

การประยุกต์ใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

Application of Fuzzy Logic System for Evaluating Students' Learning Achievement

สุวรรณี ฐูปจิ้น,¹ มณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ,² มนต์ชัย เทียนทอง,²

Suwannee Thoobjeen,¹ Montean Rattanasiriwongwut,² Monchai Tiantong,²

Received: 26 January 2016; Accepted: 23 April 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic system) สำหรับใช้ในกระบวนการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ในงานวิจัยได้ศึกษาหลักการการทำงานและองค์ประกอบของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ เช่น ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ฐานกฎถ้าแล้ว (If-then rule base) และตัวแปรภาษา (linguistic variable) เป็นต้น พร้อมทั้งแสดงวิธีการนำระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือไปประยุกต์ใช้ให้กับผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในกระบวนการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในระบบประเมินผลได้นำผลคะแนนสอบที่ได้จากการสอบวัดความรู้ความสามารถจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนมาทำการประเมินผลสัมฤทธิ์เป็นเพียงผ่านหรือไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้งานวิจัยยังได้ทำการเปรียบเทียบวิธีประเมินผลสัมฤทธิ์ด้วยระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือกับวิธีอื่น ๆ อีกสองวิธี ได้แก่ วิธี Classical Method และวิธี T-score

คำสำคัญ: ตรรกศาสตร์คลุมเครือ การประเมินผลสัมฤทธิ์

Abstract

This research presents the application of a fuzzy logic system for evaluating students' learning achievement. It study the principles and the configurations behind the fuzzy logic system such as membership function, If-then rule base, linguistic variable and illustrates how. These principles could be applied by educators for evaluating students. In this system student performance depends on exam paper results and it is evaluated only as success or failure. In addition, the researchers also compared the fuzzy evaluation method with classical method and t-score method.

Keywords: fuzzy logic, evaluating students' learning achievement

บทนำ

การประเมินผลผู้เรียนเป็นกระบวนการอย่างมีระบบ ที่นำข้อมูลจากการวัดผลมาตีค่าและตัดสินคุณภาพของผู้เรียน ซึ่งการวัดและการประเมินผลเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องกัน เมื่อมีการวัดผลจะทำให้ได้ข้อมูลและรายละเอียดหลายด้าน และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งเพื่อตีค่า หรือสรุปคุณค่าออกมาถือว่าเป็นกระบวนการประเมิน ผลการประเมินจะมีความถูกต้องเที่ยงตรงเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องของผลการวัด ถ้าผลการวัด

ถูกต้องการประเมินก็จะมีที่น่าเชื่อถือได้มากและตรงตามความเป็นจริง ถ้าผลการวัดผิดพลาดการประเมินก็จะผิดพลาดไปด้วย¹

กระบวนการวัดและประเมินผลที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีอยู่หลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองวิธี ได้แก่ การวัดและประเมินผลแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม การตัดสินแบบอิงเกณฑ์นั้นจะนำผลการสอบของผู้เรียนแต่ละคนไปเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า ขณะที่การวัดและประเมินผลแบบอิงกลุ่มจะใช้หลักการเปรียบเทียบกันเอง

¹ นิสิตปริญญาเอก, ²อาจารย์, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800,

¹ doctor degree student, ²Lecturer, Faculty of Information Technology, 1518 Pracharat 1 Road,Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

ภายในกลุ่มจากผลสอบของผู้เรียนทุกคนที่ปรากฏ ว่าควรจะต้องตัดสินใจว่ามีระดับผลการเรียนสูงหรือต่ำกว่ากันอย่างไร ดังนั้นนักวิชาการหลายท่านได้เสนอไว้ เช่น วิธีของ Dewey B. Stuit วิธีของ Douglas และวิธีของ John R. Hill เป็นต้น และในปัจจุบันก็ได้มีกลุ่มนักวิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับใช้ในกระบวนการวัดและประเมินผลด้วยทฤษฎีระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic system) ตัวอย่างเช่นนำไปใช้แก้ปัญหาการจัดลำดับผู้เรียนในกรณีที่มีผู้เรียนมีผลคะแนนซ้ำกัน โดยทำการศึกษาพิจารณาจากปัจจัยที่สามารถส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ ความยาก (Difficulty) ความสำคัญ (Importance) และความซับซ้อน (Complexity) ของคำถามในแต่ละข้อ^{2,3,4} และยังนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการตรวจข้อสอบอัตโนมัติในกรณีที่มีผู้ตรวจหลายคนโดยระบบอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือจะทำการประเมินลักษณะการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจแต่ละคน⁵ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ประเมินผลการเรียนโดยใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือในการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลการเรียน เช่น ปัจจัยทางด้านครอบครัว ปัจจัยทางด้านผู้สอน และปัจจัยทางด้านสถานศึกษา⁶ รวมถึงยังสามารถนำไปใช้ประเมินระดับคุณภาพความรู้สำหรับระบบการจัดการความรู้ในบริบทของสถาบันการศึกษา โดยใช้วิธีการตัดสินใจร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (AHP)⁷ เป็นต้น และเมื่อนำวิธีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือไปเปรียบเทียบกับวิธีทางสถิติอื่น ๆ พบว่าค่าของผลสัมฤทธิ์ที่ได้สามารถเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนมีผลการประเมินที่สูงขึ้นและตรงตามสภาพความเป็นจริง^{8,9,10}

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอกระบวนการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ด้วยเทคนิคระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยในงานวิจัยได้ศึกษาถึงหลักการทํางานและองค์ประกอบของระบบ เช่น ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) ฐานกฎถ้าแล้ว (If-then rule base) ตัวแปลภาษา (Linguistic variable) และวิธีการอนุมาน (Fuzzy inference system) พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนการนำไปใช้ให้กับผู้สอนสามารถนำไปเป็นเครื่องมือใช้ในกระบวนการวัดและประเมินผลผู้เรียน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic)

ตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน คล้ายกับตรรกะความคิดของมนุษย์ คิดค้นโดย L. A. Zadeh¹¹ ในปี ค.ศ. 1965 ที่อาศัยฟัซซีเซต (Fuzzy set) เพื่อสื่อสารถึงความไม่

แน่นอน¹² ฟัซซีเซตเป็นเซตที่กำหนดให้มีค่าความเป็นสมาชิก (Degree of membership) ภายในเซตอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งแตกต่างจากเซตแบบฉบับ (Classical set) ที่มีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่าเท่านั้น คือ 0 หมายถึงไม่เป็นสมาชิกในเซต และ 1 หมายถึงเป็นสมาชิกในเซต การกำหนดระดับความเป็นสมาชิกภายในเซตของตัวแปรที่ต้องการใช้งานนั้นจะต้องอาศัยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญต่อการดำเนินการภายในระบบฟัซซี เพราะชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาภายในระบบ โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 3 ชนิด ได้แก่

ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular MF) มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ {a b c} ดังสมการที่ 1

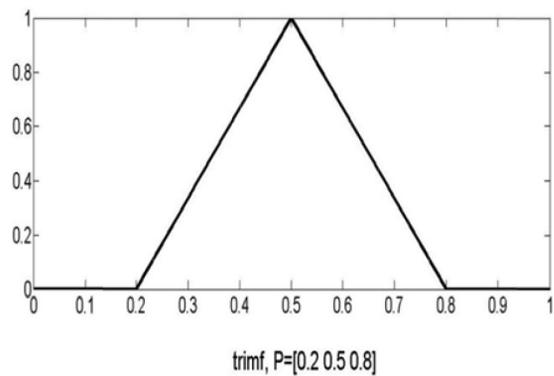
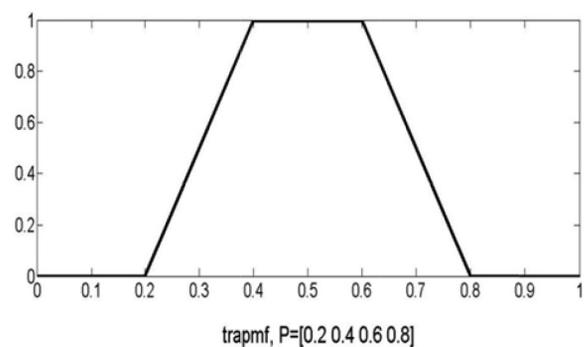


Figure 1 Triangular membership function

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x - a)(b - a) & a \leq x < b \\ (c - x)(c - b) & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (1)$$

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal MF) มีพารามิเตอร์ 4 ค่าคือ {a b c d} ดังสมการที่ 2



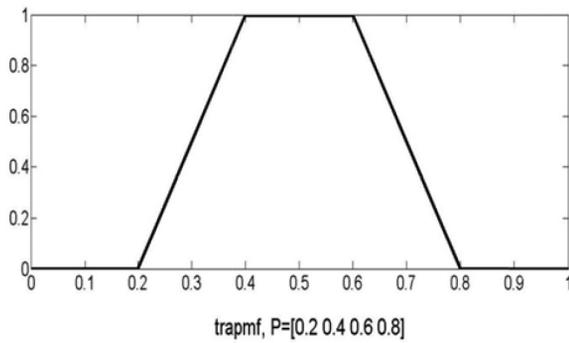


Figure 1 Trapezoidal membership function

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)(b-a) & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ (d-x)(d-c) & c \leq x < d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian MF) มีพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ $\{m, \sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ 3

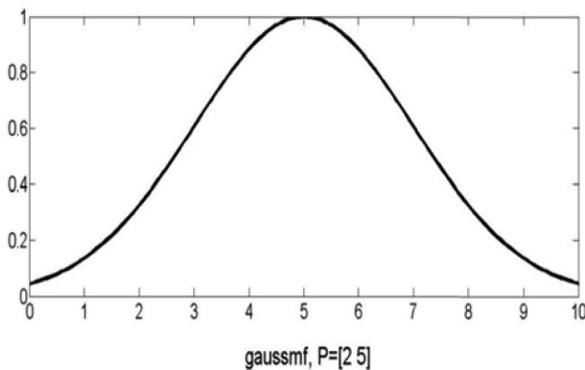


Figure 1 Gaussian membership function

$$f(x; m, s) = \exp\left(-\frac{(x - m^2)}{2s^2}\right) \quad (3)$$

การเลือกใช้ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลของตัวแปร และความต้องการของผู้เชี่ยวชาญในระบบ นอกจากนี้ฟัซซีเซตยังสามารถใช้กับตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic variable) เพื่อใช้แสดงถึงคุณภาพหรือปริมาณ เช่น Low Medium Good

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตทั่วไป คือ ยูเนียน อินเตอร์เซกชัน และ คอมพลีเมนต์

- ยูเนียน (Union) หรือ OR operation ดังสมการที่ 4

$$m_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \{x : x \in \underline{A} \text{ or } x \in \underline{B}\}, \quad (4)$$

$$\max(m_{\underline{A}}(x) \ m_{\underline{B}}(x))$$

- อินเตอร์เซกชัน (Intersection) หรือ AND operation ดังสมการที่ 5

$$m_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \{x : x \in \underline{A} \text{ and } x \in \underline{B}\}, \quad (5)$$

$$\min(m_{\underline{A}}(x) \ m_{\underline{B}}(x))$$

- คอมพลีเมนต์ (Complement) ดังสมการที่ 6

$$m_{\underline{A}}(x) = 1 - m_{\underline{A}}(x) \quad (6)$$

ขั้นตอนการอนุมานในระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy inference system)

โครงสร้างภายในระบบอนุมานฟัซซีประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ การทำฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification) ฐานความรู้ (Knowledge base) การอนุมานหรือการตีความ (Fuzzy inference) และการดีฟัซซีฟิเคชัน (Defuzzification) ดังแสดงใน (Figure 1)

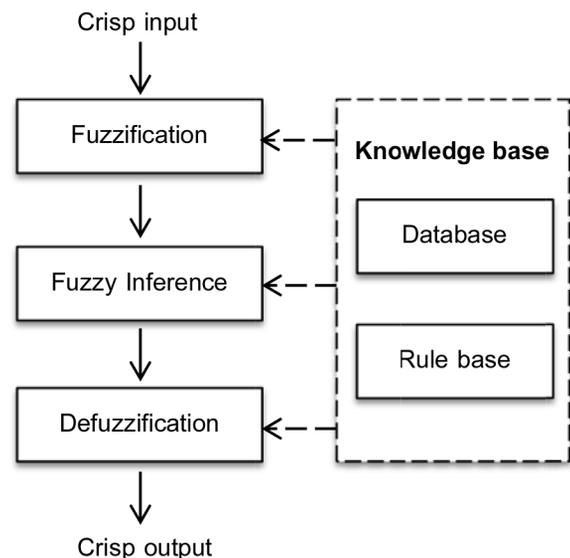


Figure 1 Fuzzy inference system

ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มด้วย ขั้นตอนที่ 1 การทำฟัซซีฟิเคชัน คือการแปลงค่าของข้อมูลนำเข้าเป็นค่าฟัซซีนำเข้า ด้วยการคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลนำเข้า (Crisp input) โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ขั้นตอนที่ 2 การอนุมานหรือการตีความ เป็นการนำค่าฟัซซีนำเข้าไปตีความหรืออนุมานผ่านกฎฟัซซีที่ตั้งขึ้นมาและได้ผลลัพธ์เป็นค่า

ฟuzzyส่งออก โดยกฎฟuzzyที่นิยมใช้คือ กฎฟuzzyแบบ ถ้า – แล้ว (Fuzzy IF – THEN rule) ที่อาศัยหลักการของเหตุและผล และในขั้นตอนสุดท้ายการทำดีฟuzzyฟิเคชันให้เป็นค่าปกติ (Crisp output) โดยการนำค่าฟuzzyส่งออกมาแปลงเป็นค่าปกติที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง เป็นต้น

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 25 คน ในการสอบปฏิบัติวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 100 คะแนน คือ Exam 1 และ Exam 2 และได้ทำการตรวจเก็บรวบรวมคะแนนดังแสดงข้อมูลใน (Table 1)

Table 1 Students' score Exam1 and Exam2

No	Examination		No	Examination	
	Exam1	Exam2		Exam1	Exam2
1	27	35	14	61	54
2	41	30	15	70	50
3	50	29	16	52	69
4	35	49	17	53	76
5	42	47	18	71	63
6	48	42	19	75	62
7	41	50	20	68	81
8	29	65	21	79	72
9	31	68	22	63	91
10	42	52	23	76	84
11	49	59	24	89	95
12	48	68	25	100	100
13	49	65			

โดยกำหนดเกณฑ์ผ่านการประเมินผลสัมฤทธิ์อยู่ที่ 0.50 การทดลองได้ใช้เครื่องมือ Fuzzy logic toolbox ในโปรแกรม Matlab ช่วยในการออกแบบระบบ และทำการเปรียบเทียบวิธีประเมินผลสัมฤทธิ์ด้วยวิธีระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือร่วมกับวิธีอื่น ๆ อีก 2 วิธี ซึ่งได้แก่ Classical method และ t-score ดังนี้

วิธี Classical method

วิธีแบบดั้งเดิม คือ วิธีการกำหนดสัดส่วนความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการสอบกับจำนวนคะแนนรวมทั้งหมด ดังสมการที่ 7

$$\frac{Exam1 + Exam2}{FullMarks} = Performance \tag{7}$$

วิธี T-score method

คะแนนที่เป็นการแปลงข้อมูลดิบให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน หรือที่เรียกว่าแปลงให้เป็นคะแนนมาตรฐาน คะแนนมาตรฐานที่จะมีค่าเฉลี่ยเป็น 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 แปลงคะแนนดิบให้เป็นมาตรฐานซีเสียก่อน ดังสมการที่ 8

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} \tag{8}$$

ขั้นที่ 2 แปลงคะแนนมาตรฐานซีให้เป็นคะแนนมาตรฐานที่ด้วยสูตร ดังสมการที่ 9

$$T = 0 Z + 60 \tag{9}$$

วิธี Fuzzy logic method

การประยุกต์ใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ขั้นตอนเริ่มต้นนั้น ผู้สอนจะต้องทำการกำหนดองค์ประกอบและตัวแปรที่เกี่ยวข้องในระบบ ได้แก่ จำนวนตัวแปรข้อมูลนำเข้า จำนวนตัวแปรข้อมูลนำออก จำนวนตัวแปรภาษา ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และจำนวนกฎ

Table 2 Fuzzy set of input variables

Input variables (Exam1 and Exam2)		
Linguistic Variables	MF type	Interval
Low	Trapmf	0,0,20,40
Medium	Trimf	20,40,60
Good	Trimf	40,60,80
Very Good	Tramfl	60,80,100,100

Table 3 Fuzzy set of input variables

Output variables (Performance)		
Linguistic Variables	MF type	Interval
Low	Trapmf	0,0,0.2,0.4
Medium	Trimf	0.2,0.4,0.6
Good	Trimf	0.4,0.6,0.8
Very Good	Trapmf	0.6,0.8,1,1

จาก (Table 2) และ (Table 3) คือการกำหนดจำนวนตัวแปรภาษาและค่าพารามิเตอร์ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้กับข้อมูลนำเข้า Exam1 และข้อมูลนำออก Exam2 ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปภาพที่ 2 และ 3 ประกอบไปด้วยระดับการประเมินผล 4 ระดับ Low Medium Good และ Very good ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าฟัซซีเซต

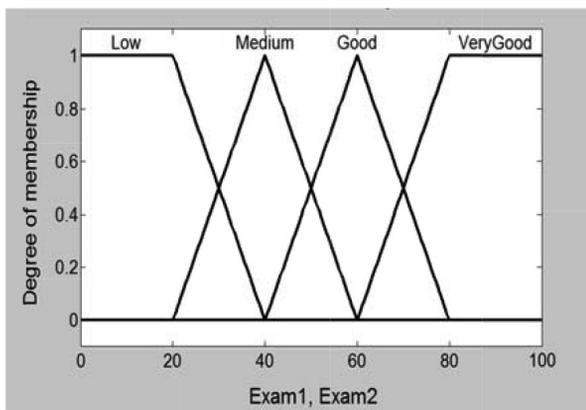


Figure 2 Triangular membership function of Input Exam 1 and Input Exam 2

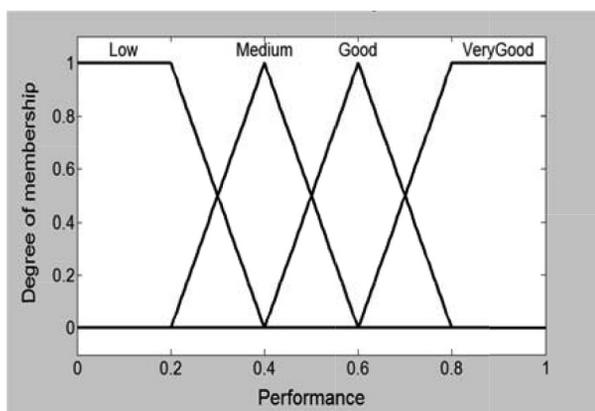


Figure 3 Triangular membership function of Output Performance

จำนวนกฎที่ใช้ในการอนุมานมีทั้งหมด 16 กฎจะอยู่ในรูปของ IF-THEN ซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวอนุมาน IF เป็นกฎข้อตั้งต้นถูกเชื่อมด้วยตัวเชื่อมตรรกะ AND หรือ OR ตัวอนุมาน THEN ทำหน้าที่จัดองค์ประกอบของกฎข้อตาม ดังนี้

1. $(Ex1==L) \& (Ex2==L) \Rightarrow (Performance=L)$
2. $(Ex1==L) \& (Ex2==M) \Rightarrow (Performance=M)$
3. $(Ex1==L) \& (Ex2==G) \Rightarrow (Performance=M)$
4. $(Ex1==L) \& (Ex2==VG) \Rightarrow (Performance=G)$
5. $(Ex1==M) \& (Ex2==L) \Rightarrow (Performance=M)$
6. $(Ex1==M) \& (Ex2==M) \Rightarrow (Performance=M)$
7. $(Ex1==M) \& (Ex2==G) \Rightarrow (Performance=G)$
8. $(Ex1==M) \& (Ex2==VG) \Rightarrow (Performance=G)$
9. $(Ex1==G) \& (Ex2==L) \Rightarrow (Performance=M)$
10. $(Ex1==G) \& (Ex2==M) \Rightarrow (Performance=G)$
11. $(Ex1==G) \& (Ex2==G) \Rightarrow (Performance=G)$
12. $(Ex1==G) \& (Ex2==VG) \Rightarrow (Performance=VG)$
13. $(Ex1==VG) \& (Ex2==L) \Rightarrow (Performance=M)$
14. $(Ex1==VG) \& (Ex2==M) \Rightarrow (Performance=G)$
15. $(Ex1==VG) \& (Ex2==G) \Rightarrow (Performance=G)$
16. $(Ex1==VG) \& (Ex2==VG) \Rightarrow (Performance=VG)$

(Figure 4) เป็นองค์ประกอบภาพรวมของระบบทั้งหมด เป็นระบบแบบ Mamdani ประกอบไปด้วยข้อมูลนำเข้า Exam1 และ Exam2 ข้อมูลนำออก Performance จำนวนกฎที่ใช้ 16 กฎ

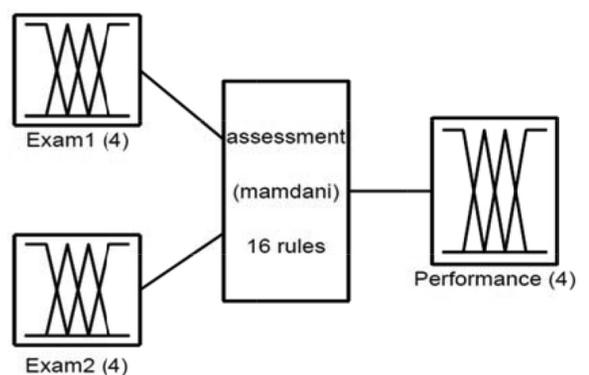


Figure 4 Assessment system: 2 inputs, 1 output, 16 rules

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบเปรียบเทียบวิธีการวัดและประเมินผล การเรียนจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนจำนวน 25 คน แบ่งเป็นคะแนนสอบปฏิบัติ Exam1 และ Exam2 ของทั้ง 3 วิธี ได้แก่

Classical method, T-score และ Fuzzy Logic ซึ่งวิธี Classical method เป็นวิธีการคำนวณโดยนำคะแนนสอบ Exam1 รวมกับคะแนนสอบ Exam2 แล้วหารด้วยคะแนนรวมทั้งหมดได้จากสมการที่ (7) ส่วนวิธี T-score เป็นวิธีการรวมคะแนนแบบอิงกลุ่ม โดยใช้วิธีการทางสถิติได้จากสมการที่ (8, 9) มาเปรียบเทียบกับภายในกลุ่มผู้เรียน ส่วนของวิธี Fuzzy logic

เมื่อรับข้อมูลอินพุตจากคะแนนสอบ Exam1 และ Exam 2 จะถูกคำนวณเป็นค่าฟัซซีเซต แล้วนำไปอนุมานตามกฎฟัซซีว่าตรงกับกฎข้อใด ดังตัวอย่างที่แสดงใน (Figure 5) เป็นการคำนวณหาผลสัมฤทธิ์จากผลสอบ 49 และ 65 ซึ่งจะไปตรงกับกฎที่ใช้ในการอนุมานข้อที่ 6 7 11 และ 12 ดังนั้นค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้คือ 0.68

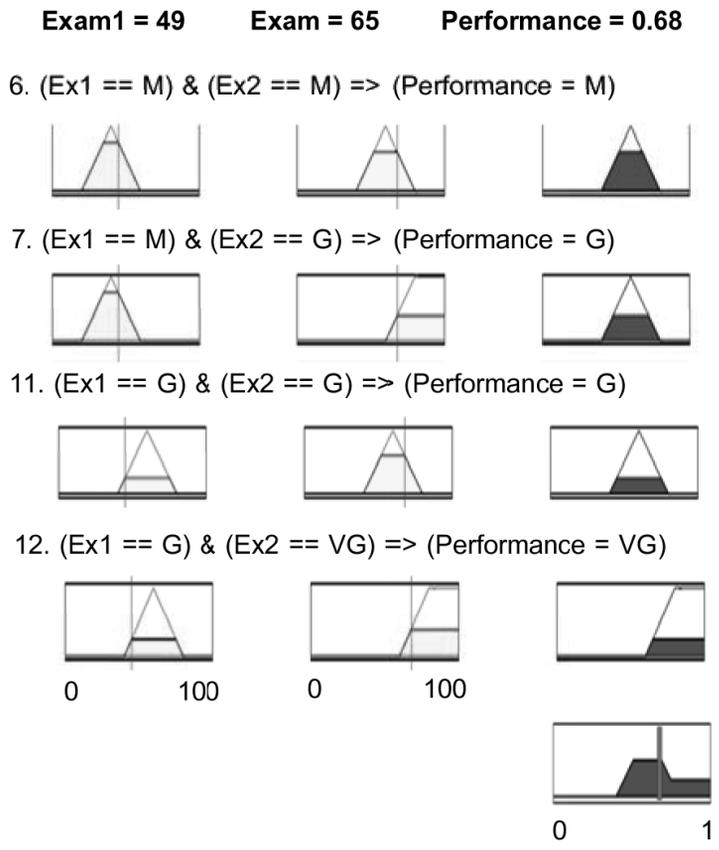


Figure 5 Active rules and performance value for exam scores of 49 and 65

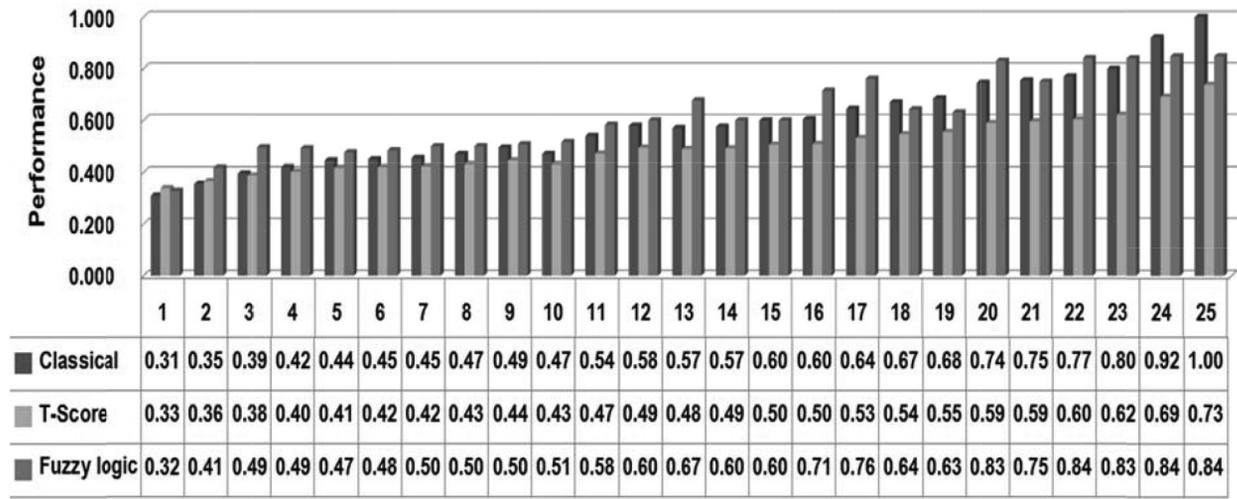


Figure 6 Comparison of Classical Method, T-score and Fuzzy logic for students' Learning achievement

Table 4 Comparison of Classical Method, T-score and Fuzzy logic for students' Learning achievement

No	Exam		Evaluating method			No	Exam		Evaluating method		
	1	2	Classical	T- score	FL		1	2	Classical	T- score	FL
1	27	35	Fail	Fail	Fail	14	61	54	Pass	Fail	Pass
2	41	30	Fail	Fail	Fail	15	70	50	Pass	Pass	Pass
3	50	29	Fail	Fail	Fail	16	52	69	Pass	Pass	Pass
4	35	49	Fail	Fail	Fail	17	53	76	Pass	Pass	Pass
5	42	47	Fail	Fail	Fail	18	71	63	Pass	Pass	Pass
6	48	42	Fail	Fail	Fail	19	75	62	Pass	Pass	Pass
7	41	50	Fail	Fail	Pass	20	68	81	Pass	Pass	Pass
8	29	65	Fail	Fail	Pass	21	79	72	Pass	Pass	Pass
9	31	68	Fail	Fail	Pass	22	63	91	Pass	Pass	Pass
10	42	52	Fail	Fail	Pass	23	76	84	Pass	Pass	Pass
11	49	59	Pass	Fail	Pass	24	89	95	Pass	Pass	Pass
12	48	68	Pass	Fail	Pass	25	100	100	Pass	Pass	Pass
13	49	65	Pass	Fail	Pass						

จาก (Figure 3) และ (Table 4) เป็นผลการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของแต่ละวิธี แบ่งเป็นการสอบ 2 ส่วน ส่วนละ 100 คะแนน คือ Exam1 และ Exam2 เกณฑ์ที่กำหนดให้ผ่านการประเมินอยู่ที่ระดับ 0.50 จากการวิเคราะห์ผลประเมินพบว่าผู้เรียนที่ผ่านการประเมินของวิธี Classic แล้วนั้นยังมีผลผ่านการประเมินด้วยวิธี Fuzzy logic เหมือนกัน แต่ในบางกรณีคะแนนที่มากกว่าหรือเท่ากับ 50 คะแนนใน Exam1 หรือ Exam2 ผลการประเมินของวิธี Fuzzy logic จะให้ผลการประเมินที่สูงกว่าวิธี Classical เช่น ผู้เรียนได้คะแนน 31 ใน Exam1 และ 68 ใน Exam2 ผู้เรียนจะไม่ผ่านการประเมินในวิธีของ Classic (0.490) แต่จะผ่านการประเมินในวิธีของ Fuzzy logic (0.50) เนื่องมาจากการประเมินผลแบบ Fuzzy logic ยอมให้มีความยืดหยุ่นตามระดับของช่วงเกณฑ์คะแนน จึงทำให้ผลประเมินด้วยวิธี Fuzzy logic สูงกว่า Classical Method นั้นเอง แต่สำหรับวิธีของ T-score ถึงแม้ว่าคะแนนใน Exam1 และ Exam2 จะมากกว่า 50 คะแนน เช่น นักเรียนได้คะแนนใน Exam1 61 คะแนน และ 54 ใน Exam2 ผู้เรียนก็จะไม่ผ่านการประเมินผล เพราะการประเมินผลแบบ t-score มีการจัดเกณฑ์แบบอิงกลุ่ม เมื่อนำมาปรับกระจายคะแนนแล้ว ทำให้ได้ค่าคะแนนอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่ม

สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์ของการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าหรือพัฒนาการของผู้เรียนด้านความรู้

ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ จากการเรียนรู้และการร่วมกิจกรรมของผู้เรียน ผลที่ได้จากการวัดและประเมินทำให้ได้ข้อมูลที่บ่งบอกถึงพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน และยังสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของผู้สอนสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน ส่วนจะเลือกนำวิธีการใดมาทำการวัดและประเมินย่อมขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและจุดประสงค์ของผู้ประเมินเป็นสำคัญ

การประยุกต์ใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการวัดและประเมินผล ผู้ประเมินมีส่วนสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ เช่น การเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จำนวนตัวแปลภาษา จำนวนกฎ ฯลฯ เพื่อให้ได้ระบบประเมินผลที่สอดคล้องตามความเป็นจริงและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และจากผลการทดลองในงานวิจัยจะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบวิธีระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือกับวิธี Classical method และวิธีของ T-score method จะพบว่าผลการประเมินผลแบบ Fuzzy logic ยอมให้มีความยืดหยุ่นตามระดับของช่วงเกณฑ์คะแนน จึงส่งผลให้ผลประเมินที่ได้ นั้นเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนนอกจากนี้แล้วนั้นยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยในการวัดและประเมินผลผู้เรียนอย่างเป็นกระบวนการ และยังสามารถลดความคลุมเครือของผู้สอนในการตัดสินผลประเมิน และง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. อุไร อภิชาติบรรลือ. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวัดและประเมินผลทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2553
2. Hameed, I.A., *Using Gaussian membership functions for improving the reliability and robustness of students' evaluation systems*. Expert Systems with Applications, 2011. 38(6): p. 7135-7142
3. Ingoley, S.N. and P.D. J.W. Bakal, *Evaluating Students' Performance using Fuzzy Logic*. International Conference in Recent Trends in Information Technology and Computer Science (ICRTITCS - 2012). Proceedings published in International Journal of Computer Applications® (IJCA) (0975 – 8887).
4. Rusmiari, Darma-Putra, and Arya-Sasmita, *Fuzzy Logic Method for Evaluation of Difficulty Level of Exam and Student Graduation*. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 2013. 10(2): p. 7.
5. Ingoley, S.N. and J.W. Bakal. *A novel method for inferring strict and lenient marks into normal marks using fuzzy logic*. in *Engineering (NUiCONE), 2013 Nirma University International Conference on*. 2013.
6. Kaur, P., et al. *Fuzzy rule based students' performance analysis expert system*. International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT), 2014. p.100-105
7. Chen, J.-F., H.-N. Hsieh, and Q.H. Do, *Evaluating teaching performance based on fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach*. Applied Soft Computing, 2015. 28(0): p. 100-108.
8. Jamsandekar, S.S. and R.R. Mudholkar, *Performance Evaluation by Fuzzy Inference Technique*. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 2013. 3(2): p.48-53.
9. Yusoff, Y.M., M.Z. Omar, and A. Zaharim, *Evaluation of Graduates' Performance Using Fuzzy Approach*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013. 102(0): p. 64-73.
10. Yildiz, Z. and A.F. Baba. *Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy decision support system model*. in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE*. 2014.
11. L. A. Sadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338-353, June 1965.
12. พยุง มีสังข์, *ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม*. เอกสารประกอบการสอน, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.