บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การออปติไมซ์ (optimization) คือการหาจุดที่เหมาะสมเป็นกระบวนการคิดและตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้มากขึ้น และช่วยตัดสินใจหาแนวทางที่ดีที่สุดในการใช้ทรัพยากร เช่น วัตถุดิบ เวลา พลังงาน กำลังคน และต้นทุน ให้มีประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นการออปติไมซ์จึงเป็นกลไกสำคัญช่วยในการตัดสินใจ (decision-making) หลาย ๆ ปัญหา เช่น ปัญหาในการออกแบบ และหาสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสมทางวิศวกรรม สำหรับปัญหาในขั้นตอนออกแบบ (design stage) การออปติไมซ์ช่วยออกแบบหาขนาดอุปกรณ์ที่เหมาะสมในขณะปฏิบัติการ เช่น จำนวนเทรย์, ขนาดเครื่องปฏิกรณ์หรือขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น ให้มีค่าสอดคล้องกับสมการอนุรักษ์มวลสารและสมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุดของฟังก์ชันทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายการลงทุน ผลกำไร และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ส่วนปัญหาในขั้นตอนปฏิบัติการ (operation stage) การออปติไมซ์มีบทบาทช่วยหาสภาวะปฏิบัติการ (operating condition) ที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหล เป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะเป็นเซ็ทพอยท์ (set-point) ในกระบวนการควบคุม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้กำไรมากที่สุด เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด หรือใช้พลังงานน้อยที่สุด นอกจากนี้การออปติไมซ์ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ และทางวิศวกรรมศาสตร์ด้วย สำหรับการประยุกต์ใช้การออปติไมซ์กับปัญหาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มีตัวอย่างดังนี้ (Rao, 1979)

1. ออกแบบโครงสร้างพาหนะการบิน เพื่อให้น้ำหนักเบา
2. ออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา เช่น สะพาน และตึก เป็นต้น
3. ออกแบบกระบวนการกำจัดน้ำเสีย
4. หาจุดที่เหมาะสมของเครื่องกลไฟฟ้า เช่น มอเตอร์
5. วางแผนการผลิตที่เหมาะสม เพื่อให้ได้แผนการดำเนินงานที่ดีที่สุด
6. ออกแบบขนาดเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทางเคมี เพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ และเพิ่มอัตราการผลิต

7. หาจุดเซ็ทพอยท์ (set-point) ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุม

การนำผลการออปติไมซ์ไปใช้โดยทั่วไป จะไม่สามารถได้รับผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เนื่องจากผลของความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในกระบวนการจริง ได้แก่ ตัวแปร หรือสิ่งแวดล้อมที่ไม่อยู่คงที่ นั่นคือจะมีความแปรปรวนรอบ ๆ ค่าหนึ่ง หรือพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าที่แน่ชัดจะเป็นเพียงค่าที่ได้จากการประมาณ หรืออาจเป็นความผิดพลาดจากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ ตัวอย่างความไม่แน่นอนได้แก่ อุณหภูมิขาเข้า, ค่าคงที่ของปฏิกิริยา, ความร้อนจากปฏิกิริยา, ความต้องการของผลิตภัณฑ์, สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, ความเข้มข้นของสารตั้งต้น, ราคาวัตถุดิบ, ราคาสินค้า, สภาวะแวดล้อม และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งค่าเหล่านี้ในระหว่างปฏิบัติการจริงจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา บางทีวิศวกรผู้ออกแบบอาจจะละเลยความไม่แน่นอนเหล่านี้ในการออปติไมซ์ โดยกำหนดตัวแปรหรือพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นค่าคงที่ ซึ่งจะทำให้ค่าออกแบบ และสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสมเปลี่ยนไป ไม่ตรงตามออปเจกทีฟฟังก์ชันที่ตั้งไว้ หรือทำให้กระบวนการไม่เข้าสู่สภาวะคงที่ แม้จะมีเครื่องควบคุมอยู่ก็ตาม สำหรับการแก้ปัญหาออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนในขั้นตอนออกแบบนั้น วิธีที่นิยมใช้วิธีโอเวอร์ดีไซน์ แฟกเตอร์ (overdesign factor) ของ Rudd และ Watson (1968) ซึ่งเป็นการบวกหรือเพิ่มแฟกเตอร์เข้าไปภายหลังจากค่าที่ได้จากการออปติไมซ์สภาวะปกติ (Normal case) กล่าวคือคูณแฟกเตอร์เข้าไปในค่าที่ได้จาก การออปติไมซ์ที่กำหนดให้ค่าตัวแปรและพารามิเตอร์คงที่ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก อย่างไรก็ตามในบางกรณี เนื่องจากผลที่ได้เป็นเพียงการหาค่าขอบสูงสุด (upper bound) ของค่าออกแบบ จึงไม่สามารถรับรองผลการออกแบบที่ได้ว่าจะมีความยืดหยุ่น (flexible) นั่นคือกระบวนการอาจจะไม่สามารถปฏิบัติการในสภาวะคงที่ ภายใต้ความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในสภาวะจริงได้ นอกจากนี้วิธีโอเวอร์ดีไซน์ไม่มีหลักการที่แน่นอนในการบวกหรือเพิ่มแฟกเตอร์ด้วยค่าเท่าไร ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจ และประสบการณ์ของวิศวกรผู้ออกแบบ นอกจากนั้นในการประเมินผลของความไม่แน่นอนว่า มีผลต่อคำตอบของจุดเหมาะสมอย่างไร จำเป็นต้องใช้วิธีที่เรียกว่าวิธีวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่อออปเจกทีฟฟังก์ชัน และตัวแปรออกแบบที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์ความไวนั้นจะทำโดยกำหนดให้ตัวแปร หรือพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลง แล้วคำนวณหาค่าออปเจกทีฟฟังก์ชันจะเป็นเท่าไร และค่าตัวแปรออกแบบที่เหมาะสมมีค่าเท่าไร โดยกำหนดให้ตัวแปรตัวอื่นคงที่ ผลที่ได้จะแสดงถึงความไวของตัวแปรต่อ ออปเจกทีฟฟังก์ชัน อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ความไวมีข้อจำกัด กล่าวคือ ไม่สามารถหาจุดเหมาะสมของตัวแปรออกแบบ ที่จะทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะคงที่ และสอดคล้องทุกข้อจำกัดกระบวนการ ตลอดทุกค่าของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ ที่มีโอกาสการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน (แบบการแจกแจงฟังก์ชันความน่าจะเป็น)

กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ไม่สามารถใช้วิธีวิเคราะห์ความไวหาจุดที่เหมาะสม ไม่สามารถใช้วิธีวิเคราะห์ความไวหาจุดที่เหมาะสม และออปเจกทีฟฟังก์ชันที่คาดหวังได้

ดังนั้นการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน ที่รวมเอาตัวแปรหรือพารามิเตอร์ ซึ่งมีการแจกแจงแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็นเข้าไปด้วย จะทำให้สามารถออกแบบหาขนาดอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น ขนาดเครื่องปฏิกรณ์, จำนวนเทรย์ และขนาดอุปกรณ์ เป็นต้น เชื่อมั่นได้ว่าค่าการออกแบบที่คำนวณได้จะสามารถทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะคงที่ได้ภายใต้ความไม่แน่นอนที่มีอยู่นั้น

จากการศึกษาค้นคว้าผลงานวิจัยที่ผ่านมา Halemane และ Grossmann (1983) ได้นิยามการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนว่าเป็นการออกแบบหาค่าตัวแปรออกแบบ และสภาวะปฏิบัติการที่จะทำให้กระบวนการปฏิบัติการอยู่ในสภาวะคงที่ได้ ภายในช่วงขอบเขตดำเนินการที่เป็นไปได้ (feasible region) ตลอดทุกค่าความไม่แน่นอนที่เกิดในระหว่างปฏิบัติการของกระบวนการ กล่าวคือ ขณะที่ทำการหาค่าฟังก์ชันค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด (minimize) เพื่อหาค่าตัวแปรออกแบบที่เหมาะสม วิศวกรผู้ออกแบบต้องมั่นใจว่าผลออกแบบจะต้องสามารถปฏิบัติการได้ในสภาวะคงที่ และสอดคล้องกับทุกข้อจำกัดของกระบวนการ ค่าตัวแปรออกแบบอยู่ในขอบเขตดำเนินการของกระบวนการตลอดทุกค่าของความไม่แน่นอน ที่มีการกระจายแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็น

ต่อมา Peter Terwiesch, Mukul Agarwal และ David W.T. Rippen (1994) ได้นิยามการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนเพิ่มเติมว่า เป็นการออปติไมซ์แบบออฟไลน์ (off-line optimization) เพื่อหาค่าตัวแปรออกแบบ เช่น จำนวนเทรย์ ขนาดอุปกรณ์ ซึ่งจะเป็นค่าคงที่ในขณะปฏิบัติการ โดยกำหนดว่า ผลที่ได้สามารถทำให้กระบวนการปฏิบัติการอยู่ในสภาวะคงที่ได้ และสอดคล้องกับข้อจำกัดชี้เฉพาะ (specification) ของกระบวนการตลอดทุกค่าของความไม่แน่นอน แล้วนำคำตอบค่าตัวแปรออกแบบที่ได้ ไปใช้ในการออปติไมซ์แบบออนไลน์ (on-line) ซึ่งเป็นการหาเพียงเซตของตัวแปรควบคุม โดยกำหนดให้ค่าของตัวแปรออกแบบคงที่ตามคำตอบที่ได้ในการออปติไมซ์แบบออฟไลน์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความไม่แน่นอนมีบทบาทสำคัญสำหรับการออปติไมซ์ และเป็นประเด็นที่น่าสนใจ ในการหาค่าที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้กับสภาวะปฏิบัติการจริงที่มีความไม่แน่นอนอยู่ได้ นอกจากนี้จะเป็นการช่วยในการคิด และตัดสินใจในการลงทุน หรือการตัดสินใจนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ มาใช้ภายใต้สภาวะไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจอย่างในปัจจุบัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน ของเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรม เพื่อเป็นความรู้สำหรับภาคอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมีที่เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หาผลกระทบของความไม่แน่นอนต่อจุดที่เหมาะสมของ เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) แบบมีปฏิกิริยาไม่ย้อนกลับ และแบบมีปฏิกิริยาย้อนกลับได้

2. เปรียบเทียบหาผลความแตกต่างระหว่างการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน และการออปติไมซ์กรณีไม่มีความไม่แน่นอน ของเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่องทั้ง 2 ชนิด คือ แบบมีปฏิกิริยาย้อนกลับได้ และปฏิกิริยาย้อนกลับไม่ได้

3. ออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบดีเทอร์มินิสติก (deterministic) กล่าวคือกำหนดให้ความไม่แน่นอนเป็นค่าเจาะจงที่มีจำนวนจำกัด, ออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบสโตแคสติก (stochastic) กล่าวคือกำหนดให้ความไม่แน่นอนเป็นตัวแปรแบบเฟ้นสุ่มที่นับถ้วน ที่มีการกระจายแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็น และออปติไมซ์ภายใต้ความแน่นนอนแบบผสมทั้งดีเทอร์มินิสติก และสโตแคสติก เพื่อออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตดังนี้

1. เขียนโปรแกรมออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบดีเทอร์มินิสติก และแบบสโตแคสติก โดยใช้โปรแกรมแม็ทแลบ (MATLAB) หลังจากนั้นจะทำการทดสอบโปรแกรม โดยออปติไมซ์กรณีศึกษาที่เคยมีผู้ศึกษาไว้แล้ว เพื่อตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้น การทดสอบโปรแกรมออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบดีเทอร์มินิสติก จะกระทำโดยใช้กรณีออกแบบท่อ (pipeline) ซึ่งเป็นผลงานวิจัยที่ผ่านมาของ Grossmann และ Sargent (1978) ส่วนการทดสอบโปรแกรมออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบสโตแคสติก จะกระทำโดยใช้การออกแบบปรับเปลี่ยนระบบเชิงเส้น (linear retrofit design) ของ Pistikopoulos และ Ierapetritou (1995) เพื่อเป็นแนวทางในขั้นต้น และทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยอ้างอิงและเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2. นำโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาออปติไมซ์เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง ที่มีปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้อันดับหนึ่ง (Economou และ Morari, 1986) และออปติไมซ์เครื่องปฏิกรณ์ถังกวน

แบบต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาแบบไม่ย้อนกลับอันดับหนึ่ง (ไพศาล กิตติศุภกร, อมรชัย อาภรณ์วิชานพ และคณะ; 2540)

3. เขียนโปรแกรมการออปติไมซ์ทั้งกรณีมีความไม่แน่นอน และไม่มีความไม่แน่นอน โดยใช้โปรแกรมแม็ทแลบ (MATLAB) เพื่อหาปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ และอุณหภูมิที่เหมาะสมของเครื่องปฏิกรณ์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่ำสุด (the total cost)

4. ในการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน ของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาไม่ย้อนกลับ และที่มีปฏิกิริยาย้อนกลับได้ จะออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนทั้งหมด 3 กรณีด้วยกัน คือ

- กรณีพารามิเตอร์มีความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นการโปรแกรมแบบดีเทอร์มินิสติก กล่าวคือกำหนดให้พารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนมีค่าชี้เฉพาะเจาะจง มีจำนวนจำกัด
- กรณีตัวแปรมีความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นการโปรแกรมแบบสโตแคสติก กล่าวคือกำหนดให้ตัวแปรที่ไม่แน่นอนมีค่าเป็นตัวแปรเฟ้นสุ่มที่นับถ้วน เป็นการกระจายแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็น
- กรณีทั้งพารามิเตอร์ และตัวแปรมีความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นการโปรแกรมแบบผสมดีเทอร์มินิสติก และสโตแคสติก กล่าวคือกำหนดให้ทั้งพารามิเตอร์ และตัวแปรไม่แน่นอน โดยพารามิเตอร์มีค่าชี้เฉพาะเจาะจงที่มีจำนวนจำกัด และตัวแปรเป็นตัวแปรเฟ้นสุ่มที่นับถ้วน เป็นการกระจายแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็น

5. ทำการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) เพื่อศึกษาดูผลกระทบของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนไปต่อออปเจกทีฟฟังก์ชัน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยในที่นี้แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ศึกษาค้นคว้าผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาที่ผ่านมา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นของการออปติไมซ์ และพัฒนาการออปติไมซ์ในด้านต่าง ๆ หลังจากนั้นค้นคว้าจากวารสารต่างประเทศ ศึกษาการออปติไมซ์ทั้งมีความไม่แน่นอนและกรณีปกติ (ไม่มีความไม่แน่นอน) ที่มีผู้เสนอมาแล้ว เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัย

2. ศึกษาและเขียนโปรแกรมการออปติไมซ์ด้วยโปรแกรมแม็ทแลบ

เขียนโปรแกรมการออปติไมซ์ทั้งแบบกรณีปกติ และมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นในกระบวนการ โดยใช้โปรแกรมแม็ทแลบ

3. ทดสอบโปรแกรมการออปติไมซ์

ขั้นนี้เป็นขั้นทดสอบโปรแกรมที่เขียนไว้ในขั้นที่ 2 และเก็บข้อมูลจากการทดสอบ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

ก. วิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis)

ข. ทำการออปติไมซ์

4. อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง

ขั้นสุดท้ายคือวิเคราะห์ดูผลความแตกต่างระหว่างการออปติไมซ์แบบปกติ และออปติไมซ์แบบมีความไม่แน่นอน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยเรื่องนี้ คือ

1. เป็นแนวทางให้ผู้สนใจที่จะทำการศึกษาการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน
2. เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ขนาดเครื่องปฏิกรณ์ที่เหมาะสมภายใต้ไม่แน่นอน
3. แสดงความแตกต่างของผลการคำนวณที่ได้รับจากการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนเมื่อเปรียบเทียบกับการออปติไมซ์แบบปกติ

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ในรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประกอบด้วยเนื้อหาต่าง ๆ ทั้งหมด 7 บท ซึ่งแต่ละบทสามารถสรุปได้ดังนี้

เริ่มแรกบทที่ 1 กล่าวถึง ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย, วัตถุประสงค์ของงานวิจัย, ขอบเขตงานวิจัย, ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย, ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย และโครงสร้างวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาการออปติไมซ์ และความหมายของการออปติไมซ์ ต่อมาจะกล่าวถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมาของการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนในทางวิศวกรรมเคมี และผลงานวิจัยที่ผ่านมาของการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนในวิศวกรรมทางด้านสาขาอื่น ๆ

บทที่ 3 กล่าวถึง รายละเอียดเกี่ยวกับชนิดของความไม่แน่นอน แบ่งตามธรรมชาติของแหล่งกำเนิดของความไม่แน่นอน และวิธีการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน ซึ่งแบ่งเป็น 2

แนวทางด้วยกันคือ การค่าหาแบบดีเทอร์มินิสติก และการค่าหาแบบสโตแคสติก นอกจากนี้ยังเสนอวิธีการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบผสมทั้งดีเทอร์มินิสติก และสโตแคสติก

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดสอบโปรแกรมออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบดีเทอร์มินิสติกกับกรณีศึกษาการออกแบบท่อที่ Grossmann และ Sargent (1978) ได้ทำวิจัยไว้แล้ว และการทดสอบการโปรแกรมออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนแบบบสโตแคสติกกับกรณีศึกษาการออกแบบปรับเปลี่ยนระบบเชิงเส้นที่ Pistikopoulos และ Ierapetritou (1995) ได้ทำวิจัยไว้แล้ว

สำหรับในบทที่ 5 และบทที่ 6 จะแสดงขั้นตอน และผลการออปติไมซ์ทั้งกรณีปกติ (ไม่มีความไม่แน่นอน) และกรณีมีความไม่แน่นอน ซึ่งแบ่งเป็น 3 กรณีด้วยกันคือ กรณีพารามิเตอร์ไม่แน่นอน, กรณีตัวแปรไม่แน่นอน และกรณีทั้งพารามิเตอร์และตัวแปรไม่แน่นอน ของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาไม่ย้อนกลับ และเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาย้อนกลับได้ตามลำดับ

สุดท้ายบทที่ 7 จะเป็นบทสรุปผลงานวิจัยของการออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน วิจารณ์และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไป

รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ และโปรแกรมที่เขียนขึ้นได้แนบไว้ในภาคผนวก