

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет



КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
“Методологія наукових досліджень”

для студентів спеціальності
172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми
«Радіoeлектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні
технології мікросистемної радіoeлектронної техніки»)
усіх форм навчання

2018

Конспект лекцій з дисципліни "Методологія наукових досліджень" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіoeлектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Поспеева І.Є., Шило Г.М., Фурманова Н.І. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 70 с.

Укладачі: Шило Галина Миколаївна, канд. техн. наук,
доцент, зав. каф. ІТЕЗ,
Поспеева Ірина Євгенівна, ст. викладач,
Фурманова Наталія Іванівна, доцент

Рецензент: Бугрова Тетяна Іванівна, канд. техн. наук,
доцент каф. РТТ

Відповідальний за випуск: Шило Галина Миколаївна,
канд. техн. наук, доцент, зав. каф. ІТЕЗ

Розглянуто
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 6 від 29.01.18 р.

Затверджено
на засіданні НМК ФРЕТ
протокол № 5 від 30.01.18 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ПРЕДМЕТ МНД. НАУКА. НАУКОВЕ ЗНАННЯ. НАУКОВЕ ПІЗНАННЯ.....	6
1.1 Предмет методології наукових досліджень. Основні терміни та визначення	6
1.2 Наука та її мета. Класифікація наук.....	9
1.3 Поняття наукового знання	11
1.4 Методи наукового пізнання	16
2 ТВОРЧИЙ ХАРАКТЕР МИСЛЕННЯ ЛЮДИНИ. МЕТОДИ ЙОГО АКТИВІЗАЦІЇ.....	19
2.1 Творчі здібності людини	19
2.2 Методи пошуку нових рішень. Десяткова матриця пошуку	22
3 МЕТОДОЛОГІЯ ЕМПІРИЧНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1 Особливості теоретичних та експериментальних досліджень .	26
3.2 Методи системного аналізу	27
3.3 Основні форми емпіричного наукового пізнання. Спостереження.....	29
3.4 Експеримент	31
3.5 Методика планування експерименту	32
3.6 Вимірювання	34
3.7 Інтерпретація результатів експерименту.....	36
4 ВИБІР НАПРЯМКУ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. ЕТАПИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ	38

4.1	Вибір напрямку та цілі наукового дослідження	38
4.2	Етапи науково-дослідних робіт	39
5	МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ	41
5.1	Загальні відомості	41
5.2	Задачі лінійного програмування та їх математичні моделі	43
5.3	Форми задач ЛП.....	45
5.4	Графічний метод вирішення задач ЛП	46
5.5	Симплекс-метод вирішення задач ЛП за допомогою таблиць	48
5.6	Вирішення транспортної задачі методом потенціалів	51
6	КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ.....	53
6.1	Задачі кореляційно-регресійного аналізу	53
6.2	Рівняння регресії. Види регресії.....	54
6.3	Застосування методу найменших квадратів (МНК) в регресійному аналізі	56
7	ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	58
7.1	Випадкові помилки і методи оцінки випадкових похибок у вимірах	58
7.2	Інтервальна оцінка вимірювань за допомогою довірчої ймовірності	59
7.3	Методи графічної обробки результатів дослідження.....	64
7.4	Оформлення результатів наукового дослідження	66
	ЛІТЕРАТУРА.....	70

ВСТУП

Сьогодні, як ніколи, існує потреба у висококваліфікованих фахівцях, які мають хорошу загальнонаукову і професійну підготовку, здатні до самостійної наукової творчої роботи. Ці фахівці повинні не тільки добре орієнтуватися в нових методах наукових розробок і досліджень, але також вміти впроваджувати їх результати в виробничий процес.

Стрімкий розвиток науково-технічної революції, швидке оновлення знань, збільшення обсягу наукової і науково-технічної інформації викликало необхідність наявності нової дисципліни - **«Методології наукових досліджень»**.

Мета вивчення даної навчальної дисципліни полягає в оволодінні знаннями про закони, принципи, поняття, термінології, зміст, специфічні особливості організації та управління науковими дослідженнями.

Предметом вивчення дисципліни є проблема подання методології наукової творчості початківцям дослідникам, організація наукової роботи, використання методів наукового пізнання і застосування логічних законів і правил на практиці.

Ця дисципліна включає в себе: філософські аспекти, методологічні основи наукового пізнання, вивчення структури і основних етапів науково-дослідних робіт. Даний курс вивчає методи теоретичного дослідження, питання моделювання в наукових дослідженнях і допомагає правильно вибрати напрямок наукового дослідження. При вивченні курсу студенти повинні навчитися проводити пошук, накопичення та обробку наукової інформації, а також проводити, обробляти і оформляти результати експериментальних досліджень.

1 ПРЕДМЕТ МНД. НАУКА. НАУКОВЕ ЗНАННЯ. НАУКОВЕ ПІЗНАННЯ

1.1 Предмет методології наукових досліджень. Основні терміни та визначення

Методологія - вчення про організацію діяльності людини.

Не всяка діяльність потребує організації і застосування методології. Людська діяльність поділяється на *репродуктивну і продуктивну*.

Репродуктивна діяльність є копією з діяльності іншої людини або копією своєї власної діяльності, освоєної раніше. Наприклад, монотонна одноманітна діяльність робітника в цеху застосування методології не потребує, оскільки вона вже організована раз і назавжди.

Продуктивна діяльність спрямована на отримання об'єктивно нового або суб'єктивно нового результату. Діяльність, спрямована на отримання об'єктивно нового результату, називається *творчістю*. Але продуктивна діяльність часто може руйнувати колишні стереотипи, тому для отримання суб'єктивно нового результату застосовують термін «*впорядкуюча діяльність*». Цей вид діяльності полягає у встановленні норм, які частіше реалізуються у формі законів, стандартів, наказів і т.д.

Будь-яка науково-дослідна діяльність завжди спрямована на отримання об'єктивно нового результату. Тому продуктивна діяльності вимагає організації.

Організація означає:

- внутрішню впорядкованість і узгодженість взаємодії більш-менш диференційованих і автономних частин цілого, обумовлених його побудовою;

- сукупність дій або процесів, які ведуть до утворення і вдосконалення взаємозв'язків між частинами цілого;

- об'єднання людей, які спільно реалізують будь-яку програму або ж мету і діють на основі певних процедур і правил.

Структура поняття "організація" наведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Структура поняття "організація"

У методології поняття «організація» частіше включає до себе процес і результат цього процесу (властивість). Організаційна система використовується при колективної наукової діяльності або при управлінні науковими проектами.

Методологія розглядає організацію діяльності як цілеспрямовану активність людини.

Організувати діяльність - значить впорядкувати її в цілісну систему з чіткими і визначеними характеристиками, логічною структурою, що визначають процес її здійснення.

Логічна структура включає в себе наступні компоненти: *суб'єкт, об'єкт, предмет, форми, засоби, методи* діяльності та її *результат*. Зовнішніми по відношенню до цієї структури є такі характеристики діяльності: *принципи, норми, умови та особливості*.

Сучасним є **проектно-технологічний тип** організації діяльності, який полягає в тому, що продуктивна діяльність людини (або організації) розбивається на окремі завершені цикли, які називаються **проектами**.

Існує два визначення проекту: проект як нормативна модель деякої системи і проект як цілеспрямоване створення або зміна

системи, обмежене в часі і ресурсах і має специфічну організацію. Процес діяльності розглядається в рамках проекту, що реалізується в певній часовій послідовності за стадіями, фазами і етапами, причому послідовність є загальною для всіх видів діяльності.

Завершеність циклу діяльності (проекту) визначається трьома фазами:

- **фаза проектування**, результатом якої є побудована модель або наукова гіпотеза як модель створюваної системи нового наукового знання і план її реалізації;

- **технологічна фаза**, результатом якої є реалізація системи, тобто перевірка гіпотези;

- **рефлексивна фаза**, результатом якої є оцінка побудованої системи нового наукового знання і визначення необхідності або її подальшої корекції, або «запуску» нового проекту, тобто побудови нової гіпотези і її подальшої.

Таким чином, структуру наукового дослідження можна представити у вигляді схеми, наведеної на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 - Структура методології наукових досліджень

1.2 Наука та її мета. Класифікація наук.

Наука - це сфера дослідницької діяльності, спрямована на отримання нових знань про природу, суспільство і мислення. Вона характеризується наступними взаємопов'язаними ознаками:

- сукупність об'єктивних і обґрунтованих знань про природу, людину, суспільство;
- діяльність, спрямована на отримання нових достовірних знань;
- сукупність соціальних інститутів, що забезпечують існування, функціонування і розвиток пізнання і знання.

Термін «наука» вживається також для позначення окремих галузей наукового пізнання: математики, фізики, біології і т.д.

Метою науки є отримання знань про суб'єктивний і об'єктивний світ.

Завданнями науки є:

- збирання, опис, аналіз, узагальнення та пояснення фактів;
- виявлення законів руху природи, суспільства, мислення і пізнання;
- систематизація отриманих знань;
- пояснення сутності явищ і процесів;
- прогнозування подій, явищ і процесів;
- встановлення напрямків і форм практичного використання отриманих знань.

Найважливіша функція науки - бути продуктивною силою суспільства.

У розвитку науки чергуються екстенсивні і революційні періоди - наукові революції, що призводять до зміни її структури, принципів пізнання, категорій і методів, а також форм її організації.

Науково-технічний прогрес - єдиний, взаємообумовлений, поступальний розвиток науки і техніки.

Перший етап НТП відноситься до XVI - XVIII ст., коли мануфактурне виробництво, потреби торгівлі, мореплавання зажадали теоретичного і експериментального вирішення практичних завдань. **Другий етап** пов'язаний з розвитком машинного виробництва з кінця XVIII ст.

Сучасний етап визначається науково-технічною революцією (НТР), охоплює поряд із промисловістю сільське господарство, транспорт, зв'язок, медицину, освіту, побут, сферу дозвілля. НТР - якісне перетворення продуктивних сил на основі перетворення науки в провідний чинник розвитку виробництва, безпосередню продуктивну силу почалася з середини XX століття та продовжується до нинішнього часу.

Класифікація наук - це розкриття їх взаємної зв'язку на підставі певних принципів і вираз цих зв'язків у вигляді логічно обгрунтованого розташування або ряду. Класифікація наук розкриває взаємозв'язок природних, технічних, суспільних наук і філософії.

В даний час в залежності від сфери, предмета і методу пізнання науки розділяються на:

- природничі науки і математика (фізика, хімія, географія, механіка, біологія, геологія, екологія та ін.);
- гуманітарні та соціально-економічні науки (філологія, філософія, історія, політологія, культурологія, журналістика, психологія, соціологія, економіка, мистецтво, фізична культура, мистецтво та ін.);
- технічні науки (будівництво, архітектура, електроніка, геодезія, телекомунікації, металургія, гірнича справа, радіотехніка та ін.);
- сільськогосподарські науки (агроінженерія, лісова справа, агрономія, зоотехніка, ветеринарія, рибальство та ін.).

За методом пізнання науки поділяються емпіричні науки і теоретичні знання.

Емпіричні науки більш поглиблено вивчають знання, отримані в результаті матеріальної практики або завдяки безпосередньому контакту з дійсністю. Головними методами емпіричних наук є спостереження, вимірювання і експерименти. Наука, яка знаходиться на емпіричному рівні, займається збором фактів, їх початковим узагальненням і класифікацією. Емпіричні пізнання надають науці факти, при цьому фіксуються стійкі зв'язки і закономірності оточуючого нас світу.

Теоретичне знання є результатом узагальнення емпіричних даних. На теоретичному рівні формулюються закони науки, які дають можливість пояснення і передбачення емпіричних ситуацій, тобто

пізнання сутності явищ. Теоретичне знання завжди спирається на емпіричну дійсність.

По відношенню до практики науки поділяють на фундаментальні і прикладні. Мета **фундаментальних наук** - пізнання основних законів природи, суспільства і мислення, а **прикладних** - практична реалізація результатів діяльності фундаментальних галузей науки.

1.3 Поняття наукового знання

Знання - це перевірений практикою результат пізнання дійсності, правильне її відображення в свідомості людини. Головною функцією знання є узагальнення розрізнених уявлень про закони природи, суспільства і мислення.

Знання може бути відносним і абсолютним.

Відносне знання є відображенням дійсності з деякою неповнотою збігу зразка з об'єктом.

Абсолютне знання - це повне відтворення узагальнених уявлень про об'єкт, які забезпечують абсолютний збіг зразка з об'єктом.

Пізнанням називають рух людської думки від незнання до знання. В основі пізнання лежить відображення об'єктивної дійсності в свідомості людини в процесі його практичної (виробничої, громадської та наукової) діяльності. Таким чином, пізнавальна діяльність людини обумовлена практикою і спрямована на практичне оволодіння дійсністю.

Основна мета пізнання - це досягнення істинних знань, які можуть реалізуватися у вигляді законів і навчань, теоретичних положень і висновків, підтверджених практикою і існуючих об'єктивно, незалежно від нас.

Розрізняють два види пізнання: чуттєве і раціональне.

Чуттєве пізнання - це наслідок безпосереднього зв'язку людини з навколишнім середовищем. Воно виражається через елементи чуттєвого пізнання, тобто сприйняття, відчуття, уявлення і уява. **Сприйняття** - це відображення мозком людини властивостей предмета або явища в цілому, сприймаються його органами почуттів у певний відрізок часу. **Відчуття** - це відображення мозком людини різних властивостей предмета або явища об'єктивного світу, які

сприймаються його органами почуттів. **Уявлення** - це вторинний образ предмета або явища, які в даний момент часу не діють на органи чуття людини, але обов'язково діяли раніше. **Уява** - це перетворення різних уявлень в мозку людини і з'єднання їх в цілісну картину образів.

Раціональне пізнання - це опосередковане і узагальнене відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами і явищами. Формою раціонального пізнання є абстрактне мислення, логічні міркування людини. Структурними елементами є поняття, судження, умовиводи.

Поняття - це думка, яка відображає необхідні і суттєві ознаки предмета або явища. Поняття бувають поодинокими, загальними, абстрактними, конкретними, відносними. **Загальні поняття** пов'язані з деяким безліччю предметів або явищ, поодинокі відносяться тільки до одного. **Конкретні поняття** відносяться до конкретних предметів або явищ. **Абстрактні** - до окремо взятих ознаками предмета або явища. **Відносні** - завжди представляються попарно.

Судження - це думка, в якій міститься твердження або заперечення чого-небудь за допомогою зв'язку понять. Судження бувають ствердними і негативними, загальними і приватними, умовними і розділовими.

Умовивід - це процес мислення, який з'єднує послідовність двох або більше суджень, в результаті чого з'являється нове судження.

Процес пізнання йде **від наукової ідеї до гіпотези**, згодом перетворюючись **в закон або теорію**.

Наукова ідея - це інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації і усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі якої робиться висновок.

Гіпотеза (від грец. Hypothesis - підстава, припущення) - це припущення про причини, які викликають даний наслідок.

В основі гіпотези завжди лежить припущення, достовірність якого на певному рівні науки і техніки не може бути підтверджена. Гіпотеза завжди виходить за межі відомих фактів і є спрямовуючою силою для проведення теоретичних чи експериментальних досліджень. Будь-яка гіпотеза піддається ретельній перевірці, в результаті якої переконуються, що вона не суперечить ніяким іншим

вже доведеним гіпотезам і що наслідки, що впливають з неї, збігаються з спостерігаються явищами.

У своєму розвитку гіпотеза проходить три основних стадії:

- накопичення фактичного матеріалу і висловлювання на його основі деяких припущень;

- розгортання припущень в гіпотезу;

- перевірка та уточнення гіпотези.

Існують основні правила висунення і перевірки гіпотези:

- гіпотеза повинна не суперечити чи бути сумісною з усіма факторами, яких вона стосується;

- з численних протистоять одна одній гіпотез, висунутих для пояснення серії фактів, переважнішою є та, яка пояснює найбільшу їх кількість;

- для пояснення зв'язку серії фактів потрібно висувати якомога менше різних гіпотез;

- при висуненні гіпотези необхідно усвідомлювати імовірнісний характер її висновків;

- гіпотези, які суперечать одна одній, не можуть бути істинними.

Винятком може бути випадок, коли вони пояснюють різні сторони одного і того ж об'єкта.

У разі коли гіпотеза узгоджується з спостерігаються фактами, її називають законом або теорією.

Закон - це необхідні, суттєві, стійкі, повторювані відносини між явищами в природі і суспільстві. Закон відображає загальні зв'язки і відносини, властиві всім явищам даного роду, класу. Закон носить об'єктивний характер і існує незалежно від свідомості людей.

Головне завдання науки і становить пізнання законів, які є основою перетворення природи і суспільства.

Для доказу закону використовуються судження, які раніше вже визнані дійсними і з яких логічно витікає доводиме судження.

Іноді в процесі пізнання можна довести і суперечливі судження. У таких випадках говорять про виникнення парадоксів.

Парадокс (від грец. paradoxos - несподіваний, дивний) - протиріччя, отримане в результаті зовні логічно правильного міркування, але приводить до взаємно таких, що суперечить висновкам.

Основними шляхами вирішення парадоксів є вдосконалення вихідних суджень в системі знань і усунення помилок в логіці доказів.

При проведенні дослідження логіка доказів підпорядковується законам формальної логіки, основними з яких є закон тотожності, закон суперечності, закон виключення третього і закон достатньої підстави.

Закон тотожності: обсяг, і зміст думки про предмет дослідження в межах одного міркування повинні бути строго визначені і залишатися незмінними в процесі міркування про нього. Закон вимагає, щоб всі поняття і судження носили однозначний характер, виключали невизначеність і двозначність.

Закон протиріччя: в процесі міркувань про певний предмет не можна одночасно стверджувати і заперечувати що-небудь, в іншому випадку обидва судження не можуть бути істинними. Цей закон вимагає, щоб в ході наукових міркувань не допускалось суперечливих тверджень. Закон протиріччя використовується в доказах. Якщо в процесі докази встановлено, що одне з протилежних суджень істинно, то, отже, інше судження помилкове.

Закон виключення третього: процес міркувань повинен бути доведений до певного твердження або заперечення; в цьому випадку істинним виявляється одне з двох заперечуючих одне одному суджень. Закон має силу тільки за умови дотримання законів тотожності і протиріччя.

Закон достатньої підстави: в процесі міркування достатніми вважаються лише ті судження, істинність яких може бути підтверджена достатньою підставою. Під одне і те ж твердження можна підвести безліч підстав. Однак не всі вони можуть розглядатися як достатні. Кожне судження, що використовується в науковій роботі, перш ніж бути прийнятим за дійсне, має бути обгрунтоване. Цей закон допомагає відокремити істинне від помилкового і прийти до правильного висновку.

Теорія (від грец. theoria - розгляд, дослідження) - це форма наукового знання, яка дає цілісне уявлення про закономірності та суттєві зв'язки дійсності. Теорія виникає в результаті узагальнення пізнавальної діяльності і практики.

До будь-якої нової теорії висуваються такі вимоги:

- наукова теорія повинна бути адекватною щодо описуваного об'єкту або явища;

- вона повинна відповідати емпіричним даним;
- в ній повинні існувати зв'язки між різними положеннями, забезпечуючи перехід від одних тверджень до інших;
- теорія повинна задовольняти вимогу повноти опису будь-якої області дійсності і пояснювати взаємозв'язок між раз- особистими компонентами системи;
- теорія повинна мати конструктивність, простоту і евристичність.

Конструктивність теорії полягає в простій можливості перевірки основних її положень. **Простота** теорії досягається скороченням і ущільненням інформації та введенням узагальнених законів. **Евристичність** теорії - це можливості, які можна пояснити або передбачити.

Структуру теорії формують факти і категорії, аксіоми і постулати, принципи, поняття та судження, положення і закони.

Факт - це знання про об'єкт або явище, достовірність якого доведена.

Категорія - це найбільш загальні і фундаментальні поняття, що відображають істотні, загальні властивості і відносини явищ дійсності і пізнання. До найбільш відомих категорій відносяться, наприклад, матерія, простір і час, кількість і якість, протиріччя, необхідність і випадковість, сутність і явище і ін.

Аксіома (від грец. аксіома - положення) - це положення, яке приймається без жодного логічного доказу в силу його безпосередньої переконливості. З аксіом виводять інші припущення щодо заздалегідь обумовлених правилами.

Постулат (від лат. postulatum - вимога) - це твердження (судження). Він приймається в рамках будь-якої наукової теорії за дійсне, хоча і недоведене її засобами, і тому грає в ній роль аксіоми.

Принцип (від лат. principium - початок, основа) - це основне вихідне положення якої-небудь теорії, вчення, науки або світогляду. Під принципом у науковій теорії розуміють абстрактне визначення ідеї, що виникає в результаті суб'єктивного осмислення досвіду людей.

Поняття - це думка, в якій узагальнюються і виділяються предмети (або властивості) класу (або явища) за певними загальними і в сукупності специфічним для них ознаками.

1.4 Методи наукового пізнання

Наукові закони є найважливішою складовою ланкою в системі наукових знань. Вони відображають найбільш істотні, стійкі, повторювані, об'єктивні, внутрішні зв'язки в природі, суспільстві і мисленні.

Закони виступають у формі певного співвідношення понять і категорій. Найбільш високою формою узагальнення і систематизації є теорія.

Теорія - це вчення про узагальнений досвід (практику), що формулює наукові принципи і методи, які дозволяють пізнати існуючі процеси і явища, проаналізувати дії різних факторів і запропонувати рекомендації щодо практичної діяльності.

Метод - це спосіб теоретичного або експериментального дослідження будь-якого явища або процесу.

Метод є інструментом вирішення головного завдання науки - відкриття об'єктивних законів дійсності. Він визначає необхідність і місце застосування аналізу і синтезу, індукції і дедукції, порівняння теоретичних і експериментальних досліджень.

Методологія - це вчення про структуру логічної організації, методи та засоби діяльності (вчення про принципи побудови, форми і способи науково-дослідницької діяльності). Методологія науки дає характеристику компонентів наукового дослідження - його об'єкта, предмета аналізу, завдання дослідження (або проблеми), сукупності дослідження засобів, необхідних для вирішення задачі даного типу, а також формує уявлення про послідовність руху дослідження в процесі виконання завдання. Найбільш важливим в методології є постановка проблеми, побудова предмета дослідження, побудова наукової теорії, а також перевірка отриманого результату з точки зору його істинності.

Основними загальнонауковими методами є: аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія і моделювання, абстрагування і конкретизація.

Аналіз (від грец. analysis - розкладання) - це метод дослідження, що полягає в тому, що предмет вивчення мислення або практично розчленовується на складові елементи (частини об'єкта, або його признаки, властивості, відносини), при цьому кожна з частин досліджується окремо.

Синтез (від грец. synthesis - з'єднання) - це метод дослідження, який дозволяє з'єднувати елементи (частини) об'єкта, розчленованого в процесі аналізу, встановлювати зв'язки між елементами і пізнавати об'єкти дослідження як єдине ціле.

Індукція (від лат. induction - наведення) - це умовивід від фактів до деякої гіпотези (загальним твердженням). Розрізняють повну індукцію, коли узагальнення відноситься до кінцево-осязжній області фактів і зроблений висновок повністю розглядає досліджуване явище, і неповну індукцію, коли воно відноситься до нескінченної або кінцево-неозорої області фактів, а зроблений висновок дозволяє скласти лише орієнтовний думку про досліджуваному об'єкті. Але це думка може бути недостовірною.

Дедукція (від лат. deduction - виведення) - це висновок, зроблений за правилами логіки, тобто перехід від загального до конкретного. Дедукція - це форма наукового пізнання, коли висновок робиться на основі знань про ознаки всієї сукупності. Це метод переходу від загальних уявлень до приватних.

Аналогія (від грец. analogia - відповідність, подібність) - це метод наукового пізнання, за допомогою якого досягаються знання про одні предмети або явища на підставі їх подібності з іншими.

Метод аналогій є основою іншого методу наукового пізнання - методу моделювання.

Моделювання (від лат. modulus - міра, зразок) - це метод наукового пізнання, що полягає в заміні досліджуваного об'єкта його спеціально створеним аналогом або моделлю, за якими визначаються або уточнюються характеристики оригіналу. При цьому модель повинна містити всі істотні риси реального об'єкта.

Однією з основних категорій теорії пізнання є саме моделювання. На його ідеї базується будь-який метод наукового дослідження, як теоретичний, так і експериментальний. У сучасній науці і техніці широко використовується теорія подібності (геометричного, фізичного, фізико-механічного), яка служить основою для побудови моделей і розробки теорії експерименту.

Абстрагування (від лат. abstractio - відволікання) - це метод наукового дослідження, заснований на тому, що при вивченні будь-якого явища (процесу) не враховуються його неістотні ознаки і сторони. Це дозволяє спростувати картину вивчення явища.

Конкретизація (від лат. concretus - згущений, ущільнений, зрощений) - це метод наукового пізнання, за допомогою якого виділяються істотні властивості, зв'язки і відносини предметів або явищ. Він вимагає врахування всіх реальних умов, в яких знаходиться досліджуваний об'єкт.

2 ТВОРЧИЙ ХАРАКТЕР МИСЛЕННЯ ЛЮДИНИ. МЕТОДИ ЙОГО АКТИВІЗАЦІЇ

2.1 Творчі здібності людини

Творчі здібності притаманні будь-якій людині, і потрібно лише зуміти розкрити їх і розвинути. Розглянемо деякі з них.

Зіркість у пошуках проблем. З усього розмаїття інформації, що надходить із зовнішнього світу, людина звичайно сприймає лише ту, котра укладається в сформовану систему знань і уявлень, іншу інформацію несвідомо відкидає.

Здатність побачити те, що не укладається в рамки раніше засвоєного, – це щось більше, ніж просто спостережливість. Дивитися і бачити – не одне й те ж саме. Свіжість погляду, зіркість зв'язана не з гостротою зору, а з якістю мислення.

Здатність до згортання розумових операцій. Людина має здатність до згортання довгого ланцюга міркувань і заміні їх однією узагальнюючою операцією. Заміна декількох понять одним більш ємним, більш абстрактним, є ефективним засобом згортання інформації. Надзвичайно інформативні такі поняття як «технологічність», «надійність» і т. ін.

Організація і символізація матеріалу дозволяють згортати в ємні блоки величезну кількість інформації. Чітке і стиснуте символічне позначення, лаконічна форма викладання розробленої теорії вимагають нестандартного мислення і несуть творчий характер.

Здатність до переносу досвіду. Це - уміння застосувати навички, придбані при вирішенні однієї задачі, до рішення іншої, а також здатність до вироблення узагальнюючих стратегій і уміння бачити аналогії.

«Бічне мислення». Широкий розподіл уваги підвищує шанси на вирішення проблеми. «Щоб діяти – треба думати біля», – писав французький психолог Сур'є.

У своїй роботі «Проблеми рішення задач у науці і техніці» А. Ф. Есаулов наводить приклад бічного мислення:

«Величезний камінь лежав на дорозі біля будинку і заважав проїзду. Багато хто хотів його забрати за допомогою коней, але вимагали за роботу великих грошей. Одні пропонували його

підірвати, інші – розколоти і відвезти вроздріб. Але селянин, що опинився в місті, узявся забрати камінь за незначну плату й у дуже короткий термін. Вирішив задачу він надзвичайно просто: вирив біля самого каменю велику яму, без особливих зусиль вивіз землю і зштовхнув у яму камінь. Труднощі в рішенні проблеми видалення каменю з дороги полягали в тому, що усі, хто вирішував задачу, звертали увагу на камінь, а селянин – на дорогу, на якій цей камінь лежав.»

Для творчої особистості характерна здатність зміщати акцент уваги в незвичайному напрямку, а також гостра спостережливість, уміння помітити те, повз що сотні і тисячі людей проходять без уваги, здатність охоплювати зв'язки речей і робити відкриття за допомогою ледь вловимих аналогій.

Цілісність сприйняття. Це здатність сприймати дійсність цілком, не дроблячи її (на відміну від сприйняття дрібними, незалежними порціями).

Цілісне сприйняття – одна з фундаментальних властивостей мозку однаково реагувати на подібні об'єкти незалежно від індивідуальних розходжень.

Зближення понять. Легкість асоціювання і віддаленість асоціюємих понять.

Готовність пам'яті. Коли людина вирішує проблему, вона може розраховувати лише на ту інформацію, що у даний момент сприймає і яку зуміє витягти з пам'яті. Перевагу при вирішенні задач одержує не той, у кого багатше ерудиція, а той, хто швидше витягне з пам'яті необхідну інформацію. Готовність пам'яті «видати» потрібну інформацію в потрібний момент – один з компонентів кмітливості. Інтуїтивні миттєві рішення задачі можливі тому, що є велика кількість асоціативних зв'язків, що забезпечують швидкий доступ до потрібної інформації.

Гнучкість мислення. Це здатність швидко і легко переходити від одного класу явищ до іншого, далекого за змістом. Відсутність її називається інертністю, ригідністю, окостенілістю і навіть застійністю мислення. Гнучкість мислення виявляє себе й у здатності вчасно відмовитися від скомпрометованої гіпотези. Якщо занадто довго впирається, виходячи з привабливої, але помилкової ідеї, буде упущений час. А занадто раннє відмовлення від гіпотези може

привести до того, що буде упущена можливість вирішення. Особливо важко відкинути гіпотезу, якщо вона своя.

Один із проявів гнучкості мислення – здатність до подолання функціональної фіксованості. Усі предмети, об'єкти, якими користується людина, виконують якусь функцію, для чогось певного призначені. Під функцією об'єкта розуміють його властивість чи дію в даній системі відносин. В іншій же системі відносин функція того ж самого об'єкта може бути зовсім іншою.

Здатність до оцінки. Уміння вибирати одну з багатьох альтернатив до її перевірки. Оцінюванні дії проводяться не тільки з завершенням роботи, але і багаторазово продовж її, і служать віхами на шляху творчості. Серед критеріїв оцінки, крім логічної несуперечності і відповідності раніше накопиченому досвіду, слід зазначити критерії простоти, естетичні і ергономічні критерії.

Здатність до «зчеплення» і «антизчеплення». Людині притамана здатність швидко погоджувати нові відомості з колишніми знаннями і досвідом, без чого сприймана інформація не перетворюється в знання, не стає частиною інтелекту. Здатність поєднувати знов сприймані відомості з тим, що було відоме раніше, групувати дані тим чи іншим способом вже в процесі сприйняття – умова і передумова здатності до генерування ідей. Здатність до зчеплення важлива і необхідна, але вона повинна бути урівноважена здатністю перебороти зчеплення, відірвати факт, що спостерігається, від звичних асоціацій. Тому, не менш цінна і здатність до «антизчеплення», що дозволяє позбутися впливу «попереднього знання», протистояти «забарвленню» сприйняття раніше накопиченими знаннями. Прагнення до «чистого» спостереження (бачити речі такими, які вони є), до «антизчеплення» – цінна якість інженера, однак цілком відокремити сприйняття від його тлумачення не вдається нікому.

Легкість генерування ідей. Однією з важливих складових творчої обдарованості особистості є легкість генерування ідей. Не обов'язково, щоб кожна ідея була правильною: чим більше ідей висуває людина, тим більша імовірність, що серед них будуть гарні ідеї. Часто кращі ідеї приходять у голову не відразу.

Думка чи ідея – це не просто асоціативне з'єднання двох чи декількох понять. З'єднання понять повинне бути змістовно виправданим, повинне відбивати об'єктивні відносини явищ, що

стоять за цими поняттями. Найбільш плідні ідеї включають у себе нові, ще не відкриті явища. Ідеї можна класифікувати за їхньою широтою (здатністю охопити і пояснити велику кількість різномірних фактів), глибиною і фундаментальністю.

Здатність до передбачення. Однією з найважливіших функцій мозку є його здатність передбачення розвитку подій. Прагнення заглянути в майбутнє – невід’ємна складова розумової діяльності людини.

Швидкість мови. Легкість формулювання необхідна, щоб висловити думку. Її можна виразити й іншим кодом: формулою, графіком, ескізом.

Здатність до доробки. Це не просто наполегливість, зібраність і вольовий настрій на завершення початого, а саме здатність до ретельної доробки деталей первісного задуму.

Для того, щоб творчі здібності дозволили домогтися успіху, необхідні бажання, воля і, найголовніше, праця. Визначальною рисою творчої особистості є сміливість розуму і духу. Сміливість розуму необхідна, щоб засумніватися в загальноновизнаному, щоб зруйнувати його заради створення кращого, думати так, як не думав ніхто, довіряти своїй інтуїції, коли немає ще точних логічних доказів. Потрібна сміливість уяви, щоб представити недосяжне, а потім спробувати досягти його, протиставити свою ідею думці більшості і, якщо це необхідно, вступити в конфлікт з нею.

2.2 Методи пошуку нових рішень. Десяткова матриця пошуку

Проглядом імсячолить людина на кожному етапі її розвитку зіштовхувалася з новими для неї проблемами і задачами та намагалася вирішувати шляхом перебору багатьох варіантів їх вирішення. Такий метод вирішення одержав назву методу проб і помилок (ПіП).

Суть методу складається у висуванні і розгляді можливих варіантів рішень; якщо ідея виявляється невдалою, її відкидають, а потім висувають нову. При цьому не існує ніяких правил генерування й оцінки нових ідей. Придатність чи непридатність тієї чи іншої ідеї оцінюється суб’єктивно, тому що відсутні об’єктивні критерії вибору найкращої ідеї.

Метод ПіП цілком придатний для вирішення простих задач, що вимагають для свого вирішення декількох десятків проб. Коли ж рішення сховане серед сотень усіляких невипробуваних варіантів, то пошук прийняттого рішення може розтягтися на багато років, до того ж немає ніякої гарантії, що при такому переборі варіантів сильного рішення взагалі не помітять, чи обраний варіант далеко не самий удалий.

У XX столітті виникли, сформувалися та постійно розвиваються різноманітні методи активізації творчого мислення людини, спрямовані на організований пошук потрібного рішення. Серед цих методів є як евристичні (мозковий штурм, синектика, метод фокального об'єкту тощо), так і алгоритмічні - морфологічний метод, функціонально-вартісний аналіз, різноманітні алгоритми вирішення винахідницьких задач тощо.

Розглянемо один з різновидів **морфологічного метода - пошук нових рішень за допомогою десяткової матриці** пошуку.

Її автор Р. П. Повілейко – інженер-дослідник з Новосибірська.

Матриця складається з горизонтальних і вертикальних рядків, де приведені якісні показники, що враховуються при проектуванні, і типові прийоми вирішення задач.

На основі глибокого аналізу описаних у літературі прийомів вирішення технічних задач (їх виявилося 428) і показників технічних систем (129) було сформовано десять рівномірних груп показників і прийомів (див. табл. 2.1).

Нижче приведені основні показники, що враховуються при проектуванні нової техніки:

- **геометричні** (довжина, ширина, висота, площа, займані конструкцією, обсяг, форма);

- **фізико-механічні** (вага конструкції і окремих її елементів, матеріалоемність, міцність і інші якості матеріалів, також і нових матеріалів);

- **енергетичні** (вид і потужність енергії, ККД і ін.);

- **конструктивно-технологічні** (технологічність виготовлення виробу, транспортабельність, складність чи простота конструкції й ін.);

Таблиця 2.1 – Десяткова матриця пошуку

Прийоми Групи показників	Неологія	Адаптація	Мультиплікація	Диференціація	Інтеграція	Інверсія	Імпульсація	Динамізація	Аналогія	Ідеалізація
Геометричні										
Фізико-механічні										
Енергетичні										
Конструкційно-технологічні										
Надійності та довговічності										
Експлуатаційні										
Економічні										
Ступеню стандартизації та уніфікації										
Зручності обслуговування та безпеки										
Художньо-конструкторські										

- **надійність і довговічність** (механічна надійність, довговічність, ремонтпридатність, захищеність від шкідливого впливу середовища);

- **експлуатаційні** (продуктивність, точність, стабільність параметрів, ступінь готовності до роботи і т. ін.);

- **економічні** (собівартість виробу і окремих його елементів, трудові затрати на виробництво і експлуатацію, втрати і т. ін.);

- **ступінь стандартизації й уніфікації**;

- **зручність обслуговування і безпека** (показники, пов'язані з охороною праці і технікою безпеки, ергономікою і інженерною технологією, зі зручністю виготовлення, контролю, ремонту і т. ін.);

- **художньо-конструкторські** (гармонійність, пропорційність, виразність, цілісність, масштабність, тектоничність і т. ін.).

Основні групи типових прийомів технічної творчості:

- **неологія** полягає у використанні процесів, конструкцій, форм, матеріалів, їхніх властивостей і ін., нових для даної галузі техніки, але не нових узагалі;

- **адаптація** передбачає пристосування відомих процесів, конструкцій, форм, матеріалів і їхніх властивостей для конкретних умов праці;

- **мультиплікація** полягає в множенні функцій і деталей системи, причому помножені системи залишаються подібними одна до одної, однотипними;

- **диференціація** полягає в поділі функцій і елементів системи: послаблюються функціональні зв'язки між елементами системи, підвищується степінь вільності і їх взаємне переміщення, розносяться елементи конструкції й робочі процеси в просторі і часі;

- **інтеграція** припускає об'єднання, сполучення, скорочення і спрощення функцій і форм елементів і системи в цілому: зближуються елементи виробництва, конструкції і робочі процеси в просторі і часі;

- **інверсія** полягає в обертанні (зроби навпаки) функцій, форми і розташування елементів системи;

- **імпульсація** охоплює групу прийомів, зв'язаних зі зміною переривчастості процесів, що проходять;

- **динамізація** припускає, що характеристики, параметри елементів системи чи всієї системи повинні бути змінними й оптимальними на кожному етапі процесу чи на новому режимі;

- **аналогія** полягає у відшуканні і використанні подібності, подоби в будь-якому відношенні систем, у цілому різних;

- **ідеалізація** припускає уявлення ідеального результату, від якого варто відштовхуватися.

З МЕТОДОЛОГІЯ ЕМПІРИЧНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Особливості теоретичних та експериментальних досліджень

Теоретичні дослідження включають в себе кілька характерних етапів:

- аналіз фізичної сутності процесів і явищ;
- формулювання гіпотези дослідження;
- побудова фізичної моделі;
- математичне дослідження;
- аналіз і узагальнення теоретичних досліджень;
- формулювання висновків.

Під час **теоретичних досліджень** використовують **аналітичні методи** для дослідження фізичних моделей, що описують функціональні зв'язки всередині або поза об'єктом. З їх допомогою встановлюють математичну залежність між параметрами моделі. Ці методи дозволяють провести глибоке дослідження об'єкта і встановити кількісні точні зв'язки між аргументами і функціями.

Аналітичні залежності є математичною моделлю фізичних процесів. Така модель може бути представлена у вигляді рівняння або системи рівнянь, функції та ін. Але математичним моделям притаманні серйозні недоліки:

3.1.1 Для проведення достовірного досвіду потрібне встановлення крайових умов. Помилка в їх визначенні призводить до видозміни досліджуваного процесу.

3.1.2 Часто відшукати аналітичні вирази, що відображають досліджуваний процес важко або взагалі неможливо.

3.1.3 При спрощення математичної моделі (допущення) спотворюється фізична сутність процесу.

Разновидом теоретичних досліджень є **ймовірнісно-статистичні методи досліджень**. При використанні цих методів застосовують математичний апарат. Ймовірнісний процес - це процес зміни в часі характеристик або стану деякої системи під вплив випадкових факторів.

Експериментальні методи досліджень дозволяють більш глибоко і детально вивчити досліджуваний процес. Однак результати

експерименту не можуть бути перенесені на інший процес, близький по фізичній суті. Це пов'язано з тим, що результати будь-якого експерименту відображають індивідуальні особливості лише досліджуваного процесу. З досвіду ще не можна визначити, які чинники мають вирішальний вплив на процес, якщо змінювати різні параметри одночасно. Це означає, що при експериментальному дослідженні кожен конкретний процес повинен бути досліджений самостійно.

Експериментальні методи дозволяють встановити приватні залежності між змінними в строго визначених інтервалах їх зміни. Таким чином, аналітичні та експериментальні методи мають свої переваги і недоліки, і це ускладнює вирішення практичних завдань. Тому частіше аналітичні методи досліджень об'єднують з експериментами.

3.2 Методи системного аналізу

Найбільш загальна риса сучасної науки - це прагнення до теоретичного синтезу. Він дає можливість об'єднувати предмети або знання про них, тобто здійснювати їх систематизацію. Системний підхід в науці дозволяє глибше синтезувати знання про предмет дослідження.

Системний аналіз - це сукупність методів і прийомів для вивчення складних об'єктів - систем, які являють собою складну сукупність взаємодіючих між собою елементів.

Суть системного аналізу полягає у виявленні зв'язків між елементами системи і встановленні їх впливу на поведінку системи в цілому.

Системний аналіз зазвичай складається з чотирьох етапів:

3.2.1 Постановка завдання. Визначають цілі, завдання дослідження та критерії для вивчення процесу. Це дуже важливий етап. Неправильна або неповна постановка цілей може звести нанівець всю подальшу роботу.

3.2.2 Визначення межі системи та її структури. Всі об'єкти і процеси, що мають відношення до поставленої мети, розбивають на два класи: власне систему і зовнішнє середовище. Розрізняють замкнуті і розімкнуті системи. Впливом зовнішнього середовища в замкнутій системі можна знехтувати. Потім виділяють структурні

частини системи і встановлюють взаємодію між ними і зовнішнім середовищем.

3.2.3 Складання математичної моделі системи. Спочатку визначають параметри елементів і потім використовують той чи інший математичний апарат (лінійне програмування, теорія множин та ін.).

3.2.4 Теоретичні дослідження. При проведенні будь-якого теоретичного дослідження переслідується кілька цілей:

- узагальнення результатів всіх попередніх досліджень і знаходження спільних закономірностей шляхом обробки та інтерпретації цих результатів і досвідчених даних;
- вивчення об'єкта, недоступного безпосередньому дослідженню;
- поширення результатів попередніх досліджень на ряд подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень;
- підвищення надійності об'єкта експериментального дослідження.

Комплексний аналіз - метод всебічного вивчення об'єкта, явища в тісній взаємодії з представниками різних наук і наукових напрямків.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) - метод дослідження об'єкта (явища, виробу, процесу, структури) за його функціями та вартістю, що застосовується при вивченні ефективності використання матеріальних і трудових ресурсів. Найважливішими його принципами є наступні:

- функціональний підхід при дослідженні функцій об'єкта і його елементів з метою найбільш повного задоволення заданих вимог у виборі раціональних шляхів їх реалізації;
- економічний підхід до оцінки споживчих властивостей і витрат на розробку, виробництво і використання об'єкта;
- відповідність корисності функцій витратам на їх здійснення;
- колективна творчість, яка використовує методи пошуку і формування технічних рішень, якісної і кількісної оцінок варіантів рішень.

Цільовою функцією ФВА є досягнення оптимального співвідношення між споживчою вартістю об'єкта і сукупними витратами на його розробку, зниження собівартості випускаємої продукції.

3.3 Основні форми емпіричного наукового пізнання. Спостереження

Емпіричне (те, що сприймається органами почуттів) пізнання здійснюється в процесі досвіду, що розуміється в самому широкому сенсі, тобто як взаємодія суб'єкта з об'єктом, при якому суб'єкт не тільки пасивно відображає об'єкт, а й активно змінює, перетворює його.

Емпіричний метод полягає в послідовному здійсненні наступних п'яти операцій: спостереження, вимірювання, моделювання, прогнозування, перевірка прогнозу.

У науці основними формами емпіричного дослідження є **спостереження і експеримент**. Крім того, до них відносять також численні вимірювальні процедури, які хоча і ближче примикають до теорії, все ж здійснюються саме в рамках емпіричного пізнання і особливо експерименту.

Вихідною емпіричною процедурою служить **спостереження**, оскільки воно входить і в експеримент і в вимірювання, в той час як самі спостереження можуть проводитися поза експериментом і не припускати вимірювань.

Спостереження - це метод цілеспрямованого дослідження об'єктивної дійсності в тому вигляді, в якому вона існує в природі і суспільстві і доступна безпосередньому сприйняттю.

Наукове спостереження представляє цілеспрямоване і організоване сприйняття предметів і явищ навколишнього світу.

Розрізняють **якісне спостереження**, коли в процесі спостереження виявляються якісні зміни в об'єкті або процесі, і **кількісне**, коли фіксуються зміни їх кількісних параметрів, які не викликають при цьому якісних змін.

Спостереження зв'язане з чуттєвим пізнанням: будь-який процес сприйняття пов'язаний з переробкою і синтезом тих вражень, які пізнає суб'єкт отримує від зовнішнього світу. Однак спостереження відрізняється від сприйняття цілеспрямованістю, тобто людина спостерігає те, що має для неї теоретичний або практичний інтерес. Активна роль спостерігач проявляється, перш за все, в тому, що він не просто фіксує факти, а свідомо шукає їх, керуючись певною

ідеєю, гіпотезою або колишнім досвідом. При цьому він відбирає лише найсуттєвіші факти, що характеризують об'єкт дослідження.

У науці спостереження мають на меті перевірку тієї чи іншої гіпотези або теорії і тому вони істотно залежать від цієї мети.

Спостереження в науці характеризуються також тим, що їх результати вимагають певної інтерпретації, яка здійснюється за допомогою деякої теорії.

Ця обставина грає надзвичайно важливу роль в тих випадках, коли безпосередньо спостерігається не сам предмет або процес, а результат його взаємодії з іншими предметами і явищами. Так, наприклад, про поведінку мікрочастинок ми можемо судити лише побічно, спостерігаючи не власними мікроявленіям, а результати їх взаємодії з тими чи іншими макроскопічними приладами і установками.

Будь-яке спостереження передбачає наявність деякого об'єкта, що спостерігається і суб'єкта, що його сприймає, який здійснює спостереження в конкретних умовах місця і часу. У науковому спостереженні до вказаних елементів додаються ще спеціальні засоби спостереження (мікроскопи, телескопи, аудіо- та відео-техніка та ін.), призначення яких полягає в тому, щоб компенсувати природну обмеженість органів чуття людини, підвищити точність і об'єктивність результатів спостереження. Нарешті, важлива роль належить тут і концептуальним засобам, тобто поняттям і теоріям, за допомогою яких організовуються і особливо інтерпретуються наукові спостереження.

Спостереження в науковому дослідженні покликане здійснювати три основні функції.

Перша і найважливіша з них полягає в забезпеченні тієї емпіричної інформації, яка необхідна як для постановки нових проблем і висунення гіпотез, так і для подальшої їх перевірки.

Друга функція спостережень полягає в перевірці таких гіпотез і теорій, яку не можна здійснити за допомогою експерименту. Зрозуміло, експериментальне підтвердження або спростування гіпотез повніше. Однак там, де неможливо поставити експеримент, єдиними свідченнями можуть служити лише дані спостережень. При спостереженнях ж, які супроводжуються точними вимірами, результати такої перевірки можуть бути нітрохи не гіршими, ніж

експериментальні, що підтверджується всією історією розвитку астрономії.

Третя функція спостереження полягає в тому, що в його рамках здійснюється зіставлення результатів, отриманих в ході теоретичного дослідження, перевіряється їх адекватність і істинність. При емпіричному дослідженні вчений звертається до теорії для того, щоб цілеспрямовано вести спостереження і проводити експерименти. Однак для подальшої розробки теорії він змушений час від часу «звиряти» свої поняття, принципи і судження з даними досвіду. Оскільки зіставлення абстрактних положень теорії безпосередньо з досвідом неможливо, то доводиться вдаватися до різних допоміжних прийомів, серед яких значну роль відіграє формулювання емпіричних результатів в термінах спостереження.

3.4 Експеримент

Експеримент (від лат. Experimentum - проба, досвід, перевірка гіпотез і т.п.) - це метод наукового пізнання, при якому відбувається дослідження об'єкта в точно визначених умовах, що задаються експериментатором, який дозволяє стежити за об'єктом, що вивчається і керувати ним. Експеримент, як і спостереження, може бути якісним і кількісним.

Основна мета експерименту - виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке і глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Постановка і організація експерименту визначаються його призначенням. Експерименти, які проводяться в різних галузях науки, є галузевими і мають відповідні назви: фізичні, хімічні, біологічні, соціальні, психологічні, і т.п.

Експерименти розрізняються:

- за програмними цілями дослідження (що констатують, що перетворюють, пошукові, вирішальні, контролюючі);
- за способом формування умов (природний і штучний);
- за структурою досліджуваних об'єктів і явищ (прості, складні);
- за організацією проведення (лабораторні, натурні, польові, виробничі і т.п.);

- за характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження (речові, енергетичні, інформаційні);
- за характером взаємодії засобів експериментального дослідження з об'єктом дослідження (звичайний і модельний);
- за типом моделей, досліджуваних в експерименті (матеріальний і уявний);
- за числом варійованих факторів (однофакторний і багатфакторний);
- за контрольованими величинами (пасивний і активний);
- за характером досліджуваних об'єктів або явищ (технологічний, соціометричний) і т.п.

3.5 Методика планування експерименту

Правильна розробка методики експерименту має особливе значення.

Методика - це сукупність розумових і фізичних операцій, розміщених в певній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження.

При розробці методики проведення експерименту необхідно передбачати:

- проведення попереднього цілеспрямованого спостереження над досліджуваним об'єктом або явищем з метою визначення його вихідних даних (вибір варіюють факторів, гіпотез);
- створення оптимальних умов, в яких можливо експериментування (підбір об'єктів для експериментального впливу, усунення впливу випадкових факторів);
- систематичне спостереження за ходом розвитку досліджуваного явища і точні описи фактів;
 - визначення меж вимірювань;
 - проведення систематичної реєстрації вимірювань і оцінок фактів різними способами і засобами;
 - створення перехресних впливів, повторюваних ситуацій, зміна умов і їх характеру;
 - створення ускладнених ситуацій з метою підтвердження або спростування раніше отриманих даних;
 - перехід від емпіричного вивчення до логічних узагальнень, аналізу і теоретичної обробці отриманого фактичного матеріалу.

При виборі методики експерименту дослідник повинен упевнитися в її практичній придатності.

У методиці детально розробляється процес проведення експерименту, складається послідовність проведення спостережень і операцій вимірювань, детально описується кожна операція окремо з урахуванням вибраних засобів для проведення експерименту, обґрунтовуються методи контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній кількості вимірювань їх задану точність і високу надійність.

Не менш важливим розділом методики є вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації та аналізу.

Результати експериментів повинні бути зведені в графіки, формули, таблиці, що дозволяють якісно і швидко зіставляти і аналізувати отримані результати. Всі змінні повинні бути оцінені в єдиній системі одиниць фізичних величин.

Особлива увага в методиці повинна бути приділена математичним методам обробки і аналізу даних, наприклад, апроксимації зв'язків між вар'юємими характеристиками, встановленню емпіричних залежностей, встановлення різних критеріїв. Діапазон чутливості або нечутливості критеріїв повинен бути стабілізований.

При розробці плану-програми експерименту завжди необхідно прагнути до його спрощення без втрати достовірності і точності.

Таким чином, методика експерименту - це система різних способів або прийомів для послідовного і найбільш ефективного здійснення експерименту.

Кожен експериментатор повинен скласти план або програму проведення експерименту, який включає:

- постановку мети і завдань експерименту;
- обґрунтування обсягу експерименту, числа дослідів;
- вибір варійованих факторів;
- визначення послідовності зміни чинників;
- порядок реалізації дослідів;
- вибір кроку зміни чинників, завдання інтервалів між майбутніми експериментальними точками;
- опис проведення експерименту;
- обґрунтування засобів вимірювань;

- обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

Крім перерахованих вище пунктів план експерименту включає: найменування теми дослідження; робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок; список виконавців, календарний план і кошторис.

3.6 Вимірювання

Вимірювання займають надзвичайно важливе місце в експериментальних дослідженнях.

Вимірювання - це знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів (ГОСТ 16263- 70).

Сутність вимірювання полягає у порівнянні вимірюваної величини з відомою величиною, прийнятої за одиницю, тобто еталон.

Виміряти будь-яку фізичну величину Q означає порівняти її з іншою величиною q , прийнятої за одиницю вимірювань, і виразити першу в частках останньої.

У математичній формі це можна представити у вигляді залежності

$$Q = kq,$$

де k - будь-яке позитивне ціле або дробове число, що показує, у скільки разів Q більше або менше q .

Вимірювання можуть бути **статичними**, коли вимірювана величина не змінюється в часі, і **динамічними**.

Вимірювання також бувають **прямі і непрямі**. При прямих вимірюваннях шукану величину встановлюють безпосередньо з дослідів. При непрямих - функціонально залежно від інших величин, що визначаються прямими вимірами, наприклад вимірювання щільності тіла через його масу і об'єм.

Ще розрізняють вимірювання **абсолютні і відносні**. Абсолютні - це прямі вимірювання в одиницях вимірюваної величини. Відносні - вимірювання, представлені відношенням вимірюваної величини до однойменної величини, прийнятої за вихідну.

Також існує три класи вимірювань: **особоточні, високоточні і технічні**.

Теорією і практикою вимірювання займається **метрологія** - наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

До основ метрології відносяться:

- загальна теорія вимірювань;
- одиниці фізичних величин, тобто величини, яким за визначенням присвоєно числове значення, рівне одиниці;
- методи і засоби вимірювань.

До методів відносять:

- сукупність прийомів використання принципів і технічних засобів, що застосовуються при вимірах і мають нормування метрологічних властивостей;
- методи визначення точності вимірювань;
- основи забезпечення єдності вимірювань.

У метеорології розрізняють кілька основних методів вимірювання.

Метод безпосередньої оцінки - визначає значення величини безпосередньо за відліком пристроєм вимірювального приладу прямої дії (наприклад, вимірювання маси на циферблатних вагах).

Метод порівняння з мірою - при його використанні вимірювану величину порівнюють з величиною відтворюємої міри (наприклад, вимірювання маси на важільних вагах з врівноваженим гирями).

Нульовий метод застосовується для результуючого ефекту впливу величини на прилад до нуля, наприклад вимірювання електричного опору мостом з повним його урівноваженням.

Диференціальний метод заснований тому, що на вимірювальний прилад діє різниця вимірюваної і відомої величини, що відтворюється мірою, наприклад, вимірювання, що виконуються при перевірці мір довжини порівнянням зі зразковою мірою на компараторах.

Метод збігів - різниця між вимірюваною величиною і величиною відтворюємої міри вимірюється з використанням періодичних сигналів або збігу позначок шкал.

Метод заміщення - при його використанні виміряну величину заміщують відомою величиною, що відтворюється мірою, наприклад зважуванням з почерговим приміщенням вимірюваної маси та гирі одну і ту ж чашку ваг.

Результати вимірювань обов'язково повинні бути виражені в узаконених одиницях, а похибки вимірювань відомі з заданою вірогідністю, що можливо тільки при однаковості засобів вимірювання. Вони повинні бути проградуйовані в узаконених одиницях, і їх метрологічні властивості повинні відповідати нормам.

3.7 Інтерпретація результатів експерименту

Залежність експерименту від теорії позначається не тільки при плануванні, але в ще більшому ступені при тлумаченні його результатів.

По-перше, результати будь-якого експерименту потребують статистичного аналізу, щоб виключити можливі систематичні помилки. Такий аналіз стає особливо необхідним при здійсненні експериментів, в яких досліджувані фактори або величини задані не індивідуальним, а статистичним чином. Але навіть при індивідуальному завданні, як правило, роблять безліч різних вимірів, щоб виключити можливі помилки.

Ще більші труднощі виникають при аналізі статистичних експериментів.

Перш за все, тут доводиться встановлювати і оцінювати відмінність між експериментальною і контрольною групами. Іноді різниця між ними може бути викликана випадковими, неконтрольованими факторами.

Тому виникає завдання визначення та статистичної перевірки різниці між експериментальною і контрольною групами. Якщо ця різниця перевищує деякий мінімум, то це є показником того, що між величинами, що вивчаються в даному експерименті, існує деякий реальний зв'язок. Знаходження конкретної форми цього взаємозв'язку представляє мету подальшого дослідження.

По-друге, результати експерименту, які зазнали статистичної обробки, можна по-справжньому зрозуміти і оцінити лише в рамках теоретичних уявлень відповідної галузі наукового знання.

При всіх тонкощах і складностях сучасних статистичних методів з їх допомогою в кращому випадку може бути лише вгадана деяка гіпотеза про реальний взаємозв'язок досліджуваних факторів або величин. За допомогою методів кореляційного аналізу можна, наприклад, оцінити ступінь залежності або співвідношення однієї

величини від іншої, але такий аналіз не може розкрити конкретну форму або тип функціонального зв'язку між ними, тобто закон, що керує цими явищами. Ось чому тлумачення результатів експериментального дослідження набуває таке важливе значення для розуміння і пояснення цих результатів.

При інтерпретації даних експерименту дослідник може зустрітися з двома альтернативами.

По-перше, він може пояснити ці результати в термінах вже відомих теорій або гіпотез. В цьому випадку його завдання зводиться до перевірки або повторного огляду готівкового знання. Оскільки така перевірка полягає в зіставленні тверджень, що виражають дані експерименту, з висновками теорії, то виникає необхідність в отриманні таких логічних наслідків з теорії, які допускають емпіричну перевірку. Це неминуче пов'язане з інтерпретацією деяких понять і тверджень теорії.

По-друге, в ряді випадків вчений не має готової теорії або навіть більш-менш обґрунтованої гіпотези, за допомогою яких він зміг би пояснити дані свого експерименту. Іноді такого роду експерименти навіть суперечать тим теоретичним уявленням, які панують в тій чи іншій галузі науки.

Звичайно, не всяка нова інтерпретація експериментальних даних призводить до революційних змін в науці. Однак будь-яка інтерпретація пред'являє серйозні вимоги до існуючих теорій, починаючи від перегляду і модифікації деяких їх елементів і закінчуючи радикальним переглядом вихідних принципів і постулатів.

4 ВИБІР НАПРЯМКУ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. ЕТАПИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ

4.1 Вибір напрямку та цілі наукового дослідження

Дуже важливими задачами є вибір проблеми, напрямку, теми наукового дослідження і постановки наукових питань.

Приступаючи до постановки науково-технічної проблеми в будь-якої певної галузі знань необхідно провести глибокий аналіз завдань, зумовлених потребами суспільства і соціальними запитами.

Будь-яка науково-технічна проблема починається з розкриття основної концепції.

Потім необхідно проаналізувати загальні питання в даному науковому напрямку, а також стан питання, що стосується конкретного завдання в сфері наукової діяльності вченого. Від дослідника потребується вивчення попереднього досвіду і придбання відповідних знань в суміжних областях науки і техніки. Спочатку при визначенні проблеми і теми наукового дослідження на основі протиріч досліджуваного напрямку формулюється сама проблема, і визначаються в загальних рисах очікувані результати, потім розробляється її структура, виділяються питання, встановлюється їх актуальність, і визначаються основні виконавці.

Щоб проаналізувати наукову і технічну інформацію в даній області знань, треба провести короткий літературний огляд з даної проблеми. Це необхідно, щоб розкрити проблемну ситуацію і виявити наявність протиріч між соціальною потребою і необхідністю вирішення висунутих завдань, а також показати їх наукову актуальність і методологічну цінність в пізнанні причинних і функціональних зв'язків між явищами і процесами об'єкта дослідження.

Такий аналіз дозволяє сформулювати робочу гіпотезу, намітити шляхи вирішення проблеми, виділити завдання і основні етапи дослідження.

Таким чином, цей етап повинен завершуватися формулюванням мети, визначенням об'єкта дослідження, оцінкою наукової новизни і практичної цінності результатів рішення науково-технічної проблеми, можливості та ефективності їх впровадження в практику.

Метою теоретичних досліджень є вивчення й обґрунтування фізичної сутності об'єкта чи явища, створення абстрактної математичної моделі, яка описує їх поведінку в певних умовах, передбачення і аналіз попередніх результатів.

При необхідності проведення експериментальних досліджень формуються їх задачі, вибирається методика, прилади і засоби вимірювання, а також складається програма експерименту у вигляді робочого плану, в якому зазначаються обсяг робіт, методи, техніка, трудомісткість і терміни виконання.

Методичні рішення, отримані в результаті експериментальних досліджень, формуються у вигляді методичних вказівок для проведення експерименту. Загальний аналіз отриманих результатів, зіставлення їх з висунутою гіпотезою проводиться після завершення теоретичних і експериментальних досліджень. Якщо між дослідженнями є істотні розбіжності, то уточнюються теоретичні моделі, а при необхідності проводяться додаткові експерименти. Потім формуються практичні і наукові висновки.

4.2 Етапи науково-дослідних робіт

Процес виконання науково-дослідних робіт включає в себе шість етапів.

4.2.1 Формулювання теми. На цьому етапі передбачається загальне знайомство з науковою темою чи проблемою, через яку доведеться виконати роботу і попереднє ознайомлення з літературою, після чого формулюється тема дослідження. Потім складається план, розробляється технічне завдання і визначається очікуваний економічний ефект.

4.2.2 Формулювання мети і завдань досліджень. Цей етап включає підбір літератури та складання бібліографічних списків, проведення патентних досліджень за темою НДР, складання анотації джерел і аналіз обробленої інформації. У висновку ставиться мета і завдання дослідження.

4.2.3 Теоретичні дослідження. При виконанні цього етапу передбачається вивчення фізичної сутності явища, формування гіпотез, вибір і обґрунтування фізичної моделі. Потім проводиться математизація і аналіз моделі і отриманих рішень.

4.2.4 Експериментальні дослідження. Після визначення мети і задачі експериментального дослідження проводиться планування експерименту, розробляються методики його проведення та вибір засобів вимірювання. Закінчуються експериментальні дослідження проведенням серії експериментів і обробкою отриманих результатів.

4.2.5 Аналіз і оформлення наукових досліджень. На цьому етапі проводиться зіставлення результатів експериментів з теоретичними даними та аналіз розбіжностей. Потім уточнюються теоретичні моделі і проводяться додаткові експерименти, на основі яких стає можливим перетворення гіпотез в теорію. Наукові роботи на даному етапі завершуються формулюванням наукових висновків і складанням науково-технічного звіту.

4.2.6 Впровадження результатів дослідження у виробництво, визначення економічного ефекту. Кожне теоретичне дослідження вимагає великих витрат розумової праці, тому тут можуть бути і невдачі.

Експериментальна частина є найбільш трудомісткою і матеріаломісткою, особливо коли виникає необхідність в повторних дослідженнях.

Процес виконання НДР відрізняється від етапів науково-дослідної роботи. Етапи науково-дослідницької роботи припускають:

- формулювання теми, мети, завдань дослідження;
- вивчення літератури, проведення досліджень і підготовку до технічного проектування;
- технічне проектування з розробкою різних варіантів;
- розробку і техніко-економічне обґрунтування проекту;
- робоче проектування;
- виготовлення дослідного зразка і його виробничі випробування;
- доопрацювання дослідного зразка;
- державні випробування.

5 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

5.1 Загальні відомості

Коли треба знайти оптимальне рішення, більшість задач, з якими доводиться мати справу в повсякденній практиці, є багатоваріантними, тобто майже завжди існує обмежена (або необмежена) кількість варіантів рішення, кожен з яких з тою чи іншою мірою можна вважати оптимальним для заданих умов.

У зв'язку з цим виникла необхідність застосовувати для аналізу і синтезу ситуацій і систем математичні методи і сучасну обчислювальну техніку. Такі методи об'єднуються під загальною назвою - математичне програмування.

Математичне програмування (МП) - область математики, що розробляє теорію і чисельні методи рішення багатовимірних екстремальних задач з обмеженнями, тобто, завдань на екстремум функції багатьох змінних з обмеженнями на область зміни цих змінних.

Математичне програмування вивчає такі завдання прийняття рішень, в яких найкращим рішенням є таке, на якому досягається найбільше (або найменше) значення деякого показника ефективності:

$$\begin{aligned} \max f(\bar{x}) \\ \bar{x} \in D \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$D = \{\bar{x} \mid g_i(\bar{x}) \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}\}$$

де $f(\bar{x})$ – цільова функція
 $g_i(\bar{x})$ – функції обмежень
 $\bar{x}$ – рішення

Функцію, $f(\bar{x})$, екстремальне значення якої потрібно знайти в заданих умовах, називають **цільовою, показником ефективності або критерієм оптимальності**.

Умови формалізуються у вигляді **системи (функцій) обмежень** $g_i(\bar{x})$ Все це становить математичну модель задачі.

Математичне програмування містить у собі декілька класів задач.

- **Задачі лінійного програмування** - це задачі математичного програмування, в яких цільова функція і функції обмежень лінійні. Для таких задач розроблені точні методи рішень.

- **Транспортні задачі** - різновид задач лінійного програмування спеціального вигляду, що мають більш ефективні методи рішень.

- **Задачі про призначення** - задачі про розподіл роботи між виконавцями з метою досягнення максимальної ефективності.

- **Задачі нелінійного програмування** - задачі математичного програмування, в яких хоча б одна з функцій нелінійна. У загальному випадку ці задачі не мають точних аналітичних методів рішень, основні методи їх вирішення - наближені.

- **Задачі опуклого програмування** - задачі нелінійного програмування, що мають увігнуту цільову функцію і опуклу область допустимих значень. Це гарантує однокстремальність задачі і дозволяє сформулювати ознаки оптимальності рішення.

- **Задачі квадратичного програмування** - задачі опуклого програмування, які мають квадратичну цільову функцію з лінійними обмеженнями.

- **Задачі дискретного програмування** - задачі математичного програмування, що мають дискретну область допустимих рішень (зокрема, кінцеве або рахункове безліч рішень).

- **Задачі динамічного програмування** - задачі, в яких застосовуються покрокові методи вирішення.

- **Задачі стохастичного програмування** - задачі, в яких використовуються функції випадкових величин.

- **Векторна (багатокритеріальна) оптимізація** вивчає задачі дослідження операцій, в яких потрібно забезпечити найбільше (найменше) значення кількох показниками ефективності в одній і тій же області допустимих рішень.

- **Теорія ігор** розглядає задачі прийняття рішень в конфліктних ситуаціях.

- **Теорія управління запасами** вивчає завдання визначення обсягів поставки і термінів зберігання продукції.

- **Мережеве планування та управління** пропонує методи планування робіт, пов'язаних мережевими графіками.

• **Теорія розкладів** або **теорія календарного планування** розглядає методи планування робіт в часі.

• **Імітаційне моделювання** - моделювання систем за допомогою електронної обчислювальної техніки.

При вирішенні задач математичного програмування можна виділити деяку загальну послідовність етапів, через які проходить будь-яке операційне дослідження. Як правило, це:

- постановка завдання;
- побудова змістовної (вербальної) моделі об'єкта (процесу);
- побудова математичної моделі, тобто переклад вербальної моделі в ту форму, в якій для її вивчення може бути використаний математичний апарат;
- рішення задач, сформульованих на базі побудованої математичної моделі;
- перевірка отриманих результатів на їх адекватність природі досліджуваної системи, включаючи дослідження впливу так званих позамодельних факторів, і можлива коректировка початкової моделі;
- реалізація отриманого рішення на практиці.

5.2 Задачі лінійного програмування та їх математичні моделі

Одним з розділів математичного програмування є **лінійне програмування (ЛП)**.

Методи і моделі ЛП широко застосовуються при оптимізації процесів у всіх галузях народного господарства: при розробці виробничої програми підприємства, розподілі її за виконавцями, при розміщенні замовлень між виконавцями і за тимчасовими інтервалами, при визначенні найкращого асортименту продукції, в задачах перспективного, поточного та оперативного планування і управління; при плануванні вантажопотоків, визначенні плану товарообігу і його розподілу; в задачах розвитку і розміщення продуктивних сил, баз і складів систем поводження матеріальних ресурсів та інше.

У загальному вигляді задача ЛП ставиться таким чином:

Знайти набір керованих параметрів:

$$\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5.2)$$

на якому досягається найбільше (найменше) значення показника ефективності:

$$F(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max(\min) \quad (5.3)$$

при виконанні обмежень:

[illegible]

за умови, що на деякі змінні накладаються умови невід'ємності:

$$x_1, x_2, \dots, x_r \geq 0, \quad r \leq n \quad (5.5)$$

Як видно з (5,4), обмеження можуть бути представлені у вигляді нерівностей будь-якого виду, або рівнянь.

Таким чином, модель задачі математичного програмування включає:

- сукупність невідомих величин $(\bar{x})$, діючи на які, систему можна вдосконалювати. Їх називають **планом завдання** (вектором управління, рішенням, управлінням, стратегією, поведінкою та ін.);
- цільову функцію $F(\bar{x})$ (функцію мети, показник ефективності, критерій оптимальності, функціонал задачі і ін.). Цільова функція дозволяє вибирати найкращий варіант з безлічі можливих. Найкращий варіант надає цільовій функції екстремальне значення. Це може бути прибуток, обсяг випуску або реалізації, витрати виробництва, витрати обігу, рівень обслуговування або дефіцитності, число комплектів, відходи та ін.;

- систему обмежень, що впливає з обмеженості ресурсів, якими володіє суспільство в будь-який момент часу, з необхідності задоволення насущних потреб, з умов виробничих і технологічних процесів. Обмеженими є не тільки матеріальні, фінансові і трудові ресурси - це можуть бути можливості технічного, технологічного і взагалі наукового потенціалу. Нерідко потреби перевищують можливості їх задоволення. Математично обмеження виражаються у вигляді рівнянь і нерівностей. Їх сукупність утворює область допустимих рішень (область можливостей).

План, що задовольняє системі обмежень задачі, називається **допустимим**.

Допустимий план, який доставляє цільовій функції екстремальне значення, називається **оптимальним** $\left(\bar{x}^*\right)$.

Оптимальне рішення, взагалі кажучи, не обов'язково єдине, можливі випадки, коли воно не існує, є кінцеве або має безліч оптимальних рішень.

Завдання лінійного програмування називається вирішуваною, якщо вона має хоча б одне оптимальне рішення. У нерозв'язною завдання або порожня область допустимих рішень, або цільова функція не обмежена.

5.3 Форми задач ЛП

В залежності від виду обмежень розрізняють наступні форми задач ЛП:

- канонічна;
- симетрична;
- загальна.

Задача ЛП **в канонічній формі** - задача ЛП, в якій всі обмеження (5.4) являють собою рівняння і всі змінні невід'ємні.

$$F(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max(\min)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, & i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0, & j = \overline{1, n} \end{cases} \quad (5.6)$$

Загальний метод розв'язання задачі ЛП (симплекс-метод) розроблений саме для задачі в канонічному вигляді.

Задача ЛП **в симетричній формі** - задача ЛП, в якій всі обмеження (5.4) являють собою нерівності і всі змінні невід'ємні.

$$F(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \quad (5.7)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0, & j = \overline{1, n} \end{cases}$$

Симетрична форма допускає графічне рішення.

Задача ЛП **в загальній (змішаній) формі** - задача ЛП, в якій присутні всі види обмежень і не всі змінні невід'ємні.

5.4 Графічний метод вирішення задач ЛП

Задача ЛП в симетричній формі (5.7) може бути вирішена графічно, якщо простір керованих параметрів містить дві або три змінні. Нехай $n = 2$, тоді задача ЛП в симетричній формі виглядає так:

$$F = c_1 x_1 + c_2 x_2 \rightarrow \max \quad (5.8)$$

$$\begin{cases} a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 \leq b_i, & i = \overline{1, m} \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases} \quad (5.9)$$

Зобразимо область допустимих рішень в просторі керованих параметрів. Для цього розглянемо безліч точок, що задовольняють будь-якому з нерівностей (5.9). Вони являють собою напівплощини, обмежена прямими (див. рис. 5.1).

Оберемо площину керованих параметрів $x_1 O x_2$, побудуємо на ній усі прямі виду $a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 = b_i$, що відповідають нерівностям системи (5.9), та визначимо область допустимих рішень D як перетин півплощин допустимих рішень для кожної нерівності.

Поведінку цільової функції можна зобразити в просторі керованих параметрів. Для цього досить побудувати сімейство ліній

рівня функції. Лінія рівня - це безліч точок, в яких функція приймає постійні значення $F = c_1x_1 + c_2x_2 = \text{const}$.

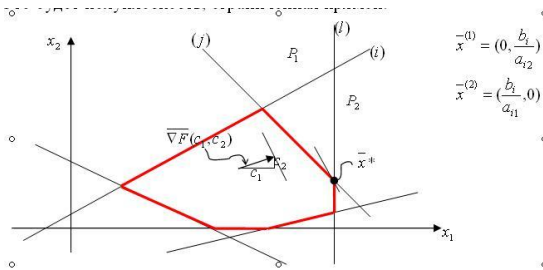


Рисунок 5.1 - Область допустимих рішень задачі ЛП

Для побудови ліній рівня використовуємо поняття градієнта функції.

Градiєнт - це вектор часткових похідних функції. Відомо, що градієнт функції, обчислений в точці, перпендикулярний лінії рівня функції, що проходить через цю точку, а його напрямок показує напрямок максимального зростання функції.

Для побудови ліній рівня в задачі ЛП можна вибрати довільну точку області, побудувати в цій точці вектор градієнта функції і перпендикулярно йому провести через обрану точку лінію рівня функції.

Для отримання оптимального рішення потрібно переміщати лінію рівня в напрямку градієнта до тих пір, поки вона має спільні точки з областю допустимих значень. Крайнє положення лінії рівня називається опорною прямою (тут вся область знаходиться по одну сторону прямої і дотикається прямої в точці або відрізьку). Загальні точки опорної прямої з областю і є оптимальними рішеннями.

Для визначення координат оптимального рішення потрібно записати активні обмеження у вигляді рівності і вирішити спільно систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 = b_j \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i \end{cases}$$

Приклад вирішення задачі ЛП графічним методом наведений у методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни.

5.5 Симплекс-метод вирішення задач ЛП за допомогою таблиць

Задача ЛП в канонічній формі (5.6) може бути вирішена за допомогою симплекс-методу. При цьому простір керованих параметрів може містити декілька змінних.

Введемо поняття базисного та опорного рішення.

Допустиме рішення $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k, 0, \dots, 0) \in D$ називається **опорним**, якщо вектора умов при його долатних компонентах рішення лінійно-незалежні. Додатні компоненти опорного рішення називаються базисними.

Базисне рішення - рішення системи рівнянь $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k, 0, \dots, 0)$, якщо вектора умов при його ненульових компонентах лінійно-незалежні.

Симплекс у n -вимірному просторі - найпростіший багатогранник: $R^n \rightarrow (n+1)$ - гранник

Оскільки оптимальне рішення досягається в кутовій точці області допустимих рішень, то шукати оптимальне рішення потрібно серед опорних рішень. Спочатку слід знайти довільне опорне рішення. Це вершина багатогранника рішень. Разом з сусідніми з нею вершинами вона утворює симплекс в просторі вільних змінних. Далі слід переходити до сусідньої вершини симплекса з кращим значенням критерію, рухаючись по одному з ребер симплекса (краще по ребру, ближчому до вектору градієнта функції).

Етапи симплекс-методу:

- побудова початкового опорного плану $\bar{x}^{(0)}$, $l = 0$;
- перевірка ознаки оптимальності рішення;
- побудова нового опорного рішення - перехід від однієї вершини симплекса $\bar{x}^{(l)}$ до іншої $\bar{x}^{(l+1)}$;
- $l = l + 1$, повторювати з другого пункту до тих пір, поки не виконаються умови оптимальності.

Розглянемо вирішення задачі ЛП симплекс-методом за допомогою таблиць. У симплекс-таблиці виділяються наступні блоки (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Основні блоки симплекс-таблиці

		Показники критерію оптимальності (коефіцієнти c_j цільової функції)	
Св	Бп	Шапка матриці (найменування невідомих)	b
коефіцієнти цільової функції при базисних невідомих	найменування базисних змінних	Поточна матриця технологічних змінних	підсумковий стовпець (значення базисних перемінних b_i)
		Оціночна рядок (оцінки Δ_j)	Значення цільової функції

Симплекс-таблиця будується для будь-якого опорного рішення.

Нехай опорне рішення $\bar{x}^{(l)} = (x_1^l, x_2^l, \dots, x_m^l, \dots, 0, \dots, 0)$.

Симплекс-таблиця для цього рішення має вигляд табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Симплекс-таблиця для заданого опорного рішення

	F	c_1	c_2	...	c_k	...	c_m	c_{m+1}	...	c_s	...	c_i	...	c_n	
Св	Б.п	x_1	x_2	...	x_k	...	x_m	x_{m+1}	...	x_s	...	x_i	...	x_n	b
c_1	x_1	1	0	...	0	...	0	a_{1m+1}	...	a_{1s}	...	a_{1i}	...	a_{1n}	b'_1
c_2	x_2	0	1	...	0	...	0	a_{2m+1}	...	a_{2s}	...	a_{2i}	...	a_{2n}	b'_2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
c_k	x_k	0	0	...	1	...	0	a_{km+1}	...	a_{ks}	...	a_{ki}	...	a_{kn}	b'_k
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
c_i	x_i	0	0	...	0	...	0	a_{im+1}	...	a_{is}	...	a_{ii}	...	a_{in}	b'_i
c_m	x_m	0	0	...	0	...	1	a_{mm+1}	...	a_{ms}	...	a_{mi}	...	a_{mn}	b'_m
	F	0	0	...	0	...	0	Δ_{m+1}	...	Δ_s	...	Δ_i	...	Δ_n	$F(\bar{x}^{(l)})$

Нижче наведена послідовність знаходження оптимального рішення за допомогою симплекс-таблиці.

5.5.1 Перевірка ознаки оптимальності
 $\max \rightarrow \Delta_j \geq 0; \quad \min \rightarrow \Delta_j \leq 0$

5.5.2 Якщо $\Delta_s < 0$, то це рішення не оптимальне. Тоді виберемо стовпець з мінімальною оцінкою. Його назвемо що дозволяючим.

5.5.3 Дозволяючий рядок вибирається за мінімальним відношенням вільних членів до додатних коефіцієнтів дозволяючого стовпця. Базисна змінна, що виражається з цього рядка, виходить зі списку базисних змінних.

$$\frac{b_k^|}{a_{ks}^|} = \min_{i=1,m} \frac{b_i^|}{a_{is}^|}$$

$$a_{is}^| > 0$$

5.5.4 Поточна симплекс-таблиця перетворюється за таким правилом:

- роздільний рядок ділиться на дозволяючий елемент:

$$a_{kj}^n = \frac{a_{kj}^|}{a_{ks}^|};$$

$$b_k^n = \frac{b_k^|}{a_{ks}^|}$$

- дозволяючий стовпець замінюється одиничним;
- всі інші елементи симплекс-таблиці можуть бути перераховані за правилом чотирикутника.

Подумки будується чотирикутник на діагоналі, що з'єднує шуканий елемент з дозволяючим. Тоді нове значення елемента дорівнює колишньому значення мінус добуток елементів на протилежній діагоналі, поділений на дозволяючий елемент:

$$a_{ij}^n = a_{ij}^| - \frac{a_{kj}^| a_{is}^|}{a_{ks}^|}$$

$$a_{ij}^n = \frac{a_{ij}^| a_{ks}^| - a_{kj}^| a_{is}^|}{a_{ks}^|}$$

Приклад вирішення задачі ЛП симплекс-методом наведений у методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни.

5.6 Вирішення транспортної задачі методом потенціалів

Транспортна задача зводиться до визначення такого плану перевезень деякого продукту з пунктів його виробництва в пункти споживання $\left(\|x_{i,j}\|_{m \times n}\right)$, який мінімізує цільову функцію

$$f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_{i,j}$$

на множині допустимих планів

$$D = \left\{ x \in R^{mn} \left| \sum_{j=1}^n x_{i,j} = a_i, i \in 1:m \right. \right.$$

$$\left. x_{i,j} \geq 0, i \in 1:m, j \in 1:n \right\}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j, j \in 1:n$$

при дотриманні умови балансу

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Якщо привести умови транспортної задачі до канонічної форми завдання лінійного програмування, то матриця завдання матиме розмірність $(m + n) \times mn$. Процес вирішення транспортної задачі зручно оформляти у вигляді послідовності таблиць.

Рядки транспортної таблиці відповідають пунктам виробництва (в останній клітині кожного рядка зазначено обсяг запасу продукту a_j), а стовпці - пунктам споживання (остання клітина кожного стовпчика містить значення потреби b_j). Усі клітини таблиці (крім тих, які розташовані в нижній частині і правому стовпцю) містять інформацію про перевезення з i -го пункту в j -й: у лівому верхньому кутку знаходиться вартість перевезення одиниці продукту,

а в правому нижньому - значення обсягу перевезеного вантажу для даних пунктів. Клітини, які містять нульові перевезення ($x_{i,j} = 0$), називають вільними, а ненульові - зайнятими ($x_{i,j} > 0$).

Для вирішення задачі застосовується метод потенціалів, який можна трактуватися як різновид симплексних процедур. Він являє собою ітеративний процес, на кожному кроці якого розглядається деякий поточний базисний план, перевіряється його оптимальність, і при необхідності визначається перехід до «кращого» базисного плану.

Алгоритм починається з вибору деякого допустимого базисного плану (методом північно-західного кута, мінімальної вартості та ін.). Якщо даний план не вироджений, то він містить $m+p-1$ ненульових базисних клітин, за якими можна визначити потенціали u_i та v_j так, щоб для кожної базисної виконувалася умова:

$$v_j - u_i = c_{ij}, \text{ якщо } x_{ij} > 0.$$

Оскільки система містить $m+p-1$ рівняння і $m+p$ невідомих, то один з потенціалів можна задати довільно (наприклад, прирівняти до нуля). Після цього інші невідомі визначаються однозначно.

Приклад вирішення транспортної задачі методом потенціалів наведений у методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни.

6 КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ

6.1 Задачі кореляційно-регресійного аналізу

Кореляційно-регресійний аналіз є складовою частиною стохастичного аналізу.

Стохастичний (від грец. *stochastikos* - вміє вгадувати) **аналіз** - це метод вирішення широкого класу задач статистичного оцінювання. Він передбачає вивчення масових даних шляхом побудови моделей зміни показників за рахунок факторів, які не перебувають у функціональному зв'язку, в прямій або зворотній взаємозалежності. Стохастичний аналіз направлений на вивчення непрямих зв'язків в разі неможливості визначення ланцюга прямого зв'язку. Його використання обумовлене тим, що в наукових дослідженнях частіше зустрічаються стохастичні залежності, які відрізняються приблизністю і невизначеністю.

У стохастичній моделі відображаються середні значення кількісних характеристик зв'язків показників. Стохастичний зв'язок між показниками проявляється тільки в масі спостереження, коли вплив інших факторів на результативний показник згладжується.

Кореляція використовується для виявлення залежності між явищами, що вивчаються.

Кореляційної зв'язком називається такий статистичний зв'язок, при якому різним значенням однієї змінної відповідають різні середні значення іншої. Розрізняють парну і множинну кореляцію.

Парна кореляція - це зв'язок між двома показниками, один з яких є факторним, а інший - результативним.

Множинна кореляція виникає від взаємодії декількох факторів з результативним показником.

Кореляційний аналіз - це метод встановлення зв'язку і виміру його тісноти між спостереженнями, які можна вважати випадковими і вибраними з сукупності, розподіленої за багатовимірним нормальним законом.

Регресія вивчає форму зв'язку. Вона дозволяє виявити аналітичну залежність між явищами, тобто представити її у вигляді рівняння (функції).

Регресійний аналіз - це метод встановлення аналітичного виразу стохастичної залежності між досліджуваними ознаками.

Таким чином, застосування кореляційно-регресійного аналізу дозволяє вирішити дві задачі.

Задача перша - виявити і вивчити тісноту зв'язку між досліджуваними показниками, тобто встановити відносну ступінь залежності результативного показника від кожного фактора. Ступінь тісноти зв'язку оцінюють коефіцієнтами кореляції (R), що змінюються від 0 до 1. Мале значення коефіцієнта свідчить про слабкий зв'язок, а значення, близьке за величиною до 1, характеризує дуже сильний зв'язок і часто дозволяє припустити про наявність функціонального причинно-наслідкового зв'язку. Якісні оцінки тісноти зв'язку за допомогою коефіцієнта кореляції наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика тісноти зв'язку при різних значеннях коефіцієнта кореляції

Коефіцієнт кореляції	Тіснота зв'язку
0,91-0,99	Дуже сильна
0,81-0,90	Досить сильна
0,65-0,80	Сильна
0,45-0,64	Помірна
0,25-0,44	Слабка
До 0,25	Дужеслабка

Задача друга - вивчити характер зв'язку, тобто кількісно виміряти дію одного або декількох факторів на зміну результативного показника. В результаті за значенням коефіцієнта регресії (b) встановлюють, наскільки змінюється величина результативного показника при зміні факторного показника на одиницю.

Частку впливу врахованих факторів, включених в багатофакторну кореляційну модель, на результативний показник можна встановити за допомогою коефіцієнта множинної детермінації (R^2).

6.2 Рівняння регресії. Види регресії

Важливу роль в кореляційно-регресійному аналізі для відображення характеру досліджуваної зв'язку між факторами і результативним показником грає побудова рівняння регресії, яке

відображає модель залежності результативного показника (y) від зміни факторів (x).

У разі якщо зв'язок всіх факторних показників з результативним показником носить прямолінійний характер, то для запису цих залежностей можна використовувати лінійну функцію.

Найбільш простим є рівняння **парної лінійної регресії**, яке встановлює лінійну залежність між двома показниками і являє собою рівняння прямої:

$$y_x = a + bx \quad (6.1)$$

де y_x - результативний показник;

x - факторний показник;

a - вільний член рівняння, який не залежить від фактора x ;

b - коефіцієнт регресії, який показує вплив на результативний показник зміни величини фактора на одиницю його виміру.

Це рівняння описує такий зв'язок між двома показниками, при якому зі зміною факторного показника на певну величину спостерігається рівномірне зростання або спадання значень результативного показника.

Рівняння множинної регресії при лінійній формі зв'язку має вигляд:

$$y_x = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (6.2)$$

де y_x - результативний показник;

a - вільний член рівняння, який не залежить від чинників x ;

$b_1, b_2 \dots b_n$ - коефіцієнти регресії, які показують кількісний вплив на результативний показник зміни величини фактора на одиницю його виміру;

$x_1, x_2 \dots x_n$ - факторні показники.

Якщо залежність між двома показниками має нелінійний характер, то має місце **нелінійна регресія**, яка виражається нелінійною функцією.

Прикладом багатофакторної нелінійної регресії є **поліноміальна регресія**:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_mx^m \quad (6.3)$$

Парна **гіперболічна регресія** має вигляд:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \frac{1}{x} \quad (6.4)$$

Застосовуються також ступенева ($\hat{y} = ax^b$), показова ($\hat{y} = ab^x$), логарифмічна ($\hat{y} = b \cdot \log_a x$) та тригонометрична залежності. Підбір функції регресії здійснюється з урахуванням теоретичних міркувань щодо досліджуваних явищ.

Нелінійну регресію можна привести до лінійного виду шляхом заміни. Наприклад, для ступеневої функції можна провести логарифмування:

$$\log \hat{y} = \log a + b \log x$$

Після заміни: $\log \hat{y} = z$, $\log a = b_0$, $\log x = \xi$ отримаємо лінійну залежність:

$$z = b_0 + b\xi \quad (6.5)$$

6.3 Застосування методу найменших квадратів (МНК) в регресійному аналізі

Розглянемо парну лінійну регресію:

$$y_x = a + bx$$

Представимо модель у формі:

$$Y = a_0 + a_1 X + u$$

де a_0, a_1 – параметри моделі; u – стохастична складова.

Оцінимо параметри моделі $\hat{Y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X$ за методом МНК.

Для цього запишемо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} n\hat{a}_0 + \hat{a}_1 \sum_i x_i = \sum_i y_i \\ \hat{a}_0 \sum_i x_i + \hat{a}_1 \sum_i x_i^2 = \sum_i x_i y_i \end{cases},$$

де $i = \overline{1..n}$, n – кількість спостережень.

Підставивши в цю систему значення

$n, \sum_i X_i, \sum_i Y_i, \sum_i X_i^2, \sum_i X_i Y_i$, отримаємо систему рівнянь, за допомогою якої визначимо коефіцієнти регресії.

Для оцінки отриманої моделі використовують коефіцієнти детермінації та кореляції, а також критерії Стюдента та Фішера.

Методика вирішення задач лінійної парної та множинної регресії та оцінка отриманих моделей наведена у методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни.

7 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

7.1 Випадкові помилки і методи оцінки випадкових похибок у вимірах

Одночасно з проведенням дослідів і вимірювань дослідник повинен проводити попередню, а потім і остаточну обробку результатів вимірювань, їх аналіз, що дозволяє коригувати експеримент, контролювати і покращувати методику в ході досвіду.

Аналіз випадкових похибок ґрунтується на теорії випадкових помилок. Він дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення вимірюваної величини і оцінити можливі помилки.

Основу теорії випадкових помилок складають такі припущення:

- великі похибки зустрічаються рідше, ніж малі, тому що ймовірність появи похибки зменшується з ростом її величини;
- при великій кількості вимірів випадкові похибки однакової величини, але різного знака зустрічаються однаково часто;
- при нескінченно великому числі вимірювань істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірювань, а поява того чи іншого результату вимірювання як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Сукупність вимірів може бути генеральною та вибірковою.

Генеральна сукупність - це все безліч можливих значень змін x_i або можливих значень похибки Δx_i .

При *вибіркової сукупності* число вимірювань n обмежене і в кожному випадку строго визначається. Зазвичай вважають, що якщо $n > 30$, то середнє значення сукупності вимірювань $\bar{x}$ досить точно наближається до істинного значення.

Теорія випадкових помилок дозволяє оцінити точність і надійність вимірювання при даній кількості вимірів або визначити мінімальну кількість замірів, яка гарантуватиме необхідну точність і надійність вимірювань. Також необхідно виключити можливість появи грубих помилок і визначити достовірність отриманих результатів.

7.2 Інтервальна оцінка вимірювань за допомогою довірчої ймовірності

Для нормального закону розподілу загальною оціночною характеристикою вимірювання великої вибірки є дисперсія D і коефіцієнт варіації k_B :

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad (7.1)$$

$$k_B = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (7.2)$$

де: σ - середнє квадратичне відхилення

Коефіцієнт варіації характеризує мінливість вимірювань, а дисперсія їх однорідність.

Чим вище k_B , тим більше мінливість вимірювань щодо середніх значень. k_B оцінює також розкид при оцінці декількох вибірок. Чим вище D , тим більше розкид вимірювань.

Довірчий інтервал вимірювання - це інтервал значень X_i , в який потрапляє істинне значення x_d вимірюваної величини із заданою ймовірністю. Він характеризує точність вимірювання даної вибірки.

Довірча ймовірність або достовірність вимірювання - це ймовірність того, що істинне значення вимірюваної величини потрапляє в даний довірчий інтервал, тобто в зону $a \leq x_d \leq b$. Ця величина характеризує достовірність вимірювань і визначається у відсотках або в частках одиниці.

Довірча ймовірність p_d описується виразом:

$$p_d = P(a \leq x_d \leq b) = \frac{1}{2} \left[\frac{\varphi(b - \bar{x})}{\sigma} - \frac{\varphi(a - \bar{x})}{\sigma} \right] \quad (7.3)$$

де: $\varphi(t)$ - інтегральні функція Лапласа:

$$\varphi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt \quad (7.4)$$

Аргументом цієї функції є відношення μ до середнього квадратичного відхилення σ тобто:

$$t = \frac{\mu}{\sigma} \quad (7.5)$$

де t - гарантійний коефіцієнт.

Якщо на основі певних даних встановлена довірча ймовірність p_d (частіше її приймають рівною 0,90; 0,95; 0,9973), то встановлюється точність вимірювань або довірчий інтервал 2μ на основі співвідношення:

$$p_d = \varphi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) \quad (7.6)$$

Експериментатор при проведенні дослідів із заданою точністю і достовірністю повинен знати ту мінімальну кількість вимірювань, при якій буде впевнений в позитивному результаті. Тому одним із першочергових завдань при статистичних методах оцінки є встановлення *мінімального, але достатнього числа вимірів* для даних умов.

Задача зводиться до встановлення мінімального обсягу вибірки (числа вимірів) N_{min} при заданих значеннях довірчого інтервалу 2μ і довірчої ймовірності p_d .

При виконанні вимірювань необхідно знати їх точність:

$$\Delta = \sigma_o \sqrt{x} \quad (7.7)$$

де σ_o - середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення σ ,

$$\sigma_o = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7.8)$$

Значення σ_o називають середньою помилкою. Довірчий інтервал помилки вимірювання Δ визначається аналогічно для вимірювань $\mu = \sigma_o t$.

Досить часто в експериментальних дослідженнях за заданою точністю Δ і довірчої ймовірністю вимірювання визначають мінімальну кількість вимірювань, що гарантують необхідні значення Δ і p_d :

$$N_{\min} = \frac{\sigma^2 t^2}{\sigma_0^2} = \frac{k_B^2 t^2}{\Delta^2} \quad (7.9)$$

Для визначення $N_{\min}$ може бути прийнята наступна послідовність обчислень:

- проводиться попередній експеримент з кількістю вимірювань n , яке становить в залежності від трудомісткості досвіду від 20 до 50;
- обчислюється середньоквадратичне відхилення σ за формулою (7.1);
- відповідно до поставлених завдань експерименту встановлюється необхідна точність вимірювань Δ , яка не повинна перевищувати точності приладу;
- встановлюється нормоване відхилення t , значення якого зазвичай залежить від точності методу або задається;
- за формулою (7.9) визначають $N_{\min}$, і тоді в подальшому процесі експерименту число вимірювань не повинно бути менше $N_{\min}$.

В процесі обробки експериментальних даних слід виключати *грубі помилки ряду*. Поява таких помилок цілком ймовірна, а їх наявність серйозно може вплинути на результат вимірювань. Але перш ніж виключити той чи інший вимір, потрібно переконатися, що це дійсно груба помилка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду.

Відомо кілька методів визначення грубих помилок статистичного ряду. Найбільш простим з них є правило трьох сигм: розкид випадкових величин від середнього значення не має перевищувати:

$$x_{\min, \max} = \bar{x} \pm 3\sigma \quad (7.10)$$

Більш достовірними є методи, що базуються на використанні довірчого інтервала. При наявності грубих помилок критерії їх появи обчислюються за формулами:

$$\beta_1 = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma} \sqrt{\frac{n-1}{n}} \quad (7.11)$$

$$\beta_2 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma} \sqrt{\frac{n-1}{n}}$$

Максимальні значення $\beta_{\max}$, що виникають внаслідок статистичного розкиду, в залежності від довірчої ймовірності наведені в табл. 7.1

Якщо $\beta_1 > \beta_{\max}$, то значення $x_{\max}$ необхідно виключити з статистичного ряду як грубу похибку.

При $\beta_2 < \beta_{\max}$ виключається величина $x_{\min}$.

Після виключення грубих помилок визначають нові значення $\bar{x}$ і σ з $(n - 1)$ або $(n - 2)$ вимірювань.

Таблиця 7.1 - Критерій появи грубих помилок

n	$\beta_{\max}$ при p_d			n	$\beta_{\max}$ при p_d		
	0,90	0,95	0,99		0,90	0,95	0,99
3	1,41	1,41	1,41	15	2,33	2,49	2,80
4	1,64	1,69	1,72	16	2,35	2,52	2,84
5	1,79	1,87	1,96	17	2,38	2,55	2,87
6	1,89	2,00	2,13	18	2,40	2,58	2,90
7	1,97	2,09	2,26	19	2,43	2,60	2,93
8	2,04	2,17	2,37	20	2,45	2,62	2,96
9	2,10	2,24	2,46	25	2,54	2,72	3,07
10	2,15	2,29	2,54	30	2,61	2,79	3,16
11	2,19	2,34	2,61	35	2,67	2,85	3,22
12	2,23	2,39	2,66	40	2,72	2,90	3,28
13	2,26	2,43	2,71	45	2,76	2,95	3,33
14	2,30	2,46	2,76	50	2,80	2,99	3,37

Також при аналізі вимірювань для наближеної оцінки можна застосовувати таку методику:

- обчислити за (7.1) середньоквадратичне відхилення σ , визначити за допомогою (7.8) σ_0 ;

- прийняти довірчу ймовірність p_D і знайти довірчі інтервали μ_{cm} за формулою:

$$\mu_{cm} = \sigma_0 \alpha_{cm} \quad (7.12),$$

де: α_{cm} - коефіцієнт Стюдента, який приймається за таблицею розподілу Стюдента в залежності від значення довірчої ймовірності p_D ;

- остаточно встановити дійсне значення вимірюваної величини x_D за формулою:

$$x_D = \bar{x} \pm \mu_{cm} \quad (7.13)$$

Для більш глибокого аналізу експериментальних даних рекомендується така послідовність:

- після отримання експериментальних даних у вигляді статистичного ряду його аналізують і виключають систематичні помилки;

- аналізують ряд з метою виявлення грубих помилок і промахів; встановлюють підозрілі значення x_{max} і x_{min} ; визначають середньоквадратичне відхилення σ , обчислюють за формулою (7.11) критерії β_1 і β_2 і зіставляють їх з β_{max} і β_{min} ; виключають при необхідності з статистичного ряду x_{max} або x_{min} і отримують новий ряд з нових членів;

- обчислюють середньоарифметичне значення $\bar{x}$, похибки окремих вимірювань $(\bar{x} - x_i)$ і середньоквадратичне відхилення очищеного ряду σ ;

- знаходять середнє арифметичне значення середньоквадратичного відхилення σ_0 серії вимірювань і коефіцієнт варіації k_6 ;

- задаються рівнем значущості та довірчої ймовірності p_D визначають значення критерію Стюдента на визначають довірчий інтервал;

- за формулою (7.13) встановлюють дійсне значення досліджуваної величини;

- оцінюють відносну похибку (%) серії вимірювань при заданій довірчій ймовірності p_d :

$$\delta = \frac{\delta_0 \alpha_{ct}}{\underline{x}} \cdot 100\% \quad (7.14)$$

7.3 Методи графічної обробки результатів дослідження

При обробці результатів вимірювань широко використовують методи графічного зображення. Такі методи дають більш наочне уявлення про результати експерименту, ніж табличні дані. Тому частіше табличні дані обробляють графічними методами з використанням звичайної прямокутної системи координат.

Щоб побудувати графік, необхідно добре знати хід дослідження, протягом дослідного процесу, тобто те, що можна взяти з теоретичних досліджень. Експериментальні точки на графіку необхідно з'єднувати плавною лінією, щоб вона проходила якомога ближче до всіх експериментальних точок. Але можуть бути виключення, оскільки іноді досліджують явища, для яких в певних інтервалах спостерігається швидка стрибкоподібна зміна однієї з координат.

Якщо при побудові графіка з'являються точки, які різко віддаляються від плавною кривою, необхідно проаналізувати причину цього відхилення, а потім повторити вимір в діапазоні різкого відхилення точки. Повторні вимірювання можуть підтвердити або відкинути наявність такого відхилення.

Якщо вимірювана величина є функцією двох змінних параметрів (x, y), то в одних координатах можна побудувати кілька графіків (рис. 7.1), розбивши діапазон виміру одного з параметрів на кілька відрізків $y_1, y_2 \dots y_n$.

Іноді при графічному зображенні результатів експерименту доводиться мати справу з трьома змінними $b = f(x, y, z)$. У такому випадку застосовують метод розподілу змінних. Однією з величин z в межах інтервалу вимірювання $z_1 - z_n$ задають кілька послідовних значень. Для двох інших змінних x і y будують графіки $y = f_1(x)$, при

$z_1 = \text{const.}$ В результаті на одному графіку отримують сімейство кривих $y = f_1(x)$ для різних значень z (рис. 7.2).

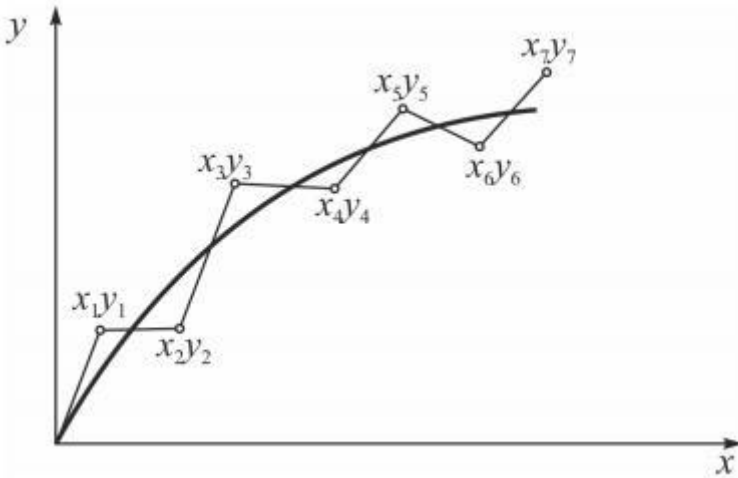


Рисунок 7.1 - Розбивка діапазону вимірювань на кілька відрізків

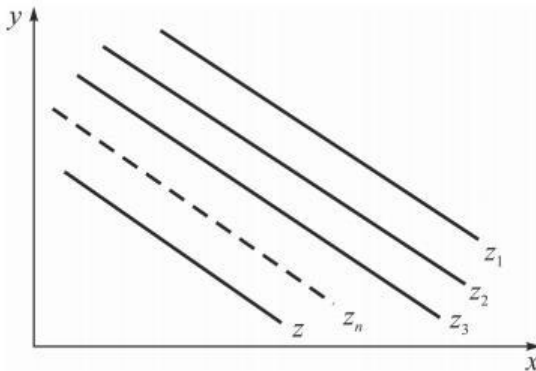


Рисунок 7.2 - Метод розподілу змінних

При графічному зображенні результатів експериментів істотну роль грає вибір системи координат або координатні сітки. Вони бувають рівномірними і нерівномірними.

У **рівномірних координатних сітках** ординати і абсциси мають рівномірну шкалу.

Нерівномірні сітки бувають логарифмічними, напівлогарифмічними, ймовірнісними.

Напівлогарифмічна координатна сітка має рівномірну ординату і логарифмічну абсцису (рис. 7.3, а); **логарифмічна координатна сітка** має обидві вісі логарифмічні (рис. 7.3, б); **ймовірнісна координатна сітка** має зазвичай рівномірну ординату і ймовірнісну шкалу за віссю абсцис (рис. 7.3, в).

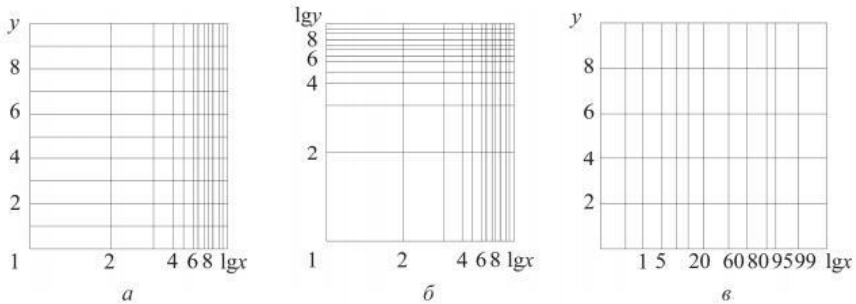


Рисунок 7.3 - Види координатних сіток: а - напівлогарифмічна; б - логарифмічна; в - ймовірнісна

Призначення нерівномірних сіток буває різним. В основному їх застосовують для більш наочного уявлення досліджуваної залежності, наприклад випрямлення криволінійних залежностей.

Велике значення має при побудові графіків, особливо розрахункових, вибір масштабу, що пов'язане з розмірами креслення і, відповідно, з точністю значень величин, що нього знімаються.

Графіки з мінімумом або максимумом необхідно особливо ретельно викреслювати в області екстремуму. Тому тут експериментальні точки повинні бути частіше. Часто для систематичних розрахунків замість складних теоретичних або емпіричних формул використовують номограми, які будують, застосовуючи рівномірні або нерівномірні координатні сітки.

7.4 Оформлення результатів наукового дослідження

Літературне оформлення результатів творчої праці передбачає знання і дотримання певних вимог, що пред'являються до змісту наукової рукописи.

У наукових роботах особливо важливі ясність викладу, систематичність і послідовність подання матеріалу.

Текст наукової рукописи слід ділити на абзаци, тобто на частини, що починаються з нового рядка. Важливо пам'ятати, що правильна розбивка на абзаци полегшує читання і засвоєння змісту тексту. Критерієм такого поділу є сенс написаного - кожен абзац повинен містити самостійну думку, що міститься в одному або кількох реченнях.

Також в рукописи слід уникати повторень, не допускати переходу до нової думки, поки перша не отримала повного закінченого вираження. Писати текст потрібно за можливістю короткими і ясними для розуміння пропозиціями.

Не рекомендується перевантажувати рукопис цифрами, цитатами, ілюстраціями, оскільки це відволікає увагу читача і ускладнює розуміння змісту.

Цитовані в рукописи місця (наприклад, висловлювання) повинні мати точні посилання на джерела. Необхідною умовою є дотримання єдності умовних позначень і допускаються скорочень слів, які повинні відповідати прийнятим стандартам.

У науковій роботі повинна витримуватися певна **структура**.

Кожен твір наукового характеру можна умовно розділити на три частини: **вступну, основну і заключну**.

Спочатку слід придумати назву роботи. Вона повинна бути короткою, визначеною і такою, що відповідає змісту роботи. Назва роботи вноситься на титульний аркуш.

Титульний аркуш - це перша сторінка рукопису, на якій вказані надзаголовні дані, відомості про автора, назва, підзаголовкові дані, відомості про наукового керівника, місце і рік виконання роботи.

Зміст розкриває суть роботи шляхом позначення глав, параграфів і інших рубрик рукопису із зазначенням сторінок, з яких вони починаються. Він може бути на початку або в кінці роботи. Назви глав і параграфів повинні точно повторювати відповідні заголовки в тексті.

При оформленні наукової роботи іноді виникає необхідність написати **передмову**. У ній викладаються зовнішні передумови створення наукової праці: чим викликана її поява; де і коли була виконана робота; перераховуються організації та особи, які надали допомогу при виконанні даної роботи.

Введення (вступ) - вводить читача в коло розглянутих проблем і питань. У ньому визначаються новизна, актуальність, наукова і практична значущість теми, ступінь її розробленості, тобто обґрунтовується вибір теми наукового дослідження. Тут же формулюються цілі та завдання, які ставилися автором, описуються застосовані методи і практична база дослідження. У дисертаційних дослідженнях вказують об'єкт і предмет дослідження, положення, що виносяться на захист, вказується теоретична і практична цінність отриманих результатів і даються відомості про їх апробацію. Зазвичай обсяг введення не перевищує 5-7% обсягу основного тексту.

Основна частина складається з декількох розділів, розбитих на параграфи. Перший параграф частіше буває присвячений історії або загальнотеоретичним питанням даної теми, а в наступних параграфах розкривають основні її аспекти.

В основний зміст роботи входить узагальнення матеріалу, методи, експериментальні дані та висновки самого дослідження.

Особливу увагу слід звертати на точність використовуваних в тексті слів і виразів, не допускати можливості їх двозначного тлумачення. Нові терміни або поняття необхідно детально роз'яснювати.

Цифровий матеріал повинен бути представлений в доступній формі (у вигляді таблиць, графіків, діаграм).

Таблиці, що включені в текст, повинні мати найменування (заголовок) і номер або для всієї роботи, або для цього розділу. Таблиця повинна містити відповіді на чотири питання: що, коли, де, звідки. Текст до таблиці дається дуже короткий, в ньому вказуються тільки основні взаємини і висновки, які впливають з цифрового матеріалу.

В кінці роботи як підсумок пишуться **висновки** у вигляді коротко сформульованих і пронумерованих окремих тез. Висновки повинні стосуватися тільки того матеріалу, який викладено в роботі. Слід дотримуватися головного принципу: у висновках потрібно йти від часткових до більш загальних і важливих положень. Характерною помилкою при написанні висновків є перерахування того, що зроблено в роботі замість формулювання результатів дослідження.

У **заключенні** в логічній послідовності викладають отримані результати дослідження, вказують на можливість їх впровадження в практику, визначають подальші перспективи роботи над темою.

Заключення не повинно повторювати висновки. Воно буває невеликим за величиною, але ємним за змістом.

В кінці роботи наводиться **список літературних джерел**. У список включаються тільки ті літературні джерела, які були використані при написанні роботи і згадані в тексті або виносках. Список складається за розділами з урахуванням вимог НТД та відповідних стандартів.

У наукових роботах нерідко виникає необхідність приводити в кінці роботи **додатки**. Вони включають графіки, допоміжні таблиці, додаткові тексти, вилучення з окремих нормативних актів. Кожному додатку треба привласнити самостійний порядковий номер, який при необхідності можна вказати в тексті при посиланні на допоміжні матеріали. При підрахунку обсягу наукової роботи програми не враховуються.

При написанні наукової роботи необхідна анотація або реферат.

Анотація - це коротка характеристика наукової роботи з точки зору змісту, призначення, форми та інших особливостей. Вона повинна відповідати на питання: «Про що йдеться в первинному документі?». Анотація включає: характеристику типу наукової роботи, основну тему, проблему, об'єкт, мету роботи та її результати. В анотації вказується, що нового несе в собі дана робота. Середній обсяг анотації становить 600 друкованих знаків.

Реферат - це скорочений виклад змісту первинного документа або його частини з основними фактичними відомостями та висновками. Реферат на відміну від анотації виконує пізнавальну функцію і відповідає на питання: «Що говориться в первинному документі?».

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
- 2 Бурда А. Г. Основы научно-исследовательской деятельности : учеб. пособие (курс лекций) / А. Г. Бурда; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 145 с.
- 3 Краппит А.Г., Краппит Н.Ю. Методология научных исследований. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008. – 164 с.
- 4 Пономарев А.Б. Методология научных исследований: учеб. пособие / А.Б. Пономарев, Є.А. Пикулева. - Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 186 с.
- 5 Кузнецов И.Н. Научные работы: методика подготовки и оформления. – Минск, 2000.
- 6 Громницкий В.С. Методы оптимизации. Курс лекций: Учебное пособие – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2010. – 104 с.
- 7 Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Лудченко. - К.: О-во “Знання”, КОО, 2000 – 114 с.
- 8 Г.Р.Перегрін, Л.І. Башмакова, І.Є.Поспєєва, О.О.Соріна. Інженерні помилки: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2007. – 312 с.
- 9 Кузнецов А.В, Сакович В.А., Холод Н.И. Высшая математика: Математическое программирование. – Мн.: Выш.шк., 2001.
- 10 Ржевський С.В. Вступ до економетрії. Навчальний посібник для студентів економічних спеціальностей. -Київ: ЄУФГМБ, 1999. - 91 с
- 11 Повилейко Р.П. Десятичная матрица поиска. – Рига.: Знание, 1978. – 98 с.