

เนื้อหาการบรรยายครั้งที่ 7

- ตรรกะฟัซซี่ (Fuzzy logic)

ตํรกะฟ้ชชี

ฟ้ชชีเซต

การอนูมานแบบฟ้ชชี

การประกยุกต์ใช้งาน

การแก้ปัญหาความไม่แน่นอน

ใช้ทฤษฎีหรือหลักทางคณิตศาสตร์และสถิติ

- ทฤษฎีทางสถิติ

- ทฤษฎีความน่าจะเป็น

- ทฤษฎีของ Bayes

- Bayesian Network

- ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์

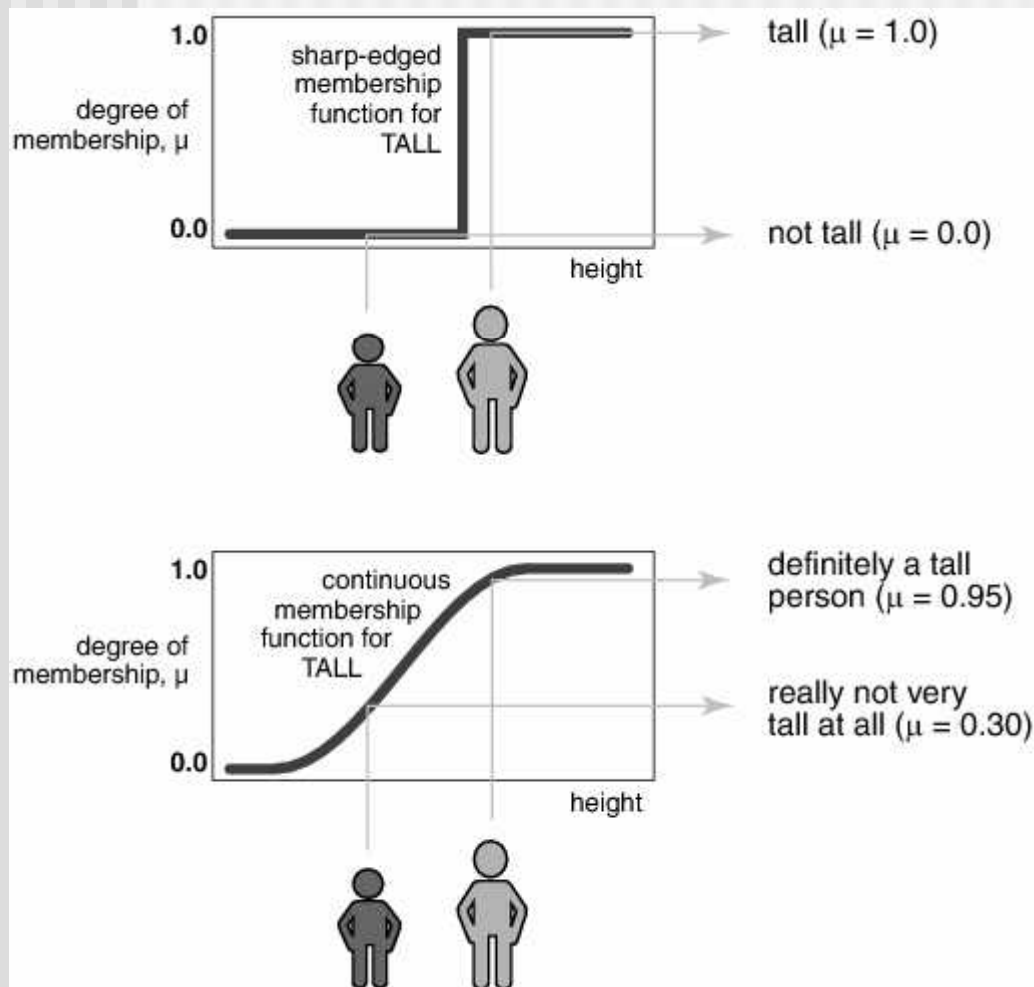
- ทฤษฎีของ Dempster and Shafer

- Fuzzy Logic

ฟัซซีเซต

- ภาษาพูดไม่มีการกำหนดค่าที่แน่นอน (linguistic value)
 - ช้า เร็ว เร็วมาก
 - เตี้ย สูง สูงมาก
- Fuzzy set (Zadeh, 1965) เป็นทฤษฎีเซตรูปแบบหนึ่ง
 - นิยามการเป็นสมาชิกของเซตใดๆ โดยการกำหนดเป็นค่าระดับความเป็นสมาชิก (degree of membership) อยู่ในช่วง 0-1
 - ถ้าระดับการเป็นสมาชิกเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่ได้เป็นสมาชิก
 - ถ้าระดับการเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 แสดงว่าเป็นสมาชิกอย่างแน่นอน

ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก



ค่าระดับความเป็นสมาชิก อยู่ที่การนิยามขึ้นเอง
นิยมเขียนในรูปฟังก์ชันการเป็นสมาชิก
(*membership function*) หรือในรูปคู่ลำดับ

ตัวอย่าง

ความสูง เป็นไปได้ 2 ค่าคือ สูง และไม่สูง

$$mTall(x) = \mu$$

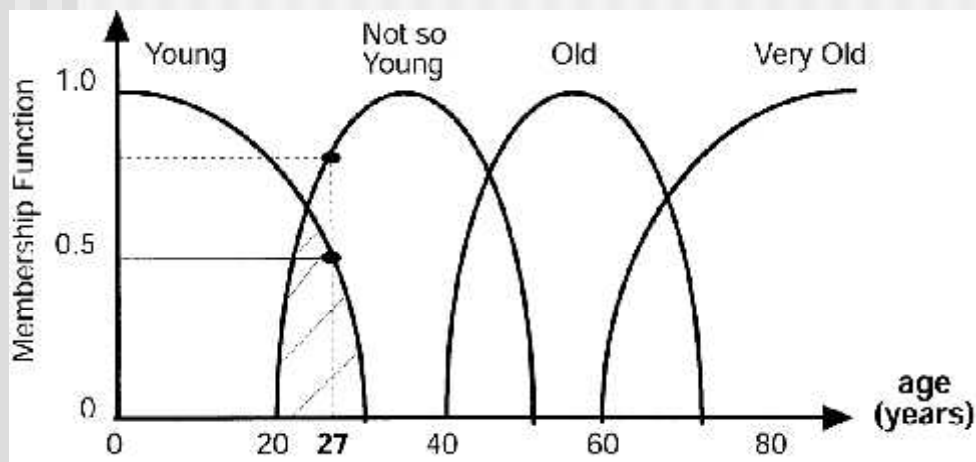
mTall ฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกของคนสูง

x เป็นตัวแปรที่ต้องการทราบค่า μ

μ ค่าระดับการเป็นสมาชิกอยู่ในช่วง 0-1

“John is tall” $\rightarrow mTall(John) = 0.95$

ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก



Membership function of Age

- $m_{\text{Young}}(x)$ หรือ $\mu_{\text{young}}(x)$
- $m_{\text{NotSoYoung}}(x)$
- $m_{\text{Old}}(x)$
- $m_{\text{VeryOld}}(x)$

ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก หาได้จากหลายวิธี

- สืบจากข้อมูลทางสถิติ
- สมการทางคณิตศาสตร์
- ความรู้/ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

ตัวอย่าง

- เซตของอายุทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0-100
- Young เป็น fuzzy set ของอายุน้อย
- $m_{\text{Young}}(x)$ เป็นฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของ fuzzy set Young กำหนดด้วยสมการแทนเส้นโค้งในรูป โดย x อยู่ในเซตของอายุ

ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

Fuzzy set

- $m_{\text{Tall}}(\text{John}) = 0.8$
- John มีระดับการเป็นสมาชิกในเซตของคนสูงเท่ากับ 0.8
- John เป็นคน “ค่อนข้าง” สูง ถ้า 0.8 ตีความได้ว่า “ค่อนข้าง” ในภาษาพูด

Probability

- $m_{\text{Tall}}(\text{John}) = 0.8$
- John มีความน่าจะเป็นคนสูง 0.8
- โอกาสที่ John เป็นคนสูงเท่ากับ 0.8

ตัวดำเนินการของฟัซซี่เซต

■ Complement

$$mA' = 1 - mA$$

■ Union (OR)

$$\text{ถ้า } C = A \cup B$$

$$mC(x) = \max(mA(x), mB(x))$$

■ Intersection (AND)

$$\text{ถ้า } C = A \cap B$$

$$mC(x) = \min(mA(x), mB(x))$$

ตัวอย่าง

กำหนด 2 เหตุการณ์เป็นอิสระต่อกัน

■ Tall เป็น fuzzy set ของความสูง

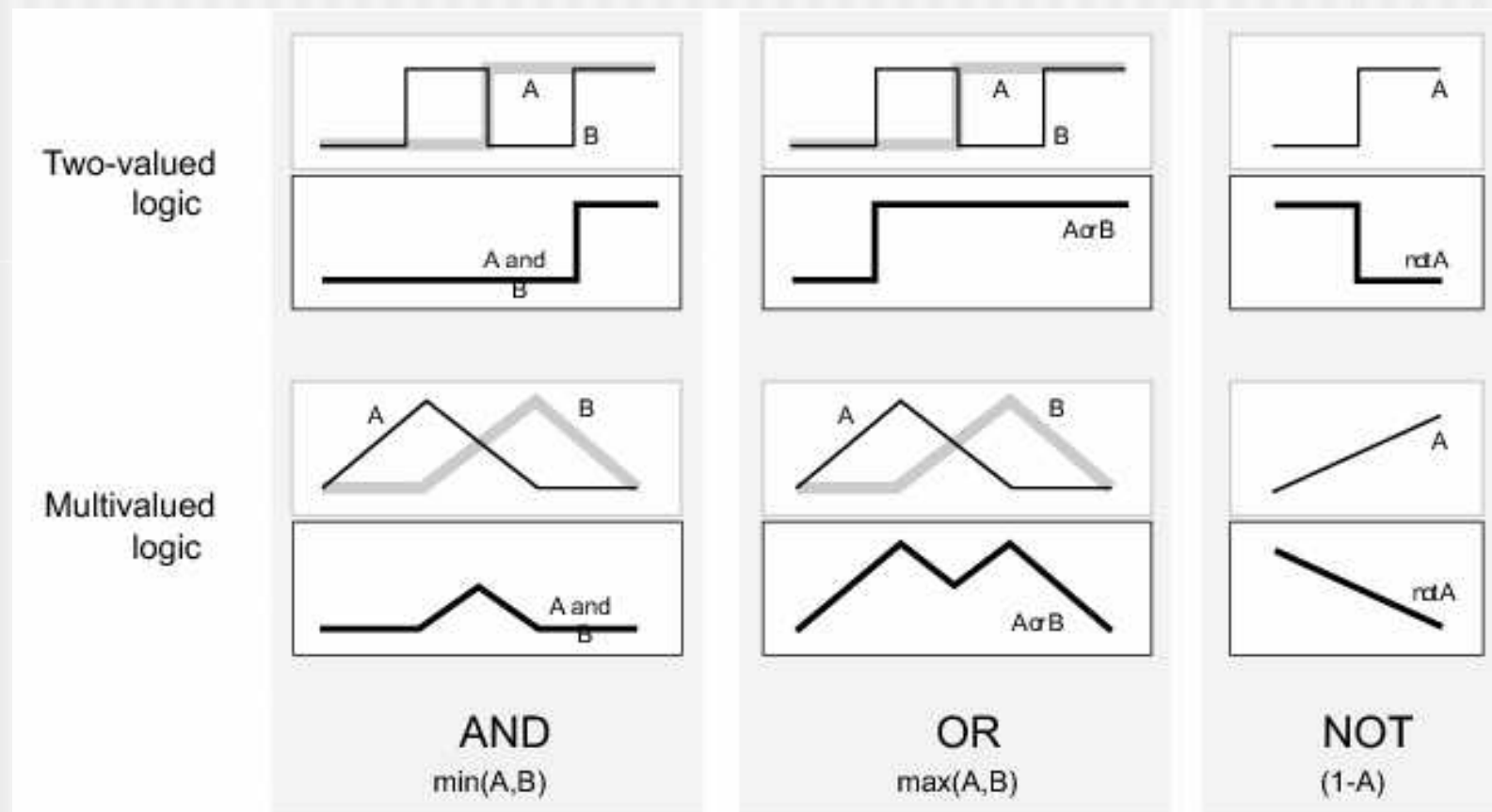
■ Smart เป็น fuzzy set ของความเก่ง

กำหนดให้

■ $mTall(John) = 0.9$

■ $mSmart(John) = 0.9$

ตัวดำเนินการของฟิสิกส์เซต



ตัวดำเนินการของฟัซซี่เซต

Fuzzy set

- $mTall(John) \sqcap mSmart(John)$
 $= \min(mTall(John), mSmart(John))$
 $= \min(0.9, 0.9)$
 $= 0.9$

- John เป็นคนสูง**และ**เก่ง มาก

Probability

- $mTall(John) \sqcap mSmart(John)$
 $= mTall(John) * mSmart(John)$
 $= 0.9 * 0.9$
 $= 0.81$

- โอกาสที่ John เป็นคนสูง**และ**เก่ง เท่ากับ 0.81 (ต่ำลง)

- John เป็นคน “ค่อนข้าง” สูง**และ**เก่ง

- ความหมายไม่ถูกต้องนัก

ตัวดำเนินการของฟัซซี่เซต

Fuzzy set

- $mTall(John) \cup mSmart(John)$
 $= \max(mTall(John), mSmart(John))$
 $= \max(0.9, 0.9)$
 $= 0.9$

- John เป็นคนสูงมากหรือเก่งมาก

Probability

- $mTall(John) \cup mSmart(John)$
 $= (mTall(John) + mSmart(John))$
 $\quad - (mTall(John) * mSmart(John))$
 $= (0.9 + 0.9) - (0.9 * 0.9) = 0.99$

- โอกาสที่ John เป็นคนสูงหรือเก่งเท่ากับ 0.99 (สูงขึ้น)

การอนุมานแบบฟัซซี่

- จากกฎฟัซซี่

IF x is A THEN y is B

- A และ B เป็น linguistic values ที่อยู่ใน fuzzy set ของ x และ y
- if-part ของกฎ " x is A " เรียกว่า *antecedent* หรือ premise (สมมติฐาน)
- then-part ของกฎ " y is B " เรียกว่า *consequent* or conclusion (ข้อสรุป)

- การ

binary logic: $p \rightarrow q$ (p and q are either both true or both false.)

fuzzy logic: $0.5p \rightarrow 0.5q$ (Partial antecedents provide partial implication.)

การอนุมานแบบฟัซซี่

กระบวนการอนุมานสำหรับกฎที่ใช้หลักการของฟัซซี่ มี 4 ขั้นตอน

- **Fuzzification** การแปลงข้อมูลเข้า สำหรับ linguistic variable ให้เป็นค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยให้สอดคล้องกับ fuzzy set ที่ออกแบบไว้สำหรับตัวแปรนั้น
- **Rule Inference** การนำข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 มาทำการอนุมานกับกลุ่มของกฎ โดยดูเฉพาะกฎข้อที่มีเงื่อนไขตรงกับข้อมูลที่ได้
- **Rule Composition** การนำค่าความเชื่อมั่นของกฎที่เกี่ยวข้องมาหาข้อสรุป
- **Defuzzification** การแปลงค่าระดับความสมานชิกกลับไปสู่ค่าความเชื่อมั่น

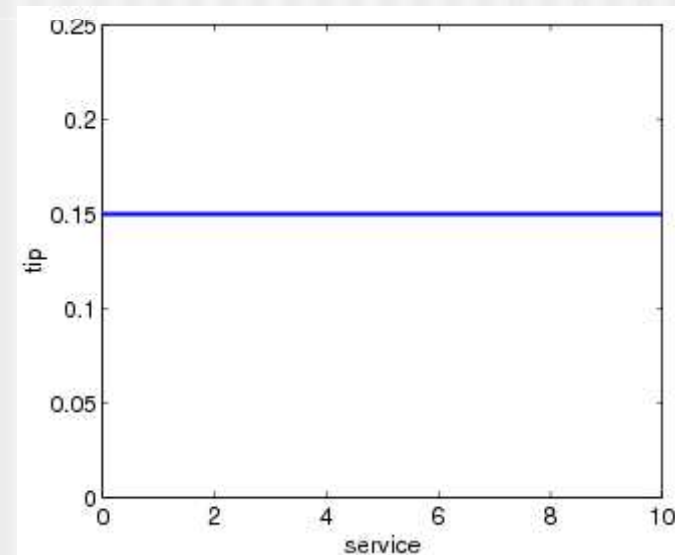
การประยุกต์ใช้

- **The Basic Tipping Problem.** Given a number between 0 and 10 that represents the quality of service at a restaurant (where 10 is excellent), what should the tip be?

- **The Nonfuzzy Approach**

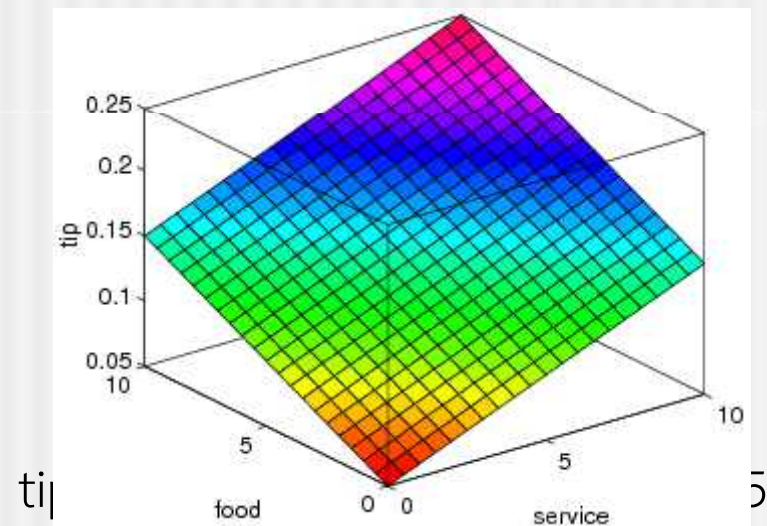
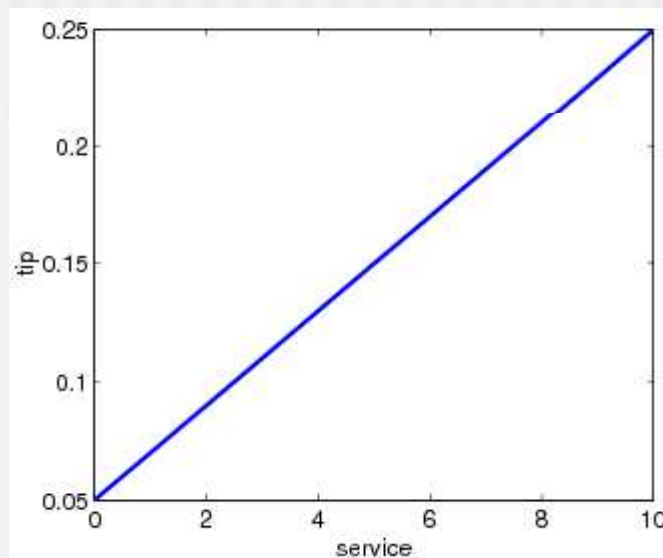
Begin with the simplest possible relationship. Suppose that the tip always equals 15% of the total bill.

$$\text{tip} = 0.15$$

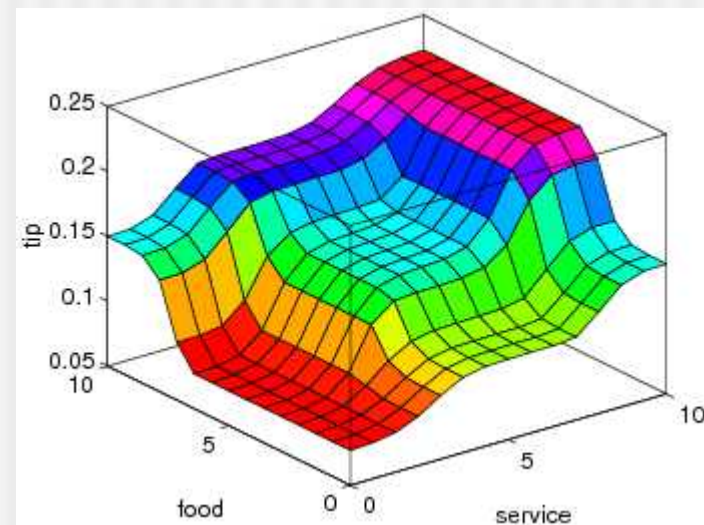
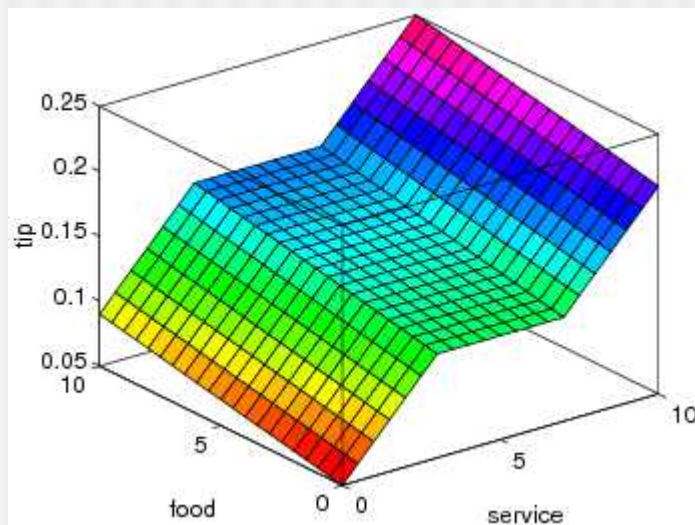
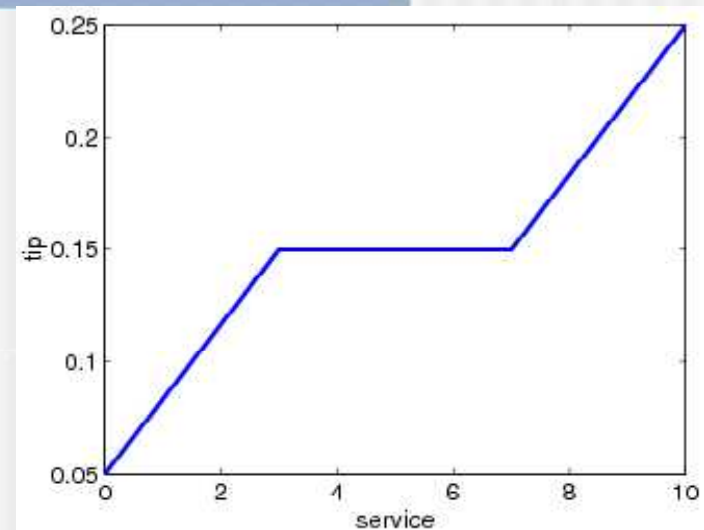
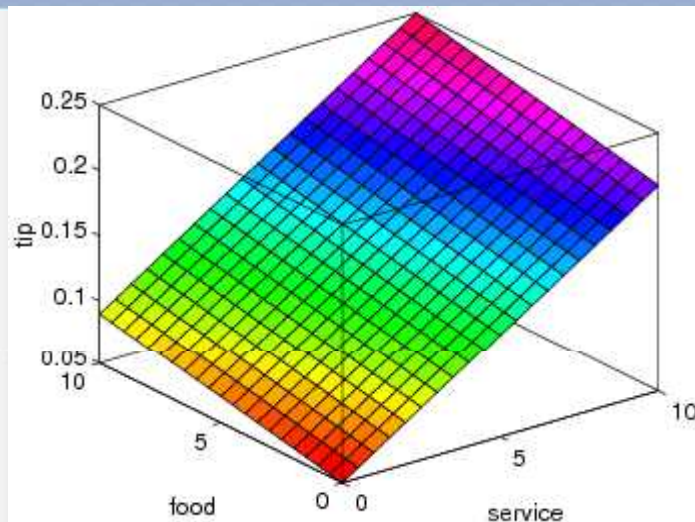


The Nonfuzzy Approach

Now, the relationship take into account the quality of the service.



Nonfuzzy VS. Fuzzy Approach



The Fuzzy Approach

Tipping Problem Rules — Service Factor

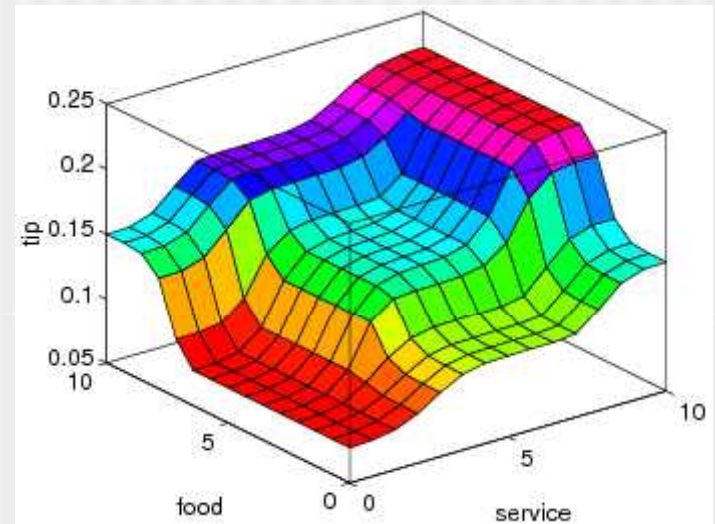
- If service is poor, then tip is cheap
- If service is good, then tip is average
- If service is excellent, then tip is generous

Tipping Problem Rules — Food Factor

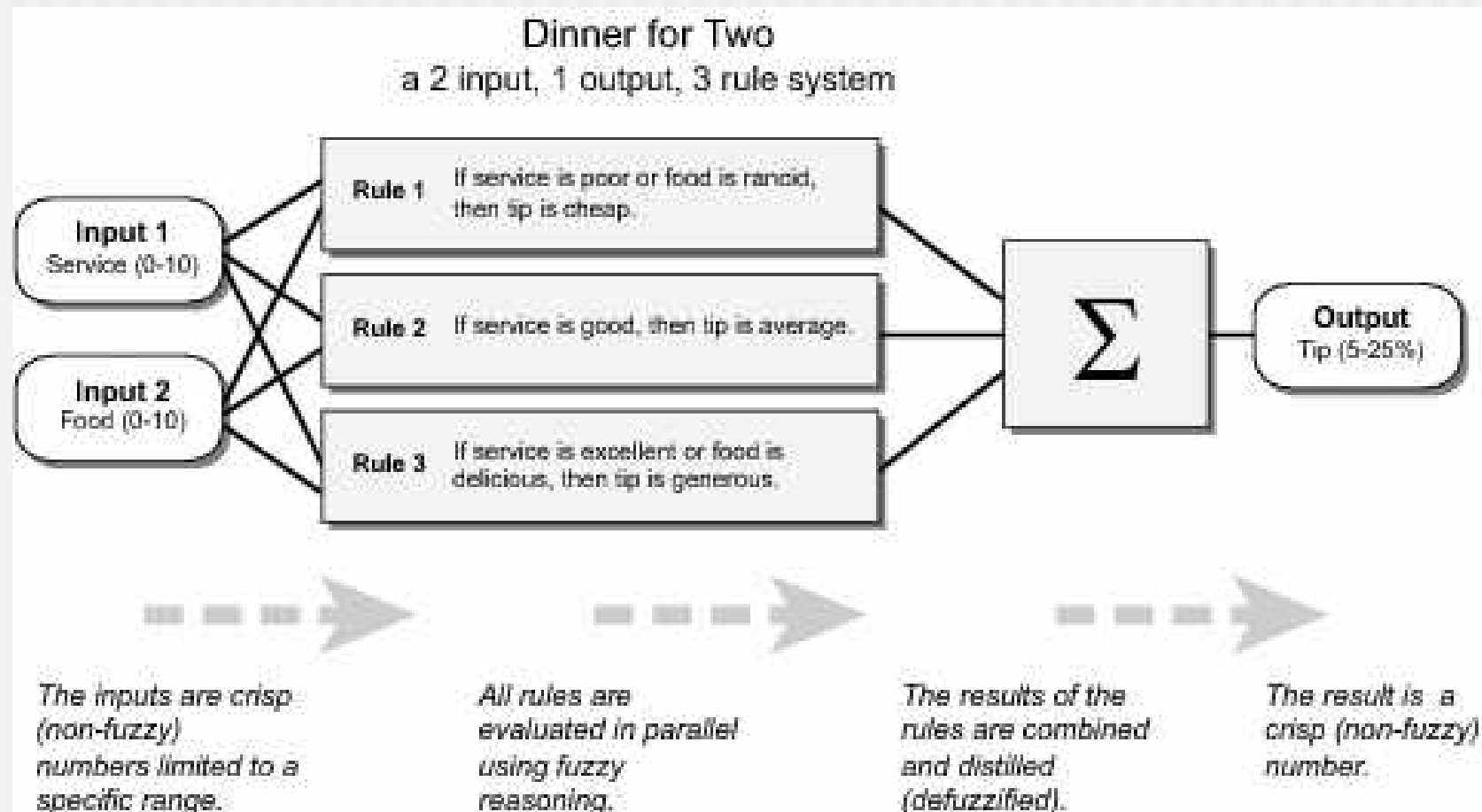
- If food is rancid, then tip is cheap
- If food is delicious, then tip is generous

Tipping Problem — Both Service and Food Factors

- If service is poor or the food is rancid, then tip is cheap
- If service is good, then tip is average
- If service is excellent or food is delicious, then tip is generous

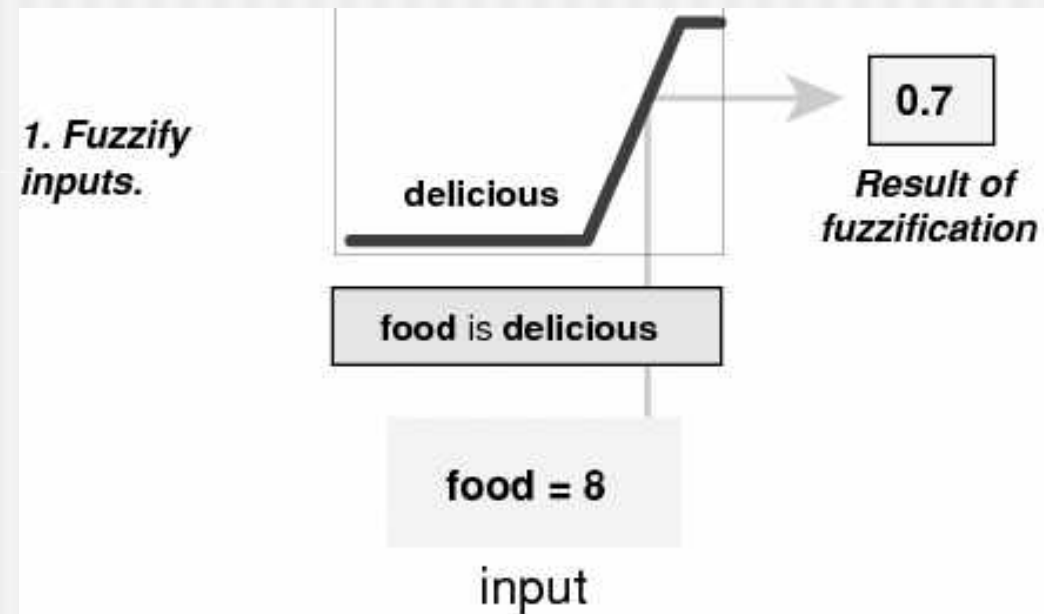


Fuzzy Inference Process



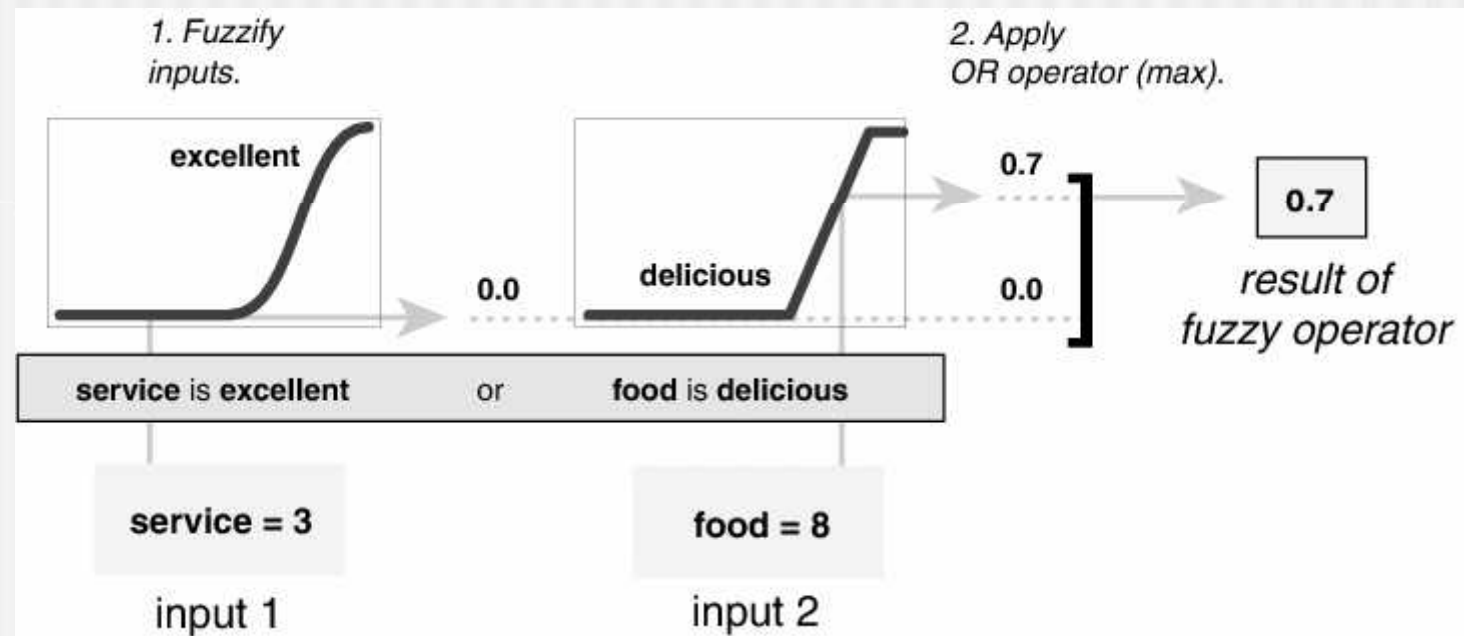
Fuzzy Inference Process

■ Fuzzification



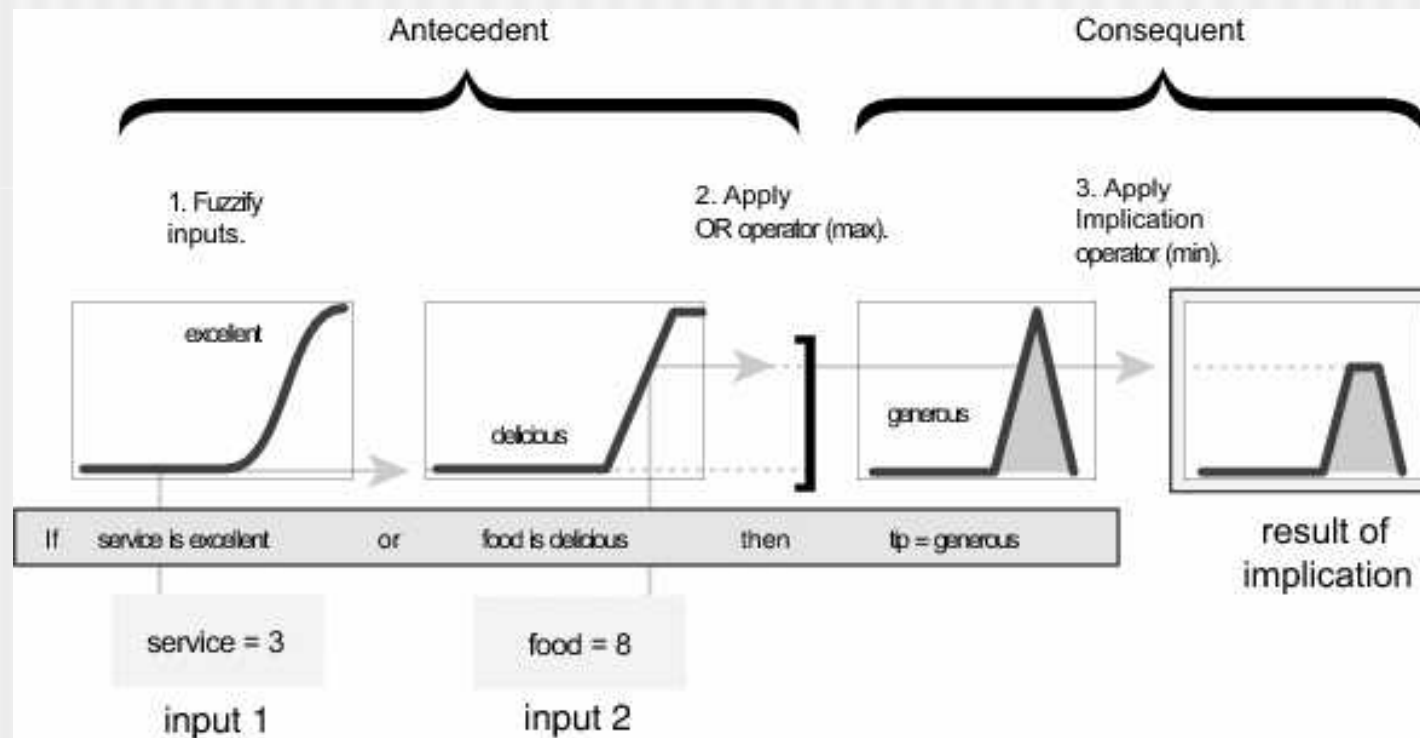
Fuzzy Inference Process

■ Rule Inference



Fuzzy Inference Process

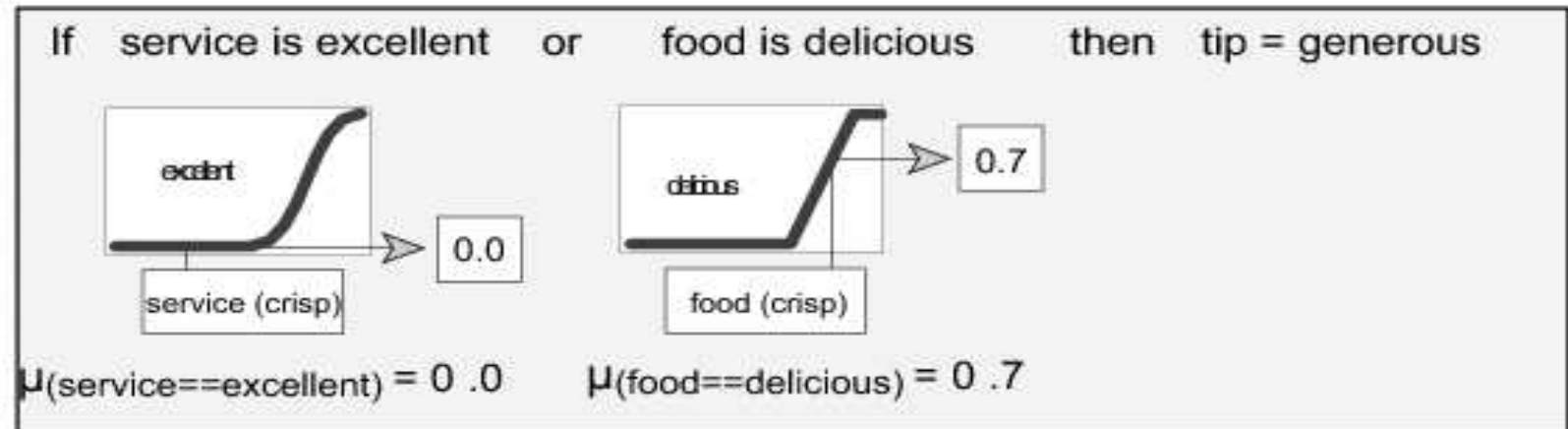
■ Rule Inference



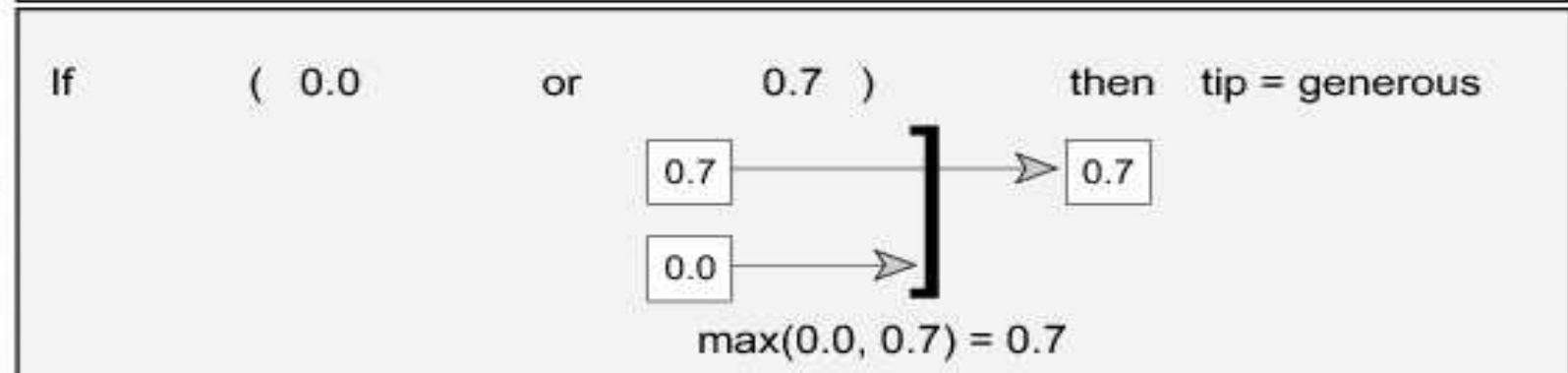
Antecedent

Consequent

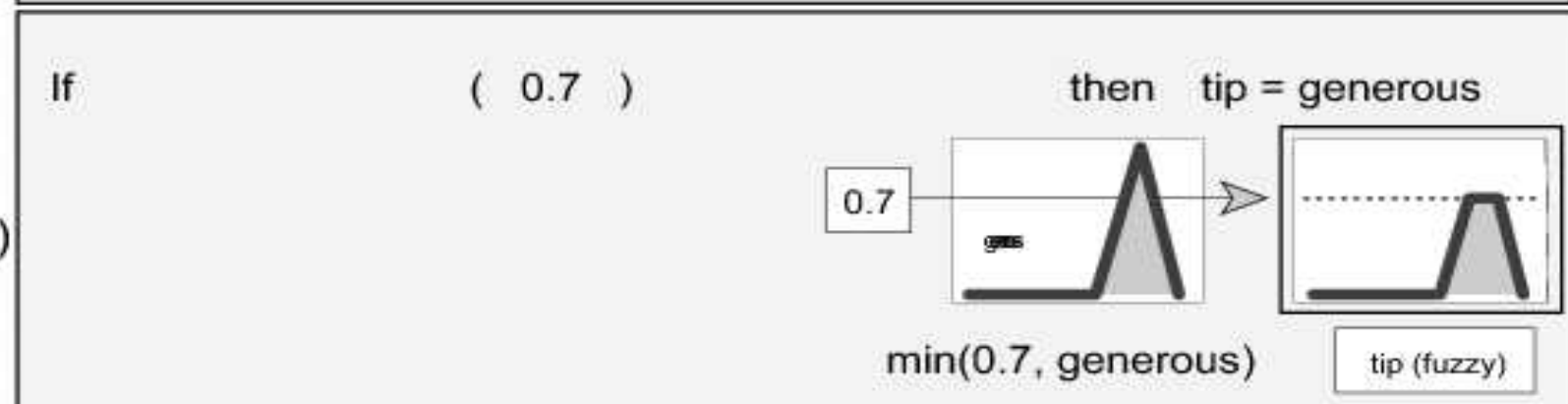
1. Fuzzify inputs



2. Apply OR operator (max)

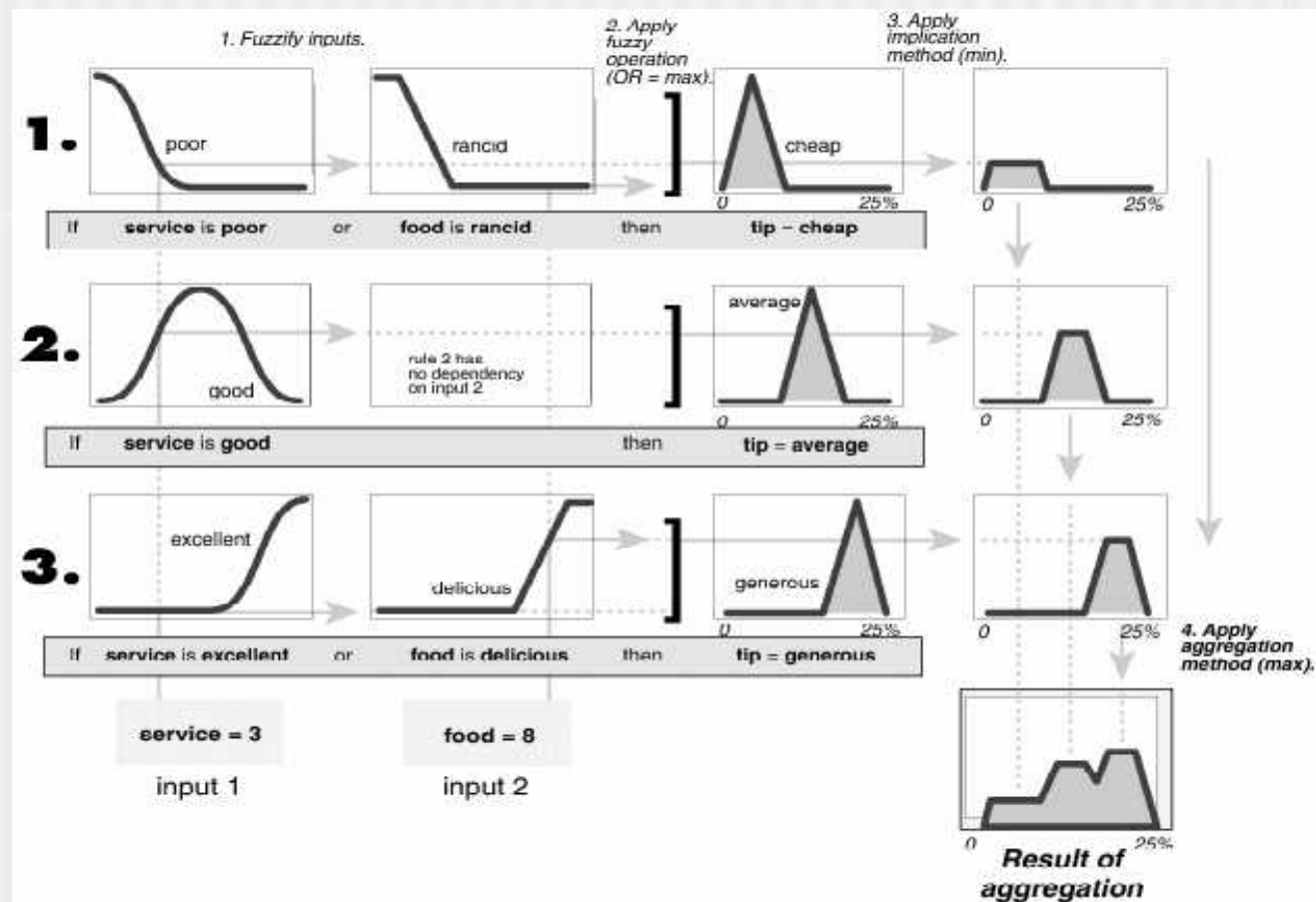


3. Apply implication operator (min)



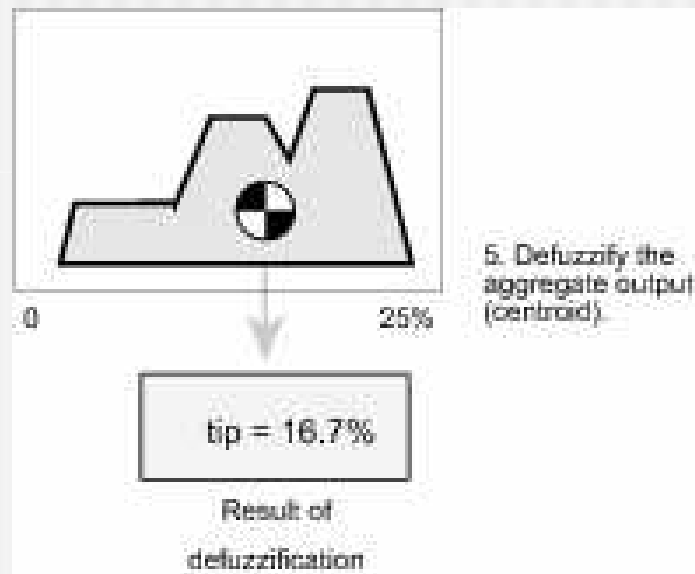
Fuzzy Inference Process

■ Rule Composition



Fuzzy Inference Process

■ Defuzzification

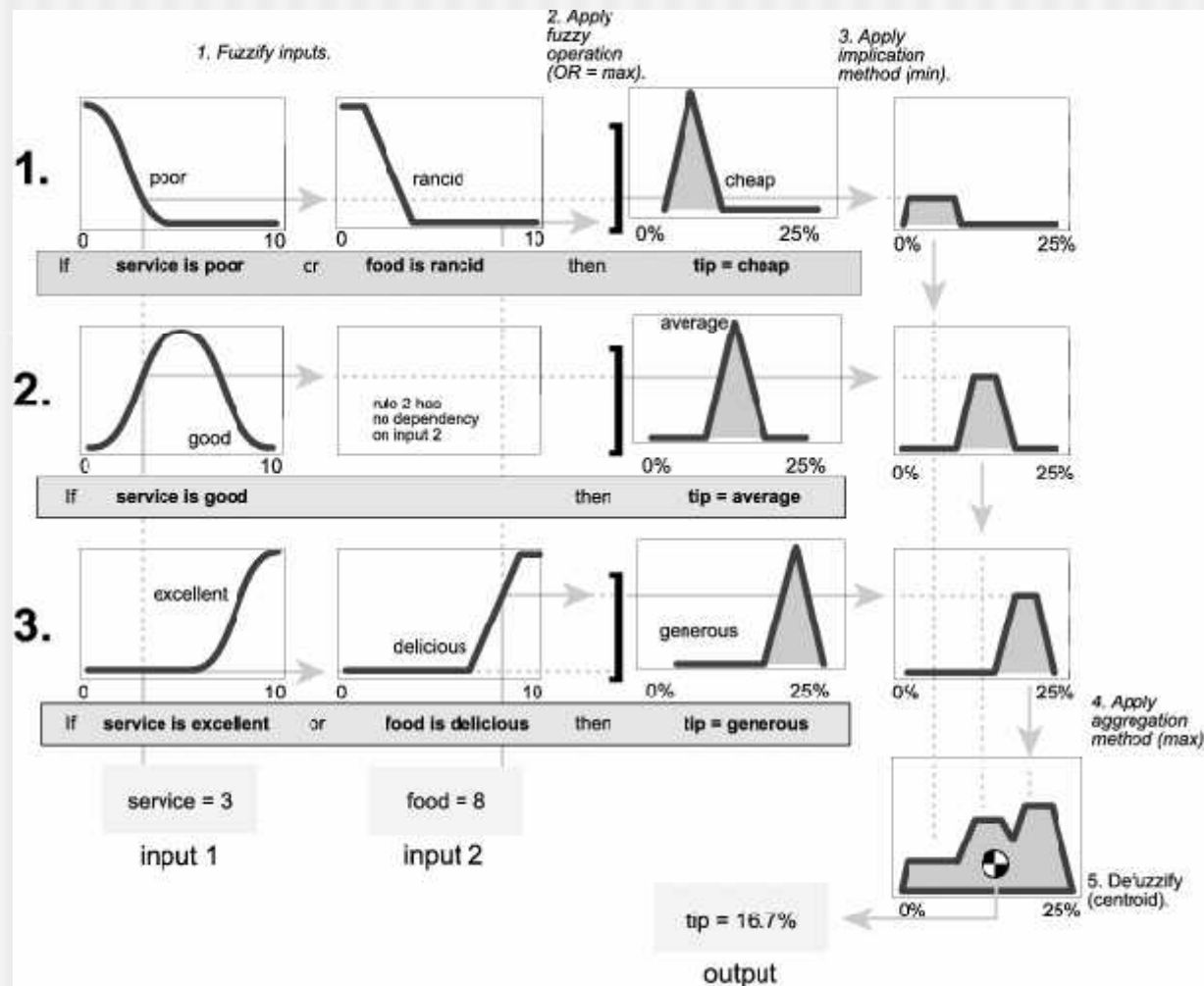


- The most popular method is the centroid calculation

■ Defuzzification method

- centroid (returns the center of area under the curve)
- bisector
- middle of maximum (the average of the maximum value of the output set)
- largest of maximum
- smallest of maximum.

Fuzzy Inference Process



การประยุกต์ใช้งาน

ระบบผู้เชี่ยวชาญของสถาบันการเงินแห่งหนึ่ง ต้องการทำนายว่าลูกค้าสนใจทำประกันชีวิตด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่าใด

ระบบมีฐานความรู้ในรูปของกฎ 3 ข้อ

กฎข้อ 1: IF age is young **AND** previous_accepts are several
THEN life_insurance_accept is high

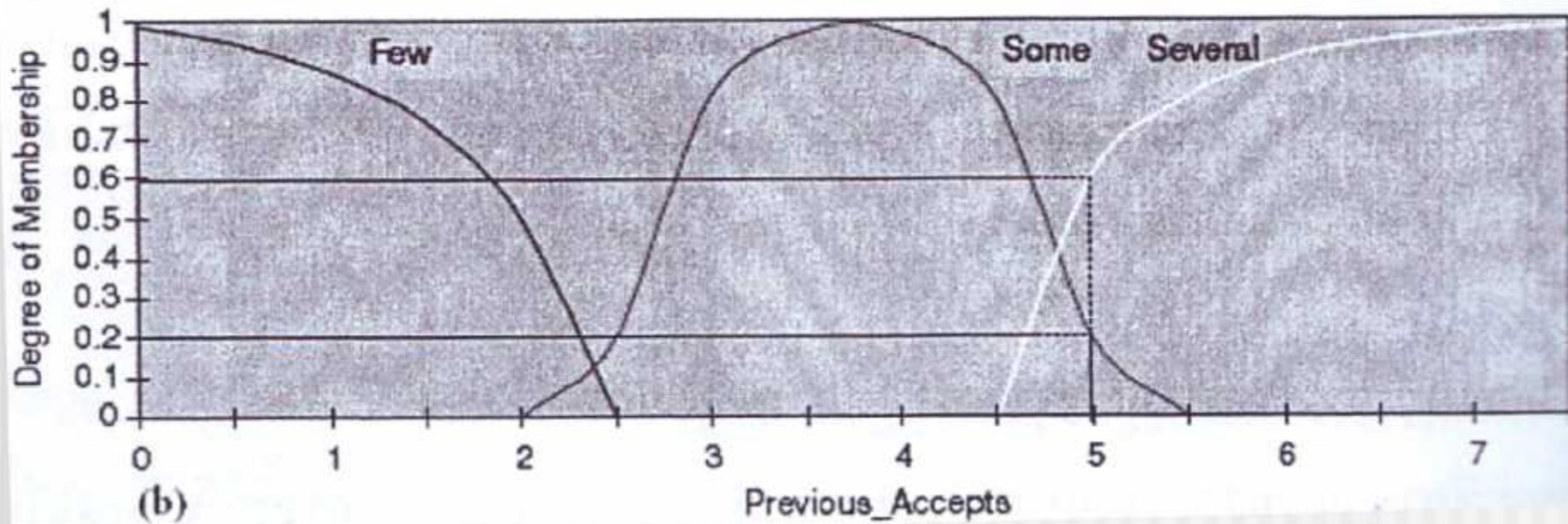
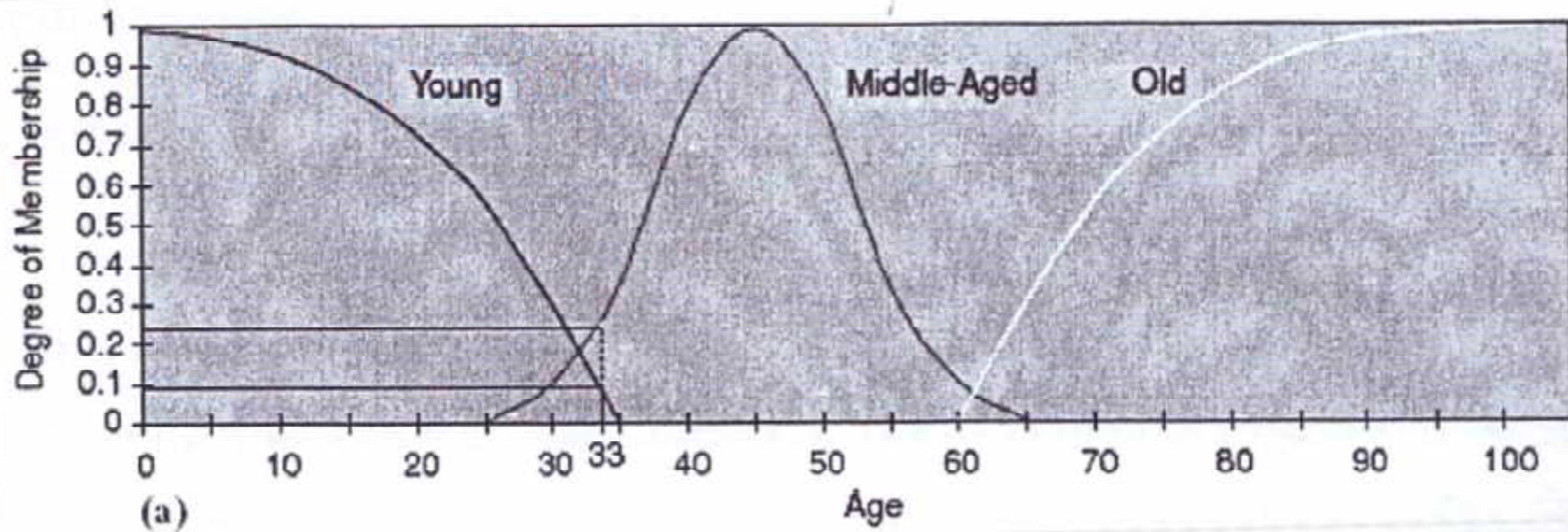
กฎข้อ 2: IF age is middle-aged **AND** previous_accepts are some
THEN life_insurance_accept is moderate

กฎข้อ 3: IF age is old **AND** life_insurance_accept is low

การประยุกต์ใช้งาน

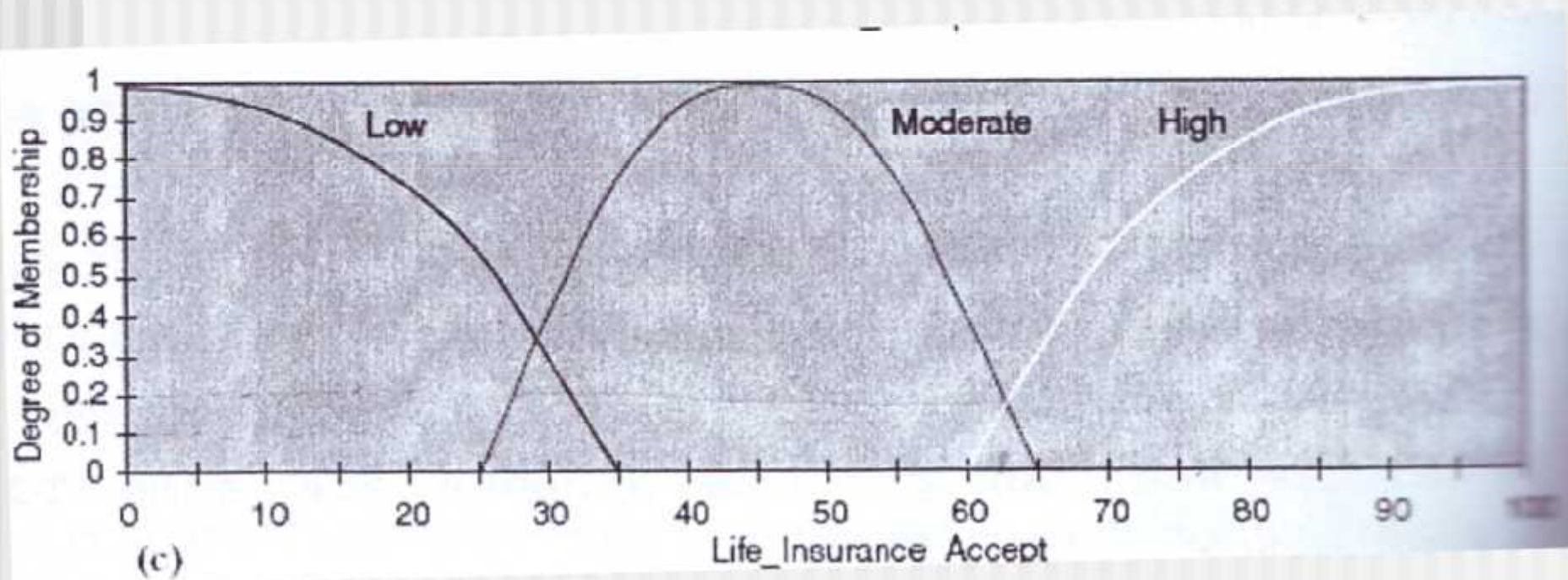
- linguistic variable มี 3 ตัวแปร
 - age (young, middle_age, old)
 - previous_accept (few, some, several)
 - life_insurance_accept (low, moderate, high)
- ตัวแปรแต่ละตัว มี fuzzy set 3 เซ็ต เช่น
 - fuzzy set ของอายุน้อย (age = young)
 - fuzzy set ของอายุกลางคน (age = middle-aged)
 - fuzzy set ของอายุมาก (age = old)

- กำหนด fuzzy set ในรูปของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรทั้ง 3



การประยุกต์ใช้งาน

- กำหนด fuzzy set ในรูปของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรทั้ง 3



การประยุกต์ใช้งาน

ลูกค้ารายหนึ่งอายุ 33 ปี เคยสมัครเข้าโครงการ promotion ของสถาบันการเงินมาแล้ว 5 ครั้ง

■ ขั้นตอนที่ 1 Fuzzification

- แปลงข้อมูลเข้าสำหรับ linguistic variable ให้เป็นค่าระดับความเป็นสมาชิก

<u>Fuzzy set</u>	<u>Degree of membership</u>
age = young	0.10
age = middle-aged	0.25
previous_accepts = some	0.20
previous_accepts = several	0.60

การประยุกต์ใช้งาน

■ ขั้นตอนที่ 2 Rule Inference

■ อนุมานข้อมูลเข้ากับกฎในฐานความรู้

กฎข้อ 1: IF age is young (0.1) **AND** previous_accepts (0.6) are several
THEN life_insurance_accept is high (0.1)

AND (intersection) = $\min(0.1, 0.6) = 0.1$

กฎข้อ 2: IF age is middle_aged (0.25) **AND** previous_accepts (0.2) are some
THEN life_insurance_accept is moderate

AND (intersection) = $\min(0.25, 0.2) = 0.2$

■ กระบวนการนี้เปรียบได้กับการตัดเส้นกราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

การประยุกต์ใช้งาน

- ขั้นตอนที่ 3 Rule Composition
 - นำค่าความเชื่อมั่นของกฎที่เกี่ยวข้องมาหาข้อสรุป
 - กระบวนการนี้เทียบได้กับการนำพื้นที่ใต้กราฟของกฎทั้งหมดมา intersect กัน

การประยุกต์ใช้งาน

■ ขั้นตอนที่ 4 Defuzzification

- การแปลงค่าระดับความสมาชิกกลับไปสู่ค่าความเชื่อมั่น
- กระบวนการนี้เทียบได้กับการหาจุดศูนย์กลางถ่วงของพื้นที่ใต้กราฟ
- จุดศูนย์กลางถ่วง (cg) = จุดที่แบ่งพื้นที่ใต้กราฟเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน

$$cg = \frac{\sum_{i=1}^n f(x_i)x_i}{\sum_{i=1}^n f(x_i)}$$

x_i คือ ค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากกฎที่ i

$f(x_i)$ คือ ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากกฎที่ i

n คือ จำนวนกฎที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

$$cg = \frac{[0.2 \times (35+45+55)] + [0.1 \times (65+75+85+95)]}{(0.2 \times 3) + (0.1 \times 4)} = 0.59$$

สรุป ลูกค้าสนใจทำประกันด้วยความเชื่อมั่น 59%

การประยุกต์ใช้งาน

- ในระบบผู้เชี่ยวชาญจริงๆ มีกฎจำนวนมาก
- ปัญหา – ความซับซ้อนของการประมวลผลในกรณีที่มีกฎหลายข้อที่สอดคล้องกับข้อมูลเข้า
- วิธีแก้ – ปรับปรุงขั้นตอนที่ 2 Rule inference
 - กำหนดค่า threshold เป็นค่าระดับความเป็นสมาชิกขั้นต่ำ
 - จำนวนกฎที่มีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า threshold เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ในขั้นต่อไป
 - จำนวนกฎลดลง

แบบฝึกหัด

ปัญหา – ประเมินระดับความเสี่ยงในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์

- มี input 2 ตัว คือ project funding และ project staffing
- เซตของ project_funding ประกอบด้วย **inadequate**, **marginal**, **adequate**
- เซตของ project_staffing ประกอบด้วย **small** และ **large**.

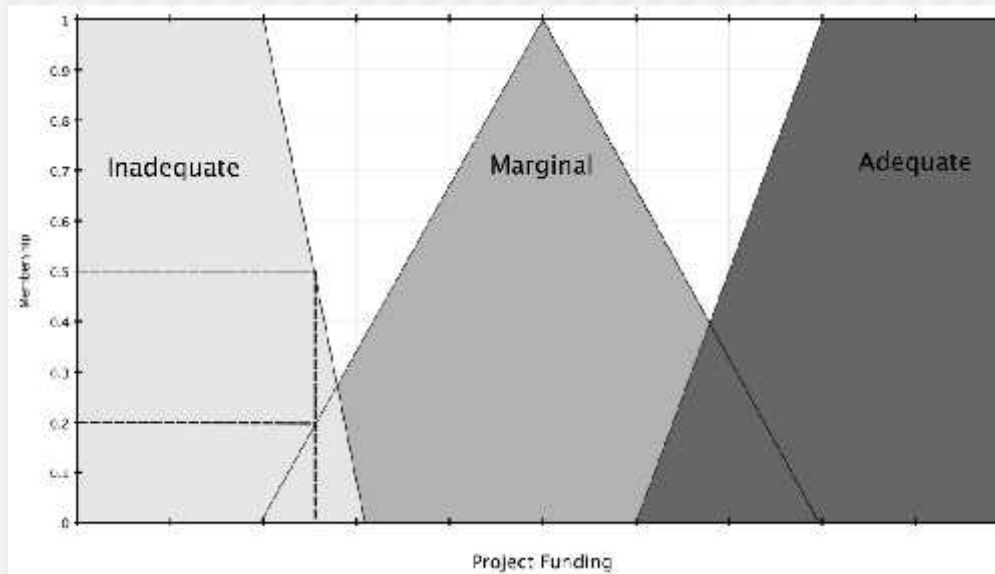
กฎมี 3 ข้อ

- If *project_funding* is **adequate** or *project_staffing* is small then risk is **low**.
- If *project_funding* is **marginal** and *project_staffing* is large then risk is **normal**.
- If *project_funding* is **inadequate** then risk is **high**.

แบบฝึกหัด (ต่อ)

โจทย์

- สมมติว่าโครงการหนึ่งมี $\text{project_funding} = 35\%$ และ $\text{project_staffing} = 60\%$
จงประเมินระดับความเสี่ยงของโครงการนี้

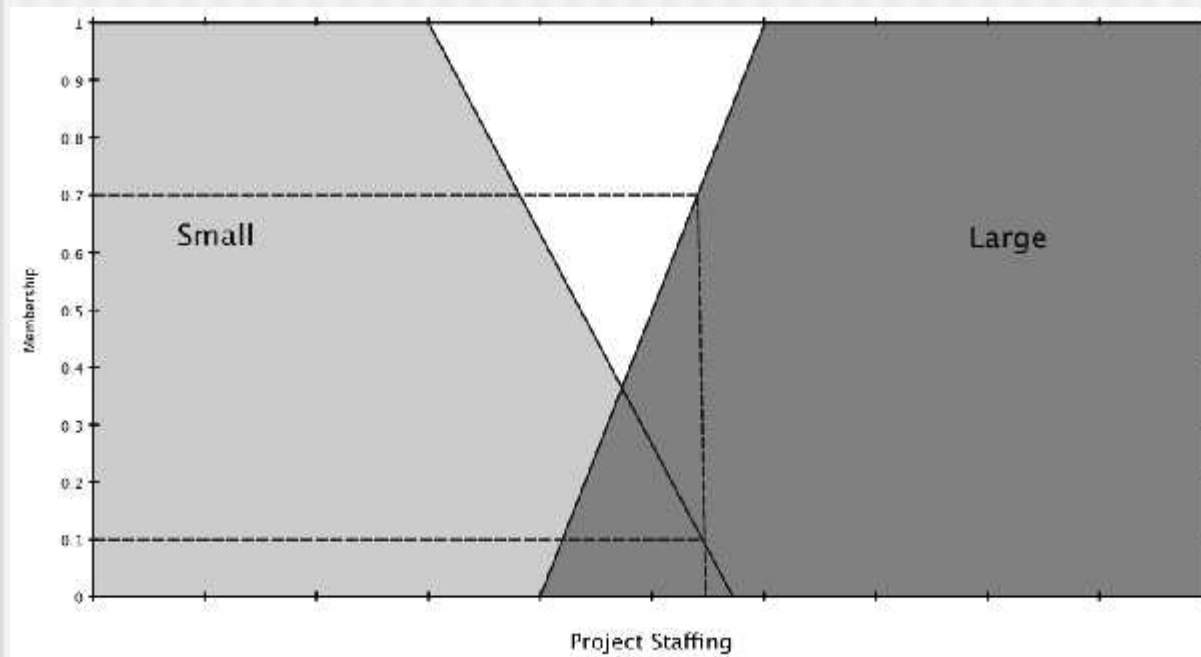


$$\mu_{\text{funding=inadequate}}(35) = 0.5$$

$$\mu_{\text{funding=marginal}}(35) = 0.2$$

$$\mu_{\text{funding=adequate}}(35) = 0.0$$

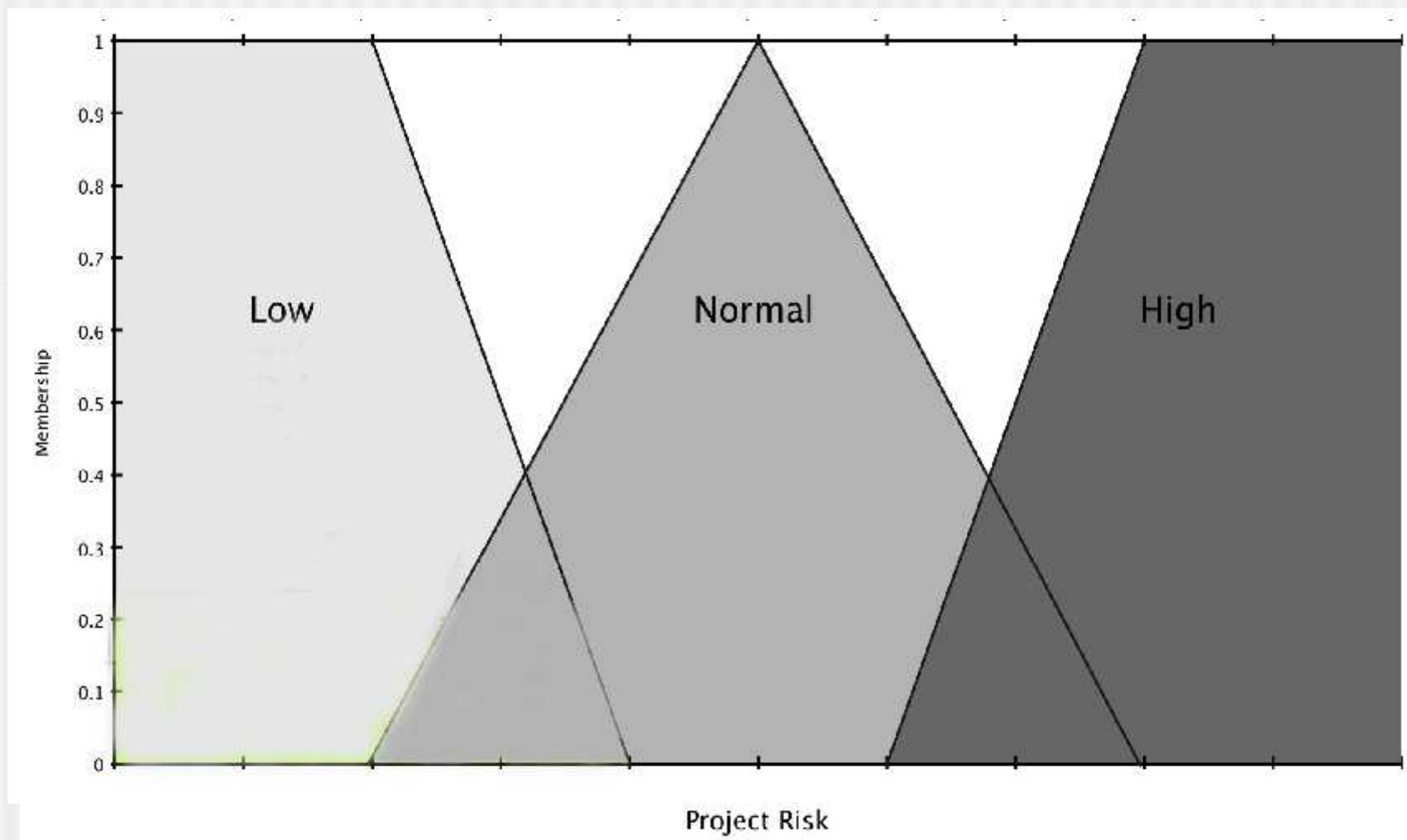
แบบฝึกหัด (ต่อ)



$$\mu_{\text{staffing=small}}(60)=0.1$$

$$\mu_{\text{staffing=large}}(60)=0.7$$

แบบฝึกหัด (ต่อ)



บรรณานุกรม

- Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy sets, Information and Control 8, pp.338-353.
- MathWorks, Foundations of Fuzzy Logic,
http://www.mathworks.com/help/toolbox/fuzzy/bp78l6_-1.html
- นवलวรรณ สุนทรภิชช์ม 2552, ปัญญาประดิษฐ์, กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.