2. Основні характеристики випадкових подій та величин

Випадковою називається така подія, яка у результаті одиничного імітаційного досліду (одиничного жеребу) може статися або не статися. Основною характеристикою випадкової події є ймовірність її настання. Ймовірність (частота) настання події визначається за формулою

$$P(A_i) = \frac{m_i}{n_i}, \quad (7.1)$$

де m – кількість дослідів, у яких сталася (або мала статися) подія A_i ;
 n – загальна кількість дослідів.

Випадковою є така *величина*, яка у результаті одиничного дослідів набуває певного значення, причому до проведення дослідів це значення є невідомим. Випадкові величини (ВВ) поділяють на дискретні й неперервні.

Дискретними є величини, окремі можливі значення яких можна перерахувати (кількість вагонів у составі, кількість пасажирів у поїзді та ін.), тобто дискретна величина може приймати значення тільки з множини дискретних значень.

Неперервні випадкові величини – ті, можливі значення яких заповнюють деякий інтервал на числовій осі (інтервал між поїздами, тривалість технічного огляду состава, маса вагона тощо).

Основними числовими характеристиками ВВ є математичне сподівання, дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Математичним сподіванням $M[X]$ випадкової величини X називають суму добутків усіх її можливих значень x_i на відповідні ймовірності p_i . Статистичною оцінкою математичного сподівання є середнє значення випадкової величини. Математичне сподівання дискретної випадкової величини

$$M[X] = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i. \quad (7.2)$$

Математичне сподівання неперервної випадкової величини

$$M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx. \quad (7.3)$$

Дисперсія $D[X]$ випадкової величини та **середнє квадратичне відхилення** $\sigma[X]$ характеризують міру розсіювання окремих значень випадкової величини X навколо її математичного сподівання.

Дисперсія визначається за формулами:

– для дискретних випадкових величин

$$D[X] = \sum_{i=1}^n (x_i - M[X])^2 \cdot p_i = M[X^2] - (M[X])^2. \quad (7.4)$$

– для неперервних випадкових величин

$$D[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M[X])^2 \cdot f(x) dx. \quad (7.5)$$

Середнє квадратичне відхилення

$$\sigma[X] = \sqrt{D[X]}. \quad (7.6)$$

7.3. Закони розподілу випадкових величин

Основною характеристикою ВВ є закон її розподілу. **Законом розподілу випадкової величини** називають будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями величини та відповідними їм ймовірностями.

Зазвичай закон розподілу випадкової величини представляють за допомогою **інтегральної (кумулятивної) функції розподілу $F(x)$** , яка для кожного значення x визначає ймовірність події $X < x$: $F(x) = P(X < x)$, тобто ймовірність того, що випадкова величина X у деякому досліді буде меншою за x .

Інтегральна функція розподілу $F(x)$ випадкової величини має такі **властивості**:

- 1) приймає значення від 0 до 1;
- 2) є зростаючою, тобто $F(x_2) > F(x_1)$, якщо $x_2 > x_1$;
- 3) ймовірність того, що випадкова величина X прийме значення в інтервалі (a, b) дорівнює приращенню інтегральної функції розподілу на цьому інтервалі

$$P(a < X < b) = F(b) - F(a), \quad (7.7)$$

- 4) якщо всі значення випадкової величини належать деякому проміжку від a до b , то

$$F(x) = 0, \text{ якщо } x \leq a, \quad (7.8)$$

$$F(x) = 1, \text{ якщо } x \geq b. \quad (7.9)$$

Інтегральна функція розподілу $F(x)$ випадкової величини є її **вичерпною характеристикою**, але за нею досить складно робити висновки про власне характер розподілу; більш наочне уявлення про характер розподілу випадкової величини дає **диференціальна функція розподілу $f(x)$** , яку ще називають **щільністю розподілу** випадкової величини і яка є похідною від інтегральної функції розподілу, тобто

$$f(x) = F'(x). \quad (7.10)$$

Таким чином, інтегральна функція розподілу $F(x)$ виражається через щільність розподілу (ймовірності)

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(-\infty < X < x). \quad (7.11)$$

Ймовірність того, що неперервна випадкова величина X прийме значення, що належить інтервалу (a, b) дорівнює визначеному інтегралу від диференціальної функції, взятому в межах від a до b

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a). \quad (7.12)$$

Графік диференціальної функції розподілу $f(x)$ називають також **законом розподілу** або **кривою розподілу**.

Властивості диференціальної функції $f(x)$ наступні:

1) $f(x) \geq 0$;

2) $\int_a^b f(x)dx = 1$, якщо всі можливі значення X належать інтервалу (a, b) .

Закон розподілу ВВ можна задавати графічно (рис. 7.1), аналітично (на основі функцій $F(x)$ або $f(x)$), а також за допомогою статистичного ряду.

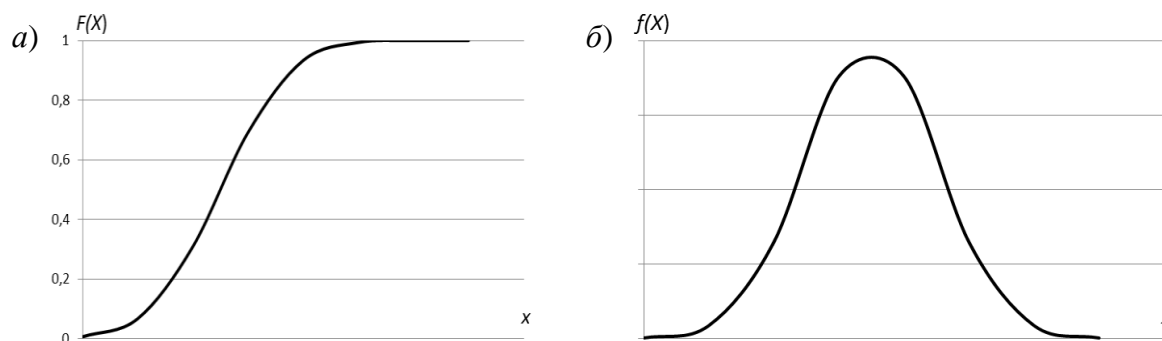


Рис. 7.1. Графічне зображення закону розподілу випадкової величини: а – інтегральною функцією розподілу; б – диференціальною функцією розподілу

Ряд розподілу представляє собою таблицю (табл. 7.1), в якій наведені можливі значення випадкової величини та відповідні їм ймовірності.

Приклад ряду розподілу випадкової величини

x_i	0...20	20...40	40...60	60...80	80...100
$P(x_i)$	0,1	0,2	0,3	0,25	0,15

Для наочності статистичний ряд випадкових величин дискретного типу подають у графічному вигляді *багатокутником розподілу* (рис. 7.2, а), випадкових величин неперервного типу – *гістограмою* (рис. 7.2, б).

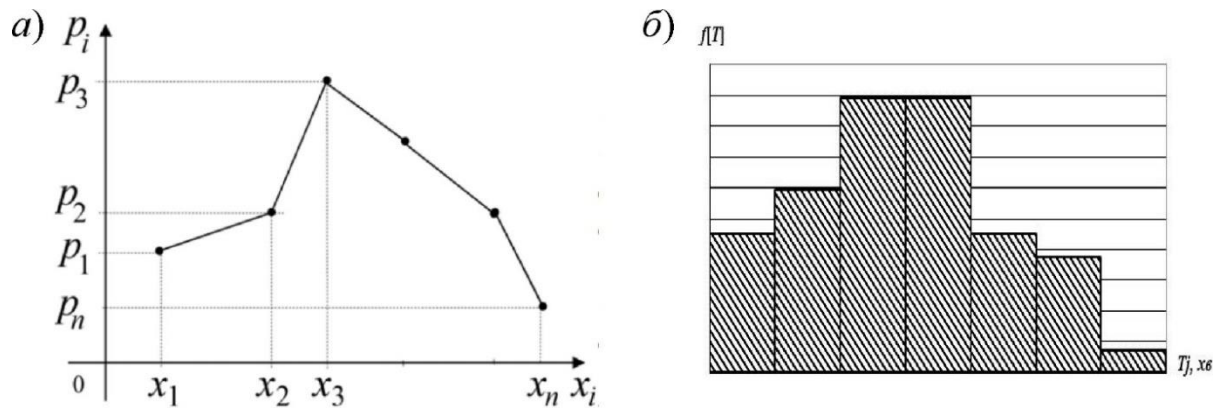


Рис. 7.2 Приклади графічного відображення ряду розподілу випадкової величини:
а) багатокутник розподілу; б) гістограма розподілу

На рис. 7.2 а по осі абсцис відкладають можливі значення випадкової величини, а по осі ординат – імовірності цих значень. Для наочності отримані точки з'єднують відрізками. Багатокутник розподілу, так само, як і ряд розподілу, повністю характеризує випадкову величину; він є однією з форм подання закону розподілу.

На рис. 7.2 б по осі абсцис відкладають інтервали можливих значень випадкової величини, а по осі ординат – статистичну щільність ймовірності.

Інтегральну функцію розподілу неперервної ВВ може бути задано аналітичним виразом. Нижче наведено інтегральні функції для найбільш поширених законів розподілу, що використовуються у дослідженні транспортних систем.

Розподіл Ерланга:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda k x} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda k x)^i}{i!}, \quad (7.13)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку заявок;
 k – параметр Ерланга ($k = 1, 2, \dots$).

При $k = 1$ (показниковий розподіл) функція (7.13) має вигляд

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, \quad (7.14)$$

а при $k = 2$ функція (7.13) набуває вигляду

$$F(x) = 1 - (1 + 2\lambda x)e^{-2\lambda x}. \quad (7.15)$$

Рівномірний розподіл:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq x_{\min}; \\ \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & \text{при } x_{\min} < x < x_{\max}; \\ 1, & \text{при } x \geq x_{\max}; \end{cases} \quad (7.16)$$

де x_{\min}, x_{\max} – відповідно нижня та верхня межі випадкової величини.

Враховуючи (7.10) аналітично можна задати і щільність розподілу. Наприклад, для розподілу Ерланга вираз для обчислення щільності розподілу буде таким

$$f(x) = \frac{(k\lambda)^k}{(k-1)!} x^{k-1} e^{-k\lambda x}. \quad (7.17)$$

При $k = 1$ функція $f(x)$ приймає вигляд

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}. \quad (7.18)$$

При $k = 2$ функція $f(x)$ приймає вигляд

$$f(x) = (2\lambda)^2 x e^{-2\lambda x}. \quad (7.19)$$

Щільність розподілу для нормального закону (Гауса), що є найбільш поширеним у статистичних дослідженнях:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m_x}{\sigma_x} \right)^2}. \quad (7.20)$$

7.4. Основні поняття статистичного аналізу випадкових величин

Основними поняттями математичної статистики є поняття генеральної сукупності і вибірки.

Генеральна сукупність – це сукупність усіх можливих результатів спостережень за випадковою величиною, які в принципі можуть бути проведені за даних умов. Передбачається, що обсяг сукупності N є нескінченно великим, а властивості закону розподілу ВВ та пов'язаних з ним числових параметрів є стійкими.

Оскільки у більшості випадків зафіксувати усі можливі результати спостережень неможливо, то на практиці використовують сукупність, в якій міститься лише певна частина генеральної сукупності, – вибірку.

Вибірка – це кінцевий (обмежений) набір значень випадкової величини, отриманий у результаті спостережень. Кількість елементів вибірки називається її обсягом. Якщо, наприклад, x_1, x_2, \dots, x_n – отримані значення випадкової величини X , тоді обсяг даної вибірки дорівнює n .

Вибірка називається **представницькою**, якщо вона достатньо повно характеризує генеральну сукупність. Для забезпечення показовості вибірки найчастіше використовується випадковий вибір елементів. Припускають, що за такого вибору кожна можлива вибірка фіксованого обсягу має одну і ту саму ймовірність вибору, а послідовні спостереження взаємонезалежні.

Сенс статистичних методів полягає у тому, щоб за обмеженого обсягу вибірки n , тобто за деякою частиною генеральної сукупності N , визначити її (генеральної сукупності) властивості у цілому. З цією метою за даними вибірки визначають певні параметри величини, що досліджується, які називають **оцінками**.

У разі багаторазового отримання вибірок однакового обсягу і подальшого визначення оцінок одного і того ж параметра отримують множину оцінок, тобто різні числові значення тих оцінок, що змінюються від однієї вибірки до іншої випадковим чином. Це означає, що будь-яка оцінка довільного параметра Θ є випадковою величиною. У цьому її відмінність від самого параметра Θ , який не є випадковим. Тому, для параметрів генеральної сукупності і для їх оцінок вводяться різні позначення, наприклад:

– оцінка математичного сподівання (генерального середнього значення): m_x , \bar{x} , m_x^* , або $M^*[x]$;

– оцінка дисперсії d_x , σ_x^2 , s_x^2 або просто s^2 .

Для оцінки одного і того ж параметра можна використовувати різні оцінки. Щоб вибрати найкращу з них, треба сформулювати вимоги до властивостей оцінок.

Оцінка називається *ефективною*, якщо серед всіх оцінок параметра Θ вона має найменшу дисперсією. Отже, ефективна оцінка має мінімальну випадкову помилку і в цьому сенсі є найбільш точною.

Оцінка називається *незміщеною*, якщо математичне сподівання оцінки параметра дорівнює його істинному значенню для будь-якого N . Незміщеність оцінки означає відсутність систематичної похибки під час оцінювання параметра.

Оцінка параметра називається *спроможною*, якщо за умов необмеженого збільшення обсягу вибірки N ($N \rightarrow \infty$) її значення наближається до свого теоретичного значення. Наприклад, якщо дисперсія незміщеної оцінки при $N \rightarrow \infty$ прагне до нуля, то така оцінка в тому числі є спроможною.

Таким чином, цінність спроможної оцінки для практики полягає в тому, що, збільшуючи кількість дослідів, можна більш точно оцінити параметр.

Властивості оцінок різних параметрів багато в чому визначаються видом закону розподілу досліджуваної генеральної сукупності. За відсутності даних про закон розподілу зазвичай припускають, що ВВ має нормальний закон.

7.5. Статистичний аналіз випадкових величин

Нехай є вибірка експериментальних даних x_1, x_2, \dots, x_n . Обробку цих даних для отримання статистичних характеристик випадкової величини X здійснюють у наступному порядку.

1. Якщо обсяг вибірки достатньо великий ($n > 100$), то спочатку необхідно побудувати *статистичний ряд*. З цією метою весь діапазон значень X розбивають на розряди (інтервали). Величину інтервалу у розряді визначають за формулою

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,2 \lg n}. \quad (7.21)$$

Знаменник (7.21) являє собою кількість розрядів статистичного ряду.

Для зручності обчислень величину Δx округлюють. Далі, приймаючи x_{\min} за ліву межу першого розряду ($x_1 = x_{\min}$), знаходять межі інших розрядів за формулою

$$x_{j+1} = x_j + \Delta x. \quad (7.22)$$

Кількість розрядів вибирають так, щоб максимальне значення вибірки x_{\max} потрапило в останній розряд **статистичного ряду** (табл. 7.2, графа 2).

Таблиця 7.2

Статистичний ряд розподілу випадкової величини

№ розряду	Межі розряду, $x_{лj} - x_{пj}$	Середина розряду \bar{x}_j , хв	Кількість спостережень		p^*	$\bar{x}_j p_j$	$\bar{x}_j^2 p_j$	h_j	$f(x)$
			фіксація	m_j					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$x_1 - x_2$	\bar{x}_1		m_1	p_1^*				
2	$x_2 - x_3$	\bar{x}_2		m_2	p_2^*				
...
j	$x_j - x_{j+1}$	\bar{x}_j		m_j	p_j^*				
...
k	$x_k - x_{k+1}$	\bar{x}_k		m_k	p_k^*				
Сума				50					

Для кожного розряду визначають середнє значення випадкової величини (граф 3)

$$\bar{x}_j = \frac{x_j + x_{j+1}}{2}. \quad (7.23)$$

Далі підраховують кількість значень вибірки m_j , що потрапили у кожний розряд (табл. 7.2, графа 5). Елемент x потрапляє в j -й розряд, якщо виконується умова $x_j \leq x < x_{j+1}$. За такої умови значення, що збігається з межею розряду, відносять до старшого розряду. Після цього знаходять частоту потрапляння випадкової величини у певний розряд (табл. 7.2, графа 6)

$$p_j^* = \frac{m_j}{n}, \quad \sum_{j=1}^k p_j^* = 1. \quad (7.24)$$

Тут необхідно перевірити умову

$$\sum_{j=1}^k p_j^* = 1, \quad (7.25)$$

де k – кількість розрядів статистичного ряду.

2. Статистичний ряд для наочності представляють у вигляді гістограми (рис. 7.3). На гістограмі площа кожного прямокутника дорівнює частоті потрапляння випадкової величини у відповідний розряд p_j^* ; звідси ординати (статистичну щільність розподілу) гістограми визначають як

$$h_j = \frac{p_j^*}{\Delta x}. \quad (7.26)$$

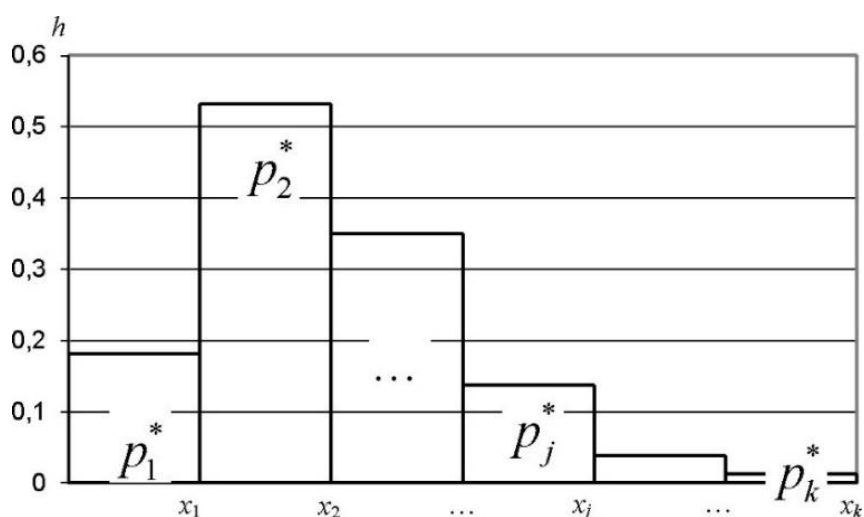


Рис. 7.3. Гістограма розподілу випадкової величини

При такому підході гістограма розподілу будь-якої випадкової величини неперервного типу має характерну властивість: площа гістограми дорівнює одиниці, оскільки

$$S = \sum_{j=1}^k s_j = \sum_{j=1}^k h_j \Delta x = \sum_{j=1}^k p_j^* = 1,0. \quad (7.27)$$

Зовнішній вигляд гістограми використовують для визначення закону розподілу випадкової величини.

3. За даними статистичного ряду знаходять **оцінки** невідомих характеристик випадкової величини X (математичне сподівання, дисперсію)

$$m_x^* = M^*[X] = \sum_{j=1}^k \bar{x}_j p_j^*, \quad (7.28)$$

$$s_x^2 = D^*[X] = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - m_x^*)^2 p_j^* \quad \text{або} \quad , \quad (7.29)$$

$$D^*[X] = M^*[X^2] - M^*[X]^2$$

$$s_x = \sqrt{D^*[X]}. \quad (7.30)$$

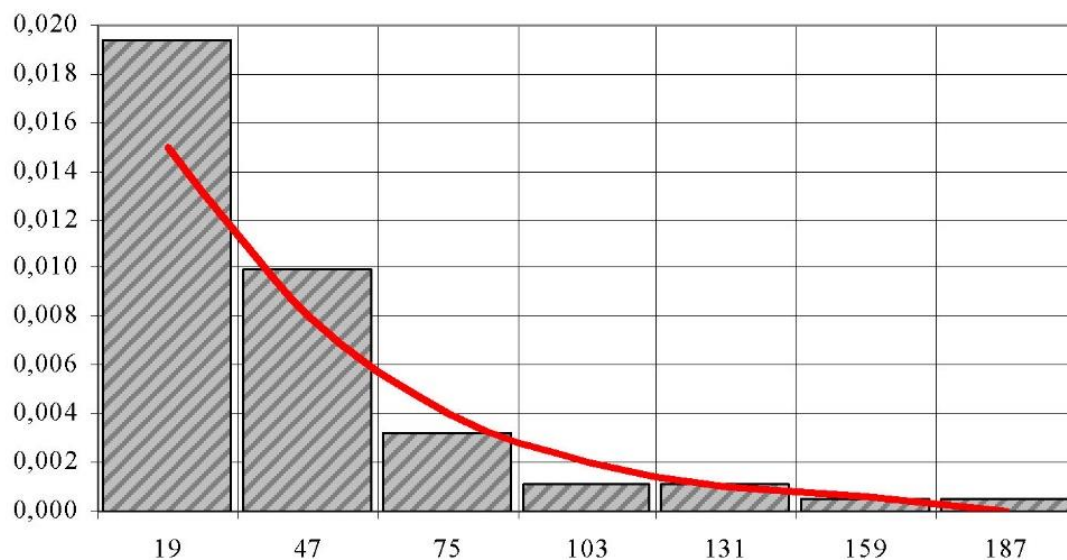
Для визначення оцінок математичного сподівання ВВ $M^*[X]$ та її квадрату $M^*[X^2]$ статистичний ряд доповнюється відповідними елементами: $\bar{x}_j p_j$ – графа 7, $\bar{x}_j^2 p_j$ – графа 8 (див. табл. 7.2).

7.6. Визначення закону розподілу випадкової величини

Зовнішній вигляд гістограми візуально порівнюють з графіками відомих законів розподілу випадкової величини (рис. 7.4-7.5) і висувують гіпотезу про подібність статистичного розподілу до певного закону.

Порівняння статистичного і теоретичного розподілів може бути здійснено візуально шляхом співставлення гистограми і графіка функції $f(x)$.

а)



б)

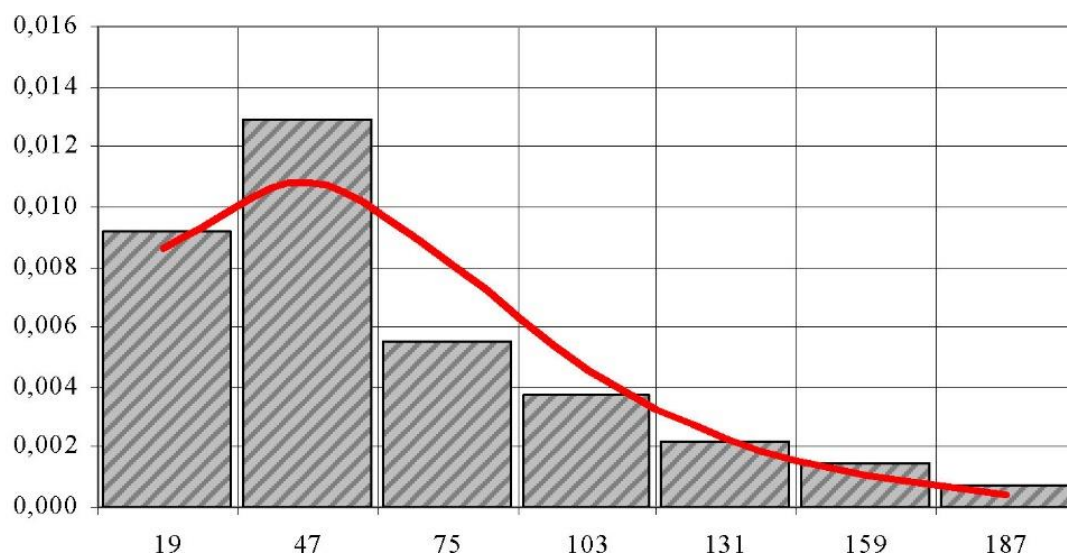


Рис. 7.4. Гістограма та функція розподілу неперервної випадкової величини інтервалів між поїздами:

а – розподіл Ерланга при $k = 1$; б – розподіл Ерланга при $k = 2$

Щільність ймовірності $f(x)$ і ордината гистограми h мають однаковий фізичний зміст і одиниці виміру, тому можуть бути подані на одному графіку. Для побудови графіку функції $f(x)$ необхідно розрахувати її значення в окремих (будь-яких) точках x . Чим більше цих точок, тим точніше зображення функції.

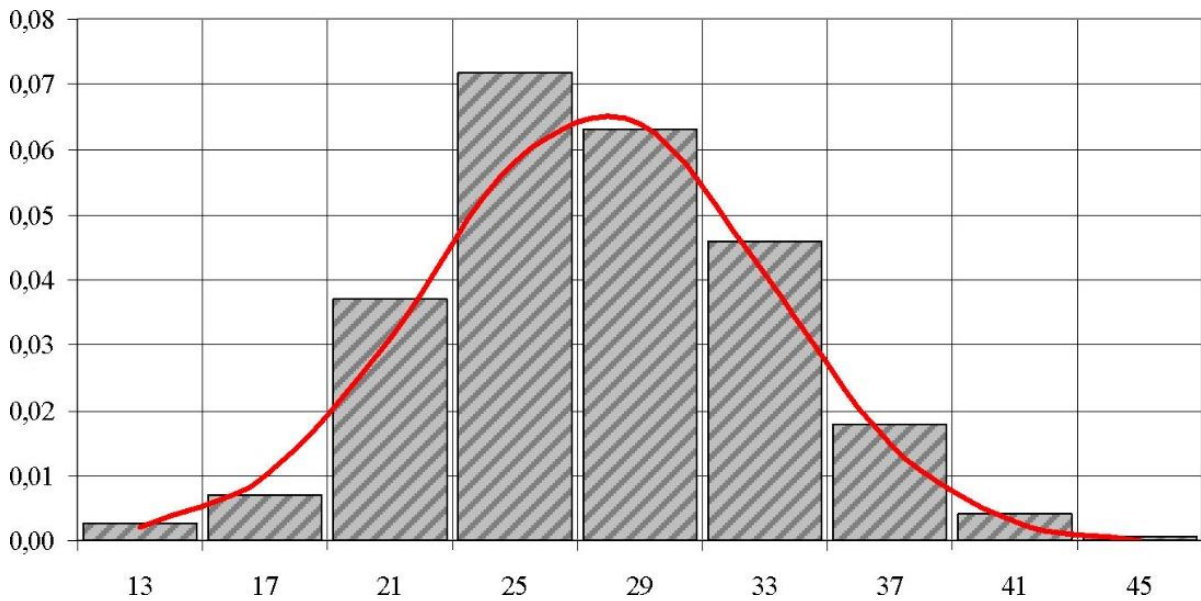


Рис. 7.5. Гістограма та функція розподілу неперервної випадкової величини кількості поїздів на дільниці (Нормальний закон)

На практиці достатньо визначити $f(x)$ на межах розрядів статистичного ряду (або в точках, що відповідають серединам інтервалів) і в точці, що відповідає m_x .

Для оцінки міри відмінності між статистичним розподілом і теоретичним законом існують різноманітні критерії, одним з яких є критерій Пірсона χ^2 . За цим критерієм оцінюють різницю ймовірностей статистичного b_j і теоретичного p_j розподілів

$$\chi^2 = n \sum_{j=1}^k \frac{(b_j - p_j)^2}{p_j}. \quad (7.31)$$

Теоретична ймовірність того, що випадкова величина X неперервного типу приймає значення від x_1 до x_2 ($x_1 < x_2$), визначається з виразу

$$P(x_1 < X < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx. \quad (7.32)$$

Вище відзначено, що інтеграл $\int f(x) dx$ для нормального закону через елементарні функції не виражається, але існують спеціальні таблиці ймовірностей *нормованого нормального розподілу* з параметрами $M[r] = 0$, $\sigma[r] = 1$. Величину r називають *нормованим відхилен-*

ням, яке являє собою кількість середніх квадратичних відхилень від математичного сподівання (вибіркового середнього) і визначають за виразом

$$r = \frac{x - M[x]}{\sigma[x]} = \frac{x - m_x}{\sigma_x}. \quad (7.33)$$

Існують різні форми таблиць значень функції нормального закону, але найбільш поширеною є таблиця, яка містить значення інтегралу

$$P(0 < r < a) = \Phi_0(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^a e^{-\frac{r^2}{2}} dr, \quad (7.34)$$

для $r = [0; +\infty]$, $\Phi(r) = [0; 0,5]$.

Ілюстрацію змісту функції $\Phi_0(r)$ наведено на рис. 7.6.

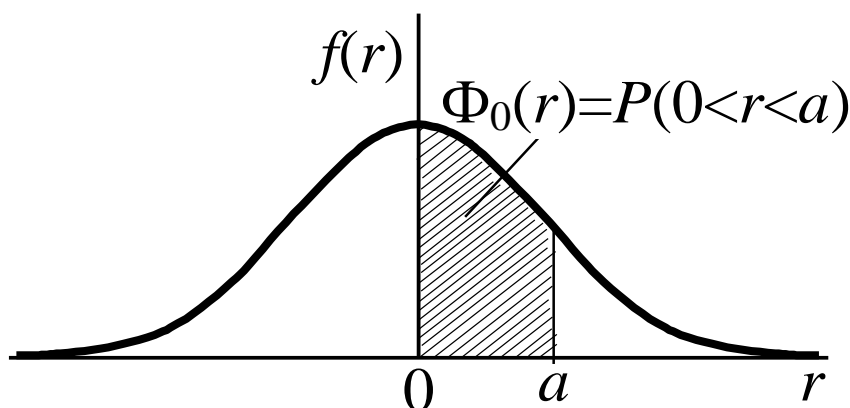


Рис. 7.6. Ілюстрація змісту функції $\Phi_0(r)$

Фрагмент таблиці ймовірностей нормованого нормального закону для окремих значень нормованого відхилення наведено в табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Фрагмент таблиці ймовірностей нормованого нормального закону

r	0	1	1,25	1,5	1,64	1,96	2,0	2,5	2,576	3
$\Phi_0(r)$	0	0,34134	0,3944	0,4332	0,450	0,4750	0,4772	0,4938	0,495	0,4987

Теоретична ймовірність випадку ($r < a$) визначається наступним чином:

1. Розраховують нормоване відхилення, якому відповідає значення a

$$r_a = \frac{a - m_x}{\sigma_x}. \quad (7.35)$$

2. За таблицею $\Phi_0(r)$ визначають величину $\Phi_0(r_a)$ з урахуванням властивості функції $\Phi_0(-r) = -\Phi_0(r)$.

3. Визначають ймовірність випадку, який розглядається

$$P(x < a) = F(a) = 0,5 + \Phi_0(r_a). \quad (7.36)$$

Ця ймовірність являє собою значення інтегральної функції розподілу випадкової величини $F(x)$, з використанням якої визначають ймовірність того, що випадкова величина прийме значення від x_1 до x_2

$$\begin{aligned} P(x_1 < x < x_2) &= F(x_2) - F(x_1) = 0,5 + \Phi_0(r_{x_2}) - 0,5 - \Phi_0(r_{x_1}) = \\ &= \Phi_0(r_{x_2}) - \Phi_0(r_{x_1}). \end{aligned} \quad (7.37)$$

З використанням виразу (7.36) визначають $F(x)$ на межах розрядів, а за формулою (7.37) – теоретичні ймовірності потрапляння випадкової величини у відповідний розряд.

Для оцінки отриманого результату потрібно визначити критичне значення $\chi^2_{кр}$ – найбільшу допустиму величину відхилення статистичного і теоретичного розподілів, за якої ці відхилення ще можна вважати не суттєвими, а висунуту гіпотезу достовірною.

Величина $\chi^2_{кр}$ визначається за спеціальною таблицею (див. Додаток А) у залежності від величини довірчої ймовірності P та кількості ступенів свободи ν , тобто $\chi^2_{кр} = f(P, \nu)$.

Величина ν визначається за формулою

$$\nu = C - r - 1, \quad (7.38)$$

де r – кількість статистичних характеристик, що використовуються у розрахунках теоретичних ймовірностей.

У розрахунках ймовірностей нормального закону застосовують вибіркові характеристики m_x та σ_x , отже $r = 2$. Після цього порівнюють значення χ^2 і $\chi^2_{кр}$. У випадку $\chi^2 \leq \chi^2_{кр}$, гіпотезу про закон розподілу випадкової величини можна вважати правомірною.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть терміни «випадкова подія» та «випадкова величина».
2. В чому різниця між дискретними та неперервними випадковими величинами?
3. Як визначається математичне сподівання випадкової величини?
4. Що характеризують дисперсія та середньоквадратичне відхилення випадкової величини?
5. Що називають законом розподілу випадкової величини?
6. Що відображає інтегральна функція розподілу $F(x)$ та які її властивості?
7. Як називається графічне відображення статистичного ряду випадкових величин різного типу?
8. Який фізичний зміст гістограми розподілу випадкової величини?
9. В чому полягає відмінність між генеральною сукупністю випадкової величини та її вибіркою?
10. Які вимоги висуваються до оцінок параметрів випадкової величини?
11. Для чого використовується критерій Пірсона χ^2 ?

Точкове та інтервальне оцінювання параметрів випадкових величин

8.1. Точкове оцінювання параметрів випадкових величин

Параметри ВВ (математичне сподівання m_x , дисперсія d_x), отримані за обмеженої кількості спостережень, є точковими (кожен з перелічених параметрів оцінюється одним числом) і також являються випадковими величинами. Якщо виконати іншу серію з n дослідів, будуть отримані інші вибіркові значення m_x, d_x . Отже, точкові характеристики є приблизними значеннями (оцінками) дійсних характеристик – математичного сподівання $M[x]$ і дисперсії $D[x]$ – сукупності усіх можливих значень випадкової величини (генеральної сукупності). У зв'язку з цим постає задача пошуку на основі точкових характеристик діапазону (інтервалу) значень, у межах якого знаходяться істинні параметри $M[x]$ і $D[x]$. Іншими словами, потрібно виконати *інтервальну оцінку* числових характеристик випадкової величини.

Для визначення невідомих характеристик випадкової величини X проводять ряд експериментів, у результаті яких отримують її окремі значення x_1, x_2, \dots, x_n . Кількість дослідів n завжди обмежена, оскільки їх проведення потребує часу і коштів. Тому за дослідними даними знаходять статистичні точкові оцінки істинних значень математичного сподівання та дисперсії

$$m_x^* = M^*[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (8.1)$$

$$D^*[X] = s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*)^2$$

або

(8.2)

$$D^*[X] = s_x^2 = \frac{n}{n-1} (M^*[X^2] - M^*[X]^2).$$

Отримані оцінки m_x^* та s_x^2 є *спроможними*, тому що за умов необмеженого збільшення обсягу вибірки n вони наближаються до своїх істинних значень.

Ці оцінки також є *незміщеними*, оскільки математичне сподівання оцінки параметра дорівнює його істинному значенню для будь-якого n (для цього у вираз оцінки дисперсії доданий множник $\frac{n}{n-1}$).

Для вибірки із сукупності з нормальним законом розподілу оцінка $M^*[X]$ також є ще й *ефективною*, тому що серед всіх оцінок $M^*[X]$ вона має найменшу дисперсію.

Точкові оцінки параметрів m_x^* та s_x^2 не дають інформації про ступінь близькості оцінки параметра до його теоретичного значення. Тому замість визначення одиничного точкового значення невідомого параметра доцільно знайти інтервал, в якому із заданим ступенем імовірності опиниться параметр, що оцінюється.

8.2. Інтервальні оцінки математичного сподівання

Інтервальною оцінкою випадкової величини \bar{x} називається інтервал, в який із заданою ймовірністю β потрапляє істинне значення математичного сподівання. Розглянемо методику отримання інтервальної оцінки математичного сподівання.

Припустимо, що було проведено серію з n дослідів, отримано випадкові значення x_1, x_2, \dots, x_n та знайдено середнє значення \bar{x} . Отримана точкова оцінка середнього значення \bar{x} є випадковою величиною з тим самим законом розподілу, оскільки \bar{x} являє собою суму n випадкових величин з однаковим законом розподілу. Зазвичай, за відсутності іншої інформації, припускають, що випадкова величина X під-

порядковується нормальному закону розподілу, якщо велика кількість випадкових факторів, а їх дія різна та/або невідома.

Параметри розподілу випадкової величини середнього значення \bar{x} – математичне сподівання m_x дорівнює математичному сподіванню випадкової величини X , а дисперсія D_m в n разів менше D_x ($D_m = \frac{D_x}{n}$).

Графік функції щільності розподілу $f(\bar{x})$ наведено на рис. 8.1.

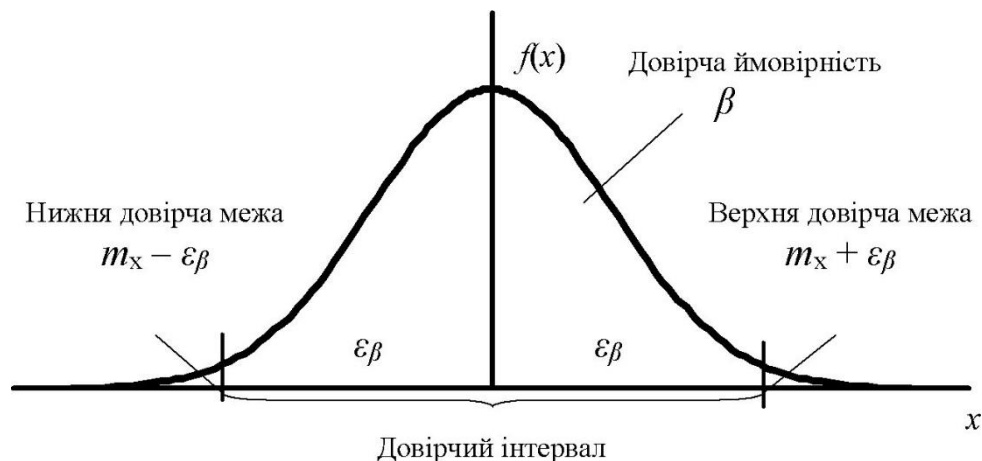


Рис. 8.1. Функція щільності розподілу $f(\bar{x})$

Інтервал $[x_1, x_2]$ називається **довірчим**. Межі інтервалу $x_1 = m_x - \epsilon_\beta$, $x_2 = m_x + \epsilon_\beta$ називаються відповідно нижньою та верхньою **довірчими межами**. Імовірність β називають **довірчою ймовірністю**, а величину $q = 1 - \beta$ – **рівнем значущості**, які використовують для побудови довірчого інтервалу. Інтервальна оцінка математичного сподівання m_x може бути охарактеризована сукупністю двох чисел – шириною довірчого інтервалу $L = 2\epsilon_\beta$, яка є мірою точності оцінювання математичного сподівання m_x , та довірчою імовірністю p , що характеризує ступінь достовірності (надійності) результатів. На практиці найчастіше використовується значення $p = 0,95$.

Випадкове значення з імовірністю β потрапляє в інтервал $m_x \pm \epsilon_\beta$

$$P(m_x - \epsilon_\beta < \bar{x} < m_x + \epsilon_\beta) = \beta. \quad (8.3)$$

Це означає, що якщо ми від випадкового значення \bar{x} відкладемо вліво та вправо по ϵ_β , то невідоме істинне m_x потрапляє в цей інтервал із імовірністю β (точніше β – імовірність того, що довірчий інтервал $L = 2\epsilon_\beta$ накриє точку m_x).

Для визначення довірчого інтервалу можна скористатися функцією нормального розподілу випадкової величини \bar{x} . Функція розподілу випадкової величини X , розподіленої за нормальним законом, має вигляд

$$F(x) = P(X < x) \quad F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx. \quad (8.4)$$

Інтеграл $\int f(x) dx$ для нормального закону розподілу не можна виразити через елементарні функції. Існують спеціальні таблиці для *нормованого нормального розподілу* з параметрами $m=0$, $\sigma=1$ (див. Додаток Б). Для використання таблиць необхідно виразити функцію розподілу випадкової величини X із параметрами m та σ через *нормовану нормальну функцію розподілу* $\Phi(x)$

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right). \quad (8.5)$$

Ймовірність потрапляння випадкової величини \bar{x} , що має нормальний розподіл із параметрами m_x та σ_m , в інтервал (x_1, x_2) дорівнює різниці значень функції розподілу $F(x)$, обчисленої на межах цього інтервалу

$$P(x_1 < x < x_2) = F(x_2) - F(x_1) = \beta. \quad (8.6)$$

Тоді, оскільки $x_1 = m_x - \varepsilon_\beta$, а $x_2 = m_x + \varepsilon_\beta$, використовуючи нормовану нормальну функцію розподілу $\Phi(x)$, отримаємо

$$\Phi\left(\frac{(m_x + \varepsilon_\beta) - m_x}{\sigma_m}\right) - \Phi\left(\frac{(m_x - \varepsilon_\beta) - m_x}{\sigma_m}\right) = \beta, \quad (8.7)$$

$$\text{або після перетворення} \quad \Phi\left(\frac{\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) - \Phi\left(\frac{-\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) = \beta.$$

В силу симетричності нормованого нормального розподілу з параметрами $m = 0$, $\sigma = 1$ відносно початку координат

$$\Phi(-x) = 1 - \Phi(x).$$

$$\text{Тоді } \Phi\left(\frac{\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) - \Phi\left(\frac{-\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) = \beta \text{ або } 2\Phi\left(\frac{\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) - 1 = \beta.$$

Звідси можна знайти ε_β , а саме: $\Phi\left(\frac{\varepsilon_\beta}{\sigma_m}\right) = \frac{1+\beta}{2}$ звідки

$$\frac{\varepsilon_\beta}{\sigma_m} = \arg \Phi\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \text{ та } \varepsilon_\beta = \arg \Phi\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \cdot \sigma_m, \text{ де } \sigma_m = \sqrt{\frac{D_x}{n}}.$$

Тут $\arg \Phi\left(\frac{1+\beta}{2}\right)$ – аргумент u функції $\Phi(u)$, значення якого дорівнює $\frac{1+\beta}{2}$.

Отже, за умов заданої довірчої ймовірності β , користуючись таблицями функції $\Phi(u)$ потрібно знайти такий аргумент u_β , за якого значення функції дорівнює $\Phi(u_\beta) = \frac{1+\beta}{2}$. Тоді $\varepsilon_\beta = u_\beta \cdot \sigma_m$.

Число u_β показує, скільки середніх квадратичних відхилень σ_m потрібно відкласти вправо та вліво від центру розподілу, щоб імовірність потрапляння випадкової величини у довірчий інтервал дорівнювала заданому значенню β .

Щоб уникнути зворотної інтерполяції під час визначення u_β , використовується спеціальна таблиця, фрагмент якої наведено у табл. 8.1, в якій наведено значення $u_\beta = \arg \Phi\left(\frac{1+\beta}{2}\right)$.

Таблиця 8.1

Значення u_β при заданій довірчій імовірності β

β	u_β	β	u_β	β	u_β
0,80	1,282	0,95	1,960	0,99	2,576
0,85	1,439	0,97	2,169	0,9973	3,000
0,90	1,643	0,98	2,325	0,999	3,290

Користуючись величиною u_β , довірчий інтервал можна представити у вигляді $I_\beta = (m_x - u_\beta \sigma_m, m_x + u_\beta \sigma_m)$. В даному інтервалі з імовірністю $\beta = 0,95$ знаходиться істинне значення математичного сподівання m_x випадкової величини X .

8.3. Інтервальна оцінка дисперсії

Інтервальною оцінкою дисперсії випадкової величини називається інтервал значень, в якому із заданою (довірчою) ймовірністю β знаходиться дисперсія генеральної сукупності $D[x]$. Наближення вибіркової дисперсії d_x до $D[x]$ (у випадку розподілу величини x за нормальним законом) визначають користуючись умовою

$$P\left(\frac{nd_x}{\chi_{\max}^2} < D[x] < \frac{nd_x}{\chi_{\min}^2}\right) = \beta, \quad (8.8)$$

де $\chi_{\min}^2, \chi_{\max}^2$ – значення випадкової величини χ^2 на межах її довірчого інтервалу.

За змістом величина χ^2 являє собою суму квадратів n значень випадкової величини x , яка розподілена за нормальним законом з параметрами $M[x]=0, D[x]=1$, тобто

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2. \quad (8.9)$$

Теоретично доведено, що величина χ^2 має однойменний розподіл *хі-квадрат* з відповідним математичним описом щільності ймовірностей $f(\chi^2)$ і функції розподілу $F(\chi^2)$, які залежать тільки від одного фактору n , і у зв'язку з їх складністю тут не розглядаються. На практиці для визначення $F(\chi^2)$ при $n \leq 30$ користуються відповідними таблицями, а при $n > 30$ – приблизним виразом

$$P(\chi^2 < a) = F(\chi^2 = a) \approx 0,5 + \Phi_0\left(\sqrt{2a} - \sqrt{2n-1}\right), \quad (8.10)$$

де $\Phi_0(r)$ – функція нормованого нормального закону.

$$\left(\sqrt{2\chi_{\min}^2} - \sqrt{2n-1}\right) = -u_\beta; \quad \left(\sqrt{2\chi_{\max}^2} - \sqrt{2n-1}\right) = u_\beta;$$

або

$$\chi_{\min}^2 = \frac{(\sqrt{2n-1} - u_\beta)^2}{2}, \quad \chi_{\max}^2 = \frac{(\sqrt{2n-1} + u_\beta)^2}{2}.$$

8.4. Точний метод визначення довірчого інтервалу

Викладеною вище методикою можна користуватися тільки в тому випадку, якщо відома дисперсія D_x , або якщо кількість дослідів досить велика ($n > 30$). Зазвичай точне значення дисперсії невідомо, відома тільки її оцінка S_x^2 . Тому знайдене значення довірчого інтервалу, особливо за малої кількості n ($n \leq 30$) є наближеним; до того ж чим менше n , тим менше точність. Тому за малої кількості дослідів та невідомої дисперсії для оцінки довірчого інтервалу використовують ***t*-розподіл Стьюдента**. Цей розподіл за умов $n \rightarrow \infty$ (практично, за $n > 30$) переходить в нормальний. В цьому випадку довірчий інтервал визначається за формулою

$$I_\beta = (m_x - \varepsilon_\beta, m_x + \varepsilon_\beta), \quad \varepsilon_\beta = t_{v,\beta} \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad (8.11)$$

де $t_{v,\beta}$ – квантиль (критична точка) розподілу Стьюдента;

v – число ступенів свободи;

β – довірна імовірність.

Квантилі $t_{v,\beta}$ при двосторонній критичній області β показані на рис. 8.2.

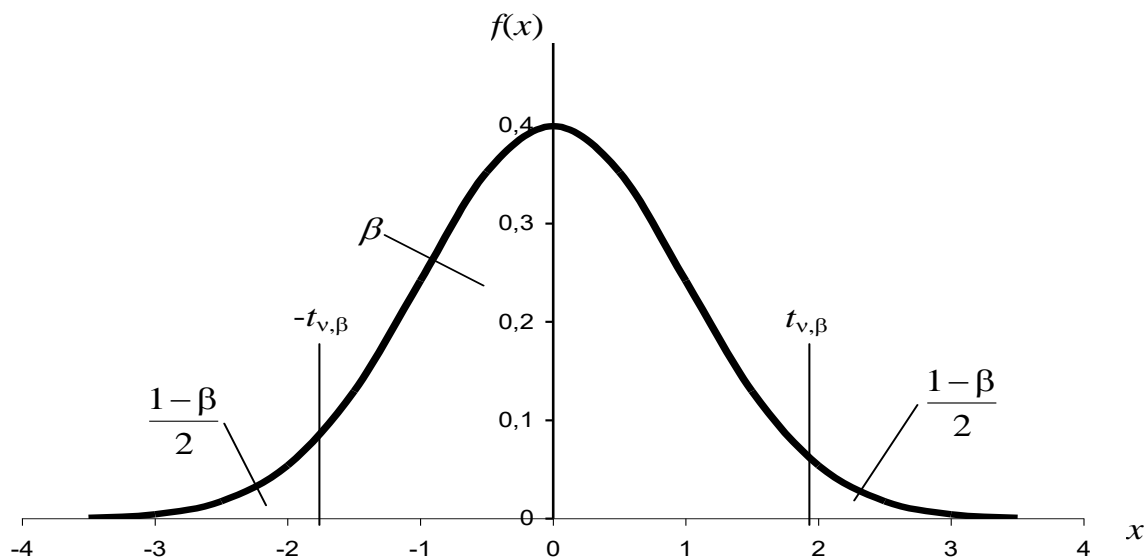


Рис. 8.2. Квантиль $t_{v,\beta}$ розподілу Стьюдента (двостороння критична область)

В силу симетричності t -розподілу $t_{v,\beta} = |-t_{v,\beta}|$. Для визначення значень $t_{v,\beta}$ існують спеціальні таблиці (див. Додаток В). В цій таблиці наведено значення $t_{v,\beta}$ у залежності від довірчої імовірності β та числа ступенів свободи $v=n-1$.

8.5. Визначення необхідної кількості спостережень

Інтервальна оцінка числових характеристик показує, що їх вибіркові значення можуть суттєво відрізнятися від дійсних (генеральної сукупності). Так, для прикладу розглянемо такий випадок: за кількості спостережень $n=50$ математичне сподівання величини x складає $m_x=24,932$, яке з ймовірністю $\beta=0,95$ знаходиться у діапазоні $M[x] \in \{24,287; 25,507\}$. Абсолютна похибка значення $M[x]$ становить $2\varepsilon = 25,507 - 24,287 = 1,22$, а відносна дорівнює

$$\delta = \frac{2\varepsilon}{m_x} 100 = \frac{1,22}{25,507} 100 \dots \frac{1,22}{24,287} 100 = 4,8 \dots 5,0 \%$$

В технічних розрахунках похибка $\delta \approx 5 \%$ є суттєвою і не забезпечує необхідну точність результатів.

Звідси постає задача: скільки потрібно виконати експериментальних спостережень (тобто, яким має бути обсяг вибірки), щоб отримати математичне сподівання з необхідною точністю, тобто з мінімальною похибкою?

Вирішення поставленої задачі для нормального закону розподілу випадкової величини може бути виконано з використанням виразу

$$\varepsilon = \arg\left(\frac{\beta}{2}\right) \sigma_{m_x} = u_\beta \cdot \sigma_{m_x} = u_\beta \sqrt{\frac{d_x}{n}},$$

звідки

$$n = \frac{d_x}{\varepsilon^2} (u_\beta)^2. \quad (8.12)$$

Визначимо потрібну кількість спостережень для прикладу за такими вибірковими параметрами: $m_x = 24,932$ та $d_x = 4,299$.

Поставимо задачу визначення ширини довірчого інтервалу математичного сподівання $\Delta x = 2\varepsilon_x$ з відносною похибкою $\delta < 1\%$ і довірчою ймовірністю $\beta = 0,95$. За цієї умови у табл. 8.1 знаходимо $u_\beta = 1,96$, тоді

$$\Delta x = 2\varepsilon_x = \frac{m_x \delta}{100} = \frac{24,932 \cdot 1}{100} = 0,2493;$$

$$\text{звідки } \varepsilon_x = \frac{\Delta x}{2} = \frac{0,249}{2} = 0,1247.$$

$$\text{За формулою (8.12) визначаємо: } n = \frac{4,299}{0,1247^2} 1,96^2 = 1062.$$

Таким чином, для отримання математичного сподівання величини x з обраною точністю, потрібно виконати не менше 1062 спостережень.

У випадку невідомого закону розподілу випадкової величини необхідну кількість спостережень може бути визначено з використанням закону «великих чисел», за яким кількість спостережень n , точкові та інтервальні характеристики пов'язані залежністю

$$n \geq \frac{d_x}{(1-\beta)\varepsilon^2}. \quad (8.13)$$

У цьому випадку за тих же значень вибіркових параметрів і вимог до точності, необхідно виконати наступну кількість спостережень:

$$n \geq \frac{4,299}{(1-0,95)0,1247^2} = 5529.$$

Таким чином, за відсутності інформації щодо закону розподілу випадкової величини потрібно виконати значно більшу кількість спостережень. Разом з тим, у разі збільшення кількості спостережень підвищується не тільки точність визначення параметрів розподілу випадкової величини, але й витрати на проведення дослідження.

Питання для самоконтролю

1. Якими властивостями володіють оцінки параметрів випадкової величини?
2. Як називаються оцінки параметрів випадкової величини, отримані за даними вибірки?
3. Що називають інтервальною оцінкою математичного сподівання випадкової величини?
4. Якими параметрами характеризується інтервальна оцінка математичного сподівання випадкової величини?
5. Що характеризує довірча ймовірність?
6. Що називають інтервальною оцінкою дисперсії випадкової величини?
7. За яких умов використовують t -розподіл Стьюдента?
8. Які дані потрібно мати, щоб визначити достатню кількість спостережень для отримання математичного сподівання з необхідною точністю?
9. В якому випадку використовують закон «великих чисел» для визначення необхідної кількості спостережень?

Кореляційний та регресійний аналіз

9.1. Оцінка лінійної кореляції випадкових величин

У математичній статистиці зустрічаються задачі, в яких результат дослідження представлений не однією, а двома та більше випадковими величинами і потрібно не лише встановити залежність досліджуваної випадкової величини від однієї чи кількох інших ВВ, а й оцінити тісноту цієї залежності.

Такі величини утворюють систему випадкових величин (X, Y, \dots) . Наприклад, під час експериментального аналізу тривалості розпуску составів t для кожного із них враховують кількість вагонів m та кількість відчепів n (випадкові величини t, m, n представляють собою систему трьох ВВ). Інший приклад – маневровий напіврейс характеризується системою випадкових величин: t – тривалість, l – довжина, m – кількість вагонів.

Для зручності аналізу системи двох випадкових величин X, Y використовують геометричне зображення. Результат окремого дослідження (x_i, y_i) можна подати випадковою точкою на площині з координатами (x_i, y_i) , як це показано на рис. 9.1.

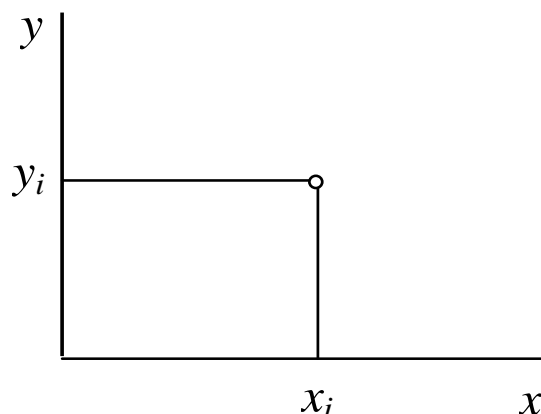


Рис. 9.1. Приклад графічного подання результату окремого дослідження системи двох випадкових величин (x_i, y_i)

Відомо, що дві випадкові величини X та Y можуть бути пов'язані функціональною або статистичною залежністю, а можуть бути незалежними.

У першому випадку зміна значення однієї з величин системи тягне за собою зміну значення іншої. Це ознака наявності функціональної залежності між випадковими величинами, коли деякому значенню величини x завжди відповідає одне й те ж значення величини y (рис. 9.2).

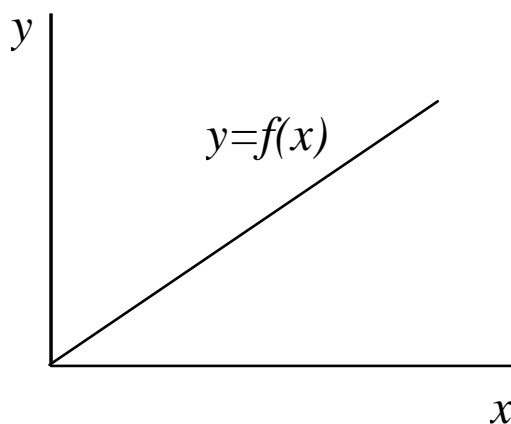


Рис. 9.2. Приклад функціональної залежності двох величин

Прикладами функціонального зв'язку можуть бути усі відомі закони фізики, наприклад другий закон Ньютона $F=ma$.

У другому випадку зміна значення однієї з величин системи тягне за собою зміну розподілу іншої. Це ознака наявності статистичної залежності між випадковими величинами. Зокрема, якщо у разі зміни однієї з випадкових величин змінюється середнє значення іншої, то така залежність називається кореляційною (від латин. «Взаємозв'язок», «Взаємозалежність»), коли знаючи значення X , не можна визначити точно значення Y .

Коли зміна значення однієї з величин системи не впливає на значення іншої, це є ознакою відсутності будь-якої залежності між випадковими величинами (ВВ не залежать одна від одної).

Кореляційна залежність може бути більш або менш тісною. У міру збільшення тісноти кореляційної залежності вона все більше наближається до функціональної. Таким чином, функціональну залежність можна розглядати як граничний випадок найбільш тісного кореляційного зв'язку. Інший граничний випадок – повна незалежність випадкових величин. Між цими двома граничними випадками лежать всі градації імовірнісної залежності – від самої сильної до самої слабкої.

Наявність та ступінь кореляційного зв'язку між факторами X та Y можна оцінити за допомогою *коефіцієнта кореляції*

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma[X]\sigma[Y]}, \quad (9.1)$$

де K_{xy} – кореляційний момент величин X і Y ;

$\sigma[x]$, $\sigma[y]$ – середні квадратичні відхилення величин X та Y .

Кореляційний момент величин X і Y визначається за формулою

$$K_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = M[XY] - M[X]M[Y], \quad (9.2)$$

де $M[XY]$ – середня величина добутку випадкових значень X та Y .

Коефіцієнт кореляції приймає значення у межах $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ і означає ступінь лінійної залежності між факторами і означає:

1) $r_{xy} = 1$, $r_{xy} = -1$ – між факторами існує функціональна залежність виду $Y = kX + b$;

2) $r_{xy} = 0$ – залежність між факторами відсутня, фактори X та Y – незалежні;

3) $(-1 < r_{xy} < 0)$, $(0 < r_{xy} < 1)$ – існує деяка кореляція між X та Y , тим більша, чим ближче до $+1$ або -1 , і тим менша, чим ближче до 0 .

Слід підкреслити, що коефіцієнт кореляції характеризує лінійний зв'язок між факторами, а для оцінки нелінійного зв'язку використовують **кореляційне відношення**.

Ступінь кореляційного зв'язку між величинами x та y проілюстровано на рис. 9.3.

Ступінь кореляційного зв'язку доцільно оцінювати за допомогою шкали Чеддока (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

Шкала Чеддока для оцінки сили зв'язку між факторами

Значення коефіцієнта кореляції r_{xy}	Ступінь зв'язку
від 0 до 0,3	дуже слабкий
від 0,3 до 0,5	слабкий
від 0,5 до 0,7	помірний
від 0,7 до 0,9	сильний
від 0,9 до 1	дуже сильний

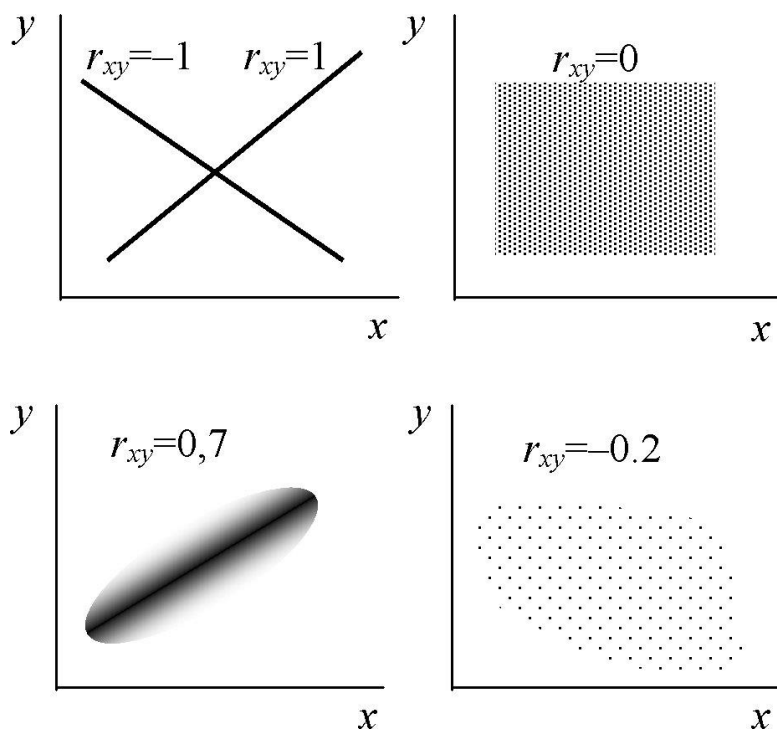


Рис. 9.3. Ступінь кореляційного зв'язку між величинами X та Y

Для прикладу розглянемо оцінку залежності між факторами: t – тривалість маневрового напіврейсу, m – кількість вагонів у маневровому составі (експериментальні дані заміряють за однакових інших умов, в першу чергу – за однакової довжини напіврейсу). Числові значення статистичних спостережень величин t та m наведено у табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Результати розрахунку числових параметрів

№ подачі	m	t	mt	m^2	t^2
1	5	4	20	25	16
2	7	5	35	49	25
3	9	7	63	81	49
4	6	5	30	36	25
5	8	6	48	64	36
6	6	4	24	36	16
7	7	6	42	49	36
8	10	7	70	100	49
9	6	5	30	36	25
10	9	6	54	81	36
Сума	73	55	416	557	313

Для візуальної оцінки зв'язку між факторами отримані значення наведені у вигляді окремих точок на рис. 9.4. Такий вигляд подання експериментальних даних називають *полем точок*.

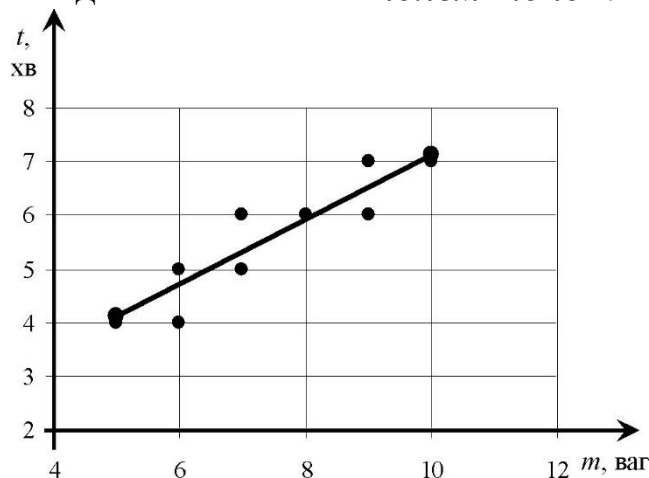


Рис. 9.4. Поле точок $t = f(m)$

Поле точок на рис. 9.4 свідчить, що зі збільшенням кількості вагонів збільшується середня тривалість маневрового напіврейсу, але наскільки суттєва ця залежність – сказати неможливо. Для цього виконують розрахунки елементів і власне значення коефіцієнта кореляції:

$$M[t] = \frac{\sum t}{n} = \frac{55}{10} = 5,5 \text{ хв}; \quad M[m] = \frac{\sum m}{n} = \frac{73}{10} = 7,3 \text{ ваг};$$

$$M[t^2] = \frac{\sum t^2}{n} = \frac{313}{10} = 31,3 \text{ хв}^2; \quad M[m^2] = \frac{\sum m^2}{n} = \frac{557}{10} = 55,7 \text{ ваг}^2;$$

$$M[mt] = \frac{\sum mt}{n} = \frac{416}{10} = 41,6 \text{ ваг} \cdot \text{хв};$$

$$D[t] = M[t^2] - (M[t])^2 = 31,3 - 5,5^2 = 1,05 \text{ хв}^2; \quad \sigma[t] = \sqrt{D[t]} = \sqrt{1,05} = 1,025 \text{ хв};$$

$$D[m] = M[m^2] - (M[m])^2 = 55,7 - 7,3^2 = 2,41 \text{ ваг}^2;$$

$$\sigma[m] = \sqrt{D[m]} = \sqrt{2,41} = 1,552 \text{ ваг};$$

$$K_{mt} = M[mt] - M[t]M[m] = 41,6 - 5,5 \cdot 7,3 = 1,45 \text{ ваг} \cdot \text{хв};$$

$$r_{mt} = \frac{K_{mt}}{\sigma[t] \cdot \sigma[m]} = \frac{1,45}{1,025 \cdot 1,552} = 0,91.$$

Отримане значення коефіцієнта кореляції свідчить про наявність дуже сильного кореляційного зв'язку між факторами лінійного типу.

9.2. Оцінка ступеню нелінійної залежності випадкових факторів

Наявність нелінійного зв'язку можна визначити за графіком (полем точок), коли тренд залежності значень однієї величини від іншої відмінний від прямої лінії. Для аналізу цієї залежності користуються не коефіцієнтом кореляції, а кореляційним відношенням η_{xy} або η_{yx} , яке розраховують за формулою

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{x})^2 - \Sigma(Y - \bar{y})^2}{\Sigma(Y - \bar{y})^2}}, \quad (9.3)$$

де Y – значення функціональної ознаки;

\bar{y} – середнє значення ознаки.

Обчислимо кореляційне відношення для залежності врожайності зерна озимої пшениці Y від норм висіву X . Результати розрахунків наведено у табл. 9.3.

Таблиця 9.3

Результати розрахунку кореляційного відношення

Номери пар (повторність)	Норма висіву X , ц/га	Урожайність Y , ц/га	y_x	$Y - y_x$	$(Y - y_x)^2$	$Y - \bar{y}$	$(Y - \bar{y})^2$
1	3,5	32	33	-1	1	-14	196
2	3,6	34		1	1	-12	144
3	3,7	38	42	-4	16	-8	64
4	3,8	46		4	16	0	0
5	3,9	51	53	-2	4	5	25
6	4,0	55		2	4	9	81
7	4,1	57	55	2	4	11	121
8	4,2	53		-2	4	7	49
9	4,3	50	47	3	9	4	16
10	4,4	44		-3	9	-2	4
		$\bar{y} = 46$		$\Sigma (Y - y_x) = 0$	$\Sigma (Y - y_x)^2 = 68$	$\Sigma (Y - \bar{y}) = 0$	$\Sigma (Y - \bar{y})^2 = 700$

Десять варіантів норм висіву слід розділити на 5 груп, як показано у табл. 9.3, і зробити розрахунки середнього для групи значення Y . Для першої групи $y_x = (32+34)/2 = 33$, для другої $(38+46)/2 = 42$ тощо.

Значення $(Y - y_x)$ розраховують шляхом віднімання від значень Y , які входять до групи, їх середнього значення:

$$32 - 33 = -1; \quad 34 - 33 = 1; \quad 38 - 42 = -4; \quad 46 - 42 = 4 \text{ і т.д.}$$

Ці відхилення зводять у квадрат, додають і отримують значення $\Sigma (Y - y_x)^2 = 68$. Відхилення обчислюють, віднімаючи від кожного із значень урожайності (Y) середнє значення врожаїв (\bar{y}):

$$32 - 46 = -14; \quad 34 - 46 = -12 \text{ і т.д.}$$

Усі отримані числа підносять до квадрату, додають і отримують $\Sigma (Y - \bar{y})^2 = 700$. Обидві суми використовують для розрахунку кореляційного відношення η_{yx} :

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - \bar{y})^2 - \Sigma(Y - y_x)^2}{\Sigma(Y - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{700 - 68}{700}} = 0,95.$$

Висновок: оскільки кореляційне відношення складає $\eta_{yx} = 0,95$ і знаходиться у межах від 0,9 до 1,0 (див. табл. 9.1), то між нормами висіву і врожайністю зерна озимої пшениці спостерігається дуже сильний зв'язок.

Далі обчислюють похибку кореляційного відношення

$$S_{\eta_{yx}} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{yx}^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,95^2}{10 - 2}} = 0,11.$$

Для висновків про достовірність зв'язку розраховують критерій достовірності фактичний

$$t_{\eta} = \frac{\eta_{yx}}{S_{\eta_{yx}}} = \frac{0,95}{0,11} = 8,64.$$

Теоретичний критерій Стьюдента знаходять за числом ступенів свободи

$$v_{\eta} = n - 2 = 10 - 2 = 8.$$

Тоді $t_{0,95} = 2,31$, а $t_{0,99} = 3,36$ (див. Додаток В).

Висновок: оскільки критерій Стьюдента фактичний $t_{\eta} = 8,64$ більший за $t_{0,95}$ і $t_{0,99}$, то зв'язок достовірний на обох рівнях надійної імовірності.

9.3. Множинна кореляція

В окремих випадках під час аналізу експериментальних даних доводиться вирішувати питання про зв'язки кількох (більше 2-х) випадкових величин або питання про *множинну кореляцію*. Так, наприклад, нехай X , Y і Z – випадкові величини, під час спостереження за якими було визначено їх середні значення $M[X]$, $M[Y]$, $M[Z]$ і середньо-квадратичні відхилення $\sigma[X]$, $\sigma[Y]$, $\sigma[Z]$. Тоді можна знайти парні коефіцієнти кореляції r_{xy} , r_{xz} , r_{yz} за формулою (9.1). Однак, цього явно недостатньо, адже на кожному з трьох етапів визначення коефіцієнтів кореляції не враховується наявність третьої випадкової величини. Тому у випадках множинного кореляційного аналізу іноді потрібно визначати так звані *часткові коефіцієнти кореляції*, тобто оцінювати ступінь впливу третьої величини (наприклад, Z) на зв'язок між іншими двома (у даному випадку, X та Y)

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - (r_{xz})^2) \cdot (1 - (r_{yz})^2)}}. \quad (9.4)$$

Аналогічним чином можна розрахувати *коефіцієнти множинної кореляції* $r_{x.yz}$, $r_{y.xz}$, $r_{z.xy}$, які дозволяють, навпаки, оцінити зв'язок між значенням певної випадкової величини і сукупністю інших (наприклад, як залежать значення величини X від сукупності значень величин Y та Z).

9.4. Основні поняття регресійного аналізу

Важливо відзначити, що у кореляційному аналізі усі випадкові величини за умови парної або множинної кореляції вважаються «*рівноправними*». Тобто йдеться про взаємний вплив випадкових величин одна на одну. І методи кореляційного аналізу дозволяють встановити тільки ступінь такого взаємного впливу. Однак, часто питання про зв'язки між двома величинами X та Y ставиться інакше: чи є одна з величин функцією від іншої величини (аргументу) і який вигляд цієї функціональної залежності? Встановити функціональні залежності

між випадковими величинами дозволяють інші методи статистичного аналізу, найбільш поширеним серед яких є регресійний аналіз.

Під регресійним аналізом розуміють дослідження закономірності зв'язку між двома змінними, коли одному значенню X відповідає сукупність значень Y , тобто зв'язок між ними не є цілком визначений.

Таким чином **регресійний аналіз** – це метод встановлення аналітичного виразу стохастичної залежності між ознаками ВВ, що досліджуються. Рівняння регресії показує, як у середньому змінюється y за умов зміни будь-якого з x_i , і має вигляд

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (9.5)$$

де y – залежна змінна (вона завжди одна) – результативна ознака;

x_i – незалежні змінні (фактори) – їх може бути декілька.

Якщо значення випадкової величини Y утворюють статистичний ряд розподілу з характеристиками неперервної випадкової величини, то функція $y=f(X)$ називається **регресійною**. Тому регресійний зв'язок між величинами X та Y можна визначити лише за умови, коли забезпечується можливість виконання статистичних замірів.

Статистичні залежності описуються **рівняннями регресії** (математичними моделями), які відтворюють зв'язок між значеннями фактора X і змінною характеристикою (результативною ознакою) процесу, що досліджується, Y .

Багато, щоб рівняння регресії були простими й адекватними. Якщо незалежна змінна (фактор) одна – це **однофакторний** регресійний аналіз. Якщо ж їх кілька, тоді такий аналіз називається **багатофакторним**.

У ході регресійного аналізу вирішуються **дві основні задачі**:

– побудова рівняння регресії, тобто визначення виду залежності між результативною ознакою і незалежними факторами x_1, x_2, \dots, x_n ;

– оцінка значущості отриманого рівняння, тобто визначення того, наскільки вибрані факторні ознаки пояснюють варіацію ознаки y .

Регресійний аналіз здійснюють у такій послідовності:

1) перевірка наявності кореляційного зв'язку;

2) апроксимація експериментальних даних;

3) статистичний аналіз рівнянь (коефіцієнтів) регресії.

Застосовується регресійний аналіз головним чином для планування, а також для розробки нормативної бази. На відміну від кореляційного аналізу, який тільки відповідає на питання, чи існує зв'язок між досліджуваними ознаками, регресійний аналіз надає і формалізова-

ний вираз цього зв'язку. Крім того, якщо кореляційний аналіз вивчає будь-який взаємозв'язок факторів, то регресійний – односторонню залежність, тобто зв'язок, що показує, яким чином зміна факторних ознак впливає на результативну ознаку.

9.5. Порядок побудови регресійної моделі

Регресійний аналіз – один з найбільш детально розроблених методів математичної статистики. Строго кажучи, для реалізації регресійного аналізу потрібно виконання низки спеціальних вимог (зокрема, x_1, x_2, \dots, x_n ; у повинні бути незалежними, нормально розподіленими випадковими величинами з постійними дисперсіями). У реальному житті суворі відповідність вимогам регресійного і кореляційного аналізу зустрічається дуже рідко, проте обидва методи є досить поширеними у різних дослідженнях. Залежності можуть бути не тільки прямими, але і зворотними і нелінійними. Регресійну модель може бути побудовано за наявності будь-якої залежності, проте в багатofакторному аналізі використовують тільки лінійні моделі

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n. \quad (9.6)$$

Для отримання аналітичного опису залежності факторів можна використати метод *мінімальних квадратів*. Суть його полягає у пошуку такої функції $t=f(m)$, яка б найкращим чином описувала поле точок (t, m) . Кожному значенню аргументу m_i відповідає деяке статистичне значення t_i і теоретичне значення $f(m_i)$, дивись рис. 9.5.

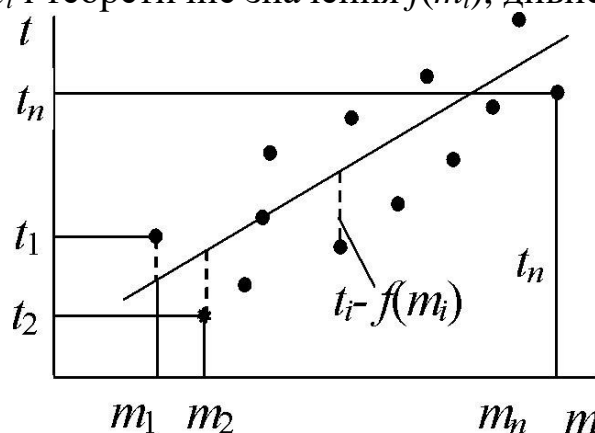


Рис. 9.5. Поле точок m_i та статистичних значень t_i і теоретичних значень $f(m_i)$

Найкращим чином описує поле точок функція, яка має найменшу суму відхилень статистичних і теоретичних значень, що в математичному вигляді відповідає запису

$$S = \sum_{i=1}^n (f(m_i) - t_i)^2 \rightarrow \min . \quad (9.7)$$

Квадрат відхилень береться з метою виключення від'ємних значень, які б зменшували суму відхилень і спотворювали результат.

Дослідник сам приймає рішення про форму залежності, наприклад $Y=a + bX$, $Y = a + bX + cX^2$, $Y=a X^b$ чи якась інша, а далі з використанням (9.7) визначаються коефіцієнти a , b , c обраної функціональної залежності.

Розглянемо математичний опис залежності між факторами t (тривалість маневрового напіврейсу) та m (кількість вагонів) для умов розглянутого прикладу (див. п. 9.1). Графічне зображення поля точок (рис. 9.5) та отримане значення коефіцієнта кореляції $r_{mt} = 0,91$ дають підстави для опису залежності лінійною функцією виду $t = a + bm$.

Підставимо цю функцію в (9.7) і отримаємо цільову функцію

$$S = \sum_{i=1}^n (a + bm_i - t_i)^2 \rightarrow \min . \quad (9.8)$$

де a , b – коефіцієнти, які необхідно визначити.

З курсу математичного аналізу відомо, що для пошуку екстремуму функції потрібно взяти її похідну по аргументу, прирівняти її до нуля і визначити значення аргументу, які забезпечують екстремальні значення функції. В даній задачі маємо два невідомі коефіцієнти a та b , які розглядаємо як аргументи, від яких залежить значення функції S . Тому беремо по черзі похідні по a та b від (9.8) і отримаємо:

$$\begin{cases} 2 \sum_{i=1}^n (a + bm_i - t_i) = 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (a + bm_i - t_i) m_i = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^n (a + bm_i - t_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n (a + bm_i - t_i) m_i = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a + \sum_{i=1}^n bm_i - \sum_{i=1}^n t_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n am_i + \sum_{i=1}^n bm_i^2 - \sum_{i=1}^n t_i m_i = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} na + b \sum_{i=1}^n m_i = \sum_{i=1}^n t_i \\ a \sum_{i=1}^n m_i + b \sum_{i=1}^n m_i^2 = \sum_{i=1}^n t_i m_i \end{cases} \quad \text{поділимо на } n \Rightarrow \begin{cases} a + b \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \\ a \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} + b \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i t_i}{n} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a + bM[m] = M[t] \\ aM[m] + bM[m^2] = M[mt] \end{cases} \quad \text{і методом підстановки знаходимо рішення:}$$

$$a = M[t] - bM[m],$$

$$(M[t] - bM[m])M[m] + bM[m^2] = M[mt],$$

$$b = \frac{M[mt] - M[m]M[t]}{M[m^2] - (M[m])^2} = \frac{K_{mt}}{D[m]}.$$

У результаті отримано вирази для визначення коефіцієнтів лінійної функції зв'язку факторів. Зробимо такі розрахунки для розглянутого вище прикладу:

$$b = \frac{K_{mt}}{D[m]} = \frac{1,45}{2,41} = 0,601,$$

$$a = M[t] - bM[m] = 5,5 - 0,601 \cdot 7,3 = 1,11.$$

Таким чином, функція, яка описує залежність t від m , має вигляд: $t = 1,11 + 0,601m$, а її значення в окремих точках становлять: при $m=5$ вагонів $t=4,12$ хв; при $m=10$ вагонів $t=7,12$ хв.

За цими даними на рис. 9.5 побудовано графік функції і візуально видно, що функція відповідає характеру статистичної залежності.

Важливо зазначити, що чим ближче значення коефіцієнту b до нуля, тим меншою є лінійна залежність результативної ознаки у від фактору x .

Таким чином може бути здійснено опис процесів у випадку тільки одного аргументу (фактору). У складних процесах і за великої кількості факторів використовують інші методи, наприклад метод планування експерименту. За допомогою сучасних комп'ютерних технологій, наприклад пакету Microsoft Excel, такі залежності можна отримати у вигляді функції тренду.

9.6. Статистичний аналіз рівняння регресії

Якщо проаналізувати графік отриманої регресійної моделі $t = 1,11 + 0,601m$ (рис. 9.5), можна побачити, що має місце відхилення фактичних значень t_i від теоретичних t_i^* , розрахованих за регресійною моделлю. У зв'язку з цим постає питання, а наскільки значне це відхилення, тобто наскільки адекватною є отримана регресійна модель, наскільки вона придатна для виконання подальших досліджень цього процесу, наприклад для прогнозування значень t за фактичними значеннями m .

Статистичний аналіз отриманого рівняння регресії полягає у розв'язанні двох основних завдань:

- 1) оцінки значимості коефіцієнтів рівняння;
- 2) перевірки адекватності рівняння регресії.

Необхідною передумовою статистичного аналізу є нормальність розподілу вихідної величини і однорідність дисперсій дослідів.

Після перевірки забезпечення зазначених передумов, можна починати виконання статистичного аналізу рівняння регресії. Для розв'язання задач аналізу необхідно мати кількісну оцінку похибки експерименту в цілому. Такою оцінкою є *залишкова дисперсія*, яка визначається за формулою

$$D[y]_{\text{зал}} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_i^*)^2}{N - p}, \quad (9.9)$$

де N – кількість дослідів;

p – кількість коефіцієнтів у рівнянні регресії;

y_i, y_i^* – відповідно фактичне та теоретичне (розрахункове) значення результативної ознаки y .

Стандартне відхилення (похибка) рівняння регресії

$$\sigma[y]_{\text{зал}} = \sqrt{D[y]_{\text{зал}}} \cdot \quad (9.10)$$

Відносна похибка рівняння регресії

$$\varphi = \frac{\sigma[y]_{\text{зал}}}{\bar{y}} 100\%, \quad (9.11)$$

де \bar{y} – середнє значення результативної ознаки.

Після цього необхідно оцінити точність розрахованих коефіцієнтів регресії. Оскільки їх визначено за результатами експерименту, а результати є випадковими величинами, тоді значення коефіцієнтів регресії b_i теж будуть випадковими. Тому **показником точності коефіцієнта** буде його стандартна похибка (відхилення), яка для коефіцієнта b визначається за формулою

$$\sigma[b] = \frac{\sigma[y]_{\text{зал}}}{\sqrt{n \cdot D[x]}}, \quad (9.12)$$

де $D[x]$ – дисперсія випадкової величини (фактору) X :

$$D[x] = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}, \quad (9.13)$$

де x_i, \bar{x} – відповідно фактичне та теоретичне значення ВВ X .

Дисперсія коефіцієнта a визначається за формулою

$$\sigma[a] = \sigma[y]_{\text{зал}} \cdot \sqrt{\frac{D[x] + \bar{x}^{-2}}{n \cdot D[x]}}. \quad (9.14)$$

Коефіцієнти вважаються значущими, якщо

$$\frac{\sigma[b]}{|b|} < 0,5 \quad \frac{\sigma[a]}{|a|} < 0,5. \quad (9.15)$$

Значущість коефіцієнтів також оцінюють на основі t -критерію Стьюдента. Для кожного коефіцієнта визначають розрахункове значення t -критерію

$$t[b]_{\text{розр}} = \frac{|b|}{\sigma[b]}, \quad t[a]_{\text{розр}} = \frac{|a|}{\sigma[a]}. \quad (9.16)$$

Отримані значення порівнюють з табличним значенням t -критерію Стьюдента (див. Додаток В) для заданого рівня значущості та числа ступенів свободи ($N-p$). Відзначимо, що для великих вибірок ($N > 100$) для рівня значущості 0,05 (що відповідає рівню надійності 95%) значення t -критерію Стьюдента апроксимується значенням 1,96.

Якщо виконується умова $t_{\text{розр}} > t_{\text{табл}}$, коефіцієнти регресії значимі, в іншому випадку потрібні додаткові дослідження і для цього можливо:

- збільшити кількість дослідів (спостережень);
- змінити тип регресійної моделі;
- збільшити кількість факторів.

Довірчий інтервал для коефіцієнтів рівняння регресії

$$b_{\min}^{\max} = b \pm t_{\text{табл}} \cdot \sigma[b], \quad a_{\min}^{\max} = a \pm t_{\text{табл}} \cdot \sigma[a]. \quad (9.17)$$

Перевірка адекватності отриманого рівняння регресії потрібна для того, щоб відповісти на запитання, чи буде рівняння відтворювати значення критерію оцінки з тією ж точністю, що і результати експерименту. Для цього використовують значення F -критерію Фішера: спочатку визначають значення залишкової дисперсії $D[y]_{\text{зал}}$ за виразом (9.9); потому визначають розрахункове значення критерію Фішера

$$F_{\text{розр}} = \frac{D[y]_{\text{зал}}}{D[y]}, \quad \text{якщо } D[y]_{\text{зал}} > D[y],$$

$$F_{\text{розр}} = \frac{D[y]}{D[y]_{\text{зал}}}, \quad \text{якщо } D[y]_{\text{зал}} < D[y],$$
(9.18)

де $D[y]$ – дисперсія випадкової величини Y (результативної ознаки):

$$D[y] = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N-1}. \quad (9.19)$$

Для заданого рівня значущості та ступенів свободи ($N - p$) визначають табличне значення F -критерію Фішера (див. Додаток Г). Рівняння регресії вважається адекватним, якщо виконується умова: $F_{\text{розрах}} < F_{\text{табл}}$.

У якості міри того, наскільки добре рівняння регресії описує результати спостережень, часто використовується коефіцієнт детермінації

$$d = R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^* - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^* - y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}. \quad (9.20)$$

Коефіцієнт детермінації інтегрально характеризує властивості рівняння регресії. Він показує, яка частка від загального відхилення експериментальних даних відносно середнього значення пов'язана з регресійною залежністю.

Якщо $d=0$, тоді варіація результативної ознаки Y цілком визначається випадковими збуреннями, а вплив фактора X не виявляється. Якщо $d=1$, тоді регресійна крива проходить через всі експериментальні точки.

У більшості випадків рівняння регресії вважають адекватним та придатним для досліджень, якщо $d > 0,75$.

Виконаємо статистичний аналіз та оцінку адекватності отриманого рівняння регресії $t = 1,11 + 0,601m$. Згідно з виконаними раніше розрахунками (див. п. 9.1):

$$M[m] = 7,3 \text{ ваг}, D[m] = 2,41 \text{ ваг}^2, M[t] = 5,5 \text{ хв}, D[t] = 1,05 \text{ хв}^2.$$

Розрахунок залишкової дисперсії наведено у табл. 9.4.

Отже, згідно з (9.9) та (9.10) $D[y]_{\text{зал}} = 1,776 / (10-2) = 0,222 \text{ хв}^2$, $\sigma[y]_{\text{зал}} = 0,471 \text{ хв}$, відповідно.

Розрахунок залишкової дисперсії регресійної моделі

№ подачі	m	t	t^*	$(t - t^*)^2$	$(t^* - t_{\text{сер}})^2$	$(t - t_{\text{сер}})^2$
1	5	4	4,115	0,013	1,918	2,25
2	7	5	5,317	0,100	0,033	0,25
3	9	7	6,519	0,231	1,038	2,25
4	6	5	4,716	0,081	0,615	0,25
5	8	6	5,918	0,007	0,175	0,25
6	6	4	4,716	0,513	0,615	2,25
7	7	6	5,317	0,466	0,033	0,25
8	10	7	7,12	0,014	2,624	2,25
9	6	5	4,716	0,081	0,615	0,25
10	9	6	6,519	0,269	1,038	0,25
Сума	73	55	–	1,776	8,705	10,5

Відносна похибка рівняння регресії:

$$\varphi = \frac{0,471}{5,5} 100\% = 8,56\% .$$

Стандартна похибка для коефіцієнтів регресії:

$$\sigma[b] = \frac{0,471}{\sqrt{10 \cdot 2,41}} = 0,096, \quad \sigma[a] = 0,471 \cdot \sqrt{\frac{2,41 + 7,3^2}{10 \cdot 2,41}} = 0,716.$$

Перевіримо значущість коефіцієнтів:

$$\frac{0,096}{|0,601|} = 0,160 < 0,5 \quad \frac{0,716}{|1,11|} = 0,645 > 0,5, \text{ тобто коефіцієнт } a \text{ не є}$$

значущим.

Оцінимо значущість коефіцієнтів на основі t -критерію Стьюдента:

$$t[b]_{\text{розр}} = \frac{0,601}{0,096} = 6,26, \quad t[a]_{\text{розр}} = \frac{1,11}{0,716} = 1,55 .$$

Для рівня значимості 0,05 та числі ступенів свободи $10 - 2 = 8$ табличне значення t -критерію Стьюдента становить $t_{\text{табл}} = 2,31$ (див. Додаток В); отже за цим критерієм коефіцієнт b є значущим ($6,26 > 2,31$), а коефіцієнт a – ні ($1,55 < 2,31$).

Довірчі інтервали для коефіцієнтів рівняння регресії:

$$b_{\min} = 0,601 - 2,31 \cdot 0,096 = 0,379, \quad b_{\max} = 0,601 + 2,31 \cdot 0,096 = 0,823, \\ a_{\min} = 1,11 - 2,31 \cdot 0,716 = -0,544, \quad a_{\max} = 1,11 + 2,31 \cdot 0,716 = 2,764.$$

Виконаємо перевірку адекватності рівняння регресії за критерієм Фішера:

$$F_{\text{розра}} = 1,05 / 0,222 = 4,73, \text{ оскільки } D[y]_{\text{зал}} = 0,222 < D[y] = 1,05.$$

Табличне значення критерію Фішера $F_{\text{табл}(0,05; 8)} = 3,44$ (див. Додаток Г). Оскільки $F_{\text{розра}} = 4,73 > F_{\text{табл}(0,05; 8)} = 3,44$, рівняння лінійної регресії не є адекватним для даної сукупності спостережень.

Виконаємо перевірку також на основі коефіцієнту детермінації (9.20). Складові для розрахунку коефіцієнту детермінації визначені у табл. 9.4

$$d = 8,705 / 10,5 = 0,83.$$

Оскільки $d > 0,75$, то отримане рівняння регресії є придатним для розрахунку тривалості маневрового напіврейса. Разом з тим, враховуючи результати оцінки значимості коефіцієнтів та адекватності регресійної моделі за критерієм Фішера, для підвищення точності регресійної моделі необхідно провести більш детальне дослідження.

Питання для самоконтролю

1. В чому полягає відмінність функціональної та ймовірнісної залежності між величинами?
2. В чому суть кореляційного аналізу?
3. В яких випадках визначають коефіцієнт кореляції та кореляційне відношення?
4. Що показують часткові коефіцієнти кореляції?
5. Для чого застосовують регресійний аналіз?
6. За яких умов можна визначити регресійний зв'язок між величинами?
7. Які основні задачі розв'язуються у ході регресійного аналізу?
8. Назвіть етапи виконання регресійного аналізу.
9. Чому для отримання аналітичного опису залежності факторів можна використовувати метод мінімальних квадратів?
10. Які завдання виконують при статистичному аналізі рівняння регресії?
11. Яким чином перевіряють статистичну значущість коефіцієнтів рівняння регресії?
12. Які заходи можна застосувати, якщо виявлено статистичну незначущість коефіцієнтів рівняння регресії?

Планування експерименту та аналіз результатів експерименту

10.1. Основні поняття та методика планування експерименту

Правильна розробка методики експерименту має особливе значення і при цьому необхідно передбачити:

- проведення попереднього цілеспрямованого спостереження об'єкта або явища з метою визначення його вихідних даних;
- створення оптимальних умов, в яких можливе експериментування (підбір об'єктів для експериментального впливу, усунення впливу випадкових чинників);
- систематичне спостереження за перебігом розвитку явища, що досліджується, і точні описи фактів;
- визначення інтервалів вимірювань;
- проведення систематичної реєстрації вимірювань і оцінок фактів різними способами і засобами;
- створення перехресних впливів, повторюваних ситуацій, зміна умов та їх характеру;
- створення нестандартних ситуацій для підтвердження або спростування раніше отриманих даних;
- перехід від емпіричного вивчення до логічних узагальнень, аналізу та теоретичного опрацювання отриманого фактичного матеріалу.

Дослідник під час вибору методики експерименту має впевнитися в її практичній придатності. У методиці детально розроблено процес проведення експерименту, складено послідовність проведення спостережень і вимірювань, докладно описано кожну операцію окремо з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту, обґрунтовано методи контролю якості операцій, які за мінімальної кількості

вимірювань забезпечать їх задану точність і високу надійність.

Не менш важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації та аналізу. Результати експериментів мають бути зведені у графіки, формули, таблиці, що дають змогу якісно і швидко зіставляти й аналізувати отримані результати. Усі змінні мають бути оцінені в однаковій системі одиниць фізичних величин.

Особливу увагу у методиці має бути приділено математичним методам опрацювання та аналізу даних, наприклад, апроксимації зв'язків між змінними характеристиками, встановленню емпіричних залежностей, встановленню різних критеріїв. Під час розробки плану експерименту завжди необхідно прагнути до його спрощення без втрати достовірності та точності.

Останнім часом дослідники частіше стали застосовувати математичну теорію експерименту, яка дає нагоду значно зменшити обсяг роботи і підвищити точність результатів дослідження. Методологія експерименту в цьому разі включає такі етапи, як розробка плану; оцінка вимірювань і вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експерименту; обробка та аналіз отриманих даних. Таким чином, методика експерименту – це система різноманітних способів або прийомів для послідовного і найкращого проведення експерименту.

10.2. План проведення експерименту

Кожен дослідник має скласти план проведення експерименту, який включає:

- постановку мети і завдань експерименту;
- обґрунтування обсягу експерименту, кількості дослідів;
- вибір факторів, що варіюються;
- визначення послідовності зміни факторів;
- порядок реалізації дослідів;
- вибір кроку зміни значень факторів, завдання інтервалів між майбутніми експериментальними точками;
- опис проведення експерименту;

- обґрунтування засобів вимірювань;
- обґрунтування способів обробки та аналізу результатів експерименту.

Окрім перерахованих вище пунктів план експерименту містить: найменування теми дослідження; робочу гіпотезу; методику експерименту; перелік необхідних матеріалів, приладів, установок; список виконавців; календарний план і кошторис.

У процесі збору та аналізу зібраної та обробленої інформації встановлюють і аналізують усі відомі дані про процес або об'єкт, які чинники і як впливають на стан процесу або об'єкта, їх взаємозв'язок, можливі межі змін тощо.

Основні вимоги для вибору вхідних факторів (чинників) – це можливість встановлення і підтримання їх потрібних значень протягом усього дослідження. Факторами називають незалежні параметри. Фактори можуть бути якісними та кількісними. Рівням кількісних факторів відповідає числова шкала (час, тиск, температура тощо). Якісними факторами можуть бути конструкції апаратів, каталізатори тощо.

Вихідні параметри – реакції або відгуки на вплив факторів. Вони можуть бути економічними (прибуток, витрата енергії тощо), технологічними (надійність, стабільність горіння дуги тощо) тощо.

Експеримент є основним засобом проведення наукових досліджень, який планується для вирішення таких задач:

1) знайти найкращі умови функціонування системи (задача *оптимізації*), тобто потрібно знайти такі значення (x_1, x_2, \dots, x_n) , при яких досягається максимум (мінімум) цільової функції y ;

2) знайти залежність між факторами $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (задача *інтерполяції*), тобто необхідно побудувати модель об'єкта (процесу) дослідження від чинних факторів.

Планування експерименту – процедура вибору кількості експериментів і умов їх проведення для виконання поставленого завдання з потрібною точністю. До того ж необхідно мінімізувати кількість дослідів, для скорочення пов'язаних з ними витрат часових, фінансових, людських та інших ресурсів.

Якщо на об'єкт дослідження одночасно впливає декілька змінних факторів, це відповідає умовам багатофакторного експерименту.

За кількістю факторів, що одночасно впливають на об'єкт дослідження, експерименти поділяють на однофакторні та багатофакторні. В *однофакторному експерименті* потрібну залежність визначають за

умов варіювання одного фактора і сталих значень решти, зокрема, можна встановити ступінь впливу кожного фактора окремо на об'єкт дослідження.

Багатофакторний експеримент відрізняється від традиційних форм експериментів. У його основі лежать методи математичного планування, вони ґрунтуються на математичній теорії експерименту, яка визначає умови оптимального проведення дослідження, навіть за неповного знання фізичної сутності явища. Ці методи дозволяють досліджувати й оптимізувати складні сукупності об'єктів і забезпечувати точність визначення ступеня впливу факторів, які досліджуються.

Такі експерименти зазвичай проводять невеликими серіями. Після кожної серії приймається обґрунтоване рішення про подальші дії.

Перевагами багатофакторного експерименту є:

- суттєве зменшення необхідної кількості дослідів за наявності великої кількості змінних факторів;

- математичний опис процесу здійснюється у вигляді єдиного рівняння, яке включає всі змінні фактори, (в однофакторному експерименті кількість рівнянь, що описують процес, дорівнює кількості змінних факторів).

У деяких випадках доцільно представити об'єкт дослідження у вигляді «чорної скриньки» (рис. 10.1). Зазвичай такий підхід застосовують, якщо невідомі механізми функціонування об'єкта, але визначено умови протікання процесів і вимоги до результатів.

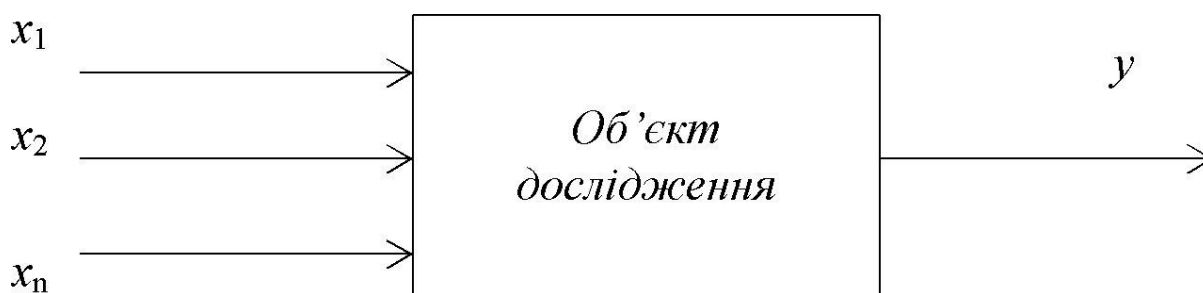


Рис. 10.1. Модель об'єкта дослідження у плані експерименту

На рис. 10.1 прийнято наступні позначення:

- x_1, x_2, \dots, x_n – **фактори**, які впливають на результати функціонування об'єкта дослідження;

- y – **функція відгуку** (цільова функція), що визначає результат функціонування об'єкта дослідження.

Модель – це рівняння вигляду $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яким описується вплив змінних факторів на об'єкт дослідження.

Вид моделі обирає дослідник на основі знань про об'єкт та результати спостережень за його поведінкою. Зазвичай починають з лінійної моделі, а в подальшому модель може бути ускладнено. Для визначення коефіцієнтів моделі необхідно провести експеримент(и).

Види моделей:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1) лінійна | $y = b_0 + \sum_1^n b_i x_i ;$ |
| 2) ступенева | $y = a_0 + a \cdot x^b ;$ |
| 3) показникова | $y = a_0 + a \cdot b^x ;$ |
| 4) поліноміальна | $y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + \dots + a_n \cdot x^n ;$ |
| 5) експоненціальна | $y = e^{a + bx} ;$ |
| 6) лінійно-логарифмічна | $y = a_0 + b \cdot \ln x ;$ |
| 7) обернена модель | $y = a_0 + b/x .$ |

Вибір значень факторів. У плануванні експерименту розглядають лише **активний** експеримент, коли кожному фактору у певному досліді можна задати конкретне значення згідно плану експерименту, тобто коли об'єкт дослідження є керованим. Якщо ж кожен фактор у деякому досліді приймає випадкове значення – це **пасивний** експеримент.

Кожен фактор у досліді може приймати одне з декількох значень $(p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jp})$ – *рівнів фактора*. Фіксований набір рівнів всіх n факторів визначає один з можливих станів об'єкта дослідження. Множина таких наборів визначає кількість можливих станів об'єкта дослідження (його складність) і одночасно кількість можливих дослідів $N=p^n$, де p – число рівнів факторів, n – кількість факторів (якщо кожен фактор має однакове число рівнів).

Кількість дослідів N може бути дуже великою (наприклад, для 10 факторів, що варіюються на 4 рівнях, $N=4^{10}$, тобто більше мільйону дослідів). З метою зменшення N використовують методи планування експерименту, які дозволяють визначити, скільки дослідів і за яких значень факторів потрібно виконати в експерименті для вирішення задачі.

Для вибору напряму та умов експерименту, перш за все, необхідно з'ясувати кількість змінних факторів та визначити інтервали їх варіювання (*область варіювання*). Ця процедура є досить важливим етапом наукового дослідження. Її виконують на основі практичного досвіду, всебічного вивчення явища, що досліджується, літературних джерел, проведення теоретичного аналізу й у кожному разі вона носить творчий та індивідуальний характер. Наприклад, у дослідженнях

скочування відчепів з гірки область варіювання режимів гальмування обмежується потужністю уповільнювачів.

Після прийняття рішення про вихідний параметр та змінні фактори, вплив яких має досліджуватись, а також про область зміни значень кожного з них здійснюють кодування факторів. Заміна натуральних значень факторів у відповідних одиницях виміру безрозмірними кодовими значеннями спрощує план експерименту та процес статистичної обробки експериментальних даних.

У середині області варіювання встановлюється основний рівень фактора x_{0j} і крок варіювання Δx_j . Число рівнів залежить від складності моделі.

10.3. Повний факторний експеримент

Повний факторний експеримент (ПФЕ) – це експеримент, в якому реалізуються всі можливі комбінації n факторів, кожен з яких варіюється на 2-х рівнях. Число цих комбінацій визначає кількість дослідів у ПФЕ (наприклад, число комбінацій двох рівнів трьох факторів 2^3 , тобто потрібно провести 8 дослідів).

Для побудови лінійних моделей достатньо 2-х рівнів факторів (верхній рівень – $x_{\text{ВР}} = x_{0j} + \Delta x_j$; нижній рівень – $x_{\text{НР}} = x_{0j} - \Delta x_j$).

Оскільки різні фактори можуть мати різну розмірність та різну шкалу можливих значень, під час планування експерименту дійсні (натуральні) значення факторів перетворюють у безрозмірні (нормовані або кодові)

$$X_j = \frac{x_j - x_{0j}}{\Delta x_j} = \pm 1 \text{ (верхній / нижній рівень)}, \quad (10.1)$$

де X_j – нормоване значення фактора;

x_j – натуральне значення фактора;

x_{0j} – натуральне значення середнього рівня;

Δx_j – інтервал зміни фактора, що визначається як половина різниці між натуральними значеннями верхнього та нижнього рівнів фактора.

Кожному натуральному значенню фактора присвоюють відповідне нормоване значення (наприклад: X_1, X_2 тощо). Найбільше нормоване значення кожного фактора позначають (+1) та називають його верхнім

рівнем, а найменше значення позначають (-1) і називають нижнім рівнем фактора. Середнє значення позначають (0) : це основний рівень фактора. Для факторів із безперервною областю визначення зв'язок між нормованим і натуральним значеннями визначають за формулою

$$X_j \geq \frac{x_j - x_{0j}}{\Delta x_j}. \quad (10.2)$$

Під час складання плану експерименту та опрацювання експериментальних даних усі фактори, незалежно від їх фізичної суті та числових значень, будуть мати однакові нормовані значення $(+1, 0, -1)$. Розшифровування, тобто перехід до натуральних значень факторів, здійснюють після закінчення статистичної обробки даних.

Повний факторний експеримент дозволяє знайти роздільні оцінки коефіцієнтів лінійної або неповної ступеневої моделі; зокрема, знаходять не теоретичні значення коефіцієнтів, а їх оцінки, тому що отримані значення містять випадкові помилки.

Побудова моделі у ПФЕ включає такі етапи:

- 1) планування експерименту;
- 2) проведення експерименту на об'єкті дослідження;
- 3) перевірка відтворюваності експерименту;
- 4) отримання математичної моделі об'єкта дослідження з перевіркою статистичної значущості коефіцієнтів моделі;
- 5) перевірка адекватності моделі.

Для прикладу розглянемо планування повного факторного експерименту за трьох факторів, план-матрицю якого наведено у табл. 10.1.

Таблиця 10.1

План-матриця ПФЕ

i	X_1	X_2	X_3	\bar{y}_i
1	-1	-1	-1	\bar{y}_1
2	-1	-1	+1	\bar{y}_2
3	-1	+1	-1	\bar{y}_3
4	-1	+1	+1	\bar{y}_4
5	+1	-1	-1	\bar{y}_5
6	+1	-1	+1	\bar{y}_6
7	+1	+1	-1	\bar{y}_7
8	+1	+1	+1	\bar{y}_8

Особливості складання плану експерименту наступні:

1. кожний i -й рядок містить нормовані значення всіх факторів в i -му досліді;

2. у першому рядку – всі фактори на нижньому рівні;

3. в інших рядках – чергування (в останньому стовпчику – через раз, в передостанньому – через 2, потім через 4 і т.д.).

Точність результатів у разі побудови математичних моделей забезпечують такі *основні властивості* планів-матриць у нормованих значеннях:

– *симетричність* відносно центра експерименту (плани, для яких сума чисел будь-якого стовпця дорівнює нулю, тобто: $\sum_{i=1}^N X_{ij} = 0$ для будь-якого j);

– *нормованість* (плани, для яких сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює числу дослідів, тобто: $\sum_{i=1}^N X_{ij}^2 = N$);

– *ортогональність* (плани, для яких сума почленних добутоків будь-яких двох стовпців матриці дорівнює нулю: $\sum_{i=1}^N X_{ij} \cdot X_{iu} = 0$ ($j \neq u$)).

Властивість ортогональності дозволяє значно спростити процес визначення коефіцієнтів рівняння регресії лінійного та поліноміального виду, зокрема, з врахуванням впливу взаємодії двох різних факторів $X_j X_u$;

– *рототабельність* (забезпечує однакову точність поверхні відгук, незалежно від напрямків руху від центра експерименту до будь-яких рівновіддалених точок);

– *уніформність* (забезпечує сталість дисперсії у деякій області навколо центра експерименту);

– *композиційність* (дозволяє проводити експеримент частинами, тобто, у разі необхідності, переходити до планування експерименту більш високого порядку, зберігаючи одночасно результати попередніх дослідів).

10.4. Перевірка відтворюваності експерименту

Методика обробки результатів експерименту включає в себе такі основні етапи:

- визначення відтворюваності результатів рівняння регресії;
- розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії і оцінка їх значущості;
- визначення рівня відповідності отриманої математичної моделі експериментальним даним, тобто перевірка адекватності рівняння регресії.

З метою забезпечення достовірності отриманих результатів, для визначення функції відгуку y_i в i -ій точці експерименту (за однакових умов) необхідно провести m паралельних дослідів. Кількість спостережень визначається залежно від надійності дослідів. Через вплив некерованих і невідомих факторів числове значення вихідного параметра y при повторенні дослідів може відрізнятись одне від одного, тому результати спостережень усереднюють

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m y_{ik} . \quad (10.3)$$

Значення \bar{y}_i наведено в останньому стовпчику таблиці плану (див. табл.10.1).

Досліди можна проводити як на реальному об'єкті, так і на його моделі. Наразі все частіше експерименти проводять на математичних (зокрема, імітаційних) моделях, перш за все з використанням комп'ютерних технологій.

Для перевірки відтворюваності експерименту необхідно визначити незміщені оцінки дисперсії S_i^2 в точках $i = 1, \dots, N$ і виконати аналіз їх однорідності (дисперсії σ_i^2 повинні бути однакові в усіх точках i)

$$S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{ik} - \bar{y}_i)^2 , \quad (10.4)$$

де m – кількість повторень кожного дослідів (паралельних дослідів);

y_{ik} – значення функції відгуку в k -му повторенні (дублюванні) i -го дослідів ($k=1\dots m, i=1\dots N$);

\bar{y}_i – середнє значення функції відгуку в i -му досліді.

Для перевірки гіпотези про однорідність оцінок S_i^2 дисперсії слід користуватися *критерієм Кохрена*

$$G = \frac{\max_i S_i^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (10.5)$$

де $\max_i S_i^2$ – найбільше значення дисперсії серед усіх дослідів.

Отримане значення G необхідно порівняти з критичним значенням $G_{кр}$, що визначають за допомогою таблиці (див. Додаток Д). Значення $G_{кр}$ вибирають залежно від $\nu_1 = m - 1$ та $\nu_2 = N$ і обраного рівня значущості $q_{від}$ (зазвичай приймають $q_{від} = 5\%$).

Якщо обчислене значення $G \leq G_{кр}$, визначеного за таблицею, тоді гіпотеза про однорідність дисперсій не суперечить спостереженням. При цьому всю групу вибіркової дисперсій S_i^2 можна вважати оцінками однієї і тієї ж генеральної дисперсії σ_i^2 відтворюваності експерименту, звідки її оцінка, з числом ступенів свободи $\nu = N(m - 1)$, визначається за формулою

$$S_{від}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2. \quad (10.6)$$

Якщо $G > G_{кр}$, то потрібно визнати невідтворюваність експерименту через великий розкид неконтрольованих і некерованих факторів. У цьому випадку потрібно або збільшувати m для дослідів з великими S_i^2 або використовувати методи статистичної обробки результатів, допустимих за умов невиконання вимоги до однорідності дисперсій.

10.5. Отримання коефіцієнтів математичної моделі та перевірка її адекватності

Користуючись методом повного факторного експерименту, можна встановити роздільні оцінки коефіцієнтів неповної ступеневої моделі за виразом

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + \dots,$$

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij}\bar{y}_i, \quad j = 0, \dots, N-1. \quad (10.7)$$

При цьому для b_0 можна вважати, що всі $X_{0i} = +1$. Розрахунок коефіцієнтів виконують у табличній формі (табл. 10.2).

Таблиця 10.2

Розрахунок коефіцієнтів рівняння

i	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_4 = X_1X_2$	$X_5 = X_1X_3$	$X_6 = X_2X_3$	$X_7 = X_1X_2X_3$	\bar{y}
1	+1	-	-	-	+	+	+	-	\bar{y}_1
2	+1	-	-	+	+	-	-	+	\bar{y}_2
3	+1	-	+	-	-	+	-	+	\bar{y}_3
4	+1	-	+	+	-	-	+	-	\bar{y}_4
5	+1	+	-	-	-	-	+	+	\bar{y}_5
6	+1	+	-	+	-	+	-	-	\bar{y}_6
7	+1	+	+	-	+	-	-	-	\bar{y}_7
8	+1	+	+	+	+	+	+	+	\bar{y}_8
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	

Отримані коефіцієнти рівняння свідчать про ступінь впливу відповідного фактора на величину відгуку y ; знак вказує напрямок зміни. Серед визначених коефіцієнтів можуть бути такі, що за своєю величиною не мають значного впливу на функцію відгуку. Тому для спрощення рівняння регресії ними можна знехтувати, але попередньо з'ясувати рівень їх значимості.

Ефект одного фактора може залежати від рівня, на якому знаходиться інший фактор (наприклад, ефект впливу швидкості вітру $V_{\text{віт}}$ на питомий опір руху відчепу від вітру $w_{\text{віт}}$ залежить від значення маси відчепу – за малої маси вплив $V_{\text{віт}}$ вище). У цьому випадку має місце *ефект взаємодії* відповідних факторів (відповідний коефіцієнт буде значущий). Повний факторний експеримент дозволяє кількісно оцінити ефекти взаємодії (подвійні, потрійні і т.д.).

Після визначення оцінок коефіцієнтів регресії b_j , необхідно перевірити гіпотези про їх значущість, тобто перевірити, чи не викликано ненульове значення b_j помилками експерименту. Для цього потрібно знайти *дисперсію оцінки коефіцієнта b_j* ; вона є однаковою для всіх коефіцієнтів і визначається за формулою

$$S_b^2 = \frac{S_{\text{від}}^2}{N \cdot m}, \quad (10.8)$$

де N – кількість дослідів ПФЕ;

m – кількість паралельних дослідів в кожній точці (за однакових умов) ПФЕ.

Довірчий інтервал для коефіцієнта можна знайти за допомогою критерію Стюдента

$$\Delta b = t_{v,q} S_b, \quad (10.9)$$

де $t_{v,q}$ – табличне значення критерію Стюдента (див. Додаток В) за кількості ступенів свободи, за якою визначається дисперсія відтворюваності, і заданого рівня значимості ($q = 1 - \beta$).

Відтак, якщо $|b_j| < \Delta b$, тоді такий коефіцієнт відкидають, вважаючи незначущим; в іншому випадку коефіцієнт b_j є значущим і його включають до моделі.

Статистичну незначущість коефіцієнту b_j може бути обумовлено такими причинами:

- 1) j -ий фактор не впливає на відгук;
- 2) обрано малий крок варіювання Δx_j ;
- 3) основний рівень фактора x_{0j} знаходиться в зоні екстремуму функції відгуку у по фактору x_i ;
- 4) велика помилка відтворюваності експерименту внаслідок впливу некерованих і неконтрольованих факторів.

Перевірка рівняння регресії на адекватність означає оцінку точності даних, отриманих у результаті проведення дослідів. Таку перевірку здійснюють за допомогою критерію Фішера.

Для перевірки потрібно порівняти значення функції відгуку, отримані за допомогою моделі \hat{y}_i , з дослідними даними \bar{y}_i у всіх точках експерименту ($i=1, \dots, N$). Розсіювання результатів дослідів на-

вколо отриманого рівняння регресії (моделі об'єкта дослідження), що описує справжню функцію відгуку, можна охарактеризувати за допомогою дисперсії адекватності

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{N-d} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2, \quad (10.10)$$

де d – число членів рівняння регресії.

Дисперсія адекватності визначається за числом ступенів свободи $\nu_{\text{ад}} = N - d$.

Перевірка гіпотези про адекватність моделі здійснюється за величиною співвідношення між дисперсією адекватності $S_{\text{ад}}^2$ і дисперсією відтворюваності $S_{\text{від}}^2$ (10.6) Якщо вони однорідні, тоді модель адекватна.

Практично перевірку виконують за допомогою F – критерію Фішера

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{від}}^2}, \quad \nu_{\text{ад}} = N - d, \quad \nu_{\text{від}} = N(m-1). \quad (10.11)$$

Якщо отримане значення менше критичного $F_{\text{кр}}$ (див. Додаток Г), яке визначається з таблиць із заданим рівнем значимості q , то гіпотезу про адекватність моделі приймають.

Перевірка адекватності можлива, якщо $\nu_{\text{ад}} > 0$ (інакше не можна обчислити $S_{\text{ад}}^2$, тому що не можна ділити на 0). Якщо деякі b_j виявилися незначущими, то $d < N$ і $\nu_{\text{ад}} > 0$.

Якщо гіпотеза про адекватність відкидається, тоді необхідно використовувати більш складні моделі (II ступеня тощо), або зменшувати інтервал зміни факторів Δx_i .

Питання для самоконтролю

1. Що потрібно передбачити для правильної розробки методики експерименту?
2. Які етапи включає план проведення експерименту?
3. Назвіть основні вимоги для вибору факторів, які впливають на об'єкт дослідження.

4. Для яких задач планується експеримент?
5. Що означає поняття «планування експерименту»?
6. Назвіть види експериментів.
7. Які переваги має багатофакторний експеримент?
8. Що таке модель об'єкту дослідження?
9. В чому різниця між активним та пасивним експериментом?
10. В чому полягає суть повного факторного експерименту?
11. Перелічить етапи побудови моделі при ПФЕ.
12. Як можна перевірити гіпотезу про однорідність оцінок S_i^2 дисперсії?
13. Що включає перевірка гіпотези про значущість коефіцієнтів рівняння регресії?
14. Назвіть причини статистичної незначущості коефіцієнтів рівняння регресії.

Теорія прийняття рішень

11.1. Рішення, їх види та класифікація

Теорія прийняття рішень (ТПР) знайшла своє застосування в аналізі тих проблем, які можна відносно легко й однозначно формалізувати, а результати досліджень – адекватно інтерпретувати.

Методи ТПР використовують у різних сферах: від проєктування складних технічних і організаційних систем, до організації нових економічних зон тощо.

Потребу застосування засобів і методів ТПР в управлінні можна обґрунтувати тим, що виявлення залежностей між окремими складними процесами та явищами, які раніше здавалися не пов'язаними одне з одним, призводять до різкого зростання труднощів під час прийняття об'єктивних рішень. Витрати на прийняття рішень зростають, наслідки помилок стають серйознішими, а звернення до фахового досвіду та інтуїції не завжди зумовлює вибір найкращої стратегії. Застосування методів ТПР дає змогу своєчасно та ефективно позбавитись зазначених недоліків.

Рішення – результат інтелектуальної діяльності людини, коли робиться вибір між альтернативними та, як правило, конкуруючими можливостями, наслідком чого є певний висновок або дія.

Ситуації, в яких відбувається вибір рішень, мають такі структурні елементи: проблемна ситуація, особа (ОПР) чи група осіб, що приймають рішення, мета (відображає призначення системи), керування, варіанти рішень, обмеження, зовнішнє середовище.

В процесі прийняття рішень для експертів та ОПР важливим є ознайомлення з проблематикою задачі, формування сприятливого мікроклімату під час спілкування, узгодження думок і поглядів різних груп, а також виявлення справжніх цілей вирішення задачі.

Види рішень

Організаційне рішення – вибір, який має зробити ОПР, щоб виконати обов'язки згідно з посадою, яку він займає.

Програмоване рішення – результат реалізації певної послідовності кроків або дій, подібних до тих, які приймають у ході розв'язання математичного рівняння (застосовують для проблем, що повторюються з певною регулярністю та виникають здебільшого у технічних галузях).

Непрограмовані рішення – визначення цілей організацій, поліпшення якості продукції, удосконалення структури управлінських підрозділів, посилення мотивації підлеглих (потрібні в ситуаціях, які певною мірою є нові, внутрішньо неструктуровані чи пов'язані з новими чинниками).

Інтуїтивне рішення – вибір, зроблений на основі відчуття того, що він правильний («осаяння», «шосте відчуття»).

Рішення, що *грунтується на міркуваннях* – вибір, який зумовлений знаннями чи надбаним досвідом.

Міркування за аналогією, як основа організаційного рішення, корисне, тому що багато ситуацій в організаціях повторюються.

Раціональне рішення не завжди залежить від минулого досвіду, його обґрунтовують у ході об'єктивного аналітичного процесу.

Рішення мають певну *класифікацію*:

1. За сферою охоплення:
 - глобальні (стосуються всієї організації);
 - локальні (пов'язані з конкретними підрозділами, службами, проблемами тощо).
2. За характером мети:
 - стратегічні (визначають головні напрямки розвитку);
 - тактичні (приймаються та реалізуються протягом короткого періоду часу).
3. За джерелом виникнення рішення:
 - ініціативні;
 - за розпорядженням;
 - за пропозицією «знизу».
4. За способом доведення рішень:
 - усні;
 - письмові.

5. За суб'єктом, що приймає рішення:
 - індивідуальні (приймаються особисто керівником);
 - колективні (приймаються загальними зборами);
 - колегіальні (розробляються групою фахівців, а приймаються колегіальними органами, радами, правліннями та ін.).
6. За ступенем новизни:
 - традиційні;
 - новаторські.
7. За методами розробки:
 - кількісні (включають методи математичного програмування, статистичні методи);
 - евристичні (засновані на використанні логіки, інтуїції, досвіду, знань керівника).
8. За наявністю інформації, що є в розпорядженні керівника:
 - детерміновані (приймаються в умовах володіння повною інформацією);
 - ймовірнісні (приймаються в умовах невизначеності, тобто за відсутності необхідної інформації або за наявності неперевіреної інформації).
9. За цільовою направленістю:
 - одноцільові;
 - багатоцільові.
10. За змістом рішень:
 - економічні (стосуються фінансів, інвестицій, заробітної плати, використання кредитів тощо);
 - соціальні (спрямовані на поліпшення умов праці та відпочинку членів колективу);
 - технічні (приймаються для розробки нових технологій, заміни технологічного обладнання тощо);
 - організаційні (спрямовані на поліпшення організації праці, вдосконалення нормативів, норм).
11. За періодами дії:
 - довготривалі (перспективні);
 - оперативні.
12. За станом свідомості керівника:
 - усвідомлені (прийняті у звичайному стані свідомості (раціональні, засновані на судженнях));

– слабо усвідомлені (прийняті у звичайному стані свідомості, але на основі інтуїції);

– неусвідомлені (прийняті у трансовому стані свідомості, стані афекту, під впливом наркотиків, алкоголю, кодування).

13. За методами:

– стандартні (приймаються у типових ситуаціях);

– нестандартні (приймаються у нових ситуаціях).

14. За ступенем нормалізації:

– добре структуровані (проблеми, які характеризуються кількісними залежностями між елементами ситуації);

– слабо структуровані (проблеми, як правило, складні, відмінні насамперед якісними залежностями між елементами ситуації);

– неструктуровані (проблеми містять лише описи найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі).

11.2. Послідовність і зміст основних етапів процесу прийняття рішень

Процес розробки управлінського рішення розпочинається з діагностування (аналізу) проблеми. З'ясувати, усвідомити, сформулювати проблему означає наполовину її вирішити, тобто необхідно мати ясність з таких питань:

– причини виникнення проблеми;

– фактори, що впливають на ситуацію;

– цілі, які повинні бути досягнуті у результаті вирішення задачі.

Правильне формування проблеми має:

– ясно, чітко і детально визначати сутність проблеми. Невизначеність і туманність неприпустимі;

– передбачати підпорядкованість і взаємозалежність проблеми з іншими проблемами, оскільки окремі організаційні проблеми часто так взаємопов'язані, що інколи неможливо вирішити одну з них без вирішення інших;

– містити точне й детальне визначення підпроблем, якщо проблема піддається поділу;

– охоплювати пріоритетні рішення взаємопов'язаних проблем і підпроблем.

Проблемну ситуацію можуть визначати керовані і некеровані фактори, які залежать від можливості впливу на них керівника. Враховується склад і пріоритетність цілей, визначаються обмеження на них.

Таким чином, під процесом прийняття рішення розуміють послідовність процедур, що призводять до отримання рішення. Процес прийняття рішення складається з наступних етапів:

1. Виявлення і опис проблемної ситуації. На цьому етапі проводять збір та обробку інформації. Інформація має бути повною, достовірною, своєчасною. Крім того, необхідно збирати інформацію, яка стосується історії й методів усунення подібних проблем (наприклад, попередні рішення були неправильними, не реалізувалися у повному обсязі; подібні проблеми вже траплялися; подібні проблеми завжди вирішувалися успішно тощо).

2. Постановка задачі. Виключає точне формулювання проблеми та опис вихідних даних.

3. Формулювання та структуризація мети вирішення проблемної ситуації.

4. Виявлення та (або) генерація альтернатив досягнення мети. Під час формування набору варіантів слід враховувати досвід рішення аналогічних задач у минулому, однак, не обмежуватися ним в інтересах пошуку найбільш раціональних способів рішення задач.

5. Опис можливих станів та дій зовнішнього середовища.

6. Оцінка можливості виникнення конкретних станів зовнішнього середовища.

7. Виявлення можливих результатів дій. На рівні логіки та інтуїції заздалегідь оцінюється корисність окремих варіантів, складність виконання інших (з таких причин, як висока трудомісткість, потреба у фінансових ресурсах, матеріалоємність тощо).

8. Опис і оцінка результатів реалізації альтернатив у конкретних умовах зовнішнього середовища (відбираються варіанти, у реальності виконання яких немає сумнівів).

9. Вибір критеріїв оцінки відповідності результатів дій поставленій меті. Вони необхідні у разі порівняння різних варіантів рішень і вибору найкращого з них, а також для оцінки міри досягнення поставленої мети. Критерій оцінки ефективності рішень повинен мати кі-

лькісний вираз, найбільш повно відображати результати рішень, бути простим і конкретним.

10. Оцінка очікуваного ефекту дій, порівняння окремих альтернатив за очікуваним ефектом дій (реалізаціями) і вибір найкращої. Вибір альтернатив здійснюється із застосуванням різних методів. Складність розрахунків з порівняння варіантів визначається кількістю факторів, які впливають на процес, що моделюється. За потреби для кожного варіанта складаються математичні моделі. У деяких випадках неекономічні критерії можуть схилити до менш економічно вигідного варіанта рішення, який не погіршить соціального клімату, екологічної ситуації тощо. Теоретично правильне рішення може виявитися неефективним, якщо з техніко-економічних причин його в конкретній організації неможливо здійснити.

11. Прийняття рішень, тобто затвердження плану розв'язання проблемної ситуації і його впровадження. При прийнятті рішення керівник має враховувати рекомендації спеціалістів. Для цього можуть організуватись обговорення на виробничих нарадах, робочих зборах. Керівник зобов'язаний врахувати також вплив якісних факторів, не охоплених математичною моделлю (престиж керівника та організації, сприйняття рішень підлеглими, час).

12. Організація і контроль виконання рішення.

Потреба у виділенні окремих етапів у ТІР і їх зміст залежить здебільшого від характеру проблеми, що розв'язується.

11.3. Організація і контроль виконання управлінських рішень

Організація виконання прийнятих рішень

Для організації виконання рішень керівник перш за все має розділити загальну програму дій з виконання прийнятого управлінського рішення на окремі частини для конкретних виконавців і встановити терміни їх виконання з використанням певних ресурсів. Після цього процес виконання рішення включає такі етапи:

1. Доведення задач до виконавців.
2. Підготовку виконавців до виконання задач.

3. Спонування виконавців до ефективного виконання задач.

Під час доведення задач до виконавців потрібно чітко роз'яснити:

- що робити (кількість і якість об'єкта, процесу);
- як робити (технологію);
- де робити (простір);
- коли робити (час, терміни);
- чим робити (матеріали, інструменти);
- з ким робити (споживачі, замовники);
- у якій послідовності робити (черговість);
- що це дає (економічний, соціальний і інший ефекти);
- які наслідки це дає (економічні, екологічні).

Для кращого сприйняття завдання спочатку роз'яснюється загальний задум рішення, що стоїть перед виконавцями. Глибоке й однозначне його розуміння – вихідна умова засвоєння індивідуальної задачі. Далі варто показати місце кожної задачі у загальній роботі, взаємні зв'язки з іншими завданнями. Потому роз'яснюється мета, тобто передбачуваний результат праці, надані в розпорядження виконавця засоби праці, вказуються терміни завершення етапів рішення та критерії оцінки результатів. Особливу увагу звертають на можливі труднощі, шляхи їх подолання, правила безпеки праці.

Для доведення задач до виконавців застосовують різні форми:

- директива – рішення про цілі перспективного розвитку окремих структурних підрозділів, підприємств, організацій, господарських систем та галузей. Директиви визначають загальну мету господарювання на тривалий період, яка потребує якісної зміни способів і методів роботи;
- постанова – прийнятий колегіальним органом управління (кабінетом міністрів, з'їздом, конференцією, колегією, комісією, правлінням) розпорядчий акт, який визначає шляхи вирішення важливих питань для всієї організації чи її певної підсистеми;
- наказ – письмове рішення певного завдання з переліком конкретних шляхів, термінів, порядку, відповідальних осіб і форм контролю;
- розпорядження – деталізація конкретних шляхів і способів виконання завдань у межах окремих служб та підрозділів;
- резолюція – конкретна вказівка виконавцю щодо його певних дій, передбачених відповідним документом;
- нарада, збори – проводять з метою опрацювання управлінських рішень та оформляють у формі протоколу;

- бесіда, метою якої є уточнити думки виконавця з приводу майбутньої роботи, зрозуміти причини його заперечень і сумнівів, відповіді на всі питання, перевірити глибину розуміння поставленої задачі й способів її вирішення;
- інструктаж – проводиться безпосередньо на початку робіт;
- показ зразків виконання – як метод доведення задачі застосовується, коли словесні пояснення недостатньо ефективні;
- вивчення документів та інше.

Контроль виконання управлінських рішень

Контроль виконання управлінських рішень є заключним етапом розробки і реалізації рішення.

Причинами відхилень від плану можуть бути: зміни умов зовнішнього середовища; недоліки планування; недоліки організації виробництва, відсутність необхідних матеріалів, інформації; безвідповідальне ставлення виконавців; конфлікти в колективі; недоліки мотивації праці працівників.

Правильно організований контроль орієнтує колектив на якісну роботу, мотивує працювати, дозволяє виявити резерви, поліпшити чинну систему прийняття рішень, сприяє підвищенню ефективності управління та діяльності підприємства в цілому.

Процес контролю – це діяльність суб'єктів контролю, спрямована на виконання прийнятих рішень шляхом реалізації певних задач, принципів, методів, застосування технічних засобів і технологій контролю.

Процес контролю характеризують три складові: змістовна (які дії вчиняти в процесі контролю), організаційна (ким і в якій послідовності здійснювати), технологічна (як здійснювати).

Ціль контролю – забезпечення поєднання рішення та виконання, попередження можливих помилок і недоробок, своєчасне виявлення відхилень від заданої програми, поставлених задач і встановлених термінів.

Зміст контролю характеризується його функціями:

- *діагностична* функція контролю полягає у виявленні фактичного стану справ з виконання прийнятого рішення;

– *орієнтуюча* функція спрямована на встановлення орієнтирів, тобто тих проблем, які на поточний момент заслуговують на найбільшу увагу;

– *стимулююча* функція контролю полягає у виявленні та залученні у роботу всіх невикористаних резервів, особливо людського фактора;

– *коригувальна* функція контролю полягає в уточненні самого рішення, якщо обставини змінилися;

– *авторський нагляд* – одна з функцій контролю, у ході якої автор не лише звертає увагу на втілення задуму, а й критично оцінює промахи, обговорює із зацікавленими особами сумніви, вчиться, підвищує свою кваліфікацію. Контроль виконує в цьому випадку ще й *педагогічну функцію*. Контроль властива також *правоохоронна функція*, тому що керівник мусить стояти на позиції дотримання та захисту чинних норм права.

Методи контролю – способи та прийоми здійснення перевірки відповідності підконтрольних об'єктів заданим параметрам. Методи контролю поділяють на такі групи:

– фактичні (лабораторний аналіз, контрольний обмір виконаних будівельних, монтажних і ремонтних робіт, хронометраж, інвентаризація, експертиза, контрольне приймання продукції за якістю та кількістю тощо);

– розрахунково-аналітичні (техніко-економічні розрахунки, аналітичне оцінювання, арифметична перевірка тощо);

– документальні (вивчення сутності і змісту зазначених у документах операцій, поточна перевірка, перевірка кореспонденції рахунків бухгалтерського обліку, зустрічна перевірка документів тощо).

Вибір методів контролю залежить насамперед від обсягів роботи та завдань. Критеріями при цьому є мінімізація витрат робочого часу на проведення контрольних робіт; результативність і доказовість обраного методу; типові для конкретних об'єктів порушення та адекватність методів їх виявлення.

Процес контролю включає чотири стадії:

- 1) встановлення стандартів (критеріїв, норм) діяльності;
- 2) збір даних про фактичні результати;
- 3) порівняння та оцінка фактичного й очікуваного результатів;
- 4) розробка та реалізація коригувальних дій.

Критерієм контролю виступають конкретні цілі, вибрані з планів

організації. Стандарти, критерії, норми вказують на те, яким має бути кінцевий результат.

Збір даних про фактичне виконання рішень – забезпечуючий етап контролю. Матеріали аналізу негайно надають керівникові, чия ділянка роботи контролювалася. Розробка коригувальних дій здійснюється на основі сигнальної (індикаторної) інформації. При цьому розкриваються причини відхилень, пропонуються альтернативні варіанти їх подолання.

Таким чином, раціональна організація виконання управлінських рішень і систематичний контроль за дотриманням норм і умов їх якісного використання – це передумова забезпечення ефективності виконання рішень.

Питання для самоконтролю

1. В яких сферах можуть застосовуватись методи теорії прийняття рішень?
2. Що таке «рішення»?
3. Назвіть критерії класифікації видів рішень
4. З чого починається процес розробки управлінського рішення?
5. З яких етапів складається процес прийняття рішень?
6. Які вимоги пред'являються до критеріїв оцінювання відповідності результатів дій під час прийняття рішення поставленій меті?
7. Що потрібно зробити для того, щоб рішення було виконано вчасно і ефективно?
8. Які існують форми доведення задач до виконавців?
9. Наведіть можливі причини відхилень від плану при реалізації рішення.
10. Наведіть функції контролю виконання рішень.
11. Які можна використовувати критерії контролю виконання рішень?

Метод аналізу ієрархій

12.1. Переваги та можливості методу

Як зазначалось вище теорія прийняття рішень має в своєму арсеналі багато методів. Одним з порівняно нових але ефективних методів дослідження складних систем та обґрунтування рішень щодо їх удосконалення шляхом оцінки можливих альтернатив є метод аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій створений американським вченим Томасом Сааті і наразі перетворився на значний міждисциплінарний розділ науки, що має суворі математичні та психологічні обґрунтування і численні прикладні програми.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) – методологічна основа для вирішення задач вибору альтернатив за допомогою їх багатокритеріального рейтингування.

Основне застосування методу – підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної композиції задачі і рейтингування альтернативних рішень. Маючи на увазі цю обставину, перерахуємо **переваги та можливості МАІ**.

1) *Метод дозволяє проаналізувати проблему.* При цьому проблема прийняття рішення представляється у вигляді ієрархічно впорядкованих рівнів:

- а) головної мети (головного критерію) рейтингування можливих рішень;
- б) декількох груп (рівнів) однотипних факторів, які так чи інакше впливають на рейтинг;
- в) групи можливих рішень;
- г) системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив чинників і рішень.

Передбачається, що для всіх перерахованих рівнів ієрархії визначені їх взаємні впливи один на одного (зв'язки один з одним).

2) *Метод дозволяє провести збір даних з проблеми.*

Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішення має кластерну структуру. Набір можливих рішень і всі фактори, що впливають на пріоритети рішень, розбиваються на відносно невеликі групи – кластери. Розроблена в МАІ процедура парних порівнянь дозволяє визначити пріоритети об'єктів, що входять до кожного кластеру. Отже, складна проблема збору даних розбивається на низку більш простих.

3) *Метод дозволяє оцінити суперечливість даних і мінімізувати її.*

З цією метою у методі аналізу ієрархій розроблені процедури узгодження. Зокрема, є можливість визначати найбільш суперечливі дані, що дозволяє виявити найменш зрозумілі ділянки проблеми і організувати більш ретельне вибіркове її обдумування.

4) *Метод дозволяє здійснити синтез проблеми прийняття рішення.*

Після того, як проведено аналіз проблеми та зібрані дані по всіх кластерах, за спеціальним алгоритмом розраховується підсумковий рейтинг – набір пріоритетів альтернативних рішень. Властивості цього рейтингу дозволяють здійснювати підтримку прийняття рішень. Наприклад, приймається рішення з найбільшим пріоритетом. Крім того, метод дозволяє побудувати рейтинги для груп факторів, що дозволяє оцінювати важливість кожного фактору.

5) *Метод дозволяє організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу.*

Думки, що виникають під час обговорення проблеми прийняття рішення, самі можуть в даній ситуації розглядатися в якості можливих рішень. Тому метод аналізу ієрархії можна застосувати для визначення важливості врахування думки кожного учасника обговорення.

6) *Метод дозволяє оцінити важливість врахування кожного рішення і важливість врахування кожного чинника, що впливає на пріоритети рішень.*

Відповідно до формулювання завдання прийняття рішення величина пріоритету безпосередньо пов'язана з оптимальністю рішення. Тому рішення з низькими пріоритетами відкидаються як несуттєві. Як зазначено вище, метод дозволяє оцінювати пріоритети факторів. Тому, якщо через виключення деякого фактора пріоритети рішень

змінюються незначно, тоді такий фактор можна вважати несуттєвим для даної задачі.

7) *Метод дозволяє оцінити стійкість прийнятого рішення.*

Прийняте рішення можна вважати обґрунтованим лише за умови, що неточність даних або неточність структури об'єкту дослідження не впливають істотно на рейтинг альтернативних рішень.

МАІ передбачає декомпозицію проблеми на більш прості складові частини і обробку суджень ОПР. У результаті визначається відносна значущість досліджуваних альтернатив для всіх критеріїв, які перебувають в ієрархії. Відносна значущість виражається чисельно у вигляді векторів пріоритетів. Отримані таким чином значення векторів пріоритетів є оцінками у шкалі відношень і відповідають так званим жорстким оцінкам.

Можна виділити ряд модифікацій МАІ, які визначаються характером зв'язків між критеріями і альтернативами, розташованими на самому нижньому рівні ієрархії, а також методом порівняння альтернатив.

За характером зв'язків між критеріями і альтернативами визначається *два типи ієрархій*. До першого типу відносять такі ієрархії, у яких кожен критерій, який має зв'язок з альтернативами, пов'язаний з усіма розглянутими альтернативами (тип ієрархій з однаковими числом і функціональним складом альтернатив за критеріями). До другого типу ієрархій належать такі, у яких кожен критерій, який має зв'язок з альтернативами, пов'язаний не з усіма розглянутими альтернативами (тип ієрархій з різними числом і функціональним складом альтернатив за критеріями).

12.2. Методика вибору альтернатив методом аналізу ієрархій

МАІ ґрунтується на принципах декомпозиції та синтезу, реалізація яких дає змогу зменшити кількість можливих помилок у процесі отримання інформації від експерта. За допомогою МАІ отримують структуру у вигляді ієрархії, що дозволяє уникнути складних порівнянь, замінивши їх попарними порівняннями. Цей метод дає змогу перевіряти послідовність (несуперечливість) тверджень експерта.

Ієрархія – певна абстракція структури системи, призначена для вивчення функціональної взаємодії її компонентів і їх впливів на систему загалом (рис. 12.1).

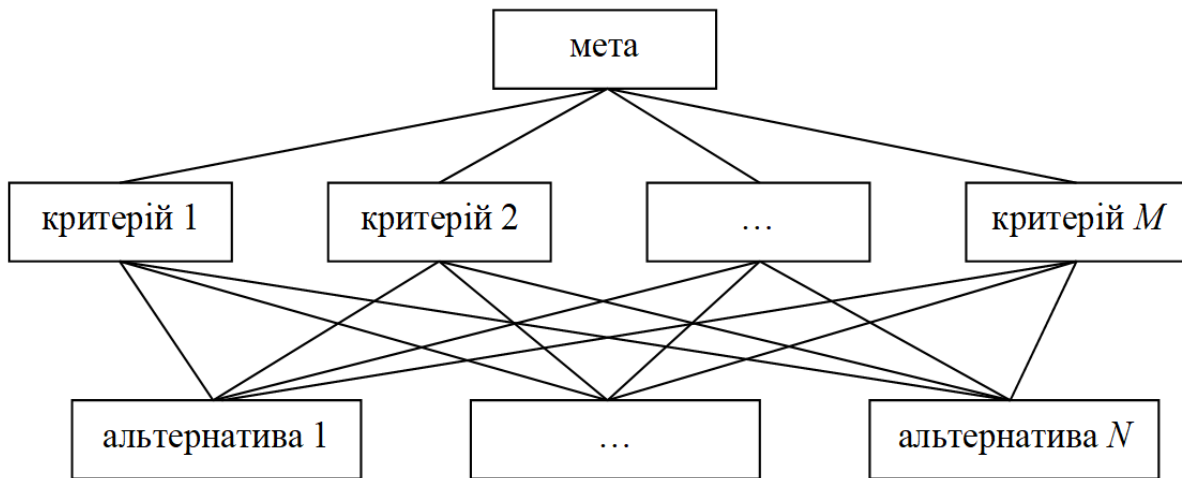


Рис. 12.1. Структура ієрархії критеріїв і альтернатив

МАІ – систематична процедура, яка ґрунтується на ієрархічному представленні елементів, що визначають сутність проблеми. Проблему піддають декомпозиції на простіші складові з подальшим оцінюванням ОПР відносного ступеня взаємодії елементів отриманої таким чином ієрархічної структури. Метод ґрунтується на принципах ідентичності та декомпозиції, згідно з якими структурування проблем у вигляді ієрархії чи мережі містить процедури синтезу множинних тверджень, оцінювання пріоритетності критеріїв та пошуку альтернативних рішень.

Основне завдання в ієрархії – оцінити вищі рівні, виходячи з взаємодії нижчих рівнів, а не з безпосередньої залежності від елементів на цих рівнях.

У разі застосування МАІ для експерта корисними є такі рекомендації.

Якщо є множина альтернатив (дій), серед яких потрібно зробити вибір, і є сумніви щодо критеріїв, за якими оцінювати альтернативи, необхідно порівняти попарно критерії щодо коротко- та довгострокових дій, ризику та переваг, а також побудувати матрицю попарних порівнянь щодо ефективності та успіху.

Можна порівняти обрані дії за значеннями кожного критерію на найнижчому рівні, обчислити ваги відносно ієрархії та обрати дію з вищим пріоритетом.

Якщо розглянуто достатню кількість альтернатив та тверджень і є впевненість, що всі істотні чинники взято до уваги, то в такому випадку зроблено все можливе для того, щоб обрати найкращу альтернативу за наявних умов.

Послідовність етапів МАІ

1. Формулювання проблеми, яку потрібно вирішити.
2. Постановка проблеми загалом – включення її (якщо це необхідно) до великої системи, у якій є інші зацікавлені дійові особи, розгляд їх ідей та бажаних результатів.
3. Ідентифікація критеріїв, за якими буде оцінено якість вирішення проблеми.
4. Побудова ієрархії спільних критеріїв, окремих критеріїв, властивостей альтернатив і самих альтернатив. У проблемі з багатьма учасниками рівні ієрархії можуть стосуватися довкілля, цілей, діяльностей і результатів, за допомогою яких буде отримано узагальнений результат. Щоб усунути неясності слід ретельно визначити кожен елемент в ієрархії.
5. Визначення пріоритетів первинних критеріїв (сил) щодо їх впливу на генеральну мету.
6. Чітке формулювання питання для попарних порівнянь у кожній матриці. Потрібно звернути увагу на орієнтацію кожного питання (наприклад, вартість має зменшуватись, а ефективність збільшуватись).
7. Встановлення пріоритетів часткових критеріїв стосовно глобальних. Фіксація результатів попарних порівнянь.
8. Опрацювання зібраних даних згідно з алгоритмом МАІ для обчислення глобальних пріоритетів і глобальної узгодженості результатів.
9. У разі вибору серед альтернатив обрання тієї, що має найбільше значення глобального пріоритету.

У МАІ порівнюють елементи задачі попарно щодо їх впливу (дії, ваги, інтенсивності) на спільну для них характеристику. Матриця парних порівнянь \bar{A} має вигляд

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (12.1)$$

де a_{ij} – число, яке показує у скільки разів вага критерію A_i більше ваги критерію A_j .

Коли немає кількісних оцінок порівнюваних елементів, а є тільки якісні характеристики, за фундаментальною шкалою відносно важливість a_{ij} елемента i над елементом j того ж рівня ієрархії можна експертно виразити натуральним числом від 1 до 9 або зворотним числом (у порядку зменшення 1, 1/2, ..., 1/9). При цьому матриця парних порівнянь відповідно до МАІ має відповідати наступним вимогам:

1) всі елементи матриці парних порівнянь \bar{A} невід’ємні, а її діагональні елементи дорівнюють одиниці, тобто $a_{ij} > 0$, $a_{ii} = 1$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;

2) матриця парних порівнянь зворотно симетрична, тобто $a_{ij} = 1 / a_{ji}$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;

3) матриця парних порівнянь сумісна, тобто рівності $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ мають місце для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;

4) ваговий вектор $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ є власне вектором, який відповідає максимальному власному значенню λ_{\max} матриці \bar{A} .

В ієрархічному поданні проблем матрицю складають для порівняння відносної важливості критеріїв другого рівня відносно загальної мети першого рівня (кореня ієрархії), а потому складають такі самі матриці попарних порівнянь наступного рівня відносно елементів попереднього рівня ієрархії.

Матриці парних порівнянь можна формувати як на основі реальних вимірів, так і за допомогою фундаментальної шкали Сааті (табл. 12.1).

Таблиця 12.1

Фундаментальна шкала Сааті

Відносна важливість	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помітна перевага одного над іншим
5	Суттєва перевага
7	Значна перевага
9	Дуже сильна перевага
2, 4, 6, 8	Проміжна оцінка між двома сусідніми рівнями ієрархії

Якщо матриці парних порівнянь формують на основі реальних вимірів, то в такій ситуації виміряні значення можна перерахувати у значення, які визначаються шкалою Т. Сааті (див. табл. 12.1), за формулами:

$$a_i = 1 + 8 \cdot \frac{b_i - \inf(B)}{\sup(B) - \inf(B)}, \quad (12.2)$$

$$a_i = 9 - 8 \cdot \frac{b_i - \inf(B)}{\sup(B) - \inf(B)}, \quad (12.3)$$

де a_i – нові значення альтернатив в шкалі Сааті, $a_i \in (1 \dots 9)$;

B – множина значень альтернатив у вихідній шкалі;

b_i – значення альтернатив у вихідній шкалі, $b_i \in B$;

$\inf(B)$, $\sup(B)$ – нижня і верхня межа множини B відповідно.

Якщо альтернатива вважається кращою за більшого значення критерію, коли нижня межа значень у вихідній шкалі відповідає нижній межі значень в шкалі Сааті, тобто $\inf(B) = 1$, тоді застосовують формулу (12.2). Якщо альтернатива вважається кращою за меншого значення критерію, коли $\inf(B) = 9$, застосовують формулу (12.3). Матриці парних порівнянь в цьому випадку обов'язково будуть узгодженими.

Локальні пріоритети отримують шляхом визначення множини векторів часткових пріоритетів для кожної з обернено симетричних матриць ієрархії та нормалізації результату. Наближене обчислення пріоритетів здійснюють шляхом визначення середнього геометричного рядків матриці попарних порівнянь з подальшою нормалізацією всіх складових отриманого нормалізованого вектора часткових пріоритетів \mathbf{P} за формулою

$$p_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad p_i \in \mathbf{P}, \quad (12.4)$$

де V_i – середнє геометричне значення часткового пріоритету, яке визначається виразом

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}. \quad (12.5)$$

Отримані значення вектора часткових пріоритетів використовують для подальших обчислень.

Процес визначення глобальних пріоритетів для альтернативи i можна інтерпретувати як величину корисності β_j :

$$\beta_j = \sum_{j=1}^n p_j \cdot k_{ij}, \quad p_j \in \mathbf{P}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (12.6)$$

де k_{ij} – відносна значущість альтернативи j з урахуванням значущості критерію i .

Таким чином, глобальний пріоритет визначається як сума часткових пріоритетів. Розраховані глобальні пріоритети є вагами для цільових критеріїв. Вони характеризують альтернативи за оцінкою ОПР і сприяють досягненню головної мети.

Неповнота знань експерта про властивості об'єкта призводить до неузгодженості даних. Для оцінювання неузгодженості експертних оцінок визначають індекс узгодженості I та відношення узгодженості R .

Індекс узгодженості – кількісна оцінка суперечливості результатів порівняння, яка надає інформацію про ступінь порушення узгодженості

$$I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (12.7)$$

де λ_{\max} – максимальне власне значення матриці парних порівнянь;
 n – розмір матриці (кількість альтернатив).

Максимальне власне значення матриці λ_{\max} визначається як

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot p_i, \quad p_i \in \mathbf{P}. \quad (12.8)$$

Слід зазначити, що у разі ідеально узгодженої матриці її максимальне власне значення відповідає розмірності матриці, тобто $\lambda_{\max} = n$.

Відношення узгодженості визначається за формулою

$$R = \frac{I}{I^*}, \quad (12.9)$$

де I^* – середнє значення індексу випадкової узгодженості, який являє собою індекс узгодженості, згенерований випадковим чином за шкалою від 1 до 9 симетричною матрицею з відповідними зворотними величинами.

У своїх дослідженнях Т. Сааті визначив середні значення I^* для матриць, що включають до 15 критеріїв порівняння. Середні значення випадкового індексу узгодженості у залежності від розмірності матриці представлені у табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Середнє значення індексу узгодженості I^* у залежності від розміру матриці n

n	1	2	3	4	5	6	7	8
I^*	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
n	9	10	11	12	13	14	15	–
I^*	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59	–

Значення $R \leq 0,1$ вважаються прийнятними. В іншому випадку потрібно виконати процедуру перегляду суджень (переоцінку).

12.3. Практичне використання методу

Розглянемо процедуру оцінки і вибору раціональної конструкції колійного розвитку методом аналізу ієрархій на конкретному прикладі.

До приймально-відправного парку залізничної станції, що складається з 5 колій, примикає двоколійна лінія. Є кілька варіантів схем колійного розвитку станційної горловини, які представлені на рис. 12.2.

Кожен з наведених варіантів відрізняється геометричними розмірами, кількісними характеристиками і якісними показниками, які можна використовувати в якості критеріїв пошуку раціональної схеми колійного розвитку станційної горловини.

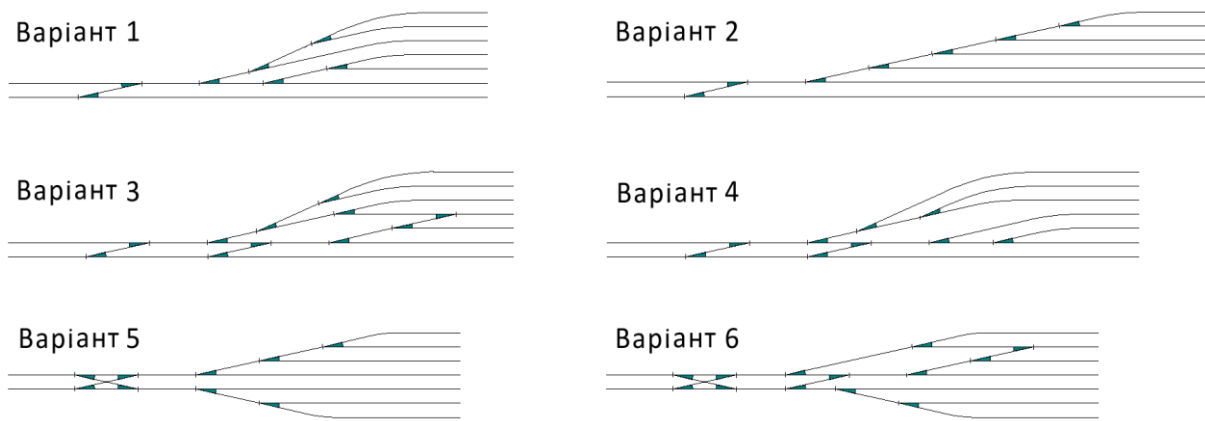


Рис. 12.2. Варіанти схеми колійного розвитку станційної горловини

Слід зазначити, що порівнювані варіанти проектних рішень є однорідними, тому що мають однакову кількість колій у парку і на підході до станції. Якщо порівнювати неоднорідні схеми, то отримане рішення буде необ'єктивним.

В якості критеріїв порівнюваних альтернатив (варіантів схеми колійного розвитку) прийнято кількість стрілочних переводів $n_{сп}$, будівельну довжину колій $L_{б\text{уд}}$, максимальну кількість одночасних перекувань у горловині станції $N_{п}$, середню кількість стрілочних переводів по маршруту руху $M [n_{сп}]$, середнє значення суми кутів повороту від стрілок і кривих по маршруту руху $M [\varphi]$, середнє значення довжини маршруту руху $M [l_{м}]$. Значення вказаних показників по варіантах проектних рішень представлені у табл. 12.3.

Таблиця 12.3

Значення критеріїв альтернатив

схема	Критерії					
	$N_{сп}$, ШТ	$L_{б\text{уд}}$, КМ	$N_{п}$, ШТ	$M [n_{сп}]$, ШТ	$M [\varphi]$, град.	$M [l_{м}]$, м
1	7	1263,53	1	3,89	23,78	244,00
2	7	1649,78	1	4,91	24,09	280,29
3	11	1238,04	2	5,00	27,47	283,41
4	9	1375,27	2	4,50	25,01	289,70
5	9	1161,06	2	4,00	22,82	215,10
6	13	1194,48	2	5,40	24,40	271,82

Матриця парних порівнянь за кожним критерієм формується таким чином, щоб у кожній клітині матриці були записані відношення значень критерію порівнюваних альтернатив. Для прикладу на рис. 12.3 наведено матрицю парних порівнянь альтернатив за критерієм $n_{сп}$.

$N_{сп}$	1	2	3	4	5	6
1	1	7/7	11/7	9/7	9/7	13/7
2	7/7	1	11/7	9/7	9/7	13/7
3	7/11	7/11	1	9/11	9/11	13/9
4	7/9	7/9	11/9	1	9/9	13/9
5	7/9	7/9	11/9	9/9	1	13/9
6	7/13	7/13	9/13	9/13	9/13	1
$\inf(B)$	7/13	7/13	9/13	9/13	9/13	13/9
$\sup(B)$	7/7	7/7	11/7	9/7	9/7	13/7

Рис. 12.3. Матриця парних порівнянь для критерію $n_{сп}$

Для того, щоб привести відношення, отримані в матриці парних порівнянь, до шкали Сааті, необхідно скористатися формулою (12.3). (Для матриці парних порівнянь за критерієм кількості одночасних пересувань $N_{п}$ необхідно використовувати формулу (12.2), тому що альтернатива вважається кращою за більшого значення $N_{п}$.) Результати приведення оцінок матриці парних порівнянь альтернатив за критерієм $n_{сп}$ до шкали Сааті, а також значення нормалізованого вектору пріоритетів \mathbf{P} наведеної на рис. 12.4.

$N_{сп}$	1	2	3	4	5	6	$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$	$P_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$
1	1	1	9	6	6	9	3,7798	0,3791
2	1	1	9	6	6	9	3,7798	0,3791
3	1/9	1/9	1	1/4	1/4	3	0,3637	0,0365
4	1/6	1/6	4	1	1	5	0,9067	0,0909
5	1/6	1/6	4	1	1	5	0,9067	0,0909
6	1/9	1/9	1/3	1/5	1/5	1	0,2341	0,0235
Σ	2,56	2,56	27,33	14,45	14,45	32,00	9,97	

Рис. 12.4. Матриця парних порівнянь і елементи нормалізованого вектору пріоритетів \mathbf{P} для критерію $n_{сп}$

Отримані у таблиці результати порівняння альтернатив (рис. 12.4) показують, що кращими схемами за критерієм $n_{сп}$ є варіанти 1 і 2, для яких значення часткових пріоритетів дорівнюють 37,91 %. Це цілком закономірно, тому що зазначені варіанти проектних рішень використовують найменшу кількість стрілочних переводів ($n_{сп} = 7$).

Аналогічним чином формуються матриці парних порівнянь і розраховуються нормалізовані пріоритети для решти критеріїв. Результати розрахунків представлені у графічному вигляді на рис. 12.5.

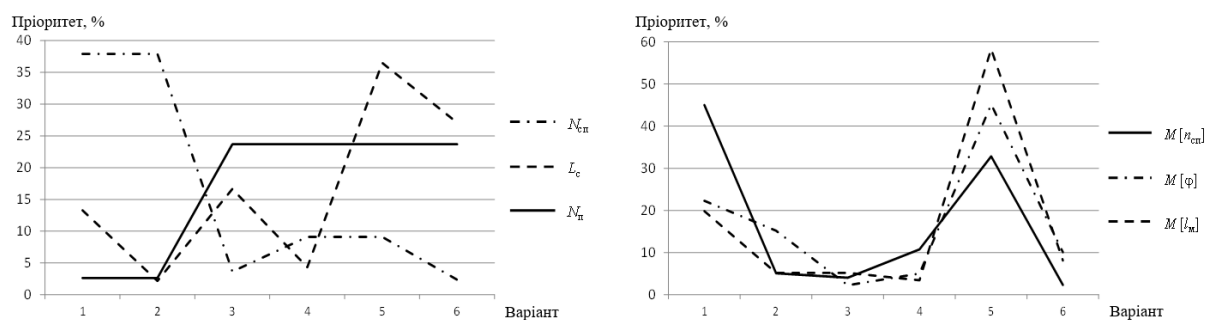


Рис. 12.5. Розподіл нормалізованих пріоритетів за варіантами

Для перевірки суперечливості результатів суджень розраховані максимальні власні значення матриць парних порівнянь λ_{max} , індекси узгодженості I , а також відношення узгодженості R . Результати розрахунків наведено у табл. 12.4.

Таблиця 12.4

Результати перевірки суперечливості матриць парних порівнянь

Критерій	λ_{max}	I	I^*	R	Висновок
$N_{сп}$	6,31	0,06	1,24	0,05	не суперечить
$L_{буд}$	6,40	0,08	1,24	0,06	не суперечить
N_p	6,00	0,00	1,24	0,00	не суперечить
$M[n_{сп}]$	6,43	0,09	1,24	0,07	не суперечить
$M[\varphi]$	6,32	0,06	1,24	0,05	не суперечить
$M[l_M]$	6,59	0,12	1,24	0,09	не суперечить

На заключному етапі визначається величина корисності β_j для кожної альтернативи на основі раніше визначених елементів нормалізованих векторів \mathbf{P} за всіма критеріями. Результати розрахунку наведено на рис. 12.6.

схема	$N_{сп}$	$L_{буд}$	$N_{п}$	$M[N_{сп}]$	$M[\varphi]$	$M[L_M]$	$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n p_{ij}}$	$\beta_j = \sum_{j=1}^n p_j \cdot k_{ij}$
1	0,379	0,133	0,026	0,450	0,223	0,198	0,1725	0,2285
2	0,379	0,022	0,026	0,051	0,152	0,052	0,0664	0,0880
3	0,036	0,166	0,237	0,040	0,023	0,052	0,0638	0,0845
4	0,091	0,043	0,237	0,108	0,050	0,034	0,0746	0,0988
5	0,091	0,365	0,237	0,328	0,452	0,583	0,2965	0,3928
6	0,023	0,271	0,237	0,023	0,101	0,081	0,0811	0,1074
Σ	-	-	-	-	-	-	0,7549	-

Рис. 12.6. Розподіл нормалізованих пріоритетів за варіантами

Таким чином, після виконаного аналізу числових оцінок порівнюваних проектних рішень, очевидно, що варіант № 5 схеми колійного розвитку станційної горловини є найкращим, тому що має найбільший пріоритет $R_5 = 39,28 \%$. При цьому найгіршим варіантом є варіант № 3 з пріоритетом $R_3 = 8,45 \%$.

Питання для самоконтролю

1. Для розв'язку яких завдань доцільно використовувати метод аналізу ієрархій?
2. Перерахуйте переваги МАІ.
3. Що таке ієрархія?
4. Які типи ієрархій існують?
5. Наведіть послідовність етапів проведення МАІ.
6. Що означають елементи матриці парних порівнянь?
7. Які вимоги пред'являються до матриці парних порівнянь?
8. Для чого використовують шкалу Сааті?
9. Що являє собою індекс узгодженості?
10. Для чого застосовують відношення узгодженості?
11. Що потрібно зробити, якщо відношення узгодженості перевищує максимально дозволене значення?
12. Як за допомогою глобального вектору пріоритетів вибирають найкращу альтернативу?

Методи експертних оцінок

13.1. Передумови виникнення методу

Під час виконання досліджень та пошуку найбільш ефективного рішення тієї чи іншої проблеми часто виникає необхідність оцінити важливість (вагу) того чи іншого фактора впливу, критерію, ризиків, альтернативного рішення тощо. При цьому у переважній більшості випадків ця оцінка здійснюється не за абсолютною, а за відносною (порівняльною, порядковою або ранговою) шкалою. Очевидно, що отримання точної (кількісної) оцінки за такою шкалою звичайними методами (за допомогою вимірювальних пристроїв, моделюванням тощо) неможливо. Особливо складні проблеми виникають, коли потрібно надати перспективні оцінки якісно новим процесам і явищам, які раніше не зустрічалися в суспільному житті і про які, природно, відсутня будь-яка інформація.

Разом з тим, точність та надійність оцінки проблеми в значній мірі впливають на кінцевий результат дослідження та на якість відповідного рішення. Таким чином, виникає потреба застосування таких методів аналізу, які не базуються виключно на статистичних даних. При цьому можливість вирішення таких задач, навіть в умовах відсутності теоретичних обґрунтувань та статистичних даних, здійснюється за рахунок умілого використання досвіду, інтуїції та знань експертів – спеціалістів та вчених, що працюють над розв'язанням відповідної проблематики.

Використання інтуїтивно-логічного аналізу обумовило розвиток і вдосконалення низки методик, які дозволили значно поглибити дослідження проблем без їх кількісної формалізації. Методи, які основані на припущенні про те, які на базі думок спеціалістів у певній галузі знань можна побудувати адекватну картину майбутнього розвитку з урахуванням всіх можливих зсувів і стрибків, отримали назву методів експертиз або *методів експертних оцінок*.

13.2. Основні принципи та класифікація методів експертного оцінювання

«Експерт» в дослівному перекладі з латинської мови означає «досвідчений». Тому метод експертних оцінок полягає в обробці інформації, отриманої шляхом опитування експертів. Використання експертів як джерела інформації про майбутній розвиток процесу (явища, об'єкта), що досліджується, ґрунтується на гіпотезі наявності бодай у частини провідних спеціалістів конкретної області глибоких і достатніх знань про шляхи розв'язання проблем, що розглядаються.

Методи експертних оцінок використовують у таких випадках:

- 1) в умовах відсутності достатньої за обсягом та достовірної інформації про явища (процеси, об'єкти), що досліджуються;
- 2) в умовах значної невизначеності середовища, де функціонує об'єкт;
- 3) в умовах дефіциту часу або в екстремальних ситуаціях;
- 4) у разі розробки середньо- та довгострокових прогнозів об'єктів, які підпадають під вплив корінних змін, наприклад, наукових відкриттів.

Метою експертного дослідження є підготовка інформації для ухвалення рішень ОПР.

Під час організації і проведенні процедури опитування слід дотримуватися певних *принципів*, зокрема:

- до експертного опитування слід долучити знаних, висококваліфікованих спеціалістів у відповідних областях знань;
- думки спеціалістів повинні бути подані у такій формі, що дозволяє їх систематизувати;
- велика кількість висловлених ідей неодмінно включає певну кількість плідних ідей;
- дотримуючись закону великих чисел, думки достатньо великої кількості експертів слід вважати точними характеристиками проблеми, що досліджується;
- отримання відповідей експертів у максимально систематизованій формі можливе тільки за умови чітко визначеного завдання і конкретно заданих питань;

– у разі надання експерту нової інформації, він мусить уміти творчо використати її й удосконалити відповіді у напрямку підвищення вірогідності і точності оцінок.

Виділяють такі **основні етапи експертного опитування**:

1. Ухвалення рішення про необхідність проведення експертного опитування і формування ОПР його мети.
2. Добір і призначення ОПР основного складу робочої групи, яка відповідатиме за організацію та проведення експертного дослідження в цілому, та за відбір експертів, зокрема.
3. Розробка основним складом робочої групи та затвердження ОПР завдання на проведення експертного опитування.
4. Розробка аналітичною підгрупою робочої групи докладного сценарію збирання та аналізу експертних думок (оцінок).
5. Обрання експертів відповідно до їх компетентності.
6. Формування експертної комісії.
7. Збирання та накопичення експертної інформації.
8. Комп'ютерний аналіз експертної інформації.
9. Якщо експертна процедура складається з кількох турів, повторюються два попередніх етапи.
10. Підсумковий аналіз експертних думок, інтерпретація отриманих результатів аналітичною підгрупою робочої групи та підготовка заключного документа для ОПР.
11. Офіційне закінчення діяльності робочої групи (затвердження ОПР заключного документа, підготовка наукового та фінансового звітів).

Експертизи класифікують за кількома ознаками:

1) *Мета експертизи*. Одне із основних питань експертизи таке: що саме має бути результатом роботи експертної групи – інформація про прийняття рішення ОПР чи проект рішення? Якщо потрібно підготувати проект рішення для ОПР, то при цьому приймають догми узгодженості й одновимірності.

Догма узгодженості. Вважається, що рішення може бути ухвалене тільки на основі узгоджених думок експертів. Тому виключають з експертної групи тих, чия думка кардинально відрізняється від думки більшості. При цьому виключаються як некваліфіковані особи, так і найбільш оригінальні мислителі, які глибше проникли в проблему, ніж більшість.

Догма одновимірності. Важлива конкретна (вузька) постановка задачі перед експертами, але такої постановки часто немає, тоді виникають спроби розробки узагальненого показника якості, наприклад, у вигляді лінійної функції від всіх перерахованих змінних.

2) *Кількість турів*. Експертиза може складатись з одного туру, фіксованої кількості турів чи із невизначеної їх кількості.

3) *Організація спілкування експертів*. Розглядають переваги та недоліки організації за такою шкалою: немає спілкування – заочне анонімне спілкування – заочне відкрите спілкування – очне спілкування з обмеженнями – очне спілкування без обмежень.

Найчастіше науковці виділяють *індивідуальні* (персональні) експертні оцінки та *групові* (колективні) експертні оцінки.

13.3. Методи індивідуальних експертних оцінок

Методи індивідуальних експертних оцінок ґрунтуються на виявленні індивідуальних думок про розвиток об'єкта (процесу, явища), що досліджується.

Індивідуальність опитування полягає в тому, що експерти не збираються разом; незнайомі з оцінками інших експертів; різних експертів можуть опитувати відносно різних аспектів однієї проблеми; опитування різних експертів може проводитись за різними процедурами.

До методів індивідуальних експертних оцінок відносять метод інтерв'ю та метод аналітичних записок.

Метод інтерв'ю передбачає бесіду організатора експертизи (дослідника) із спеціалістом-експертом у певній галузі знань, яка проводиться відповідно до заздалегідь розробленої програми. Організатор ставить перед експертом питання відносно перспектив розвитку об'єкта прогнозування. Слід зазначити, що у процесі проведення індивідуального опитування програма дослідження може неодноразово коригуватися внаслідок отримання нової інформації на проміжних етапах.

Якщо рівня знань одного експерта достатньо для забезпечення організаторів інформацією про явище, що досліджується, тоді в індивідуальному опитуванні може бути задіяний тільки один фахівець.

Проте, як правило, до опитування залучають групу експертів з метою підвищення надійності експертизи.

Ступінь формалізації інтерв'ю з певної проблематики може бути різною. *Низький рівень формалізації* опитування – неформальна бесіда, за результатами якої визначається тільки тема проблеми. Експерт у такому випадку самостійно вирішує як її висвітлювати. За необхідності, організатор експертизи може задати експерту уточнюючі або навідні запитання. *Високий рівень формалізації* передбачає чіткий перелік запитань відкритого типу. Цей метод у порівнянні з попереднім складніший як на етапі проведення опитування, тому що потребує високої кваліфікації інтерв'юера, так і на етапі інтерпретації отриманої інформації – потребує високої кваліфікації дослідника.

Успіх експертизи за методом інтерв'ю у значній мірі визначається здібністю експерта експромтом давати відповіді на найрізноманітніші складні, фундаментальні запитання про перспективи розвитку об'єкта (процесу, явища), що досліджується.

Під час інтерв'ю дослідник може використовувати *списки контрольних запитань*, за допомогою яких можна наблизитися до рішення задачі. Списки таких запитань пропонувалися різними авторами, починаючи з 20-х років ХХ сторіччя.

Широко поширені універсальні списки запитань, складені А. Осборном, Е. Раудзенпом, Т. Ейлоартом, Д. Пірсоном й ін. Вони складаються з різної кількості запитань. За кордоном частіше користуються списком, розробленим А. Осборном, що містить 9 груп питань.

Список контрольних запитань за А. Осборном:

1) Яке нове застосування технічного об'єкта можна запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?

2) Чи можливе вирішення задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи були в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Якому технічному об'єкту потрібно розробити вдосконалену альтернативу?

3) Які модифікації технічного об'єкта можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, скручування, повороту? Які зміни призначення (функції), кольору, руху, аромату, форми, обрисів можливі? Інші можливі зміни?

4) Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна приєднати? Чи можливо збільшити термін функціонування, впливу? Збільшити частоту, розміри, міцність? Підвищити якість? Приєднати новий інгредієнт? Дублювати? Чи можлива мультиплікація робочих елементів або всього об'єкта? Чи можливо перебільшення, гіперболізація елементів або всього об'єкта?

5) Що можна в технічному об'єкті зменшити? Що можна замінити? Чи можна що-небудь ущільнити, стиснути, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, скоротити, звузити, відокремити, роздрібнити?

6) Що можна в технічному об'єкті замінити? Що, скільки поєднати і з чим? Інший інгредієнт? Інший матеріал? Інший процес? Інше джерело енергії? Інше розташування? Інший колір, звук, освітлення?

7) Що можна перетворити в технічному об'єкті? Які компоненти можна взаємно замінити? Змінити модель? Змінити розбивку, розмітку, планування? Змінити послідовність операцій? Транспонувати причину й ефект? Змінити швидкість або темп? Змінити режим?

8) Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати позитивне й негативне. Чи не можна поміняти місцями протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед? Перевернути до гори дригом? Поміняти ролями?

9) Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі? Чи можна створити суміш, сплав, нові модифікації, комбінації? Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати цілі? Комбінувати привабливі ознаки? Комбінувати ідеї?

Одним із кращих можна вважати список контрольних питань, складений англійським винахідником Т. Ейлоартом.

1) Перелічити всі якості й визначення передбачуваного винаходу. Змінити їх.

2) Точно сформулювати задачу. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні й аналогічні задачі. Виділити головні.

3) Перелічити недоліки наявних рішень, їх основні принципи, нові припущення.

4) Створити фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні й інші аналогії.

5) Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну й іншу моделі (вони точніше відображають ідею, ніж аналоги).

6) Спробувати різні види матеріалів й енергії: газ, рідину, тверде тіло, гель, піну, пасту тощо; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару й т. і.; різну довжину хвиль, поверхневі властивості й т. п., перехідні стани – замерзання, конденсація, перехід через точку Кюрі й т. д.; ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея й ін.

7) Встановити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні збіги.

8) Довідатися думку деяких зовсім необізнаних у даній справі людей.

9) Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі ідеї без критики (наприклад, використовуючи такі популярні методи психологічної активізації колективної творчої діяльності як «мозковий штурм» і синектика).

10) Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, всеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське тощо.

11) Дома й на роботі, весь час, думати над рішенням проблеми.

12) Прогулюватись серед стимулюючого оточення (смітник металобрухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), роздивлятися журнали, комікси.

13) Створити таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів і т. д. різних рішень проблеми або її частин, шукати проблеми в рішеннях або нові комбінації.

14) Визначити ідеальне рішення, розробляти можливі.

15) Видозмінити рішення проблеми з огляду на час (скоріше або повільніше), розміри, в'язкість й т. п.

16) В уяві залізи всередину механізму.

17) Визначити альтернативні проблеми й системи, які вилучають певну ланку з ланцюга й, таким чином, створюють щось зовсім інше, відводячи убік від потрібного рішення.

18) Чия це проблема? Чому його?

19) Хто придумав це першим? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?

20) Хто ще вирішив цю проблему? Чого він досяг?

21) Визначити загальноприйнятні граничні умови й причини їх встановлення.

Найбільш універсальний опитувальник Г.Я. Буша, який називають опитувальником уявного експерименту винахідника. Він містить, наприклад, такі питання. Як вирішити задачу, якщо не зважати на ви-

трати, якщо від її рішення залежить життя людини, якщо технічний об'єкт буде використаний як іграшка, або якщо об'єкт є навчальним посібником, експонатом? Чи не можна відкинути в минулому принципи рішення використати зараз за сучасних технічних можливостей? Чи можна пророчити результат рішення задачі через 10-15 років з урахуванням росту суспільних потреб? Як виглядає перелік усіх основних недоліків відомих рішень задачі? Яким має бути рішення, якщо усунути недоліки?

Суттєвим недоліком методу інтерв'ю є недостатність часу для експерта на підготовку відповідей.

Метод аналітичних записок здійснюється у письмовій формі (анкета) шляхом надсилання експерту запитань з проблематики, на які повинні бути отримані однозначні відповіді. Питання можуть бути як відкритими, так і закритими. В останньому випадку повинні бути запропоновані варіанти відповідей, що передбачає високий рівень кваліфікації організаторів експертизи на етапі розробки питань і організації проведення опитування, а також у частині обробки отриманої інформації.

На відміну від методу інтерв'ю метод аналітичних записок надає можливість експерту на проведення тривалої і ретельної роботи над аналізом тенденцій, оцінкою стану і шляхів розвитку прогнозованого об'єкта. Цей метод дозволяє експерту використати всю потрібну йому інформацію про об'єкт прогнозування. Свої міркування і висновки експерт оформлює у вигляді аналітичної записки.

Перевагами методів індивідуальних експертних оцінок є:

- можливість максимального використання потенційних можливостей експертів;
- порівняно незначний психологічний тиск, який чиниться на експертів.

Недоліками методів індивідуальних експертних оцінок є:

- суб'єктивність отриманих думок та оцінок;
- небажання експертів брати на себе індивідуальну відповідальність за надання оцінки складним явищам;
- неможливість врахувати одним експертом усіх факторів та взаємозв'язків складних проблем;
- обмеженість знань експерта.

13.4. Методи групових експертних оцінок

Методи групових експертних оцінок базуються на виявленні колективних думок про перспективи розвитку об'єкта прогнозування. До колективних методів експертних оцінок відносяться метод комісії і метод Дельфі.

Метод комісії (дискусійної наради)

Метод комісії полягає в організації та проведенні відкритої дискусії, щоб відкритим або таємним голосуванням отримати єдиний узгоджений висновок експертів.

Суть дискусійної наради полягає в тому, що майбутній проєкт створюється в умовах уявного експерименту. В ході обговорення моделюють ситуацію, яка ще не склалась. Для отримання якісних оцінок велике значення має обґрунтований добір експертів, які мають достатній досвід і здатні об'єктивно розв'язати проблему.

Перевагами методу комісії є наступні:

- сукупність інформації, якою володіють усі члени групи зазвичай є більшою за обсяг інформації, якою володіє найдосвідченіший експерт, а у процесі обговорення проблеми можливе зростання інформованості членів групи;

- група експертів з більшою готовністю бере на себе відповідальність за прийняття рішень та формування оцінок і суджень, ніж окремий фахівець.

Недоліками методу комісії є такі:

- частина групи (або один експерт) може мати вплив на інших експертів;

- різна активність та наполегливість експертів під час дискусій у відстоюванні своєї точки зору;

- вплив на прийняття рішення психологічної атмосфери у групі (наприклад, прагнення групи досягти згоди та компромісу, а не найбільш обґрунтованого та ефективного рішення, небажання деяких експертів відкрито дебатовати або, навпаки, змінювати свою, навіть, помилкову, точку зору).

Метод Дельфі

На відміну від методу комісії, де узгодження думок експертів досягають у відкритій дискусії, метод Дельфі передбачає повну відмову від колективних обговорень, що дозволяє значно знизити вплив таких психологічних факторів, як необхідність приєднання до думок авторитетних спеціалістів, небажання відмовитись від раніш висловлених думок, дотримання суджень більшості.

Метод Дельфі (або Дельфійська процедура) був розроблений у 1963 р. співробітниками науково-дослідної корпорації США «Rand Corporation» Т. Гордоном і О. Хелмером. Назва методу пов'язана зі знаменитим храмом Аполлона в давньогрецькому місті Дельфи, жриці якого були відомими оракулами з передбачення майбутніх подій. Спочатку метод використовувався для аналізу перспектив науково-технічного прогресу і вимірювання якості життя в Америці. Потому в умовах політичного протистояння США і СРСР, був переорієнтований переважно на воєнні цілі (оцінка воєнного потенціалу противника тощо). За методом Дельфі досліджувалися, зокрема, такі політичні проблеми, як вірогідність і можливість запобігання виникненню нової світової війни; кількість ядерних бомб, необхідна для знищення військової промисловості США та СРСР; перспективи системи освіти; уявлення в суспільстві про цінності, найважливіші для щастя індивіда тощо.

Метод Дельфі спочатку розглядався виключно як метод прогнозування, однак, згодом виявилось, що він має і достатньо значні аналітичні можливості.

Метод Дельфі характеризується трьома *особливостями*, що вирізняє його від інших методів колективної експертної оцінки:

- а) анонімність експертів;
- б) використання результатів попереднього туру опитувань (регульований зворотній зв'язок);
- в) статистична обробка даних експертизи.

Анонімність досягається через те, що члени групи невідомі один одному. В методі Дельфі прямі дебати замінюються ретельно розробленою програмою послідовних індивідуальних опитувань, що здійснюються у вигляді анкетування. Інформація до експертів надходить у вигляді опитувальних анкет (опитувальників).

Питання, що містяться в опитувальних анкетах, можуть бути орієнтовані на оцінку ймовірності настання певних подій, визначення

оптимальних кількісних значень параметрів і показників, оцінку питомої ваги різних варіантів рішень, оцінку відносної важливості показників, параметрів, факторів, напрямків розвитку та мають бути подані таким чином, щоб відповіді на них обов'язково мали будь-яку кількісну характеристику (оцінку). Кількісна оцінка вимірювання явищ, що досліджуються, потребує установлення градації, яка дозволить кожному експерту поставити певне число, яке характеризує корисність (величину, важливість тощо) ознаки (об'єкта, процесу, явища).

Кожен експерт має можливість в процесі послідовних турів опитування змінити свою думку без публічної заяви про це. Анонімність дельфійської процедури є способом послаблення впливу окремих «домінуючих» експертів.

Регульований зворотний зв'язок досягається шляхом проведення декількох турів опитування. Класичний метод Дельфі передбачає чотири тури опитування. Після кожного туру відповіді експертів узагальнюються, визначається система усереднених показників і разом з додатковою інформацією результати розрахунків надсилаються експертам, що дозволяє уточнити і скорегувати початкові відповіді. Така процедура повторюється до досягнення прийнятної збіжності сукупності висловлених суджень. Якщо експерти досягають згоди з принципових питань у межах 2-го туру, то опитування припиняється.

Таким чином, використання результатів попереднього туру опитування, доповнене статистичними характеристиками групової відповіді, дозволяє кожному експерту ознайомитись з думками своїх анонімних колег, порівняти свої відповіді з узагальненими висновками всієї групи експертів. Внаслідок цього під час кожного наступного туру експерти працюють з оновленою інформацією, що дозволяє їм або корегувати свою думку, підвищуючи загальну узгодженість у групі, або підтверджувати попередню оцінку, маючи для цього вже більше підстав.

Використання результатів попереднього туру опитування розширює інформацію, якою можуть скористатися експерти під час повторних турів, реалізуючи тим самим принцип «зворотного зв'язку». Окрім цього, такий підхід дозволяє виключити або звести до мінімуму можливість лобювання інтересів окремих експертів.

Обробка даних експертизи полягає у визначенні системи показників, які дозволяють оцінити, наскільки відповідь кожного експерта

відповідає точці зору групи експертів в цілому. *Статистична характеристика* групової відповіді дозволяє оцінити ступінь узгодженості думок експертів усієї групи відносно загальної групової оцінки, тобто ступінь того, наскільки групова оцінка відображає думки опитуваних експертів. Сама по собі аргументація неузгоджених з груповою оцінкою думок є цікавою для експертів під час повторних турів, оскільки змушує їх повертатися до аргументації своїх оцінок.

У проведенні опитування експертів за методом Дельфі треба керуватись наступними *принципами*:

1) Питання в анкетах формулюються так, щоб відповіді на них обов'язково мали будь-яку кількісну характеристику.

2) Опитування експертів проводяться у декілька турів, у ході яких запитання і відповіді систематично уточнюються.

3) Ознайомлення всіх експертів-учасників експертизи з результатами опитування здійснюється після кожного туру.

4) Отримання від експертів обґрунтування своїх думок у випадку, коли їх оцінки значно відрізняються від думок більшості.

5) Послідовна від туру до туру статистична обробка відповідей з метою отримання узагальнених характеристик результатів експертизи.

Таким чином, після першого туру опитування оформлені результати відповідей експертів на анкети опрацьовує аналітична група. Вона визначає граничні точки зору, середнє значення, верхній та нижній квартилі. Розбіжності між квартилями характеризують узгодженість поглядів експертів.

Квартиль – значення ознаки, які ділять упорядковану за зростанням сукупність елементів на 4 рівні частини. Перший квартиль відповідає 25-му процентилю, другий – медіані, третій квартиль відповідає 75-му процентилю. n -й процентиль набору даних – це значення, за якого n відсотків даних є нижчими за нього. Наприклад, значення 25-го процентиля вище за 25% спостережуваних даних, але нижче за решту даних. Медіана – в статистиці це величина ознаки, що розташована посередині ранжованого ряду вибірки, тобто це величина, що розташована в середині ряду величин, розставлених у зростаючому або спадному порядку; в теорії ймовірності – характеристика розподілення випадкової величини. Медіана ділить ряд значень ознаки на дві рівні частини, по обидві частини від неї розміщується однакова кількість одиниць сукупності.

Процентилі та квартилі використовують для визначення концентрації елементів сукупності в групах із певним значенням ознак, зокрема застосовують для виділення окремих груп тестованих, найбільш типових або нетипових для певної множини спостережень.

У другому турі експерти отримують інформацію з усередненими оцінками відповідей на питання анкети і коригують свої попередні оцінки відповідно до наданих результатів, після чого аналітична група опрацьовує скореговану інформацію. Третій і четвертий тури такі самі. Узгодженість оцінок або зростає від туру до туру, або думки експертів поляризуються.

Метод сценаріїв

Експертне оцінювання може застосовуватись також для оцінки різних сценаріїв розвитку подій у випадку настання певних невідомих станів системи в тому числі у транспортній сфері.

Метод сценаріїв використовують для експертного прогнозування, який можна застосовувати в екологічній, соціально-економічній, політичній сфері тощо. Наприклад, для розробки методологічного, програмного та інформаційного забезпечення аналізу хіміко-технологічних проєктів необхідно скласти детальний каталог сценаріїв аварій, пов'язаних з витоком токсичних речовин. Кожен з таких сценаріїв описує аварію свого типу, зі своїм індивідуальним виникненням, розвитком, наслідками, можливостями попередження.

Таким чином, метод сценаріїв – це метод декомпозиції задачі прогнозування, що передбачає виділення набору окремих варіантів розвитку подій (сценаріїв), які у сукупності охоплюють усі можливі варіанти розвитку. До того ж кожний окремий сценарій має допускати можливість досить точного прогнозування, а загальна кількість сценаріїв має бути доступна для огляду.

У разі застосування методу сценаріїв треба здійснити два етапи дослідження:

- побудова вичерпних, але доступних для розгляду сценаріїв;
- прогнозування у рамках кожного конкретного сценарію з метою отримання відповідей на питання, що цікавлять дослідника.

Набір сценаріїв має бути доступним для розгляду. Доводиться виключати різні малоймовірні події – падіння астероїда, масові епідемії раніше невідомих хвороб тощо. Саме собою створення набору сцена-

рії є предметом експертного дослідження. Крім того, експерти можуть оцінити ймовірність реалізації того чи іншого сценарію.

Під час прийняття рішень з урахуванням аналізу ситуації, зокрема під час аналізу результатів прогнозних досліджень, можна виходити з різних критеріїв. Так, можна орієнтуватися на те, що ситуація сбуде розвиватися за найгіршим, найкращим, або середнім (у якомусь сенсі) сценарієм. Можна спробувати намітити заходи, що забезпечують мінімально допустимі корисні результати за будь-якого варіанту розвитку ситуації тощо.

13.5. Обробка результатів опитування

Після отримання оцінок експертів необхідно обробити результати для визначення підсумкових (результуючих) оцінок та перевірки узгодженості і, відповідно, надійності таких експертних оцінок. Часто оцінки експертів зводяться до ранжування впливу тих чи інших факторів, значущості критеріїв або ймовірності розвитку подій, тобто оцінка представляє собою певне число – ранг.

Спеціальний розділ непараметричної статистики – теорія рангової кореляції, дозволяє перевірити гіпотези про значущість отриманої від експертів інформації. Розвиток рангової кореляції, її інший розділ, дозволяє встановлювати згоду, тобто узгодженість думок експертів або рангову конкордацію. Це особливо важливо у випадках, коли не лише виникла потреба використовувати думки експертів, але й існує сумнів у їх компетентності.

Розглянемо приклад опитування двох експертів (А та Б) щодо важливості 10 факторів, які визначають ефективність функціонування транспортної системи (табл. 13.1).

Метод рангової кореляції дозволяє відповісти на запитання – наскільки корельовані, невинуваті ранги кожного з двох експертів, а отже – наскільки можна довіряти результуючим рангам R_i ?

Зазвичай, висувається основна гіпотеза – про відсутність зв'язку між оцінками експертів і встановлюється ймовірність справедливості цієї гіпотези. Для цього можна використовувати два підходи: визначення коефіцієнтів парної рангової кореляції Спірмена або конкордації Кенделла.

Результати експертної оцінки

Експерти	Фактори										Сума
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
А	3	5	1	8	7	10	9	2	4	6	55
Б	5	1	2	6	8	9	10	3	4	7	55
Сума рангів	8	6	3	14	15	19	19	5	8	13	
Середній ранг R_i	4	3	1,5	7	7,5	9,5	9,5	2,5	4	6,5	55
$d_i^2 = (R_A - R_B)^2$	4	16	1	4	1	1	1	1	0	1	30

Простішим у реалізації є перший метод, за яким обчислюється значення *коефіцієнта Спірмена*

$$R_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum (d_i)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}, \quad (13.1)$$

де d_i – різниця рангів i -го фактору, поставлених експертами А та Б;
 n – кількість факторів, що оцінюються експертами.

Коефіцієнт парної рангової кореляції Спірмена знаходиться в межах $-1 \leq R_s \leq +1$. Якщо $R_s = 1$, тоді це відповідає повному збігу думок двох експертів, значення $R_s = (-1)$ означає, що думки експертів відносно ранжування важливості факторів (параметрів, напрямків) взаємно протилежні.

Окрім того, розрахункове значення коефіцієнта Спірмена треба порівняти з його табличною величиною, яка залежить від рівня значущості та кількості оцінок (факторів): якщо $R_s > R_{\text{табл}}$, то наявна кореляція думок експертів є значущою, якщо $R_s \leq R_{\text{табл}}$, потрібно уточнити завдання, яке ставиться перед експертами.

У наведеному прикладі (табл. 13.1) $\sum (R_A - R_B)^2 = 30$, відповідно $R_s = 0,82$, що свідчить про наявність суттєвої кореляції (у даному випадку збігу думок) між оцінками експертів. Табличне значення коефіцієнту Спірмена (для рівня значущості 0,05 та кількості оцінок $n=10$) $R_{\text{табл}} = 0,64$ (згідно Додатку Е); оскільки $R_s = 0,82 > R_{\text{табл}} = 0,64$, то наявна кореляція думок експертів є значущою, тобто зміна процедури опитування не потрібна.

У більшості випадків кількість експертів більше двох. При цьому виникає проблема оцінки узгодженості думок експертів або конкордації.

Розглянемо приклад, коли у результаті опитування чотирьох експертів (А, Б, В та Г) отримано оцінки (ранги) по 6 різних факторах (табл. 13.2).

Таблиця 13.2

Оцінка ступеню узгодженості думок експертів

Експерти	Фактори						Сума
	1	2	3	4	5	6	
А	5	4	1	6	3	2	21
Б	2	3	1	5	6	4	21
В	4	1	6	3	2	5	21
Г	4	3	2	5	1	6	21
Сума рангів	15	11	10	19	12	17	84
Середній ранг	3,75	2,75	2,5	4,75	3	4,25	
Відхилення суми рангів від середнього (14)	1	-3	-4	5	-2	3	0
Квадрат відхилення	1	9	16	25	4	9	64

Відзначимо, що повна сума рангів для даного випадку дорівнює 84, що складає у середньому по 14 на фактор. Для загального випадку n факторів і m експертів середнє значення суми рангів для будь-якого фактора визначиться виразом

$$\Delta = 0.5 \cdot m \cdot (n + 1). \quad (13.2)$$

Для кожного з факторів спостерігається відхилення суми рангів, зазначених експертами, від середнього значення такої суми Δ (табл. 13.2). Оскільки сума цих відхилень завжди дорівнює нулю, для їх усереднення використовуються квадрати значень. У даному випадку сума таких квадратів складає $S=64$, а в загальному випадку ця сума буде найбільшою тільки за умов повного збігу думок всіх експертів стосовно всіх факторів

$$S_{\max} = m^2(n^3 - n) / 12. \quad (13.3)$$

М. Кенделлом запропоновано *показник узгодженості* або *коефіцієнт конкордації*, що визначається як

$$K = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}. \quad (13.4)$$

Коефіцієнт конкордації змінюється в межах від 0 до 1,0. Чим більше значення коефіцієнту конкордації, тим вище ступінь узгодженості думок експертів. Якщо $K = 1,0$, то є повна узгодженість думок експертів; якщо $K = 0$, то узгодженість повністю відсутня. Для даного прикладу (див. табл. 13.2) маємо

$$S_{\max} = 4^2 (6^3 - 6)/12 = 280, \quad K = 64/280 = 0,229,$$

тобто узгодженість думок експертів відсутня.

Статистична значимість коефіцієнта конкордації перевіряється за допомогою *критерію Пірсона*

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)}. \quad (13.5)$$

Для наведеного прикладу маємо

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 64}{4 \cdot 6(6+1)} = 4,57.$$

Розрахункове значення χ^2 зіставляють з табличним значенням $\chi^2_{\text{табл}}$ (див. Додаток А) для $(n - 1)$ ступенів свободи та заданого рівня значущості. Якщо $\chi^2 \geq \chi^2_{\text{табл}}$, то коефіцієнт конкордації статистично значущий, якщо ж $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$, то необхідно збільшити кількість експертів. Для наведеного прикладу $n=6 - 1=5$ ступенів свободи та рівня значущості 0,05 $\chi^2_{\text{табл}} = 11,07$. Оскільки $(\chi^2=4,57) < (\chi^2_{\text{табл}}=11,07)$, тоді коефіцієнт конкордації є статистично незначущий.

Чим нижче рівень статистичної значущості коефіцієнта конкордації, тим більше ймовірність того, що має місце не випадкова узгодженість думок експертів.

Питання для самоконтролю

1. За яких умов отримали розвиток методи експертних оцінок?
2. На основі якого припущення використовуються експерти як джерела інформації?
3. В яких випадках використовуються методи експертних оцінок?
4. Яка мета експертного дослідження?
5. Які вимоги висуваються до процедури опитування експертів?
6. Назвіть основні етапи експертного опитування.
7. За якими ознаками класифікують експертизи?
8. Назвіть найпоширеніші види експертних оцінок.
9. Назвіть відмінності методів індивідуальних експертних оцінок.
10. Які існують переваги та недоліки методів індивідуальних експертних оцінок?
11. Назвіть переваги та недоліки методу комісії.
12. Назвіть основну відмінність методу Делфі від методу комісії.
13. Яким чином організовується регульований зворотній зв'язок при використанні методу Делфі?
14. В чому полягає обробка даних експертизи?
15. Назвіть основні принципи при проведенні опитування експертів методом Дельфі.
16. В яких сферах можна використовувати метод сценаріїв?
17. В яких випадках доцільно визначати коефіцієнт парної рангової кореляції Спірмена, коефіцієнт конкордації Кенделла?
18. Яким чином перевіряється статистична значимість коефіцієнта конкордації?

Методи генерування ідей

Під час розробки прогнозів доводиться стикатися з великою кількістю альтернативних варіантів, кожен з яких, у свою чергу, залежить від сукупності факторів. Те саме відбувається в процесі пошуку ефективних управлінських рішень. Крім того, під час розв'язання складних проблем трапляються неодноразові випадки, коли розробники прогнозів інколи натикаються на «неподолану стіну» через нестачу знань у певній галузі.

Для вирішення зазначених та інших проблем, пошуку ідей і рішень на початку 40-х років ХХ століття почали широко використовувати *методи колективної генерації ідей*.

Методи генерування ідей є різновидом методів експертної оцінки, однак, між ними є певні відмінності. Так, методи генерування ідей обмежуються, як правило, лише якісними оцінками без кількісної визначеності. Найчастіше вони служать лише опорою або трампліном для розв'язання конкретних проблем і орієнтовані в основному на виявлення факторів і напрямків розвитку, вибір оптимальних варіантів рішень.

Генерування ідей можна визначити як постійний систематичний пошук можливостей для створення нових розробок. Цей процес охоплює як пошук джерел нових ідей, так і методи їх створення. Ідея нового відкриття виникає або в процесі цілеспрямованого пошуку, або випадково.

Генерування ідей як результат розумового процесу, творчих здібностей людини, нарівні з експертними оцінками формує основу *евристичних методів прогнозування та аналізу*.

Існують такі методи генерування ідей:

- 1) метод мозкової атаки – автор Алекс Осборн (США);
- 2) метод синектика – автор Уільям Дж. Гордон (США);
- 3) метод морфологічного аналізу – автор Ф. Цвіккі (Швейцарія).

14.1. Метод мозкової атаки

Метод мозкової атаки (штурму) – один з найбільш популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, розроблений американським підприємцем А. Осборном у 1953 р. Він застосовується для генерації нових ідей у науці, техніці, адміністративній й торговельній діяльності. Особливістю даного методу є те, що для усунення психологічних перешкод, спричинених острахом критики, А. Осборн запропонував розділити у часі процеси генерування ідей й їхньої критичної оцінки. Найкращі результати метод демонструє у випадках розгляду завдань організаційного характеру (наприклад, знайти нове застосування виробленій продукції, знайти нову форму реклами й т. д.) і у разі вирішення нескладних технічних задач.

Суть цього методу полягає у тому, щоб створити відносно невелику групу спеціалістів високого рівня з 10...15 осіб, поставити перед ними завдання і отримати від них продуктивні ідеї з проблем, які викликають інтерес у дослідника. В задачу групи входить, насамперед, знайти неординарні управлінські рішення в умовах крайньої невизначеності.

Як свідчить досвід використання методу мозкової атаки, групове мислення генерує на 70 % більше цінних нових ідей, ніж сума індивідуальних мислень.

Основні принципи організації мозкової атаки:

- попереднє загальне ознайомлення учасників з проблематикою;
- конкретизація проблеми безпосередньо перед обговоренням;
- простота та чіткість формулювання проблеми;
- генерування значної кількості ідей щодо вирішення проблеми;
- ретельний розгляд та оцінка усіх ідей, навіть, абсурдних на перший погляд.

У деяких випадках мозкову атаку здійснюють двома групами:

- 1) група генераторів, які пропонують ідеї;
- 2) група експертів, які аналізують та оцінюють висунуті групою генераторів ідеї.

Розрізняють методи *прямого* й *зворотного* мозкового штурму, які характеризуються, відповідно, відсутністю або наявністю зворотного зв'язку між організаторами (аналітиками) і учасниками мозкової атаки.

За умов *прямого* мозкового штурму, умови задачі формулюють лише у загальних поняттях, у яких мають бути визначені два моменти: що необхідно отримати або мати, і що заважає отриманню бажаного. Дана процедура регламентується такими *правилами*:

- забороняється критична оцінка висунутих ідей (класичний варіант мозкової атаки);
- обмежується регламент одного виступу;
- допускаються багаторазові виступи одного учасника;
- усі висловлені ідеї обов'язково фіксуються.

Вільне висловлення думок без їх критичної оцінки сприяє лавиноподібному висуванню ідей. Висловлена одним з членів групи ідея породжує або творчу, або критичну реакцію. Оскільки згідно з правилами заборонено критику думок експертів, то з негативної реакції народжуються позитивні, тобто продуктивні результати.

У силу своїх особливостей, метод мозкової атаки є ефективним засобом актуалізації творчого потенціалу та професійного розвитку фахівців. Це пояснюється тим, що у процесі спілкування з колегами, численних засідань і дискусій, учасники колективної генерації ідей поступово тренують і розширюють свій інтелект, що в решті-решт дозволяє по-новому побачити проблему, яка досліджується, критично поставитись до нових висунутих ідей і відшліфувати свої власні ідеї.

Через те, що результати мозкової атаки є плодом зусиль всієї групи спеціалістів, жодна пропозиція не персоніфікується. Це пояснюється тим, що висловлена ідея могла належати й іншому учаснику, який очікував, коли йому нададуть слово. Крім того, окремі ідеї можуть бути підказані пропозиціями, які були висловлені дещо раніше.

У процесі прямої мозкової атаки висувається від 50 до 150 різних ідей, тоді як під час індивідуальної роботи висувається приблизно 10...20 ідей.

Переваги методу прямої мозкової атаки:

- генерація великої кількості ідей за порівняно невеликий проміжок часу;
- можливість ознайомлення з різними підходами до вирішення проблеми.

Недоліки методу прямої мозкової атаки (через заборону критики ідей):

- неможливість концентрації на більш продуктивних ідеях;

– складність відбору оптимальних ідей із запропонованих.

Для усунення зазначених недоліків розроблено метод *зворотньої* мозкової атаки, який дозволяє оперативно проводити оцінку значної кількості варіантів. При зворотньому мозковому штурмі основну увагу приділяють критиці. Задачу підбирають не загального характеру, а більш конкретну. Особливість методу полягає у розкритті протиріч, дефектів, недоліків й обмежень проєктованого виробу. Тому під час проєктування виробу вирішуються дві задачі:

- виявлення в існуючих виробках максимальної кількості недоліків;
- максимальне усунення цих недоліків у новому виробі.

Суть цього методу полягає в тому, щоб активізувати учасників мозкової атаки на генерування значної кількості ідей з наступним де-структуванням (руйнуванням) раніш висунутих ідей і на їх основі формувати контрідії. Цей метод передбачає декілька *етапів*:

1) *формування групи експертів з учасників одного рангу* (рівня компетентності, посад), якщо експерти знайомі один з одним або різних рангів, якщо експерти незнайомі. У групу генераторів ідей не запрошують природжених скептиків і критиканів; навпаки намагаються залучити людей з фантазією; залучають спеціалістів суміжних професій і одну-дві сторонні особи;

2) *постановка проблеми, опис проблемної ситуації* (причини виникнення, можливі наслідки, існуючий досвід вирішення тощо) та ознайомлення з правилами проведення «атаки»;

3) *генерація ідей за правилами*:

- вислови учасників повинні бути чіткими і стислими;
- не допускаються скептичні зауваження і критика попередніх виступів;
- кожний учасник має право виступати багато разів, але не підряд;
- не дозволяється зачитувати підряд список ідей, який може бути підготовлений учасниками заздалегідь;
- тривалість процесу 30...50 хвилин;
- за дотриманням правил слідує ведучий (модератор) дискусії;

4) *систематизація ідей*, які висловлені на етапі генерації. Цю роботу здійснює група аналізу у такій послідовності: складається перелік всіх висловлених ідей; кожна ідея формулюється у загальноприйнятих термінах; виявляються дублюючі і доповнюючі ідеї, які потому об'єднуються і формулюються у вигляді однієї комплексної ідеї; виділяються ознаки, за якими ідеї можуть бути об'єднані у групи (такі

синтезуючі ідеї є найбільш цінними). Після такого аналізу ідей складається їх перелік з розподілом по групах;

5) *деструктування* (руйнування) систематизованих ідей. На цьому етапі кожна ідея піддається всебічній критиці з боку учасників мозкової атаки на предмет можливості її реалізації. Тут можуть бути висунуті продуктивні контрідії, які дозволяють зняти перешкоди на шляху реалізації ідей;

б) ретельна *оцінка зауважень і складання списку ідей*, які можуть бути використані;

7) *порівнювальна оцінка ідей та контрідій*, їх ранжування за ефективністю.

Список ідей передається потому групі експертів, у завдання яких входить не лише оцінка ідей, але й аналіз прихованих можливостей у кожній пропозиції.

14.2. Метод синектики

Синектика – найбільш сильна зі створених методик активізації творчості – є подальшим розвитком мозкового штурму. Її запропоновано американським винахідником і дослідником В. Дж. Гордоном. Працювати у цьому напрямку він почав в 1944 р., аналізуючи діяльність однієї винахідницької групи, яка відрізнялася високою продуктивністю, а потому (в 1952 – 1959 р.) запропонував свою методику.

Синектика (грецьк. – поєднання різнорідних і цілком не відповідних один одному елементів) має за мету об'єднати фахівців різних галузей для вирішення певної проблеми.

Зазвичай метод синектика застосовується для вирішення складних та надважливих проблем, зокрема глобального характеру. Теоретичною основою синектики стали твердження, що творчий процес пізнаваний (піддається дослідженню) і може бути раціонально організований, творчі процеси окремої особи й колективу аналогічні, ірраціональний момент у творчості важливіше за раціональний. У латентному (схованому) стані перебуває дуже багато творчих здібностей, які можна виявляти й стимулювати.

Синектика відрізняється від мозкової атаки тим, що вона характеризується високим рівнем синекторів (членів синектичної групи).

Метод базується на мисленні групи експертів з орієнтацією на аналогії. Після встановлення і формулювання проблеми група експертів намагається з'ясувати, яким чином подібні проблеми вирішуються в інших галузях. Далі, використовуючи виявлені аналогії і принципи вирішення подібних проблем, експерти намагаються розв'язати конкретну задачу, яка стоїть перед ними.

Виходячи з особливості методу, бажано, щоб члени синектичної групи представляли якомога більше сфер діяльності. **Синектор** – це людина з широким кругозором, яка має, як правило, дві спеціальності. Людина, яка займається різноманітною діяльністю, краще підготовлена для участі в синектичній групі, ніж спеціаліст, який все життя займається однією сферою діяльності. Людей оригінального і незалежного розуму і які, до того ж, мають підприємницьку «жилку» прийнято вважати більш бажаними кандидатами у синектичну групу, ніж тих, у кого ця риса характеру не дуже розвинена. Група повинна складатися зі спеціалістів, що перебувають у нормальних особистих стосунках, без ворожнечі, неприязні. В процесі роботи кожний член групи має сприймати нараду як змагання і пропонувати задуману ідею у своїй інтерпретації.

Створення синектичної групи, яка складається з 5...7 осіб, потребує достатньо тривалого часу, приблизно рік. Тому на відміну від групи мозкової атаки, яка формується на короткостроковій основі, синектична група формується на триваліший період. Створені синектичні групи проходять спеціальну підготовку, при цьому досвідченіші синектори передають свій досвід новачкам. По суті група синекторів являє собою мозковий центр з вирішення проблем.

Головне у методі синектика – використання знань і досвіду кожного члена групи для визначення ідей і можливих шляхів їх реалізації.

Етапи синектичної сесії:

1) *Синектори формулюють і уточнюють запропоновану проблему.* Особливістю цього етапу є те, що, як правило, ніхто з учасників сесії, крім керівника, не посвячений у конкретні умови задачі. Вважається, що передчасне конкретне формулювання задачі ускладнює абстрагування, не дає можливості вийти із звичного ходу мислення.

2) *Синектори формулюють проблему, як її розуміють.* Розглядають можливість перетворити незнайому і незвичну проблему у низку більш звичних задач. По суті, на цьому етапі проблема ділиться на підпроблеми.

3) Проводиться *генерування ідей*. Починається «екскурсія» у різні галузі техніки, живої природи, психології тощо для виявлення того, як аналогічні проблеми розв'язуються у задачах, далеких від поставленої проблеми.

4) Здійснюється *критична оцінка ідей експертами*.

Синектичне засідання, яке триває, як правило, кілька годин, складає незначну частину загального часу вирішення поставленої задачі. Решту часу синектори вивчають і аналізують отримані результати, консультуються зі спеціалістами, експериментують, займаються пошуками кращих способів реалізації рішення.

14.3. Метод морфологічного аналізу

Морфологічний аналіз розроблено у 1942 р. швейцарським астрономом Ф. Цвіккі. За допомогою методу морфологічної скриньки, найбільш проробленим із усіх методів морфологічного аналізу, створених Ф. Цвіккі, вченому вдалося за короткий час отримати значну кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні. Морфологічний аналіз випередив еру системних досліджень і став першим яскравим прикладом системного підходу в області винахідництва.

На думку Ф. Цвіккі, предметом методу морфологічної скриньки є проблема взагалі (технічна, наукова, соціальна й т. д.). Він допускає, що точне формулювання проблеми автоматично розкриває найбільш важливі параметри, від яких залежить її вирішення, і кожен такий параметр може описуватися низкою значень. Причому будь-яке поєднання значень параметра вважається принципово можливим.

Термін *морфологія* використовується по аналогії з відповідними розділами біології (морфологія тварин), ботаніки (морфологія рослин), мовознавства (морфологічна класифікація мов) тощо. В цілому морфологія – це наука про форми і будову організмів.

Таким чином *морфологічний аналіз*, як один з широко розповсюджених методів творчого пошуку, базується на класифікації. Остання, дозволяє швидше і точніше орієнтуватися у різноманітності понять і факторів.

Сутність методу морфологічного аналізу полягає у поділі (класифікації) багатоаспектної проблеми на відносно незалежні частини і

надалі у пошуку всіх можливих рішень для практичної реалізації кожної із частин.

Сутність аналізу полягає в наступному. Наприклад, у транспортній системі, що вдосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних або функціональних морфологічних ознак. Кожна ознака може характеризувати, наприклад, певний конструктивний вузол системи, якусь її функцію, можливий режим роботи системи, тобто параметри або характеристики системи, від яких залежить рішення проблеми й досягнення основної мети. За кожною виділеною морфологічною ознакою створюють список її різних конкретних варіантів і альтернатив. Ознаки з їх альтернативами можна розташовувати у формі таблиці (морфологічна скринька), що дозволяє краще уявити собі пошукове поле. Перебираючи всі можливі поєднання альтернативних варіантів виділених ознак, можна виявити нові варіанти рішення задачі, на які у разі простого перебору могли не звернути увагу.

Метод передбачає виконання робіт у п'ять етапів.

1. Точне формулювання задачі, що підлягає вирішенню. Якщо спочатку ставиться питання про одну конкретну систему, метод безпосередньо узагальнює пошук на всі можливі системи з аналогічною структурою й у підсумку дає відповідь на більш загальне питання. Наприклад, необхідно вивчити морфологічний характер усіх конструкцій залізничних станцій і розробити план нової станції для транспортного обслуговування району, на якому передбачено курсування довгосоставних поїздів та негабаритних вантажів.

2. Складання списку всіх морфологічних ознак, тобто всіх важливих характеристик об'єкта, його параметрів, від яких залежить рішення проблеми й досягнення основної мети. Точне формулювання задачі й визначення класу систем, що досліджуються, дозволяють розкрити основні ознаки або параметри, що полегшують пошук нових рішень. Стосовно залізничної станції морфологічними ознаками можуть бути: А – кількість парків, Б – взаємне розташування парків, В – сортувальні пристрої, Г – розташування локомотивного депо тощо.

3. Розкриття можливих варіантів за кожною морфологічною ознакою (характеристикою) шляхом складання матриці. Кожна з n характеристик (параметрів, морфологічних ознак) має певне число k_i різних варіантів, незалежних властивостей, конкретних форм. Наприклад, для станції можуть бути варіанти: A_1 – два парки, A_2 – три пар-

ки, A_3 – чотири парки; B_1 – повздожне розташування парків, B_2 - напівповздожне розташування парків, B_3 - послідовне розташування парків; V_1 – витяжна колія на ухилі, V_2 – механізована сортувальна гірка, V_3 – автоматизована гірка тощо. Поєднання одного з можливих варіантів морфологічної ознаки з іншими від кожної ознаки дає одне з можливих технічних рішень. Таким чином, якщо чотири морфологічних ознаки мають відповідно 3, 3, 4, 3 варіантів, тоді загальна кількість можливих варіантів вирішення проблеми становить $3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 3 = 108$.

Всі частини проблеми і підходи до їх вирішення розміщуються у так званій *морфологічній скриньці*, яку умовно може бути зображено у вигляді матриці (див. рис. 14.1). Морфологічна скринька потенційно містить всі можливі рішення. У кожному рядку матриці записується морфологічна ознака, а в клітинках – її варіанти.

Морфологічна ознака	1	2	3	...
А	A_1	A_2	A_3	A_i
Б	B_1	B_2	B_3	B_i
В	V_1	V_2	V_3	V_i
...

} N
варіантів
рішень

Рис. 14.1. Морфологічна скринька

4. Визначення функціональної цінності всіх отриманих варіантів рішень. Це найбільш відповідальний етап методу. Щоб не заплутатися у величезній кількості рішень і деталей, оцінку їх характеристик треба проводити на універсальній та, за можливості, простій основі, хоча це не завжди легка задача. Мають бути розглянуті всі N варіантів рішень, що впливають із структури морфологічної скриньки, і проведено їх порівняння за одним або декількома найбільш важливими для даної технічної системи показниками. У ході дискусії, обговорення та аналізу можливих рішень експерти методом послідовного виключення відмовляються від неприйнятних рішень, щоб досягти такого становища, коли для вирішення кожної морфологічної частини залишиться тільки один варіант.

5. Вибір найбільш раціональних конкретних рішень. Пошук оптимального варіанту може здійснюватися за кращим значенням найбільш важливого показника технічної системи.

Морфологічний аналіз може бути інструментом передбачення ще не створених винаходів, або, принаймні, засобом описання оптимальної конфігурації обладнання, призначеного для виконання певних функцій незалежно від того, чи пощастить зробити задумане з прийнятною ймовірністю. І якщо навіть не поталанило цілком досягти поставленої мети, проведене дослідження було корисним, тому що стало джерелом нових ідей, відправною точкою для подальшого аналізу і пошуку інших напрямків прогнозування.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть відмінності між методами генерування ідей та методами експертних оцінок.
2. Коли доцільно використовувати метод мозкового штурму?
3. В чому полягає суть методу мозкового штурму?
4. Назвіть основні принципи організації «мозкової атаки».
5. В чому відмінність методів прямого й зворотного мозкового штурму?
6. Які переваги та недоліки має прямий метод мозкового штурму?
7. Назвіть етапи проведення зворотного методу мозкового штурму.
8. Для розв'язку яких задач доцільно використовувати метод синектики?
9. Яку людину можна назвати синектором?
10. Які є особливості формування синектичної групи?
11. Назвіть етапи синектичної сесії.
12. В чому полягає сутність методу морфологічного аналізу?
13. Які етапи передбачає метод морфологічного аналізу?
14. Що являє собою морфологічна скринька?

Бібліографічний список

1. Медвідь В. Ю., Данько Ю. І., Коблянська І. І. *Методологія та організація наукових досліджень (у структурно-логічних схемах і таблицях)* : навч. посіб. Суми : СНАУ, 2020. 220 с.

2. Грабченко А. І., Федорович В. О., Гаращенко Я. М. *Методи наукових досліджень* : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2009. 142 с.

3. Данильян О. Г., Дзьобань О. П. *Методологія наукових досліджень* : підручник. Харків : Право, 2019. 368 с.

4. Зацерковний В. І., Тішаєв І. В., Демидов В. К. *Методологія наукових досліджень* : навч. посіб. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 236 с.

5. *Основи методології та організації наукових досліджень* : навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнтів / за ред. А. Є. Конверського. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 352 с.

6. Важинський С. Е., Щербак Т. І. *Методика та організація наукових досліджень* : навч. посіб. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.

7. Роїк О. М., Шиян А. А., Нікіфорова Л. О. *Системний аналіз* : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 83 с.

8. Кушлик-Дивульська О. І., Кушлик Б. Р. *Основи теорії прийняття рішень* : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 94 с.

9. Юрков О. С. *Теорії прийняття рішень* : курс лекцій для студентів денної/заочної форми навчання спеціальності 053 «Психологія», ступінь «Магістр», ОКР «Спеціаліст». Мукачево : МДУ, 2016. 135 с.

10. Грабовецький Б. Є. *Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання* : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.

11. Вернигора Р. В., Малашкін В. В. *Комплексна оцінка конструкції колійного розвитку залізничних станцій на основі методів теорії прийняття рішень. Транспортні системи та технології перевезень*. 2012. № 3. С. 25–30. URL:

<http://tstt.diit.edu.ua/article/view/17182/14842> (дата звернення 10.03.2024).

12. Горбатенко В., Петренко І. Метод «Делфі» та специфіка його застосування у прогностичних розробках. *Політичний менеджмент*. 2008. № 6. С. 174–182. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PoMe_2008_6_19 (дата звернення 10.03.2024).
13. Кустовська О. В. Методологія системного підходу та наукових досліджень : курс лекцій. Тернопіль : Економічна думка, 2005. 124 с.
14. Давідіч Ю. О., Фалецька Г. І. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання транспортних систем». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 71 с.
15. Пашинський В. А., Пашинський М. В. Статистичні методи в інженерних дослідженнях : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. *Центральноукраїн. нац. техн. ун-т*. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/10108> (дата звернення 10.04.2024).
16. Математичне моделювання систем і процесів : навч. посіб. / Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Київ : НАУ, 2017. 392 с.
17. Володарський Є. Т., Кошева Л. О. Теорія та практика експериментальних досліджень : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 299 с.
18. Пушкарь А. И. Потрашкова Л. В. Основы научных исследований и организация научно-исследовательской деятельности : учеб. пособ. Харьков, ХНЭУ, 2009. 306 с.

ДОДАТОК А

Значення нормальної нормованої функції

Аргумент	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

ДОДАТОК Б

Значення критерію $\chi^2_{\text{табл}}$

\backslash $v \quad q$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,01
1	0,45	0,57	0,71	0,87	1,07	1,32	1,64	2,07	2,71	3,84	6,63
2	1,39	1,60	1,83	2,10	2,41	2,77	3,22	3,79	4,61	5,99	9,21
3	2,37	2,64	2,95	3,28	3,66	4,11	4,64	5,32	6,25	7,81	11,34
4	3,36	3,69	4,04	4,44	4,88	5,39	5,99	6,74	7,78	9,49	13,28
5	4,35	4,73	5,13	5,57	6,06	6,63	7,29	8,12	9,24	11,07	15,09
6	5,35	5,77	6,21	6,69	7,23	7,84	8,56	9,45	10,64	12,59	16,81
7	6,35	6,80	7,28	7,81	8,38	9,04	9,80	10,75	12,02	14,07	18,48
8	7,34	7,83	8,35	8,91	9,52	10,22	11,03	12,03	13,36	15,51	20,09
9	8,34	8,86	9,41	10,01	10,66	11,39	12,24	13,29	14,68	16,92	21,67
10	9,34	9,89	10,47	11,10	11,78	12,55	13,44	14,53	15,99	18,31	23,21
11	10,34	10,92	11,53	12,18	12,90	13,70	14,63	15,77	17,28	19,68	24,72
12	11,34	11,95	12,58	13,27	14,01	14,85	15,81	16,99	18,55	21,03	26,22
13	12,34	12,97	13,64	14,35	15,12	15,98	16,98	18,20	19,81	22,36	27,69
14	13,34	14,00	14,69	15,42	16,22	17,12	18,15	19,41	21,06	23,68	29,14
15	14,34	15,02	15,73	16,49	17,32	18,25	19,31	20,60	22,31	25,00	30,58
16	15,34	16,04	16,78	17,56	18,42	19,37	20,47	21,79	23,54	26,30	32,00
17	16,34	17,06	17,82	18,63	19,51	20,49	21,61	22,98	24,77	27,59	33,41
18	17,34	18,09	18,87	19,70	20,60	21,60	22,76	24,16	25,99	28,87	34,81
19	18,34	19,11	19,91	20,76	21,69	22,72	23,90	25,33	27,20	30,14	36,19
20	19,34	20,13	20,95	21,83	22,77	23,83	25,04	26,50	28,41	31,41	37,57
21	20,34	21,15	21,99	22,89	23,86	24,93	26,17	27,66	29,62	32,67	38,93
22	21,34	22,17	23,03	23,95	24,94	26,04	27,30	28,82	30,81	33,92	40,29
23	22,34	23,19	24,07	25,01	26,02	27,14	28,43	29,98	32,01	35,17	41,64
24	23,34	24,20	25,11	26,06	27,10	28,24	29,55	31,13	33,20	36,42	42,98
25	24,34	25,22	26,14	27,12	28,17	29,34	30,68	32,28	34,38	37,65	44,31
26	25,34	26,24	27,18	28,17	29,25	30,43	31,79	33,43	35,56	38,89	45,64
27	26,34	27,26	28,21	29,23	30,32	31,53	32,91	34,57	36,74	40,11	46,96
28	27,34	28,27	29,25	30,28	31,39	32,62	34,03	35,71	37,92	41,34	48,28
29	28,34	29,29	30,28	31,33	32,46	33,71	35,14	36,85	39,09	42,56	49,59
30	29,34	30,31	31,32	32,38	33,53	34,80	36,25	37,99	40,26	43,77	50,89

ДОДАТОК В

Значення t -критерію Стьюдента

v	β							
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999
1	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,66	318,31	636,62
2	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92	14,09	22,33	31,60
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,46	10,21	12,92
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60	5,60	7,17	8,61
5	1,48	2,02	2,57	3,65	4,03	4,77	5,89	6,86
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,21	5,96
7	1,41	1,89	2,36	3,00	3,50	4,23	4,79	5,41
8	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36	3,83	4,50	5,04
9	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,69	4,30	4,78
10	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17	3,58	4,14	4,59
11	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11	3,50	4,02	4,44
12	1,36	1,78	2,18	2,68	3,08	3,43	3,93	4,18
13	1,35	1,77	2,16	2,65	3,11	3,37	3,85	4,22
14	1,35	1,76	2,14	2,62	2,98	3,33	3,79	4,14
15	1,34	1,75	2,13	2,60	2,95	3,29	3,73	4,07
16	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92	3,25	3,69	4,02
17	1,33	1,74	2,11	2,57	2,90	3,22	3,65	3,97
18	1,33	1,73	2,10	2,55	2,88	3,20	3,61	3,92
19	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86	3,17	3,58	3,88
20	1,33	1,72	2,09	2,53	2,85	3,15	3,55	3,85
21	1,32	1,72	2,08	2,52	2,83	3,14	3,53	3,82
22	1,32	1,71	2,07	2,51	2,82	3,12	3,51	3,79
23	1,32	1,71	2,07	2,50	2,81	3,10	3,49	3,77
24	1,32	1,71	2,06	2,49	2,80	3,09	3,47	3,75
25	1,32	1,71	2,06	2,49	2,79	3,08	3,45	3,73
26	1,32	1,71	2,06	2,48	2,78	3,07	3,44	3,71
27	1,31	1,70	2,05	2,47	2,77	3,06	3,42	3,69
28	1,31	1,70	2,05	2,47	2,76	3,05	3,41	3,67
29	1,31	1,70	2,05	2,46	2,76	3,04	3,40	3,85
30	1,31	1,70	2,04	2,46	2,75	3,03	3,39	3,65
32	1,31	1,69	2,04	2,45	2,74	3,01	3,37	3,62
34	1,31	1,69	2,03	2,44	2,73	3,95	3,35	3,60
36	1,31	1,69	2,03	2,43	2,72	9,49	3,33	3,58
38	1,30	1,69	2,02	2,43	2,71	3,98	3,32	3,57
40	1,30	1,68	2,02	2,42	2,70	3,97	3,31	3,55
42	1,32	1,68	2,02	2,42	2,70	2,69	3,30	3,54
44	1,30	1,68	2,02	2,41	2,69	3,96	3,29	3,53
46	1,30	1,68	2,01	2,41	2,69	3,95	3,28	3,52
48	1,30	1,68	2,01	2,41	2,68	3,94	3,27	3,51
50	1,30	1,68	2,01	2,40	2,68	3,94	3,26	3,41
55	1,30	1,67	2,00	2,40	2,67	2,92	3,26	3,48

Продовження Додатку В

v	β							
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999
60	1,30	1,67	2,00	2,39	2,66	3,91	3,23	3,46
65	1,29	1,67	2,00	2,39	2,65	3,91	3,22	3,45
70	1,29	1,67	1,99	2,38	2,65	3,90	3,21	3,44
80	1,28	1,66	1,99	2,37	2,64	2,89	3,20	3,42
90	1,29	1,66	1,99	2,39	2,63	2,88	3,18	3,40
100	1,29	1,66	1,98	2,36	2,63	2,87	3,17	3,39
120	1,29	1,66	1,97	2,36	2,62	2,86	3,16	3,37
150	1,29	1,66	1,98	2,35	2,61	2,85	3,15	3,36
200	1,29	1,65	1,97	2,35	2,60	2,84	3,13	3,34
250	1,28	1,65	1,97	2,34	2,60	2,82	3,12	3,33
300	1,28	1,65	1,97	2,34	2,59	2,83	3,12	3,32
400	1,28	1,65	1,97	2,34	2,59	2,82	3,11	3,32
500	1,28	1,65	1,96	2,33	2,79	2,82	3,11	3,31

Критичні значення F -критерію Фішера

Таблиця Г.1

Рівень значущості $q=0,05$

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20
1	161	200	216	225	230	234	239	242	244	246	248
2	18,5	19	19,2	19,3	19	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
3	10,1	9,6	9,28	9,12	9	8,94	8,84	8,78	8,74	8,69	8,66
4	7,71	6,9	6,59	6,39	6,3	6,16	6,04	5,96	5,91	5,84	5,8
5	6,61	5,8	5,41	5,19	5,1	4,95	4,82	4,74	4,68	4,6	4,56
6	5,99	5,1	4,76	4,53	4,4	4,28	4,15	4,06	4	3,92	3,87
7	5,59	4,7	4,35	4,12	4	3,87	3,73	3,63	3,57	3,49	3,44
8	5,32	4,5	4,07	3,84	3,7	3,58	3,44	3,34	3,28	3,2	3,15
9	5,12	4,3	3,86	3,63	3,5	3,37	3,23	3,13	3,07	2,98	2,93
10	4,96	4,1	3,71	3,48	3,3	3,22	3,07	2,97	2,91	2,82	2,77
11	4,84	4	3,59	3,36	3,2	3,09	2,95	2,86	2,79	2,7	2,65
12	4,75	3,9	3,49	3,26	3,1	3	2,85	2,76	2,69	2,6	2,54
13	4,67	3,8	3,41	3,18	3	2,92	2,77	2,67	2,6	2,51	2,46
14	4,6	3,7	3,34	3,11	3	2,85	2,7	2,6	2,53	2,44	2,39
15	4,54	3,7	3,29	3,06	2,9	2,79	2,64	2,55	2,48	2,39	2,33
16	4,49	3,6	3,24	3,01	2,9	2,74	2,59	2,49	2,42	2,33	2,28
17	4,45	3,6	3,2	2,96	2,8	2,7	2,55	2,45	2,38	2,29	2,23
18	4,41	3,6	3,16	2,93	2,8	2,66	2,51	2,41	2,34	2,25	2,19
19	4,38	3,5	3,13	2,9	2,7	2,63	2,48	2,38	2,31	2,21	2,15
20	4,35	3,5	3,1	2,87	2,7	2,6	2,45	2,35	2,28	2,18	2,12
21	4,32	3,5	3,07	2,84	2,7	2,57	2,42	2,32	2,25	2,15	2,09
22	4,3	3,4	3,05	2,82	2,7	2,55	2,4	2,3	2,23	2,13	2,07
23	4,28	3,4	3,03	2,8	2,6	2,53	2,38	2,28	2,2	2,1	2,05
24	4,26	3,4	3,01	2,78	2,6	2,51	2,36	2,26	2,18	2,09	2,02
25	4,24	3,4	2,99	2,76	2,6	2,49	2,34	2,24	2,16	2,06	2

Рівень значущості $q=0,01$

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6056	6106	6169	6208
2	98,49	99	99,17	99,25	99,3	99,33	99,36	99,4	99,42	99,44	99,45
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,2	27,05	26,83	26,65
4	21,2	18	16,69	15,98	15,52	15,21	14,8	14,5	14,37	14,15	14,02
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,27	10,1	9,89	9,68	9,55
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,1	7,87	7,72	7,52	7,39
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,62	6,47	6,27	6,15
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,82	5,67	5,48	5,36
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,8	5,47	5,26	5,11	4,92	4,8
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,85	4,71	4,52	4,41
11	9,65	7,2	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,54	4,4	4,21	4,1
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,5	4,3	4,16	3,98	3,86
13	9,07	6,7	5,74	5,2	4,86	4,62	4,3	4,1	3,96	3,78	3,67
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,14	3,94	3,8	3,62	3,51
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4	3,8	3,67	3,48	3,36
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,2	3,89	3,69	3,55	3,37	3,25
17	8,4	6,11	5,18	4,67	4,34	4,1	3,79	3,59	3,45	3,27	3,16
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,51	3,37	3,19	3,07
19	8,18	5,93	5,01	4,5	4,17	3,94	3,63	3,43	3,3	3,12	3
20	8,1	5,85	4,94	4,43	4,1	3,87	3,56	3,37	3,23	3,05	2,94
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,31	3,17	2,99	2,88
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,26	3,12	2,94	2,83
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,21	3,07	2,89	2,78
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,9	3,67	3,36	3,17	3,03	2,85	2,74
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,32	3,13	2,99	2,81	2,7

ДОДАТОК Д

Критерій Кохрена G

Таблиця Д.1

Рівень значущості $q=0,05$

$v_2 \backslash v_1$	1	3	6	10	16	36	144	∞
2	0,9985	0,9392	0,8534	0,7880	0,7341	0,6602	0,5813	0,5000
3	0,9669	0,7977	0,6771	0,6025	0,5466	0,4748	0,4031	0,3333
4	0,9065	0,6841	0,5593	0,4884	0,4366	0,3720	0,3093	0,2500
5	0,8412	0,5981	0,4783	0,4118	0,3645	0,3066	0,2513	0,2000
6	0,7808	0,5321	0,4184	0,3568	0,3135	0,2612	0,2129	0,1667
7	0,7271	0,4800	0,3726	0,3154	0,2756	0,2278	0,1833	0,1429
8	0,6798	0,4377	0,3362	0,2829	0,2462	0,2022	0,1616	0,1250
9	0,6385	0,4027	0,3067	0,2568	0,2226	0,1820	0,1446	0,1111
10	0,6020	0,3733	0,2823	0,2353	0,2032	0,1655	0,1308	0,1000
15	0,4709	0,2758	0,2034	0,1671	0,1429	0,1144	0,0889	0,0667
20	0,3894	0,2205	0,1602	0,1303	0,1108	0,0879	0,0675	0,0500
30	0,2929	0,1593	0,1137	0,0921	0,0771	0,0604	0,0457	0,0333
40	0,2370	0,1259	0,0887	0,0713	0,0595	0,0462	0,0347	0,0250
60	0,1737	0,0895	0,0623	0,0497	0,0411	0,0316	0,0234	0,0167
∞	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Таблиця Д.2

Рівень значущості $q=0,01$

$v_2 \backslash v_1$	1	3	6	10	16	36	144	∞
2	0,9999	0,9794	0,9172	0,8539	0,7949	0,7067	0,6062	0,5000
3	0,9933	0,8831	0,8831	0,6743	0,6059	0,5153	0,4230	0,3333
4	0,9676	0,7814	0,6410	0,5536	0,4884	0,4057	0,3251	0,2500
5	0,9279	0,6957	0,5531	0,4697	0,4094	0,3351	0,2644	0,2000
6	0,8828	0,6258	0,4866	0,4084	0,3529	0,2858	0,2229	0,1667
7	0,8376	0,5685	0,4347	0,3616	0,3105	0,2494	0,1929	0,1429
8	0,7945	0,5209	0,3932	0,3248	0,2779	0,2214	0,1700	0,1250
9	0,7544	0,4810	0,3592	0,2950	0,2514	0,1992	0,1521	0,1111
10	0,7175	0,4469	0,3308	0,2704	0,2297	0,1831	0,1376	0,1000
15	0,5747	0,3317	0,2386	0,1918	0,1612	0,1251	0,0934	0,0667
20	0,4799	0,2654	0,1877	0,1501	0,1248	0,0960	0,0709	0,0500
30	0,3632	0,1913	0,1327	0,1054	0,0867	0,0658	0,0480	0,0333
40	0,2940	0,1508	0,1033	0,0816	0,0668	0,0503	0,0363	0,0250
60	0,2151	0,1069	0,0722	0,0567	0,0461	0,0344	0,0245	0,0167
∞	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ДОДАТОК Е

Критичні значення коефіцієнта рангової кореляції Спірмена

Кількість оцінок n	Рівень значущості q			Кількість оцінок n	Рівень значущості q		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
6	0,83	1,00	—	25	0,40	0,51	0,62
7	0,75	0,89	1,00	30	0,36	0,47	0,57
8	0,69	0,86	0,95	35	0,33	0,43	0,53
9	0,68	0,82	0,92	40	0,31	0,40	0,50
10	0,64	0,78	0,89	45	0,29	0,38	0,48
11	0,62	0,75	0,87	50	0,28	0,36	0,45
12	0,58	0,73	0,82	60	0,25	0,33	0,42
13	0,56	0,70	0,80	70	0,24	0,31	0,39
14	0,53	0,68	0,79	80	0,22	0,29	0,36
15	0,52	0,65	0,76	90	0,21	0,27	0,34
16	0,50	0,63	0,74	100	0,20	0,26	0,32
17	0,49	0,62	0,72	150	0,16	0,21	0,27
18	0,47	0,60	0,71	200	0,14	0,18	0,23
19	0,46	0,58	0,69	500	0,09	0,12	0,15
20	0,45	0,57	0,68	1000	0,06	0,08	0,10

Навчальне видання

*Єльнікова Лідія Олегівна, Мазуренко Олександр Олександрович,
Назаров Олексій Анатолійович, Вернигора Роман Віталійович,
Малашкін Вячеслав Віталійович, Кудряшов Андрій Вадимович*

Методологія та організація наукових досліджень

Навчальний посібник

Відповідальний редактор Л. О. Єльнікова
Комп'ютерна верстка О. О. Мазуренко
Дизайн обкладинки О. О. Мазуренко

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 736 від 24.06.2024)

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 12,85. Обл.-вид. арк. 9,03.
Тираж 100 пр. Зам. № 74

Видавець: Український державний університет науки і технологій.
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)
м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Віддруковано з готового оригінал-макета.
Друкарня ТакиБук:
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон: +38 (050) 555 00 69
E-mail: mailbox@takibook.od.ua



**ЄЛЬНІКОВА
ЛІДІЯ ОЛЕГІВНА**



**НАЗАРОВ
ОЛЕКСІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ**



**МАЛАШКІН
ВЯЧЕСЛАВ ВІТАЛІЙОВИЧ**



**МАЗУРЕНКО
ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ**



**ВЕРНИГОРА
РОМАН ВІТАЛІЙОВИЧ**



**КУДРЯШОВ
АНДРІЙ ВАДИМОВИЧ**