

## Лабораторна робота № 1

### АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Мета роботи:* вивчити способи оцінювання якості програмно-апаратних засобів сучасних інформаційних систем при наявності багатьох критеріїв з використання процедури прийняття рішень.

#### Теоретичний вступ

Широке застосування інформаційних систем і комп'ютерних компонентів приводить до інтенсивного вдосконалення програмних засобів (ПЗ) і до появи нових інтелектуальних пристроїв, а їхнє широке впровадження в усі сфери людської діяльності вимагає адекватного оцінювання їх якості.

Відповідно до ДСТУ 15467 під якістю розуміють сукупність властивостей продукції, які визначають її придатність задовольняти певні потреби згідно з призначенням. Тому традиційними метриками якості комп'ютерних систем є пропускна здатність і затримка. За цих метрик знаходять базовий індекс продуктивності, який відображує:

- мінімальну продуктивність системи з урахуванням можливостей оперативної пам'яті, центрального процесора, жорсткого диска;
- продуктивність графічної підсистеми з урахуванням потреб робочого стола й трьохмірної графіки.

При цьому якщо отримана оцінка недостатня для деякої програми, то окремі оцінки компонентів, що визначають індекс продуктивності, можуть допомогти зрозуміти, які з них потрібно оновити [2, 3].

Однак, сучасні інформаційні системи все активніше взаємодіють з людьми, навколишнім середовищем, один з одним, найчастіше роблячи це все одночасно. Наприклад, мобільні телефони конкурують один з іншим за смугу пропускання, нормальне проведення відеоконференції залежить не тільки від програмного забезпечення, але й від наявності вільних ресурсів пам'яті та ін. Якість подібних систем стає функцією не тільки конкретних додатків, але їхньої взаємодії один з іншим, коли вони конкурують за зовнішні та внутрішні ресурси.

Для оцінювання якості ПЗ використовується міжнародний стандарт, якій визначає ієрархічну структуру показників, об'єднаних в систему з чотирьох рівнів (рис. 1.1) [4]: фактори якості (1 рівень), критерії (2 рівень), метрики (3 рівень) та оціночні одиниці (4 рівень).

Згідно стандарту якість визначається набором інтегральних оцінок по групах факторів: надійністю, супровідністю, зручністю використання, ефективністю, універсальністю (гнучкістю) і коректністю. Кожному з цих факторів відповідає певний набір відносних оцінок критеріїв. Критерії якості визначаються за метриками, які, в свою чергу, знаходять шляхом усереднення оціночних елементів, що визначають властивості, задані в метриці.

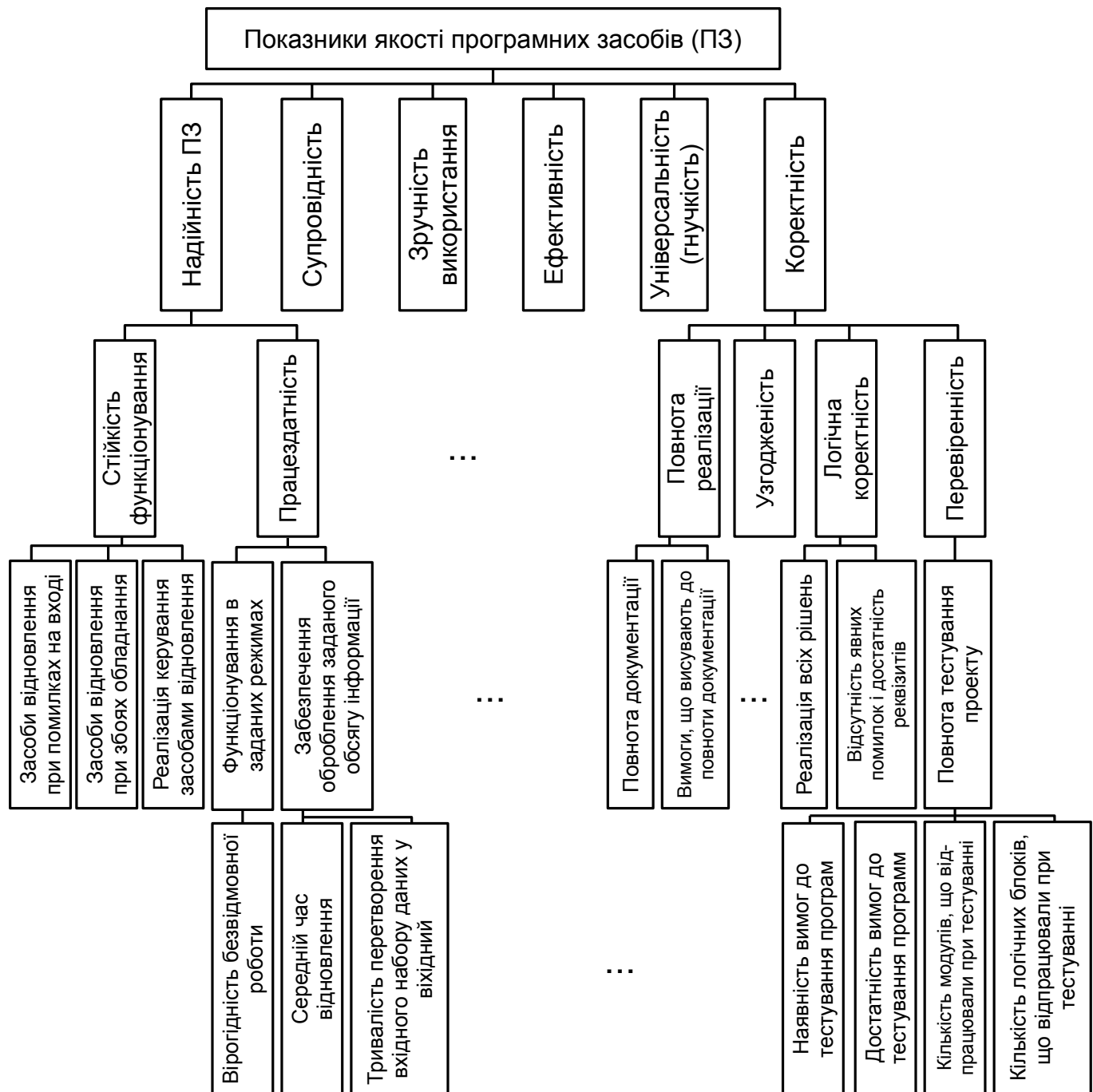


Рис. 1.1. Класифікація показників якості програмних систем

З іншого боку при оцінюванні якості інформаційних систем слід урахувати їхні споживчі властивості та зростаючі запити користувачів: найчастіше вони хочуть, щоб комп'ютеризовані пристрої крім традиційного набору функцій надавали їм нові засоби взаємодії з навколишнім світом. Отже, перевагами сучасних процесорів стають не обчислювальні характеристики, а їх унікальні здібності [2].

Таким чином, для багатьох інформаційних систем нового покоління традиційний підхід до оцінювання якості не є адекватним з таких причин:

- під час оцінювання якості однакову вагу приписують усім додаткам, які працюють у складі інформаційної системи;
- ефективність інформаційної системи визначається її здатністю прискорювати дії, а не реалізовувати нові можливості;
- в процесі визначення якості не враховується взаємодія між

додатками;

- оцінювання якості здійснюється окремо для програмної й апаратної частин інформаційної системи

- збільшення функціональності системи з точки зору її споживчих властивостей може істотно підвищити якість та ін.

Подамо завдання з оцінювання якості як багатокритеріальну задачу прийняття рішень, в якій як приватні критерії виступають чинники якості (іноді суперечливі), для оптимізації яких слід знайти функцію виду [5]:

$$U(x) = \{u_1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1), u_2(x_1^2, x_2^2, \dots, x_m^2), \dots, u_k(x_1^k, x_2^k, \dots, x_l^k)\} \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

де  $U(x)$  – функція якості програмно-апаратних засобів інформаційних систем;  $u_i(x_j^i)$  –  $i$ -й фактор якості ( $i = \overline{1, k}$ );  $x_j^i$  –  $j$ -й критерій, що складає  $i$ -й фактор якості.

Для оцінювання якості залучають експертів, уподобання яких описують деякою функцією, що у теорії прийняття рішень називають *функцією корисності*.

Припустимо, є дві взаємонезалежні функції корисності для факторів  $Y$  й  $Z$ , що з різних сторін характеризують якість програмно-апаратних засобів. Тоді оцінку якості можна одержати, використовуючи функцію корисності виду [5]

$$U(y, z) = U(y_0, z) + U(y, z_0) + k \cdot U(y_0, z) \cdot U(y, z_0) \quad (1.2)$$

при  $\forall y \in Y, \forall z \in Z$ ,

де  $U(y, z)$  – багатомірна функція корисності, що характеризує якість програмно-апаратних засобів інформаційної системи;  $U(y, z_0)$  – функція корисності, що визначається експертами для фактора якості  $Y$ , при  $z = z_0$ ;  $U(y_0, z)$  – функція корисності для фактора  $Z$  при  $y = y_0$  з урахуванням думок експертів;  $k$  – константа, значення якої емпірично знаходять з виразу

$$k = \frac{U(y_1, z_1) - U(y_1, z_0) - U(y_0, z_1)}{U(y_1, z_0) \cdot U(y_0, z_1)}. \quad (1.3)$$

Введемо такі позначення:

$u_Y(y)$  – умовна функція корисності для фактора якості  $Y$ ;

$u_Z(z)$  – умовна функція корисності для фактора  $Z$ ,

для яких в рамках даної теорії справедливо таке твердження: *два фактора вважаються еквівалентними, якщо їх очікувані корисності є рівними, тобто  $Y \sim Z$ , якщо  $u_Y(Y) = u_Z(Z)$ .*

Для забезпечення внутрішньої узгодженості функції  $U(y, z)$  умовні функції корисності повинні бути шкальованими так, щоб вони змінювалися в діапазоні від 0 до 1, тобто початковими значеннями функцій  $u_Y$  й  $u_Z$  повинні бути точки  $u_Y(y_0) = 0$  й  $u_Z(z_0) = 0$ . При цьому:

- функція  $U(y, z)$  – функція, яка нормалізована умовами  $U(y_0, z_0) = U(0, 0) = 0$  і  $U(y_1, z_1) = 1$  для довільних значень  $y_1$  і  $z_1$ ;

- $k_Y, k_Z$  – масштабуючі константи, причому

$$k_Y = U(y_1, 0), \quad k_Z = U(0, z_1); \quad (1.4)$$

- $u_Y(y)$  – умовна функція корисності фактора  $Y$ , яка нормалізована рівностями  $u_Y(0) = 0$  і  $u_Y(y_1) = 1$ , причому

$$k_Y u_Y(y) = U(y, 0); \quad (1.5)$$

- $u_Z(z)$  – умовна функція корисності фактора  $Z$ , яка нормалізована рівностями  $u_Z(0) = 0$  і  $u_Z(z_1) = 1$ , причому

$$k_Z u_Z(z) = U(0, z) \quad (1.6).$$

Ураховуючи рівності (1.4) - (1.6), багатомірну функцію корисності (1.2) запишемо

$$U(y, z) = k_Y \cdot u_Y(y) + k_Z \cdot u_Z(z) + k_{YZ} \cdot u_Y(y) \cdot u_Z(z) \quad (1.7)$$

при  $u_Y(y_0) = 0$  і  $u_Z(z_0) = 0$ ,

де  $k_{YZ} = 1 - k_Y - k_Z$ .

Отже, загальний алгоритм знаходження якості програмно-апаратних засобів інформаційної системи з використанням функцій корисності має таку послідовність кроків [5]:

Крок 1. Відбирання взаємонезалежних факторів, що з різних сторін характеризують якість програмно-апаратних засобів, та їхнє кількісне оцінювання експертами.

Припустимо, що експертами для оцінювання якості використовуються два фактора – надійність та функціональність.

*Надійність* – здатність системи в конкретних областях застосування виконувати задані функції відповідно до вимог документації в умовах виникнення відхилень у середовищі функціонування [6].

*Функціональність* – набір можливостей, який надає система.

Крок 2. Відбирання виду функції корисності для кожного фактору якості й побудова на підставі експертних оцінок умовних функцій корисності  $u_Y(y)$  і  $u_Z(z)$ .

Згідно стандарту надійність програмно-апаратних засобів визначають за набором оціночних одиниць (рис. 1.1), кількість яких обирається за фазою життєвого циклу системи й її функціональним призначенням. Припустимо, що в загальному випадку надійність найповніше характеризує ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t} \quad (1.8)$$

або

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (1.9)$$

де  $\lambda_0$  – інтенсивність відмов програмно-апаратних засобів інформаційної системи;  $T_0$  – середній час між відмовами.

Звичайно функціональність програмно-апаратних засобів інформаційних систем є поняття суб'єктивне, але, в загальному випадку, для формалізації цього фактора якості можна використати такі емпіричні закони:

1. Закон Гроша, сформульований Гербертом Грошем (Herbert Grosch), сучасну інтерпретацію якого сформуємо так: функціональність комп'ютера збільшується як квадрат вартості, тобто

$$F = S^2, \quad (1.10)$$

де  $F$  – функціональність;  $S$  – вартість.

2. Закон мережного ефекту або закон Меткалфа (Robert Melancton Metcalfe), який з точки зору функціональності можливо сформулювати таким чином: цінність інформаційної системи зростає пропорційно квадрату її зв'язків, тобто

$$C = 0,47 \cdot N^2, \quad (1.11)$$

де  $N$  – кількість зв'язків;  $C$  – цінність.

Отже можливий вид функцій корисності для обраних факторів якості з урахуванням виразів (1.8) – (1.11) наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

### Можливий вид функцій корисності для факторів якості

Фактор якості	Вид функції корисності	
	Варіант 1	Варіант 2
Надійність	$u_Y(y) = e^{-\lambda_0 y}$	$u_Y(y) = e^{-\frac{y}{T_0}}$
Функціональність	$u_Z(z) = z^2$	$u_Z(z) = 0,47 \cdot z^2$

Крок 3. Знаходження масштабуючих констант  $k_Y, k_Z, k_{YZ}$ .

Крок 4. Визначення виду багатомірної функції корисності  $U(y, z)$ , яка характеризує якість програмно-апаратних засобів інформаційної системи.

#### Приклад визначення якості програмно-апаратних засобів залежно від двох факторів

Припустимо, що після аналізу експертних даних отримано такі умовні функції корисності для двох факторів  $Y$  й  $Z$ :

$$u_Y(y) = e^{-0,2 \cdot y} \text{ при } y = 0 \dots 6 \text{ та } u_Z(z) = z^2 \text{ при } z = 0 \dots 20 \quad (1.12)$$

Для узгодження шкал вимірювання функцій  $u_Y(y)$  та  $u_Z(z)$  експертами встановлено:

- післядія (0,10) еквівалентна (з точки зору корисності) післядії (6,0), тобто  $(0,10) \sim (6,0)$ ;
- рішення  $[(6,20); (0,0)]$  еквівалентно післядії (3,5), тобто  $[(6,20); (0,0)] \sim (3,5)$ .

За умови нормалізації багатомірної функції одержимо:

$$U(0,0) = 0 \text{ і } U(6,20) = 1. \quad (1.13)$$

Ураховуючи, що умовні функції корисності факторів якості  $Y$  та  $Z$  треба нормалізувати рівностями  $u_Y(0) = 0$  і  $u_Y(y_1) = 1$  та  $u_Z(0) = 0$  і  $u_Z(z_1) = 1$  з урахуванням початкових даних (1.12) отримуємо:

$$\begin{aligned} u_Y(0) &= 0, & u_Z(0) &= 0, \\ u_Y(6) &= 1 \text{ та } u_Z(20) &= 1. \end{aligned} \quad (1.14)$$

Згідно виразу (1.4) визначимо  $k_Y, k_Z$  рівностями:

$$k_Y = U(6,0); \quad k_Z = U(0,20). \quad (1.15)$$

Відповідно до умови нормалізації для функції  $u_Y$  (вираз (1.5)) та ураховуючи її вид (позитивна спадна), отримаємо

$$-k_Y u_Y(y) = U(y,0). \quad (1.16)$$

Відповідно до умови нормалізації для функції  $u_Z$  (вираз (1.6)) та її виду (позитивна зростаюча) одержимо

$$k_Z u_Z(z) = U(0,z). \quad (1.17)$$

За початковими даними відомо, що  $(0,10) \sim (6,0)$ , використовуючи вирази (1.16) й (1.17), запишемо:

$$-k_Y u_Y(6) = k_Z u_Z(10).$$

З урахуванням виразу (1.12) та умови нормування (1.14) отримуємо

$$-k_Y = k_Z z^2 \text{ при } u_Y(y_0) = 0, \quad u_Z(z_0) = 0.$$

Підставляючи  $z = 10$ , знайдемо, що  $k_Y = -100k_Z$ .

Таким чином, підставляючи функції (1.12) у вираз (1.7), з урахуванням отриманої рівності запишемо

$$\begin{aligned} U(y,z) &= k_Y \cdot u_Y(y) + k_Z \cdot u_Z(z) + k_{YZ} \cdot u_Y(y) \cdot u_Z(z) = \\ &= -100k_Z e^{-0,2y} + k_Z z^2 + (1 + 100k_Z - k_Z) e^{-0,2y} z^2. \end{aligned} \quad (1.18)$$

Для завершення процесу отримання функції корисності

використаємо вихідну еквівалентність  $[(6,20); (0,0)] \sim (3,5)$ . Тоді з урахуванням умови (1.13) справедливо таке:

$$u(3,5) = \frac{u(6,20) + u(0,0)}{2} = 0,5. \quad (1.19)$$

З виразу (1.18) знайдемо значення функції корисності в точці (3, 5) і прирівнюючи його до значення виразу (1.19), знайдемо, що  $k_z = -0.01$ .

Підставляючи отримане значення масштабуючої константи в формулу (1.18), отримуємо шукану багатомірну функцію корисності:

$$U(y, z) = e^{-0.2y} - 0,01z^2 + 0,99e^{-0.2y}z^2.$$

Для прогнозування оцінки якості програмно-апаратних засобів побудуємо графік багатомірної функції корисності (рис. 5.2) з використанням Matlab.

Специфіка побудови трьохмірних графіків  $z(x,y)$  вимагає визначення для  $X$  та  $Y$  двовірних масивів – матриць однакової розмірності. Для створення таких масивів служить функція **meshgrid**, яку записують у такий спосіб:

$$[X,Y] = \text{meshgrid}(x_0:h_x:x_{\max}, y_0:h_y:y_{\max}),$$

де  $x_0, y_0$  – початкові значення змінних  $x$  та  $y$ ;  $x_{\max}, y_{\max}$  – кінцеві значення змінних  $x$  та  $y$ ;  $h_x, h_y$  – крок по осях, значення якого підбирається таким чином щоб забезпечити однакову розмірність матриць  $X$  та  $Y$ .

Для відображення трьохмірного графіка застосовують ряд функцій, а саме:

**mesh(X,Y,Z)** – будує сітчастий графік;

**meshz(X,Y,Z)** – відображує графік у вигляді стовпчиків;

**surf(X,Y,Z)** – відображує графік як безперервну поверхню.

Для позначення осей графіку та нанесення сітки використовують таку запись

**xlabel('фактор y'), ylabel('фактор z'), zlabel('цільова функція');**  
**grid on**

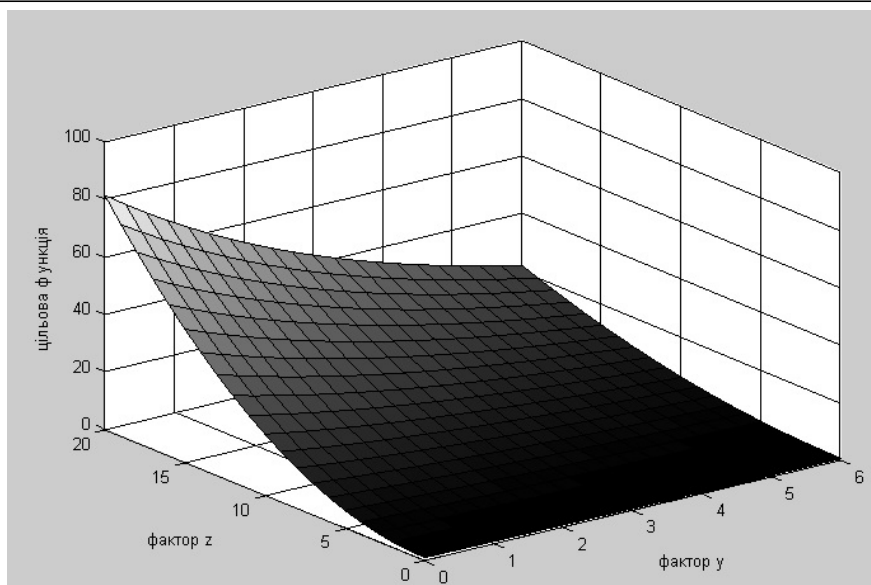


Рис. 1.2. Багатомірна функція для оцінювання якості програмно-апаратних засобів інформаційних систем

### Порядок виконання роботи

1. Побудувати графіки функцій  $u_y(y)$  та  $u_z(z)$  для визначення умов нормування.

Для відображення графіка функції  $u(x)$  використовують функцію **plot(x,y)**. Так для функції  $u_z=z^2$ , що наведена в прикладі, лістинг програми для побудови графіка матиме вигляд:

```
z=0:20;
uz=z.^2;
plot(z,uz)
```

2. Використовуючи вищенаведений алгоритм знаходження якості

програмно-апаратних засобів записати в математичної формі багатомірну функцію для її оцінювання залежно від двох факторів.

3. Для подальшого аналізу та прогнозування якості побудувати графік отриманої багатомірної функції.

4. Зробити висновки.

За результатами лабораторної роботи згідно ДСТУ 3008-95 оформити звіт, якій повинен мати титульний лист, теоретичне введення, отримані відповідно до порядку виконання роботи результати та необхідні висновки.