บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทฤษฎีการประมาณค่าเข้ามามีบทบาทสำคัญในการประยุกต์ทฤษฎีการควบคุมสมัยใหม่ต่อระบบอุตสาหกรรม ในการประยุกต์การควบคุมสมัยใหม่ต้องการคำอธิบายกระบวนการ แต่แบบจำลองกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องสำหรับในอุตสาหกรรมกระบวนการทางเคมีที่ให้ผลการควบคุมที่มีประสิทธิภาพยังมีไม่มากนัก ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากความยากในการสร้างแบบจำลองและการประมาณค่าพารามิเตอร์ในระบบ เทคนิคการควบคุมสมัยใหม่จึงเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองระบบ

เทคนิคตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองส่วนใหญ่มักมีการสมมติค่าของตัวแปรสเตตที่เหมาะสมทั้งหมดในระบบที่สนใจ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติส่วนใหญ่มันเป็นไปไม่ได้ที่จะทำการวัดค่าตัวแปรสเตตได้ทั้งหมด และยิ่งไปกว่านั้นค่าที่ได้จากการวัดมักจะมีสัญญาณรบกวนแบบสุ่มและ/หรืออาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ นอกจากนี้แบบจำลองจริงมักจะไม่ทราบและต้องพบกับปัญหาในการเลือกแบบจำลองกระบวนการที่มีอยู่อย่างมากมาย ซึ่งแบบจำลองต่าง ๆ ทั้งหมดอาจจะไม่ถูกต้องก็เป็นได้ ในสถานการณ์เช่นนี้สามารถนำเทคนิคการประมาณค่าแบบออนไลน์มาประยุกต์ใช้เพื่อประมาณค่าตัวแปรสเตตที่ไม่ได้วัดหรือวัดไม่ได้ และเพื่อลดผลกระทบของสัญญาณรบกวน เทคนิคการประมาณค่าแบบลำดับ (sequential estimation technique) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "ตัวกรอง (filter)" ให้ค่าประมาณของค่ากระบวนการจริงจากค่าการวัดของกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวนและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองกระบวนการที่เหมาะสม

การประมาณค่าตัวแปรสเตตที่ไม่ได้วัดหรือวัดไม่ได้จึงเป็นปัญหาใหญ่ โดยเฉพาะการนำเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่ามาใช้ เนื่องจากต้องอาศัยความรู้ความชำนาญทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก เพื่อแก้ไขแบบจำลองและเลือกสุ่มค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมก่อนทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ ทำให้การประมาณค่าประสบผลสำเร็จ

ตัวกรองคาลมาน (Kalman filter) เป็นเทคนิคการประมาณค่าสเตตเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก มีการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องบินซึ่งประสบผลสำเร็จ และได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาวิชาต่าง ๆ อีกมากมาย อาทิเช่น สาขาวิชาการบิน,

สาขาวิชาการเดินเรือทางทะเล, สาขาวิชาการสร้างตัวแบบเพื่อศึกษาเรื่องประชากร, สาขาวิชาการผลิต รวมไปถึงงานทางด้านวิศวกรรมเคมีด้วย

ขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมานให้ค่าประมาณของตัวแปรระบบซึ่งกำลังถูกควบคุมโดยกระบวนการในการวัดที่เหมาะสม เป็นเทคนิคที่ให้ผลในการคำนวณอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประมาณค่าสเตตในอดีต, ปัจจุบันและอนาคตได้ และสามารถประมาณค่าสเตตได้ ถึงแม้ว่าจะไม่ทราบแบบจำลองที่ถูกต้องก็ตาม

แต่อย่างไรก็ตาม การนำตัวกรองคาลมานไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมมีค่อนข้างน้อยมาก ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการขาดโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้งานได้ง่าย และเทคนิคการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์เป็นเทคนิคที่ต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมากและมีการคำนวณที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและหลายขั้นตอน จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงและมีขนาดหน่วยความจำมากสำหรับใช้ในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้การประมาณค่าและการควบคุมประสบผลสำเร็จ

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้กับทฤษฎีตัวกรองคาลมานจำเป็นต้องมีการจัดหาโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้งานโดยพยายามดัดแปลงการทำงานของตนให้สอดคล้องกับวิธีการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูปนั้น ๆ แต่การดัดแปลงโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้งานเป็นเรื่องที่ทำได้ไม่สะดวกมากนักและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกด้วย ปัญหาสำคัญข้อหนึ่งก็คือโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยนำตัวกรองคาลมานมาประยุกต์ยังมีรูปแบบการใช้งานไม่สะดวกมากนัก เนื่องจากผู้สร้างซอฟต์แวร์จำเป็นต้องมีความรู้ความชำนาญทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์, ทางด้านคณิตศาสตร์และทางด้านวิศวกรรมเคมีเป็นอย่างมาก

การสร้างซอฟต์แวร์ที่ดี เป็นงานที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ถ้าหากซอฟต์แวร์มีข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด เครื่องคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถที่จะทำงานได้อย่างเต็มที่ และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นด้วยซ้ำ ฉะนั้นการสร้างซอฟต์แวร์จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้วิธีการที่เป็นระบบ เข้าใจได้ง่าย และสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้

ในงานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงบทบาทสำคัญของการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ดีสำหรับใช้ในการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยอาศัยขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมาน ดั้งนั้นจึงได้ทำการออกแบบและเขียนโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประมาณค่าขึ้นมาใช้งาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสืบต่อไป การพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาใช้เองทำให้ได้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีลักษณะงานตรง

กับความต้องการของผู้ใช้ และสามารถนำมาดัดแปลงแก้ไขในภายหลังได้ ซึ่งมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านซอฟต์แวร์ลงและไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้ขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมาน
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการใช้งานทางด้านวิศวกรรมเคมี สาขาวิชาการควบคุมกระบวนการ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้ตัวกรองคาลมาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมานด้วยโปรแกรมภาษา C++ เพื่อใช้งานบนโปรแกรมวินโดว์ได้
2. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับกระบวนการต่าง ๆ อาทิเช่น การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลของระบบถังพัก, การประมาณค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ และการประมาณค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง
3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้ตัวกรองคาลมานให้มีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นด้วยโปรแกรมภาษา C++ ใช้สำหรับในการศึกษาวิธีการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์โดยใช้ตัวกรองคาลมานและการทำงานร่วมกับตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมของตัวควบคุมชนิดนี้ สามารถนำไปใช้เป็นโปรแกรมประกอบการเรียนการสอนในวิชาการควบคุมกระบวนการในขั้นสูง (Advanced process control) ได้

นอกจากนี้ สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปนี้ไปพัฒนา ดัดแปลง หรือแก้ไขให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านซอฟต์แวร์ลง และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติสืบต่อไป

1.8 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ทำการศึกษา ค้นคว้าและรวบรวมเอกสารและผลงานวิจัยที่ผ่านเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมาน
2. ศึกษารายละเอียดของเทคนิคการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์
3. ศึกษาและฝึกหัดเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมภาษา C++
4. ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการประมาณค่าสเตตและพารามิเตอร์ โดยใช้ขั้นตอนวิธีตัวกรองคาลมาน
5. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปด้วยโปรแกรมภาษา C++ พร้อมทั้งทดสอบการทำงานกับกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ
7. วิเคราะห์ สรุปผลการวิจัย และจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.9 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนสำคัญของการนำเสนอ เนื้อหาของวิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งออกเป็น 6 บทและภาคผนวก 4 บท บทที่ 1 เป็นบทนำ ซึ่งกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ วิธีดำเนินการวิจัย รวมไปถึงลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย บทที่ 2 เกี่ยวข้องกับการถดถอยเชิงเส้น (linear regression), กำลังสองน้อยสุด (least-squares) และการประมาณค่าด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum-likelihood estimation) หัวข้อที่กล่าวถึงในบทนี้คือการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (simple linear regression), การประมาณค่ากำลังสองน้อยสุด (least-squares estimation), และการประมาณค่าด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum-likelihood estimation) เนื้อหาของบทที่ 3 เป็นเรื่องของตัวกรองคาลมาน หัวข้อที่กล่าวถึงในบทนี้ครอบคลุมตัวกรองคาลมานที่มีเวลาต่อเนื่องและเวลาไม่ต่อเนื่อง, ความควบคุมได้และความสังเกตได้ และตัวกรองคาลมานแบบยืดขยาย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมไปถึงผังงานโปรแกรมแบบธรรมดาและแบบโครงสร้าง บทที่ 5 อธิบายผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น เนื้อหาในบทที่ 5 ครอบคลุมผลของการควบคุมระบบด้วยตัวควบคุมที่อาศัยแบบจำลองและไม่อาศัยแบบจำลอง บทสุดท้าย บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุป วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ปิดท้ายด้วยภาคผนวก 4 บท ภาคผนวก ก ประกอบด้วยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับทฤษฎีระบบ ภาคผนวกนี้นำมาใส่ไว้เพื่อเป็นการทบทวนความรู้สำหรับผู้อ่านที่สนใจ ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจในระบบสโตแคสติคพลวัต หัวข้อที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้เป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเวกเตอร์, เมทริกซ์, ปริภูมิเวกเตอร์และทฤษฎีเซต, ระบบเชิงเส้น และผลเฉลยของสมการอนุพันธ์เชิงเส้น ภาคผนวก ข กล่าวถึงสัญญาณสุ่ม ซึ่งประกอบด้วยพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับสัญญาณสุ่ม (สโตแคสติค) โดยเริ่มต้นด้วยคำจำกัดความเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับสัญญาณสุ่มและการรวมกันของสัญญาณสุ่ม ภาคผนวก ค อธิบายเทคนิคตัวควบคุมเจเนริกโมเดลรวมไปถึงการปรับค่าคงที่ของตัวควบคุมชนิดนี้ ภาคผนวก ง แสดงวิธีการใช้โปรแกรม kSTAPEN ซึ่งอธิบายขั้นตอนในการใช้งานและช่วยให้การใช้งานสะดวกขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย