

$$e = mc^2$$

Лекція 2. Системні властивості. Класифікація систем

Модуль 1. Загальна теорія систем

Київ - 2020

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$e = mc^2$$

Зміст

Вступ

1. Властивості систем.
2. Класифікація систем.
3. Складні системи та їх характеристика.

Висновки

Рекомендована література

1. Сурмин Ю.П. **Теория систем и системный анализ**: Учеб. пособие. — К.: МАУП, 2003. с. 76 – 100.
2. Волкова В.Н. **Теория систем**: Учеб. Пособие / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — М.: Высш. шк., 2006. с. 45 – 73.

$$e = mc^2$$

Природні і штучні системи мають ряд **властивостей**, які дозволяють виділити їх серед множини інших об'єктів, що оточують людину. Найважливішими з них є **цілісність** і **емерджентність**.

Знання властивостей систем дозволяє провести їх **класифікацію**, яка потрібна як для проведення аналізу вже існуючих систем, так і створення (проекування) нових, таких, що мають задані характеристики.

Серед множини систем виділяється клас **складних людино-машинних систем**. До подібних систем відносяться і **комплексні системи захисту інформації**.

Мета лекції – вивчення основних свойст систем, підходів до їх класифікації і характеристик складних систем.

$$E = mc^2$$

$$F = ma$$

1. Властивості систем

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Стан системи – сукупність істотних властивостей, які система має в кожен момент часу.

Властивість – сторона системи, яка обумовлює її відмінність від інших систем або схожість з ними і така, що проявляється при взаємодії з іншими системами.

Характеристика – те, що відображає деяку властивість системи.

$$E = mc^2$$

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Властивості систем

Цілісність

Емерджентність

Організованість

Функціональність

Структурність

Ієрархічність

Наявність поведінки

Розвиток

Стійкість

Надійність

Живучість

Адаптуємість

Обмеженість

Взаємодія з середовищем

Множинність описів

1. Цілісність системи означає, що *кожен елемент системи вносить вклад до реалізації цільової функції системи*. Властивості і стосунки елемента в системі залежать від його місця, функцій і так далі усередині цілого. Цілісність проявляється в тому, що система має власну закономірність функціонування, власну мету.

2. Емерджентність (анг. *emerge* — виникати, з'являтися):

- ❖ *міра несводимості властивостей системи до властивостей елементів, з яких вона складається;*
- ❖ *властивість систем, обумовлююча появу нових властивостей і якостей, які не властиві елементам, що входять до складу системи.*

Цілісність і емерджентність – це *інтеграційні властивості системи*.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

3. Організованість – властивість систем, яка полягає в наявності структури і функціонування (поведінки). Неодмінною приналежністю систем є їх компоненти – ті структурні утворення, з яких складається ціле і без чого воно неможливе.

4. Функціональність — прояв певних властивостей (функцій) при взаємодії із зовнішнім середовищем. Тут визначається мета (призначення системи) як бажаний кінцевий результат.

5. Структурність — це впорядкованість системи, певний набір і розташування елементів із зв'язками між ними.

Між функцією і структурою системи існує взаємозв'язок: зміна змісту (функцій) спричиняє зміну форми (структури) і навпаки.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

6. Ієрархічність — властивість *підлеглості елементів* в *структурі системи*. Кожен компонент системи може розглядатися як система (*підсистема*); сама система також може розглядатися як елемент деякої *надсистеми*.

7. Наявність поведінки — *цілеспрямована зміна стану системи в часі*. Поведінка системи пов'язана з середовищем, тобто з іншими системами з якими вона входить в контакт або вступає в певні взаємини. Поведінка реалізується виключно самою системою, виходячи з власних цілей.

8. Розвиток — *безповоротна, спрямована, закономірна зміна матерії і свідомості*. В результаті виникає нова якість або стан системи.

9. Стійкість — *здатність системи протистояти зовнішнім обурюючим діям*. Від неї залежить тривалість життя системи.

$$e = mc^2$$

Форми стійкості системи

Пасивні (прості системи)

Міцність

Збалансованість

Регульованість

Гомеостаз

Активні (складні системи)

Надійність

Живучість

Адаптуємість

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$F = ma$$

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

10. Надійність — властивість збереження структури і функціональності системи, незважаючи на загибель окремих її елементів за допомогою їх заміни або дублювання.

11. Живучість — властивість системи, яка проявляється як активне пригнічення шкідливих якостей.

12. Адаптуємість — властивість змінювати поведінку або структуру з метою збереження, поліпшення або придбання нових якостей в умовах зміни зовнішнього середовища. Обов'язковою умовою можливості адаптації є наявність зворотних зв'язків.

13. Обмеженість — система відокремлена від зовнішнього середовища межами.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mc^2$$

14. Взаємодія з середовищем — система *формує і проявляє свої властивості в процесі взаємодії з середовищем.*

Аспекти взаємодії системи з середовищем

У багатьох випадках приймає характер обміну між системою і середовищем (речовиною, енергією, інформацією)

Середовище зазвичай є джерелом невизначеності для систем

Вплив середовища може бути *пасивним (байдужим)* або *активним* (антогонистичним, цілеспрямовано протидіючим системі).

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

15. Множинність описів – унаслідок складності пізнання система вимагає множинності її описів.

Види опису систем

Морфологічний
опис

Функціональний
опис

Інформаційний
опис

Кібернетичний
опис

Теоретико-
множинний опис

$$E = mc^2$$

2. Класифікація систем

$$F = ma$$

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mc^2$$

Класифікація – це розбиття об'єктів на класи за найбільш суттєвими ознаками.

Клас – сукупність об'єктів, які мають деякі ознаки спільності.

Ознака (сукупність ознак) є основою (критерієм) класифікації.

Причини невирішеності завдання класифікації систем в науці

Конкретних різновидів систем так багато, що створюється відчуття їх повного збігу з усіма типами наявних об'єктів

Абстрактність розуміння самої системи

Досі не вироблені загальні параметри, які характеризують систему

Призначення класифікації

- опис властивостей класів і підкласів, видів і підвидів систем, що дозволяє використовувати її для ідентифікації конкретних систем, з якими стикаються люди в тих або інших областях діяльності.

Вимоги до наукової класифікації

Обґрунтованість її підстав, які повинні отримати концептуальне обґрунтування

Повинна допомогти передбачити появу або відкриття принципово нових систем

$$e = mc^2$$

Принципи класифікації

Предметний - виділення основних видів конкретних систем, існуючих в природі і суспільстві, з урахуванням виду об'єкту (технічні, біологічні, економічні і тому подібне), що відображується, або з урахуванням виду наукового напрямку, використовуваного для моделювання (математичні, фізичні, хімічні та ін.)

Категоріальний - розподіл систем за загальними характеристиками, властивими будь-яким системам незалежно від їх матеріального втілення

Предметна класифікація С.Біра

$$E = mc^2$$

Системи	Прості (складаються з невеликого числа елементів)	Складні (розгалужені, але такі, що піддаються опису)	Дуже складні (не піддаються точному і детальному опису)
Детерміновані.	Віконна засувка Проект механічних майстерень	Комп'ютер Автоматизація	
Імовірнісні.	Підкидання монети Рух медузи Статистичний контроль якості продукції	Зберігання запасів Умовні рефлекси Прибуток промислового підприємства	Економіка Мозок Фірма

Категоріальні характеристики

$$e = mc^2$$

**Різноманітність
компонент**

- монокомпонентні
- полікомпонентні

Стан системи

- статичні
- динамічні

Відкритість системи

- відкриті
- закриті (замкнуті)

Поведінка системи

- детерміновані
- імовірнісні

Походження системи

- штучні
- природні
- змішані

Ступень організованості

- добре організовані
- погано організовані
- що розвиваються

Складність системи

- прості
- складні

Логіко-теоретична класифікація

Ознаки (підстави) ділення логічно виводяться з визначення системи.

Наприклад, А.І.Уємов на основі його визначення системи: **«Множина об'єктів, на якій реалізується відношення із заздальгідь заданими властивостями»** будує класифікації систем на основі **«типів речей»** (елементів, з яких складається система), **«властивостей»** і **«стосунків»**, що характеризують системи різного виду.

В.М.Сагатовський пропонує комбінований принцип класифікації систем: **усі системи діляться на різні типи залежно від характеру їх основних компонентів**. При цьому кожен з вказаних компонентів **оцінюється з точки зору певного набору категоріальних характеристик**. В результаті з отриманої класифікації виділяються ті типи

$$e = mc^2$$

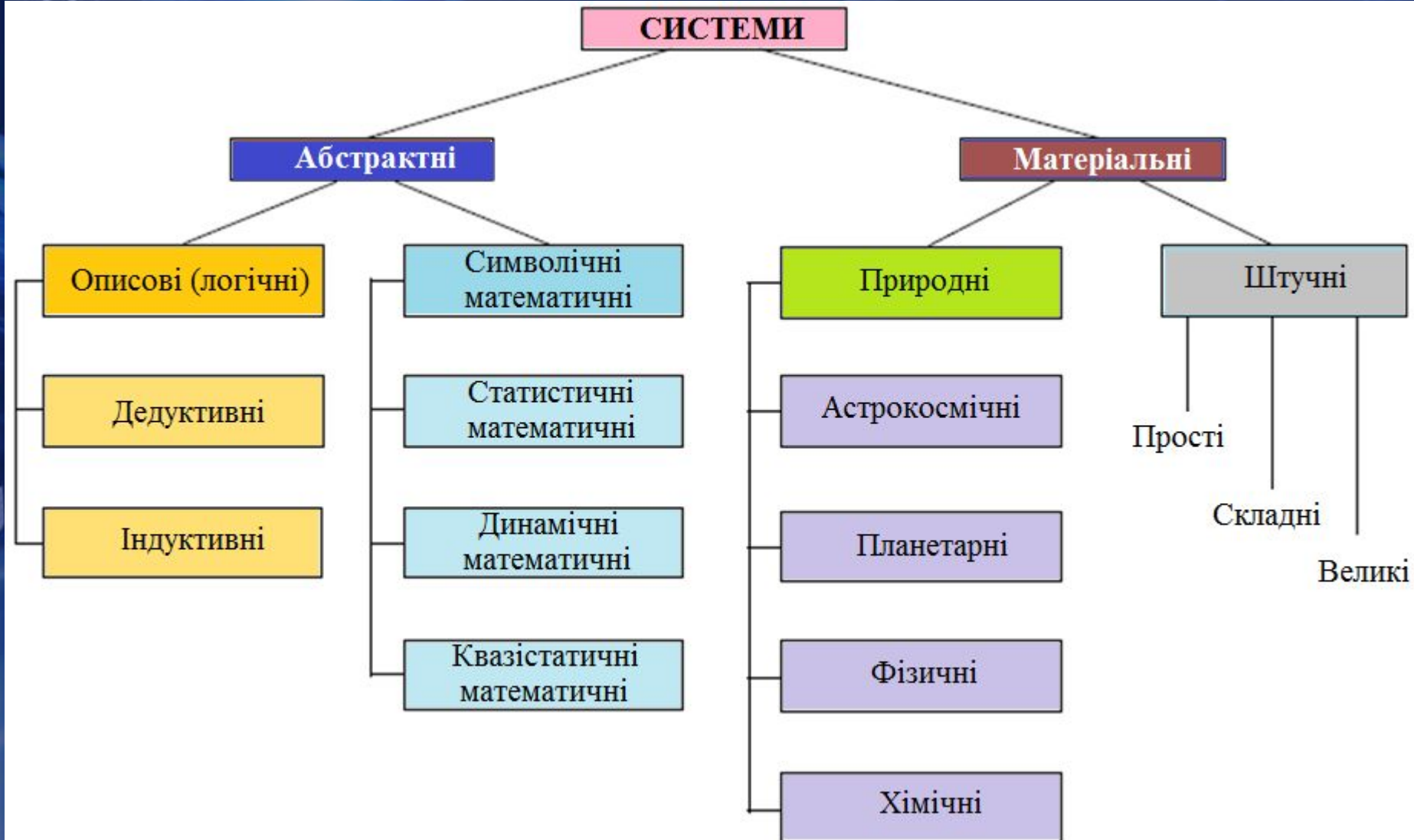
Класифікація систем В.М.Сагатовського

Категоріальні характеристики	Властивості	Елементи	Стосунки
<i>Моно</i>			
<i>Полі</i>			
<i>Статичні</i>			
<i>Динамічні</i>			
<i>Відкриті</i>			
<i>Закриті</i>			
<i>Детерміновані</i>			
<i>Імовірнісні</i>			
<i>Прості</i>			
<i>Складні</i>			

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$e = mc^2$$

Класифікація систем С.О.Саркисяна



Сутнісна класифікація систем, запропонована Ю.П.Сурміним

Будь-яка система характеризується основними параметрами:

Субстанція –
сутнісна
властивість
предмета як
цілісності, основа
і центр усіх його
змін

Побудова –
наявність в
системі
елементів,
зв'язків і
організації

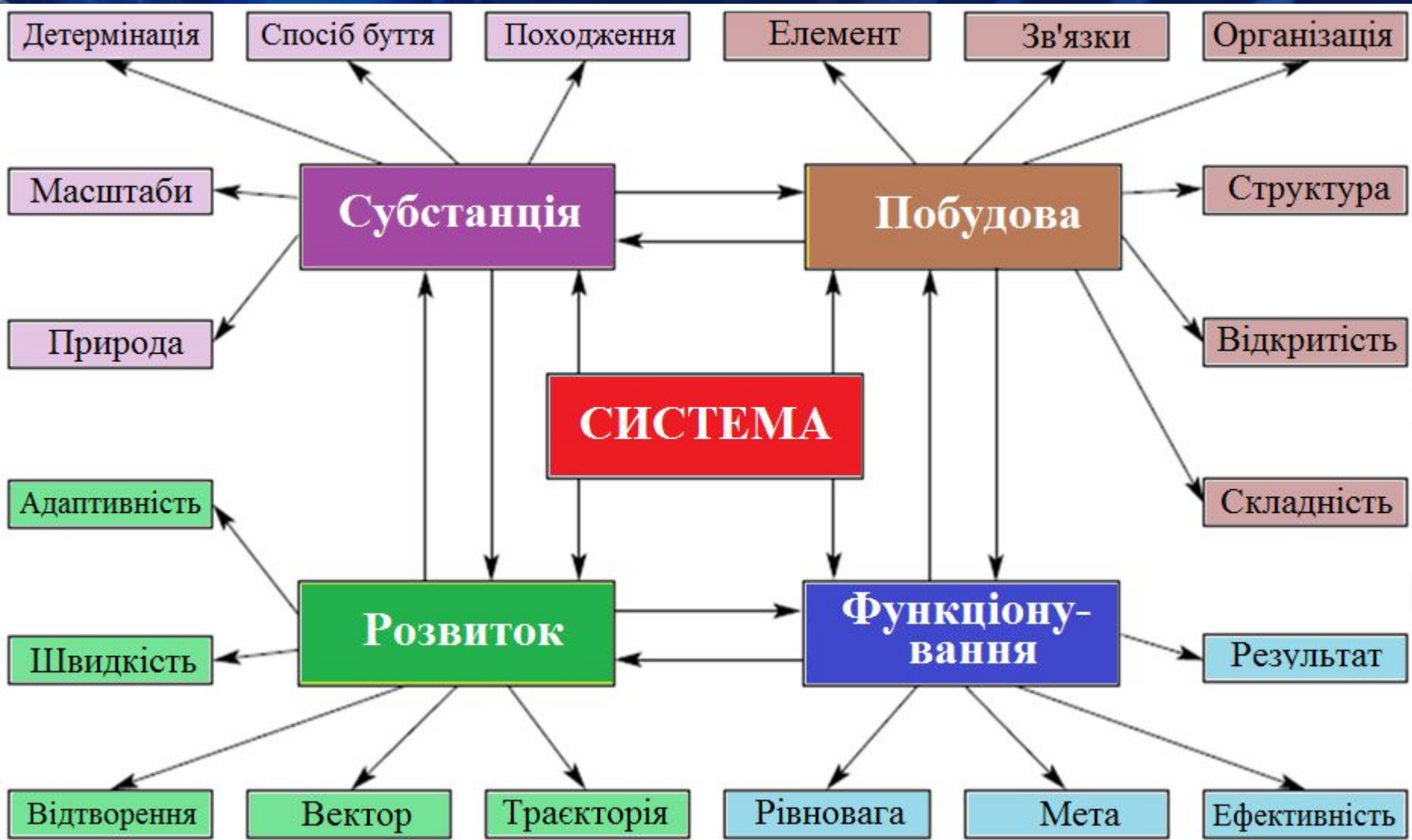
Функціонування
– процес
реалізації
системою своїх
функцій

Розвиток –
процес якісних
змін системи

Тоді **система** – це **структурно-функціональна субстанціональна цілісність, яка розвивається**

$$E = mc^2$$

Інтерпретація основних складових системи



Класифікація систем (субстанціональний рівень)

Основа класифікації	Система	
	Вид	Характеристика
<i>Природа системи</i>	Фізична	Сукупність фізичних елементів, інтегрованих на фізичних законах (потяг, міст, космічні об'єкти)
	Технічна	Сукупність деталей, технічних пристрій (верстат, конвеєр, літак)
	Кібернетична	Множина взаємозв'язаних елементів, здатних сприймати, запам'ятовувати і переробляти інформацію, а також обмінюватися інформацією (автопілот, регулювальник температури в холодильнику, ЕОМ, людський мозок, живий організм, біологічна популяція, людське суспільство)
	Хімічна	Множина елементів, взаємозв'язаних хімічними зв'язками (молекула, хімічна сполука)
	Біологічна	Організми або їх співтовариства (рослина, тварина)
	Соціальна	Суспільство або деяка його складова, які розвиваються як ціле (держава, економіка, законодавство)
	Інтелектуальна	Знання, способи пізнання і мислення (методи наукового пізнання, математика)

<i>Спосіб існування системи</i>	Абстрактна	Єдність деяких символів або знаків (теорія, система числення)
	Матеріальна	Сукупність матеріальних явищ (місто, гірська система)
<i>Характер детермінації</i>	Стохастична	Поведінка носить імовірнісний характер (ціноутворення, гра)
	Детермінована	Поведінка зумовлена (падіння предметів)
<i>Походження системи</i>	Природна	Виникає і розвивається природно, без втручання людини
	Штучна	Виникає і розвивається завдяки людині
	Природно-штучна	Виникає і розвивається природно і шляхом
<i>Масштаб</i>	Мікромасштабна	Відносно невелике утворення (мала або контактна група, віруси)
	Макромасштабна	Значне за розміром утворення
	Метасистема	Надвелике утворення (суспільство, планета)
	Мегасистема	Нескінченне за розміром утворення (Всесвіт)

Класифікація систем (рівень побудови системи)

Основа класифікації	Система	
	Вид	Характеристика
<i>Кількість елементів</i>	Одноклітинна	Складається з одного елементу (Земля, клітина)
	Бінарна	Складається з двох елементів (Земля - місяць)
	Багатоелементна	Складається з багатьох елементів (план міста)
<i>Ступінь відкритості</i>	Відкрита	Відкрита для дії зовнішнього середовища (демократичне суспільство)
	Закрита	Закрита для дії зовнішнього середовища (тоталітарне суспільство)
<i>Характер взаємодії елементів</i>	Координаційна	Елементи відрізняються рівноправ'ям (дружба, відділи одного рівня в системі управління)
	Ієрархічна	Елементи підпорядковані (система управління)
	Координаційно-ієрархічна	Об'єднує рівноправні і нерівноправні елементи (суспільство)
<i>Наявність інформації про будову системи</i>	Чорний ящик	З невідомою побудовою
	Сірий ящик	З наявністю деякої інформації про її будову
	Білий ящик	З відомою будовою

<i>Ступінь організованості</i>	Недостатньо організована система або хаос-система	Перехідна економіка, реорганізоване підприємство, криза
	Сумативна	Нерозвинена взаємодія між елементами (імперія Олександра Македонського)
	Організована	Виражені організаційними структурами (уряд, підприємство)
	Заорганізована	Однозначно зумовлена поведінка елементів (армія, в'язниця)
<i>Ступінь складності системи</i>	Проста	Складається з невеликого числа елементів і зв'язків між ними (телефонний абонент)
	Складна	Включає велике число простих систем (телефонна станція)
<i>Тип структури</i>	Лінійна	Лінійна структура взаємозв'язку елементів (ланцюг, ділянка метро)
	Стільникова	Розгалужені зв'язки, множина шляхів проходження інформації (зв'язок)
	Ієрархічна	Супідрядність елементів (влада)
	Змішана	Наявність усіх типів структури (підприємство)

Класифікація систем (рівень функціонування системи)

$$E = mc^2$$

Основа класифікації	Система	
	Вид	Характеристика
<i>Характер відтворення</i>	Відтворна докільцям	Наслідки будь-яких дій
	Відтворююча собі подібних	Тварини, рослини
<i>Кількість функцій</i>	Моно-функціональна	Реалізація однієї функції (контроль)
	Полі-функціональна	Реалізація одночасно декількох функцій (система управління)
<i>Характер розміщення</i>	Площинна	Розміщена в площині (земельна ділянка)
	Тривимірно-просторова	Міське середовище
	Багатовимірна	Соціальна технологія

<i>Рівновага</i>	Рівноважна	Збереження рівноваги (ринок)
	Нерівноважна	Порушення рівноваги (конфлікт)
<i>Мета</i>	Одноцільова	Орієнтована на досягнення однієї мети (кар'єра, система обслуговування)
	Багатоцільова	Спрямована на досягнення декількох цілей (людина, багатопрофільна фірма)
<i>Ефективність</i>	Неефективна	Відрізняється низькою ефективністю (вантаження не підготовленими людьми)
	Середній ефективності	Властива виражена ефективність (вантажник)
	Ефективна	Зі значною ефективністю (автонавантажувач)
<i>Результат</i>	З нульовим результатом	Не має результату (пасивний працівник)
	Результативна	Відрізняється результативністю (активний працівник)
	З високим результатом	Високий синергетичний результат (роботоголик)

Класифікація систем (рівень розвитку системи)

Основа класифікації	Система	
	Вид	Характеристика
<i>Здатність пристосовуватися</i>	Адаптивна	Здатність пристосовуватися, не втрачаючи своєї ідентичності (успішні студенти першого курсу)
	Неадаптивна	Не має здатності пристосовуватися (неуспішні студенти першого курсу)
<i>Здатність до руху (швидкість)</i>	Статична	Статичні утворення, що не міняються (скеля)
	Динамічна	Характеризується змінністю (економіка найбільш розвинених країн)
<i>Вектор розвитку</i>	Висхідного розвитку	Зростання показників розвитку з тією або іншою швидкістю (економіка періоду підйому, політика з наростаючим рейтингом)
	Низхідна	Падіння показників розвитку з тією або іншою швидкістю (кризова економіка, політика з падаючою підтримкою електорату)
	Стабільна	Властиве збереження показників (системи стійкого розвитку)

<i>Здатність самовідтворення</i>	Неорганічна	Нездатність до самовідтворення (механічні, технічні системи)
	Органічна	Здатність до самовідтворення (організми)
<i>Етап розвитку</i>	Система-зародок	Знаходиться на стадії виникнення (зародки)
	Дитяча	На стадії становлення (дитина, нова держава)
	Молода	В процесі досягнення зрілості (молодь, молода держава)
	Зріла	Відповідає усім якостям зрілості (розвинена демократична держава)
	Кризова	В процесі падіння показників, руйнування і перебудови (кризова економіка)
	Перехідна	Переходить з одного стану в інше (українська економіка)
	Деградуєча	Домінування процесів погіршення показників і руйнування (економіка України початку 90-х років)
<i>Траєкторія розвитку</i>	Лінійна	Зростання показників розвитку з тією або іншою швидкістю (економіка періоду підйому)
	Нелінійна	Властиво падіння показників розвитку з тією або іншою швидкістю (кризова економіка)

$$E = mc^2$$

$$F = ma$$

3. Складні системи та їх характеристика

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$e = mc^2$$

Складна система – система, яка складається з елементів різних типів, має різнорідні зв'язки між ними, виконує множину функцій.

Складність розуміється як об'єктивне, так і суб'єктивне явище:

- **об'єктивна складність** властива системам незалежно від суб'єкта, що пізнає їх;
- **суб'єктивна складність** обумовлена характером сприйняття системи суб'єктом, залежить від недостатності знань і інтелекту.

Складні системи характеризуються тим, що вони

одночасно інтегрують в собі природні і

соціальні складові природні і штучні

Складні системи є системами з поганою організацією

- дифузні системи, системи, функції яких залежать від довкілля. Умови існування цих систем є непередбачуваними і ускладнюють їх життя

Складними є системи, які не можуть бути точно математично описані

- варіативні, стохастичні багаторівневі системи. Для математичного моделювання значного числа цих систем немає інструментарію

Підходи до розуміння складних систем

Складними вважаються системи цілеспрямованої поведінки

– соціальні системи. Складні системи співпадають з людиною, його соціальною організацією

Складними є системи, які не можуть бути точно математично описані

- варіативні, стохастичні багаторівневі системи. Для математичного моделювання значного числа цих систем немає інструментарію

Характеристики складних систем по М.П. Бусленко:

наявність великого числа взаємно пов'язаних і взаємодіючих між собою елементів

складність функцій, що виконуються системою, і напрямів на досягнення заданих цілей функціонування

можливість розбиття системи на підсистеми, цілі функціонування яких підпорядковані загальній меті системи

наявність управління (що часто має ієрархічну структуру), розгалуженої інформаційної мережі і інтенсивних потоків інформації

наявність взаємодії із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах випадкових чинників

Як порахувати складність системи?

Складність складу

$$\text{Скл}_{\text{Скл}} = S + P + D + G$$

S – *субстратна складність* складається із складності компонентів, підсистем і рівнів організації;

P – *параметрична складність* включає складність субстратних властивостей, інтегральних властивостей і складність зв'язків і стосунків;

D – *динамічна складність* інтегрує в собі складність станів, стадій, фаз і перехідних процесів;

G – *генетична (еволюційна)*

Складність організації

$$\text{Скл}_{\text{Орг}} = M + Z$$

M - *різноманіття зв'язків і стосунків* сполучає в собі рівні організації, підсистеми усередині рівнів, компоненти;

Z - *різноманіття законів* припускає закони функціонування і розвитку.

$$e = mc^2$$

Складність системи є **єдністю** складності складу, структури, функцій, організації, рівня і життєвого шляху системи. Причому складність може знаходити велику різноманітність завдяки поєднанню цих параметрів



- ◆ **Складність складу:** кількість усіх деталей системи.
- ◆ **Складність структури:** кількість підструктур.
- ◆ **Складність організації:** складність усіх аспектів організації;
- ◆ **Складність функцій:** кількість функцій, які реалізуються.
- ◆ **Складність рівня:** кількість ієрархічних рівнів.
- ◆ **Складність життєвого шляху:** неоднозначність і різноманіття

$$e = mc^2$$

• До складних систем відносять:

• Динамічні системи

- - допускають різні зміни, розвиток, виникнення нових і відмирання старих частин і зв'язків між ними. Динаміка системи складається з двох складових: зовнішнього руху системи і внутрішнього розвитку

• Нелінійні системи

- - відрізняються багатоваріантністю, різноманіттям, нелінійним швидким зростанням, нелінійною функцією системи. Визначаються стохастичністю, вірогідністю поведінки. Зміни в часі неможливо передбачити

• Людино-машинні системи

- У цих системах виникає значне число проблем: можливість виникнення техногенних аварій і катастроф; негативні дії на організм людини і довкілля; необхідність професійного навчання людей та ін.

• Інформаційно-телекомунікаційна система

- - організаційно-технічна система, в якій реалізується як технології збору, зберігання, обробки інформації, так і технології обміну інформацією з використанням технічних і програмних засобів

Закон необходимости різноманітності (закон Ешбі)

При создании системы, решающей проблему, необходимо, чтобы эта **система имела большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы**, или была способна создать такое разнообразие, т.е. **система должна обладать возможностью изменять своё состояние в ответ на возможное возмущение; разнообразие возмущений требует соответствующего ему разнообразия возможных состояний**. В противном случае такая система не сможет отвечать задачам

$$e = mc^2$$

Закон необхідності різноманітності (закон Ешбі)

- При створенні системи, що вирішує проблему, необхідно, щоб ця **система мала більшу різноманітність, чим різноманітність вирішуваної проблеми, або була здатна створити таку різноманітність.**
- Це означає, що **система повинна мати можливість змінювати свій стан у відповідь на можливе обурення** (різноманітність обурень вимагає відповідної йому різноманітності можливих станів). Інакше така система не зможе відповідати завданням управління, що висуваються зовнішнім середовищем, і буде малоефективною.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mc^2$$

$$F = ma$$

Висновки

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

1. Головною властивістю системи є цілісність, яка проявляється в тому, що система має власну закономірність функціональності, власну мету.
2. Класифікація систем – це розбиття їх на класи за найбільш суттєвими ознаками. Класифікація систем здійснюється за предметним або категоріальним принципами.
3. Сутнісна класифікація систем використовує наступні параметри: субстанція, побудова, функціонування і розвиток.
4. Складна система – це система, яка складається з елементів різних типів, має різномірні зв'язки між ними, виконує множину функцій. Вона характеризується тим, що одночасно інтегрує в

$$e = mc^2$$

Питання для самоконтролю

1. Що таке властивість і характеристика системи?
2. Які властивості системи є інтеграційними і в чому їх сенс?
3. Що означають властивості системи: організованість, функціональність, структурність, ієрархічність?
4. Що означає стійкість системи? У яких формах вона проявляється?
5. Що означає властивість множинність описів системи?
6. Що таке класифікація? У чому полягають причини невирішеності проблеми класифікації систем в науці?
7. У чому полягає призначення класифікації і які вимоги пред'являються до неї?
8. У чому сенс предметного і категоріального принципів класифікації?

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mc^2$$

9. У чому ідея предметної класифікації систем, запропонована Біром?
10. Які категоріальні характеристики використовуються в класифікації систем?
11. У чому полягає ідея сутнісної класифікації систем, яка запропонована Сурміним?
12. Як класифікуються системи на рівні побудови?
13. Як класифікуються системи на рівні функціонування?
14. Що є складна система? Як розуміється складність системи?
15. Які існують підходи до розуміння складних систем?
16. Які характеристики мають складні системи і як можна оцінити складність системи кількісно?
17. У чому полягає сенс закону необхідної різноманітності?

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mc^2$$

Дякую за увагу!

$$F = ma$$

$$g \approx 9,8 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$