

**К.т.н., доцент Маслянюк П.П., магістрант Вознюк С.С.,  
магістрант Вознюк А.С.**

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

## **КЛАСИФІКАЦІЯ СИГНАЛІВ ТА РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ В НОТАЦІЇ UML**

### **Вступ**

Під інформаційно-комунікаційною системою аналізу даних (ІКСАД) ми розуміємо необхідну та достатню множину сутностей і зумовлених зв'язків між ними, що забезпечує досягнення мети інформатизації з аналізу даних за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій [1].

Однією із ключових сутностей ІКСАД є сигнал. У найбільш широкому формулюванні **сигнал** — це залежність однієї величини від інших [2]. Тобто, з математичної точки зору сигнал є функцією. У контексті систем аналізу даних під сигналом, зазвичай, мають на увазі **цифровий сигнал**. Зазначимо, що в [2] сутність «цифровий сигнал» визначається як сигнал дискретизований *за часом* та квантований за рівнем. Автори цієї роботи пропонують тут і у подальшому під сутністю «цифровий сигнал» розуміти сигнал дискретизований *за змінними, від яких він залежить*, та квантований за рівнем. Це означення більш загальне і включає у себе попереднє, у випадку, коли єдиною змінною є час.

Надалі під терміном «сигнал» ми матимемо на увазі саме цифровий сигнал. Слід розуміти, що сигнал містить не лише власне дані, але й дані про їх структуру та спосіб їх інтерпретації, тобто **метадані**.

Виходячи з цього актуальною є проблема формалізації сигналів.

### **Постановка задачі**

Мета цієї роботи — виділити критерії та провести класифікацію сигналів, на основі якої створити узагальнену модель сигналу в нотації UML (діаграма класів).

Забезпечити несуперечливість узагальненої моделі одній з основних парадигм розробки програмних систем — паттерну проектування «модель-представлення-контролер»

## Критерії класифікації сигналів

Як основні критерії класифікації сигналів було обрано **вимірність** та **кількість каналів** сигналу. Під **вимірністю сигналу** ми маємо на увазі кількість незалежних змінних, від яких залежить значення сигналу. Тут і надалі під сутністю «канал» ми розуміємо матеріальне середовище та спосіб забезпечення існування сигналу.

Результати класифікації сигналів, проведеної згідно з обраними критеріями, відображені у табл. 1.

Таблиця 1 — Класифікація сигналів за критеріями вимірності та кількості каналів.

Змінні		Кількість змінних, від яких залежить сигнал			
		1	2	...	$n$
Кількість каналів сигналу	1	$s = f(x)$	$s = f(x, y)$	...	$s = f(\vec{x}^{(n)})$
	2	$s_1 = f_1(x)$	$s_1 = f_1(x, y)$	...	$s_1 = f_1(\vec{x}^{(n)})$
		$s_2 = f_2(x)$	$s_2 = f_2(x, y)$		$s_2 = f_2(\vec{x}^{(n)})$
	...	...	...	...	...
$m$	$\vec{s}^{(m)} = \vec{f}^{(m)}(x)$	$\vec{s}^{(m)} = \vec{f}^{(m)}(x, y)$	...	$\vec{s}^{(m)} = \vec{f}^{(m)}(\vec{x}^{(n)})$	

У комірках табл. 1 наведено загальне представлення сигналу, що належить до відповідного класу. Так, наприклад,  $n$ -вимірний  $m$ -канальний сигнал у загальному випадку має вигляд:

$$\vec{s}^{(m)} = \vec{f}^{(m)}(\vec{x}^{(n)})$$

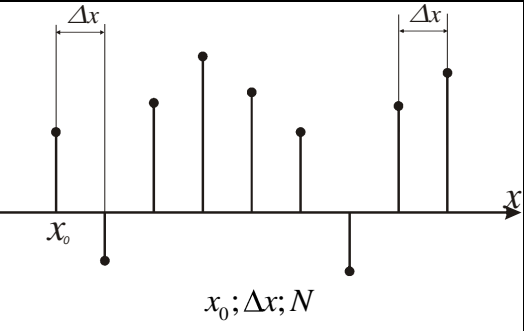
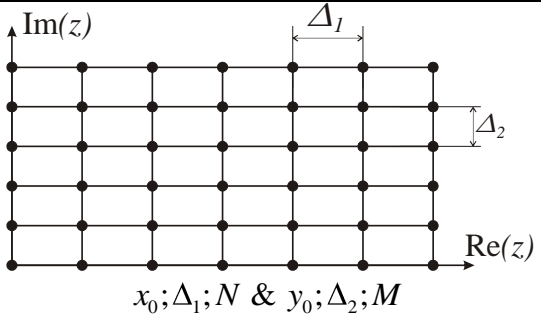
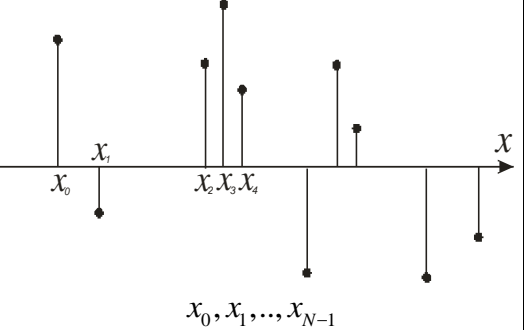
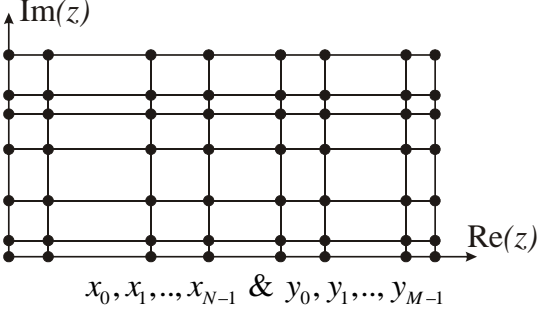
Кожній змінній, від якої залежить сигнал, відповідає множина її значень. Щоб задати сигнал, потрібно задати його значення на декартовому добутку множин значень його змінних. Змінні, від яких залежить сигнал, можна поділити за наступними критеріями:

1. **Тип змінної:** цілі, дійсні та комплексні змінні. Залежно від типу змінної множина її значень є одновимірною, тобто відрізком (у випадку цілих та дійсних змінних) чи двовимірною, тобто прямокутною областю (у випадку комплексних змінних). Тут, говорячи — відрізок чи прямокутна область, ми знову маємо на увазі цифрові еквіваленти відповідних понять неперервної математики.

2. **Однорідність множини значень змінної:** однорідна та неоднорідна. Строге означення поняття однорідності множини належить до сфери вивчення теоретичної математики.

Прикладне представлення класифікації змінних в контексті розробки ІКСАД зображене в табл. 2.

Таблиця 2 — Класифікація змінних згідно з типом змінної та однорідністю множини її значень.

Змінні		Тип змінної	
		Дійсна	Комплексна
Множина значень змінної	Однорідна	 <p><math>x_0; \Delta x; N</math></p>	 <p><math>x_0; \Delta_1; N \text{ \&amp; } y_0; \Delta_2; M</math></p>
	Неоднорідна	 <p><math>x_0, x_1, \dots, x_{N-1}</math></p>	 <p><math>x_0, x_1, \dots, x_{N-1} \text{ \&amp; } y_0, y_1, \dots, y_{M-1}</math></p>

### Модель цифрового сигналу

Узагальнена вербальна модель цифрового сигналу може бути представлена у вигляді наступної ієрархічної структури, яка відображає необхідні і достатні складові для формалізації будь-якого цифрового сигналу (рис. 1).

#### Сигнал

- Змінні
  - Змінна 0
    - Тип  $\{\text{Ціла, Дійсна, Комплексна}\}$
    - Одиниці вимірювання
    - Вісь (відрізок значень) 0
      - ◆ Тип  $\{\text{Однорідна, Неоднорідна}\}$
      - ◆ Множина значень
    - Вісь (відрізок значень) 1
  - Змінна 1

- ...
- Канали
  - Канал 0
    - Тип
    - Одиниці вимірювання
    - Дані
  - Канал 1
  - ...

Рис.1 — Узагальнена вербальна модель цифрового сигналу

За допомогою цієї моделі можуть бути формалізовані всі існуючі цифрові сигнали. Приклади відображені в табл. 3.

Таблиця 3 — Приклади вербальних моделей поширених сигналів.

<b>Монофонічний аудіосигнал тривалістю <math>1с</math> з частотою дискретизації <math>22 кГц</math></b>	<b>Кольорове зображення у розділенні <math>1024 \times 768</math> в кольоровому просторі RGB</b>
Одноканальний одновимірний дійсний сигнал дійсної змінної з однорідною віссю часу	Триканальний двовимірний сигнал двох дійсних змінних з однорідними осями
<p>Сигнал</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Змінні           <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Змінна <math>t</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Тип: <i>Дійсна</i></li> <li>○ Одиниця вимірювання: <math>1с</math></li> <li>○ Вісь <math>T</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Однорідна</i></li> <li>▪ Множина значень: <math>[0;1]</math> з кроком <math>1/22000с</math></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Канали           <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Канал Звук               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Дійсний</i></li> <li>▪ Дані</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p>Сигнал</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Змінні           <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Змінна <math>x</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Тип: <i>Дійсна</i></li> <li>○ Одиниця вимірювання: <math>1</math></li> <li>○ Вісь <math>X</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Однорідна</i></li> <li>▪ Множина значень: <math>0,1,..1023</math></li> </ul> </li> </ul> </li> <li>◆ Змінна <math>y</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Тип: <i>Дійсна</i></li> <li>○ Одиниця вимірювання: <math>1</math></li> <li>○ Вісь <math>Y</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Однорідна</i></li> <li>▪ Множина значень: <math>0,1,..767</math></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Канали           <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Канал RED               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Дійсний</i></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Дані</li> <li>◆ Канал GREEN <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Дійсний</i></li> <li>▪ Дані</li> </ul> </li> <li>◆ Канал BLUE <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Тип: <i>Дійсний</i></li> <li>▪ Дані</li> </ul> </li> </ul>
--	---

Формалізація цифрового сигналу на вербальному рівні доступна і зручна для простих випадків. У більш складних випадках необхідні більш складні методології, наприклад, об'єктно-орієнтована та засоби формалізації, наприклад, графічні мови моделювання, зокрема UML.

Адекватним представленням узагальненої вербальної моделі цифрового сигналу є діаграма класів у нотації UML [4] як основна складова розробленої узагальненої моделі цифрового сигналу (рис. 2).

Таким чином, модель ІКСАД, по суті, є множиною діаграм у нотації UML, необхідних і достатніх для статичного і динамічного представлення ІКСАД на всіх етапах її життєвого циклу [3]. Частиною компонентної моделі ІКСАД є компонент «сигнал».

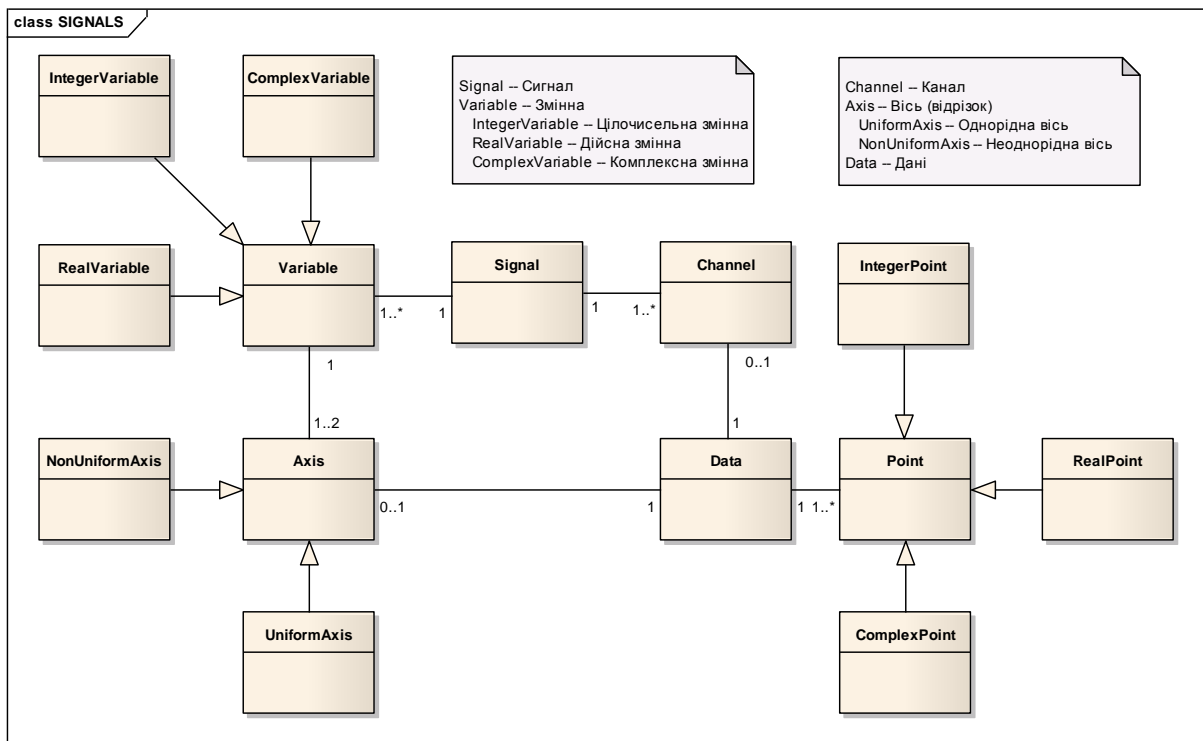


Рис. 2 — Узагальнена модель цифрового сигналу. Діаграма класів у нотації UML

## Висновки

Результатом дослідження є узагальнена модель сигналу в нотації UML. Модель дозволяє описувати сигнали усіх наведених у роботі класів. Модель призначена для формалізації цифрових сигналів та проектування алгоритмів аналізу та обробки.

Подальша робота ведеться у напрямку розробки специфікацій окремих класів, що присутні в моделі, та створення формату даних для збереження та передачі сигналів. Як основу для такого формату можна використати формат XML, що дозволяє описувати ієрархічні структури даних та ефективно організувати доступ до окремих її частин.

Модель сигналу відповідає моделі у контексті паттерну проектування MVC (Model-View-Controller, Модель-Представлення-Контролер) [5].

Цінність типового рішення MVC полягає в присутності двох типів відокремлення: відокремлення представлення від моделі та відокремлення контролера від представлення. Відокремлення представлення від моделі — один із основоположних принципів проектування програмних систем. Знехтувати ним можна лише у випадку проектування нескладних програмних продуктів, у яких модель взагалі не потребує динамічного представлення. Відокремлення контролера від представлення не грає такої важливої ролі, як попередній вид відокремлення [5].

Узагальнена модель цифрових сигналів дозволяє формалізувати їх на статичному, динамічному рівнях представлення та на рівні представлення процесів використання.

Відокремлення представлення від моделі цифрового сигналу відображає один із фундаментальних принципів створення ІКСАД.

## Література

1. П.П. Маслянюк А.С. Вознюк С.С. Вознюк Дослідження засобів та розробка компонентної моделі інформаційно-комунікаційної системи аналізу даних. // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». 2008, №5 – с. 47-56.
2. А. Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов — СПб.: издательство «Питер», 2002.
3. П.П. Маслянюк Системне проектування процесів інформатизації // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». 2008, №2 – с. 201-208.
4. Фаулер М., Скотт К. UML. Основы. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2002. – 192 с.
5. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 544 с.