

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**С.В. Цюцюра**

**МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Конспект лекцій  
для студентів спеціальності  
121 "Інженерія програмного забезпечення",

Київ 2020

## ВСТУП

Дисципліна "Методологія і методика наукових досліджень" присвячена висвітленню основних питань методології проведення, оформлення, використання наукових досліджень та організації управління виробництвом.

Системний аналітик повинен мати систематичний підхід до вирішення будь-якої проблеми у тому числі володіти методологією проведення наукових досліджень.

В результаті вивчення дисципліни необхідно оволодіти механізмом управління науковими дослідженнями та концепцією управління якістю; знати основні аспекти, методи та принципи досліджень.

Студент повинен вміти: користуватись основними поняттями та видами наукових досліджень; визначати особливості та основні етапи проведення досліджень; оформити, дотримуючись стандартів норм і правил, документацію з наукових досліджень.

Дисципліна "Методологія, методика та інформаційні технології наукових досліджень" читається для студентів п'ятого курсу магістерської підготовки спеціальностей 8.080401 "Інформаційні управляючі системи і технології", 8.080402 "Інформаційні технології проектування".

Базою для вивчення дисципліни "Методологія і методика наукових досліджень" є професійно-орієнтовані та спеціальні дисципліни учбового плану цих спеціальностей: Прикладна математика; Методи синтезу та оптимізації; Менеджмент; Методологія розробки програмних продуктів та великих програмних систем; Теорія алгоритмів та обчислювальні методи; Математичне забезпечення АСУ та САПР; Теорія управління; Інформаційне забезпечення АСУ та САПР; та ін.

## ТЕМА 1. СУТЬ І МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

### Оцінка помилок вимірювання. Варіаційний ряд результатів вимірювання

Вимірювання – ряд результатів, що повторюються.

Окремі вимірювання в ряду  $N$  – вимірювань деякої фізичної величини відрізняються одне від одного внаслідок різноманітних за природою впливів, ряд  $N$  - вимірювань варіює. У зв'язку з цим:

- 1) Одне вимірювання називається варіантою  $V_i, X_i$ .
- 2) Границі між значеннями називаються – розмахом варіювання.
- 3) Усі можливі вимірювання називаються генеральною сукупністю.
- 4) Отримане число вимірювань – вибіркова сукупність вимірювань.

Якщо розмах результатів вимірювання поділити на їх кількість  $n$ , то отримаємо сходишку варіації:

$$\frac{X_{\max} - X_{\min}}{n} . \quad (1.1)$$

Якщо варіанти розподілити всередині варіації у зростаючому порядку, то отримаємо послідовність, яка називається варіаційним рядом. Число варіант всередині варіації називається частотою або вагою варіації. Частота або вага варіації тісно пов'язана з імовірністю розташування варіант у варіації.

$$P_i = f_i / N , \quad (1.2)$$

де:  $N$  – загальне число варіант;  $f_i$  – вага варіації.

Для визначення стану варіаційного ряду необхідно:

1. Визначити розмах варіювання.
2. Розбити його на варіації.
3. Вирахувати варіанти в зростаючому порядку.

Варіаційний ряд, представлений графічно, називається варіаційною кривою. Варіаційний ряд у вигляді прямої (варіація - ОХ, частота - ОУ) – гістограма.

## 1.2 Показники середніх величин

Середня арифметична величина характеризує середнє значення

варіації величин.  $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$ .

$$M[X(t)] = \int x f_i(x, t) dx ; \quad (1.3)$$

Математичне очікування при  $n \rightarrow \infty$ , середня величина і математичне очікування співпадають. Середня зважена арифметична величина:

$$X = \frac{\sum W_f}{\sum f} . \quad (1.4)$$

Середня арифметична величина – центр варіаційного ряду – сума відмінних відхилень варіант від середнього арифметичного  $\varepsilon$  дорівнює сумі від'ємних відхилень.

$$\sum f_\varepsilon = 0; \quad \varepsilon_i = X_i - \bar{X} . \quad (1.5)$$

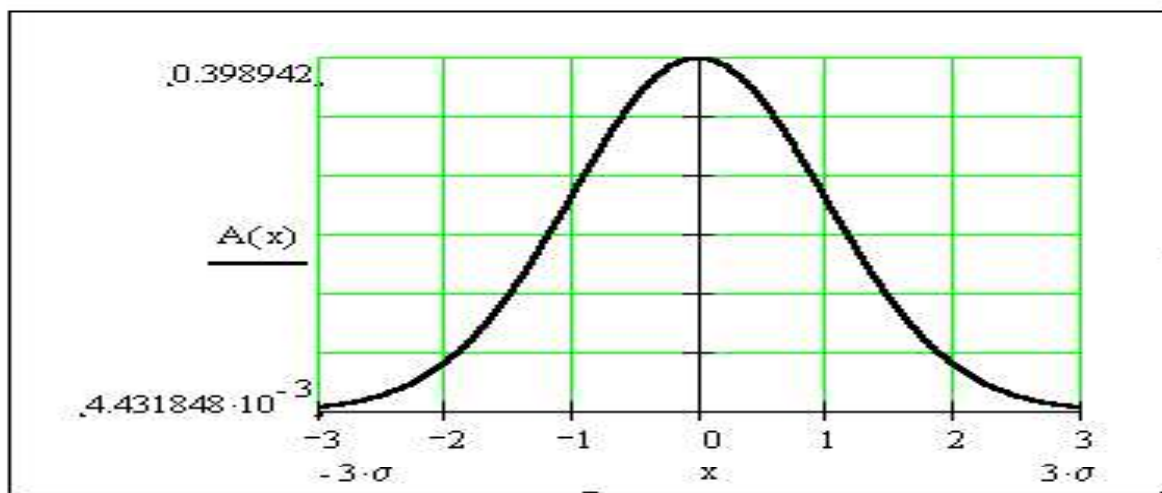
Відхилення середньої арифметичної величини від дійсного значення для ряду вимірювань називається середньою помилкою вимірювання.

$$\eta = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i}{n} . \quad (1.6)$$

Середня арифметична величина –  $\eta$  вірогідне значення варіаційного ряду.

$$\sigma := 1$$

$$A(x) := \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(\frac{-x^2}{2 \cdot \sigma^2}\right)$$



### 1.3 Показники варіювання ряду

Якщо порівнювати декілька варіаційних рядів, то значення варіант може відрізнятись.

Показник варіювання ряду характеризує ступінь варіювання ряду, так як навіть при однаковому розмаху варіювання ряди можуть варіювати по різному. Показники варіаційного ряду є середнім квадратичним відхиленням (СКВ) варіант  $x_i$  від середньої арифметичної величини.

$$\sigma = +\sqrt{\frac{\varepsilon_i^2}{n-1}}, \quad \sigma = 1,16\eta, \quad (1.7)$$

$\sigma$  може бути виражена у відносних одиницях по відношенню до СКВ;  
 $\sigma/X=C$  - коефіцієнт варіації;  $\sigma^2=C$  - характеристика розсіювання  
 варіант навколо їх середнього арифметичного значення.

Дисперсія – математичне очікування квадрата різниці варіант та їх середнє арифметичне значення.

$$\gamma = 2/3\sigma \text{ -- імовірнісна помилка. } \eta = 0.86\sigma = 1.78\gamma.$$

#### 1.4 Нормальний закон розподілення помилок (закон Гаусса)

Серед розподілу випадкових неперервних величин центральне місце займає нормальний закон повноти розподілу:

$$f = f_m \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.8)$$

$$f_m = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \text{ - максимальна вага варіації.}$$

1) Менші за абсолютною величиною помилки зустрічаються частіше, ніж більші.

2) При великій кількості вимірювань похибки однакових величин зустрічаються однаково часто.

3) Кількість вимірювань з точністю до  $\pm 2\sigma$  складає 68,26 % від усього числа вимірювань.  $P_{2\sigma} = 0.9546$ .

Майже усі вимірювання – 99.74 % знаходяться в межах точності  $\pm 3\sigma$ .  $P_{3\sigma} = 0.9974$ .

Правило 3-х сігм з помилкою 0.26 % можемо вважати, що майже 100% вимірювань будуть мати відхилення від середнього арифметичного значення менше ніж  $\pm 3\sigma$ .

Імовірність того, що помилка вимірювань  $\varepsilon \geq \sigma$ , тобто  $\varepsilon = t\sigma$ , може бути вираховане для різних значень  $t$  ( $t \rightarrow 0.5$ ). Імовірність того, що вимірювання потрапляє в ці межі становить 0.387.

Якщо взяти  $\sigma = \pm 1$ , то  $1 - 0.62 = 0.37$ .

Якщо  $t = 2$ , то імовірність попадання більше 0.945.

Рівень значимості 0.0026 для  $t = 3$ .

Якщо  $t = 4$ , то усі значення опиняються у вказаній області.

### 1.5 Геометричний зміст помилок вимірювань

Середньоквадратичне відхилення (СКВ) – це є абсциса точки перегибу кривої нормального розподілу помилок:

$$\varepsilon_i = X - \bar{X}. \quad (1.9)$$

Середня помилка конкретного вимірювання – це абсциса центра тяжіння половини площі над кривою розподілення. Якщо поділити навпіл площу, ця абсциса буде імовірна помилка.

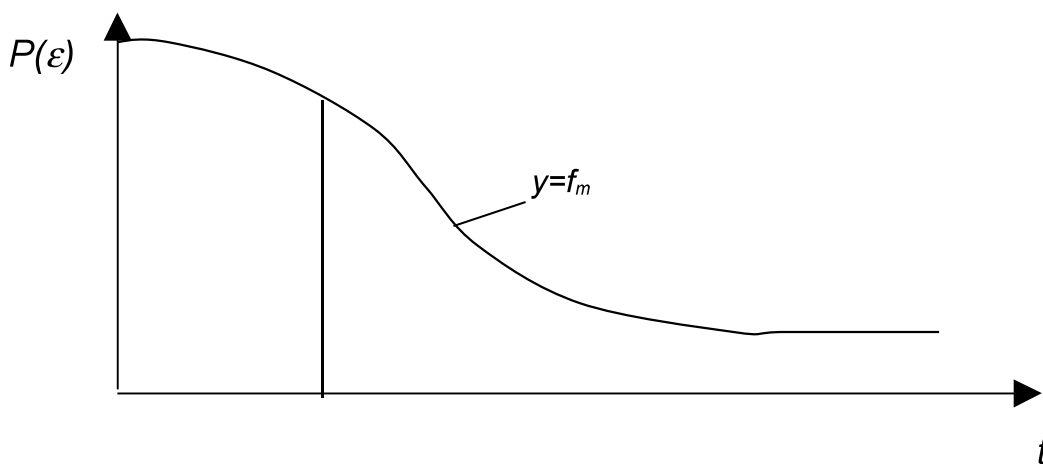


Рис. 1 Крива нормального розподілу помилок

### 1.6 Довірчий інтервал і довірна ймовірність

Найбільш ймовірне значення величини, що вимірюється характеризується:

$$X = \sigma \pm \bar{X}. \quad (1.10)$$

Тоді найбільш вірогідна величина, що вимірюється. Найбільш вірогідне значення являє собою  $\bar{X}$  і  $\sigma$ . Точність (надійність) наближеної величини  $X \in \sigma$ , і співвідношенням  $\sigma$  і граничного припустимого відхилення  $\varepsilon_{пр}$ .

У цьому діапазоні знаходиться вимірювальна величина:

$[\bar{X} - \varepsilon_{пр}, \bar{X} + \varepsilon_{пр}]$  – інтервал значень, у яких із заданою ймовірністю знаходяться значення, що називаються довірчим інтервалом.

Величина довірчого інтервалу –  $2\varepsilon_{пр}$ .

$$P_{\partial} = P = (\bar{X} - \varepsilon_{пр} < X < \bar{X} + \varepsilon_{пр}). \quad (1.11)$$

Під граничним припустимим відхиленням  $\varepsilon_{пр}$  розуміють величину, як вона відноситься до  $\sigma$  ( $\varepsilon_{пр} = t \sigma$ ), що у  $t$  разів перевищує  $\sigma$ , де  $t$  – коефіцієнт (критерій) суттєвості.

Довірчу ймовірність оцінюють інтегралом ймовірності.

Величина:  $\alpha = 1 - P_{\partial}$  називається рівнем значущості чи рівнем суттєвості.

Звичайно ймовірність вибирають рівною 0,95, але може бути 0,997 чи 0,9.

$$P = \frac{1}{2} [\Phi(\frac{b - \bar{X}}{\sigma}) - \Phi(\frac{a - \bar{X}}{\sigma})], \quad (1.12)$$

$$(1.13)$$

$$\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

де  $a, b$  – межі довірчого інтервалу:

$$t = \varepsilon_{пр} / \sigma, \quad \varepsilon_{пр} = b - \bar{X}, \quad a = \bar{X}. \quad (1.14)$$

Пряма задача на заданому довірчому інтервалі визначають довірчу ймовірність того, що результат вимірювання попадає в довірчий інтервал.

Приклад:  $\sigma = \pm 3,1$  МПа;  $\sigma_i = \bar{x} - X$ ;  $\sigma = \sqrt{\sum \varepsilon^2}$ .

Виходячи з цього визначити ймовірність вимірювання для ймовірного інтервалу.

$$\varepsilon_{пр} = \pm 7 \text{ МПа}, \quad t = \varepsilon_{пр} / \sigma, \quad t = 7/3,1 = 2,26.$$

$$P = \Phi(t) = 0,98, \text{ на рівні значущості } \alpha = 0,02$$

$$\bar{X} \pm 3,1 \text{ МПа в } 98 \text{ випадках із } 100.$$



## 1.7 Графічне згладжування функції однієї змінної.

### Згладжування таблиці даних

1. Згладжування по центрах тяжіння трикутників з вершинами у екстремальних точках.
2. Згладжування великої кількості точок, розташованих в невеликому інтервалі.

Скупчення точок розбивається на групи приблизно рівних 10 з кількістю точок порядку 10, а потім у кожній групі визначається центр тяжіння, за яким проводять усереднену криву.

#### 1.7.1 Згладжування таблиці даних

Якщо аргумент в таблиці змінюється з постійним кроком, то можливо таблицю згодити за методом найменших квадратів, чи параболічної залежності.

При обробці кривих розгону відбувається:

- 1) згладжування ковзаючим усередненням;
- 2) згладжування рядами Фур'є;
- 3) поліномами Чебишева.

Приклад:

Згладжування методом ковзаючого усереднення

$t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$z_i$	1.0	4.0	2.4	3.8	4.4	8.4	10.2	20	14

Послідовне визначення  $H_{i+\frac{l}{2}}^*$  на інтервалі значень функцій з визначеним кроком  $\Delta t$ . Середнє значення функції, що згладжується на певному інтервалі.

$$H_{i+\frac{l}{2}}^* = \frac{1}{l+1} \sum_{\chi=0}^l Z_{i+\beta} \quad (1.15)$$

Прийmemo  $L = 4$ .

$$h^* = 1/5 \sum (1.0 + 4.0 + 0 + 5.0 + 2.0) = 2.4;$$

$$h_2^* = 1/5 \sum (4.0 + 0 + 5.0 + 2.0 + 8.0) = 3.8.$$

### 1.7.2 Підбір аналітичних залежностей

Експериментальну залежність зручно представляти графічно:

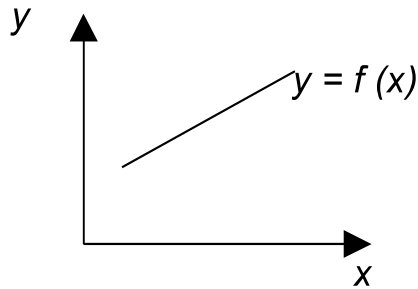


Рис.2 Експериментальна залежність величин

Область проведення експерименту:

- 1) визначення основного рівня фактора;
- 2) визначення інтервала варіювання фактора.

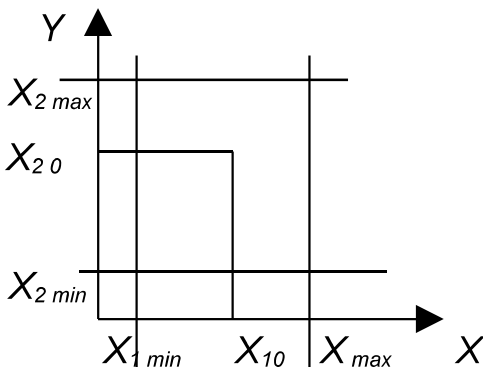


Рис. 3 Область проведення експерименту

Тобто 
$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$$

Можна вибрати мірило таким:  $X_{\max} = \pm 1, X_{\min} = \pm 1$

$$X_i = \frac{X_i - X_{0i}}{|X|_x} \quad . \quad (1.16)$$

Звичайно, вибирають число рівнів факторів 2. Кількість дослідів у цьому випадку знаходимо:  $N=2^n$ , де: 2 - число рівнів:  $n$  - число факторів.

<b><math>n</math></b>	2	3	4	5	6
<b><math>N</math></b>	4	8	16	32	64

Матриця планування являє собою план експерименту.

Для 2-х факторного експерименту матриця планування множини:

№ дослідів	фактори		Функція
	<b><math>X1</math></b>	<b><math>X2</math></b>	
1	-1	-1	<b><math>Y1</math></b>
2	-1	+1	<b><math>Y2</math></b>
3	+1	+1	<b><math>Y3</math></b>

Принципи побудови матриць:

1. Рівні варіювання  $i$ -фактора чергуються від дослідів до дослідів.
2. Частота зміни рівнів послідовних факторів вдвічі менша, ніж передуючих.

Обернена задача довірчої ймовірності визначаємо точність зміни, тобто розмір довірчого інтервалу  $D$ .

$$P_{\delta} \geq t; E_{пр} = t\sigma = \frac{1}{2} D . \quad (1.17)$$

Приклад.

$$x \pm \sigma = 170 \text{ МПа} \pm 3.1 \text{ МПа}$$

$$P_{\delta} = 0.9; 0.95; 0.997. \text{ Прийmemo } t = 1.65$$

$$E_{пр} = 3.1. t = 5.1; 6.2; 9.3$$

Чим більший довірчий інтервал, тим більша ймовірність того, що у нього потраплять більше змін. Зі збільшенням довірчого інтервалу збільшується надійність того, результат потрапить в цей інтервал, тому що гранично-допустима помилка збільшується, а точність зменшується. Якщо закон розподілу помилок нормальний, то помилка перевіряє один інтервал:

$$H_k = P_\delta / (1 - P_\delta), \quad (1.18)$$

$P_\delta$  – площа на кривій розподілу;  $1 - P_\delta$  – скільки точних змін припадає на одну неточність. Для значень довірливої ймовірності: 9; 19; 367.

Середні помилки та показник відносної точності дослідів.

$$C = \sigma / \bar{x}; \quad C\% = (\sigma / \bar{x}) 100\%. \quad (1.19)$$

Середня помилка середнього арифметичного може бути:

$$m = \pm \sigma / \sqrt{n}, \quad \text{якщо } n < 30; \quad (1.20)$$

$$m = \pm \sigma / (\sqrt{n(n-1)}), \quad \text{якщо } n > 30. \quad (1.21)$$

Тоді за правилом  $3\sigma$ :  $P_\delta = 0.997$ ,  $\bar{x} \pm 3m$ .

Якщо це припущення вірне - середня точність визначатиметься за відношенням значення середньої помилки до середнього арифметичного, або:

$$\Delta\% = \frac{100 m}{\bar{x}} = \frac{100 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}}{\bar{x}} = \frac{100 \sigma}{\bar{x} \sqrt{n}} = \frac{c}{\sqrt{n}}. \quad (1.22)$$

- показник відносної точності.

### 1.7.3 Критерії суттєвості

Для визначення суттєвості або значимості показаній використовується критерій значимості як відношення одного статистичного показника до іншого, найчастіше до його помилки. Такими коефіцієнтами є:

- $t$  - критерій Стьюдента.
- $F$  - критерій Фішера.
- $\chi^2$  – критерій Пірсона.

$t$  - критерій визначається відношенням різниці порівняних величин до помилки цієї різниці.

$$t = (x - x_0) / m_\alpha = d / m_\alpha = t = d \sqrt{n} / \sigma. \quad (1.23)$$

Якщо ця різниця суттєва:

$P = 0.9973$  , якщо  $t \geq 3$ ;

$P = 0.95$  , якщо  $t > 1.96$ ;

$P = 0.9973$  , якщо  $t \geq 1.65$ .

Чим більше значення  $t$  , тим менше помилка.

Методика перевірки відрізняється в обчисленні суттєвого значення критерію суттєвості, у виборі рівня значимості, знаходженням табличного значення, критерію суттєвості за таблицею Стюдента та порівнянням цих величин.

Якщо  $t_p \geq t_m$  , то відмінність між порівняними величинами суттєва -  $t$  дозволяє рахувати, порівняти середні арифметичні різних вибірок, серій для виявлення належності цих величин однієї сукупності.

#### 1.7.4 Таблиця ймовірностей Стюдента

Для нормального розподілу , при  $n < 30$ , таблиця зв'язуюча таблиці ймовірності Стюдента.

При  $n > 30$  інтеграл ймовірності.

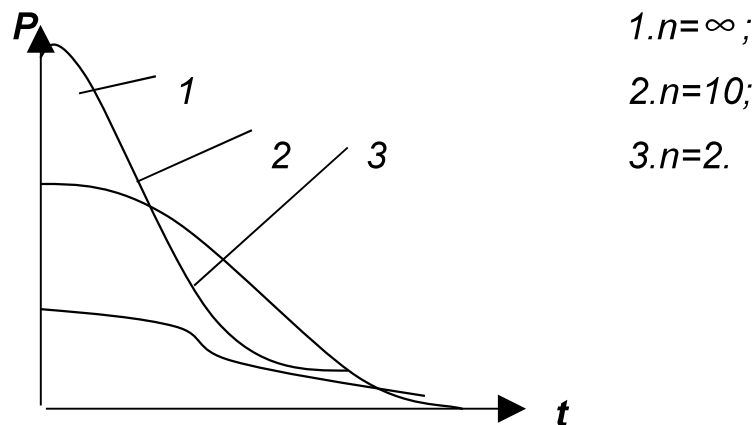


Рис 4. Експоненціальні залежності ймовірності від часу і залежності від  $n$ .

<i>n</i>	<i>p</i>			
	0.9	0.95	0.99	0.9973
1	0.9	0.95	0.99	0.9973
2	6.31	12.71	63.99	317.5
...	...	...	...	...
30	1.65	1.96	2.51	3

Суттєвою вважається різниця, яка перевищує свою помилку в 3 та більше разів ( $t > 3$ ), чому відповідає при числі дослідів від 2 – довірчому інтервалу ймовірності від 0.795 до 0.997.

Приклад. Порівняти три серії дослідів при  $n \rightarrow \infty$  ( $> 30$ ), якщо ці серії характеризуються :

1.  $x_1 \pm m_1 = 8.02 \pm 0.11$ .
2.  $x_2 \pm m_2 = 8.53 \pm 0.21$ .
3.  $x_3 \pm m_3 = 9.37 \pm 0.19$ .

- порівняємо перший і другий вирази:

$$d_{1-2} \pm m = (x_1 - x_2) \pm (m_1^2 + m_2^2)^{0.5} = 0.51 \pm 0.24;$$

$$t_p = 0.51/0.24 = 2.1; t_{0.997} = 3 \Rightarrow t_p < t_p \Rightarrow d_{1-2} - \text{не суттєвий}$$

$$t_{0.95} = 1.96 < t_p; d_{1-2} - \text{суттєвий.}$$

- порівняємо перший і третій вирази:

$$d_{1-3} \pm m_{1-3} = 1.35 \pm 0.22; t_{1-3} = 1.35/0.22 = 6.1 \text{ ця різниця суттєва.}$$

Висновок: перший і другий вирази можна об'єднати, третій - розглядати окремо з іншою вибіркою.

### 1.7.5 Виключення грубих помилок ряду

Якщо результати вимірів в ряду перевищують значення  $x - 3\sigma$  або менше  $x + 3\sigma$ , то з ймовірністю 0.9974 можна вважати, що вони не входять до даної сукупності.

Існують більш швидкі оцінки грубих помилок ряду.

Варіанти в ряді розміщені по зростаючій :  $x_1; x_2 \dots x_n$

Сумнівні  $x_1 \dots x_n$   $x_1 : \alpha = (x_2 - x_1) / (x_n - x_1);$

$$X_n : \alpha = (X_n - X_{n-1}) / (X_n - X_1).$$

за довідниковою таблицею визначається  $\alpha_t = f(n, p_i)$ :

якщо  $\alpha_t < \alpha$ , то сумнівність результату залишається;

якщо  $\alpha_t > \alpha$ , то сумнівність результату відкидається;

якщо  $\alpha_t = \alpha$ , то знову два рази з сумнівністю і без неї.

## 1.8 Обробка результатів вимірювання

Точна обробка результатів вимірювання дозволяє отримати кінцевий результат:

$$x = \bar{x} \pm \sigma_x, \quad (1.24)$$

$$\sigma_x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1). \quad (1.25)$$

Це виходить оцінка одиничного результату. Середня оцінка середнього значення величини  $x$  більш точна:

$$\sigma_x^2 = S_x^2 / n. \quad (1.26)$$

Ступінь свободи:  $f = n$  дослідів  $n$ -рівнянь, використовують для розрахунку  $\sigma : f = n - 1$ .

$$\partial S / \partial b_1 = 2 (\sum (y_i - b_0 - b_1 x_i) * (-x_i)) = 0; \quad (1.27)$$

$$N * b_0 + b_1 * \sum x_i = \sum y_i. \quad (1.28)$$

де:  $b_0 * \sum x_i + b_1 * \sum x_i^2 = \sum x_i * y_i$ ;  $b_1 = (N * \sum x_i * y_i - \sum x_i * y_i) / (N * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)$ ;  $b_0 = (\sum y_i * \sum x_i^2 - \sum x_i * y_i * \sum x_i) / (N * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)$ ;  $y = b_0 + b_1 x$  - для середніх значень  $y = \sum (y_i / N)$ ;  $x = \sum (x_i / N)$ .

$$r_{yx} = (\sum (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})) / ((N-1) * S_x * S_y); \quad (1.29)$$

де  $-1 < r < 1$ . (+) - корельовані величини сумуються однаково; (-) - в інших випадках.

Чим ближче до одиниці  $r_{yx}$ , тим тісніший зв'язок між величинами.

Чим ближче до нуля  $r_{yx}$ , тим більша ймовірність, що ніякого зв'язку не існує.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ТЕМИ 1

1. Що розуміється під поняттям оцінка помилок вимірювання?
2. Наведіть приклади варіаційних рядів за результатами вимірювання.
3. Що представляють собою варіаційні ряди?
4. Охарактеризуйте число варіант всередині варіації (частота або вага варіації).
5. Що таке коефіцієнт варіації, характеристика розсіювання?
6. Охарактеризуйте нормальний закон розподілення помилок (закон Гаусса).
7. Дайте визначення геометричного змісту помилок вимірювань.
8. У чому різниця між довірчим інтервалом і довірчою ймовірністю?
9. Порівняйте згладжування ковзаючим усередненням; згладжування рядами Фур'є та згладжування за поліномами Чебишева.
10. Що таке показники середніх величин (середня арифметична величина, математичне очікування, середня зважена арифметична величина)?
11. Принципи застосування нормального закону розподілення помилок. (Розподілення Гаусса).
12. Наведіть приклади обробка результатів вимірювання.



## ТЕМА 2. ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

### 2.1 Форми досліджень та їх використання на практиці світового досвіду

Для характеристики розвитку науки і планування науки необхідні такі дані:

а) кількість працівників у наукових установах, їхній розподіл за ступенем кваліфікації, виконуваним функціям і галузям науки;

б) потенційні джерела наукових, працівників (дані про методи підготовки фахівців, кваліфікаційної структури працівників народного хазяйства, тощо);

в) фінансові засоби (джерела, способи використання тощо);

г) капіталовкладення (розподіл і характер їхнього використання);

д) кількість наукових установ, системи їх організації і керування, галузева і міжгалузева структура заснувань і їхня величина;

е) результати дослідницької й експериментальної діяльності, їх економічний внесок.

За деякими показниками в Україні ведеться систематичний збір статистичних даних (наприклад, форми звітності по підготовці наукових кадрів по галузях наук і спеціальностям через очну і заочну аспірантуру), розроблені також форми плану і показники науково-технічних проблем, що підлягають розробці планів фінансування та деякі інші.

Аналогічне положення й в інших країнах світу. Облік фінансових затрат; розподіл учених по галузях науки і промисловості; концентрація досліджень і інших статистичних даних, що відносяться до явищ, що піддається кількісній оцінці (ведеться в США, Англії, Франції, Японії, Данії, Швейцарії й ін.). Цю роботу, в основному, проводять організації, відповідальні за формування наукової політики країни (у США,

наприклад, цим займається Національний науковий фонд, у Франції - Національний центр наукових досліджень і т.д. ). Але й у цих країнах відсутні статистичні дані, необхідні для визначення характеру залежності між вкладеннями засобів у дослідження і розвитком економіки.

Проте розроблені методи наближеного визначення рентабельності наукових досліджень, застосовувані в практиці їхнього планування. Ці методи за формою застосовуваних логічних засобів і їхнього зв'язку з типами досліджень можна розділити на два види: якісні та кількісні.

Якісні методи, в основному, застосовуються при плануванні фундаментальних досліджень і оцінці їхньої ефективності, а також тих прикладних досліджень, що з ними тісно зв'язані. У цьому випадку застосовуються непрямі способи оцінки ефективності досліджень: облік кількості і якості наукових публікацій, кількість посилань (цитувань) тощо.

В даний час число публікацій вважається важливим показником продуктивності праці науковця цей показник є достатнім для оцінки ефективності наукової діяльності. Національний науковий фонд застосовує ряд показників, у яких враховується також обсяг наукових публікацій і кількість патентів. Крім того, вони доповнюються даними, отриманими в результаті порівняння витрат на дослідження й обсягу отриманого прибутку; порівняння підприємств, що панують на ринках, і підприємств, що займаються науковими дослідженнями, зіставлення темпів розвитку галузей, кількості нових видів продукції тощо. Тим самим такий непрямий показник ефективності досліджень, як кількість і обсяг публікацій, істотно коректується їхніми якісними оцінками

Вченими Е.Гарфілдом, Бартоном, Кетлером, С.Коулом, В.В. Налімовим та іншими проведені плідні дослідження внутрішніх зв'язків у публікаціях за допомогою перехресного цитування, обґрунтоване

твердження про те, що ступінь цитуємості може бути використана для оцінки ефективності праці вченого.

Потік посилань на роботу свідчить про те, що ідеї яка містяться в ній, мають наукову цінність. За даними Прайса, розподіл статей по числу посилань на них у рік таке: жодного разу не цитується близько 3,5% статей, один раз - 49, два рази - 9, три рази - 3, чотири рази - 2, п'ять разів - 1%. Половина посилань відноситься до невеликої групи попередніх робіт, цитуємий частіше одного разу. Ця група може бути оцінена як фронт активних наукових досліджень<sup>1</sup>.

В. В. Налімовим і З.М. Мульченко на основі аналізу посилань на наукові публікації за Гарфілдовским індексом наукових джерел *SCI* (Sciens Citation Index), що охоплює 1147 журналів, в основному в області точних наук. Отримано дані, що заслуговують уваги, про цитуємості радянських учених за рубежом, зміні числа цитувань у залежності від віку вченого, взаємопроникнення наук тощо.

При цитуванні літератури існують деякі стійкі фактори. З них слід зазначити фактори "безпосередності" та "класичності".

- Фактор "безпосередності" полягають у тому, що недавно опубліковані роботи цитуються частіше. Близько 30% усіх цитувань являє собою посилання на останню літературу, з них біля половини складають роботи давниною від одного до шести років.

- Фактор "класичності" полягає в різкому розподілі всіх робіт на класичні я всі інші. Пропорції цих двох видів робіт у великому ступені залежать від області науки. Класичні роботи незрівнянно частіше цитуються, чим публікації маловідомих авторів.

Однак метод оцінки ефективності наукової діяльності по цитуємості дає нерідко парадоксальні результати. Наприклад, Прайс на підставі проведеного аналізу цитуємості прийшов до висновку, що в значній частині випуску нині 35 тис. журналів не відбиті основні

магістральні міжнаукові зв'язки і тому їхня корисність для розвитку науки відносна.

Критерій оцінки ефективності наукової праці за цитуемістю дуже відносний. Порозумівається це наступним: широке використання в системі наукової інформації оглядів зменшує частоту цитування оригінальних робіт і веде до росту анонімності оригінальних результатів; колективність у роботі приводить до того, що цитуються яз описка авторів тільки перші одне - дві прізвища. Крім того, у науці при цитуванні спостерігається визначена обмеженість. Так, представники гуманітарних наук, як правило, цитують тільки ведучих відомих натуралістів і математиків, у натуралістів переважають посилання на роботи основоположників філософських навчань.

В основному таке положення обумовлено недоліками в постановці наукової інформації (представники гуманітарних наук не мають можливості читати 50 тис. періодичних науково-технічних видань, не можуть стежити за 40 тис., журналів в області суспільних наук), традицією посилатися для доказу висунутих автором покладений на науковий авторитет, політичними, розуміннями тощо.

Очевидно, для оцінки ефективності фундаментальних досліджень повинна бути розроблена система комплексних непрямих показників: кількості наукових публікацій, їх обсяг, виражений в умовних друкованих листах, частота появи публікацій в окремі роки, місце видання (наприклад, у загальнодержавному періодичному виданні опублікувати роботи свідомо сутужніше, ніж у обласному), характер видання (монографія, безсумнівно, більш кошовне видання, що утрачає свою наукову цінність повільніше, ніж журнальна стаття), тираж, яким видається публікація, кількість перекладів її на іноземні мови, посилання на роботу в закордонних джерелах і рецензії у вітчизняних і закордонних виданнях, а також місце видання (загальносоюзний

журнал, журнал промислово-розвиненої капіталістичної країни, газета, наукове спеціальне видання тощо).

## **2.2 Методології RAD**

### **2.2.1 Застосування методології RAD - Rapid Application Development у виробництві**

На початковому етапі існування комп'ютерних інформаційних систем їхня розробка велася на традиційних мовах програмування. Однак у міру зростання складності розроблювальних систем і збільшення запитів користувачів (чому в значній мірі сприяв прогрес в області обчислювальної техніки, а також поява зручного графічного інтерфейсу користувача в системному програмному забезпеченні) знадобилися нові засоби, що забезпечують значне скорочення термінів розробки. Це послужило передумовою до створення цілого напрямку в області програмного забезпечення - інструментальних засобів для швидкої розробки додатків. Розвиток цього напрямку привів до появи на ринку програмного забезпечення засобів автоматизації практично всіх етапів життєвого циклу інформаційних систем які функціонують на виробництві.

Основні особливості методології RAD полягають у розробці інформаційних систем. Методологія заснована на використанні засобів швидкої розробки додатків і отримала назву RAP - Rapid Application Development методології швидкої розробки додатків

RAD - це комплекс спеціальних інструментальних засобів швидкої розробки прикладних інформаційних систем, що дозволяють оперувати з визначеним набором графічних об'єктів, що функціонально відображає окремі інформаційні компоненти додатків.

Під методологією швидкої розробки додатків звичайно розуміється процес розробки інформаційних систем, заснований на трьох основних елементах:

- невелику команду програмістів (звичайно від 2 до 10 чоловік);
- ретельно пророблений виробничий графік робіт, розрахований на порівняно короткий термін розробки (від 2 до 6 мес.);
- ітераційна модель розробки, заснована на тісній взаємодії з замовником - у міру виконання проекту розроблювачі уточнюють і реалізують у продукті вимоги, висунуті замовником.

При використанні методології RAD велике значення мають досвід і професіоналізм розроблювачів. Група розроблювачів повинна складатися з професіоналів, що мають досвід в аналізі, проектуванні, програмуванні і тестуванні програмного забезпечення.

Основні принципи методології RAD можна звести до наступного:

- використовується ітераційна (спіральна) модель розробки;
- повне завершення робіт на кожному з етапів життєвого циклу не обов'язкове;
- у процесі розробки інформаційної системи необхідно тісна взаємодія з замовником і майбутніми користувачами;
- необхідне застосування CASE-засобів і засобів швидкої розробки додатків;
- необхідне застосування засобів керування конфігурацією, що полегшують внесення змін у проект і супровід готової системи;
- необхідне використання прототипів, що дозволяє повніше з'ясувати і реалізувати потреби кінцевого користувача;
- тестування і розвиток проекту здійснюються одночасно з розробкою;
- розробка ведеться не чисельною і добре керованою командою професіоналів.

### 2.2.2 Об'єктно-орієнтований підхід

Засоби RAD дали можливість реалізовувати зовсім іншу в порівнянні з традиційною технологією створення додатку: інформаційні об'єкти формуються як деякі діючі моделі (прототипи), чие функціонування узгоджене з користувачем.

Можливість використання подібного підходу використовує застосування принципів об'єктно-орієнтованого проектування. Застосування об'єктно-орієнтованих методів дозволяє перебороти одну із головних труднощів, що виникають при розробці складних систем - колосальний розрив між реальним світом (предметною областю описуваної проблеми) н середовищем, що імітує.

Широку популярність об'єктно-орієнтоване програмування одержало з появою візуальних засобів проектування, коли було забезпечене злиття (інкапсуляція) даних із процедурами, що описують поводження реальних об'єктів, в об'єкти програм, що можуть бути відображені певним чином у графічному користувальницькому середовищі. Це дозволило приступити до створення програмних систем, максимально схожих на реальні, і добиватись невідомого рівня абстракції. У свою чергу, об'єктно-орієнтоване програмування дозволяє створювати більш надійні коди, тому що в об'єктів програмування існує точно визначений і жорстко контрольований інтерфейс.

При розробці додатків за допомогою інструментів RAD використовується множина готових об'єктів, що зберігаються в загальнодоступному сховищі. При цьому нові об'єкти можуть розроблятися як на основі існуючих, так і з нуля".

Інструментальні засоби RAD володіють зручним графічним інтерфейсом, дозволяють на основі стандартних об'єктів формувати прості додатки без написання коду програми. Це є значною перевагою тому що значною мірою скорочує рутинну роботу з розробки інтерфейсів користувача (при використанні звичайних засобів

розроблений інтерфейсів являє собою досить трудомістку задачу, що віднімає багато часу. Висока швидкість розробки інтерфейсної частини додатків дозволяє швидко створювати прототипи і спрощує взаємодію з користувачами.

Інструменти RAD дозволяють розроблювачам сконцентрувати зусилля і сутності реальних ділових процесів підприємства, для якого створюється інформаційна система. Це приводить до підвищення якості розробок.

### **Контрольні запитання до теми 2**

1. Які ви знаєте форми реалізації системного підходу до вдосконалення досліджень та організації виробництва?
2. Назвіть форми досліджень та їх використання на практиці світового досвіду
3. Дані що необхідні для характеристики розвитку і планування науки?
4. Назвіть показники за якими в Україні ведеться систематичний збір статистичних даних
5. Обґрунтуйте твердження про те, що ступінь цитуємості може бути використана для оцінки ефективності праці вченого.
6. При цитуванні літератури існують деякі стійкі фактори - "безпосередності" та "класичності" охарактеризуйте їх.
7. Метод оцінки ефективності наукової діяльності за цитуємістю.
9. Оцінка ефективності фундаментальних досліджень на підставі системи комплексних непрямих показників
10. Методології RAD
11. Застосування методології RAD - Rapid Application Development у виробництві
12. У чому полягають основні особливості методології RAD?
13. Що таке методологія швидкої розробки додатків та чому вона ґрунтується?
14. Назвіть основні принципи методології RAD.



### ТЕМА 3. ПОСТАНОВКА, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЕТАПИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Функції служби науково-технічної інформації в тематичному плануванні полягають у виявленні й обґрунтуванні найбільш перспективних науково-технічних напрямків, зборі вітчизняних і закордонних інформаційних матеріалів про стан проблем, розроблювальних даним науково-дослідним чи інститутом проектно-конструкторською організацією, підготовці висновків про доцільність проведення планованих розробок, визначенні ступеня новизни методів їхнього рішення.

У результаті вивчення й аналізу інформаційних матеріалів виявляється ряд проблем, для оцінки яких варто виробити визначені критерії, що забезпечують правильний вибір тематики чи досліджень розробок. Вибір таких критеріїв залежить не тільки від техніко-економічних вимог, пропонованих до науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, але багато в чому - від ступеня участі в тематичному плануванні самої служби інформації.

Вартість успішного планування наукових досліджень і конструкторських розробок від правильно поставленої науково-інформаційної діяльності, можна запропонувати деякі критерії, якими варто керуватися службам інформації при обґрунтуванні доцільності включення в тематичний план інституту тих чи інших розробок:

- відповідність планованої розробки вимогам науково-технічного прогресу;
- можливість задоволення вимог споживача по техніко-економічних параметрах, термінам виконання робіт тощо ;
- можливість виконання планованої розробки відповідно до рівня кращих зразків;

- можливість забезпечення патентної чистоти планованих розробок;
- актуальність і перспективність проведення розробки і ступінь широти її використання в даній і іншій галузях;
- можливість і ступінь використання в процесі розробки нових теоретичних досліджень, технологічних процесів, базових конструкцій;
- економічність планованої розробки;
- потреба в додаткових витратах на проведення розробки;
- забезпеченість кваліфікованими інженерними кадрами для виконання розробки.

Для підготовки повної і якісної інформації, що дозволяє зробити правильний вибір тематики розробок, працівники інформації, що беруть участь у тематичному плануванні, повинні мати повну інформацію про фактори, що впливають на оцінку об'єктів планування. Від них вимагається достатня наукова підготовка по тематиці розв'язуваних інститутом проблем, уміння виділяти >із усього величезного потоку інформації тільки основне, здатність аналізувати й узагальнювати матеріал і кваліфіковано аргументувати свої висновки і рекомендації.

Відправним моментом робіт, зв'язаних з інформаційною підготовкою нових науково-технічних розробок, є вивчення й аналіз фактів і вичерпної інформації до ухвалення рішення про доцільність проведення і ступеня новизни цих розробок. Науково-технічна інформація з теми, планування розробки й основні матеріали, у яких формулюються вимоги замовників, дозволяють забезпечити якісне складання планів наукових досліджень і інженерних робіт, їх подальшу корекція в ході процесу дослідження, проектування і конструювання.

Економічне обґрунтування дослідження з обраної теми виробляється шляхом визначення ймовірних витрат на проведення дослідження і розрахунку умовного економічного ефекту в тім господарство. Відповідно до основних методичних положень повна

кошторисна вартість науково-дослідних робіт з теми визначається за формулою:

$$C_T = \frac{\Phi_3 \cdot 100}{V_B} + C_o. \quad (3.1)$$

де:  $C_m$  - повна вартість роботи з теми;  $\Phi_3$  - фонд заробітної плати, необхідний для виконання робіт до теми й обчислювальний шляхом обліку кількості працівників, кількості місяців роботи (включаючи відпустки), кількості людино-місяців, середньомісячної зарплати одного працівника, фонду зарплати і витрат фонду зарплати на адміністративно-управлінський і господарський персонал;  $V_y$  - питому вагу заробітної плати в загальній сумі витрат без обладнання для аналогічних досліджень по інституті, %;  $Z$  - вартість устаткування, необхідного для проведення робіт з теми.

Практика планування показує, що визначальним показником при розрахунку ефективності дослідження є заробітна плата. Основна виробнича зарплата (30-35%) і накладні витрати (110-120%) формують до 70-80% усіх витрат на дослідження. Інші 20% розподіляються на матеріали, устаткування, послуги сторонніх організацій і т.д..

Економічна ефективність результатів дослідження визначається як відношення  $\frac{\mathcal{E}_T}{K_n}$  де:  $\mathcal{E}_T$  - економічний потенціал, а  $K_n$  - передвиробничі витрати. Економічний потенціал обчислюється за формулами:

$$\mathcal{E}_T = [(C_1 + E_H \cdot K_1) + (C_2 + E_H \cdot K_2)] \cdot A_T; \quad (3.2)$$

$$\mathcal{E}_T = [(C_1 - C_2) - E_H \cdot K_d] \cdot A_T, \quad (3.3)$$

де:  $\mathcal{E}_m$  - економічний потенціал протягом року  $T$ ;  $A_T$  - очікуваний річний обсяг продукції в натуральному чи грошовому визначенні за рік  $T$ ;  $C_2$  і  $C_1$  - собівартість одиниці продукції відповідно по новому і

базовому варіантам у, тому ж році  $T$ ;  $K_2$  і  $K_1$  - питомі капітальні вкладення відповідно новому і базовому варіантам;  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень для даної галузі;  $K_d = (K_2 - K_1)$  - додаткові капітальні витрати. Коефіцієнт  $E_n$  для обчислення передвиробничих витрат і економічного потенціалу встановлюється в залежності від строків окупності й ефективності капітальних вкладень на заходи та нову техніку.

Рекомендована методика має ряд недоліків, зокрема, коефіцієнт  $E_n$  у кожному випадку впровадження різний, а встановлюється умовно однаковим у межах галузі промисловості; крім того, не розроблена методика визначення базового варіанта, складових частин передвиробничих витрат і т.д.. У зв'язку з цим в економічній літературі, а також у практиці планування дослідницьких робіт пропонуються різні уточнені методики розрахунку економічної ефективності досліджень. Наприклад, для визначення базового варіанта І. Г. Кураков пропонує корегувати існуючі в момент розрахунку дані про собівартість продукції і питомих капітальних вкладення у виробничі фонди. Г. А. Лахтин, Л. А. Чернов, Г. І. Антонова й інші пропонують визначення ефективності досліджень шляхом прямого економічного розрахунку замінити нормативним методом, поклавши в його основу чисельність усього працюючого персоналу. Г. А. Самойлов, відстоюючи той же нормативний метод як засіб планування досліджень, пропонує покласти в його основу вартість діяльності і витрати на одного наукового співробітника, а також ввести "укрупнений" норматив галузі науки .

Для рішення питання ефективності розробок в окремих галузях промисловості (наприклад, у приладобудуванні, машинобудуванні) М.Л. Башин пропонує використовувати метод "множественной" кореляції, метод оцінки витрат через питомі ваги калькуляційних мереж, метод використання активних компонентів розробки, укрупнену оцінку витрат на основі порівняння з фактичними витратами закінчених робіт.

Значні труднощі виникають у випадку планування ефективної діяльності науково-дослідних організацій у цілому з метою отримання економії від упровадження результатів досліджень.

Американський учений Р. Эвелл, зіставляючи темпи росту сукупного продукту з темпами приросту витрат на наукові дослідження і розробки, прийшов до висновку, що приріст сукупного суспільного продукту на 3% обумовлює необхідність збільшити витрати на дослідження і розроблювача 10%. За даними Стринера, 1 дол., вкладений у дослідження-розробки, після закінчення 5-6 років в умовах США дає прибуток у розмірі 23 дол. Звичайно вважається, що витрати на науку приносять економію від внедрення її результатів у співвідношенні 1:10. За даними В. С. Сомінського, кожен вкладений у науку карбованець у нашій країні унаслідок упровадження результатів досліджень у виробництво дає приріст національного доходу (у перерахуванні на один рік) у розмірі 3-5 грн.

Користаючись методами, запропонованими И. Г. Кураковым для визначення ефективності наукових досліджень, можна обчислити річний приріст продукції в країні, отриманої за рахунок впровадження в виробництво результатів наукових відкриттів. Визначимо його по формулі:

$$H_H = (\sqrt{Y_H \cdot \Phi_H} - \sqrt{Y_C \cdot \Phi_H}) \cdot P_H, \quad (3.4)$$

де:  $Y_H$  і  $\Phi_H$ -соответственно питома вироблення і фондовооруженность праці на нових виробничих потужностях;  $Y_H$ , обчислене по національному доходу, визначається по формулі:

$$Y_H = \frac{Ц - M_H}{P_H \cdot K_H}, \quad (3.5)$$

де:  $Ц$ -сум.ма цін реалізованої продукції;  $M_H$  - амортизація і витрати на покупку сировини, палива;  $K_H$  - нові виробничі фонди, що приходяться

на 1 грн. приросту національного доходу;  $PI$  - чисельність трудящих, зайнятих у даному виробництві;  $V_{yc}$ -питоме вироблення на старих виробничих потужностях, обчислена по чистому продукті.

Для 1999 р., наприклад, згідно даних розрахунків, зроблених И. Г. Кураковым,  $V_{yc} = 1240$  грн.,  $Y_n = 1307$  грн.  $\Phi_c = 5206$  грн.,  $\Phi_n = 5614$  грн.,  $P_n = 70,0$  млн. чол. Тоді  $H_n = 4730,0$  млн. грн..

Розділивши обчислену величину, що виражає приріст національного доходу, отриманий у результаті впровадження нових досягнень науки і техніки, на кількість витрат, визначимо величину "віддачі" на 1 грн., вкладений у розвиток науки. У 1993- 1994 р. вона дорівнювала приблизно 2,15 грн.

Слід зазначити, що приведені розрахунки економічної ефективності діяльності окремих НДІ і науки в цілому відносні: практично не представляється можливим установити вплив науки на економічний ріст народного господарства в "чистому виді" поза його зв'язком з ростом капіталовкладень, робочої сфери й інших факторів, від яких залежить виробництво .

У практиці планування для оцінки ефективності діяльності науково-дослідних організацій (відділів, лабораторій) застосовуються різноманітні методики.

Величина коефіцієнтів визначається двома методами:

а) як "коефіцієнт творчості" (умовно виражена різниця між працею дослідника, конструктора й інженера на виробництві);

б) шляхом застосування положень існуючої системи преміювання за створення і впровадження нової техніки.

Цим положенням передбачається наступне розподіл величини економічного ефекту, дослідницькі і проектно-конструкторські роботи 30-50, технологічні роботи і роботи по підготовці виробництва 25-35, роботи з освоєння й організації виробництва нової техніки 25-40,

створення нових видів транспорту, поліпшення використання природних ресурсів 15.

В одному з центральних НДІ важкого машинобудування для оцінки ефективності діяльності відділів і інституту застосовується система показників (табл. 18), у якій коефіцієнт фактичної ефективності наукових дослідженнях визначається за формулою:

$$K_{н.ф.} = \frac{\mathcal{E}_{ф.д.}}{З} \quad (3.6)$$

де:  $\mathcal{E}_{ф.д.}$  - сума фактичного економічного ефекту, отримана народним господарством у звітному році від робіт інституту, впроваджених у розрахунковому періоді, з урахуванням часткової участі;  $З$  - витрати інституту в звітному році.

На закінчення необхідно підкреслити, що проблема планування досліджень - актуальне питання, у багатьох випадках потребує спеціального вивчення. Необхідність його рішення постійно викликана збільшенням частки витрат на науку в національному продукті країни. Поліпшення планування досліджень - один з важливих шляхів підвищення їхньої ефективності.

### **Контрольні запитання до теми 3**

1. Єдності програмних та технічних засобів для забезпечення різноманітних функціональних режимів.
2. Стадії визначення економічної ефективності передбачає розрахунок.
3. Загальна оцінка ефективності проведених досліджень.
4. Характеристики розвитку науки і планування науки
5. Рішення всього круга задач даної предметної області.
6. Метод виділення довгострокового планування.
7. Модель економічної оцінки результативності праці дослідників.
8. Забезпечення функціональної повноти режимів проведення досліджень.

## ТЕМА 4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ

### 4.1 Інженерний експеримент та його планування

Експеримент завжди багатофакторне явище.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.1)$$

Можливі два типи підходів при проведенні експерименту.

1. класичний або факторний:

$$y = f(x_1), \text{ якщо } x_2, x_3, \dots, x_n = \text{const};$$

$$y = f(x_2), \text{ якщо } x_1, x_3, \dots, x_n = \text{const};$$

$N = 5$  факторів.  $n = 5$  рівні зміни їх в класичному плані потрібно розглянути  $5^5$  дослідів, щоб провести всі їх комбінації.

При класичному експерименті не можливо визначити ефект взаємного впливу факторів, і крім того, інші недоліки :

- 1) проблема реалізації великого числа дослідів;
- 2) велика частина цих дослідів не потрібна, як належна неробочій області;
- 3) у зв'язку з довгостроковістю дослідів;
- 4) безмежність результатів дослідів.

#### 4.1.1 Сучасний багатофакторний експеримент

Всі досліджувані фактори змінюються одночасно за заданим планом, що дозволяє виявити взаємний вплив.

Сучасний багатофакторний експеримент одержав назву «Планування експерименту».

Це вибір кількості дослідів і умов їх проведення, мінімально необхідних і достатніх для вирішення поставленої задачі з заданою точністю.

Для реалізації планування експерименту об'єкт повинен :



- 1) давати відтворювальні результати;
- 2) бути управляємим.

Вважають, що експеримент відтворювальний, якщо при фіксованих умовах досліду в різний час отримуємо однакові результати в межах точності дослідів.

Дослідження об'єкту на базі статистики обробки результатів о нормальній експлуатації називають пасивним експериментом.

Активний експеримент повинен бути попередньо спланованим.

#### 4.1.2 Основні поняття і означення при плануванні експерименту

Для опису об'єкта дослідження використовується кібернетичне поняття – “чорний ящик”

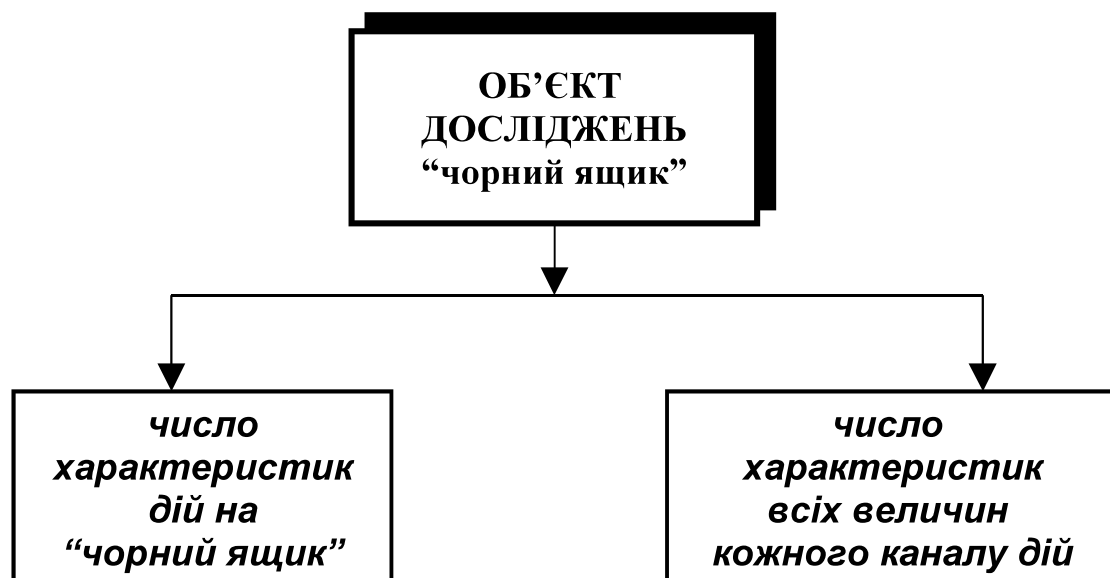


Рис.5 Опису об'єкта дослідження

Фіксований набір знань вхідних величин визначають один можливий стан досліджуваного об'єкта, так як є умовами проведення  $i$ -го досліду.

Незалежні змінні, які впливають на об'єкт, що вивчається або інше, називаються факторами вхідних величин.

Вихідна величина являється кількісною характеристикою стану об'єкту, проходження процесу ( реакція, функція відгуку, функція цілі, параметр оптимізації ).

Поверхня відгуку - геометричне зображення функції відгуку.

Поверхня відгуку при однофакторному експерименті - це лінія на поверхні. При двофакторному - поверхня в 3-х вимірному просторі. При 3-х факторному експерименті поверхня відгуку - поверхня в 4-х вимірному просторі.

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \sum (b_n * x_n)$$

Факторний простір - простір по осям, на яких відкладені фактори.

#### 4.1.3 Перевірка відтворюваності дослідів

Перевірка відбувається за наступною методикою:

- 1) Для кожної серії дослідів величини середнє значення функції відгуку.
- 2) Розрахунок дисперсії для серії парних дослідів здійснюється за формулою:

$$S = 1 / (k-1) * \sum ( y_i - \bar{y} )^2. \quad (4.2)$$

- 3) Перевірка відтворюваності дослідів за критерієм Кохнера.

$$G_p = S_j^2 \max / \sum S_j^2; \quad (4.3)$$

$$G_{tp} = 0.95 \quad f = k-1, \quad (4.4)$$

якщо  $G_p \leq G_t$ , то дисперсії однорідні і дослідів відтворювані.

#### 4.2 Експериментально-статистичні моделі

Розглянемо методи отримання математичної моделі за допомогою планування експерименту у вигляді рівнянь регресії.

Перед плануванням експерименту вибирається локальна область факторного простору, де буде проходити експерименту.

При підборі аналітичної залежності формула не повинна описувати усі дослідні значення в виду їх складного характеру, але повинна найкращим чином відповідати положенню експериментальних даних.

Процес підбора експериментальних формул має два етапи:

- 1) Експериментальні данні наносяться на координатну сітку з метою орієнтовного вибору форми формули.
- 2) Розраховуються параметри формули.

Якщо експериментальні дані описуються рівнянням прямої лінії , то коефіцієнти  $a$  та  $b$  знаходяться, рiшаючи це рiвняння вiдносно координати точок  $x$  та  $y$  .

$$Y=a+bx. \quad (4.5)$$

Припустимо є ряд емпіричних залежностей:

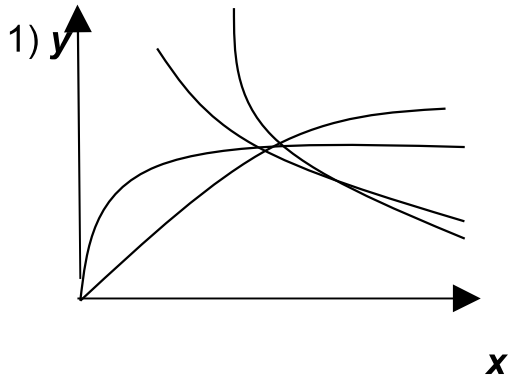
<b>X</b>	1	2	3 ...	7
<b>Y</b>	12.1	19.2		54.0

$$\begin{cases} 54 = a + b \cdot 7 \\ 12.1 = a + b \cdot 1 \end{cases} \quad \begin{cases} a = 6.98 \\ b = 5.12 \end{cases}$$

$$y = 6.98a + 5.12b.$$

Метод найменших квадратів використовує для розрахунку коефіцієнти всіх емпіричних точок.

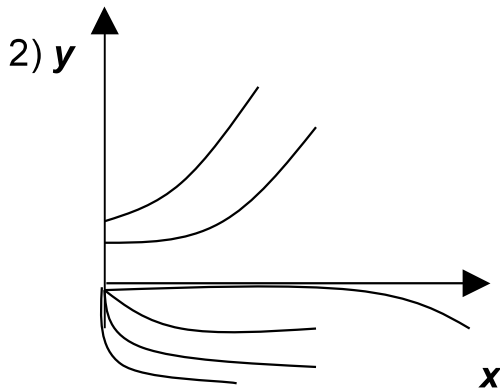
## ВИДИ КРИВИХ



$$y = ax^b;$$

$$\lg y = \lg a + b \lg x;$$

$$Y = \lg a + bX.$$

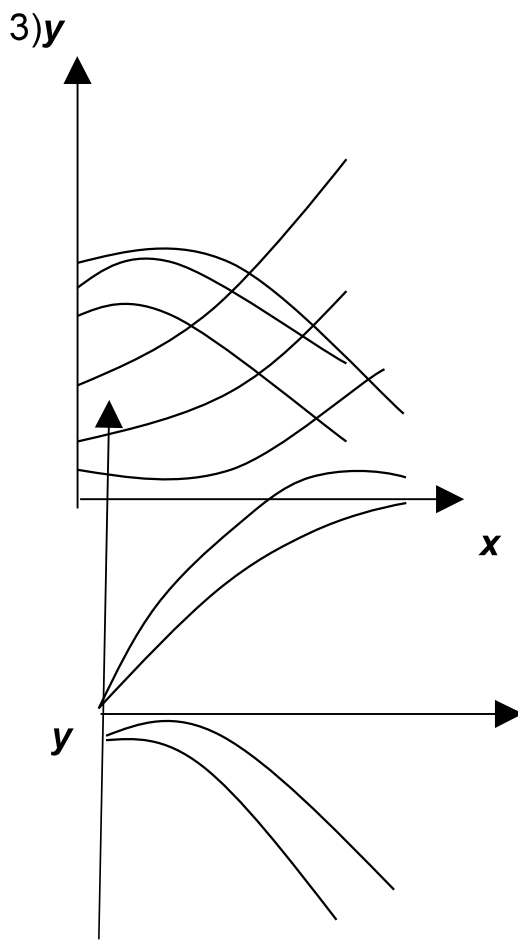


$$y = ae^{bx};$$

$$Y = \lg y;$$

$$Y = \lg a + xblge.$$

Напівлогарифмічний масштаб



$$y = ax^b + c$$

1.  $b$ - відомо:

$$X = x^b;$$

$$Y = aX + c.$$

2.  $b$ - невідомо:

$$x = x^b;$$

$$Y = \lg(y - c);$$

$$Y = \lg a + b \lg x;$$

$$X_3 = \sqrt{x_1 x_2};$$

$$C = \frac{y_1 y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3}.$$

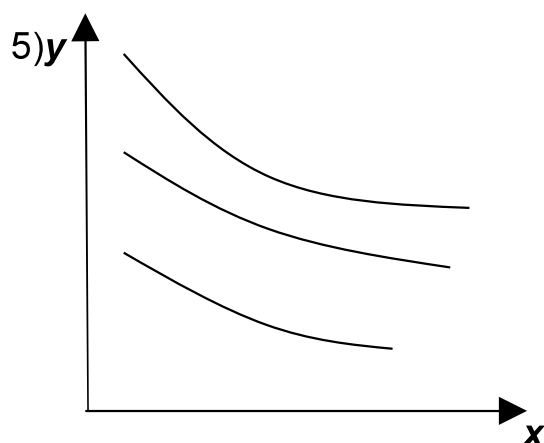
4)

$$y = ae^{bx} + c;$$

$$Y = \lg(y - c);$$

$$Y = \lg a + bx \lg e;$$

$$X_3 = 0.5(x_1 + x_2).$$

**X**

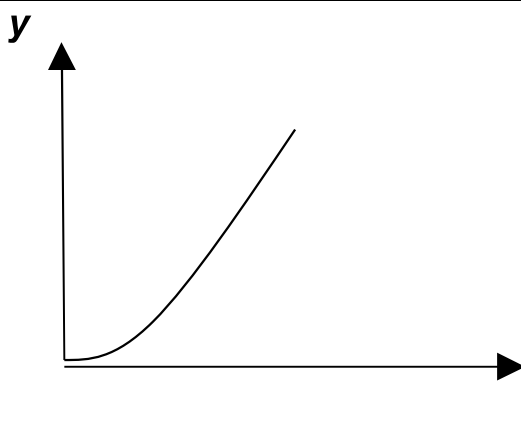
$$x = 1/z;$$

$$y = a + b/x;$$

$$X = 1/z.$$

Приклад:

<b>X</b>	1	1.5	2.0	2.5	...	4.5
<b>Y</b>	13.2	20.6	27.4	36.7	...	117.5



$$Y = ae^{bx};$$

$$\lg y = \lg a + bx \lg e;$$

$$\lg 13.2 = \lg a + b \lg e * 1;$$

$$\lg 117.5 = \lg a + b * 4.5 \lg e.$$

$$y = 1.85e^{0.579x}$$

використовуємо крайні точки.

### 4.3 Метод найменших квадратів

Сутність полягає в тому, що риска проведена через множину дискретних точок повинна займати таке положення, щоб сума квадратів відхилень точок от риски була би мінімальна.

$$S = \sum_{i=1}^N E^2 \rightarrow \min. \quad (4.6)$$

Обмеження: Приймаються якщо помилки розподіляються по нормальному закону, а вимірювання усі виконані з однією точністю.

Або:

$$S = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i, a_0, a_2)]^2 \rightarrow \min. \quad (4.7)$$

Приклад:  $y = b_0 + b_1 x$ ;

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2 \rightarrow \min.$$

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 * x_i)^2.$$

Якщо прирівняти  $\frac{\partial S}{\partial b_0} = 0$ , де  $\frac{\partial S}{\partial b_1}$  - рівняння мінімальної функції, то

система нормальних рівнянь матиме вигляд:

#### 4.4 Метод виділення довгострокового планування

Метод виділення довгострокового планування складається з виведенні наступних кореляцій:

- кореляції між визначеними у відсотках відношенням витрат на дослідження до суми середніх за останні три роки продажів і ростом певної галузі (вираженим у відсотку приросту продажів);

- кореляції між вираженим у відсотках відношенням витрат на дослідження до продажів і щорічним приростом продуктивності-кореляції (по вибірковому обстеженню) між компаніями в залежності від темпів росту їхніх продажів і рівня витрат компаній на дослідження (у відсотках до суми продажів);

- кореляції між граничними витратами на дослідження і темпами росту.

#### **4.5 Метод побудови математичних моделей**

Метод побудови математичних моделей заключається в одержанні рівнянь, що виражають співвідношення різних факторів, що визначають дослідження. Для цієї мети використовується лінійне програмування, послідовний аналіз, способи статистичної оцінки поведінки споживача тощо. Як приклад пошлемося на модель И.Горовица, складену на основі вибіркового обстеження 100 найбільших підприємств США. Прибуток, одержуваний з одного долара, витраченого на дослідження, визначається рівнянням

$$P_t = \sum_{z=1}^n \alpha_z R_{t-z} + \sum_{j=1}^m b_j O_j \quad (4.7)$$

де:  $P_t$  - прибуток за рік  $t$ ;  $R_{t-z}$  - витрати на дослідження в році  $t-z$ ;  $O_j$  - вплив інформаційних чи дефляційних тенденцій, витрат праці і деяких інших факторів. Дослідження представляється функцією продажів, ліквідності досліджень, виконаних у минулому, і величини податку.

Матричні методи виходять з того, що з введенням нововведень змінюється коефіцієнт виробництва. З їхньою допомогою аналізуються фінансові потоки (по постачальникам і одержувачам), а також деякі міжгалузеві зв'язки.

Витрати на дослідження визначаються щомісяця і порівнюються із відповідними торішніми витратами, а також з місячними продажами і плановими позначками. Середньомісячні і середньорічні витрати підприємства в розрахунку на одного науковця порівнюються з аналогічними цифрами минулого року. Продажу нового продукту диференціюються протягом перших п'яти років його "комерційного

життя", і на базі цих даних виводиться відношення їх до всіх продажів підприємства.

В оцінці ефективності прикладних досліджень у промисловості не-котрі фахівці вважають, що кращим мірилом продуктивності науково-дослідної роботи є число реалізованих результатів досліджень.

**Модель економічної оцінки результативності праці дослідників**, прийнята у підприємстві .

Загальна оцінка ефективності проведених досліджень виводиться з показників, що впливає: загальної рентабельності проведених підприємством дослідження; рентабельності окремої наукової теми відносного росту доходу в результаті проведення досліджень ПРО (показник оволодіння ринком) збуту.

Загальна рентабельність проведених підприємством досліджень визначається як відношення чистого прибутку (НП), отриманої в результаті використання закінчених наукових досліджень протягом визначеного Періоду часу, до витрат на проведення цих робіт (ДО), узятим з підвищувальним коефіцієнтом 25.

Коефіцієнт 25 узятий на основі статистичних даних Національної наукової асоціації з питань рентабельності досліджень і розвитку науки США. Витрати на науку вважаються рентабельними за умови  $P > 1$ .

Рентабельність окремої теми визначається як відношення середньорічного прибутку від виробів, створених у результаті проведення досліджень по темі (П), до затрат, витрачених на виконання теми ( $K_i$ ):

Дослідження визнається рентабельним, якщо  $P > 0,135$ . Прибуток у розмірі 13,5% вважається дуже задовільним в технічно розвинутих галузях, де позитивні результати далеко не завжди забезпечені.

Відносне зростання доходів у результаті .проведення досліджень (ПРО) визначається як відношення передбачуваного доходу від виробів, впроваджених у виробництво в результаті досліджень,



проведених у звітному періоді ( $D'$ ), до загального доходу від продажу продукції, що випускається, ( $D$ ) за відповідний проміжок часу, узятому з понижуючим коефіцієнтом 25,

Результат вважається задовільним, якщо  $P > 1$ . Іншими словами, якщо результати підвищують дохід на 4% про, дослідження визнаються ефективними.

При визначенні показника оволодіння ринком збуту виходять з того, що прибутковим вважається виріб, що завоював половину можливого ринку збуту.

Існують дослідницькі теми, чи рентабельність ефективність яких можна легко пророчити. До таких тем відносяться наступні.

1. Розробка нових виробів, призначених для розширення збуту. Керівництво дослідницького центра і дирекція підприємств в даному випадку здатні пророчити можливий обсяг реалізації (збуту) виробу протягом порівняно тривалого періоду (від п'яти до десяти років). Новий виріб замінює застарілу продукцію і забезпечує намічений темп росту виробництва. Витрати на дослідження можна визначити, установивши різницю між передбачуваної прибутком від реалізації нових виробів і сумою капіталовкладенні, необхідної для проведення робіт.

2. Упровадження уже відомих і більш рентабельних виробничих процесів. Ці дослідження являють собою також традиційний вид наукової діяльності, що певною мірою можна виразити в грошових одиницях, особливо в тім випадку, коли маються дані про ефективності процесів. Тут також рекомендується використовувати поетапний аналіз, окремих дослідницьких проектів, але посібник підприємством зобов'язано заздалегідь установити бажаний ступінь зниження собівартості виробництва (продиктовану, наприклад, розуміннями конкуренції) і пророчити разів-мір витрат на дослідження.

3. Удосконалювання діючих виробничих процесів. Цей вид діяльності також легко враховується при розробці кошторисів на досліджень і розвиток науки.

Розрахунок ефективності досліджень як головної мети планування проводиться постадійно:

- 1) економічне обґрунтування дослідження з обраної теми;
- 2) економічне обґрунтування (після завершення експериментально-теоретичних робіт, розробок тощо) доцільності проектування і виготовлення зразка нової техніки, дослідно-промислової ділянки тощо;
- 3) економічне обґрунтування доцільності впровадження створеного зразка нової техніки у виробництво;
- 4) остаточний розрахунок економічного ефекту по фактичним звітним даним про впровадження результатів дослідження в народне господарство.

У відповідності з цими стадіями визначення економічної ефективності передбачає розрахунок:

- 1) передвиробничі витрат по створенню й освоєнню нової техніки, чи технології організації виробництва (витрати на науково-дослідні роботи);
- 2) витрат по впровадженню результатів роботи;
- 3) економії від зниження собівартості продукції, отриманої від впровадження результатів науково-дослідних робіт.

Однією з найважливіших умов успішного завершення наукової і дослідно-конструкторської роботи є активна участь у плануванні цієї роботи служб науково-технічної інформації. Необхідність тісного взаємодії служби інформації і розроблювачів уже на етапі підготовки нової розробки порозумівається тим, що тільки при повному використанні інформації про науково-технічний прогрес можна

забезпечити актуальність і новизну планованих робіт, уникнути їхнього дублювання і повторення.

#### **Контрольні запитання до теми 4**

1. Види довгострокового планування.
2. Метод побудови математичних моделей.
3. Економічна оцінки результативності праці дослідників.
4. Забезпечення функціональної повноти режимів проведення досліджень.
5. Рішення всього круга задач даної предметної області.
6. Метод виділення довгострокового планування.
7. Метод побудови математичних моделей.
8. Модель економічної оцінки результативності праці дослідників.
9. Забезпечення функціональної повноти режимів проведення досліджень.
10. Єдності програмних та технічних засобів для забезпечення різноманітних функціональних режимів.
11. Стадії визначення економічної ефективності передбачає розрахунок.
12. Загальна оцінка ефективності проведених досліджень.
13. Характеристики розвитку науки і планування науки

#### **7 Список використаної літератури**

1. Нестеров П.В. Информационные аспекты стандартизации и управления качеством продукции.- М.: Издательство стандартов, 1990. –151 с.
2. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. – К.: Вища шк. , 1988. -359 с.

3. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. –М.: Наука,1981. –494 с.
4. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. – М.: “Энергоатомиздат”, 1985. –437с.
5. Основы научных исследований : Теплоэнергетика / ДикийН.А., Халатов А.А.; Под ред. Г.М. Доброва. -К.: Вища шк.,1985. –223с.
6. Тихомиров В.В. «Планування і аналіз експеременту» Легка індустрія М. 1974. –477с.
7. Шенк Х. «Теорія інженерного експеременту» Мир М. 1972.–135с.
8. Советов Б.Я. «Моделирование и проектирование систем»: учеб./ Б.Я. Советов, С.А.Яковлев. – 3-е издание., изд., прераб. и доп. – М.: Высш. шк. – 2001, 343 с.
9. Информационные системы/ Петров В.Н.-СПб.: Питер,2002.-688с.: ил. ISBN 5-318-00561-6.
- 10.Корячко В.П. Норенков И.П. Теоретические основы САПР: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.: ил.
11. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных объектов и систем. Учебник для вузов. – К.: Вища шк. Головное изд.,1988. –359 с.
12. Петренко А.И. СеменовО.И.. Основы построения систем автоматизированного проектирования.– 2–е изд., Учебник для студентов инженерных специальностей вузов. – К.: Вища шк. Головное изд–во, 1985. – 294 с.
13. Корнійчук А.І.Комп’ютерне проектування елементів і систем управління: Навч. посіб./ Житомир ЖІТІ, 2001. – 456 с.
14. Береза А.М. Основы створення інформаційних систем. Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 1998. – 140 с.
15. Основы інформаційних систем.: Навч. псіб. преоб. і доп. – К.: КНЕУ, 2001. – 420 с.
16. ISBN 966-574-241-8

17. Михайлов В.С. Билецкий О.В. Основы построения и проектирования автоматизированных систем управления в строительстве. Учебн. пос. – К.: Вища шк. Головное изд., 1984. –392 с.

18. Иванов Е.Л., Степанов И.М. Хомяков К.С. Периферийные устройства ЭВМ и систем. . Учебн. пос. – М.: 1987. – 319 с.: ил.

19. Надежность автоматизированных систем управления: Учебн. пособ. перераб. и доп./ под ред. Я.А.Хетагурова. – М.: Высш. шк. 1984. – 318 с.

20. Цюцюра С.В. „Основи автоматизованого проектування складних об’єктів і систем” Головні поняття і визначення теорії складних систем, 2000 р. 32 с.

21. Цюцюра С.В. „Основи автоматизованого проектування складних об’єктів і систем” Методичні вказівки до лабораторних робіт, 2000 р., 12 с.

22. Цюцюра С.В. „Основи автоматизованого проектування складних об’єктів і систем” Методичні вказівки до практичних робіт, 2001 р. 24 с.

23. Цюцюра С.В. „Основи автоматизованого проектування складних об’єктів і систем” Методичні вказівки до виконання курсової роботи, 2003 р. 24 с.

Навчально-методичне видання

ЦЮЦЮРА Світлана Володимирівна

**МЕТОДОЛОГІЯ, МЕТОДИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Конспект лекцій