

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ.ІГОРЯ**  
**СІКОРСЬКОГО»**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ**  
**ІНСТИТУТ**

**Лабораторна робота №4**

**«Система прийняття рішень на основі нечітких**  
**правил для моделювання експертних систем»**

Виконав:  
Студент 3 курсу  
Групи ФІ-21  
Голуб Михайло

Перевірив:  
Железняков. Д. О.

## ЗМІСТ

1.	ЗАВДАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ .....	3
2.	ХІД РОБОТИ .....	4
2.1.	Постановка задачі .....	4
2.2.	Опис симуляції середовища.....	4
2.2.1.	Симуляція рослин .....	4
2.2.2.	Симуляція саду рослин і ґрунту .....	4
2.3.	Реалізація симуляції погоди.....	5
2.4.	Визначення правил поливу .....	6
2.5.	Побудова fuzzifier.....	6
2.6.	Побудова inference engine .....	8
2.7.	Побудова defuzzifier.....	9
2.8.	Побудова системи поливу .....	9
2.8.1.	Система поливу що використовує виключно водогін .....	9
2.8.2.	Система поливу що використовує водогін і дощову воду .....	10
3.	ВИСНОВКИ.....	13

## 1. ЗАВДАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

- Ознайомитись з теоретичними відомостями до систем на основі нечітких правил
- Задача 1: на вибір. На додаткові бали можна запропонувати свою задачу замість однієї запропонованих варіантів.
  - Варіант 1: Вирішіть проблему контролера кондиціонера. Прикладом входних параметрів можуть бути “Температура”, “Вологість” та інше. Вихід: “Швидкість компресора”, “режим роботи”.
  - Варіант 2: Створіть керування пранням на основі нечіткої логіки. Кількість бруду в тканині, кількість білизни, якість води та інші параметри визначатимуть час, необхідний для прання (можна інші параметри).
  - Варіант 3: Створіть керування процесом приготуванням в мультиварці.
- Загальні вимоги:
  - Визначення функції приналежності.
  - Сформулюйте правила.
  - Отримання нечіткого рішення (для різних входних параметрів)
  - Для виконання завдання можливо використовувати сторонні бібліотеки
- Захистити роботу

## **2. ХІД РОБОТИ**

### **2.1. Постановка задачі**

Необхідно вирішити задачу автоматичного поливу рослин.

Щоденно програма для поливу отримує на вхід:

- Середньодобову температуру, вологість повітря і кількість опадів;
- Вологість ґрунту біля кожної рослини;
- Наявну кількість води, яку можна використати (якщо система знаходиться в пустелі, або використовує зібрану дощову воду).

Також, відомо:

- Комфортні і критичні значення вологості ґрунту для кожної з рослин;
- Оптимальний щоденний/щотижневий об'єм поливу для кожної з рослин для кожної пори року.

### **2.2. Опис симуляції середовища**

#### **2.2.1. Симуляція рослин**

Кожна рослина має параметр життєздатності. Якщо життєздатність падає до 0 – рослина помирає і перестає споживати воду.

Кожна рослина містить внутрішній запас води. Рослина витрачає певну кількість води в залежності від оптимального щоденного об'єму поливу, температури, вологості і власної маси.

Якщо запас води не повний – рослина намагається спожити воду з ґрунту. Максимальний об'єм спожитої води залежить від вологості ґрунту.

Якщо вологість ґрунту зависока – рослина починає втрачати життєздатність. Якщо внутрішній запас води вичерпаний – рослина починає втрачати життєздатність.

Враховуючи всі внутрішні і зовнішні чинники, рослина кожного дня бере з ґрунту воду і випаровує частину з неї в повітря. Випарувана вода впливає, хоч і не значно, на вологість повітря

#### **2.2.2. Симуляція саду рослин і ґрунту**

Клас саду рослин містить масив рослин, масив площ ґрунту і матрицю залежності ділянок ґрунту.

Кожній рослині відповідає ділянка ґрунту певної площі. Між кожною ділянкою ґрунту є залежність, якщо ця залежність ненульова – частина води перетікає з одних ділянок в інші (або потроху балансується між ними).

Кожного дня сад рослин отримує значення погодних чинників, оновлює вологість ґрунту враховуючи випаровування води і опади, передає погодні чинники і вологість ґрунту рослинам, оновлює вологість ґрунту згідно з

кількістю води яку спожили рослини. Також, сад обраховує суму випаруваної за день води, щоб врахувати її в вологість.

### 2.3. Реалізація симуляції погоди

Погода має генерувати правдоподібні значення температури, вологості і опадів.

Генератор погоди в залежності від номеру дня в році вираховує номер сезону (зима, весна, літо, осінь). Також, генератор містить середні значення температури, вологості і опадів для кожного сезону.

Генератор копіює вчорашні значення температури і вологості і додає до сьогоднішньої вологості масу випаруваної вчора води домножену на  $10^{-5}$ . Після цього до обох значень додаються випадкові доданки:

Для вологості:

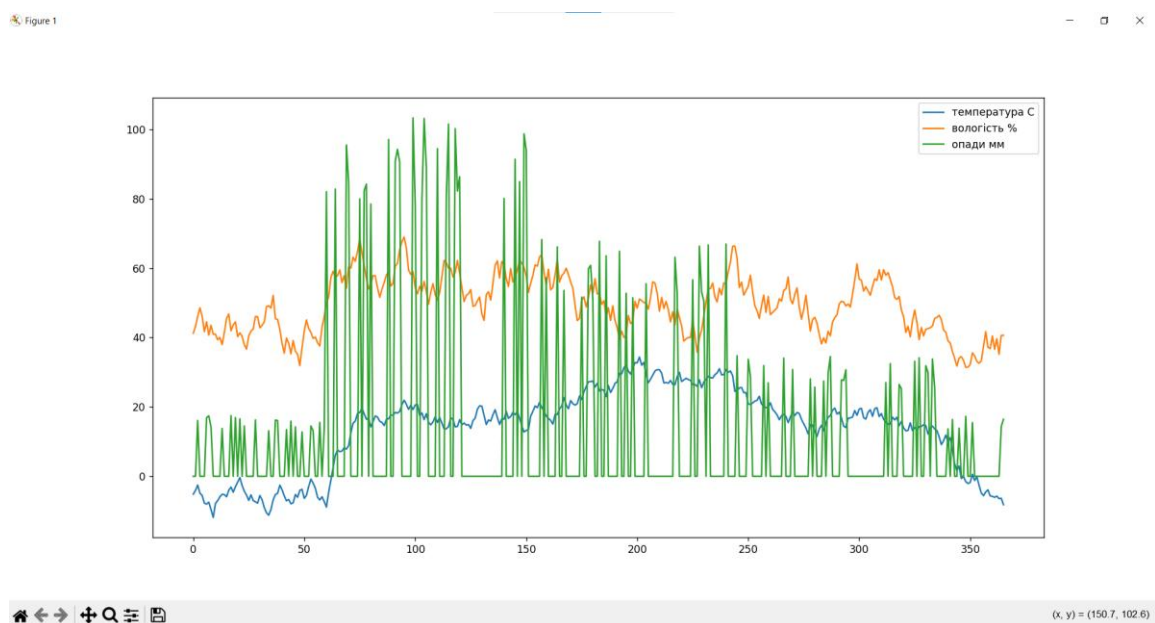
$$(W_{\text{середня}} - W_{\text{вчорашня}}) \cdot (\text{random}_1 \cdot 0.4 - 0.1) + \text{random}_2 \cdot 0.1 - 0.05$$

Для температури:

$$(T_{\text{середня}} - T_{\text{вчорашня}}) \cdot (\text{random}_3 \cdot 0.4 - 0.1) + \text{random}_4 \cdot 5 - 2.5$$

Кожного дня з ймовірністю  $\frac{1}{n}$ , де  $n$  – коефіцієнт рідкості опадів, може випасти від  $n - 0.5$  до  $n + 0.5$  щоденних норм опадів. Для початкових тестів  $n = 1$ .

Для демонстрації роботи погодного генератора створено погоду з початковим днем 0 (1 січня), масивом середніх температур -5, 15, 27, 15, масивом середніх вологостей 0.40, 0.60, 0.50, 0.45 і масивом середньої кількості опадів 5, 30, 20, 10.



(Мал. 1 Згенерована погода на один рік)

Згенеровані значення температури, опадів і вологості повітря достатньо випадкові щоб не бути сильно передбачуваними і достатньо дотримуються середніх значень, щоб не викликати нереалістичних погодних аномалій.

## **2.4. Визначення правил поливу**

Щоб сформувати нечітку логіку поливу, спочатку необхідно сформувати правила поливу.

Нехай правила поливу саду з доступом до постійного джерела води наступні:

- Якщо ґрунту біля рослини сухий – необхідно полити рослину;
- Якщо ґрунту біля рослини нещодавно був завологий – необхідно не поливати рослину

Для поливу саду з доступом до постійного джерела води і збирачем дощової води розширимо правила:

- Якщо ємність для води пуста – поливати рослини з трубопроводу;
- Якщо ємність для дощової води переповнена і якщо ґрунт біля рослин не сильно вологий – поливати рослини (будемо вважати що в реальному світі збирач дощу пошкоджується від переливу; таке пошкодження буде відсутнє в симуляції).

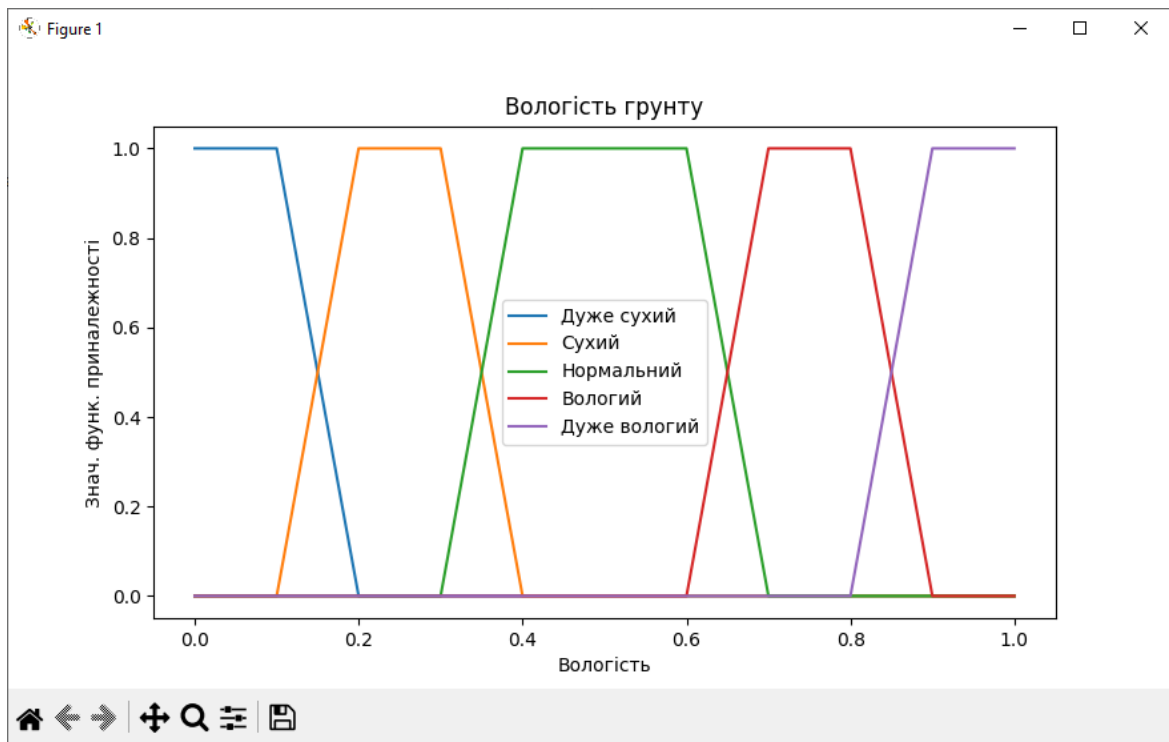
Для поливу саду з доступом лише до збирача дощової води застосуємо наступні правила:

- Якщо в ємності середня кількість води – поливати рослини як зазвичай;
- Якщо в ємності забагато води – поливати рослини з найсухішим ґрунтом, щоб уникнути переливу ємності;
- Якщо в ємності замало води – економити її, поливаючи рослини біля яких ґрунт дуже сухий;
- Якщо нещодавно був дощ – поливати рослини менш інтенсивно;
- Якщо давно не було дощу – поливати рослини сильніше.

## **2.5. Побудова fuzzifier**

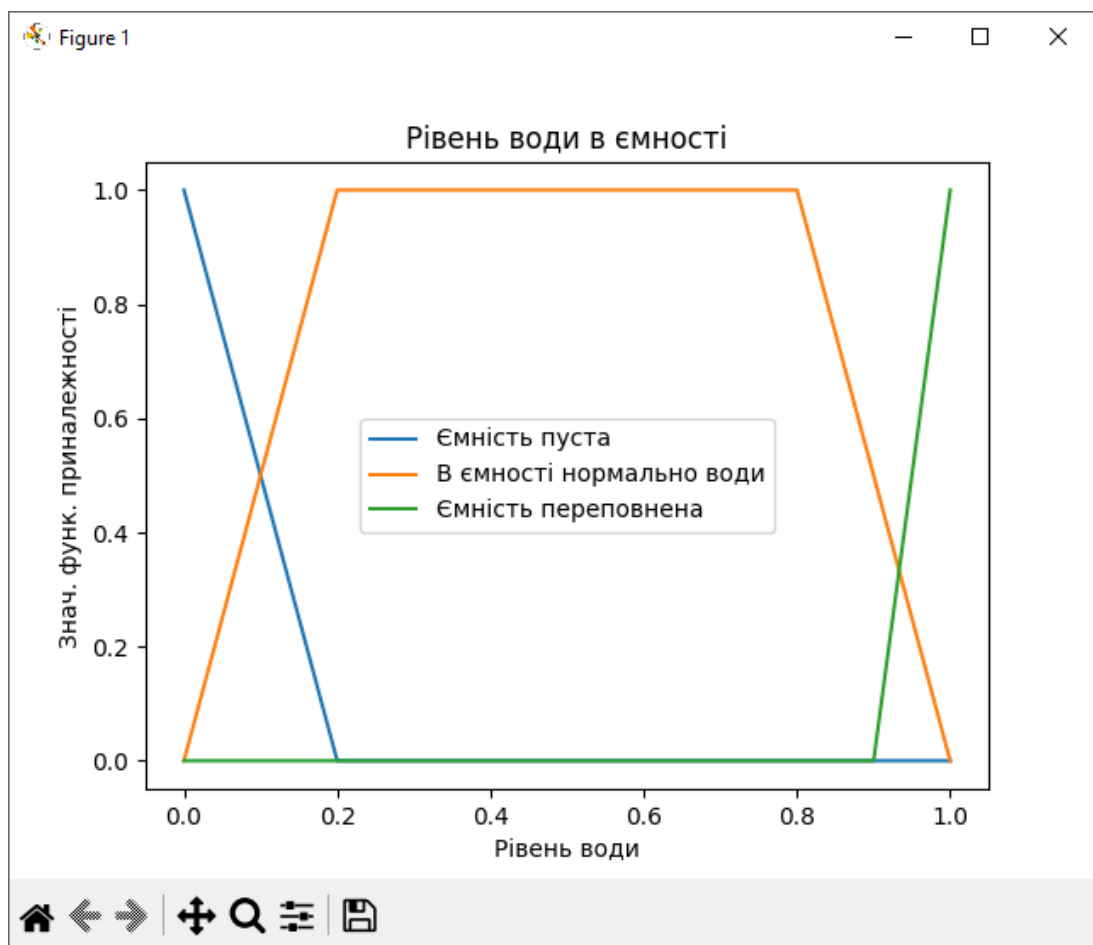
Нечітка логіка починається перетворення чітких параметрів в значення з якими може працювати нечітка логіка. Для кожного з вхідних значень програми поливу (вологість ґрунту рослини, кількість і давність опадів, кількість води в ємності, т.і.) необхідно визначити функції приналежності.

Для вологості ґрунту (середньої і окремо для кожної з рослин), визначено наступні функції приналежності:



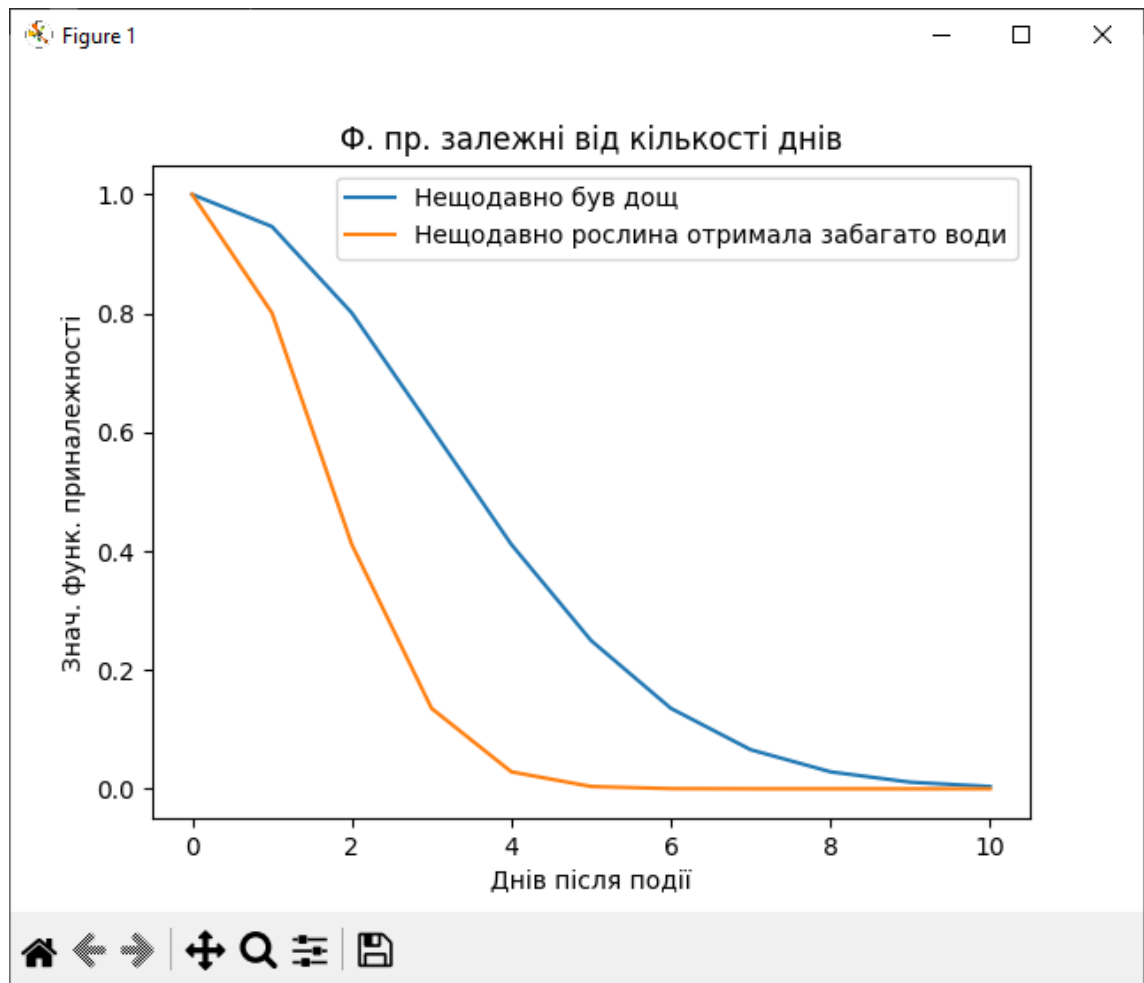
(Мал. 2 Функції приналежності для класів вологого ґрунту)

Для кількості води в ємності визначено наступні функції приналежності:



(Мал. 3 Функції приналежності для класів наповненості ємності)

Для нещодавності опадів і переполиву рослини визначено наступні функції приналежності:



(Мал. 4 Функція приналежності нещодавності подій)

## 2.6. Побудова inference engine

Для кожного лінгвістично заданого правила необхідно побудувати правило нечіткої логіки.

Для «Якщо ґрунт біля рослини сухий – необхідно полити рослину»:

$S_{\text{д.суха}} + S_{\text{суха}} \Rightarrow A_{\text{полив}}$ , де  $S$  – елемент нечіткої множини вологості ґрунту,  $A$  – необхідна дія з боку програми поливу

Для «Якщо ґрунт біля рослини нещодавно був завологий – необхідно не поливати рослину»:

$S \Rightarrow A_{\text{блок.полив}}$ , де  $S$  – значення функції приналежності нещодавності завологості.

Для правил одночасного використання трубопроводу і збирача дощової води:

$$S_{\text{ем.пуста}} \Rightarrow A_{\text{вик.трубопровід}}$$



$$1 - A_{\text{вик.трубопровід}} \Rightarrow A_{\text{вик.дош}}$$

$$S_{\text{ем.перепов.}} \Rightarrow A_{\text{злив.воду}}$$

Для правил використання виключно дощової води:

$$S_{\text{ем.пуста}} \cdot (1 - S_{\text{нещод.дощу}}) \Rightarrow A_{\text{збер.воду}}$$

$$S_{\text{ем.норм.}} + S_{\text{ем.пуста}} \cdot (1 - S_{\text{нещод.дощу}}) \Rightarrow A_{\text{норм.вик.води}}$$

$$S_{\text{ем.перепов.}} \Rightarrow A_{\text{злив.воду}}$$

## 2.7. Побудова defuzzifier

Система поливу має отримати впорядкований список рослин за необхідністю поливу і інформацію про режим використання водогону/зібраної води.

Для обрахунку необхідності поливу для кожної з рослин:

$A_{\text{полив}} - A_{\text{блок.полив}} \Rightarrow I_{\text{полив}}$ , де  $I_{\text{полив}}$  – значення пріоритетності поливу рослини у впорядкованому списку.

Для режиму використання води – використовувати режим з найбільшим значенням  $A$ .

## 2.8. Побудова системи поливу

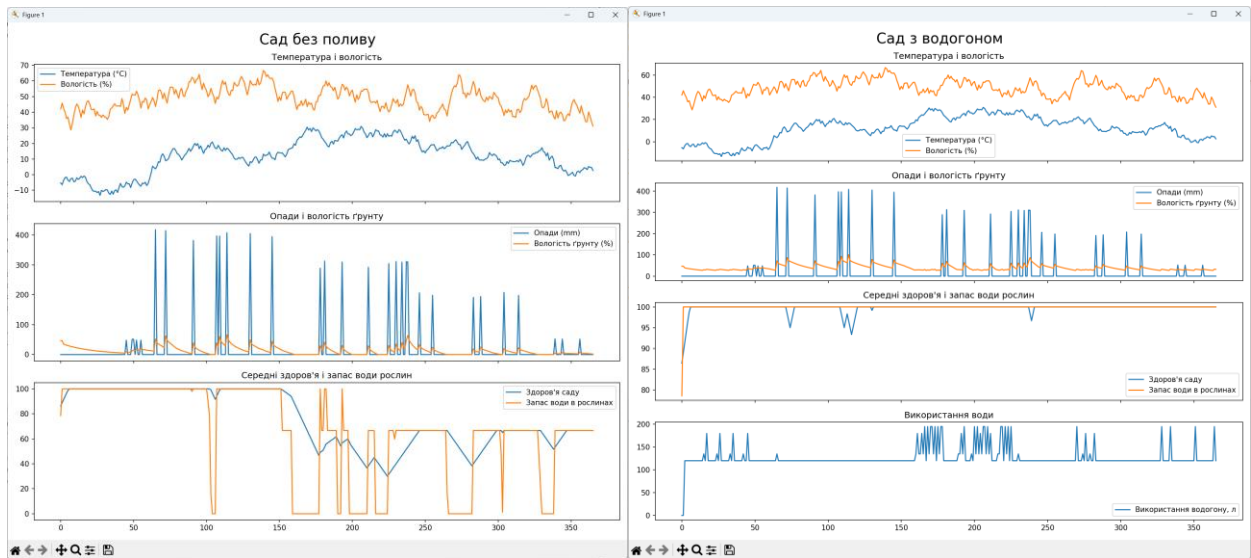
### 2.8.1. Система поливу що використовує виключно водогін

Щоб поливати рослини при наявності водогону, необхідно перевірити необхідність поливу для кожної рослини і додати води в ґрунт біля них, за необхідності.

Система поливу яка використовує виключно водогін працює наступним чином: для кожної рослини перевіряє значення  $I_{\text{полив}}$ , якщо це значення більше порогового параметру – додає певну кількість відсотків вологості в ґрунт.

Для перевірки роботи системи поливу, погоду модифіковано так, щоб вона в середньому мала трохи більше опадів, але інтервал між опадами був більший. Порогове значення для поливу – 0.75, у разі досягнення порогового значення рослина поливається на 10%.

Сад має 3 рослини вагою 1, 2 і 10 кілограм. Кожна рослина в нормальному стані випаровує 1.5л на кг власної маси на добу і має місткість 0.85л на кг. Площа ґрунту біля рослин – 0.25, 1 і 2 м<sup>2</sup> відповідно. Кожного дня 10% вологості з кожної ділянки ґрунту перерозподіляються на інші дві ділянки.

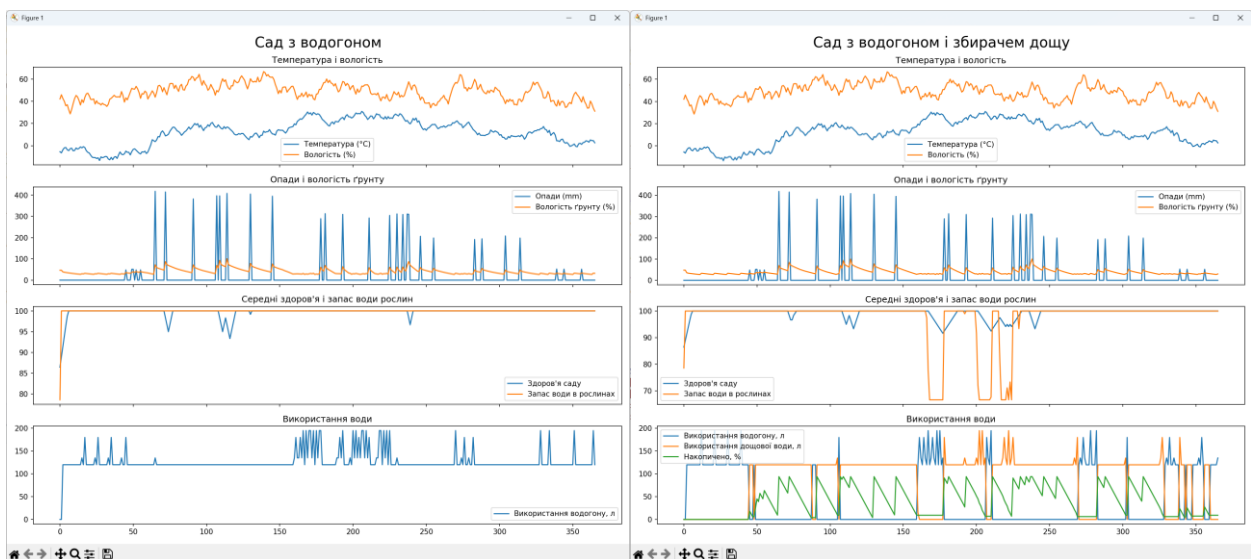


(Мал. 5 Порівняння садів з поливом і без)

З графіків видно, що без поливу сад втрачає одну з рослин влітку, тоді як сад з поливом, хоч іноді отримує пошкодження через переполив, не має втрачених рослин після року.

### 2.8.2. Система поливу що використовує водогін і дощову воду

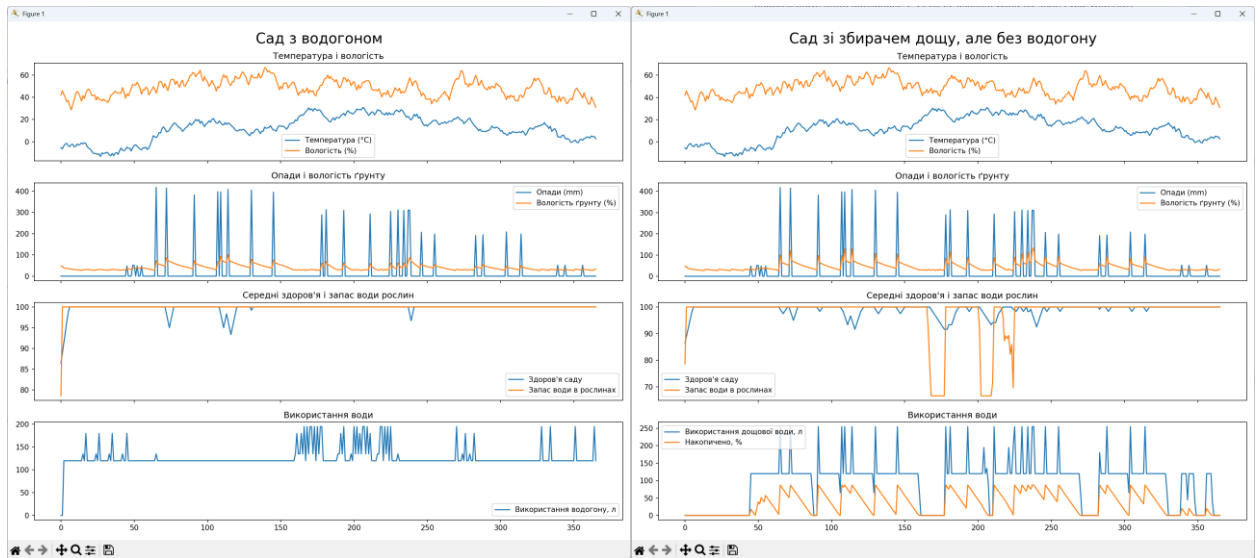
Ця система відрізняється лише використанням дощової води і переполиву у разі переповнення ємності. Для аналогічного саду і погоди:



(Мал. 6 Порівняння садів з і без збирача дощу, обидва з водогоном)

### 2.8.3. Система поливу, що використовує лише дощову воду.

Якщо необхідно зливати воду – поливати найсухішу рослину. Інакше – поливати рослини в порядку спадання І, використовуючи меншу кількість води якщо її замало в ємності (інакше – поливати як зазвичай). Для аналогічного саду:



(Мал. 7 Порівняння садів з водогоном і зі збирачем дощу)

## 2.9. Порівняння систем поливу з різним використанням води



(Мал. 8 Всі чотири варіанти саду для однакової погоди і рослин)

З графіків видно, що всі три варіанти в яких полив відбувався не втратили рослин, на відміну від варіанту без поливу.

В середньому, рослини отримують шкоди від переполиву у варіантах з поливом, в системі з використанням виключно дощової води такої шкоди завдано найбільше.

### **3. ВИСНОВКИ**

- Задачі які можна описати словесними правилами можна автоматизувати нечіткою логікою.
- Для задачі автоматизації поливу рослин використання нечіткої логіки застосовне. Для даної реалізації необхідні датчики вологості ґрунту, кількості опадів та рівня води в ємності.