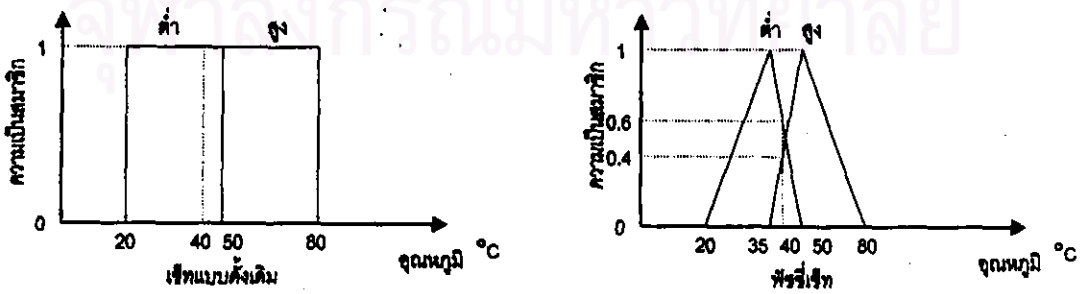
บทที่ 3
การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ ในการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

เนื้อหาในบทนี้ในขั้นแรกจะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวกับฟัซซี่เซ็ทและการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ (FuzzyAHP) เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่กับการจัดเส้นทางเดินของงานต่อไป จากนั้นจะกล่าวถึงการกระบวนการในการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆทั้งของทางเลือกและชิ้นงาน ต่อจากนั้นจะได้แสดงโครงสร้างของกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่ได้จากการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ (กฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP) โดยจะมีการแสดงรายละเอียดของโครงสร้างในส่วนสำคัญหลักๆ ได้แก่ ส่วนฐานข้อมูลและการคำนวณดัชนีการเลือก พร้อมกับยกตัวอย่างการคำนวณประกอบ

3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับฟัซซี่เซ็ท

Zadeh ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับฟัซซี่เซ็ท (Zadeh , 1965) ว่าฟัซซี่เซ็ทคือเซ็ทที่มีขอบเขตของเซ็ทคลุมเครือ สมาชิกของฟัซซี่เซ็ทไม่จำเป็นต้องมีค่าความเป็นสมาชิก (Membership, μ) เพียงแค่ "เป็นสมาชิก, 1" หรือ "ไม่เป็นสมาชิก, 0" เท่านั้น แต่ค่าความเป็นสมาชิกสามารถมีค่าระหว่างกลางของ "เป็นสมาชิก" และ "ไม่เป็นสมาชิก" ได้ นั่นก็คือสามารถมีความเป็นสมาชิกมากหรือน้อยได้ ซึ่งต่างกับเซ็ทแบบดั้งเดิม (Classical set หรือ Crisp set) ซึ่งถ้าค่านั้นเป็นสมาชิกของเซ็ทหนึ่ง ก็ต้องมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงอย่างเดียวคือ "เป็นสมาชิก" และหากค่านั้นไม่เป็นสมาชิกของเซ็ทนั้นหนึ่ง ก็ต้องมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงค่าเดียวคือ "ไม่เป็นสมาชิก" ดังสามารถเปรียบเทียบฟัซซี่เซ็ทกับเซ็ทแบบดั้งเดิมได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เซ็ทของอุณหภูมิต่ำและสูงแบบดั้งเดิมและแบบฟัซซี่

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าช่วงของอุณหภูมิถูกแบ่งออกเป็น 2 เซ็ทคือ อุณหภูมิต่ำและสูง สำหรับเซ็ทแบบดั้งเดิม เซ็ทมีขอบเขตที่แน่นอน เช่น เซ็ทอุณหภูมิต่ำมีขอบเขตช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 20° C ถึง 50°C และ อุณหภูมิ 40°C เป็นสมาชิกของเซ็ทอุณหภูมิต่ำและไม่เป็นสมาชิกของเซ็ทอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงมีค่าความเป็นสมาชิกในเซ็ทอุณหภูมิต่ำและสูงเท่ากับ 1 และ 0 ตามลำดับ สำหรับฟัซซี่เซ็ทขอบเขตของเซ็ทจะมีความคลุมเครือ ดังจะเห็นจากในรูปที่ 3.1 ว่าขอบเขตที่แบ่งระหว่างเซ็ทอุณหภูมิต่ำและสูงคือ ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 35°C ถึง 50°C ค่าอุณหภูมิ 40°C เป็นสมาชิกของทั้งเซ็ทอุณหภูมิต่ำและสูง โดยมีค่าความเป็นสมาชิกของเซ็ททั้งสองเท่ากับ 0.6 และ 0.4 ตามลำดับ

จะเห็นว่าฟัซซี่เซ็ทสามารถแสดงความคิดของมนุษย์เกี่ยวกับอุณหภูมิได้ดีกว่าเซ็ทแบบดั้งเดิมเนื่องจากมนุษย์ไม่สามารถแบ่งแยกขอบเขตระหว่างอุณหภูมิต่ำและสูงได้อย่างแน่นอน ดังนั้นความคิดเรื่องขอบเขตระหว่างอุณหภูมิต่ำและสูงในความคิดมนุษย์จึงมีความคลุมเครือเหมือนดังในฟัซซี่เซ็ท จากตัวอย่างที่แสดงข้างต้น ทำให้พอสรุปได้ว่าคุณสมบัติที่เด่นที่สุดของฟัซซี่เซ็ทคือความสามารถในการเลียนแบบความคลุมเครือในความคิดและภาษาที่มนุษย์ใช้ได้ (Teremo, Asai, และ Sugeno, 1992)

นอกจากรูปร่างของฟัซซี่เซ็ทจะแสดงฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก (Membership function) ของสมาชิกภายในเซ็ทนั้น รูปร่างของฟัซซี่เซ็ทยังสำคัญต่อโอเปอเรชั่นทางคณิตศาสตร์ของฟัซซี่เซ็ทอีกด้วย รูปร่างของฟัซซี่เซ็ทที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้คือ ฟัซซี่เซ็ทแบบสามเหลี่ยม (Triangular fuzzy set) ดังในฟัซซี่เซ็ทของรูปที่ 3.1 เนื่องจากฟัซซี่เซ็ทแบบนี้ง่ายต่อการคำนวณ สำหรับฟัซซี่เซ็ทอุณหภูมิต่ำนั้นสามารถเขียนแสดงได้ด้วยสัญลักษณ์ (20, 35, 50) ซึ่งอุณหภูมิ 20°C และ 50°C เป็นค่าที่ริมขอบฟัซซี่เซ็ท และอุณหภูมิ 35°C เป็นค่าที่มีความเป็นสมาชิกในเซ็ทอุณหภูมิต่ำเป็น 1

ฟัซซี่เซ็ทแต่ละเซ็ทจะแทนค่าของตัวแปรทางภาษา ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นภาษาที่มนุษย์ใช้ แนวความคิดเรื่องตัวแปรทางภาษานี้ถูกนำมาใช้ในปัญหาซึ่งยากต่อการจำกัดค่าของตัวแปรหนึ่งๆ ด้วยค่าที่แน่นอนเพียงค่าเดียว อาทิเช่น ความรู้สึกเกี่ยวกับอุณหภูมิของมนุษย์ เป็นต้น ตามฟัซซี่เซ็ทในรูปที่ 3.1 ตัวแปรทางภาษาในที่นี้คือ "อุณหภูมิ" ซึ่งมีค่า 2 ค่าคือ "ต่ำ" และ "สูง"

นอกจากรูปร่างของฟัซซี่เซ็ทจะมีผลต่อโอเปอเรชั่นทางคณิตศาสตร์ของฟัซซี่เซ็ทแล้ว ช่วงที่ฟัซซี่เซ็ทปรากฏอยู่ก็ส่งผลต่อโอเปอร์เรชั่นทางคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน ในงานวิจัยนี้ฟัซซี่เซ็ทที่ปรากฏอยู่ในช่วงจำนวนจริงบวก ดังนั้นจึงสามารถแสดงโอเปอเรชั่นทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญของฟัซซี่เซ็ทแบบสามเหลี่ยมได้ดังต่อไปนี้

สมมติให้ (a_1, a_2, a_3) และ (b_1, b_2, b_3) เป็นฟัซซี่เซ็ทแบบสามเหลี่ยมซึ่งอยู่ในช่วงจำนวนจริงบวก โดยที่ $a_1\ a_2\ a_3\ b_1\ b_2\ b_3$ เป็นจำนวนจริงบวกหรือศูนย์หรือตามที่กำหนดในสมการ c เป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นจำนวนจริง

$$-(a_1, a_2, a_3) = (-a_3, -a_2, -a_1) \quad 3.1)$$

$$(a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3) \quad 3.2)$$

$$(a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) = (a_1-b_1, a_2-b_2, a_3-b_3) \quad 3.3)$$

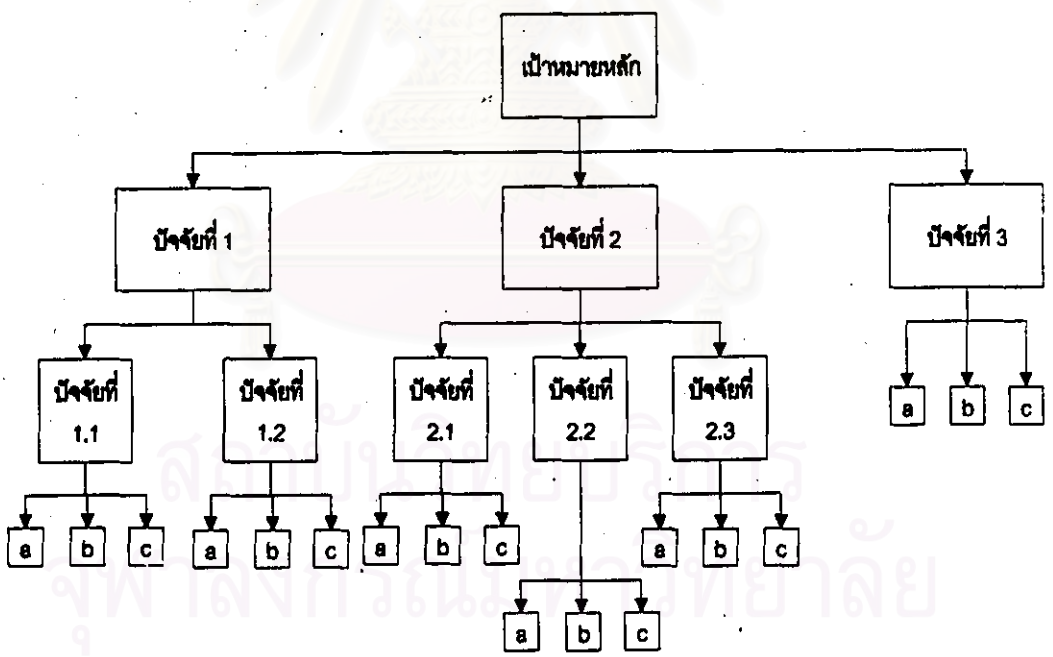
$$c^*(a_1, a_2, a_3) = (c^*a_1, c^*a_2, c^*a_3) \quad 3.4)$$

$$(a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1^*b_1, a_2^*b_2, a_3^*b_3) \text{ เมื่อ } a_1, b_1 \geq 0 \quad 3.5)$$

$$(a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1) \text{ เมื่อ } a_1 \geq 0, b_1 > 0 \quad 3.6)$$

3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ (FuzzyAHP)

ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจเลือกทางเลือกซึ่งมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายปัจจัย (Multi-criteria decision making, MCDM) นั้น เทคนิคหนึ่งซึ่งนำมาใช้คือเทคนิคการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (Analytical hierarchy process, AHP) ซึ่งเป็นวิธีการที่กำหนดเป้าหมายหลักขึ้น แล้วพิจารณาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อเป้าหมายหลักนั้น โดยที่ในปัจจัยหนึ่งๆ อาจมีปัจจัยย่อยที่ส่งผลต่อปัจจัยนั้นอีกก็ได้ โดยวิธีการนี้ตัวอย่างลำดับขั้นของปัจจัยสามารถเขียนแสดงดังในรูปที่ 3.2



หมายเหตุ: a b และ c คือทางเลือก

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับขั้น

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าเป้าหมายหลักประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย (1 2 และ 3) ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย ปัจจัยย่อย 2 ปัจจัย (1.1 และ 1.2) ในขณะที่ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 3 ปัจจัย (2.1 2.2 และ 2.3) การตัดสินในนี้มีทางเลือก 3 ทางคือ a b และ c

ผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้กำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยในระดับชั้นเดียวกันที่มีต่อปัจจัยหรือเป้าหมายหลักในชั้นสูงถัดไป โดยการกำหนดน้ำหนักอาจทำได้โดยการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยเป็นคู่ๆไป เมื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของทุกปัจจัยในทุกชั้นเรียบร้อยแล้ว น้ำหนักความสำคัญของทุกปัจจัย (สุทธิ) ในทุกชั้นที่มีต่อเป้าหมายหลักถูกคำนวณขึ้น ซึ่งโดยวิธีนี้จะช่วยลดความผิดพลาดและอำนวยความสะดวกให้กับผู้เชี่ยวชาญโดยที่ไม่ต้องกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในแต่ละชั้นต่อเป้าหมายหลักโดยตรง

ในลำดับชั้นของปัจจัยชั้นสุดท้าย ทางเลือกแต่ละทางจะถูกนำมาให้คะแนนในเรื่องของปัจจัยนั้น ซึ่งผลรวมทุกปัจจัยของค่าคะแนนคูณกับน้ำหนักของปัจจัยในชั้นนั้นของแต่ละทางเลือกจะถูกนำมาคิดเสมือนเป็นค่าคะแนนสำหรับทางเลือกนั้นในปัจจัยชั้นสูงขึ้นไปและดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆจนสิ้นสุดลำดับชั้นของปัจจัย ก็จะสามารถหาดัชนีการเลือกของแต่ละทางเลือกได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบดัชนีทางเลือกแล้วก็จะได้ทางเลือกที่มีค่าดัชนีการเลือกสูงที่สุด ซึ่งถือเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการตัดสินใจโดยใช้การวิเคราะห์แบบลำดับชั้น

จะเห็นได้ว่าวิธีการนี้ต้องอาศัยความคิดเห็นของมนุษย์ในการให้น้ำหนักความสำคัญระหว่างปัจจัยและให้คะแนนระหว่างทางเลือก ซึ่งมนุษย์มักจะไม่เปรียบเทียบปัจจัย 2 ปัจจัยหรือทางเลือก 2 ทางเลือกในลักษณะที่เป็นค่าที่แน่นอนตายตัว แต่ในทางกลับกันมนุษย์มักให้เปรียบเทียบออกมาในรูปของตัวแปรทางภาษา เช่น "สำคัญกว่ามาก" หรือ "สำคัญกว่าเล็กน้อย" เป็นต้น ดังนั้นฟัซซี่เซ็ทซึ่งสามารถแสดงความคลุมเครือในความคิดและภาษาของมนุษย์ได้จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับการตัดสินใจโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น

การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบลำดับชั้นแบบฟัซซี่ (FuzzyAHP) ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ต้องตัดสินใจโดยคำนึงถึงปัจจัยหลายปัจจัย อาทิเช่น ปัญหาการหาเทคนิคการยึดโป๊ลท์ (Lee , 1996) ปัญหาการประเมินอุตสาหกรรมโดยใช้ความพึงพอใจของลูกค้า (Liu, 1995) ปัญหาการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่คำนึงถึงต้นทุนและสิ่งแวดล้อม (Caporello, 1996) และปัญหาการสร้างดัชนีในการวัดความล้า (Jung, 1996) เป็นต้น

ในงานวิจัยฉบับนี้ FuzzyAHP ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินของงานในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยปัจจัยหรือคุณลักษณะของทางเลือกที่มีผลต่อการตัดสินใจจะถูกนำมาเปรียบเทียบความสำคัญแบบเป็นคู่โดยใช้สเกลของ Saaty (Saaty, 1978) ที่ปรับให้เข้ากับ FuzzyAHP สำหรับในแต่ละทางเลือกจะมีการพิจารณาค่าคุณลักษณะทั้งหมดที่มีผลต่อการตัดสินใจและค่าคุณลักษณะนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นคะแนนซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของฟัซซี่เซ็ทเพื่อให้สามารถแสดงความมากน้อยของคุณลักษณะนั้นเปรียบเทียบกันในแต่ละทางเลือก ดัชนีการเลือกสำหรับแต่ละทางเลือกจะถูกคำนวณโดยวิธีของ Fuzzy AHP เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบหาเส้นทางเดินของงานที่เหมาะสมที่สุด

พบสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 กระบวนการในการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ (FuzzyAHP)

ในการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานโดยใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่จะต้องมีการพิจารณาคุณลักษณะต่างๆที่มีผลต่อดัชนีการเลือก โดยคุณลักษณะดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ คุณลักษณะของเครื่องจักรและคุณลักษณะของชิ้นงานดังจะสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 คุณลักษณะที่มีผลต่อดัชนีการเลือก

3.3.1.1 คุณลักษณะของเครื่องจักร

วิธีการเลือกเครื่องจักรสำหรับชิ้นงานหนึ่งๆ ที่เสนอโดยงานวิจัยฉบับนี้คือการสร้างดัชนีการเลือกเครื่องจักรโดยการตัดสินแบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ ดัชนีการเลือกถูกคำนวณขึ้นจากคุณลักษณะของเครื่องจักรที่ให้ผลต่อพฤติกรรมของระบบแตกต่างกันไปเมื่อเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งถูกเลือก ซึ่งคุณลักษณะที่กล่าวไปอาจมีมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ โดยที่ดัชนีการเลือกนั้นจะเป็นตัวเลขที่สามารถบ่งบอกได้ว่าทางเลือกนั้นมีคุณลักษณะโดยเฉลี่ยอย่างไร (ถ้าดัชนีการเลือกประกอบไปด้วยคุณลักษณะมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ)

คุณลักษณะซึ่งเป็นที่สนใจในงานวิจัยนี้คือ ปริมาณงานในแถวคอยของเครื่องจักร ความน่าจะเป็นซึ่งถ้าชิ้นงานเลือกเครื่องจักรนั้นแล้วเครื่องจักรนั้นจะสามารถทำชิ้นงานนั้นก่อนเครื่องจักรเสีย และเวลาที่เครื่องจักรใช้ในการทำชิ้นงาน ซึ่งคุณลักษณะทั้งสามส่งผลต่อพฤติกรรมของระบบในด้านเวลาดำเนินการผลิตและกำหนดส่ง แต่อย่างไรก็ตามดัชนีการเลือกอาจประกอบไปด้วยคุณลักษณะข้ออื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงในงานวิจัยฉบับนี้ ขึ้นกับพฤติกรรมของระบบที่สนใจ เช่น หากสนใจพฤติกรรมทางด้านต้นทุนในการปฏิบัติงานของระบบก็ควรคำนึงถึงคุณลักษณะด้านต้นทุนการใช้เครื่องจักรและเปอร์เซ็นต์การใช้สอยเครื่องจักร เป็นต้น

คุณลักษณะที่ใช้ประกอบเป็นดัชนีการเลือกในงานวิจัยนี้ได้แก่

ก) ปริมาณงานในแถวคอยของเครื่องจักร (W)

เครื่องจักรที่เป็นทางเลือกที่ดีควรจะมีปริมาณงานในแถวคอยของเครื่องจักรน้อย เนื่องจากหากชิ้นงานเลือกเครื่องจักรเครื่องนี้ชิ้นงานจะเสียเวลารอคอยในแถวคอยของเครื่องจักรน้อยกว่าทำให้เวลาในการไหลของชิ้นงานน้อยลงและมีโอกาสล่าช้ากว่ากำหนดน้อยกว่าหรือเวลาที่ล่าช้าน้อยลงด้วย

ข) ความน่าจะเป็นซึ่งถ้าชิ้นงานเลือกเครื่องจักรนั้นแล้วเครื่องจักรนั้นจะสามารถทำชิ้นงานนั้นก่อนเครื่องจักรเสีย (Pr)

หากชิ้นงานเลือกเครื่องจักรที่มีความน่าจะเป็นดังกล่าวสูง ชิ้นงานนั้นก็มีความน่าจะเป็นที่จะเสร็จก่อนเครื่องจักรเสียสูง ทำให้ชิ้นงานไม่ต้องเสียเวลารอคอยการซ่อมเครื่องจักรจึงทำให้มีโอกาสที่เวลาในการไหลของชิ้นงานจะน้อยลงและมีโอกาสเสร็จเร็วกว่ากำหนดหรือเวลาที่ล่าช้าน้อยลง

สมมติว่าเวลาที่เกิดการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรของชิ้นงานคือ T_{now} เวลาที่เครื่องจักร i เสียเป็นครั้งสุดท้ายคือ $T_{f,i}$ ปริมาณงานในแถวคอยของเครื่องจักร i คือ W_i เวลาที่ชิ้นงานจะถูกนำเข้าเครื่องจักรหากเครื่องจักร i ได้รับเลือกคือ T_i (เมื่อกำหนดให้กฎการจัดลำดับในแถวคอยของเครื่องจักรเป็นแบบ FCFS) ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหลังจากการเสียครั้งสุดท้ายเป็นเวลา t คือ f(t, MTBF) โดยที่ MTBF คือเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียแต่ละครั้ง (Mean time between failure) รูปที่ 3.3 แสดงแกนเวลาการเสียของเครื่องจักร

$$T_i = T_{now} + W_i \qquad 3.7)$$

สมมติว่าเวลาที่ชิ้นงานเริ่มเข้าเครื่องจักรเป็นเวลาที่เครื่องจักรเสีย ดังนั้น

$$t = T_i - T_{f,i} \qquad 3.8)$$

$$= (T_{now} + W_i) - T_{f,i} \qquad 3.9)$$

ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียภายในเวลา t คือ F(t, MTBF)

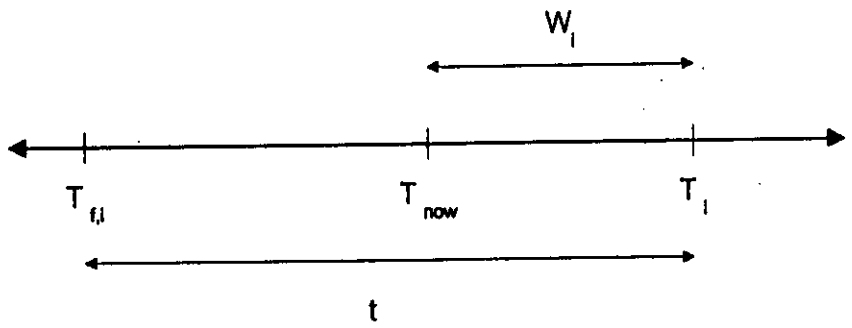
$$F(t, MTBF) = \int_0^t f(t, MTBF) \qquad 3.10)$$

ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหลังเวลา t หรือหลังเวลาที่เครื่องจักร i ได้เริ่มทำชิ้นงานนั้นแล้ว (Pr_i) คือ

$$Pr_i = 1 - F(t, MTBF) \qquad 3.11)$$

$$Pr_i = 1 - \int_0^t f(t, MTBF) \qquad 3.12)$$

ในกรณีที่เครื่องจักรเสีย ณ. เวลาที่ทำการตัดสินใจ กำหนดให้ Pr=0



รูปที่ 3.3 แกนเวลาการเสียของเครื่องจักร

ค) เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตชิ้นงาน (P)

ในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นนี้ เครื่องจักรหนึ่งสามารถทำการผลิตได้หลายรูปแบบ ดังนั้นสำหรับการผลิตรูปแบบหนึ่งอาจมีเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตรูปแบบนั้นได้หลายเครื่อง โดยที่แต่ละเครื่องอาจใช้เวลาในการผลิตไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากหลายปัจจัย อาทิเช่น ประสิทธิภาพและเวลาตั้งเครื่องมือที่ต่างกัน เป็นต้น เครื่องจักรที่เป็นทางเลือกที่ดีควรสามารถทำงานบนชิ้นงานได้ด้วยเวลาที่สั้น เนื่องจากทำให้ชิ้นงานเสียเวลาในการผลิตน้อย เวลาในการไหลของชิ้นงานก็จะน้อยลง

3.3.1.2 คุณลักษณะของชิ้นงานที่มีผลต่อการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะของทางเลือก

น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะของทางเลือกเป็นสิ่งที่มีผลต่อดัชนีการเลือกเพราะเป็นสิ่งที่กำหนดว่ากฎการจัดเส้นทางเดินของงานให้ความสำคัญแก่คุณลักษณะของทางเลือกคุณลักษณะใดมากกว่ากัน สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้เป็นปัญหาที่ควรพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมขณะที่จะมีการตัดสินใจ ดังนั้นน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะของทางเลือกจึงควรเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับสภาวะที่มีการตัดสินใจ ในงานวิจัยนี้สิ่งที่ใช้กำหนดความสำคัญของคุณลักษณะคือคุณลักษณะความเร่งด่วนของชิ้นงาน ในกรณีที่ชิ้นงานไม่เร่งด่วนการให้น้ำหนักความสำคัญควรเป็นไปในลักษณะที่จะทำให้ระบบสามารถป้องกันความคับคั่งของระบบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตด้วยการทำให้ชิ้นงานสามารถหลีกเลี่ยงเครื่องจักรที่มีแนวโน้มจะเสียก่อนทำชิ้นงานเสร็จ ดังนั้นในสภาวะนี้ Pr จึงมีความสำคัญมาก ในกรณีที่ชิ้นงานมีความเร่งด่วนคุณลักษณะ W จะมีความสำคัญมากเนื่องจากทำให้ชิ้นงานมีโอกาสได้ทำเร็วขึ้น

คุณลักษณะที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเร่งด่วนของงานคือเวลาที่คาดว่าจะเหลือหลังจากชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ (Slack time, S)

S = กำหนดส่ง - เวลาปัจจุบัน - ผลรวมของเวลาสำหรับขั้นตอนการทำงานที่เหลือ 3.13)

จะเห็นว่าหาก S เป็นลบแสดงว่า ณ เวลาปัจจุบันชิ้นงานจะเสร็จช้ากว่ากำหนดอย่างแน่นอน แต่ถ้า S ของชิ้นงานเป็นบวกแสดงว่าชิ้นงานมีโอกาสที่จะเสร็จทันกำหนดส่ง แต่อย่างไรก็ตามการที่ S เป็นบวกไม่ได้หมายความว่าชิ้นงานจะเสร็จทันกำหนดอย่างแน่นอนเนื่องจากในสภาวะการปฏิบัติงานจริงจะต้องมีการเผื่อเวลาที่ชิ้นงานต้องรอคอยอยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรหรือในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง และนอกจากนี้ผลรวมของเวลาสำหรับขั้นตอนการทำงานที่เหลือก็เป็นเพียงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นทางเลือกทั้งหมดเท่านั้น ดังนั้น S จึงมีความไม่แน่นอนและเป็นค่าประมาณเท่านั้น

3.3.2 โครงสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ (FuzzyAHP)

โครงสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP นี้สามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 3.4 จากรูปจะสามารถแบ่งส่วนประกอบของโครงสร้างการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP ได้ดังต่อไปนี้คือ

3.3.2.1 ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

ส่วนนี้คือที่ซึ่งเกิดการตัดสินเลือกเส้นทางเดินของงาน ดังนั้นสิ่งที่จำเป็นต่อการเลือกเส้นทางเดินของงานอันได้แก่คุณลักษณะของทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด (W Pr และ P) และคุณลักษณะของชิ้นงานที่มีการตัดสินใจ (S) จะถูกนำเข้าเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจป้อนให้กับส่วนประกอบอื่นต่อไป

3.3.2.2 ส่วนฐานข้อมูล

ส่วนฐานข้อมูลจะถูกสร้างขึ้นมาเฉพาะที่สภาวะของระบบหนึ่งๆ ส่วนฐานข้อมูลประกอบไปด้วยฐานข้อมูล 2 แบบคือ

ก) **ฐานข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ** จะทำหน้าที่ให้ข้อมูลที่ จำเป็นในการแปลงคุณลักษณะทั้งสี่ให้อยู่ในรูปแบบของค่าแบบฟัซซี่

ข) **ฐานข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ** ฐานข้อมูลในส่วนนี้จะเก็บค่าน้ำหนักของคุณลักษณะ W Pr และ P ของฟัซซี่เซ็ท S แต่ละเซ็ท

3.3.2.3 ส่วนการคำนวณดัชนีการเลือก

ส่วนการคำนวณดัชนีการเลือกนี้มีหน้าที่คำนวณดัชนีการเลือกให้กับทุกทางเลือก โดยใช้ข้อมูลจากระบบผลิตแบบยืดหยุ่นประกอบกับข้อมูลในส่วนของฐานข้อมูล ส่วนการคำนวณดัชนีการเลือกสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ส่วนประกอบคือ

ก) การแปลงคุณลักษณะให้อยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่

ส่วนประกอบนี้จะได้รับข้อมูลจากระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นและฐานข้อมูลในส่วนของฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ ซึ่งจะได้ผลการคำนวณ 2 แบบคือ 1)สัดส่วนแบบฟัซซี่ของคุณลักษณะ W Pr และ P เพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีการเลือกขั้นต่อไป 2) ฟัซซี่เซ็ทของคะแนน S เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ W Pr และ P

ข) การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะโดยเฉลี่ย

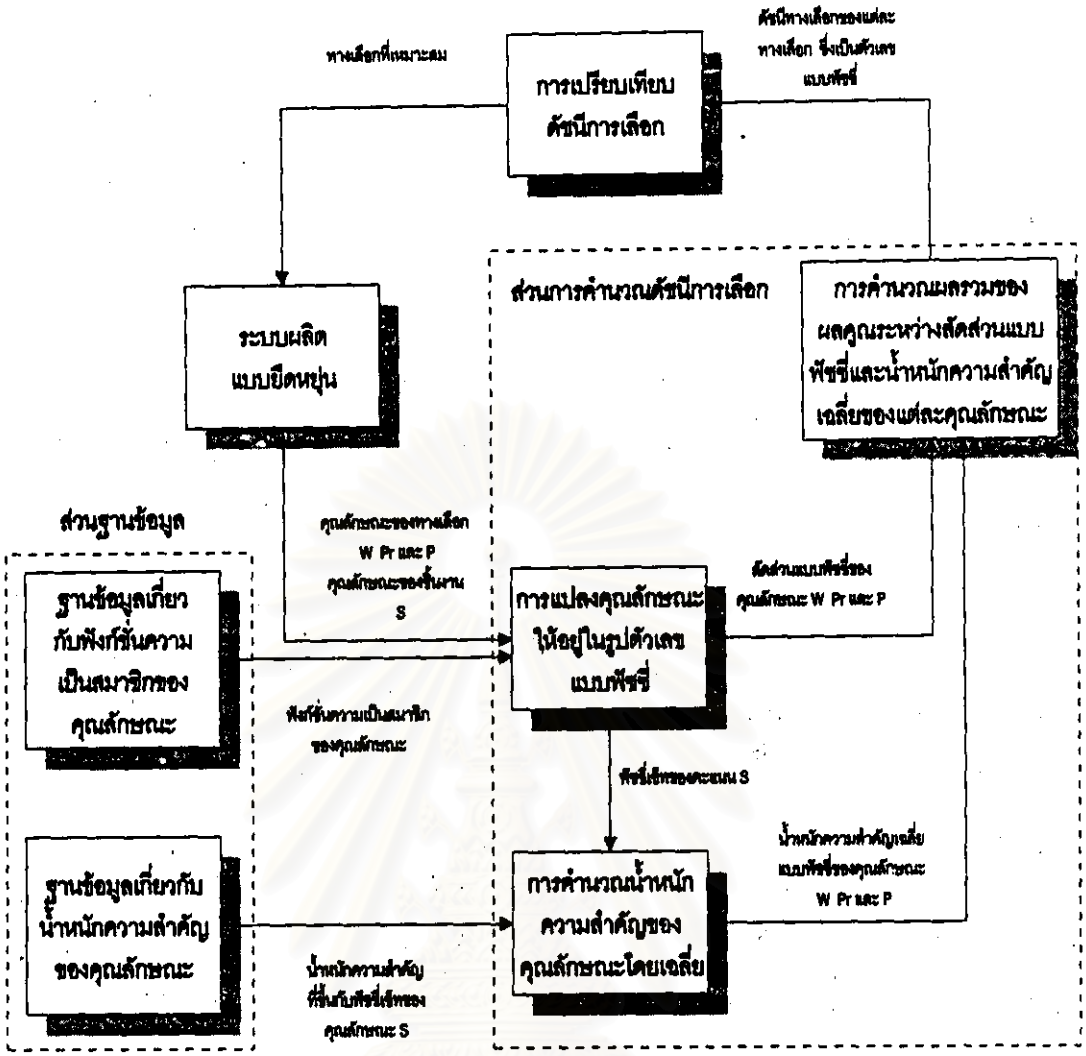
ส่วนประกอบนี้ได้รับข้อมูลค่าฟัซซี่เซ็ทของ S จากส่วนประกอบการแปลงคุณลักษณะให้อยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่ และเมื่อประกอบกับข้อมูลจากฐานข้อมูลในส่วนน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ส่วนประกอบนี้จะสามารถคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ W Pr และ P เพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีการเลือกขั้นต่อไป

ค) การคำนวณผลรวมของผลคูณระหว่างสัดส่วนแบบฟัซซี่และน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะ

ข้อมูลนำเข้าของส่วนประกอบนี้คือ สัดส่วนแบบฟัซซี่ของแต่ละคุณลักษณะและน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะซึ่งได้มาจากส่วนประกอบที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ ผลของดัชนีการเลือกของแต่ละทางเลือกจะถูกนำไปเปรียบเทียบต่อไป

3.3.2.4 การเปรียบเทียบดัชนีการเลือก

ส่วนประกอบนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนดัชนีการเลือกซึ่งอยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่ ซึ่งมีวิธีการเปรียบเทียบโดยเฉพาะ ทางเลือกที่มีดัชนีการเลือกสูงที่สุดจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเลือกเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP นี้ ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดจะถูกป้อนเข้าไปในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นอีกครั้ง



รูปที่ 3.4 โครงสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากโครงสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP สามารถอธิบายส่วนประกอบบางส่วนโดยละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.3.3 ส่วนฐานข้อมูล

กระบวนการสร้างฐานข้อมูลประกอบไปด้วยฐานข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะและฐานข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ดังสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

3.3.3.1 ฐานข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ว่า การคำนวณดัชนีการเลือกด้วยวิธี FuzzyAHP จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการให้คะแนนคุณลักษณะของแต่ละทางเลือกและกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะ

สำหรับการให้คะแนนแต่ละทางเลือกนั้น แม้ว่าค่าคุณลักษณะของทางเลือกอันได้แก่ W Pr และ P จะอยู่ในรูปแบบที่เป็นค่าคงที่ แต่ในการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยโดยผู้เชี่ยวชาญนั้น ค่าคงที่เหล่านี้มักไม่ถูกนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรง แต่มักจะเปรียบเทียบกันในลักษณะผลของปริมาณนั้นที่ทำให้ทางเลือกนั้นน่าเลือกแตกต่างกันอย่างไร เช่น สมมติให้ทางเลือกที่ 1 มีคุณลักษณะ W เท่ากับ 10 ในขณะที่ทางเลือกที่ 2 มีคุณลักษณะ W เท่ากับ 12 ปริมาณ 10 และ 12 ต่างกันในเชิงตัวเลข แต่ผู้เชี่ยวชาญอาจให้ความเห็นว่าทางเลือกทั้งสองมีค่าคุณลักษณะ W ไม่ต่างกัน เนื่องจากปริมาณที่ต่างกันไม่มากพอที่จะส่งผลทำให้ทางเลือกที่ 1 น่าเลือกมากกว่าทางเลือกที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดคุณลักษณะ W Pr และ P ด้วยค่าเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอสำหรับการเปรียบเทียบค่าคุณลักษณะโดยผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากในความคิดของผู้เชี่ยวชาญมีความคลุมเครือเกี่ยวกับปริมาณคุณลักษณะที่จะส่งผลต่อดัชนีการเลือกที่แตกต่างกันของแต่ละทางเลือก

สำหรับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะนั้น ตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าน้ำหนักความสำคัญจะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะ S ของชิ้นงาน โดยถ้า S มาก คุณลักษณะ Pr จะมีความสำคัญมาก และถ้า S น้อยคุณลักษณะ W จะมีความสำคัญมาก การกำหนดน้ำหนักด้วยหลักการนี้ จะต้องมีการกำหนดว่า S ช่วงใดที่จะถูกกำหนดว่าเป็นค่าที่น้อยหรือมากโดยผู้เชี่ยวชาญ และเนื่องจากสาเหตุที่ผู้เชี่ยวชาญมักไม่สามารถกำหนดช่วงที่แน่นอนของคุณลักษณะ S ว่าควรจะมากหรือน้อยนั้น จึงทำให้การคิดคุณลักษณะ S อยู่ในปริมาณที่แน่นอนนั้นไม่เพียงพอสำหรับการให้น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะโดยผู้เชี่ยวชาญ

นอกจากนี้คุณลักษณะบางตัวอันได้แก่ Pr และ S เป็นค่าประมาณ กล่าวคือค่า Pr คือความน่าจะเป็นซึ่งคิดมาจากการกระจายตัวของช่วงเวลาระหว่างเครื่องจักรเสีย และ ค่า S ไม่ได้มี

การคิดเวลาที่ชิ้นงานอาจต้องเสียไปในการรอคอยที่แถวคอย ดังนั้นทั้งค่า Pr และ S จึงไม่แน่นอนสูง

จากที่ได้อธิบายข้างต้นในเรื่องของการเปรียบเทียบคุณลักษณะในแต่ละทางเลือก เรื่องของการกำหนดน้ำหนักความสำคัญและเรื่องของคุณลักษณะที่มีความไม่แน่นอนสูง ทำให้เห็นว่าการกำหนดค่าของคุณลักษณะในรูปปริมาณเพียงอย่างเดียวนั้นบางครั้งไม่เพียงพอ ดังนั้นในระบบที่มีความซับซ้อนสูงหรือระบบที่มนุษย์ยังไม่สามารถกำหนดค่าเชิงปริมาณได้อย่างมีเหตุผล ทำให้การประยุกต์ใช้ตัวแปรทางภาษาหรือการกำหนดปริมาณในรูปแบบฟัซซี่เซ็ทมีประโยชน์มาก (Zadeh, 1965) นอกจากนี้สำหรับปริมาณที่มีความไม่แน่นอนก็สามารถประยุกต์ใช้การกำหนดปริมาณในรูปของฟัซซี่เซ็ทได้ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นสำหรับการเปรียบเทียบคุณลักษณะในแต่ละทางเลือก การกำหนดปริมาณคุณลักษณะในรูปแบบของฟัซซี่เซ็ททำให้สามารถทราบได้ว่าค่าของแต่ละคุณลักษณะถูกแบ่งเป็นช่วงใดบ้างซึ่งทำให้สามารถเข้าใจได้คุณลักษณะของทางเลือกหนึ่งแตกต่างพอที่จะมีผลต่อดัชนีทางเลือกอย่างเห็นได้ชัดหรือไม่ และสำหรับคุณลักษณะ S ก็เช่นกันที่การแปลงปริมาณคุณลักษณะ S ให้อยู่ในรูปแบบฟัซซี่เซ็นททำให้สามารถกำหนดได้ว่า S ควรจะถูกแบ่งออกเป็นกี่ช่วงและควรจะกำหนดน้ำหนักความสำคัญกี่ชุดและแต่ละชุดควรมีค่าที่สัมพันธ์กับค่า S อย่างไร

นอกจากนี้สำหรับคุณลักษณะที่มีค่าไม่แน่นอน เมื่อถูกแปลงให้อยู่ในรูปของฟัซซี่เซ็ทแล้วคุณลักษณะนั้นจะไม่อยู่ในรูปแบบของค่าคงที่ แต่ละเปลี่ยนเป็นค่าที่เป็นช่วงแทน ดังนั้นจึงสามารถแสดงความไม่แน่นอนของคุณลักษณะได้

การกำหนดปริมาณในรูปแบบของฟัซซี่เซ็ท มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก) การให้คะแนนคุณลักษณะของเครื่องจักรและคุณลักษณะของชิ้นงาน

ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องจักรแต่ละเครื่องจำเป็นต้องทราบว่าคุณลักษณะนั้นมีค่าอยู่ในช่วงใดเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบให้เห็นว่าค่านั้นอยู่ห่างจากค่าน้อยและมากที่สุดเท่าใด และสำหรับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญโดยพิจารณาจากคุณลักษณะของงานก็จำเป็นต้องทราบช่วงดังกล่าวเช่นกันเนื่องจากเป็นสิ่งที่แสดงให้ทราบว่าควรจัดให้มีน้ำหนักความสำคัญกี่ชุด นอกจากนี้การกำหนดช่วงของคุณลักษณะยังสามารถลดความแตกต่างของค่าคุณลักษณะที่มากหรือน้อยกว่าค่าปกติได้ด้วย ช่วงของแต่ละคุณลักษณะในกรณีทั่วไปสามารถหาได้ไม่ยากนักโดยการพิจารณาค่าของแต่ละคุณลักษณะดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ช่วงของคุณลักษณะ

คุณลักษณะ	ช่วงของคุณลักษณะ
W	[0, จำนวนชิ้นงานในระบบ*เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการทำงานของแต่ละชิ้นงาน)
Pr	[0, 1]
P	(0, ∞)*
S	(-∞, ∞)

หมายเหตุ: * หมายถึงขึ้นกับข้อกำหนดของระบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ชิ้นงานมีเวลาที่ต้องการในแต่ละขั้นตอนการทำงานเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียล (ดูรายละเอียดบทที่ 6 การออกแบบการทดลอง)

จะเห็นว่าช่วงของคุณลักษณะ W P และ S ที่แสดงในตารางที่ 3.1 เป็นช่วงที่มีความกว้างมากเกินไปซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ตามที่ต้องการได้ การเก็บข้อมูลค่าของคุณลักษณะโดยดำเนินการจำลองแบบปัญหาสามารถบ่งบอกให้ทราบได้ว่าค่าส่วนใหญ่ของคุณลักษณะนั้นอยู่ในช่วงใด แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินการจำลองแบบปัญหาก็ไม่สามารถบอกให้ทราบว่าค่าที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุดของคุณลักษณะนั้นเป็นเท่าใด ดังนั้นต้องมีการสร้างช่วงของคุณลักษณะจากข้อมูลที่เก็บมาตามขั้นตอนต่อไปนี้

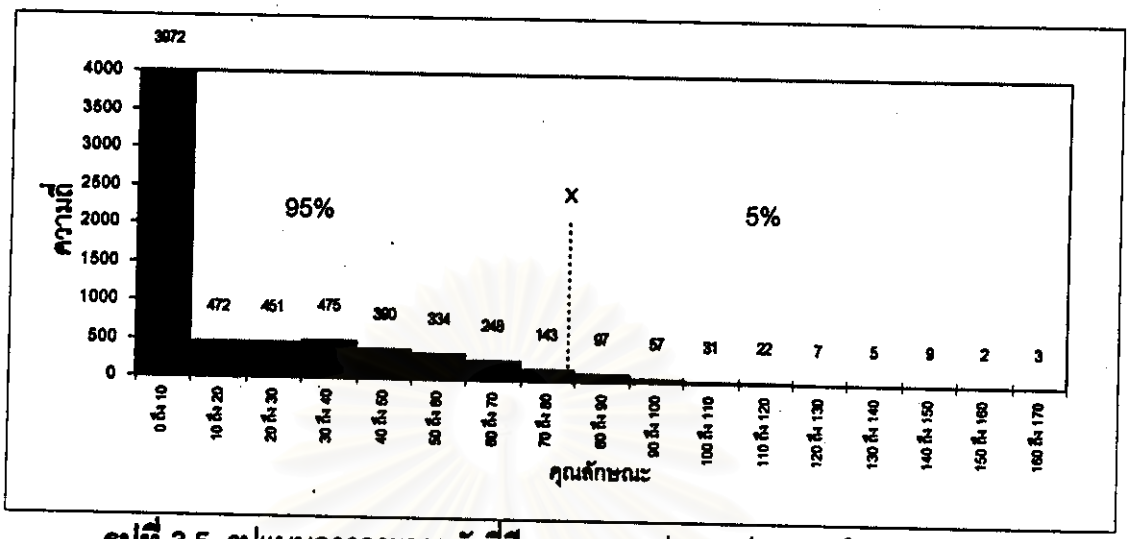
ก.1) พิจารณาการกระจายตัวของค่าคุณลักษณะ

ก.2) กำหนดช่วงของคุณลักษณะใหม่โดยพิจารณาค่าน้อยและมากที่สุดที่ขอบของช่วงที่มีประชากรของคุณลักษณะอยู่ประมาณ 95%

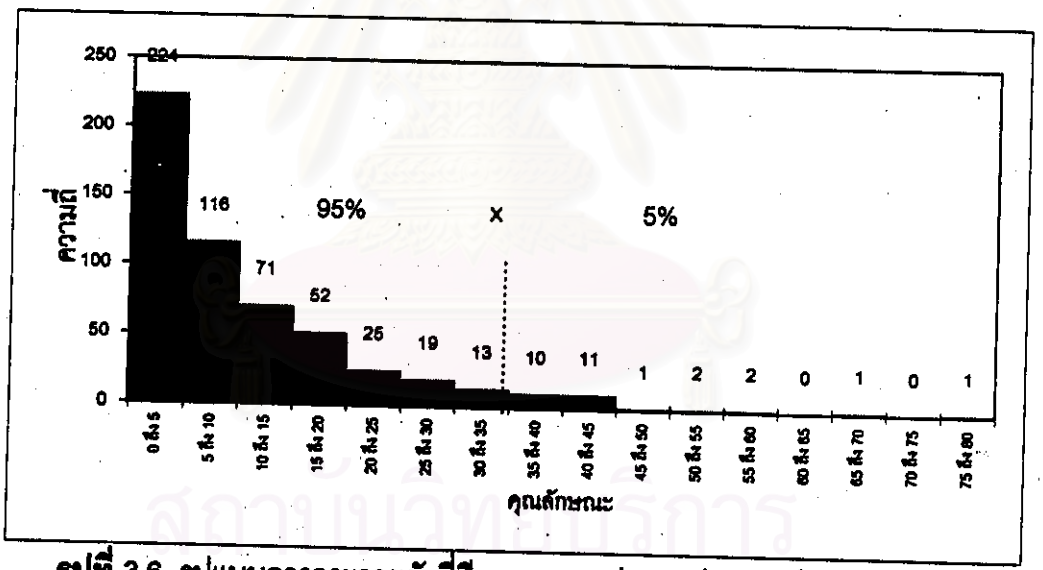
ก.3) เปลี่ยนคุณลักษณะเป็นคะแนน (Sc(คุณลักษณะ)) ที่มีสเกล 0 ถึง 100 เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกคุณลักษณะ โดยวิธีการเปลี่ยนคุณลักษณะเป็นคะแนนดังกล่าวขึ้นอยู่กับรูปแบบการกระจายตัวของค่าคุณลักษณะดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

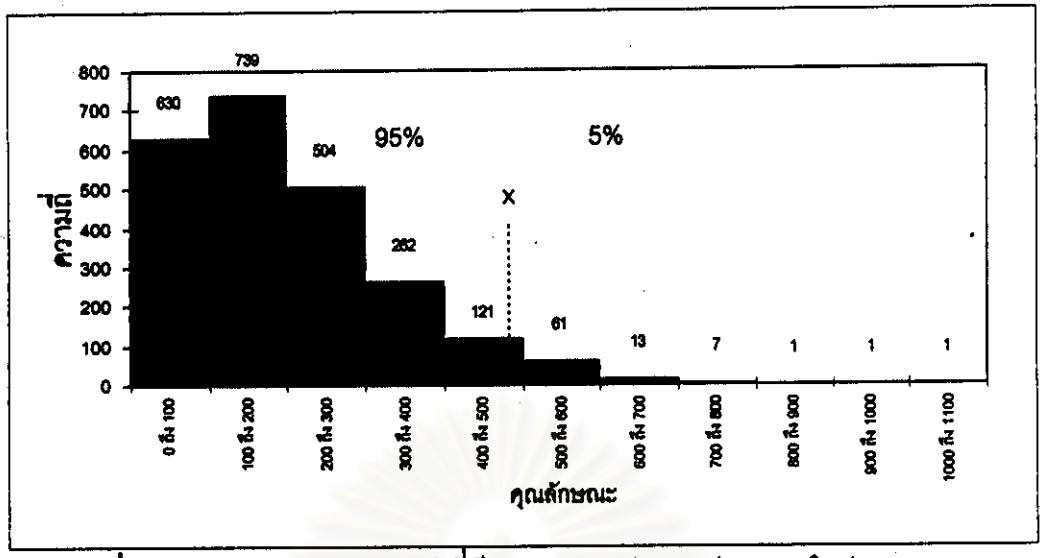
- รูปแบบการกระจายที่มีความหนาแน่นของประชากรในช่วงแรกมากและเบาบางลงในช่วงท้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ถึง 3.7



รูปที่ 3.5 รูปแบบการกระจายตัวที่มีความหนาแน่นของประชากรในช่วงแรกมากและเบาบางลงในช่วงท้าย แบบที่ 1 (คุณลักษณะ W)



รูปที่ 3.6 รูปแบบการกระจายตัวที่มีความหนาแน่นของประชากรในช่วงแรกมากและเบาบางลงในช่วงท้าย แบบที่ 2 (คุณลักษณะ P)



รูปที่ 3.7 รูปแบบการกระจายตัวที่มีความหนาแน่นของประชากรในช่วงแรกมาก และเบาบางลงในช่วงท้าย แบบที่ 3 (คุณลักษณะ S บางสภาวะ)

จากรูป ช่วงที่ถูกกำหนดใหม่คือ [0, x] คุณลักษณะที่มีการกระจายตัวแบบนี้ได้แก่ W P และ S(บางสภาวะ) ค่าคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการของ W และ P ควรมีค่าน้อยดังนั้นคะแนนของ W และ P จะเป็นไปตามสมการที่ 3.14) และ 3.15) สำหรับค่าคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการของ S ควรจะมีค่ามาก ดังนั้นคะแนนของ S จะเป็นไปตามสมการที่ 3.16)

$$Sc(W) = \begin{cases} 0 \text{ เมื่อ } W \geq x \\ (-100/W) + 100 \text{ เมื่อ } 0 < W < x \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \qquad 3.14)$$

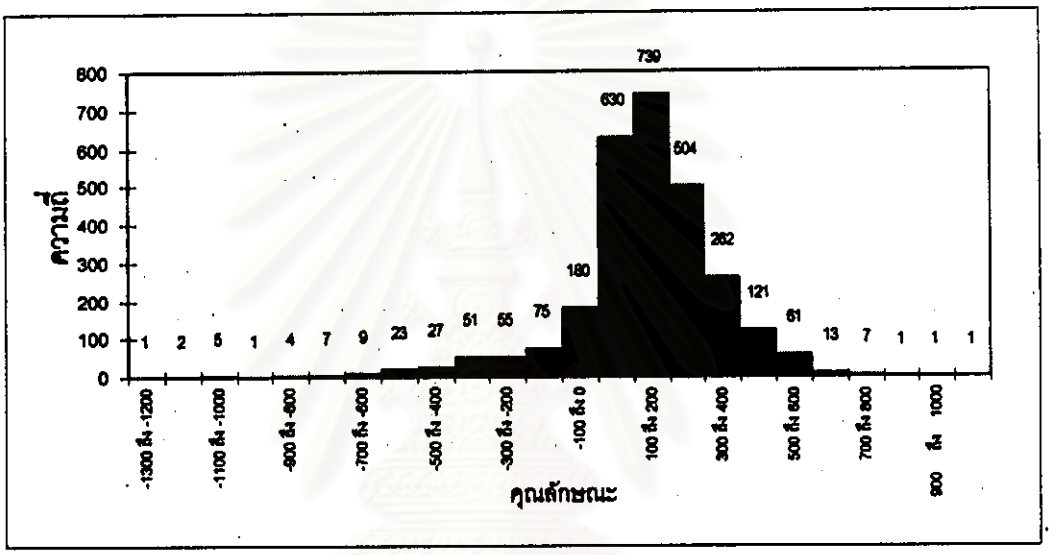
$$Sc(P) = \begin{cases} 0 \text{ เมื่อ } P \geq x \\ (-100/P) + 100 \text{ เมื่อ } 0 < P < x \\ 100 \text{ เมื่อ } P = 0 \end{cases} \qquad 3.15)$$

$$Sc(S) = \begin{cases} 0 \text{ เมื่อ } S = 0 \\ 100/x \text{ เมื่อ } 0 < S < x \\ 100 \text{ เมื่อ } S \geq x \end{cases} \qquad 3.16)$$

- รูปแบบการกระจายที่หนาแน่นในช่วงกลางและเบาบางที่ช่วงต้นและปลาย ดังในรูปที่ 3.8 จากรูป ช่วงที่ถูกกำหนดใหม่คือ $[x_1, x_2]$ คุณลักษณะที่มีการ

กระจายตัวแบบนี้ได้แก่ S บางสภาวะ ค่าคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการของ S ควรมีค่ามากดังนั้นคะแนนของ S คือ

$$Sc(S) = \begin{cases} 0 \text{ เมื่อ } S \leq x_1 \\ [100*S/(x_2 - x_1)] - [100*x_1/(x_2 - x_1)] \\ \text{เมื่อ } x_1 < P < x_2 \\ 100 \text{ เมื่อ } S \geq x_2 \end{cases} \qquad 3.17)$$

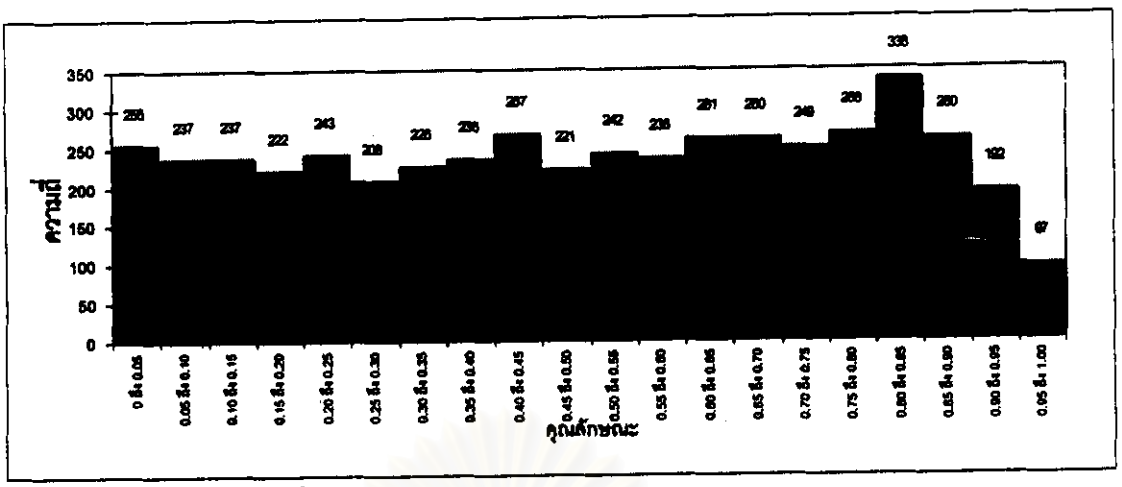


รูปที่ 3.8 รูปแบบการกระจายตัวของคุณลักษณะ S บางสภาวะ

- รูปแบบการกระจายที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 3.9

  คุณลักษณะที่มีรูปแบบการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอคือ Pr โดยมีช่วงการกระจายตั้งแต่ 0 ถึง 1 และคุณลักษณะ Pr ที่เป็นที่ต้องการต้องเป็นค่ามาก ดังนั้นคะแนนของ Pr คือ

  $$Sc(Pr) = 100*Pr \text{ สำหรับทุกค่าของ Pr} \qquad 3.18)$$



รูปที่ 3.9 รูปแบบการกระจายตัวของคุณลักษณะ Pr

เนื่องจากช่วงของคุณลักษณะที่กำหนดตามวิธีดังกล่าวจะเปลี่ยนไปตามสภาวะของระบบ ทำให้ฟังก์ชั่นการแปลงค่าคุณลักษณะเป็นคะแนนเปลี่ยนไปด้วยยกเว้นคุณลักษณะ P ซึ่งพิจารณาจากเวลาที่ชิ้นงานใช้ในแต่ละขั้นตอนซึ่งเป็นคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตั้งแต่ชิ้นงานเริ่มเข้ามาในระบบ และคุณลักษณะ P ของแต่ละทางเลือกจะแตกต่างจากเวลาดังกล่าวตั้งแต่ 0 ถึง 15% (ดูบทที่ 6 การออกแบบการทดลอง) ดังนั้นคุณลักษณะ P จึงประมาณได้ว่าไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของระบบ

การกระจายตัวของแต่ละคุณลักษณะและฟังก์ชั่นการแปลงค่าคุณลักษณะเป็นคะแนนที่สภาวะต่างๆได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

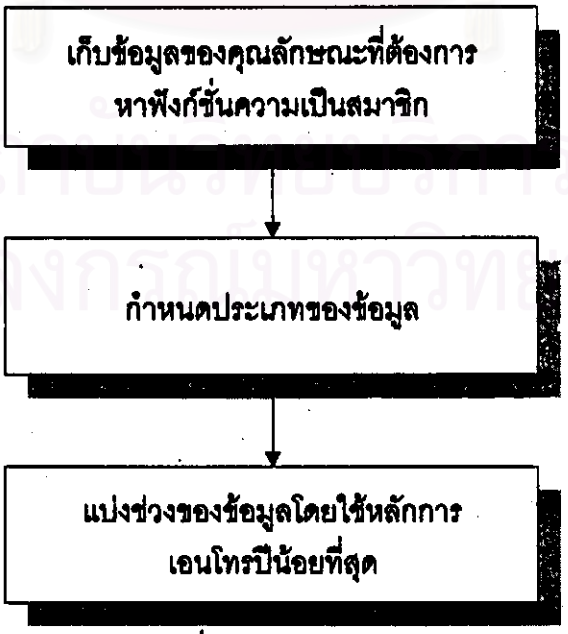
ข) การกำหนดปริมาณในรูปของฟัซซี่เซ็ท

การกำหนดปริมาณในรูปของฟัซซี่เซ็ทก็คือการแบ่งปริมาณคะแนนของแต่ละคุณลักษณะออกเป็นฟัซซี่เซ็ทหลายๆเซ็ท (หรือแบ่งออกเป็นตัวแปรทางภาษาหลายๆ ค่า) ซึ่งการจะทำเช่นนี้ได้จะต้องมีการกำหนดฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทด้วย

ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกเป็นส่วนสำคัญขั้นพื้นฐานของฟัซซี่เซ็ทเพราะเป็นสิ่งที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะตัวของฟัซซี่เซ็ทนั้นโดยที่สำหรับฟัซซี่เซ็ทนั้น ค่าหนึ่งๆ อาจเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทมากกว่า 1 เซ็ท ดังนั้นขอบเขตของฟัซซี่เซ็ทแต่ละเซ็ทจึงมีความคลุมเครือไม่สามารถแสดงได้ด้วยค่าที่แน่นอนเพียงค่าเดียว ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า ค่าหนึ่งๆเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทใดบ้าง หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกแสดงความคลุมเครือของฟัซซี่เซ็ทนั่นเอง

เนื่องจากวิธีแสดงความคลุมเครือของฟัซซี่เซ็ทมีได้ไม่จำกัด ดังนั้นลักษณะและวิธีการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกจึงมีไม่จำกัดเช่นกัน วิธีการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกนั้นมีตั้งแต่การใช้ความชำนาญและความรู้ของมนุษย์ไปจนกระทั่งวิธีที่มีขั้นตอนที่แน่นอน (Ross, 1995)

วิธีการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้คือวิธี Inductive reasoning วิธีการนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้ากับข้อมูลนำออกและหลักการของเอนโทรปีน้อยที่สุดในการแบ่งช่วงของข้อมูลในแต่ละฟัซซี่เซ็ท ดังนั้นวิธีการนี้จึงใช้ข้อมูลของระบบเพียงอย่างเดียว วิธีนี้เหมาะกับระบบที่ค่อนข้างซับซ้อน มีข้อมูลมากและค่อนข้างคงที่ ขั้นตอนการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกโดยวิธี Inductive reasoning

ขั้นตอนการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกโดยวิธี Inductive reasoning สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ข.1) การเก็บข้อมูลของคุณลักษณะที่ต้องการหาฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก

การสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกด้วยวิธีนี้อาศัยข้อมูลของระบบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นคุณภาพของข้อมูลจึงส่งผลต่อฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ได้ ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ต้องเป็นข้อมูลที่อยู่ในสภาวะคงตัวเพราะหากข้อมูลไม่คงตัว ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สร้างขึ้นจากข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่งจะไม่สามารถใช้ได้กับข้อมูลในอีกช่วงเวลาหนึ่ง และนอกจากนี้ข้อมูลต้องมีจำนวนมากพอสมควรที่จะสามารถครอบคลุมค่าส่วนใหญ่ของคุณลักษณะที่จะทำการหาฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกเพื่อให้ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ได้สามารถใช้ได้ครอบคลุมกับทุกสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในการดำเนินงานในระบบ

ในงานวิจัยนี้ คุณลักษณะที่จะหาฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกนั้นคือ S Pr W และ P ตามที่ได้เสนอไปแล้ว ข้อมูลค่าของทั้ง 4 คุณลักษณะจะถูกเก็บอย่างสุ่มจากการดำเนินการจำลองแบบปัญหาในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บจากสภาวะของระบบหนึ่ง สามารถใช้สร้างกฎการเลือกเส้นทางเดินของงานที่จะใช้ที่สภาวะนั้น ในขณะที่สภาวะของระบบในการเก็บข้อมูลชุดหนึ่งๆ อาจเปลี่ยนไป แต่กฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่ใช้เป็นฐานสำหรับการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบฟัซซี่นี้คือกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบสุ่มซึ่งจะให้ผลเหมือนกับว่าระบบนั้นยังไม่มีการใช้ระบบการจัดเส้นทางเดินของงานแบบใดเลย

ข.2) กำหนดประเภทของข้อมูล

ขั้นตอนต่อไปหลังจากการเก็บข้อมูลคือการกำหนดประเภทของข้อมูล โดยที่ข้อมูลจะต้องถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท ซึ่งหลักการในการกำหนดประเภทของข้อมูลนั้นไม่ได้กำหนดไว้แน่นอนตายตัว แต่อย่างไรก็ตาม การแบ่งประเภทของข้อมูลนั้นควรจะสามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะซึ่งเปรียบเสมือนข้อมูลนำเข้านั้นและจุดมุ่งหมายในการนำตัวแปรซึ่งเปรียบเสมือนข้อมูลนำออกนั้นไปใช้ การกำหนดประเภทของข้อมูลของแต่ละตัวแปรสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

- การกำหนดประเภทของข้อมูลของคุณลักษณะของแต่ละทางเลือก คุณลักษณะเหล่านั้นคือ W Pr และ P ในที่นี้จุดมุ่งหมายในการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะเหล่านี้ คือการแสดงความแตกต่างของค่าคุณลักษณะในแต่ละทางเลือกเพื่อที่จะนำไปสู่การตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด จะเห็นได้ว่า

I17772656

หากคำนึงถึงการเลือกเส้นทางเดินของงานโดยพิจารณาเฉพาะค่าของคุณลักษณะ W หรือ Pr หรือ P เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ทางเลือกที่ดีที่สุดควรเป็นทางเลือกที่มีค่าคุณลักษณะ W น้อยที่สุด หรือ ค่าคุณลักษณะ Pr มากที่สุด หรือ ค่าคุณลักษณะ P น้อยที่สุด ตามลำดับ จากการแปลงค่าของคุณลักษณะเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของคะแนนจาก 0 ถึง 100 สามารถสรุปได้ว่าทางเลือกที่ดีที่สุดควรเป็นทางเลือกที่มีคะแนนของ W Pr และ P มากที่สุด ขึ้นกับว่าเลือกเส้นทางเดินของงานโดยพิจารณาคุณลักษณะใด ดังนั้นจากแนวความคิดนี้จึงสามารถแยกประเภทของข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่มีค่าคะแนนของคุณลักษณะสูงที่สุด (ประเภทที่ 1) และ ประเภทที่มีค่าคะแนนของคุณลักษณะรองลงไป (ประเภทที่ 2) ตัวอย่างของการแบ่งประเภทดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 3.11 ซึ่งแสดงตัวอย่างการแบ่งข้อมูลที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP สำหรับฟังก์ชั่นการแปลงคุณลักษณะ W Pr S และ P เป็นคะแนนคุณลักษณะสามารถพิจารณาได้จากสมการ ค.10) ค.11) ค.12) และ ค.25) ตามลำดับ ซึ่งจากสมการดังกล่าวสามารถสรุปคะแนนคุณลักษณะของทางเลือกของแต่ละงานได้ดังตารางที่ 3.2 จากรูปที่ 3.11 จะเห็นได้ว่าทางเลือกสำหรับเส้นทางเดินของงาน a นั้นมี 2 ทาง คะแนนของ W Pr และ P ที่จัดอยู่ในประเภทที่ 1 คือ 50 95 และ 57.14 ตามลำดับ สำหรับเส้นทางเดินของงาน b นั้นมี 2 ทาง คะแนนของ W Pr และ P ที่จัดอยู่ในประเภทที่ 1 คือ 81.25 75 และ 48.57 ตามลำดับ นอกจากนี้การแบ่งประเภทของข้อมูลก็สามารถแสดงได้ดังแผนภาพย่อยในรูปที่ 3.11 เช่นกัน

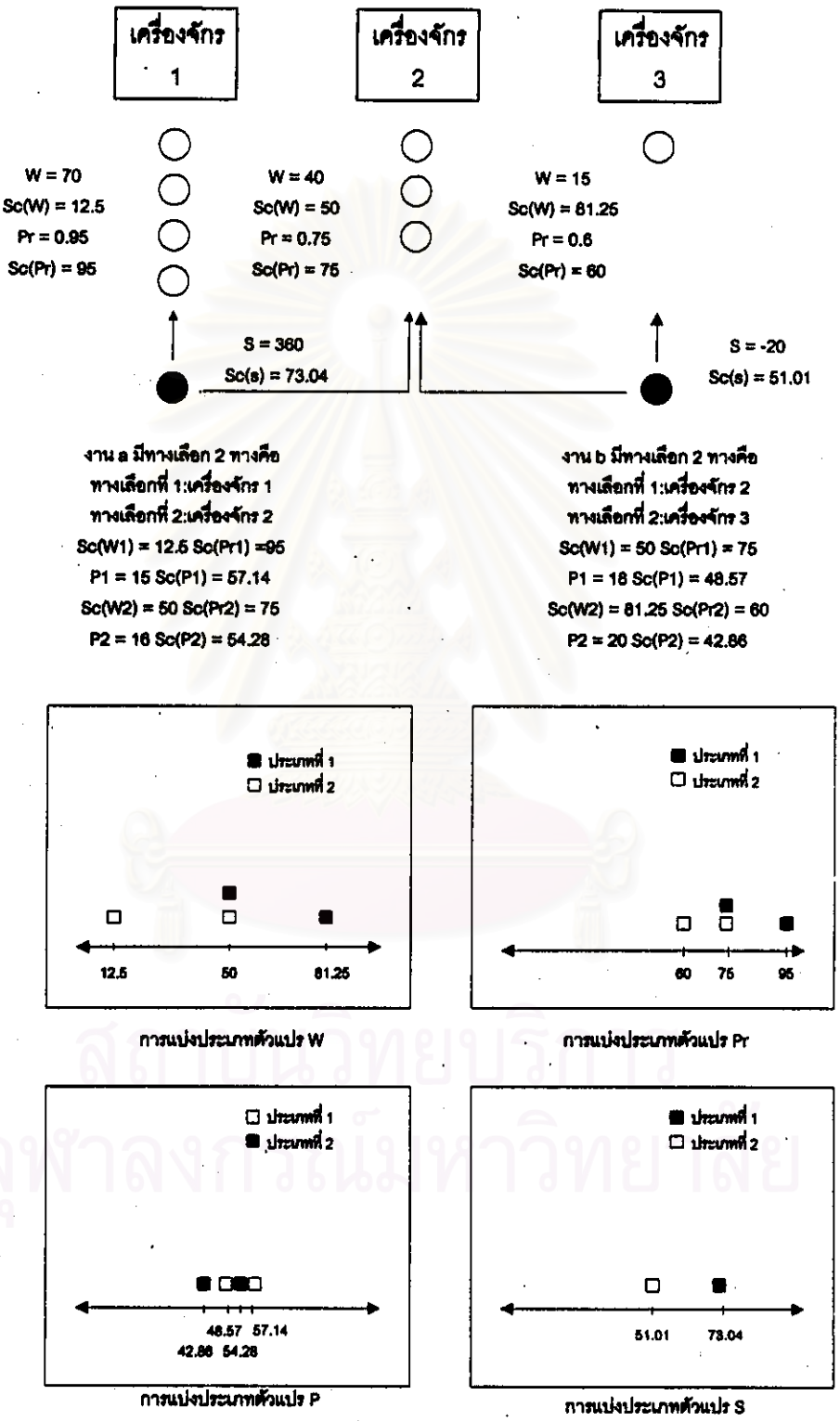
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.2 คะแนนคุณลักษณะของทางเลือก

		ทางเลือก 1	ทางเลือก 2
งาน a	เครื่องจักร	เครื่องจักร 1	เครื่องจักร 2
	คุณลักษณะ W	70	40
	Sc(W)	(-1.25*70)+100 = 12.5	(-1.25*40)+100 = 50
	คุณลักษณะ Pr	0.95	0.75
	Sc(Pr)	0.95*100 = 95	0.75*100 = 75
	คุณลักษณะ P	15	16
	Sc(P)	(-2.85714*15)+100 = 57.14	(-2.85714*16)+100 = 54.28
	คุณลักษณะ S	360	
	Sc(S)	(0.05797*360) + 52.17391 = 73.04	
งาน b	เครื่องจักร	เครื่องจักร 2	เครื่องจักร 3
	คุณลักษณะ W	40	15
	Sc(W)	(-1.25*40) + 100 =50	(-1.25*15)+100 = 81.25
	คุณลักษณะ Pr	0.75	0.60
	Sc(Pr)	0.75*100 = 75	0.60*100 = 60
	คุณลักษณะ P	18	20
	Sc(P)	(-2.85714*18)+100 = 48.57	(-2.85714*20)+100 = 42.86
	คุณลักษณะ S	-20	
	Sc(S)	(0.05797*-20)+52.17391 = 51.01	

- การกำหนดประเภทของข้อมูลของตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะของชิ้นงานที่จะเลือกเส้นทางเดิน ตัวแปรดังกล่าวคือ S ซึ่งเป็นตัวแปรที่แสดงความเร่งด่วนของชิ้นงานนั้น ในที่นี้จุดมุ่งหมายในการสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของตัวแปร S คือ แสดงความเร่งด่วนของชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ในการเลือกน้ำหนักความสำคัญให้กับแต่ละคุณลักษณะ ดังนั้นสามารถแยกประเภทของข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่ไม่เร่งด่วน (ประเภทที่ 1) และ ประเภทที่เร่งด่วน (ประเภทที่ 2) โดยหลักการการแบ่งประเภทนั้นคือหากชิ้นงานนั้นมีค่า S เหลือมากกว่า 2 เท่า (เพื่อเผื่อเวลารอคอย) ของเวลาการดำเนินงานที่เหลือ ค่า S นั้นจะจัดเป็นประเภทที่ 1 นอกนั้นจัดเป็นประเภทที่ 2 ในรูปที่ 3.11 งาน a มีค่า S เป็น 360 ซึ่งมากกว่า 2 เท่าของเวลาการดำเนินงานที่เหลือ ดังนั้นค่าคะแนนของ S=360 คือ 73.04 ดังนั้นค่าคะแนนของ S นี้จึงจัดเป็นประเภทที่ 1 งาน b มีค่า S เป็น -20 ซึ่งน้อยกว่า 2 เท่าของเวลาการดำเนินงานที่เหลือ ดังนั้นค่าคะแนนของ S=-20 คือ 51.01 ดังนั้น

ค่าคะแนนของ S นี้จึงจัดเป็นประเภทที่ 2 นอกจากนี้การแบ่งประเภทของข้อมูลก็สามารถแสดงได้ดังกราฟย่อยในรูปที่ 3.11 เช่นกัน



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการแบ่งประเภทข้อมูลเมื่อความซับซ้อนของระบบสูง โหลดงานในระบบมาก สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ข.3) การแบ่งช่วงของข้อมูลโดยหลักการเอนโทรปีน้อยที่สุด

จุดประสงค์ของการนำหลักการของเอนโทรปีน้อยที่สุดมาประยุกต์ใช้คือเพื่อสามารถแยกข้อมูลทั้งหมดออกเป็นพัซซี่เซ็ทที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าวิกฤติระหว่างประเภทของข้อมูล ซึ่งค่าวิกฤตินี้จะทำให้ค่าเอนโทรปีของข้อมูลที่จะทำการแบ่งช่วงน้อยที่สุด เมื่อทำการแบ่งช่วงของข้อมูลด้วยหลักการนี้หลายๆครั้งก็จะได้ค่าวิกฤติหลายค่าซึ่งทำให้สามารถหาฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกได้

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างของการแบ่งข้อมูลด้วยค่าวิกฤติของตัวแปร S ที่สภาวะโหลดของงานในระบบน้อยและความซับซ้อนของระบบสูง สมมติในขั้นตอนแรกต้องการหาค่าวิกฤติ (x) ระหว่างค่าคะแนนของตัวแปร S เท่ากับ 0 และ 100 (x_1 และ x_2 ตามลำดับ) สมมติว่าบริเวณตั้งแต่ x_1 ถึง x และ x ถึง x_2 คือบริเวณ p และ q ตามลำดับ เอนโทรปีของค่า x ในช่วง x_1 ถึง x_2 (S(x)) (Christensen, 1980 อ้างถึงใน Ross, 1995) คือ

$$S(x) = p(x)S_p(x) + q(x)S_q(x) \qquad 3.19)$$

$$S_p(x) = -[p_1(x) \ln p_1(x) + p_2(x) \ln p_2(x)] \qquad 3.20)$$

$$S_q(x) = -[q_1(x) \ln q_1(x) + q_2(x) \ln q_2(x)] \qquad 3.21)$$

$p_k(x)$ และ $q_k(x)$ คือความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขที่ค่าคะแนนของตัวแปรจะอยู่ในช่วง $[x_1, x_1+x]$ และ $[x_1+x, x_2]$ ตามลำดับ

p(x) และ q(x) คือความน่าจะเป็นที่ทุกค่าคะแนนของตัวแปรจะอยู่ในช่วง ช่วง $[x_1, x_1+x]$ และ $[x_1+x, x_2]$ ตามลำดับ ดังนั้น $p(x) + q(x) = 1$

x ที่ให้ค่าเอนโทรปีที่น้อยที่สุดจะเป็นค่าวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด ค่า $p_k(x)$ $q_k(x)$ p(x) และ q(x) สามารถประมาณได้โดย

$$p_k(x) = \frac{n_k(x)+1}{n(x)+1} \qquad 3.22)$$

$$q_k(x) = \frac{N_k(x)+1}{N(x)+1} \qquad 3.23)$$

$$p(x) = \frac{n(x)}{n} \qquad 3.24)$$

$$q(x) = 1 - p(x) \qquad 3.25)$$

เมื่อ $n_k(x)$ คือจำนวนของข้อมูลประเภท k ที่อยู่ในช่วง $[x_1, x_1 + x]$

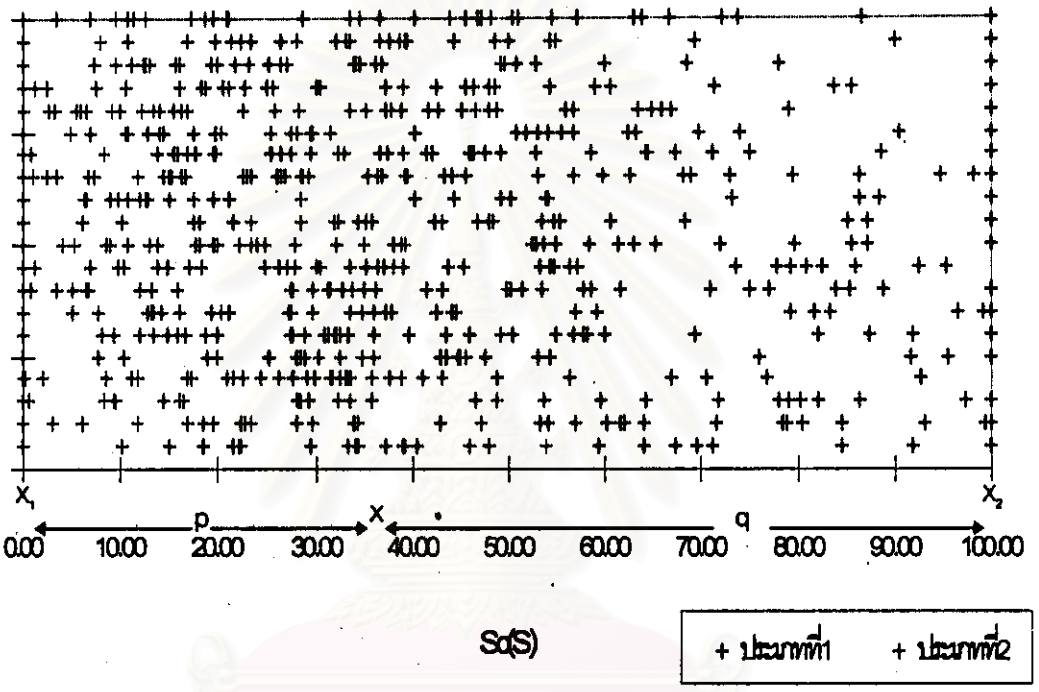
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

n(x) คือจำนวนของข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในช่วง $[x_1, x_1 + x]$

$N_k(x)$ คือจำนวนของข้อมูลประเภท k ที่อยู่ในช่วง $[x_1 + x, x_2]$

N(x) คือจำนวนของข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในช่วง $[x_1 + x, x_2]$

n คือจำนวนของข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในช่วง $[x_1, x_2]$

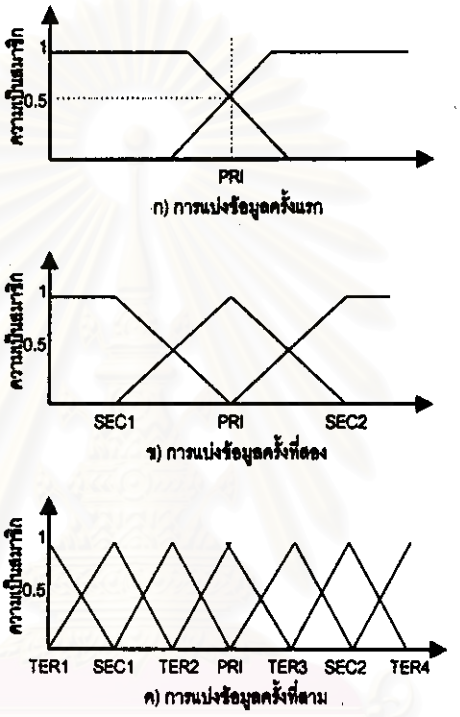


รูปที่3.12 การแบ่งประเภทของ Sc(S) ที่สภาวะโหลดของงานในระบบน้อยและความซับซ้อนของระบบสูง

เมื่อเลื่อนค่า x ไปตามจุดต่างๆในช่วง $[x_1,x_2]$ ค่าเอนโทรปีที่ตำแหน่ง x สามารถคำนวณได้จากสมการ 3.19) ถึง 3.25) ค่าของ x ที่ให้ค่าเอนโทรปีต่ำที่สุดเรียกว่าค่าวิกฤตขั้นแรก (Primary threshold) ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนว่า "PRI"

ด้วยค่า PRI นี้ ช่วง $[x_1,x_2]$ สามารถถูกแบ่งเป็น 2 ช่วง และสามารถเขียนฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกได้ รูปที่ 3.13ก) แสดงการแบ่งช่วง $[x_1,x_2]$ ออกเป็น 2 ช่วงตามค่า PRI ตามรูปที่ 3.13ก) หากต้องการกำหนด ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกให้เป็นฟัซซี่เซ็ท 2 เซ็ทแล้วจะต้องมีการกำหนดขอบเขตของแต่ละเซ็ทซึ่งสามารถทำได้โดยการหาค่าวิกฤตขั้นที่สอง (Secondary threshold) ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนว่า "SEC" ค่าวิกฤตขั้นที่สองมี 2 ค่าอยู่ทางด้านซ้าย (SEC1) และด้านขวา (SEC2) ของ PRI วิธีการหา SEC1 และ SEC2 ก็ทำได้เช่น

เดียวกับการหา PRI นั่นคือหาค่าที่ทำให้ได้ค่าเอนโทรปีต่ำที่สุดในช่วงของ [x_1, PRI] และ [PRI, x_2] ตามลำดับ ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ได้หลังจากหาค่า SEC1 และ SEC2 แล้วสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.13ข) และเมื่อดำเนินการเช่นนี้ซ้ำหลายๆครั้งก็จะสามารถสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกได้จากจำนวนฟัซซี่เซ็ทที่สามารถแบ่งได้มากขึ้นดังรูปที่ 3.13ค)



รูปที่ 3.13 แสดงการแบ่งช่วงข้อมูลซ้ำๆ โดยหลักการเอนโทรปีน้อยที่สุด

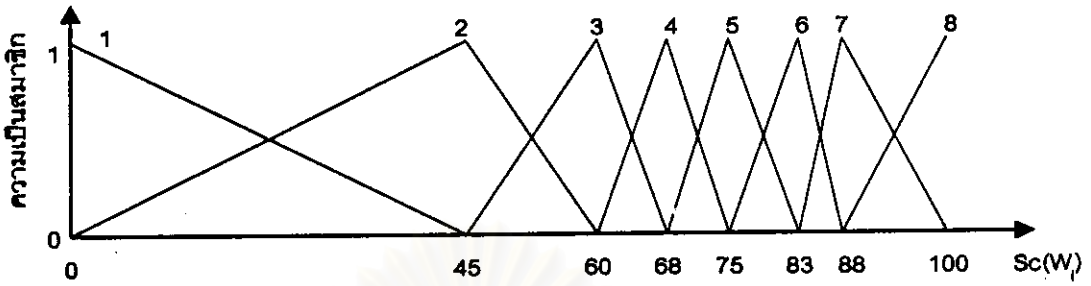
ตัวอย่างการคำนวณค่าเอนโทรปีของคุณลักษณะ W ของกราฟย่อยในรูป 3.11 สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 3.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าเอนโทรปีของคุณลักษณะ W ตามรูป 3.11

x	n1(x)	n2(x)	N1(x)	N2(x)	n	p1	p2	q1	q2	p(x)	q(x)	Sp(x)	Sq(x)	S(x)
30	0	1	2	1	4	0.5	1	0.75	0.5	0.25	0.75	0.3466	0.5623	0.5084
70	1	2	1	0	4	0.5	0.75	1	0.5	0.75	0.25	0.5623	0.3466	0.5084

ตัวอย่างการคำนวณฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W_i ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำ โหลดของงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ

FuzzyAHP สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 3.4 สำหรับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W_i ที่สภาวะของระบบดังกล่าวสามารถแสดงได้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนน W_i ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ โหลดงานในระบบน้อย สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างการคำนวณฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W_i ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำ โหลดของงานในระบบน้อยและพิจารณาเครื่องจักรเสีย

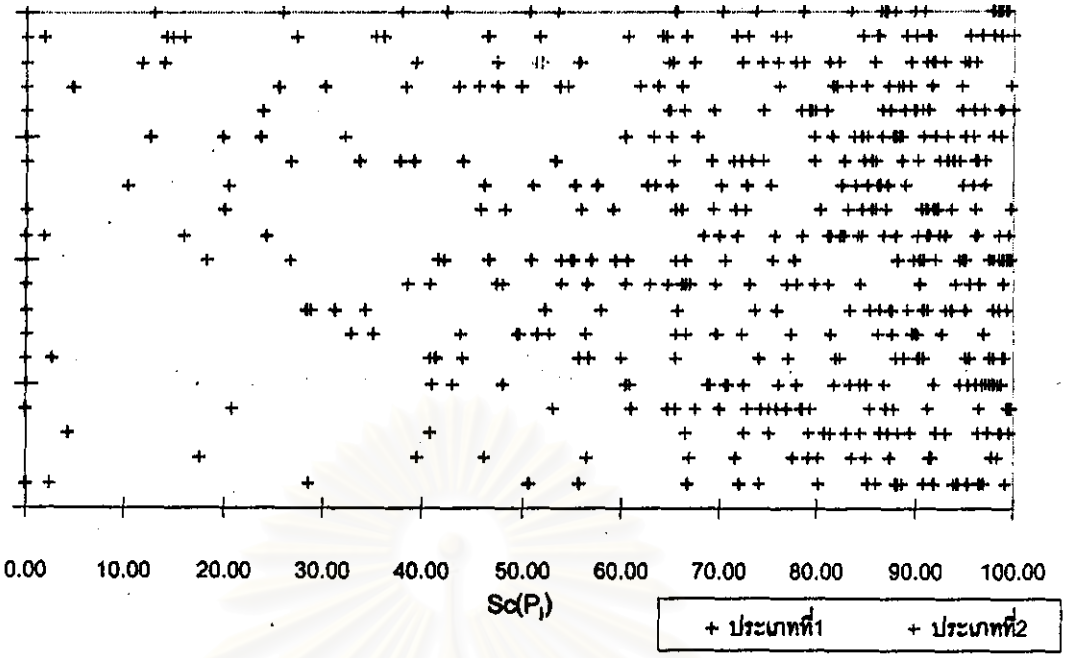
การหา PRI ในช่วง $Sc(W_i)$ = [0,100] PRI = 75														
x	n1(x)	n2(x)	N1(x)	N2(x)	n	p1	p2	q1	q2	p(x)	q(x)	Sp(x)	Sq(x)	S(x)
73	34	1478	184	927	2623	0.023	0.978	0.166	0.835	0.576	0.424	0.109	0.449	0.2534
74	35	1512	183	893	2623	0.023	0.977	0.171	0.83	0.59	0.41	0.11	0.456	0.2520
75	37	1553	181	852	2623	0.024	0.977	0.176	0.825	0.606	0.394	0.112	0.465	0.2509
76	40	1580	178	825	2623	0.025	0.975	0.178	0.823	0.618	0.382	0.117	0.468	0.2514
77	45	1608	173	797	2623	0.028	0.973	0.179	0.822	0.63	0.37	0.126	0.469	0.2533
78	47	1637	171	768	2623	0.028	0.972	0.183	0.818	0.642	0.358	0.129	0.475	0.2528
การหา SEC1 ในช่วง $Sc(W_i)$ = [0,75] SEC1 = 60														
58	13	1094	24	459	1590	0.013	0.988	0.052	0.95	0.696	0.304	0.067	0.201	0.1078
59	14	1111	23	442	1590	0.013	0.988	0.052	0.951	0.708	0.292	0.07	0.201	0.1082
60	14	1138	23	415	1590	0.013	0.988	0.055	0.948	0.725	0.275	0.069	0.21	0.1075
61	15	1162	22	391	1590	0.014	0.987	0.056	0.947	0.74	0.26	0.071	0.212	0.1077
62	17	1184	20	369	1590	0.015	0.986	0.054	0.949	0.755	0.245	0.077	0.207	0.1088
การหา TER1 ในช่วง $Sc(W_i)$ = [0,60] TER1 = 45														
43	6	777	8	363	1154	0.009	0.992	0.024	0.976	0.679	0.321	0.05	0.111	0.0695
44	6	800	8	340	1154	0.009	0.993	0.026	0.977	0.698	0.302	0.049	0.117	0.0692
45	6	811	8	329	1154	0.009	0.993	0.027	0.976	0.708	0.292	0.048	0.12	0.0690
46	9	831	5	309	1154	0.012	0.989	0.019	0.984	0.728	0.272	0.063	0.091	0.0709
47	11	846	3	294	1154	0.014	0.987	0.013	0.99	0.743	0.257	0.072	0.068	0.0713
การหา TER2 ในช่วง $Sc(W_i)$ = [60,75] TER2 = 68														
66	8	147	15	268	438	0.058	0.949	0.056	0.947	0.354	0.646	0.215	0.213	0.2138
67	9	178	14	237	438	0.053	0.952	0.06	0.944	0.427	0.573	0.203	0.222	0.2137
68	10	216	13	199	438	0.048	0.956	0.066	0.939	0.516	0.484	0.19	0.238	0.2131
69	13	242	10	173	438	0.055	0.949	0.06	0.946	0.582	0.418	0.208	0.221	0.2138
70	14	265	9	150	438	0.054	0.95	0.063	0.944	0.637	0.363	0.206	0.228	0.2137
การหา SEC2 ในช่วง $Sc(W_i)$ = [75,100] SEC2 = 88														
86	53	376	128	476	1033	0.126	0.877	0.213	0.788	0.415	0.585	0.376	0.517	0.4584
87	58	406	123	446	1033	0.127	0.875	0.218	0.784	0.449	0.551	0.379	0.522	0.4578
88	64	440	117	412	1033	0.129	0.873	0.223	0.779	0.488	0.512	0.382	0.529	0.4573
89	70	455	110	398	1033	0.135	0.867	0.218	0.784	0.508	0.492	0.394	0.523	0.4575
90	82	501	99	351	1033	0.142	0.86	0.222	0.78	0.564	0.436	0.407	0.527	0.4597

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

การหา TER3 ในช่วง Sc(W$_i$) = [75,88] TER3 = 83														
x	n1(x)	n2(x)	N1(x)	N2(x)	n	p1	p2	q1	q2	p(x)	q(x)	Sp(x)	Sq(x)	S(x)
81	24	194	41	246	505	0.114	0.89	0.146	0.858	0.432	0.568	0.351	0.412	0.3860
82	27	227	38	213	505	0.11	0.894	0.155	0.849	0.503	0.497	0.343	0.428	0.3848
83	33	269	32	171	505	0.112	0.891	0.162	0.843	0.598	0.402	0.348	0.439	0.3845
84	40	304	25	136	505	0.119	0.884	0.16	0.846	0.681	0.319	0.362	0.435	0.3854
85	50	341	15	99	505	0.13	0.872	0.139	0.87	0.774	0.226	0.384	0.396	0.3870
การหา TER4 ในช่วง Sc(W$_i$) = [88,100] ค่า S(x) มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นจึงไม่มีค่า TER4														
89	6	35	111	377	529	0.167	0.857	0.229	0.773	0.078	0.922	0.431	0.537	0.5284
91	26	109	91	303	529	0.199	0.809	0.233	0.77	0.255	0.745	0.493	0.541	0.5286
93	45	167	72	245	529	0.216	0.789	0.23	0.774	0.401	0.599	0.518	0.536	0.5291
95	65	244	52	168	529	0.213	0.79	0.24	0.765	0.584	0.416	0.515	0.548	0.5287
97	82	318	35	94	529	0.207	0.796	0.277	0.731	0.756	0.244	0.508	0.585	0.5267
99	98	387	19	25	529	0.204	0.798	0.444	0.578	0.917	0.083	0.504	0.677	0.5183

ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกสำหรับคะแนนของคุณลักษณะ W Pr และ S ที่สภาวะต่างๆได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

สำหรับคะแนนของคุณลักษณะ P พบว่าไม่สามารถหาฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกได้เนื่องจากในงานวิจัยนี้กำหนดให้ความแตกต่างในเรื่องเวลาดำเนินการทำงานในแต่ละเครื่องจักรที่เป็นทางเลือกมีค่าไม่เกิน 15% (ดูบทที่ 6 การออกแบบการทดลอง) ดังนั้นข้อมูลประเภทที่1 และ 2 จึงมีการกระจายกันอย่างสม่ำเสมอจนไม่มีจุดใดที่สามารถแบ่งข้อมูลทั้ง 2 ประเภทออกจากกันได้ ดังแสดงการกระจายข้อมูลคะแนนของ P ในรูปที่ 3.15 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในกรณีของคุณลักษณะ P ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าในแต่ละทางเลือกไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการแปลงคุณลักษณะ P ให้อยู่ในรูปฟัซซี่เซ็ทจึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องของการเปรียบเทียบคุณลักษณะตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญดังที่ต้องการได้ แต่อย่างไรก็ตามในการคำนวณดัชนีทางเลือกนั้นสามารถนำคุณลักษณะ P ซึ่งไม่เป็นค่าแบบฟัซซี่มาคำนวณร่วมด้วยได้ ดังจะได้กล่าวภายหลัง



รูปที่ 3.15 แสดงการกระจายข้อมูลคะแนนของ P

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3.2 การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ

การตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินของงานในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสำหรับชิ้นงานหนึ่งย่อมแตกต่างกันไปกับการตัดสินใจของอีกชิ้นงานหนึ่ง เนื่องจากธรรมชาติของระบบการผลิตที่ทำให้ส่วนประกอบในระบบต่างกันไปเมื่อเวลาต่างกัน ดังนั้นเงื่อนไขการตัดสินในจึงต่างกัน การสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินที่ดีควรจะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขของการตัดสินใจและเลือกเครื่องจักรที่มีคุณลักษณะเหมาะสมกับเงื่อนไขนั้นเพื่อก่อให้เกิดพฤติกรรมของระบบตามที่ต้องการ ดังนั้นกลไกในการกำหนดค่าดัชนีการเลือกแก่แต่ละทางเลือกจึงควรสามารถปรับให้เหมาะสมเข้ากับสถานการณ์เงื่อนไขการตัดสินใจหนึ่ง

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าดัชนีการเลือกเครื่องจักรจะถูกคำนวณจาก คุณลักษณะของทางเลือกและน้ำหนักความสำคัญระหว่างคุณลักษณะนั้น คุณลักษณะของทางเลือกเป็นค่าที่ไม่คงที่และเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเวลาในระบบและเงื่อนไขของชิ้นงานที่มีการตัดสินใจเปลี่ยนไป แต่อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของทางเลือกนั้นไม่เกี่ยวข้องกับกลไกการเลือกเครื่องจักรเลยเพราะเป็นเพียงค่าๆหนึ่งเท่านั้น ในทางกลับกันน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะเป็นกลไกสำคัญในการกำหนดดัชนีการเลือกเพราะเป็นสิ่งที่ตัดสินว่าที่เงื่อนไขการตัดสินใจหนึ่งๆการให้ความสำคัญแก่คุณลักษณะใดที่จะเอื้ออำนวยให้ได้พฤติกรรมของระบบดีที่สุด ดังนั้นหากเปรียบร่างกายของมนุษย์กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแล้ว คุณลักษณะของทางเลือกคืออวัยวะ ในขณะที่น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะเป็นสมอง

เงื่อนไขการตัดสินใจที่กล่าวไปคือตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะควรเป็นเท่าใดเมื่อค่าตัวแปรเปลี่ยนไป ในงานวิจัยฉบับนี้ตัวแปรดังกล่าวคือความเร่งด่วนของชิ้นงานเนื่องจากเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงสภาวะการตัดสินใจที่แตกต่างกันไปของแต่ละชิ้นงาน ชิ้นงานที่มีความเร่งด่วนต่างกันก็ควรมีกลไกในการตัดสินใจต่างกันด้วย

ในงานวิจัยนี้กลกไกการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรถูกสร้างโดยความรู้และความชำนาญของมนุษย์ ดังนั้นการให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะจึงกระทำโดยมนุษย์เช่นกัน การให้น้ำหนักในการตัดสินใจแบบลำดับขั้นนี้นิยมใช้การเปรียบเทียบคุณลักษณะเป็นคู่ๆ เนื่องจากความสามารถของมนุษย์ในการเปรียบเทียบค่าใดๆพร้อมๆกันหลายค่าจะลดลง ในขณะที่หากการเปรียบเทียบเป็นคู่มนุษย์สามารถทำได้ดีกว่า (Ben-Arieh และ Triantaphyllou, 1992) นอกจากนี้การเปรียบเทียบเป็นคู่ยังให้ผลที่สม่ำเสมอมากกว่าด้วย สเกลการเปรียบเทียบเป็นคู่ที่นิยมคือสเกลที่คิดโดย Saaty (Saaty, 1978) ซึ่งกำหนดตัวเลขแทนความสำคัญของคุณลักษณะหนึ่งเหนือคุณลักษณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามการให้น้ำหนักความสำคัญในงานวิจัยนี้ถูกจัดทำโดยมนุษย์ ซึ่งความรู้และความชำนาญของมนุษย์อยู่ในรูปแบบที่มีความคลุมเครือ ดังเช่นการเปรียบเทียบความสำคัญของคุณลักษณะโดยใช้ตัวเลขที่แน่นอนเป็นสิ่งที่ยุ่งยากสำหรับมนุษย์ ดังนั้นการเปรียบ

เทียบโดยใช้ตัวเลขแบบฟัซซี่ซึ่งมีลักษณะเป็นช่วงสามารถกำจัดความยุ่งยากดังกล่าวได้ สเกลของ Saaty พร้อมกับสเกลที่ปรับให้เป็นตัวเลขแบบฟัซซี่แสดงได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สเกลของ Satty พร้อมกับสเกลตัวเลขแบบฟัซซี่

ตัวเลข	ตัวเลขแบบฟัซซี่	คำจำกัดความ	คำอธิบาย
1	(1,1,1)	มีความสำคัญเท่ากัน	คุณลักษณะทั้งสองส่งผลต่อวัตถุประสงค์ (ในที่นี้คือดัชนีการเลือก) เท่ากัน
3	(2,3,4)	มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง	ด้วยประสบการณ์ตัดสินให้คุณลักษณะหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าอีกคุณลักษณะหนึ่งเล็กน้อย
5	(4,5,6)	มีความสำคัญมากกว่ามาก	ด้วยประสบการณ์ตัดสินให้คุณลักษณะหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าอีกคุณลักษณะหนึ่งมาก
7	(6,7,8)	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด	คุณลักษณะหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าอีกคุณสมบัติหนึ่งในทางปฏิบัติอย่างเห็นได้ชัด
9	(8,9,10)	มีความสำคัญมากกว่าเป็นอย่างยิ่ง	คุณลักษณะหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าอีกคุณสมบัติหนึ่งโดยสามารถยืนยันได้
2, 4, 6, 8	(1,2,3) (3,4,5) (5,6,7) (7,8,9)	ค่าระหว่างกลาง	ค่าระหว่างกลางของการประเมินค่าข้างต้น

ผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่จะถูกรวมไว้ในเมตริกซ์การเปรียบเทียบ (Comparison matrix) ดังในรูปที่ 3.16 ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปน้ำหนักสัมบูรณ์ได้

คุณลักษณะ	W	Pr	P
W	$(a_{11L}, a_{11M}, a_{11R})$	$(a_{12L}, a_{12M}, a_{12R})$	$(a_{13L}, a_{13M}, a_{13R})$
Pr	$(a_{21L}, a_{21M}, a_{21R})$	$(a_{22L}, a_{22M}, a_{22R})$	$(a_{23L}, a_{23M}, a_{23R})$
P	$(a_{31L}, a_{31M}, a_{31R})$	$(a_{32L}, a_{32M}, a_{32R})$	$(a_{33L}, a_{33M}, a_{33R})$

หมายเหตุ: $a_{ij_L}, a_{ij_M}, a_{ij_R} = 1/(a_{ji_R}, a_{ji_M}, a_{ji_L})$

รูปที่ 3.16 แสดงเมตริกซ์การเปรียบเทียบ

จากรูปที่ 3.16 คุณลักษณะจะถูกเปรียบเทียบกับเป็นคู่โดยใช้สเกลของตัวเลขแบบฟัซซี่ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.5 กำหนดให้ตัวเลขแบบฟัซซี่ที่เกิดจากการเปรียบเทียบคุณลักษณะ i กับคุณลักษณะ j คือ $(a_{ijL}, a_{ijM}, a_{ijR})$ ตัวเลขฟัซซี่ที่แสดงความสำคัญของคุณลักษณะคือ

ตัวเลขฟัซซี่ทางด้านซ้าย (r_{iL})

$$r_{iL} = [\prod_{j=1}^{n} a_{ijL}]^{1/n} \quad 3.26)$$

ตัวเลขฟัซซี่ทางด้านขวา (r_{iR})

$$r_{iR} = [\prod_{j=1}^{n} a_{ijR}]^{1/n} \quad 3.27)$$

ตัวเลขฟัซซี่ตรงกลาง (r_{iM})

$$r_{iM} = [\prod_{j=1}^{n} a_{ijM}]^{1/n} \quad 3.28)$$

เมื่อ n คือจำนวนคุณลักษณะ ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ n=3

น้ำหนักความสำคัญแบบฟัซซี่ที่คิดเทียบกับ 1 แล้ว (Normalized weight) คือ

น้ำหนักความสำคัญแบบฟัซซี่ทางด้านซ้าย (W_{iL})

$$W_{iL} = r_{iL} / [\sum_{j=1}^{n} r_{jR}] \quad 3.29)$$

น้ำหนักความสำคัญแบบฟัซซี่ทางด้านขวา (W_{iR})

$$W_{iR} = r_{iR} / [\sum_{j=1}^{n} r_{jL}] \quad 3.30)$$

น้ำหนักความสำคัญแบบฟัซซี่ตรงกลาง (W_{iM})

$$W_{iM} = r_{iM} / [\sum_{j=1}^{n} r_{jL}] \quad 3.31)$$

น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะจะเปลี่ยนไปตามค่า S ที่เปลี่ยนไป ตามที่ได้กล่าวไปในหัวข้อการกำหนดฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกว่าคุณลักษณะของชิ้นงาน S ได้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ทหลายเซ็ท ดังนั้นฟัซซี่เซ็ทของคุณลักษณะ S แต่ละเซ็ทจะต้องมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะชุดหนึ่ง หลักการการกำหนดน้ำหนักตามฟัซซี่เซ็ทของ S คือ หากฟัซซี่เซ็ทนั้นอยู่ในช่วงที่ค่า S มาก หรือชิ้นงานมีความเร่งด่วนน้อย น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ Pr จะมาก เพื่อให้ชิ้นงานสามารถหลีกเลี่ยงเครื่องจักรที่มีความน่าจะเป็นที่จะเสียในเวลาอันใกล้สูง แต่หาก

พัชชี่เซ็ทนั้นมีอยู่ในช่วงค่า S น้อยหรือชิ้นงานมีความเร่งด่วนมาก น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ W จะมากเพื่อให้ชิ้นงานสามารถเข้าทำได้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ส่วนคุณลักษณะ P เป็นส่วนเสริมในกรณีที่คะแนนของ W และ Pr ใกล้เคียงกัน ดังนั้นน้ำหนักของคุณลักษณะ P จึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงและมีค่าค่อนข้างน้อยสำหรับทุกพัชชี่เซ็ทของ S

น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่สภาวะต่างๆแสดงในภาคผนวก จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.4 การคำนวณดัชนีการเลือก

การคำนวณดัชนีการเลือกสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 3.17 จากรูปคุณลักษณะของทางเลือกจะถูกนำไปคำนวณหาสัดส่วนแบบฟัซซีของคุณลักษณะ W Pr และ P คุณลักษณะของชิ้นงานคือ S จะถูกนำไปคำนวณน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะโดยเฉลี่ย ซึ่งทั้งสัดส่วนแบบฟัซซีของคุณลักษณะและน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะโดยเฉลี่ยจะถูกนำมาคำนวณเป็นดัชนีการเลือกสำหรับแต่ละทางเลือก

ขั้นตอนการคำนวณดัชนีการเลือกสามารถอธิบายได้โดยพิจารณาตัวอย่างการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรดังต่อไปนี้

สมมติการตัดสินใจเลือกทางเดินของงานของชิ้นงานหนึ่งเกิดขึ้นที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก ชิ้นงานนั้นมีค่า S เท่ากับ 350 ชิ้นงานมีทางเลือก 4 ทางตามตารางที่ 3.6 คือ

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างทางเลือกของชิ้นงาน

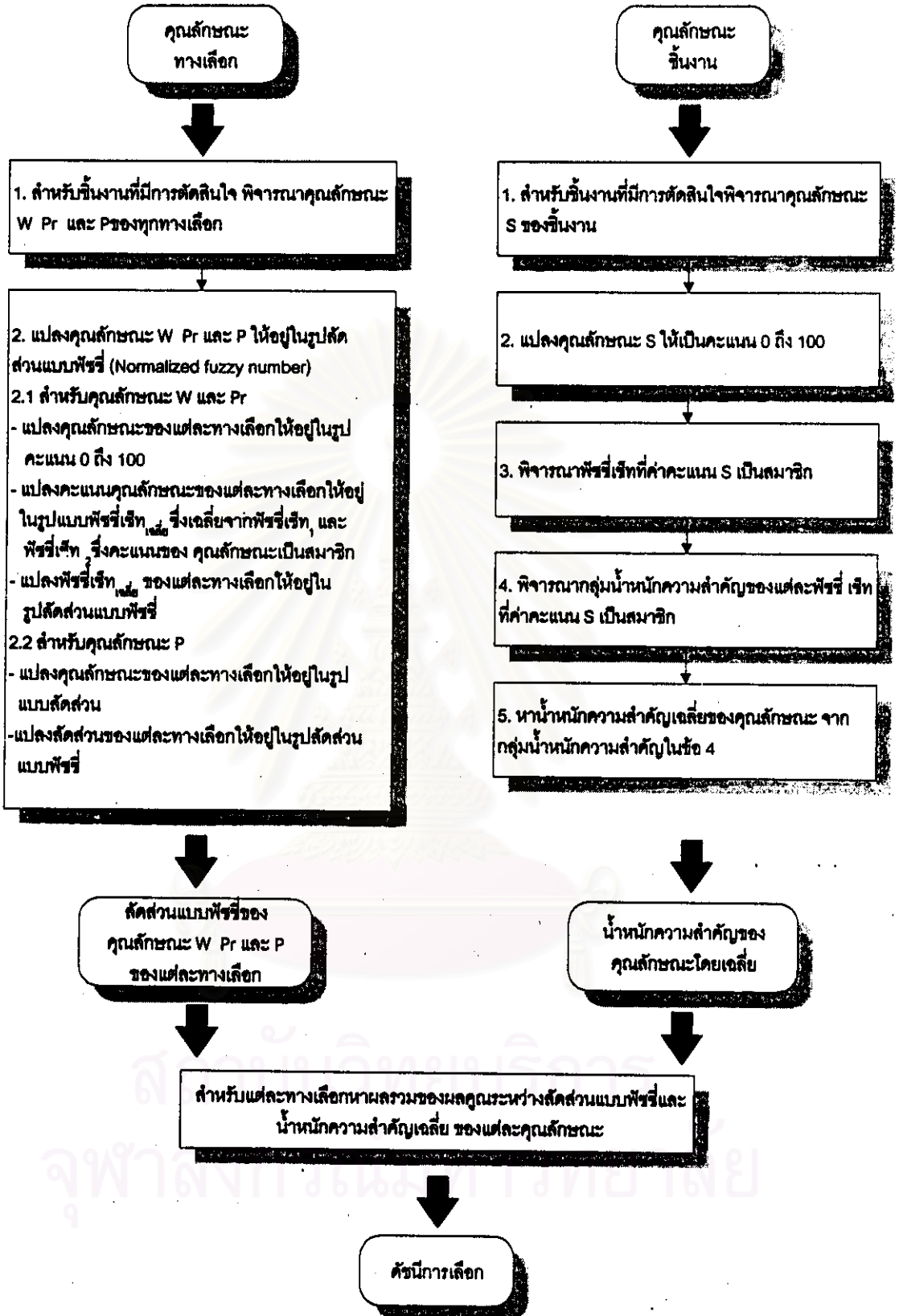
เครื่องจักรที่ 1	W = 20	Pr = 0.95	P = 20
เครื่องจักรที่ 2	W = 10	Pr = 0.75	P = 22
เครื่องจักรที่3 และ เครื่องจักรเสีย	W = 50	Pr = 0.00	P = 21
เครื่องจักรที่ 4	W = 5	Pr = 0.50	P = 23

3.3.4.1 การคำนวณสัดส่วนแบบฟัซซีของคุณลักษณะ W Pr และ P

ก) พิจารณาคุณลักษณะ W Pr และ P ของทุกทางเลือก

ค่าคุณลักษณะของ W Pr และ P แสดงได้ดังในตารางที่ 3.6

ข) แปลงคุณลักษณะ W Pr และ P ให้อยู่ในรูปสัดส่วนแบบฟัซซี (Normalized fuzzy number)



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการคำนวณดัชนีการเลือกของแต่ละทางเลือก

ข.1) สำหรับคุณลักษณะ W และ Pr

- **แปลงคุณลักษณะของแต่ละทางเลือกให้อยู่ในรูปคะแนน 0 ถึง 100**

เลือกฟังก์ชั่นที่ใช้แปลงค่าคุณลักษณะเป็นคะแนนให้เหมาะสมกับสภาวะของระบบตามภาคผนวก ค ตารางที่ 3.5 แสดงฟังก์ชั่นคะแนนของคุณลักษณะและคะแนนของแต่ละทางเลือกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นคะแนนของคุณลักษณะและคะแนนของทางเลือก

ฟังก์ชั่นคะแนนของคุณลักษณะ	เครื่องจักร 1	เครื่องจักร 2	เครื่องจักร 3	เครื่องจักร 4
$Sc(W_i) = \begin{cases} 0, W_i \geq 80 \\ (-1.25*W_i)+100, 0<W_i<80 \\ 100, W_i = 0 \end{cases}$	75.00	87.50	37.50	93.75
$Sc(Pr_i) = 100*Pr_i$	95.00	75.00	0.00	50.00

- **แปลงคะแนนคุณลักษณะของแต่ละทางเลือกให้อยู่ในรูปฟัซซี่เซ็ทเฉลี่ย**

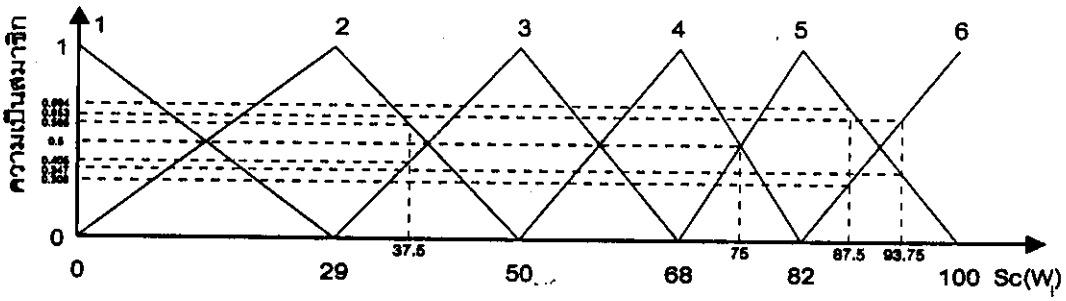
จากฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนคุณลักษณะในภาคผนวก ง พบว่าค่าคะแนนคุณลักษณะมักเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทที่ติดกัน 2 เซ็ท ดังนั้นตัวเลขแบบฟัซซี่ของคะแนนคุณลักษณะจะต้องเป็นตัวเลขแบบฟัซซี่เฉลี่ยของฟัซซี่เซ็ททั้งสองตามน้ำหนักความเป็นสมาชิกของคะแนนคุณลักษณะแต่ละเซ็ท

รูปที่ 3.18 และ 3.19 แสดงฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ W และ Pr ที่สภาวะสภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

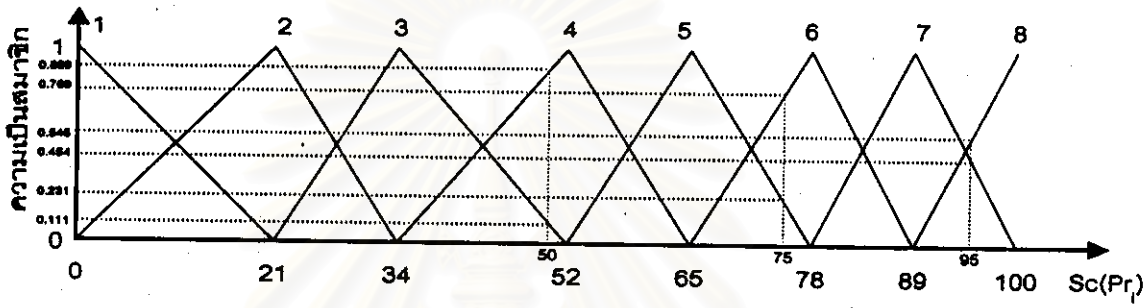
สมมติคะแนนคุณลักษณะหนึ่งเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ท 2 เซ็ท (ฟัซซี่เซ็ท $_1$ และ ฟัซซี่เซ็ท$_2$) ด้วยความเป็นสมาชิก μ_1 และ μ_2 ตามลำดับ ฟัซซี่เซ็ทเฉลี่ย (ฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$) คือ

$$\text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย} = (\mu_1 * \text{ฟัซซี่เซ็ท}_1) + (\mu_2 * \text{ฟัซซี่เซ็ท}_2) \qquad 3.32)$$

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการคำนวณฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$ของคุณลักษณะ W และ Pr



รูปที่ 3.18 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูง โหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



รูปที่ 3.19 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูง โหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ 3.8 ผลการคำนวณฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$ของคุณลักษณะ W และ Pr

		เครื่องจักรที่ 1	เครื่องจักรที่ 2	เครื่องจักรที่ 3	เครื่องจักรที่ 4
W_i	ฟัซซี่เซ็ท$_1$	(50,68,82)	(68,82,100)	(0,29,50)	(68,82,100)
	μ_1	0.500	0.694	0.595	0.347
	ฟัซซี่เซ็ท$_2$	(68,82,100)	(82,100,100)	(29,50,68)	(82,100,100)
	μ_2	0.500	0.306	0.405	0.653
	ฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$	(59,75,91)	(72.28,87.51,100)	(11.75,37.51,57.29)	(77.14,93.75,100)
Pr_i	ฟัซซี่เซ็ท$_1$	(78,89,100)	(52,65,78)	(0,0,21)	(21,34,52)
	μ_1	0.454	0.231	1.000	0.111
	ฟัซซี่เซ็ท$_2$	(89,100,100)	(65,78,89)	-	(34,52,65)
	μ_2	0.546	0.769	-	0.889
	ฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$	(84,95,100)	(62,75,86.46)	(0,0,21)	(32.56,50,63.56)

- **แปลงฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$ ของแต่ละคุณลักษณะและทางเลือกให้อยู่ในรูปสัดส่วนแบบฟัซซี่**

ในการหาสัดส่วนแบบฟัซซี่ของแต่ละคุณลักษณะ ฟัซซี่เซ็ท$_{เฉลี่ย}$ของแต่ละทางเลือกในแต่ละคุณลักษณะจะถูกรวมเข้าด้วยกัน ฟัซซี่เซ็ทรวมของทุกทางเลือกในแต่ละคุณลักษณะ (Sum(คุณลักษณะ)) สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ฟัซซี่เซ็ทรวมของคุณลักษณะทางด้านซ้าย (Sum(คุณลักษณะ)$_L$)

$$\text{Sum(คุณลักษณะ)}_L = \sum_{i=1}^{n} \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,L} \qquad 3.33)$$

ฟัซซี่เซ็ทรวมของคุณลักษณะตรงกลาง (Sum(คุณลักษณะ)$_M$)

$$\text{Sum(คุณลักษณะ)}_M = \sum_{i=1}^{n} \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,M} \qquad 3.34)$$

ฟัซซี่เซ็ทรวมของคุณลักษณะทางด้านขวา (Sum(คุณลักษณะ)$_R$)

$$\text{Sum(คุณลักษณะ)}_R = \sum_{i=1}^{n} \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,R} \qquad 3.35)$$

และสัดส่วนแบบฟัซซี่ของทางเลือก i ของคุณลักษณะนั้น N(คุณลักษณะ)$_i$ จะถูกคำนวณดังต่อไปนี้

สัดส่วนแบบฟัซซี่ด้านซ้าย N(คุณลักษณะ)$_{i,L}$

$$\text{N(คุณลักษณะ)}_{i,L} = \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,L} / \text{Sum(คุณลักษณะ)}_R \qquad 3.36)$$

สัดส่วนแบบฟัซซี่ตรงกลาง N(คุณลักษณะ)$_{i,M}$

$$\text{N(คุณลักษณะ)}_{i,M} = \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,M} / \text{Sum(คุณลักษณะ)}_M \qquad 3.37)$$

สัดส่วนแบบฟัซซี่ด้านขวา N(คุณลักษณะ)$_{i,L}$

$$\text{N(คุณลักษณะ)}_{i,R} = \text{ฟัซซี่เซ็ท}_{เฉลี่ย}(\text{คุณลักษณะ})_{i,R} / \text{Sum(คุณลักษณะ)}_L \qquad 3.38)$$

ตารางที่ 3.9 แสดงผลการคำนวณฟัซซี่เซ็ทรวมของคะแนนคุณลักษณะ W และ Pr และสัดส่วนแบบฟัซซี่ของแต่ละทางเลือกของคุณลักษณะ W และ Pr

ตารางที่ 3.9 คะแนนรวมของคุณลักษณะ W และ Pr และสัดส่วนคะแนนของแต่ละทางเลือกของคุณลักษณะ W และ Pr

		เครื่องจักรที่ 1	เครื่องจักรที่ 2	เครื่องจักรที่ 3	เครื่องจักรที่ 4
W_i	Sum(W)	(220.17, 293.77, 348.29)			
	$N(W)_i$	(0.169,0.255,0.413)	(0.208,0.298,0.454)	(0.034,0.128,0.26)	(0.221,0.319,0.454)
Pr_i	Sum(Pr)	(178.56, 220, 271.02)			
	$N(Pr)_i$	(0.31,0.432,0.56)	(0.229,0.341,0.484)	(0,0,0.118)	(0.12,0.227,0.356)

ข.2) สำหรับคุณลักษณะ P

- **แปลงคุณลักษณะของแต่ละทางเลือกให้อยู่ในรูปแบบสัดส่วน**

สำหรับคุณลักษณะ P ซึ่งไม่สามารถคิดเป็นค่าแบบฟัซซี่ได้ Liang และ Wang (1991) ได้เสนอวิธีการรวมตัวเลขแบบฟัซซี่และตัวเลขธรรมดา โดยการเปลี่ยนตัวเลขธรรมดาให้อยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่และเปลี่ยนตัวเลขแบบฟัซซี่นั้นให้อยู่ในรูปสัดส่วนแบบฟัซซี่ดังต่อไปนี้

สำหรับตัวเลขแบบฟัซซี่จะมีความหมายอยู่ในรูปตัวแปรของภาษาที่มีความหมายแสดงให้เห็นถึงปริมาณที่กำกวมของตัวเลขนั้นเช่น ประมาณ 40 เป็นต้น สำหรับตัวเลขธรรมดาก็จะมีความหมายในรูปของตัวแปรภาษาเช่นกันเช่น เท่ากับ 40 เป็นต้น แทนด้วยสัญลักษณ์ของฟัซซี่เซ็ทแบบสามเหลี่ยมคือ (40,40,40) ดังนั้นคุณลักษณะ P ของทางเลือก i (P_i) จึงสามารถเขียนอยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่คือ (P_i, P_i, P_i)

สำหรับการแปลงคุณลักษณะ P ให้อยู่ในรูปสัดส่วน (N(P)) สามารถกระทำโดย

$$N(P_i) = P'_i / \sum_{i=1}^{n} P'_i \qquad 3.39)$$

เมื่อ

$$P'_i = 1/P_i \qquad 3.40)$$

จากสมการ 3.39 ถึง 3.40 สามารถอธิบายได้ว่าค่า P ของแต่ละทางเลือกจะถูกทำให้เป็นส่วนกลับ(P'_i) แล้วจึงนำค่าส่วนกลับของแต่ละทางเลือกมารวมกันแล้วจึงหาสัดส่วนค่า P ของแต่ละทางเลือก($N(P_i)$) โดยที่สัดส่วนคุณลักษณะ P ของทางเลือกใดๆ คือค่าส่วนกลับของ P หารด้วยส่วนกลับรวม ซึ่งผลการคำนวณสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 3.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 ผลการคำนวณค่าสัดส่วนคุณลักษณะ P

	เครื่องจักรที่ 1	เครื่องจักรที่ 2	เครื่องจักรที่ 3	เครื่องจักรที่ 4
P	(20, 20, 20)	(22, 22, 22)	(21, 21, 21)	(23, 23, 23)
(P'_i)	(0.05,0.05,0.05)	(0.045,0.045,0.045)	(0.048,0.048,0.048)	(0.043,0.043,0.043)
$Sum(P'_i)$	0.187			
$N(P_i)$	0.268	0.244	0.255	0.233

- **แปลงสัดส่วน P ของแต่ละทางเลือกให้อยู่ในรูปสัดส่วนแบบฟัซซี่**

จากการกำหนดความหมายตัวแปรทางภาษาของฟัซซี่เซ็ท พบว่าค่าที่แน่นอนอาจสามารถเขียนในรูปแบบของตัวเลขแบบฟัซซี่ได้ โดยให้ค่าทางด้านซ้าย ค่ากลางและค่าทางด้านขวามีค่าเท่ากันหมด ดังนั้นจึงสามารถเขียนค่าสัดส่วนที่แน่นอนของคุณลักษณะ P ของแต่ละทางเลือกได้ดังใน ตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 สัดส่วนแบบฟัซซี่ของคุณลักษณะ P ของแต่ละทางเลือก

	เครื่องจักรที่ 1	เครื่องจักรที่ 2	เครื่องจักรที่ 3	เครื่องจักรที่ 4
สัดส่วน P แบบฟัซซี่	(0.268,0.268,0.268)	(0.244,0.244,0.244)	(0.255,0.255,0.255)	(0.233,0.233,0.233)

3.3.4.2 การหาน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะโดยเฉลี่ย

ก) สำหรับชิ้นงานที่มีการตัดสินใจ พิจารณาคุณลักษณะ S ของชิ้นงาน

ชิ้นงานที่มีการตัดสินใจในตัวอย่างนี้มีคุณลักษณะ S เท่ากับ 350

ข) แปลงคุณลักษณะ S ให้เป็นคะแนน 0 ถึง 100

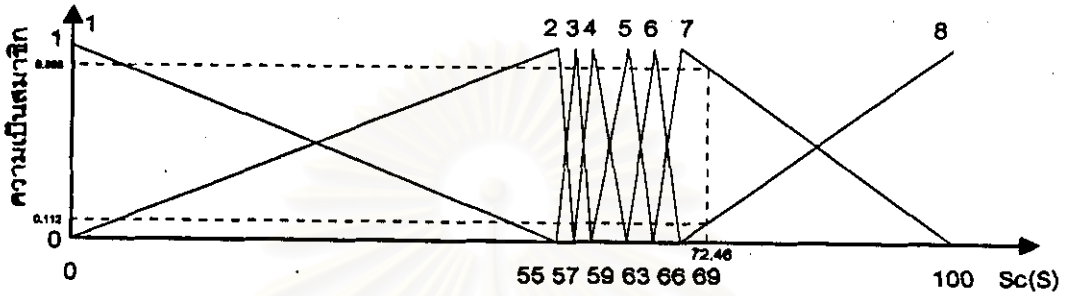
จากฟังก์ชั่นการแปลงคุณลักษณะ S ให้เป็นคะแนนที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค (สมการ ค.12)

$$Sc(S) = \begin{cases} 0, & S < -900 \\ (0.058*S) + 52.1739, & -900 \le S \le 825 \\ 100, & S > 825 \end{cases}$$

ดังนั้น คะแนนของ S จึงเท่ากับ (0.058*350) + 52.1739 = 72.474

ค) พิจารณาฟัซซี่เซ็ทที่ค่าคะแนน S เป็นสมาชิก

จากรูปที่ 3.20 ซึ่งแสดงฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนน S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูง โหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP จะเห็นว่าคะแนนของ S เป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ท 2 เซ็ท คือ (66, 69, 100) และ (69, 100, 100) ด้วยความเป็นสมาชิก 0.888 และ 0.112 ตามลำดับ



รูปที่ 3.20 ความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูง โหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ง) พิจารณากลุ่มน้ำหนักความสำคัญของแต่ละฟัซซี่เซ็ทที่ค่าคะแนน S เป็นสมาชิก

เนื่องจากแต่ละฟัซซี่เซ็ทของคุณลักษณะ S ต่างก็มีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ W Pr และ P อยู่ 1 ชุด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ รูปที่ 3.20 แสดงให้เห็นว่าคะแนนของ S เป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ท 2 เซ็ท ดังนั้นจึงได้น้ำหนักความสำคัญคุณลักษณะ 2 ชุด สมาชิก ($Wt(\text{คุณลักษณะ})_1$ และ $Wt(\text{คุณลักษณะ})_2$ ตามลำดับ)

น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่จะนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีการเลือกจะต้องเป็นน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยตามความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซ็ทที่คะแนน S เป็น (μ_1 และ μ_2 ตามลำดับ)

น้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านซ้าย ($Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,L}}$)

$$Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,L}} = (\mu_1 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{1,L}) + (\mu_2 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{2,L}) \quad 3.41)$$

น้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของคุณลักษณะตรงกลาง ($Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,M}}$)

$$Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,M}} = (\mu_1 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{1,M}) + (\mu_2 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{2,M}) \quad 3.42)$$

น้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านขวา ($Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,R}}$)

$$Wt(\text{คุณลักษณะ})_{\text{เฉลี่ย,R}} = (\mu_1 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{1,R}) + (\mu_2 * Wt(\text{คุณลักษณะ})_{2,R}) \quad 3.43)$$

ตารางที่ 3.12 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักของคุณลักษณะเฉลี่ย

ตารางที่ 3.12 น้ำหนักคุณลักษณะเฉลี่ย

	ฟัซซี่เซ็ท1	ฟัซซี่เซ็ท2
ฟัซซี่เซ็ท:μ	(66, 69, 100) : 0.888	(69, 100, 100) : 0.112
Wt (W)	(0.080, 0.122, 0.205)	(0.058, 0.081, 0.119)
Wt (W) $_{เฉลี่ย}$	(0.0775, 0.1174, 0.1954)	
Wt (Pr)	(0.313, 0.558, 0.919)	(0.346, 0.577, 0.890)
Wt (Pr) $_{เฉลี่ย}$	(0.3167, 0.5601, 0.9158)	
Wt (P)	(0.190, 0.320, 0.591)	(0.223, 0.342, 0.586)
Wt (P) $_{เฉลี่ย}$	(0.1937, 0.3225, 0.5904)	

3.3.4.3 **คำนวณผลรวมของผลคูณระหว่างสัดส่วนแบบฟัซซี่และน้ำหนักความสำคัญ เฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะ**

เมื่อได้สัดส่วนแบบฟัซซี่ของคุณลักษณะของทางเลือกและน้ำหนักความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะแล้ว สามารถคำนวณดัชนีการเลือก (Selection index, SI) ของทางเลือก i ซึ่งเป็นตัวเลขแบบฟัซซี่ของแต่ละทางเลือกได้ดังต่อไปนี้

ดัชนีการเลือกทางด้านซ้าย ($SI_{i,L}$)

$$SI_{i,L} = (Wt(W)_{เฉลี่ย,L} \otimes (N(W_{i,L})) \oplus (Wt(Pr)_{เฉลี่ย,L} \otimes (N(Pr_{i,L})) \oplus (Wt(P)_{เฉลี่ย,L} \otimes (N(P_{i,L})) \quad 3.44)$$

ดัชนีการเลือกตรงกลาง ($SI_{i,M}$)

$$SI_{i,M} = (Wt(W)_{เฉลี่ย,M} \otimes (N(W_{i,M})) \oplus (Wt(Pr)_{เฉลี่ย,M} \otimes (N(Pr_{i,M})) \oplus (Wt(P)_{เฉลี่ย,M} \otimes (N(P_{i,M})) \quad 3.45)$$

ดัชนีการเลือกทางด้านขวา ($SI_{i,R}$)

$$SI_{i,R} = (Wt(W)_{เฉลี่ย,R} \otimes (N(W_{i,R})) \oplus (Wt(Pr)_{เฉลี่ย,R} \otimes (N(Pr_{i,R})) \oplus (Wt(P)_{เฉลี่ย,R} \otimes (N(P_{i,R})) \quad 3.46)$$

ผลการคำนวณดัชนีการเลือกสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 แสดงผลการคำนวณค่าดัชนีทางเลือกของเครื่องจักร 1 2 3 และ 4

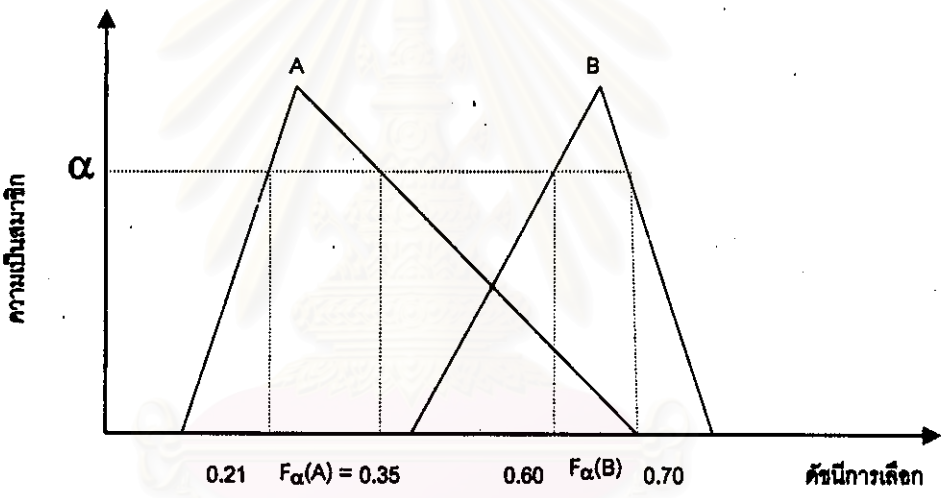
	เครื่องจักรที่ 1	เครื่องจักรที่ 2	เครื่องจักรที่ 3	เครื่องจักรที่ 4
ดัชนีการเลือก	(0.163, 0.358, 0.752)	(0.136, 0.305, 0.676)	(0.052, 0.097, 0.309)	(0.100, 0.24, 0.552)

3.3.5 การเปรียบเทียบดัชนีการเลือก

ดัชนีการเลือกของแต่ละทางเลือกอยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซี่ ซึ่งเปรียบได้กับฟัซซี่เซ็ทเซ็ทหนึ่ง การเปรียบเทียบฟัซซี่เซ็ทกระทำได้หลายทาง (Dubois และ Prade, 1983 และ Bortolan และ Degani, 1985) ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วิธีของ Adamo (Adamo, 1980) ซึ่งวิธีการนี้จะกำหนดค่าความเป็นสมาชิกค่าหนึ่งให้เท่ากับ α และกำหนดค่าความชอบมากน้อยที่ระดับ α ของฟัซซี่เซ็ท A ($F_\alpha(A)$) โดย

$$(F_\alpha(A)) = \max\{ Z / \mu_A(Z) \geq \alpha \} \qquad 3.47)$$

ค่า Z คือค่าสมาชิกทุกตัวในฟัซซี่เซ็ทของดัชนีการเลือกที่มีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่าระดับ α ที่กำหนด การเปรียบเทียบกันระหว่างฟัซซี่เซ็ทก็คือการเปรียบเทียบระหว่างค่า Z ที่มากที่สุดของแต่ละเซ็ทดังแสดงในรูปที่ 3.21

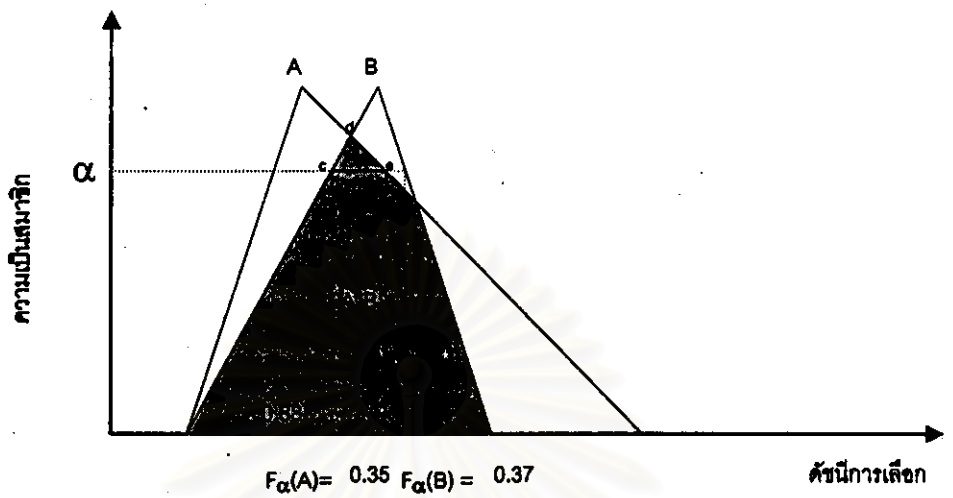


รูปที่ 3.21 แสดงค่า F_αของฟัซซี่เซ็ท A และ B

จะเห็นว่าในรูปที่ 3.21 ค่า Z ของเซ็ท A อยู่ในช่วง (0.21, 0.35) โดยที่ค่า Z ที่มากที่สุดของเซ็ท A คือ 0.35 ในขณะเดียวกัน ค่า Z ของเซ็ท B อยู่ในช่วง (0.60, 0.70) โดยที่ค่า Z ที่มากที่สุดของเซ็ท B คือ 0.7 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าค่า Z ที่มากที่สุดของเซ็ท B มากกว่าของเซ็ท A ดังนั้นตัวเลขแบบฟัซซี่ B จึงมากกว่าตัวเลขแบบฟัซซี่ A

อย่างไรก็ตามในบางกรณีจะไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฟัซซี่เซ็ทได้ถ้าฟัซซี่เซ็ทซึ่งเป็นผลมาจากการอินเตอร์เซ็คชั่น (Intersection) ระหว่างฟัซซี่เซ็ทที่จะทำการเปรียบเทียบมีค่าซึ่งให้ความเป็นสมาชิกมากกว่า α ดังในรูปที่ 3.22 ซึ่งจะเห็นว่าส่วนของสามเหลี่ยม cde คือส่วนของฟัซซี่เซ็ท A*B (อินเตอร์เซ็คชั่นระหว่างฟัซซี่เซ็ท A และ B) ที่อยู่เหนือระดับ α แสดงว่าสมาชิกของฟัซซี่เซ็ท A*B ในช่วง (0.33, 0.35) ให้ค่าความเป็นสมาชิกมากกว่า α ในกรณี

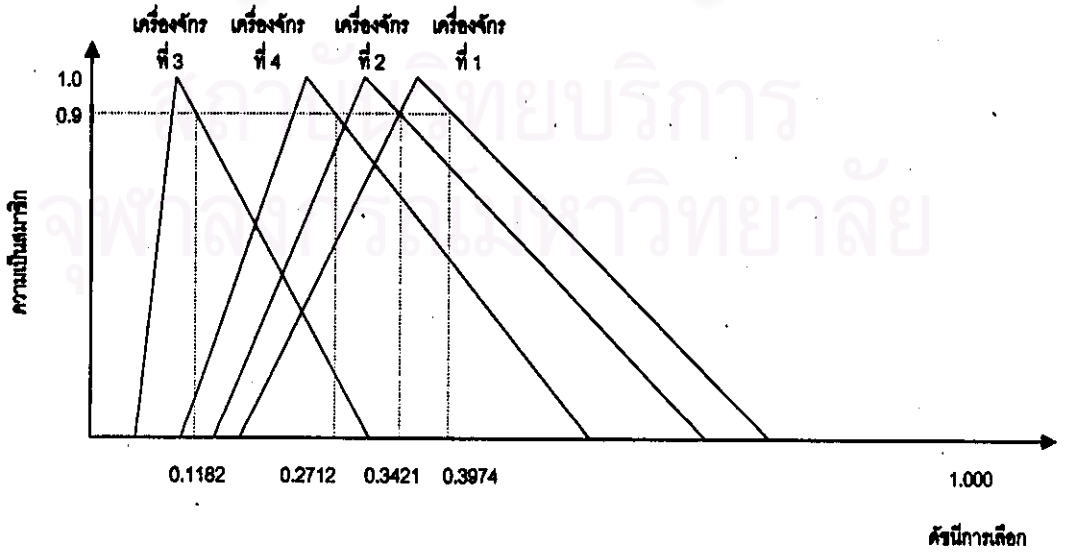
นี้ถือว่าตัวเลขแบบฟัซซี่ A และ B เท่ากัน ซึ่งหากเกิดกรณีเช่นนี้กับดัชนีการเลือกของทางเลือกของกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP จะถือว่าเลือกทางเลือกใดก็ได้



A*B คือ อินเทอร์เซ็คชั่นเซ็ทของ A และ B

รูปที่ 3.22 แสดงค่า F_αของฟัซซี่เซ็ท A และ B ในกรณีที่ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเซ็ท A และ B

รูปที่ 3.23 แสดงค่า F_α ของดัชนีการเลือกของเครื่องจักรที่ 1 2 3 และ 4 โดยที่ $\alpha = 0.9$ พบว่าดัชนีการเลือกของเครื่องจักรทั้งหมดมีความแตกต่างกัน ค่า F_α ของดัชนีการเลือกของเครื่องจักรที่ 1 มากที่สุด (0.3974) ดังนั้นเครื่องจักรที่ 1 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



รูปที่ 3.23 ค่า F_α ของดัชนีการเลือกของเครื่องจักรที่ 1 2 3 และ 4 โดยที่ $\alpha = 0.9$

3.4 สรุป

ในบทนี้ได้แสดงการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นเข้ากับปัญหาการจัดเส้นทางเดินของงาน

3.4.1 สาเหตุที่ต้องประยุกต์การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่กับการจัดเส้นทางเดินของงานก็คือ

3.4.1.1 เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้ต้องการสร้างกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่สามารถทำให้ประสิทธิภาพของระบบด้านเวลาและกำหนดส่งดี ซึ่งมีคุณลักษณะของทางเลือกหลายประการที่ส่งผลต่อความสามารถของระบบดังกล่าว ดังนั้นในการจัดเส้นทางเดินของงานจึงต้องคำนึงถึงคุณลักษณะของทางเลือกเหล่านี้พร้อมๆกัน ซึ่งการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นจะเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ดี

3.4.1.2 ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆเหล่านี้ จะใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้เปรียบเทียบ แต่อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบของผู้เชี่ยวชาญมีความกำกวม เนื่องจากมนุษย์มีความคลุมเครือในภาษาและความคิด ดังนั้น Fuzzy logic จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างตัวแทนของปริมาณทางภาษาที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการประยุกต์ Fuzzy logic เข้ากับการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นด้วย

3.4.2 กฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP จะทำการกำหนดดัชนีการเลือกให้กับทางเลือกแต่ละทางที่เป็นไปได้ โดยดัชนีการเลือกจะถูกคำนวณโดยการนำคุณลักษณะของทางเลือก อันได้แก่ 1) ปริมาณในแถวคอยของเครื่องจักร (W) 2) ความน่าจะเป็นซึ่งถ้าชิ้นงานเลือกเครื่องจักรนั้นแล้วเครื่องจักรนั้นจะสามารถทำชิ้นงานนั้นก่อนเครื่องจักรเสีย (Pr) และ 3) เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการทำชิ้นงาน (P) มาคูณกับความสำคัญของคุณลักษณะทั้งสาม

3.4.3 สำหรับน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ความเร่งด่วนของชิ้นงาน ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยเวลาที่คาดว่าจะเหลือหลังจากชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ (Slack time, S) ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งของชิ้นงาน น้ำหนักความสำคัญนี้จะถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญโดยการเปรียบเทียบคุณลักษณะเป็นคู่ๆ แล้วให้คะแนนความสำคัญในลักษณะที่เป็นค่าแบบฟัซซี่ โดยมีหลักการในการให้น้ำหนักดังนี้คือ เมื่อ S มากหรือคาดว่าชิ้นงานจะมีเวลาเหลือมาก คุณลักษณะที่มีผลกับดัชนีการเลือกมากคือ Pr และเมื่อ S น้อยหรือชิ้นงานเริ่มสายหรือสายแล้ว คุณลักษณะที่มีผลกับดัชนีการเลือกมากคือ W

3.4.4 โครงสร้างของกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP ประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ คือ

3.4.4.1 ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น เมื่อเกิดการตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินของงาน ส่วนนี้จะทำหน้าที่ป้อนค่า W Pr และ P ของแต่ละทางเลือก และค่า S ของชิ้นงานให้กับส่วนประกอบอื่น

3.4.4.2 ส่วนฐานข้อมูล ส่วนของฐานข้อมูลเป็นส่วนที่ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับระบบหนึ่งๆที่ปฏิบัติการที่สภาวะหนึ่งๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคุณลักษณะและน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ

3.4.4.3 ส่วนการคำนวณดัชนีการเลือก ส่วนนี้จะนำข้อมูลจากระบบผลิตแบบยืดหยุ่นและฐานข้อมูล มาคำนวณดัชนีการเลือกให้แต่ละทาง

3.4.4.4 ส่วนการเปรียบเทียบดัชนีการเลือก ส่วนนี้จะทำหน้าที่เลือกทางเลือกโดยเปรียบเทียบจากดัชนีการเลือกที่มากที่สุด และนำผลการตัดสินใจป้อนเข้าสู่ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย