

# Основи системного аналізу

## Метод морфологічного аналізу

Савченко Ілля Олександрович  
ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

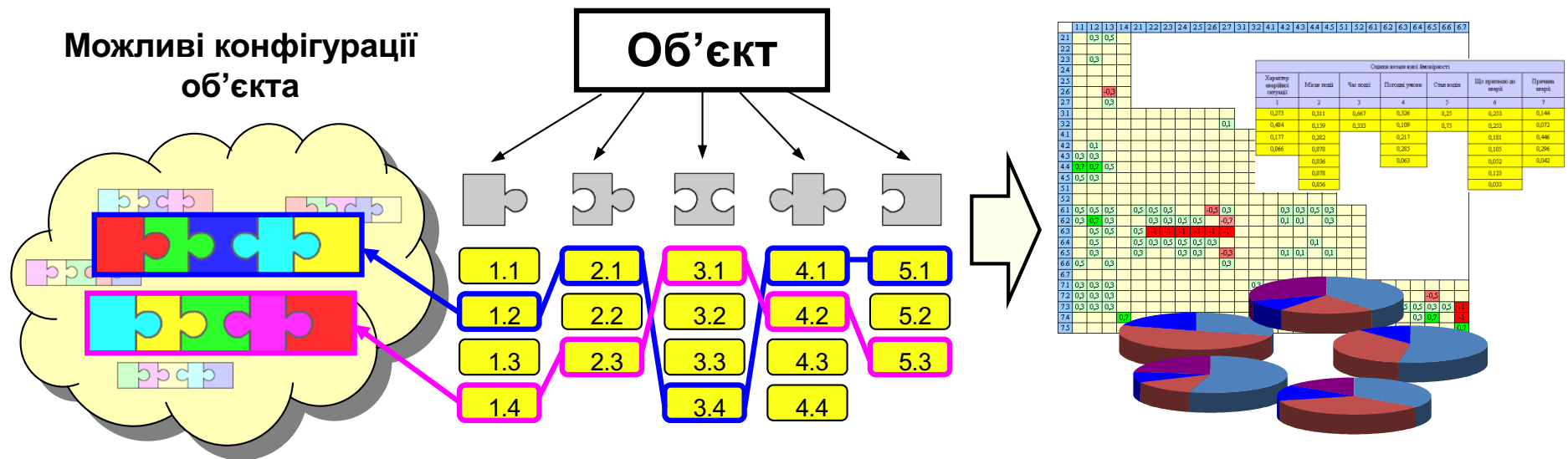
# Ідея морфологічного підходу

Знаходження найбільшої кількості, а гранично й всіх можливих конфігурацій поставленої проблеми шляхом комбінування основних структурних елементів систем або ознак рішень.

Це дає змогу:

- обрати найбільш доцільну з них;
- оперувати з їх сукупністю, як з єдиним цілим.

# Ідея морфологічного підходу

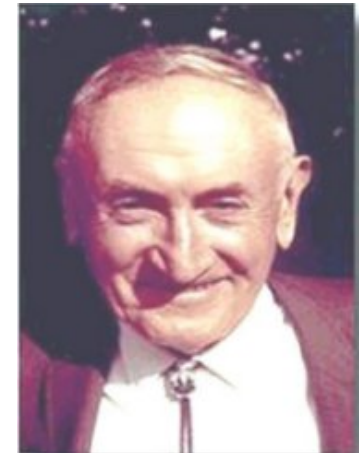


# Історія методу

- кільця Раймунда Лулія (1235–1315 р.);



- Ф.Цвіккі (1898–1974 р.), метод презентовано в 1969 р.;



- Одрін “Метод морфологического анализа технических систем” та ін.;
- Шведське морфологічне товариство ([www.swemorph.com](http://www.swemorph.com))

# Метод морфологічної скрині

I етап (аналіз): морфологічна класифікація множини об'єктів

- багатоаспектність (багатократне класифікування однієї морфологічної множини по різних характеристиках);
- продуктивність (класифікування охоплює не тільки відомі, але й гіпотетичні системи, що належать даній множині).

II етап (синтез): оцінювання описів різних об'єктів класу, що досліджується, і вибір тих, які в найбільшій мірі відповідають умовам задачі.

# Процедура морфологічного аналізу в загальному вигляді

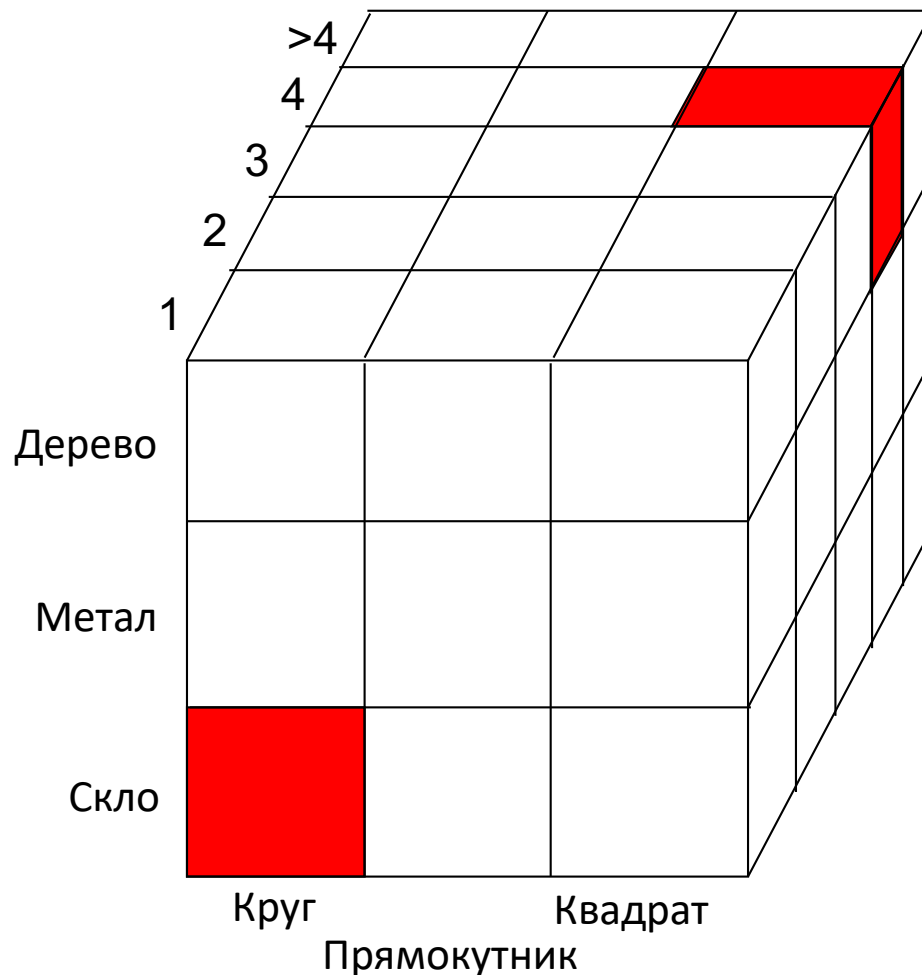
1. Точне формулювання проблеми, що виникла. Визначення параметрів (класифікаційних ознак)  $F_i$ , від яких залежить розв'язання проблеми.
2. Поділ параметрів на їх значення (побудова множини значень кожного з параметрів).

## Стіл:

$F_1$	$F_2$	$F_3$
Матеріал поверхні	Форма поверхні	Кількість ніжок
$[a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, a_3^{(1)}]$	$[a_1^{(2)}, a_2^{(2)}, a_3^{(2)}]$	$[a_1^{(3)}, a_2^{(3)}, a_3^{(3)}, a_4^{(3)}, a_5^{(3)}]$
[дерево, метал, скло]	[квадрат, прямокутник, круг]	[одна, дві, три, чотири, більше чотирьох]

# Процедура морфологічного аналізу в загальному вигляді

## 3. Побудова морфологічної скрині (морфологічної таблиці).



F <sub>1</sub> Матеріал	F <sub>2</sub> Форма	F <sub>3</sub> К-ть ніжок
Дерево	Круг	1
Метал	Прямокутник	2
Скло	Квадрат	3
		4
		>4

# Процедура морфологічного аналізу в загальному вигляді

4. Зменшення кількості варіантів.

- матриця взаємозв'язків.

5. Оцінювання і вибір з морфологічної скрині  
найкращого варіанту (варіантів).



# Застосування морфологічного аналізу

Пошук принципово нових або удосконалення конкретних соціально-економічних, організаційних, технічних або інших складних систем

- проведення функціонально-елементного аналізу системи;
- класифікаційні ознаки  $F_i$  – функції або узагальнені функціональні підсистеми;
- значення класифікаційних ознак – альтернативи  $a_j^{(i)}$ , які реалізують відповідні функції.

$F_1$	$F_2$	...	$F_N$
$a_1^{(1)}$	$a_1^{(2)}$	...	$a_1^{(N)}$
$a_2^{(1)}$	$a_2^{(2)}$	...	$a_2^{(N)}$
...	...	...	...
$a_{n1}^{(1)}$	$a_{n2}^{(2)}$	...	$a_{nN}^{(N)}$

# Застосування морфологічного аналізу:

Транспортний засіб для пересування по снігу

Визначення характеристичних параметрів і їх альтернатив:

$F_1$ : Двигун {внутрішнього згоряння; електродвигун; реактивний двигун}.

$F_2$ : Рушій {лижі; гусеничний механізм; колеса; снігомет; крокуючий пристрій}.

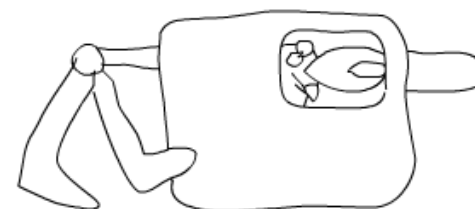
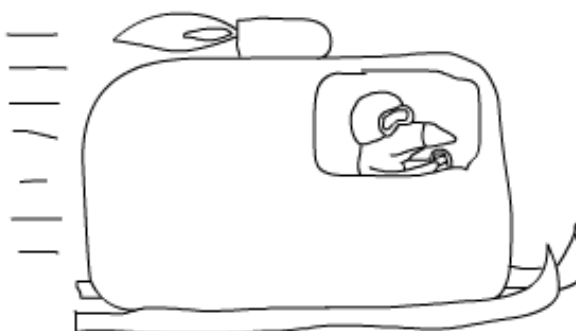
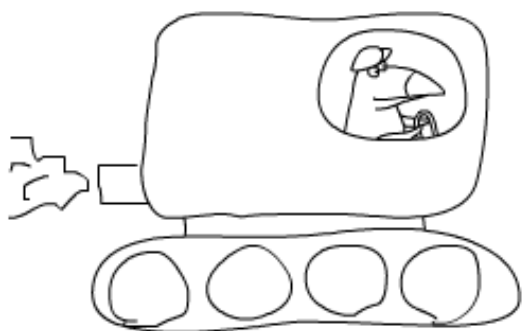
$F_3$ : Розташування кабіни {над рушієм; на снігу посередині; на снігу перед рушієм; на снігу поза рушієм}.

$F_4$ : Розташування двигуна {попереду; позаду; зверху; знизу}.

# Застосування морфологічного аналізу:

Транспортний засіб для пересування по снігу

F <sub>1</sub> Двигун	F <sub>2</sub> Рушій	F <sub>3</sub> Кабіна	F <sub>4</sub> Місце двигуна
Внутр. згоряння	Лижі	Над рушієм	Попереду
Електро- двигун	Гусеничний механізм	Посередині	Позаду
Реактивний	Колеса	Попереду	Знизу
	Снігомет	Позаду	Зверху
	Крокуючий пристрій		



# Морфологічна класифікація

Основне призначення продукту морфологічної класифікації, морфологічної таблиці – бути допоміжним інструментом пошуку рішень задачі, тобто **полем усіх можливих її рішень**, на якому здійснюється відбір найбільш перспективних, принципово нових рішень, що відрізняються від прототипу і інших відомих систем за деякими показниками.

Таким чином, морфологічна таблиця як опис усіх мислимих рішень задачі, усіх систем розглядуваного класу містить множину нових рішень, з числа яких у процесі морфологічного синтезу обирається шукане рішення.

# Методи морфологічного синтезу

## Методи пошуку (цілісний розгляд системи)

- Методи фільтрації морфологічної множини
- Методи зондування морфологічної множини
- Методи удосконалення прототипу

## Методи конструювання (декомпозиційні методи)

- Оцінювання ознак
- Деревовидне конструювання
- Лабіринтне конструювання
- Блочно-лабіринтне конструювання

# Морфологічні методи пошуку

## Методи фільтрації

- Звуження морфологічної множини за рахунок фільтрування нежиттєздатних і нераціональних варіантів
- Перебір залишку

## Методи зондування

- Зондування морфологічної множини з розгляданням лише частини варіантів

## Методи удосконалення прототипу

- Рух від існуючого прототипу з поступовим удосконаленням властивостей

Методи можна суміщати.

# Морфологічні методи конструювання

- Одним із способів є незалежне оцінювання значень класифікаційних ознак.
- Кожне зі значень класифікаційних ознак оцінюється за одним або декількома критеріями, і вважається, що комбінування різних ознак ніяк не впливає на значення цих критеріїв, тобто ознаки не є взаємопов'язаними.
- Варіант рішення можна обрати шляхом розв'язання оптимізаційної задачі у випадку одного критерію або задачі пошуку компромісу у випадку декількох критеріїв.

# Деревовидне конструювання

- Обирається пара параметрів і шукається найкраща комбінація їх значень (перебір або експертним шляхом)
- Додається до розгляду третій параметр і обирається найкраще його значення в умовах попереднього вибору значень перших двох параметрів
- Процес повторюється для всіх параметрів, що залишились



# Лабіринтне конструювання

- За основу взято деревовидне конструювання
- На кожному кроці, окрім найкращого значення параметра обираються також декілька резервних значень. Якщо на наступному кроці комбінація найкращого варіанту з усіма значеннями наступного параметра не задовольняє дослідника, виконується повернення до попереднього етапу і вибір одного з резервних варіантів, після чого нова комбінація оцінюється зі значеннями параметра наступного етапу.
- Таке повернення до попереднього етапу може здійснюватись багатократно, в тому числі на декілька кроків назад.

# Блочно-лабіринтне конструювання

- Цей метод використовується для морфологічних таблиць, що відповідають складним системам із великою кількістю функціональних підсистем.
- Конструювання виконується спочатку для функціональних підсистем окремо, потім для поєднання (стиковки) обраних варіантів підсистем між собою.
- Починати блочно-лабіринтне конструювання варто із головних підсистем, що безпосередньо відповідають за мету функціонування шуканої системи.

# Приклад

- Необхідно розробити книжну шафу із можливістю електронного запам'ятовування і зберігання переліку книг, що в ній містяться. Також необхідно забезпечити пошук книг за цим переліком.
- Із постановки задачі можна виділити дві основні функціональні підсистеми: фізичне зберігання книг (власне шафа) і електронне управління переліком книг.
- В управлінні переліком книг можна виділити функції введення інформації, збереження інформації, відображення інформації, пошуку інформації, живлення електронної системи.

# Приклад

Переведемо функції в класифікаційні ознаки:

- введення інформації.  $F_1$ : система вводу = {не потребується; мінімум клавіш; повноцінна клавіатура; сенсорне введення}
- збереження інформації.  $F_2$ : пам'ять = {енергозалежна; флеш-пам'ять; жорсткий диск; на зовнішньому комп'ютері};  $F_3$ : зв'язок із зовнішнім комп'ютером = {не потребується; дрiт; Bluetooth; Wi-Fi}
- відображення інформації.  $F_4$ : дисплей = {не потребується; простий рідкокристалічний; монохромний піксельний РКД; кольоровий піксельний РКД; електронні чорнила}
- пошук інформації.  $F_5$ : результати пошуку = {наявність; номер полиці; підсвічування полиці}
- забезпечення живлення електронної системи.  $F_6$ : живлення = {не потребується; мережа; акумулятор; батарейки}.

# Приклад

Решта класифікаційних ознак стосуються фізичних характеристик шафи.

- $F_7$ : організація простору збереження = {великі секції з полицями; маленькі секції}
- $F_8$ : тип дверцят = {прозорі; непрозорі}.

# Приклад

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

# Приклад: деревовидне конструювання

Найважливішою функцією розроблюваного пристрою є взаємодія з користувачем, тому оберемо такі параметри, як  $F_1$ : система вводу, і  $F_5$ : результати пошуку.

Значення «не потребується» класифікаційної ознаки «система вводу» означає, що введення інформації для пошуку відбувається за допомогою деякого зовнішнього пристрою. Комбінації із цим значенням розглядати не будемо.

# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

Також відзначимо комбінації «Введення: мінімум, пошук: наявність», «Введення: клавіатура, пошук: підсвічування» і «Введення: сенсорне, пошук: номер полиці» як резервні.



# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				

# Приклад: деревовидне конструювання

Класифікаційні ознаки							
Електронна система управління переліком книг						Шафа	
Введення	Пам'ять	Зв'язок	Дисплей	Пошук	Живлення	Простір	Дверцята
Немає	Енергозалежна	Немає	Немає	Наявність	Немає	Великі секції	Прозорі
Мінімум	Флеш	Дріт	Простий РКД	Номер полиці	Мережа	Малі секції	Непрозорі
Клавіатура	Диск	Blue-tooth	Монохром. РКД	Підсвічування	Акумулятор		
Сенсорне	Зовнішня	Wi-Fi	Кольоровий РКД		Батарейки		
			E-Ink				