

## HOMEWORK 2 - Fuzzy Logic Simulation Program

### Rice Cooking System

#### การทำงานของโปรแกรม

#### 1. Fuzzy Sets

ระบบหม้อหุงข้าวจะคำนวณคุณภาพของข้าวที่ใช้ในการหุงข้าว โดยรับอินพุตทั้งหมด 3 ตัว ได้แก่ ปริมาณข้าว เวลาที่ใช้ในการหุงข้าว และอุณหภูมิทำความร้อนสำหรับหุงข้าว และได้เอาท์พุตออกมา 1 ตัวคือคุณภาพของข้าวเมื่อหุงเสร็จ

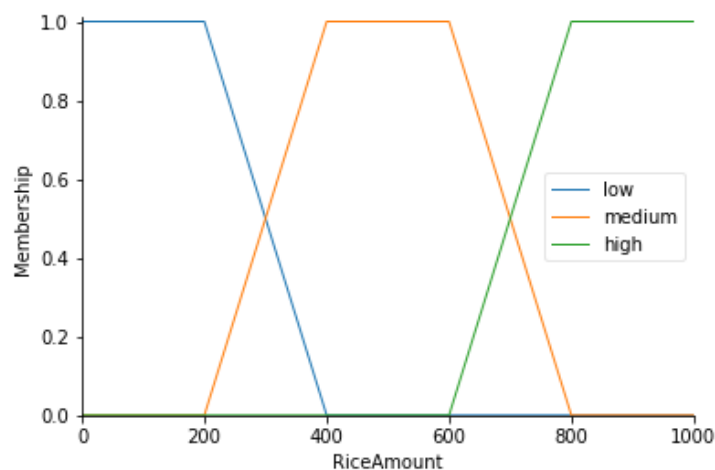
- ปริมาณข้าว (Rice Amount) จะกำหนดช่วงตั้งแต่ 0 กรัม จนถึง 1,000 กรัม
- เวลาที่ใช้ในการหุงข้าว (Time) จะกำหนดช่วงตั้งแต่ 0 นาที จนถึง 60 นาที
- อุณหภูมิ (Temperature) จะกำหนดช่วงตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส จนถึง 100 องศาเซลเซียส
- คุณภาพของข้าวเมื่อหุงข้าวเสร็จ (Rice Quality) จะกำหนดช่วงตั้งแต่ระดับ 0 จนถึงระดับ 10

#### 2. Fuzzification

##### 2.1 Membership Function

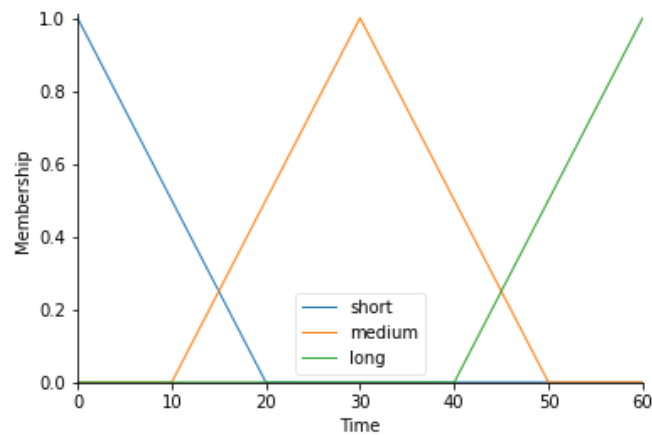
สำหรับสมาชิกในแต่ละฟัซซีเซตจะถูกกำหนดค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซตนั้นๆ แสดงกราฟดังรูปที่ 2.1, 2.2, 2.3 และ 2.4

- ฟัซซีเซตปริมาณข้าว (Rice Amount) ค่าความเป็นสมาชิกจะเป็นกราฟสี่เหลี่ยมคางหมู
  - “low” หรือปริมาณข้าวน้อย จะอยู่ในช่วง [0, 400]
  - “medium” หรือปริมาณข้าวปานกลาง จะอยู่ในช่วง [200, 800]
  - “high” หรือปริมาณข้าวมาก จะอยู่ในช่วง [600, 1000]



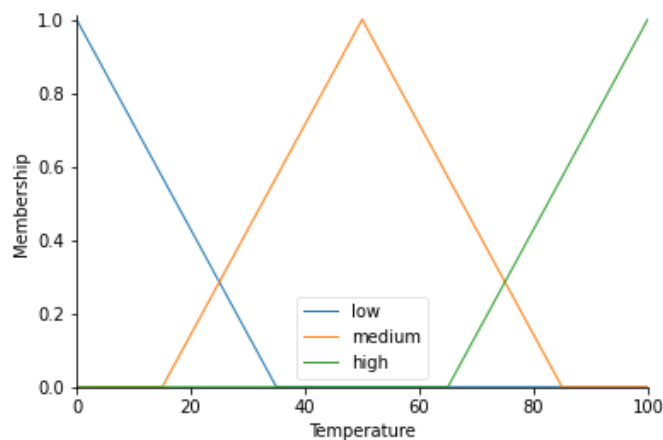
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกในฟัซซีเซตปริมาณข้าว

- ฟัชซีเซตเวลาที่ใช้หุงข้าว (Time) ค่าความเป็นสมาชิกจะเป็นกราฟสี่เหลี่ยมคางหมู
  - “short” หรือใช้เวลาหุงข้าวน้อย จะอยู่ในช่วง  $[0, 20]$
  - “medium” หรือใช้เวลาหุงข้าวปานกลาง จะอยู่ในช่วง  $[10, 50]$
  - “long” หรือใช้เวลาหุงข้าวมาก จะอยู่ในช่วง  $[40, 60]$



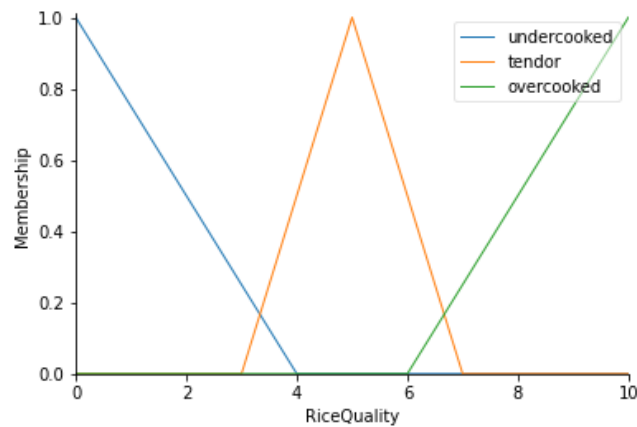
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกในฟัชซีเซตเวลาที่ใช้ในการหุงข้าว

- ฟัชซีเซตอุณหภูมิ (Temperature) ค่าความเป็นสมาชิกจะเป็นกราฟสามเหลี่ยม
  - “low” หรืออุณหภูมิต่ำ จะอยู่ในช่วง  $[0, 35]$
  - “medium” หรืออุณหภูมิปานกลาง จะอยู่ในช่วง  $[15, 85]$
  - “high” หรืออุณหภูมิสูง จะอยู่ในช่วง  $[65, 100]$



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกในฟัชซีเซตอุณหภูมิ

- ฟัซซีเซตคุณภาพของข้าว (Rice Quality) ค่าความเป็นสมาชิกจะเป็นกราฟสามเหลี่ยม
  - “undercooked” หรือข้าวดิบหรือข้าวแฉะ จะอยู่ในช่วง  $[0, 4]$
  - “tender” หรือข้าวนุ่มหรือข้าวสุกพอดี จะอยู่ในช่วง  $[3, 7]$
  - “overcooked” หรือข้าวสุกเกินไปจนถึงข้าวไหม้ จะอยู่ในช่วง  $[6, 10]$



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกในฟัซซีเซตคุณภาพของข้าว

### 3. Inference Rules

สำหรับระบบหม้อหุงข้าวนี้จะใช้วิธีการของ Mamdani โดยกำหนดกฎเอาไว้จำนวน 27 กฎดังนี้

3.1 RiceQuality is “**UNDERCOOKED**”

กฎ	RiceAmount	Temperature	Time
1	LOW	LOW	SHORT
2	LOW	LOW	MEDIUM
3	MEDIUM	LOW	SHORT
4	MEDIUM	LOW	MEDIUM
5	HIGH	LOW	SHORT
6	HIGH	LOW	MEDIUM
7	HIGH	LOW	LONG

3.2 RiceQuality is “**TENDER**”

กฎ	RiceAmount	Temperature	Time
8	LOW	LOW	LONG
9	LOW	MEDIUM	SHORT
10	LOW	MEDIUM	MEDIUM
11	LOW	HIGH	SHORT

12	MEDIUM	LOW	LONG
13	MEDIUM	MEDIUM	SHORT
14	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
15	MEDIUM	HIGH	SHORT
16	HIGH	MEDIUM	SHORT
17	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
18	HIGH	HIGH	SHORT

### 3.3 RiceQuality is “*OVERCOOKED*”

กฎ	RiceAmount	Temperature	Time
19	LOW	MEDIUM	LONG
20	LOW	HIGH	MEDIUM
21	LOW	HIGH	LONG
22	MEDIUM	MEDIUM	LONG
23	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
24	MEDIUM	HIGH	LONG
25	HIGH	MEDIUM	LONG
26	HIGH	HIGH	MEDIUM
27	HIGH	HIGH	LONG

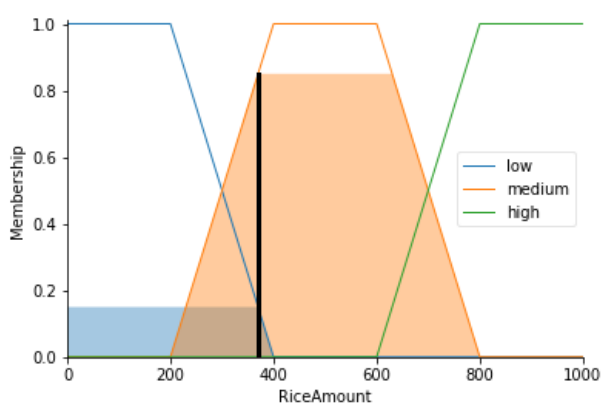
## 4. Defuzzification

หลังจากที่นำ Input ใหม่เข้าไปหาผลลัพธ์ใน Inference Rules แล้วจะต้องมีกระบวนการหาข้อสรุปของผลลัพธ์ที่ได้ ในระบบนี้จะทำการ defuzzification โดยใช้ centroid จะได้ค่า output เป็นระดับความสุขของข้าวเมื่อเสร็จสิ้นการหุงนั่นเอง

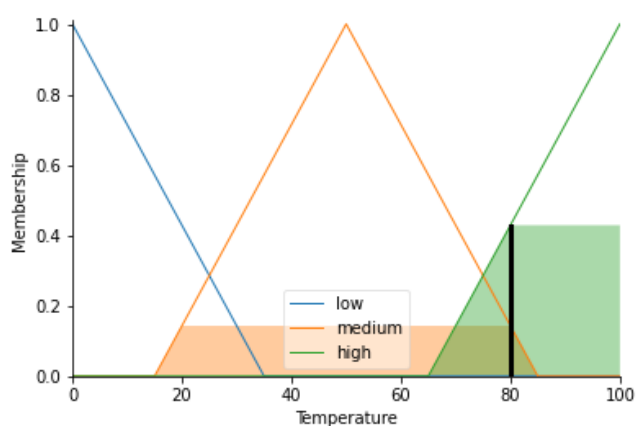
## การทดลอง

กำหนดให้หม้อหุงข้าวนี้ทำการหุงข้าวในปริมาณ 370 กรัม ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไป 45 นาที เมื่อนำค่า Input ไปทำ Fuzzification เพื่อแปลงเป็นค่าฟัซซี สำหรับส่วนที่สองฟัซซีเซตใดๆ ซ้อนทับกันสามารถสรุปได้โดยหา  $\max(A1, A2)$

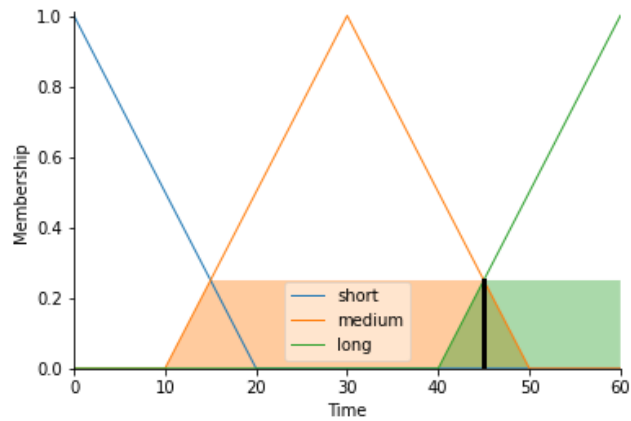
1. ปริมาณข้าว 370 กรัมมีค่าความเป็นสมาชิกใน “LOW” เท่ากับ 0.17 และ “MEDIUM” เท่ากับ 0.8 จะได้ว่า  $\max(0.17, 0.8) = 0.8$
2. อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีค่าความเป็นสมาชิกใน “MEDIUM” เท่ากับ 0.1 และ “HIGH” เท่ากับ 0.4 จะได้ว่า  $\min(0.1, 0.4) = 0.4$
3. เวลา 45 นาทีมีค่าความเป็นสมาชิกใน “MEDIUM” เท่ากับ 0.2 และ “LONG” เท่ากับ 0.2 จะได้ว่า  $\min(0.2, 0.2) = 0.2$



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของปริมาณข้าว 370 กรัม



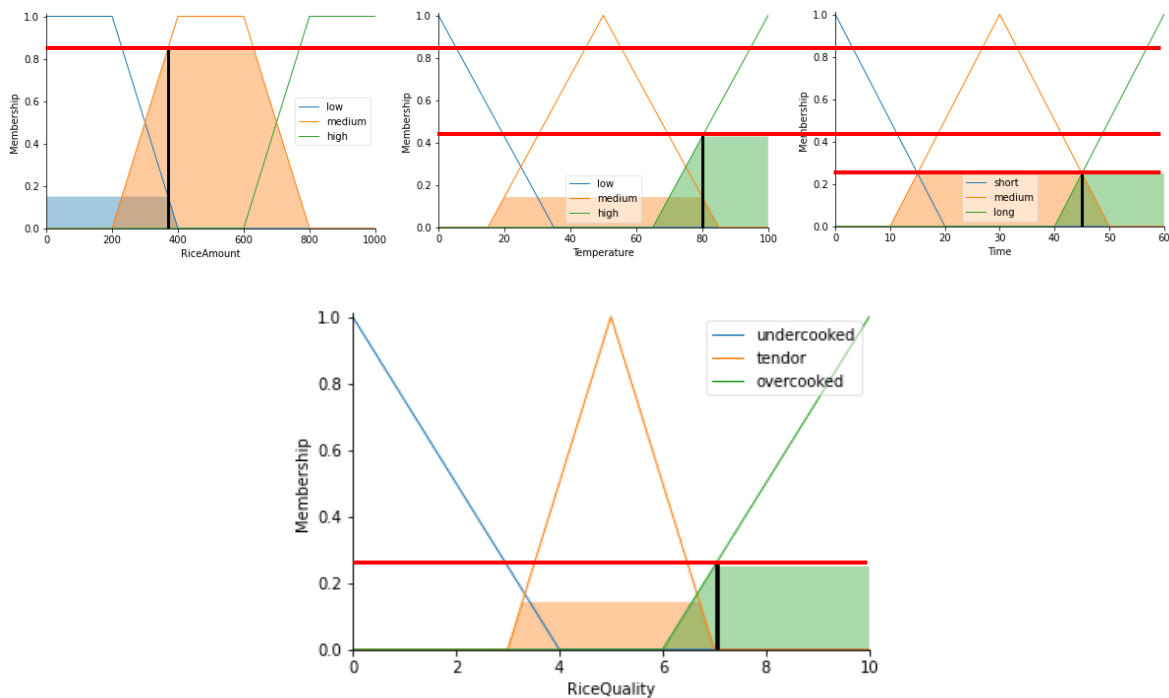
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของเวลา 45 นาที

สำหรับการอนุมานผลลัพธ์ที่ได้การกฎที่มีอยู่ใน Inference Rules จะใช้วิธี Max-Min Composition โดยก่อนหน้านี้นี้ระบบได้สรุป Input ที่เข้ามาและแปลงเป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซตนั้นๆ แล้ว ต่อมาให้พิจารณากฎที่สอดคล้องกับฟัซซีเซตของ input features ที่ได้ก่อนหน้านี้นี้ ซึ่งนั่นคือ

กฎที่ 23 – “If RiceAmount is MEDIUM and Temperature is HIGH and Time is MEDIUM then RiceQuality is OVERCOOKED”



รูปที่ 5.4 กระบวนการ Max-Min Composition

## ผลการทดลอง

จากการบวนการข้างต้น จะได้ว่า RiceQuality มีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต OVERCOOKED เท่ากับ 0.25 และเมื่อได้ฟัซซีเซตกับค่าความเป็นสมาชิกของ RiceQuality มาแล้วให้ทำการ Defuzzification ด้วยวิธีหาจุด centroid หรือจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งระบบคำนวณได้เท่ากับ 7.039515615041427 หรือระดับที่ 7 ข้าวสุกเกินไปนั่นเอง

## วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ถ้าหุงข้าวปริมาณ 370 กรัม ในอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 45 นาที จะได้ข้าวที่มีคุณภาพอยู่ในระดับที่ 7 หรือระดับที่ข้าวสุกเกินไป ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 23 ใน Inference Rules นั่นคือ ถ้าข้าวปานกลาง อุณหภูมิสูง และเวลาที่ใช้ปานกลาง แล้วข้าวที่ได้จะสุกเกินไป

## ภาคผนวก

Source Code ที่ใช้ในการทำระบบหม้อหุงข้าว

- <https://github.com/B2BeeBosz/IntroToCI/blob/master/HW2/261456%20Homework%202.ipynb>