บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ควบคุมกระบวนการมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมและดำเนินการโดยอัตโนมัติสำหรับกระบวนการต่างๆ โดยการอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งแสดงพฤติกรรมทางกายภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของกระบวนการ คอมพิวเตอร์ควบคุมกระบวนการก็สามารถควบคุมและดำเนินการกระบวนการได้ โดยการทำงานร่วมกันของตัวตรวจวัดต่างๆและตัวควบคุมเชิงเลข ทฤษฎีควบคุมสมัยใหม่ที่อาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดขั้นตอนวิธีการควบคุมเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ต้องอาศัยวิศวกรควบคุมที่มีความชำนาญ ในการออกแบบ ซึ่งในหลายกระบวนการที่มีความยุ่งยากมากในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือข้อกำหนดสมรรถนะที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ หรือเงื่อนไขของปฏิบัติการที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปัญหาเหล่านี้อาจได้รับการแก้ไขได้โดยขึ้นกับความรู้และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติการ ซึ่งมักจะอยู่ในรูปแบบของตรรกที่คลุมเครือ(fuzzy) ดังนั้นความพยายามที่จะเลียนแบบการทำงานของผู้ปฏิบัติการที่มีความรู้ความชำนาญ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดูเป็นธรรมชาติและน่าสนใจ นอกเหนือไปจากการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของกระบวนการ แนวความคิดนี้ปรากฏผลเมื่อใช้การควบคุมแบบฟัซซี การควบคุมแบบฟัซซีคือเทคนิคที่ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตที่พัฒนาโดย Zadeh ซึ่งพบการประยุกต์ใช้ในกระบวนการหลายแบบเช่น อุตสาหกรรมเหล็ก (Takekoshi *et al.*, 1989) การควบคุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Bernard, 1988) อุตสาหกรรมการทำกระดาษ (Ohtani, 1990) เป็นต้น ทฤษฎีฟัซซีเซตทำให้สามารถอธิบายและจัดการกับนิพจน์เชิงภาษาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งช่วยในการนำข้อความรู้หรือวิธีการที่คลุมเครือมาใช้เพื่อควบคุมกระบวนการได้คล้ายความสามารถในการตัดสินใจของมนุษย์ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการควบคุมฟัซซี และทดลองสมรรถนะการทำงานโดยควบคุมกระบวนการตัวอย่างในเวลาจริง เปรียบเทียบกับตัวควบคุมพีไอดีแบบดั้งเดิม

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปีค.ศ. 1965 Zadeh ได้นำเสนอบทความเรื่องฟัซซีเซต(Fuzzy Sets) และต่อมาในปีค.ศ. 1973 ได้เสนอฟัซซีลอจิกและการใช้เหตุผลโดยประมาณเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการจำลองระบบหรือแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยอาศัยฟัซซีเซต เขาได้ชี้ให้เห็นว่ามนุษย์ทำการตัดสินใจได้ดีกว่าเครื่องจักร เพราะเป็นการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิผลบนพื้นฐานของสารสนเทศเชิงบรรยายที่ไม่เที่ยงตรง งานทฤษฎีที่เกี่ยวกับฟัซซีเซตและระบบฟัซซีที่มีการเสนอในช่วงแรกๆเป็นไปแบบช้าๆ โดยมีจุดมุ่งหมายหลักที่คุณสมบัติเชิงคณิตศาสตร์ของฟัซซีเซต ซึ่งมีหัวข้อหลักรวมถึงการแทนความรู้ด้วยฟัซซีเซตและแผนเหตุผล การขยายแนวคิดของคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมไปสู่คณิตศาสตร์แบบฟัซซีแขนงต่างๆโดยอาศัยทฤษฎีฟัซซีเซต

ตัวควบคุมแบบฟัซซีถูกตีพิมพ์ครั้งแรกในปีค.ศ. 1974 โดย Mamdani แทนการใช้ตัวควบคุมพีไอดีแบบดั้งเดิม เขาได้เสนอตัวควบคุมแบบฟัซซี ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของแบบจำลองเชิงตรรก ที่แสดงกระบวนการคิดของผู้ปฏิบัติการที่เป็นมนุษย์ แบบจำลองเชิงตรรกถูกอธิบายเป็นชุดของกฎการควบคุมที่มีรูปแบบ *"ถ้าตัวแปรเชิงพฤติกรรม B (สัญญาณเข้าให้ตัวควบคุม) ถูกสังเกตว่าอยู่ในสถานะ x ดังนั้นเปลี่ยนพารามิเตอร์ควบคุม C (สัญญาณออกจากตัวควบคุม) ด้วยปริมาณ y"* แบบจำลองนี้ได้ชื่อว่าเป็น"ฟัซซี"โดยความจริงที่ว่ามันกำหนดจำนวน x และ y เชิงภาษาโดยใช้เทอมเช่น *เป็นบวกค่าใหญ่ เป็นบวกค่าปานกลาง เป็นบวกค่าเล็ก ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นลบค่าเล็ก* ฯลฯ โดยแต่ละเทอมถูกแทนด้วยเซตย่อยฟัซซีในโดเมนการวัดที่เกี่ยวข้อง กฎการควบคุมถูกใช้งานโดย *"กฎการอนุมานผลประกอบ"* (compositional rule of inference) และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเซตย่อยของฟัซซีเซตของสัญญาณควบคุมในช่วงที่พิจารณา ซึ่งจะผ่านขั้นตอนการสรุปเพื่อให้ได้เป็นค่าสัญญาณที่จะใช้ในการควบคุมต่อไป โดยพิจารณาว่าในบรรดาตัวแทนของข้อสรุปจากการอนุมาน ค่าใดมีความสอดคล้องกับกฎการควบคุมที่กำหนดไว้มากที่สุดให้สรุปเป็นค่านั้น ถ้ามีค่าที่สอดคล้องกับกฎที่กำหนดสูงสุดหลายค่าให้นำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะได้เป็นค่าที่แน่นอนค่าหนึ่ง(ไม่ใช่ค่าฟัซซี)เป็นสัญญาณออกของตัวควบคุมในที่สุด การปรับแต่งระบบควบคุมดังกล่าวทำได้โดยการตรวจสอบดูให้กฎต่างๆสรุปผลในทางที่ดีและจัดการกับกฎที่น่าจะก่อให้เกิดการขัดแย้ง

ในช่วงต้นของทศวรรษ 1980 นี้เองที่การประยุกต์ใช้การควบคุมฟัซซีทางอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ได้เริ่มปรากฏขึ้น โดยบริษัท FL.Smidth แห่งประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นการควบคุมเตาเผาซีเมนต์(Holmblad and Ostergaard, 1982) การประยุกต์ใช้การควบคุมฟัซซีที่โดดเด่นมากอีกตัวอย่างหนึ่งคือ การควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติระบบแรกที่ใช้การควบคุมแบบฟัซซี ที่เมือง Sendai ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้รับการออกแบบสร้างโดยบริษัทHitachi (Yasunobu, 1985) ระบบดังกล่าวนี้ต่างจากงานของ

Mamdani ในสองประเด็นสำคัญคือกฎที่ใช้เป็นแบบทำนายผลล่วงหน้าแทนที่จะเป็นการประเมินจากสภาวะของกระบวนการโดยลำพังและการใช้ *วิธีจุดศูนย์ถ่วง* สำหรับการรวมผลของหลายกฎและสรุปสัญญาณออกที่แน่นอนเพื่อใช้ในการควบคุม รถไฟฟ้าที่ Sendai นี้ได้เปิดดำเนินการในปี 1987 และดำเนินการอย่างเป็นที่พึงพอใจตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์มากมายที่ใช้เทคโนโลยีฟัซซีมีวางจำหน่ายอยู่ทั่วไปในญี่ปุ่น(Terai *et al.*, 1991; Bellon *et al.*, 1992) และเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในประเทศต่างๆทั่วโลก ปัจจุบันมีผู้ผลิตจากทางยุโรปและอเมริกาได้สนใจที่จะใช้เทคโนโลยีด้านนี้กับผลิตภัณฑ์ของตนมากขึ้น ด้วยความสามารถที่จะทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวมีสมรรถนะของการทำงานได้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยที่ราคาต้นทุนไม่ต่างไปจากเดิมนัก

ดังเห็นได้จากตัวอย่างในเอกสารอ้างอิง(Sugeno, 1985; Dutta, 1993; Marks, 1994) ปัจจุบันงานวิจัยระบบฟัซซีได้แผ่ขยายไปในการประยุกต์หลายอย่าง มีผู้ทำการศึกษารูปแบบวิธีการออกแบบและตัวอย่างการใช้งานในโครงสร้างระบบที่ซับซ้อนมากขึ้น และมีการนำเสนอรายงานในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติทุกปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการตอบปัญหาในเชิงปฏิบัติ ดังนั้นเทคโนโลยีด้านระบบฟัซซีจึงเป็นสาขาหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาทั้งในระดับพื้นฐานเพื่อทำความเข้าใจในแนวคิดเบื้องต้นและระดับการประยุกต์ใช้งานเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ไขปัญหาที่ต้องการ

<u>จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์</u>

เพื่อศึกษาทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการควบคุมฟัซซี และพัฒนาโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในเวลาจริง เพื่อประยุกต์ใช้งานเป็นระบบควบคุมสำหรับกระบวนการขนาดลึก ระบบดังกล่าวจะสามารถใช้งานเป็นตัวควบคุมพีไอดีเชิงเลขได้เช่นเดียวกับที่มีใช้ในอุตสาหกรรม และตัวควบคุมฟัซซีสำหรับกระบวนการขนาดเล็กที่มีจำนวนอินพุตไม่เกิน 8 ตัว และเอาต์พุตไม่เกิน 2 ตัว

<u>ขอบเขตของวิทยานิพนธ์</u>

1. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ซึ่งทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นระบบควบคุม โปรแกรมดังกล่าวมีความสามารถที่จะใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดีเชิงเลข และตัวควบคุมฟัซซีได้ในเวลาจริง โดยติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางแป้นพิมพ์ เมาส์และจอภาพ การติดต่อส่งสัญญาณระหว่างกระบวนการที่ต้องการควบคุมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านแผงวงจรแปลงสัญญาณที่กำหนด

2. ศึกษาตัวอย่างการควบคุมฟัซซีโดยใช้กระบวนการเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ศึกษาเปรียบเทียบผลการควบคุมกับตัวควบคุมพีไอดี ซึ่งเป้าหมายของการควบคุมคือการรักษาอุณหภูมิที่ด้านออกของกระบวนการให้คงที่ ตามค่ากำหนดและเมื่อมีการเปลี่ยนโหลด

<u>โครงสร้างของวิทยานิพนธ์</u>

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 6 บท ในบทแรกนี้กล่าวถึงความสำคัญของการศึกษานี้ รวมถึงเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการศึกษาการควบคุมฟัซซีซึ่งเป็นในส่วนของทฤษฎีฟัซซีเซตและฟัซซีลอจิก ในบทนี้แนะนำถึงนิยามของคำศัพท์ต่างๆ หลักการ และ วิธีการเบื้องต้นที่ใช้ในทฤษฎีฟัซซีเซต และในส่วนหลังของบทจะกล่าวถึงฟัซซีลอจิกและการใช้เหตุผลในฟัซซีลอจิก

จากทฤษฎีและแนวคิดที่แสดงในตอนต้นถูกนำมาใช้เป็นตัวควบคุมฟัซซี ในบทที่3 กล่าวถึงตัวควบคุมฟัซซีแบบทั่วไปในหัวข้อของ โครงสร้างโดยทั่วไป แนวทางการพัฒนา และการเลือกกำหนดองค์ประกอบต่างๆในทางปฏิบัติ ตามลำดับ ในตอนท้ายได้รวบรวมระบบฟัซซีแบบต่างๆที่มีผู้เสนอการศึกษาหรือใช้งานไว้

ในบทที่ 4 แสดงระบบควบคุมฟัซซีที่พัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้ ซึ่งระบบควบคุมนี้จะมีความสามารถในการทำงานเป็นตัวควบคุมพีไอดีเชิงเลข ดังที่ใช้ในอุตสาหกรรม และตัวควบคุมฟัซซีตัวควบคุมพีไอดีเชิงเลขแสดงในภาคผนวก ก วิธีการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาโดยย่อแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบควบคุมที่พัฒนานี้เป็นการควบคุมกระบวนการเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงอยู่ในบทที่ 5 ซึ่งมีลักษณะปัญหาบางประการคล้ายกับกระบวนการในทางอุตสาหกรรม และบทที่ 6 เป็นบทสรุปของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยขั้นต่อไป