Міністерство освіти і науки України

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Факультет прикладної математики

Кафедра комп'ютерних технологій

Лабораторна робота №2

|  |  |
| --- | --- |
| Виконавець: | студент групи ПК-21м-1  Панасенко Єгор  Сергійович |

# Постановка задачі

Тема: «Налаштування моделі нечіткого виводу»

Мета роботи: Визначення функцій приналежності на основі навчальної вибірки.

Порядок виконання роботи:

1. Провести процедуру фазифікації для змінних з бази правил (л.р. № 1).
2. Обрати апроксимацію функцій приналежності.
3. Провести генерацію навчальної вибірки на основі бази правил і шкал лінгвістичних змінних.
4. Сформулювати функціонал середньоквадратичного відхилення значень, обчислених за допомогою моделі (л.р. № 1), та значень, отриманих з навчальної вибірки.
5. Провести мінімізацію функціоналу одним з градієнтних методів (на вибір).

# Хід роботи

Розглянемо модель роботи холодильника у залежності від температури навколишнього середовища, та терміну придатності продукта.

Нехай x1 — температура навколишнього середовища у градусах Цельсія, x2 - термін придатності продукта у днях, x3 — потужність роботи холодильника в діапазоні [0, 10].

Значення нечітких змінних:

* – низька (Н) або короткий (К)
* – середня (С)
* – висока (В) або довгий (Д)

Правила:

* Якщо =Н та =К, то =С
* Якщо =Н та =С, то =Н
* Якщо =Н та =Д, то =Н
* Якщо =С та =К, то =В
* Якщо =С та =С, то =С
* Якщо =С та =Д, то =Н
* Якщо =В та =К, то =В
* Якщо =В та =С, то =В
* Якщо =В та =Д, то =С

Нечітка модель:

Шкала для змінної виводу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| низька | | середня | | висока | |
|  |  |  |  |  |  |

Дефазифікація

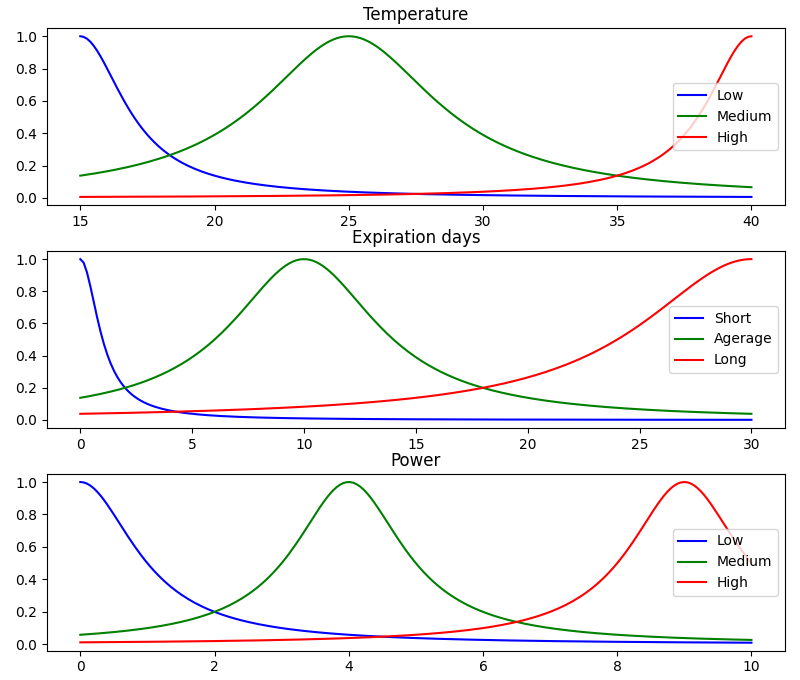
Навчальна вибірка :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 15 | 0 | 4 |
| 15 | 5 | 2 |
| 15 | 10 | 0 |
| 15 | 20 | 0 |
| 15 | 40 | 0 |
|  |  |  |
| 20 | 0 | 4 |
| 20 | 5 | 2 |
| 20 | 10 | 0 |
| 20 | 20 | 0 |
| 20 | 40 | 0 |
|  |  |  |
| 25 | 0 | 9 |
| 25 | 5 | 6 |
| 25 | 10 | 4 |
| 25 | 20 | 2 |
| 25 | 40 | 0 |
|  |  |  |
| 32 | 0 | 9 |
| 32 | 5 | 9 |
| 32 | 10 | 6 |
| 32 | 20 | 4 |
| 32 | 40 | 2 |
|  |  |  |
| 40 | 0 | 9 |
| 40 | 5 | 9 |
| 40 | 10 | 9 |
| 40 | 20 | 6 |
| 40 | 40 | 4 |

Таблиця значень перед налаштуванням:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | 0 | 1 | 0.14 | 0.01 | 1 | 0.14 | 0.04 | 4.11 |
| 15 | 5 | 1 | 0.14 | 0.01 | 0.04 | 0.39 | 0.05 | 1.58 |
| 15 | 10 | 1 | 0.14 | 0.01 | 0.01 | 1 | 0.08 | 0.56 |
| 15 | 20 | 1 | 0.14 | 0.01 | 0 | 0.14 | 0.26 | 1.49 |
| 15 | 40 | 1 | 0.14 | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.26 | 0.44 |
| 20 | 0 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 1 | 0.14 | 0.04 | 6.1 |
| 20 | 5 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 0.04 | 0.39 | 0.05 | 3.37 |
| 20 | 10 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 0.01 | 1 | 0.08 | 3.07 |
| 20 | 20 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 0 | 0.14 | 0.26 | 1.55 |
| 20 | 40 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.26 | 0.54 |
| 25 | 0 | 0.04 | 1 | 0.02 | 1 | 0.14 | 0.04 | 8.12 |
| 25 | 5 | 0.04 | 1 | 0.02 | 0.04 | 0.39 | 0.05 | 3.95 |
| 25 | 10 | 0.04 | 1 | 0.02 | 0.01 | 1 | 0.08 | 3.78 |
| 25 | 20 | 0.04 | 1 | 0.02 | 0 | 0.14 | 0.26 | 1.69 |
| 25 | 40 | 0.04 | 1 | 0.02 | 0 | 0.02 | 0.26 | 0.76 |
| 32 | 0 | 0.01 | 0.25 | 0.06 | 1 | 0.14 | 0.04 | 6.55 |
| 32 | 5 | 0.01 | 0.25 | 0.06 | 0.04 | 0.39 | 0.05 | 4.21 |
| 32 | 10 | 0.01 | 0.25 | 0.06 | 0.01 | 1 | 0.08 | 3.91 |
| 32 | 20 | 0.01 | 0.25 | 0.06 | 0 | 0.14 | 0.26 | 2.44 |
| 32 | 40 | 0.01 | 0.25 | 0.06 | 0 | 0.02 | 0.26 | 1.22 |
| 40 | 0 | 0.01 | 0.07 | 1 | 1 | 0.14 | 0.04 | 8.39 |
| 40 | 5 | 0.01 | 0.07 | 1 | 0.04 | 0.39 | 0.05 | 7.39 |
| 40 | 10 | 0.01 | 0.07 | 1 | 0.01 | 1 | 0.08 | 8.12 |
| 40 | 20 | 0.01 | 0.07 | 1 | 0 | 0.14 | 0.26 | 4.9 |
| 40 | 40 | 0.01 | 0.07 | 1 | 0 | 0.02 | 0.26 | 3.49 |

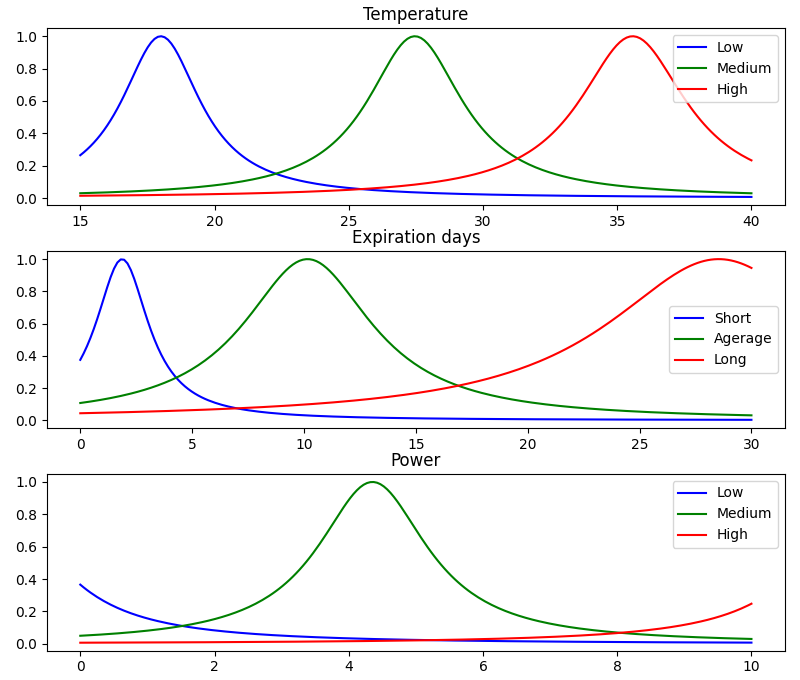
Функції належності термів перед налаштуванням:



Таблиця значень після налаштування:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | 0 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 0.37 | 0.11 | 0.04 | 3.39 |
| 15 | 5 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 0.18 | 0.32 | 0.06 | 1.63 |
| 15 | 10 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 1 | 0.1 | 0.41 |
| 15 | 20 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.34 | -0.19 |
| 15 | 40 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.22 | -0.27 |
| 20 | 0 | 0.45 | 0.08 | 0.02 | 0.37 | 0.11 | 0.04 | 4.3 |
| 20 | 5 | 0.45 | 0.08 | 0.02 | 0.18 | 0.32 | 0.06 | 2.22 |
| 20 | 10 | 0.45 | 0.08 | 0.02 | 0.03 | 1 | 0.1 | 0.2 |
| 20 | 20 | 0.45 | 0.08 | 0.02 | 0.01 | 0.11 | 0.34 | 0.41 |
| 20 | 40 | 0.45 | 0.08 | 0.02 | 0 | 0.01 | 0.22 | -0.09 |
| 25 | 0 | 0.06 | 0.44 | 0.05 | 0.37 | 0.11 | 0.04 | 8.8 |
| 25 | 5 | 0.06 | 0.44 | 0.05 | 0.18 | 0.32 | 0.06 | 6.06 |
| 25 | 10 | 0.06 | 0.44 | 0.05 | 0.03 | 1 | 0.1 | 4.05 |
| 25 | 20 | 0.06 | 0.44 | 0.05 | 0.01 | 0.11 | 0.34 | 1.28 |
| 25 | 40 | 0.06 | 0.44 | 0.05 | 0 | 0.01 | 0.22 | 0.32 |
| 32 | 0 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0.37 | 0.11 | 0.04 | 8.84 |
| 32 | 5 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0.18 | 0.32 | 0.06 | 7.86 |
| 32 | 10 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0.03 | 1 | 0.1 | 7.34 |
| 32 | 20 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0.01 | 0.11 | 0.34 | 3.99 |
| 32 | 40 | 0.02 | 0.19 | 0.32 | 0 | 0.01 | 0.22 | 2.07 |
| 40 | 0 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 0.37 | 0.11 | 0.04 | 9.44 |
| 40 | 5 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 0.18 | 0.32 | 0.06 | 9.14 |
| 40 | 10 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 0.03 | 1 | 0.1 | 8.68 |
| 40 | 20 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 0.01 | 0.11 | 0.34 | 6.14 |
| 40 | 40 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 0 | 0.01 | 0.22 | 4.11 |

Функції належності термів після налаштування:



Код алгоритму:

#!/usr/bin/env python3

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from scipy.optimize import minimize

# Inspiration: https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/auto\_examples/plot\_tipping\_problem.html

def mf(x, b, c):

return 1/(1+((x-b)/c)\*\*2)

data = (

(15, 0, 4),

(15, 5, 2),

(15, 10, 0),

(15, 20, 0),

(15, 40, 0),

(20, 0, 4),

(20, 5, 2),

(20, 10, 0),

(20, 20, 0),

(20, 40, 0),

(25, 0, 9),

(25, 5, 6),

(25, 10, 4),

(25, 20, 2),

(25, 40, 0),

(32, 0, 9),

(32, 5, 9),

(32, 10, 6),

(32, 20, 4),

(32, 40, 2),

(40, 0, 9),

(40, 5, 9),

(40, 10, 9),

(40, 20, 6),

(40, 40, 4),

)

x\_temp = np.linspace(15, 40, 200)

x\_expr = np.linspace(0, 30, 200)

x\_powr = np.linspace(0, 10, 200)

consts = np.array([15, 2, 25, 4, 40, 2, 0, 1, 10, 4, 30, 6, 0, 1, 4, 1, 9, 1], dtype="float32")

temp\_lo\_f = lambda x, c: mf(x, c[0], c[1])

temp\_md\_f = lambda x, c: mf(x, c[2], c[3])

temp\_hi\_f = lambda x, c: mf(x, c[4], c[5])

expr\_sh\_f = lambda x, c: mf(x, c[6], c[7])

expr\_md\_f = lambda x, c: mf(x, c[8], c[9])

expr\_ln\_f = lambda x, c: mf(x, c[10], c[11])

powr\_lo\_f = lambda x, c: mf(x, c[12], c[13])

powr\_md\_f = lambda x, c: mf(x, c[14], c[15])

powr\_hi\_f = lambda x, c: mf(x, c[16], c[17])

def mu\_lo(x, c):

return max([

min(temp\_lo\_f(x[0], c), expr\_md\_f(x[1], c)),

min(temp\_lo\_f(x[0], c), expr\_ln\_f(x[1], c)),

min(temp\_md\_f(x[0], c), expr\_ln\_f(x[1], c)),

])

def mu\_md(x, c):

return max([

min(temp\_lo\_f(x[0], c), expr\_sh\_f(x[1], c)),

min(temp\_md\_f(x[0], c), expr\_md\_f(x[1], c)),

min(temp\_hi\_f(x[0], c), expr\_ln\_f(x[1], c)),

])

def mu\_hi(x, c):

return max([

min(temp\_md\_f(x[0], c), expr\_sh\_f(x[1], c)),

min(temp\_hi\_f(x[0], c), expr\_sh\_f(x[1], c)),

min(temp\_hi\_f(x[0], c), expr\_md\_f(x[1], c)),

])

def defuzz(x, c):

# ~ print(mu\_lo(x), mu\_md(x), mu\_hi(x))

return (c[12]\*mu\_lo(x, c)+c[14]\*mu\_md(x, c)+c[16]\*mu\_hi(x, c))/(mu\_lo(x, c)+mu\_md(x, c)+mu\_hi(x, c))

def solve(x, c):

print("%2.f and %2.f -> %0.3f" % (x[0], x[1], defuzz(x, c)))

def J(c):

return sum((defuzz([i[0], i[1]], c)-i[2])\*\*2 for i in data)

res = minimize(J, consts, options={'disp': True})

fin\_consts = res.x

print(fin\_consts)

def show\_result(c):

print()

for x1, x2, y in data:

to = temp\_lo\_f(x1,c)

tm = temp\_md\_f(x1,c)

th = temp\_hi\_f(x1,c)

eo = expr\_sh\_f(x2,c)

em = expr\_md\_f(x2,c)

eh = expr\_ln\_f(x2,c)

s = defuzz((x1, x2), c)

print("%2i,%2i,%2.2f,%2.2f,%2.2f,%2.2f,%2.2f,%2.2f,%2.2f" % (x1, x2, to, tm, th, eo, em, eh, s))

fig, (ax0, ax1, ax2) = plt.subplots(nrows=3, figsize=(8, 9))

temp\_lo = temp\_lo\_f(x\_temp, c)

temp\_md = temp\_md\_f(x\_temp, c)

temp\_hi = temp\_hi\_f(x\_temp, c)

expr\_sh = expr\_sh\_f(x\_expr, c)

expr\_md = expr\_md\_f(x\_expr, c)

expr\_ln = expr\_ln\_f(x\_expr, c)

powr\_lo = powr\_lo\_f(x\_powr, c)

powr\_md = powr\_md\_f(x\_powr, c)

powr\_hi = powr\_hi\_f(x\_powr, c)

ax0.plot(x\_temp, temp\_lo, 'b', linewidth=1.5, label='Low')

ax0.plot(x\_temp, temp\_md, 'g', linewidth=1.5, label='Medium')

ax0.plot(x\_temp, temp\_hi, 'r', linewidth=1.5, label='High')

ax0.set\_title('Temperature')

ax0.legend()

ax1.plot(x\_expr, expr\_sh, 'b', linewidth=1.5, label='Short')

ax1.plot(x\_expr, expr\_md, 'g', linewidth=1.5, label='Agerage')

ax1.plot(x\_expr, expr\_ln, 'r', linewidth=1.5, label='Long')

ax1.set\_title('Expiration days')

ax1.legend()

ax2.plot(x\_powr, powr\_lo, 'b', linewidth=1.5, label='Low')

ax2.plot(x\_powr, powr\_md, 'g', linewidth=1.5, label='Medium')

ax2.plot(x\_powr, powr\_hi, 'r', linewidth=1.5, label='High')

ax2.set\_title('Power')

ax2.legend()

plt.tight\_layout()

show\_result(consts)

show\_result(fin\_consts)

plt.show()