

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДНИХ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ



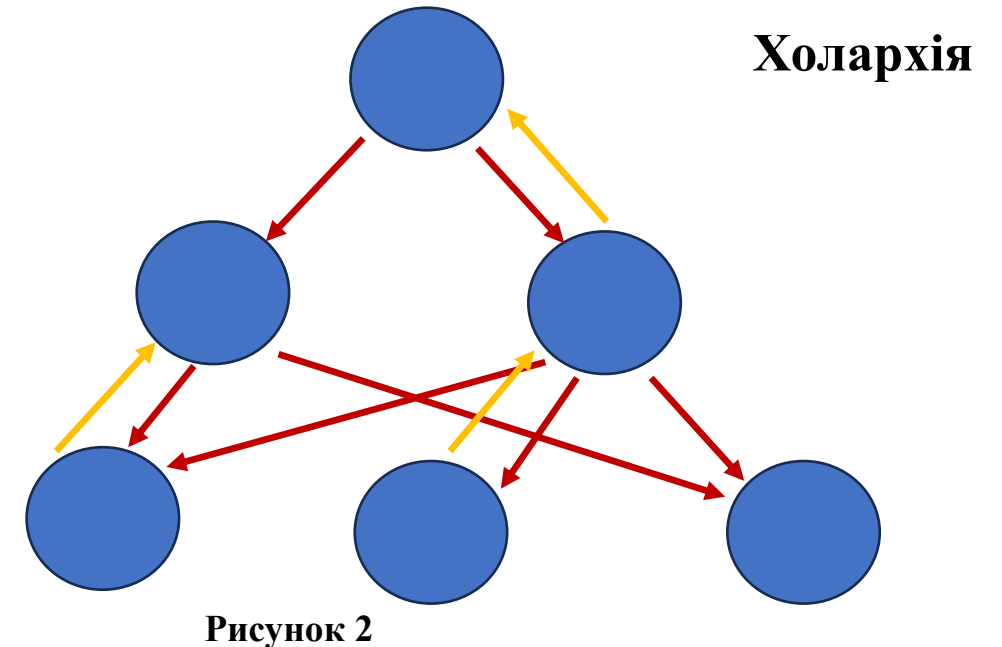
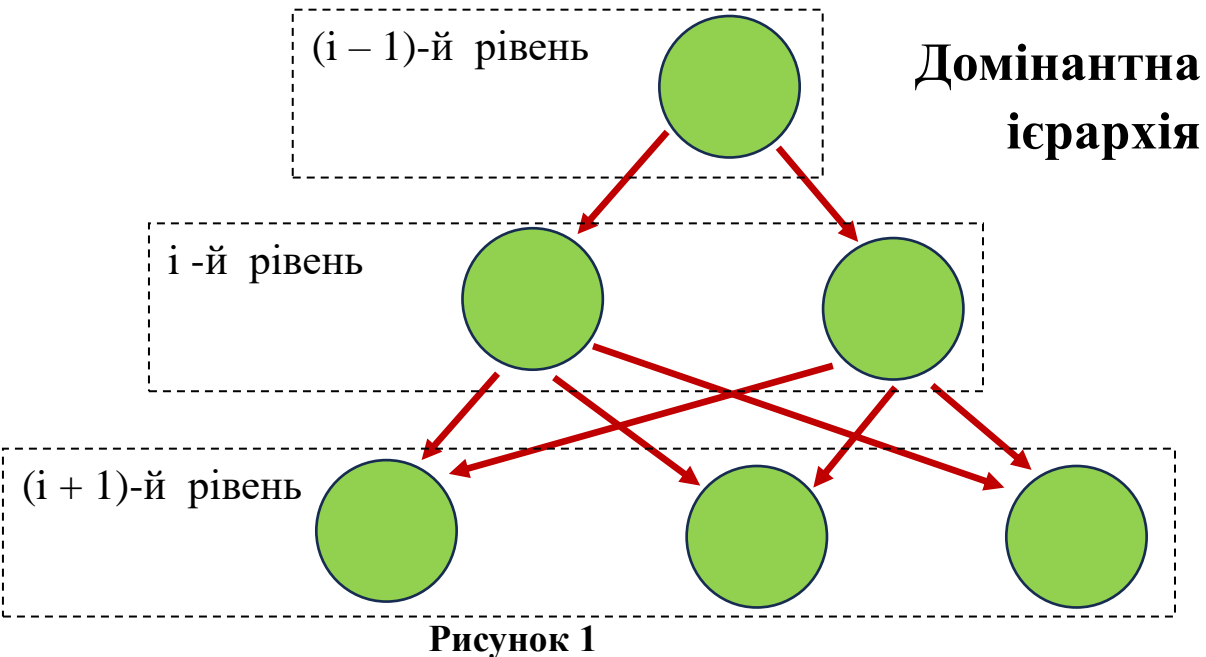
Новожилова Марина Володимирівна

**доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій
Харківського національного
університету міського господарства
імені О.М. Бекетова**

Основні визначення. Види ієрархії

Складна ієрархічна система — це множина структурно взаємопов'язаних ієрархічною підпорядкованістю і функціонально взаємозалежних систем, які є об'єднаними для досягнення мети в конкретних умовах за існуючих ресурсів

Ієрархія (грец. *ἱεραρχία*, від *ἱερός* — святий, священний і *ἀρχή* — влада) — розташування частин чи елементів цілого у порядку від нижчого до вищого



Основні визначення. Види ієрархії

Домінантна
неповна ієрархія

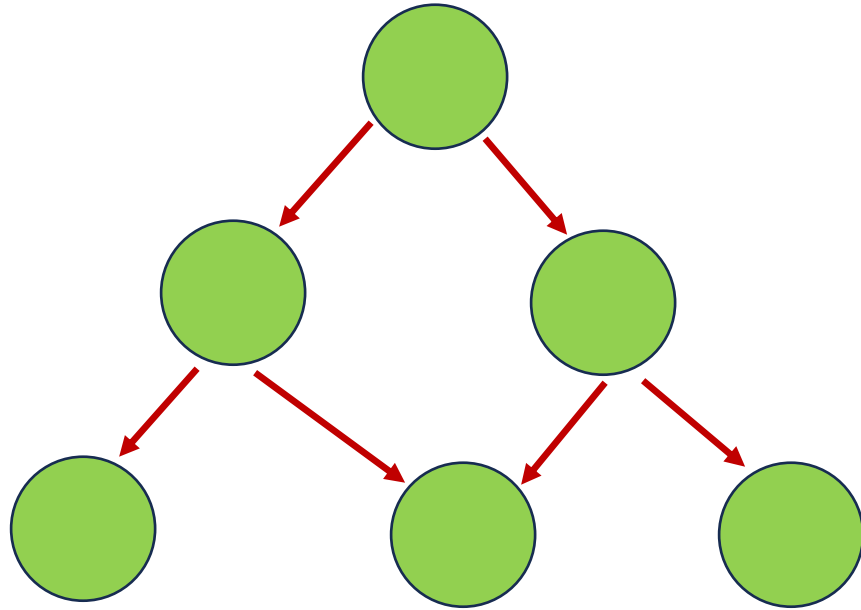


Рисунок 3

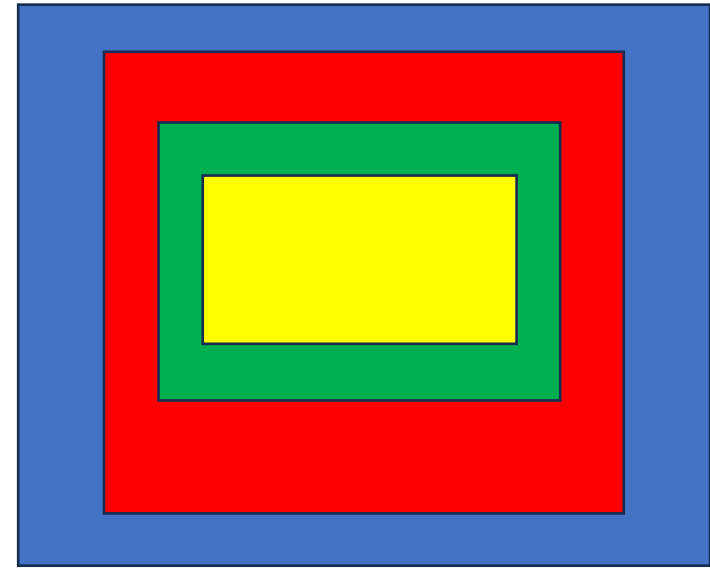


Рисунок 4 Китайська скринька

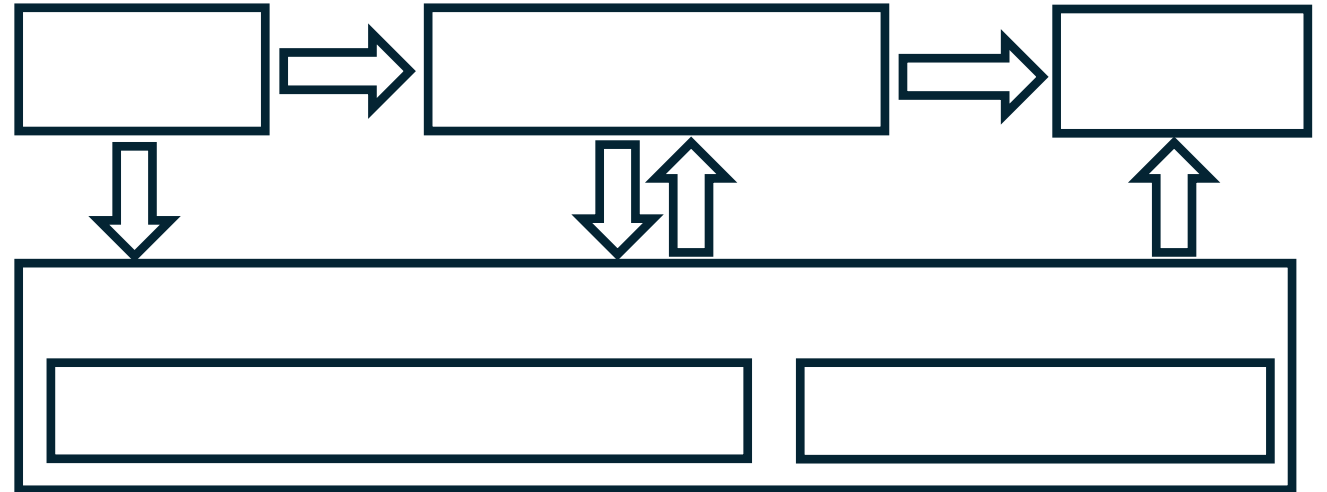


Рисунок 5 Модулярна ієрархія

Основні визначення. Види ієрархії

Домінантна
неповна ієрархія

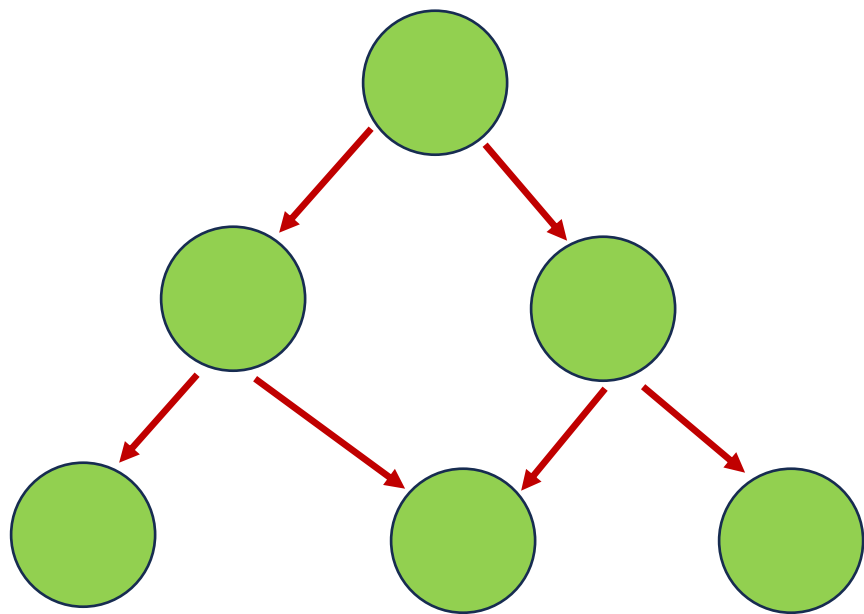


Рисунок 3

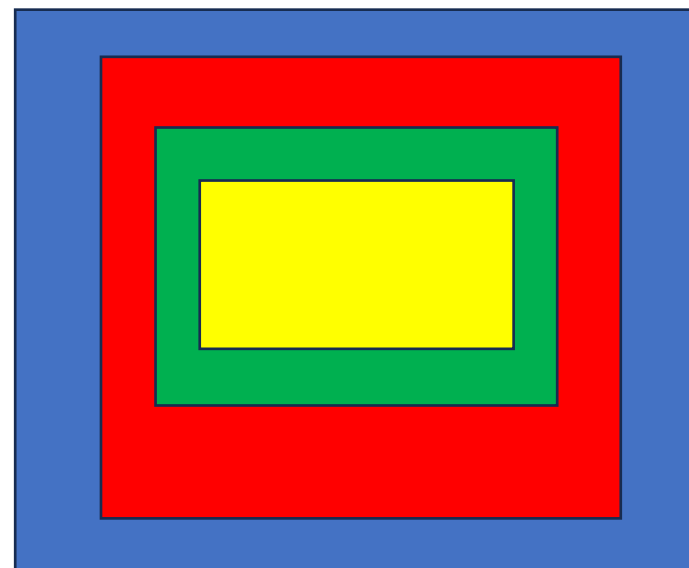


Рисунок 4 Китайська скринька

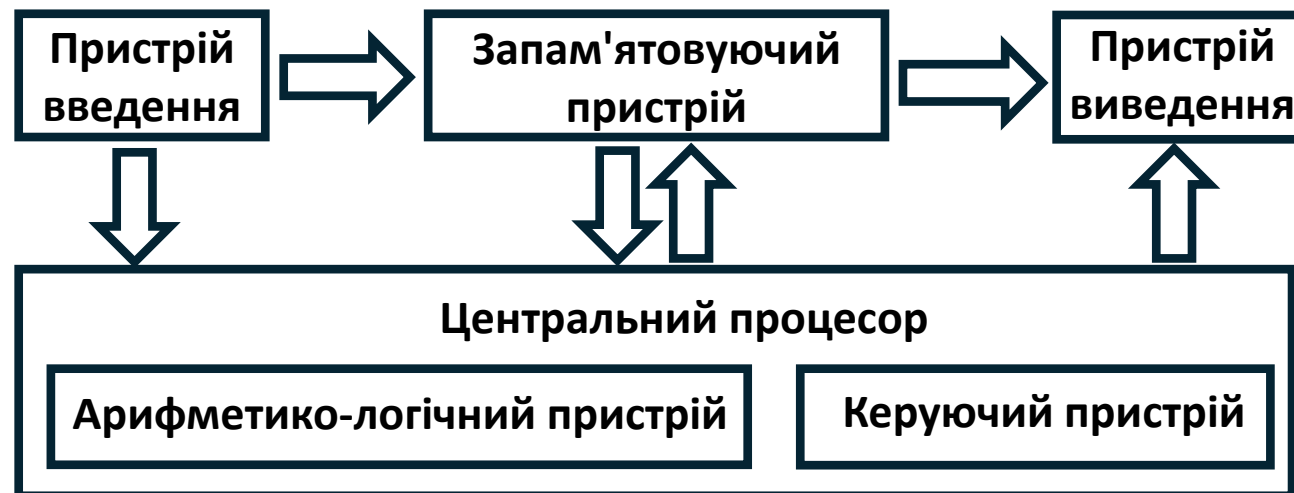


Рисунок 5 Модулярна ієрархія

Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень

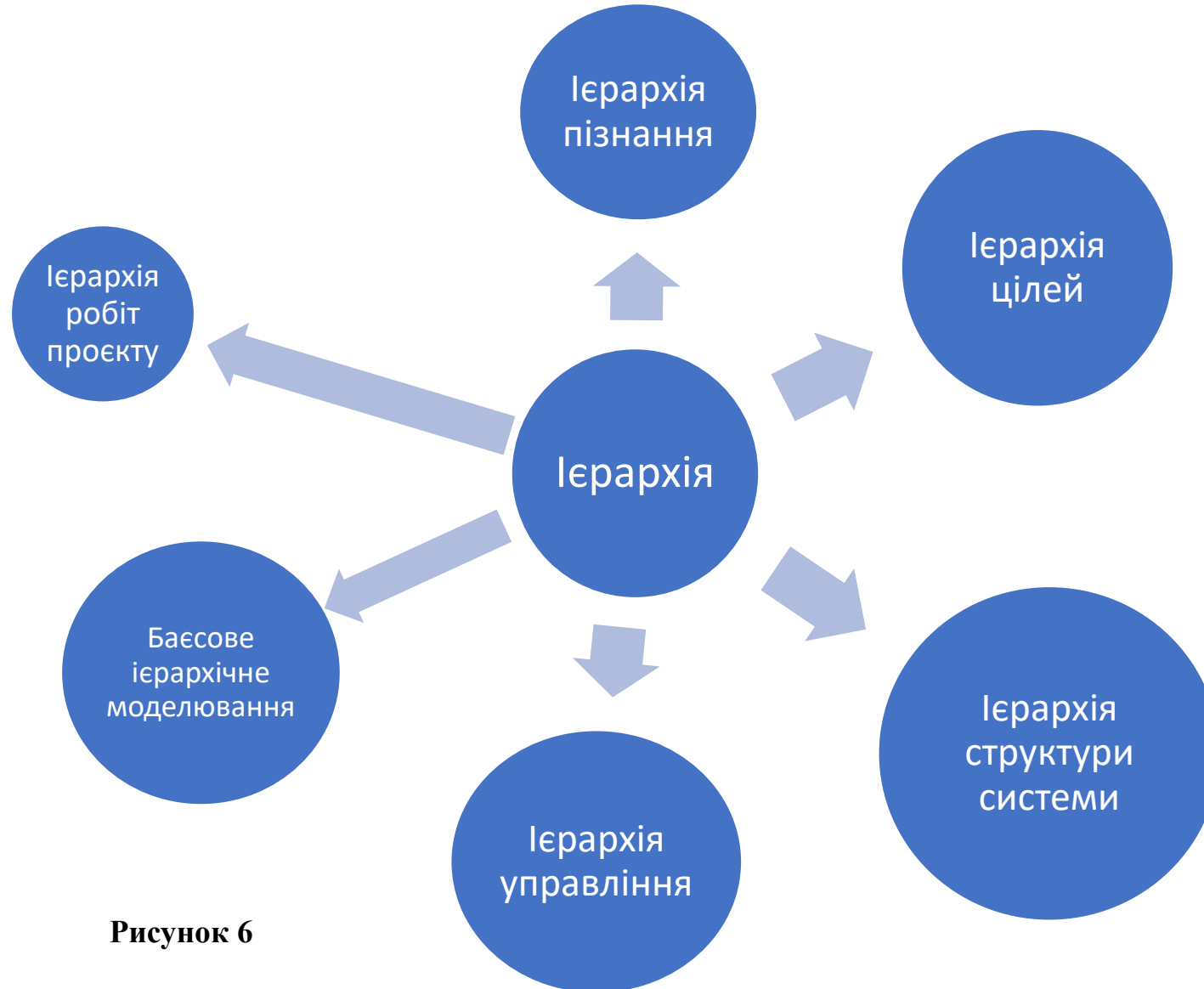
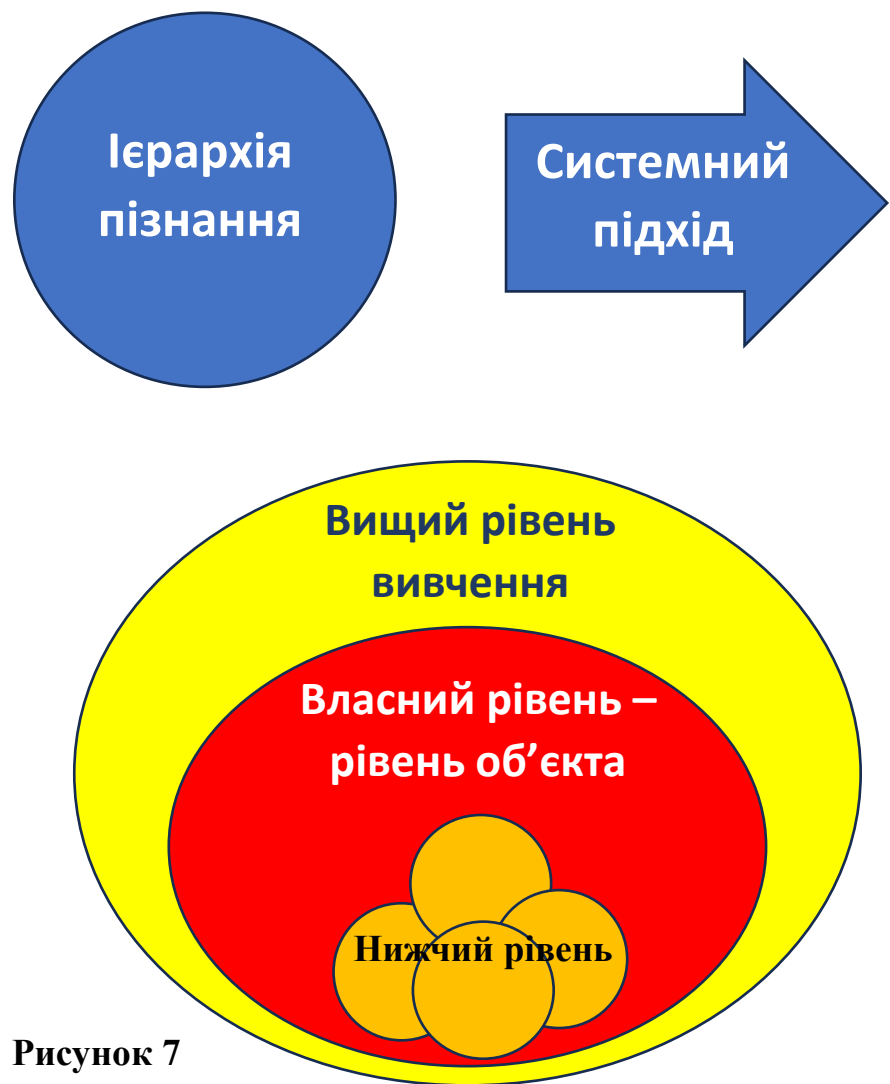


Рисунок 6

Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень



- ❑ *принцип системності* – методологія дослідження систем
- ❑ *принцип ієрархічності пізнання*
- ❑ *принцип формалізації* – технологія системного підходу, втіленням якої є системний аналіз

ПІЗНАННЯ — процес осягнення людиною світу;
— сукупність процесів, процедур методів набуття знань про явища і закономірності об'єктивного світу.

Рисунок 7

Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень



- ❑ *Цільовий аналіз* – призначений для виявлення часткових цілей поведінки складної системи для досягнення головної мети:
- ❑ *Структурно-функціональний аналіз* – дає змогу визначення, зокрема, множини функцій для досягнення мети в певних умовах функціонування
- ❑ *Техніко-економічний аналіз* – дає змогу визначати необхідні ресурси та витрати для поставленої мети

Метод аналізу ієрархій — МАІ є ієрархічною процедурою для ієрархічного подання елементів, що визначають суть проблеми.

Метод полягає в декомпозиції проблеми та мети її вирішення на більш прості складові частини (частинні критерії).

Метод формалізує якісну інформацію від експертів за допомогою побудови та опрацювання матриць попарних порівнянь послідовності суджень.

Етапи методу аналізу ієрархій

1. Окреслити проблему і певну мету.
2. Побудувати ієрархію методу:

- Перший рівень: мета,
- Другий рівень: частинні критерії K_1, \dots, K_N ,
- Третій рівень: перелік альтернатив A_1, \dots, A_L .

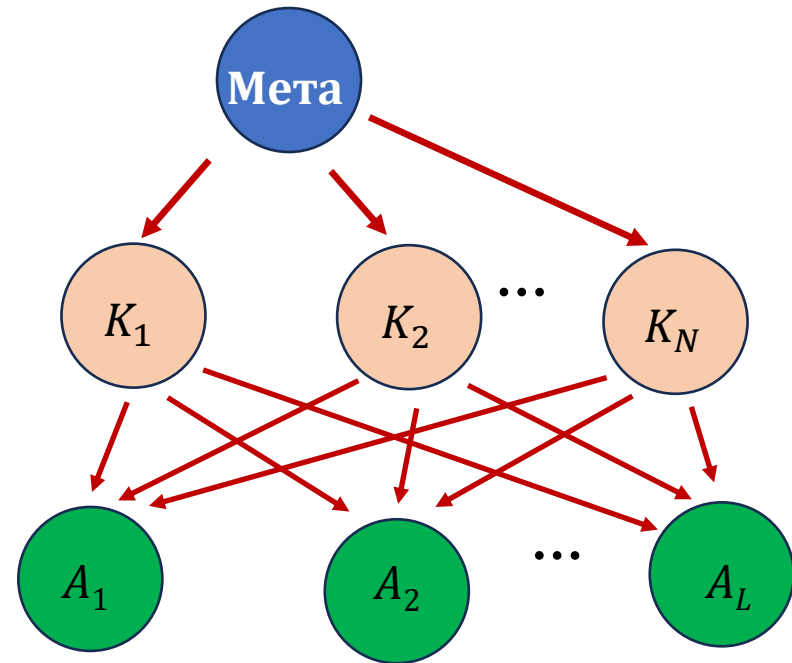


Рисунок 8

3. Побудувати множину $\{C_K, C_{AK_1}, \dots, C_{AK_N}\}$ матриць парних порівнянь для кожного з нижніх рівнів на основі думок експертів.

	K_1	K_2	...	K_N
K_1	1	c_{12}	...	c_{1N}
K_2	c_{21}	1	...	c_{2N}
...	1	...
K_N	c_{N1}	c_{N2}	...	1

$$C: c_{ij}=1/c_{ji}$$

Приклад матриці C_K
попарних порівнянь критеріїв

4. Для кожної з матриць попарних порівнянь визначити:

- вектори $P_K = \{p_i\}_{i=1, \dots, N}$, $P = \{P_1, \dots, P_L\}$ пріоритетів порівнювальних елементів,

$$p_i = \sum_{j=1}^N c_{ij} / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} \quad p_{il} = \sum_{j=1}^L c_{lj}^i / \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^L c_{lj}^i$$

- λ_{\max} – максимальне власне число матриці ($\lambda_{\max} \sim N$ (або L))
- індекс узгодженості I_y матриці попарних порівнянь

5. Побудувати вектор P_G глобальних пріоритетів: $P_G = P_K \cdot P^T$

Приклад застосування методу аналізу ієрархій

Проблема вибору подарунку на день народження.

Частинні критерії:

- K_1 - задоволеність,
- K_2 - корисність,
- K_3 - креативність

Перелік альтернатив:

- A_1 - цукерки та квіти,
- A_2 - карта відомої торговельної мережі,
- A_3 - політ на повітряній кулі,
- A_4 - сертифікат на навчальний курс.

	K_1	K_2	K_3	$\sum_{j=1}^3 c_{ij}$	P_K	$C_K P_K$	$(C_{K_i} P_{K_i}) / P_{K_i}$
K_1	1	6	4	11	0.59	2.37	4.02
K_2	0.17	1	0.2	1.37	0.07	0.24	3.26
K_3	0.25	5	1	6.25	0.34	0.85	2.53
							9.81 $\sum (C_{K_i} P_{K_i}) / P_{K_i}$
						$\lambda_{\max} \sim$	3.27
							$I_y = (\lambda_{\max} - 1) / (N - 1) =$ 0.13

Матриця попарних порівнянь

$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 c_{ij} = 18.6$

Критерій K_1 - задоволеність					
	A_1	A_2	A_3	A_4	P_{K_1}
A_1	1	3	6	5	0.46
A_2	0.33	1	7	3	0.35
A_3	0.17	0.14	1	0.33	0.05
A_4	0.20	0.33	3	1	0.14
					$I_y = 0.09$

Критерій K_2 - корисність					
	A_1	A_2	A_3	A_4	P_{K_2}
A_1	1	0.33	6	0.2	0.21
A_2	3.00	1	7	2	0.37
A_3	0.17	0.14	1	0.14	0.04
A_4	5.00	0.5	7	1	0.38
					$I_y = 0.18$

Критерій K_3 - креативність					
	A_1	A_2	A_3	A_4	P_{K_3}
A_1	1	0.2	0.17	0.2	0.05
A_2	5.00	1	0.17	2	0.24
A_3	6.00	6	1	5	0.52
A_4	5.00	0.5	0.2	1	0.19
					$I_y = 0.18$

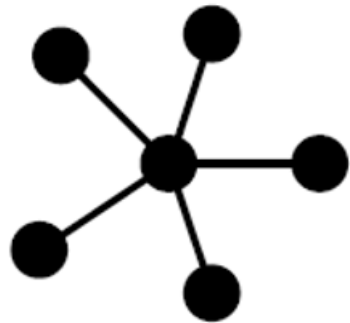
P_G
0.3
0.31
0.21
0.18

Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень

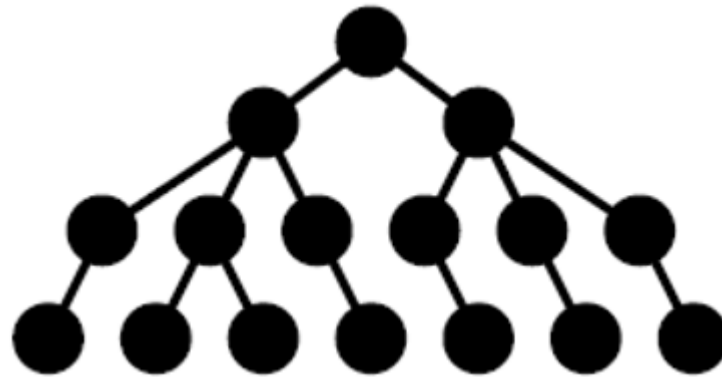


Структурно-функціональний аналіз дає змогу

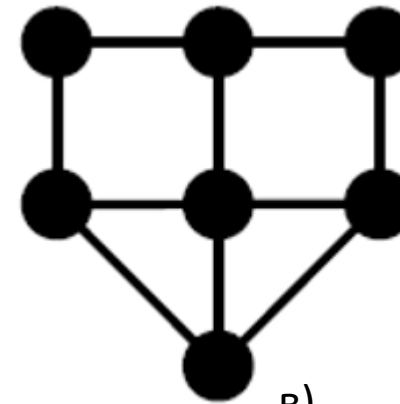
- ❖ формування ієрархічної структури системи відповідно до поставленої мети та існуючих обмежень на ресурси;
- ❖ визначення функціонально повного набору елементів для кожного рівня ієрархії та їхніх характеристик



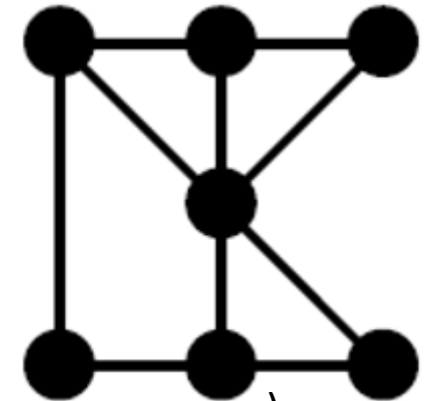
а)



б)



в)



г)

Рисунок 9 Класифікація структур залежно від організації в системі а), б) – ієрархічні; в), г) – неієрархічні

Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень

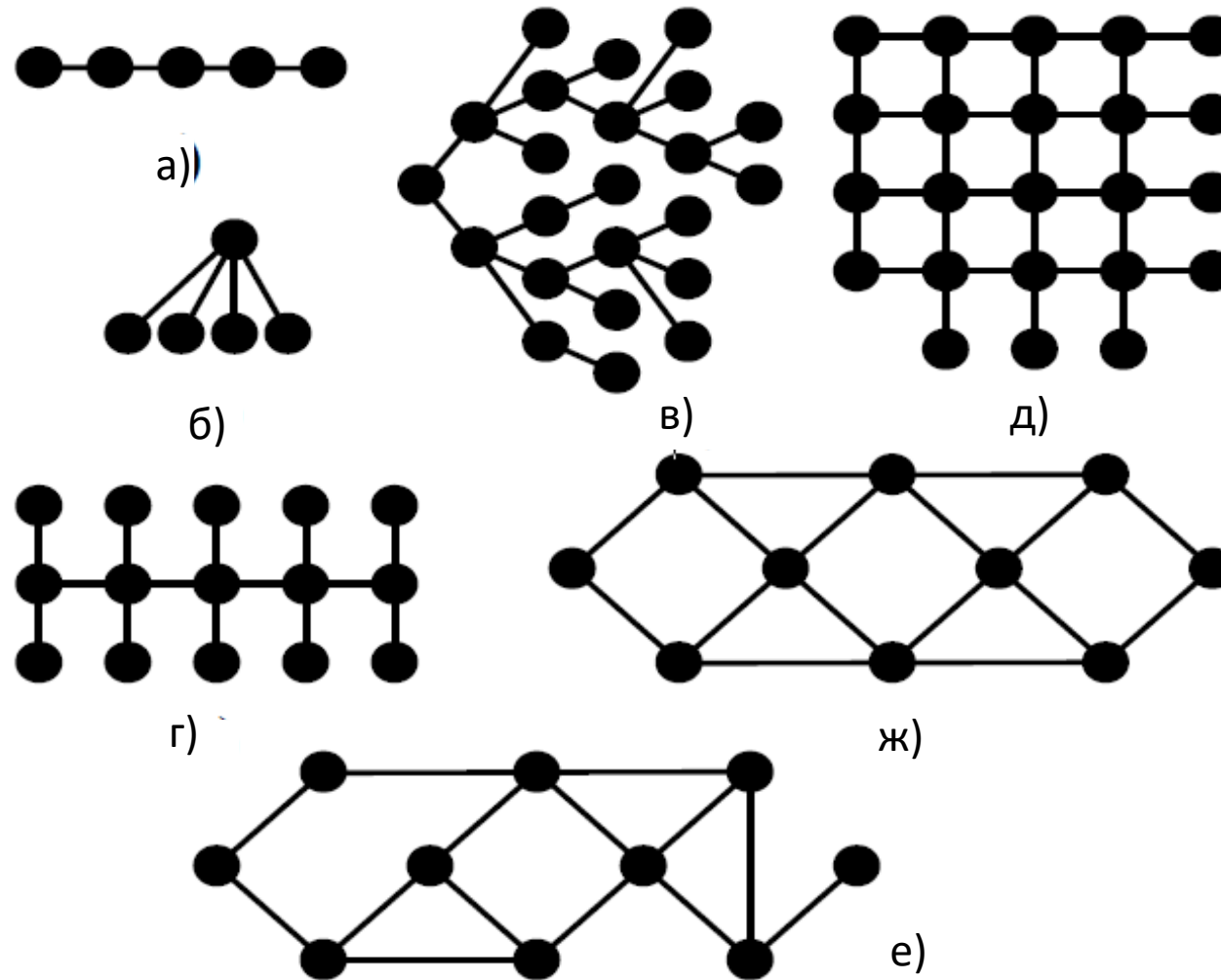


Рисунок 10 Класифікація структур залежно від організації в системі а) – лінійна; б) – централізована;

в) – деревоподібна; г) – кістякова; д) – матрична; е) – стільникова; ж) – мережева

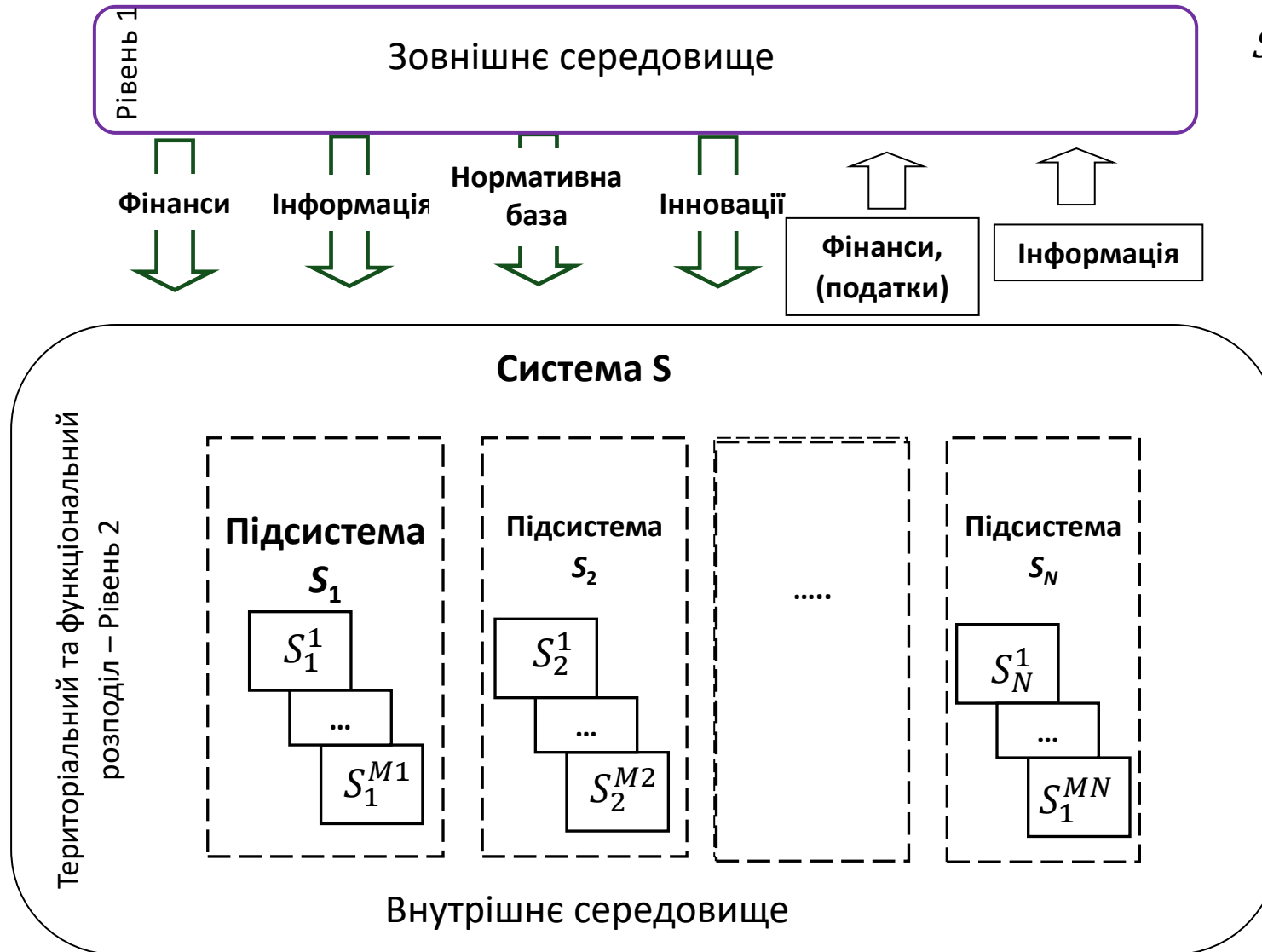
Застосування концепту ієрархії в різних напрямках системних досліджень



- ❑ *Інформаційний аналіз* – дає можливість визначати обсяг, повноту та інші показники інформації про систему та середовище для керування системою у штатних та поза штатних ситуаціях;
- ❑ *Організаційно-процедурний аналіз* – застосовують для виявлення способів організації процесів керування та вибору процедур для досягнення мети:
- ❑ *Техніко-економічний аналіз* дає змогу визначати необхідні ресурси для поставленої мети, передбачати ефект від впровадження розробленої системи, визначати витрати усіх видів ресурсів не лише на технічні засоби, а й на реалізацію процедур керування;

Управлінське рішення – це вибір, який містить відповідь на певні питання, що виникають у процесі реалізації кожної функції управління (**планування, організування, мотивування, контролювання**). Управляти – значить вирішувати, яким чином досягти поставленої мети

Задача підвищення ефективності функціонування ієрархічної системи



$S = \{S_1, \dots, S_N\}$ - скінчена множина підсистем

Кожна підсистема S_n складається з M_n елементів, тобто

$$S_n = \{S_n^1, \dots, S_n^m, \dots, S_n^{M_n}\}.$$

$E = \{e^1, e^2, \dots, e^k, \dots, e^K\}$ - вектор економічної ефективності, e^k - певний індикатор економічної ефективності.

Покладемо $E = e^k$

Рисунок 11 Організаційна модель управління підсистемою

Задача підвищення ефективності функціонування ієрархічної системи

Побудова оптимізаційної задачі розподілу ресурсів на першому рівні

Загальна сума витрат на підвищення ефективності функціонування системи S в періоді планування обмежена величиною Z . Таким чином, розподіл наявних коштів підсистемам S_n має вигляд:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n + \dots + x_N = Z - \sum_{n=1}^N G_n(e^0, \rho_n)$$

де x_n – обсяг коштів, виділений S_n -й підсистемі, витрати $G_n(e^0, \rho_n)$ - спрямовані на підтримку досягнутого рівня ефективності функціонування

Ефективність функціонування n -ї підсистеми протягом періоду планування в залежності від обсягу фінансування визначається функцією $e_n(x_n)$, екзогенні параметри якої обчислюються на основі історичних даних.

Тоді оптимізаційна задача розподілу обсягів функціонування між підсистемами S_n має вигляд:

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n e_n(x_n) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n + \dots + x_N = Z - \sum_{n=1}^N G_n(e^0, \rho_n)$$

$$x_n \geq 0, n = 1, 2, \dots, N$$

Перелік використаних джерел

1. Ладанюк, А.П., Смітюх, Я.В., Власенко, Л.О., Заєць, Н.А., та Ельперін, І.В. (2013) *Системний аналіз складних систем управління: навч. посіб.* К.: НУХТ, 2013.
2. Енциклопедія сучасної України. *Пізнання*. <https://esu.com.ua/article-883681>.
3. Молчанов, В. П. , та Пандорін, О. К. (2019) *Технології розробки WEB-ресурсів : навч. посіб.* Харків : ХНЕУ імені С. Кузнеця.
4. Новожилова, М.В., та Чуб, О.І. (2023) *Методи та засоби прийняття рішень: навч. посіб.* Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.
5. Рогоза, М. Є. , Рамазанов, С. К., та Мусаєва, Е. К. (2011) *Нелінійні моделі та аналіз складних систем. : навч. посіб.* Полтава : РВВ ПУЕТ.
6. Демиденко, М. І., та Руденко, О. А. (2023) *Навчальний посібник з дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».* – Полтава: НУПП.
7. Трифонова, О.В., Тимошенко, Л.В., та Ус, С.А. (2023) *Математичні моделі і методи прийняття рішень для сталого розвитку: навч. посіб.* Дніпро : НТУ «ДП».
8. Чупир, О. М., Бурлака, Є. О., та Бутенко О. П. (2022) *Управління розвитком ресурсного потенціалу підприємств (на прикладі підприємств залізничного транспорту).* Харків: ХНУБА.

Дякую за увагу!



Новожилова Марина Володимирівна

marina.novozhilova@kname.edu.ua

Кафедра Комп'ютерних наук та інформаційних технологій ХНУМГ імені О.М. Бекетова



Додаткова інформація для подальших розвідок

Ієрархія робіт проекту (ІРП) або Work Breakdown Structure (WBS) – це інструмент управління проектами, який представляє собою структурований розподіл загального обсягу робіт проекту на окремі, взаємопов'язані елементи. ІРП дозволяє візуалізувати весь обсяг робіт, розподілити відповідальність, оцінити тривалість та ресурси, необхідні для виконання кожної задачі. Зазвичай подається у вигляді дерева

9. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK® Guide.*

<https://www.pmi.org/standards/pmbok>

Баєсове ієрархічне моделювання або Bayesian hierarchical modelling – це статистична модель, що має декілька рівнів (ієрархічний вигляд), призначена для оцінки параметрів апостерірного розподілу, який трактується як уточнена оцінка ймовірності за отримання додаткової інформації про апріорний розподіл.

10. Allenby, G. M., Rossi, P. E. and McCulloch, R. E. (2005) *Hierarchical Bayes Models: A Practitioners Guide.*

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.655541>

Дякую за увагу!