**เรื่อง Fuzzy logic (approximate reasoning)**

**จัดทำโดย**

นายปัณณวิชญ์ พันธ์วงศ์

600610752

**เสนอ**

รศ.ดร.ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา

CPE 261456 (Introduction to Computational Intelligence)

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**สารบัญ**

ลักษณะการทำงานของระบบ 2

อินพุตของระบบ (Input) 2

ฟัซซีฟิเคชั่น (Fuzzification) 3

กลไกการอนุมาน (Inference mechanism) 4

ดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification) 5

คอนโทรล (Control) 5

จำลองการทำงานของระบบ 5

อินพุตที่ได้รับ 5

ฟัซซีฟิเคชั่น 5

กลไกการอนุมาน 6

ดีฟัซซีฟิเคชั่น 7

วิเคราะห์ผลการทดลอง 8

โปรแกรม 9

1. **ลักษณะการทำงานของระบบ**

รูปที่ 1 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติด้วยฟัซซีคอนโทรล

**Fuzzification**

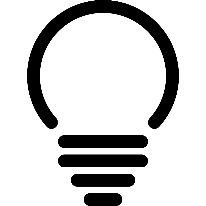
**Rule Base**

**Inference mechanism**

**Defuzzification**

Temperature sensor

Light intensity sensor



**Process**

**Fuzzy Controller**

**Output**

**Input**

**Control**

* 1. **อินพุตของระบบ (Input)**

จะรับอินพุต 2 อินพุต คือ ค่าอุณหภูมิ และค่าความสว่าง ซึ่งทั้งสองอินพุตมีค่าอยู่ในช่วงของ คือ อุณหภูมิมีค่าในช่วง ถึง และ ค่าความสว่างมีค่าในช่วง ถึง

* 1. **ฟัซซีฟิเคชั่น (Fuzzification)**

เมื่อระบบฟัซซีคอนโทรลได้รับอินพุตจากข้อ 1.1 แล้ว ซึ่งกระบวนการฟัซซีฟิเคชั่นจะเป็นการแปลงค่าจากหน่วยความเป็นจริง ให้กลายเป็นหน่วยของฟัซซี(Membership)

* + 1. **ค่าความเป็นสมาชิก (Membership)**

กำหนดค่าความเป็นสมาชิกของอินพุตที่ 1 ใช้ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม ,อินพุตที่ 2 ใช้ฟังก์ชั่นสี่เหลี่ยมคางหมู และเอาต์พุตใช้ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม ในการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกดังรูปต่อไปนี้

Diagram

Description automatically generated

รูปที่ 2 ค่าความเป็นสมาชิกของอินพุตความสว่าง

Chart, line chart

Description automatically generated

รูปที่ 3 ค่าความเป็นสมาชิกของอินพุตอุณหาภูมิ

Line chart

Description automatically generated

รูปที่ 4 ค่าความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตความเข้มแสง

* 1. **กลไกการอนุมาน (Inference mechanism)**
     1. **กฎ (Rules)**

กฎของระบบ(Rules) มีเอาต์พุตคือค่าความเป็นสมาชิกของความเข้มของแสงซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง ถึง โดยกฎมีความเป็นไปได้ 9 กฎ ตามตารางที่ 1

* If **Bright** is **“?”** and **Temp is “?”** then **Light is “?”**

**ตารางที่ 1** กฎของระบบ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Light intensity** | **Bright [‘low’]** | **Bright [‘medium’]** | **Bright [‘high’]** |
| **Temp [‘cool’]** | full\_on | full\_on | half\_on |
| **Temp [‘warm’]** | full\_on | half\_on | off |
| **Temp [‘hot’]** | half\_on | off | off |

โดย full\_on คือ ความเข้มของแสง 100%

half\_on คือ ความเข้มของแสง 50%

off คือ ความเข้มของแสง 0%

ระบบจะทำการอนุมานโดยใช้วิธีการ **Mamdani** เพื่อหาเอาต์พุต โดยนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นในข้อ 1.3.1 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุต โดยการใช้ **Max-min composition**

* 1. **ดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification)**

เป็นการแปลงค่าฟัซซี่ให้เป็นค่าปกติ คือ เปลี่ยนความความเป็นสมาชิกให้เป็นค่าความเข้มแสง เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุด หรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซตมาเพียงค่าเดียว โดยระบบใช้การหาจุดศูนย์ถ่วง(Central of Gravity) ในการแปลงค่าให้เป็นค่าปกติ

* 1. **คอนโทรล (Control)**

นำเอาต์ที่ถูกแปลงจากค่าฟัซซีให้เป็นค่าปติจากข้อ 1.4 มาปรับระดับความเข้มแสงของหลอดไฟซึ่งระดับไฟจะอยู่ในช่วง ถึง

1. **จำลองการทำงานของระบบ**
   1. **อินพุตที่ได้รับ**

กำหนดให้อินพุตคือ Brightness = และ Temperature =

* 1. **ฟัซซีฟิเคชั่น**

ทำการแปลงค่าความจริงเป็นค่าฟัซซีซึ่งได้ค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละฟัซซี พบว่าอินพุตที่ 1 ที่มีความสว่างที่ มีค่าความเป็นสมาชิก “low“เท่ากับ 0.75 ดังรูป

A picture containing diagram

Description automatically generated

รูปที่ 5 ค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีความสว่างที่ 5 lux

แปลงค่าความจริงเป็นค่าฟัซซีซึ่งได้ค่าความเป็นสมาชิกของอินพุตที่ 2 พบว่า อุณหภูมิที่   
มีค่าความเป็นสมาชิก “warm” เท่ากับ 1 ดังรูป

Chart, line chart

Description automatically generated

รูปที่ 6 ค่าความเป็นสมาชิกขอฟัซซีอุณหภูมิที่

* 1. **กลไกการอนุมาน**

เมื่อทำกระบวนการฟัซซีฟิเคชั่นจากข้อ 2.2 ที่มีอินพุต Brightness และ Temperature ซึ่งสอดคล้องกับกฎที่กำหนด คือ

* If **Bright** is **“low”** and **Temp is “warm”** then **Light is “full\_on”**

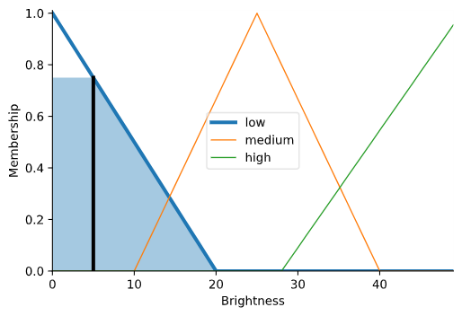
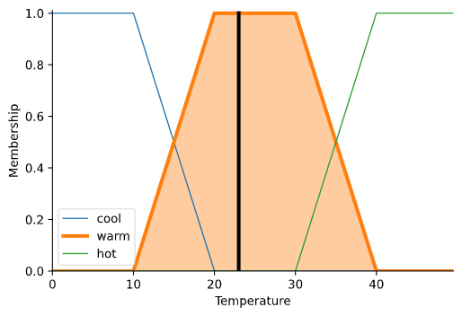
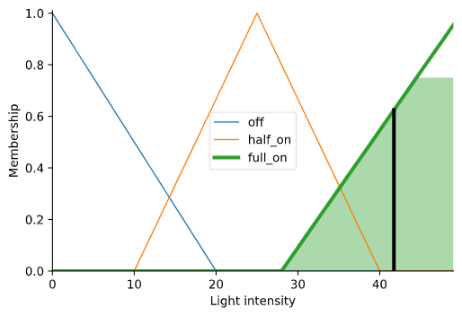
**ตารางที่ 2** แสดงกฎที่สอดคล้องกับอินพุตที่ได้รับ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Light** | **Bright [‘low’]** | **Bright [‘medium’]** | **Bright [‘high’]** |
| **Temp [‘cool’]** | full\_on | full\_on | half\_on |
| **Temp [‘warm’]** | full\_on | half\_on | off |
| **Temp [‘hot’]** | half\_on | off | off |

พบเอาต์พุตมีความเป็นไปได้ คือ **“full\_on”** ซึ่งทำการ max-min composition โดยเอาต์พุตที่ได้ยังเป็นค่าฟัซซีซึ่งมีค่าความเป็นสมาชิก **“full\_on”** อยู่ที่ 0.8 ได้ดังรูป

* If **Bright** is **“low”** and **Temp is “warm”** then **Light is “full\_on”**

รูปที่ 7 แสดงกระบวนการ Max-min composition



* 1. **ดีฟัซซีฟิเคชั่น**

จากกระบวนการ กลไกการอนุมานพบว่า ได้ค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซี **“full\_on”**  คือ 0.8 จากนนั้นทำการ ดีฟัซซีฟิเคชั่น ด้วยวิธีหาจุดศูนย์ถ่วงซึ่งได้เอาต์พุตค่าจริงเท่ากับ ซึ่งค่าที่ทำการดีฟัซซีฟิเคชั่นนี้ จะใช้ในการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟในส่วนกระบวนการคอนโทรล

**Line chart

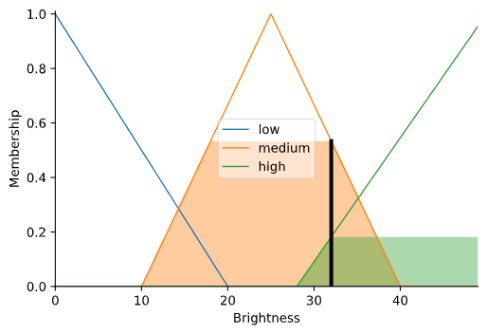
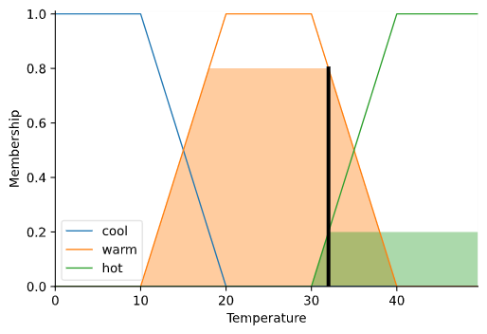
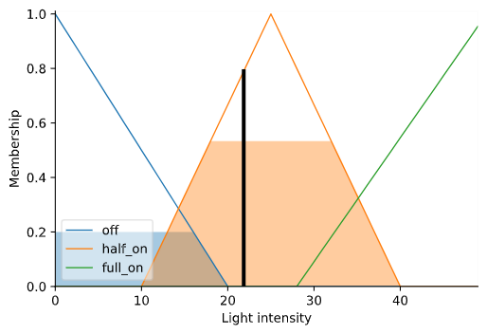
Description automatically generated**

รูปที่ 8 แปลงค่าฟัซซีให้เป็นค่าจริงซึ่งมีค่าเท่ากับ 41.35 cd

* 1. **วิเคราะห์ผลการทดลอง**

จากการทดลงอพบว่าอินพุตที่ 1 Brightness = และ อินพุตที่ 2 Temperature = พบว่าเป็นไปตามกฎที่ตั้งไว้ ซึ่งตามกฎที่ตั้งคือ ถ้า ความสว่างน้อย และอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจะเปิดไฟ 100%ซึ่งได้ทำการทดลองในอีกหลายๆการทดลองดังรูป

รูปที่ 9 Brightness = และ Temperature =



พบว่าเมื่ออินพุตที่ 1 มีค่า และอินพุตที่ 2 มี Temperature = จะได้ค่าความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตที่อยู่ 2 ฟัซซี คือ เปิดไฟ 0% ที่ 0.2 และเปิดไฟ 50% ที่ 0.58 เมื่อทำการหาจุดศูนย์ถ่วงพบว่า น้ำหนักจะมากไปทางของ เปิดไฟ 50% จึงทำให้ระบบดีฟัซซีฟิเคชั่นได้ค่าเท่ากับ

1. **โปรแกรม**
2. **import** numpy **as** np
3. **import** skfuzzy **as** fuzz
4. **from** skfuzzy **import** control **as** ctrl
5. **import** matplotlib**.**pyplot **as** plt
6. # กำหนด Universe ของฟัซซีต่างๆ
7. #=====================================================================
8. Bright **=** ctrl**.**Antecedent**(**np**.**arange**(**0**,** 50**,** 1**),** 'Brightness'**)**
9. Temp **=** ctrl**.**Antecedent**(**np**.**arange**(**0**,**50**,**0.5**),**'Temperature'**)**
10. L\_inten **=** ctrl**.**Consequent**(**np**.**arange**(**0**,** 50**,** 1**),** 'Light intensity'**)**
11. # สร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของแต่ละฟัซซี
12. #=====================================================================
13. # ----- ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม
14. Bright**[**'low'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**Bright**.**universe**,** **[**0**,** 0**,** 20**])**
15. Bright**[**'medium'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**Bright**.**universe**,** **[**10**,** 25**,** 40**])**
16. Bright**[**'high'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**Bright**.**universe**,** **[**28**,** 50**,** 50**])**
17. # ----- ฟังก์ชั่นาี่เหลี่ยมคางหมู
18. Temp**[**'cool'**]** **=** fuzz**.**trapmf**(**Temp**.**universe**,[**0**,**0**,**10**,**20**])**
19. Temp**[**'warm'**]** **=** fuzz**.**trapmf**(**Temp**.**universe**,[**10**,**20**,**30**,**40**])**
20. Temp**[**'hot'**]** **=** fuzz**.**trapmf**(**Temp**.**universe**,[**30**,**40**,**50**,**50**])**
21. # ----- ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม
22. L\_inten**[**'off'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**L\_inten**.**universe**,[**0**,** 0**,** 20**])**
23. L\_inten**[**'half\_on'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**L\_inten**.**universe**,[**10**,** 25**,** 40**])**
24. L\_inten**[**'full\_on'**]** **=** fuzz**.**trimf**(**L\_inten**.**universe**,[**28**,** 50**,** 50**])**
25. # สร้างกราฟที่กำหนดความเป็นสมาชิกมาแล้ว
26. #=====================================================================
27. Bright**.**view**()**
28. Temp**.**view**()**
29. L\_inten**.**view**()**
30. #สร้างกฎให้กับระบบ
31. #=====================================================================
32. rule0 **=** ctrl**.**Rule**(**antecedent**=((**Bright**[**'low'**]** **&** Temp**[**'cool'**])** **|**
33. **(**Bright**[**'low'**]** **&** Temp**[**'warm'**])** **|**
34. **(**Bright**[**'medium'**]** **&** Temp**[**'cool'**])),**
35. consequent**=**L\_inten**[**'full\_on'**],** label**=**'full\_on'**)**
36. rule1 **=** ctrl**.**Rule**(**antecedent**=((**Bright**[**'low'**]** **&** Temp**[**'hot'**])** **|**
37. **(**Bright**[**'medium'**]** **&** Temp**[**'warm'**])** **|**
38. **(**Bright**[**'high'**]** **&** Temp**[**'cool'**])),**
39. consequent**=**L\_inten**[**'half\_on'**],** label**=**'half\_on'**)**
40. rule2 **=** ctrl**.**Rule**(**antecedent**=((**Bright**[**'medium'**]** **&** Temp**[**'hot'**])** **|**
41. **(**Bright**[**'high'**]** **&** Temp**[**'warm'**])** **|**
42. **(**Bright**[**'high'**]** **&** Temp**[**'hot'**])),**
43. consequent**=**L\_inten**[**'off'**],** label**=**'off'**)**
45. #สร้างระบบตามกฎฟัซซีที่กำหนดไว้
46. #=====================================================================
47. light\_ctrl **=** ctrl**.**ControlSystem**([**rule0**,**rule1**,**rule2**])**
48. lighting **=** ctrl**.**ControlSystemSimulation**(**light\_ctrl**)**
49. #ใส่อินพุตให้ระบบ
50. #=====================================================================
51. lighting**.input[**'Brightness'**]** **=** 5
52. lighting**.input[**'Temperature'**]** **=** 23
53. #วิเคราะห์อินพุตที่ได้รับมา
54. #=====================================================================
55. lighting**.**compute**()**
56. #วิเคราะห์อินพุตที่ได้รับมา
57. #=====================================================================
58. Bright**[**'low'**].**view**(**sim**=**lighting**)**
59. Temp**[**'warm'**].**view**(**sim**=**lighting**)**
60. L\_inten**[**'full\_on'**].**view**(**sim**=**lighting**)**
61. #ทำการดีฟัซซีผลลัพธ์
62. #=====================================================================
63. **print(**lighting**.**output**[**'Light intensity'**])**