บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 บทนำ

ในการพัฒนางานทางด้านวิศกรรม จำเป็นต้องใช้โครงสร้างแบบจำลองทางคณิต-ศาสตร์ช่วยในการอธิบายลักษณะพฤติกรรม และความสัมพันธ์กันของแต่ละตัวแปรของกระบวนการ ซึ่งโครงสร้างแบบจำลองเหล่านี้เอง ที่เป็นจุดเริ่มต้น ในการพัฒนาทางด้านอื่นๆ อีก ตัวอย่างเช่น การพัฒนาด้านการออกแบบตัวควบคุมกระบวนการ (Controller) การออปติไมเซชันกระบวนการเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นต้น ดังนั้นในทางด้านอุตสาหกรรม การระบุหากระบวนการจึงมีความจำเป็นสำหรับวิศวกร เพื่อทราบถึงลักษณะของกระบวนการที่ใช้งาน และมีประโยชน์ในทางด้านการพัฒนาระบบควบคุม ซึ่งนอกจากจะมีความจำเป็นในกระบวนการทางด้านเคมีแล้ว ทางด้านเครื่องกล และทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ ก็จำเป็นต้องใช้การระบุหากระบวนการเช่นกัน การระบุหาระบบหรือการระบุหากระบวนการ เกี่ยวเนื่องกับปัญหาของการได้มาซึ่งแบบจำลองของไดนามิกของระบบจากข้อมูลที่วัดได้จากการทดลอง (จากกระบวนการจริง) ซึ่งในปัจจุบัน ได้มีซอฟแวร์ที่ใช้ทางด้านการระบุหากระบวนการกันอย่างกว้างขวางสำหรับวิศกร ซึ่งได้มีการตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ

ในการระบุหาแบบจำลองของกระบวนการสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ (Andersen,1991)

รูปแบบที่ 1 เรียกว่าแบบ "กล่องขาว (white box)" เป็นการระบุหากระบวนการโดยใช้พื้นฐานของ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกระบวนการ เช่น การทำสมดุลย์มวล สมดุลย์พลังงาน เป็นต้น ลักษณะของแบบจำลองแบบนี้ไม่ได้เขียนขึ้นจากผลของการทดลองเลย ดังนั้นลักษณะของสมการของแบบจำลองจึงอยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์อันดับต่างๆ ตามลักษณะของกระบวนการที่พิจารณา และในสมการที่เขียนขึ้นนั้น อาจจะมีค่าพารามิเตอร์บางตัวที่ไม่ทราบค่า ตัวอย่างเช่น ค่าคงที่ต่างๆทางเทอร์โมไดนามิก หรือ ค่าคุณสมบัติทางเคมี และทางฟิสิกส์เป็นต้น ดังนั้นในกรณีที่กระบวนการที่ซับซ้อน ลักษณะสมการของแบบจำลองจึงอยู่ในรูปแบบที่ยุ่งยาก และซับซ้อนด้วย จึงทำให้ยากในการแก้สมการของแบบจำลอง ในการหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในสมการ

รูปแบบที่ 2 เรียกว่า แบบ "กล่องเทา (gray box)" เป็นการระบุหากระบวนการโดยใช้ทั้งรูปแบบของแบบจำลองรูปแบบที่ 1 และ ใช้ผลของการทดลองในการค่าพารามิเตอร์บางตัวที่ไม่ทราบค่า เช่นพารามิเตอร์ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิก เป็นต้น

รูปแบบที่ 3 เรียกว่า แบบ "กล่องดำ (black box)" เป็นการะบุหาแบบจำลองของกระบวนการจากผลการทดลองของกระบวนการจริง โดยสมการของแบบจำลองได้จากการ

หาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คือ เป็นสมการความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลอินพุท และ เอาท์พุทของกระบวนการ โดยอาศัยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ จากข้อมูลที่เก็บได้ เป็นค่าพารามิเตอร์ของสมการแบบจำลองของกระบวนการจริง

ดังนั้นผลงานที่ผ่านมา จึงกล่าวได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆคือ ลักษณะของงานซึ่งเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการระบุหาแบบจำลองของกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรม

งานการวิจัยที่ผ่านมาในช่วงแรกๆ จะเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้เขียนเป็นบทความ อธิบายถึงวิธีการประมาณค่า อัลกอริธึมในการประมาณค่าพารามิเตอร์ เป็นต้น ซึ่ง Astrom และ Bohlin (1965) ได้เสนองานในทางด้านการระบุหากระบวนการ ซึ่งเป็นงานที่แสดงถึงค่า ความเบี่ยงเบน (Bias) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของไทม์โดเมน (time domain) ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาอัลกอริธึมของการประมาณค่าพารามิเตอร์เรื่อยมาจนปัจจุบันนี้ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ กันในทางด้านการระบุหากระบวนการ ได้แก่ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก ในการระบุหากระบวนการ และได้มีการพัฒนา วิธีกำลังสองน้อยที่สุด เช่นวิธีไอวี และการคำนวณซ้ำของวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (repeated least squares) เป็นต้น

2.2 ผลงานการวิจัยทางด้าน การใช้การระบุหากระบวนการต่างๆ

จาก Ljung (1991) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าได้มีการพัฒนาการระบุหากระบวนการถึงขั้นที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการใช้แล้วก็ตาม แต่งานทางด้านการระบุหากระบวนการก็ยังไม่ตายในด้านการค้นคว้า เหตุผลเนื่องจาก ได้มีความก้าวหน้าทางด้านการใช้ในงานด้านใหม่ๆขึ้นมาเรื่อยๆ ซึ่งมีความจำเป็นเพิ่มขึ้นในการพัฒนาการสร้างแบบจำลอง โดยในการระบุหากระบวนการ โครงสร้างแบบจำลองสามารถแบ่งเป็น แบบจำลองแบบไม่มีค่าพารามิเตอร์ (non-parameteric) และ แบบจำลองแบบมีค่าพารามิเตอร์ (parameteric methods)

ในปี Huang (1988) และคณะ ได้ศึกษาการระบุหากระบวนการโดยใช้วิธีทางอ้อม ในการระบุหากระบวนการของระบบที่เวลาต่อเนื่อง และกระบวนการเป็นระบบหลายตัวแปร วิธีการระบุหากระบวนการโดยทางอ้อม แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ในขั้นตอนแรก เป็นการหาแบบจำลองของกระบวนการในรูปของดิสครีต ซึ่งหาได้จากข้อมูลอินพุท และเอาท์พุท ของกระบวนการที่ทำการเก็บตัวอย่างมา นำมาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองซึ่งใช้ในการระบุหา มาเป็นแบบจำลองของกระบวนการ จากนั้นจึงหาแบบจำลองที่เวลาต่อเนื่อง ซึ่งมีค่าเท่าเทียมกับแบบจำลองแบบดิสครีตมาเป็นแบบจำลองของกระบวนการที่เวลาต่อแนื่อง

ปี 1989 Andersen และคณะ ได้ร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับการ ใช้แบบจำลองแบบมีค่าพารามิเตอร์ (parametric model) ในการระบุหากระบวนการกลั่น 2 องค์ประกอบ เพื่อทราบลักษณะพฤติกรรมของกระบวนการ โดยพิจารณาที่ ทิศทางของค่าเกนของกระบวนการ ซึ่งในกระบวนการ การกลั่น 2 องค์ประกอบ ค่าเกนจะมีผลกระทบต่อปัญหาการออกแบบการควบคุม

ซึ่งจะมีประโยชน์ ในการเลือกระบบที่ใช้ควบคุม และการจูนค่าพารามิเตอร์ ของตัวควบคุม ดังนั้นการแน่ใจว่าแบบจำลองที่ใช้ ในการออกแบบการควบคุม สามารถอธิบายถึงทิศทางของค่าเกนของกระบวนการได้จึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่ง Andersen ได้ใช้โครงสร้างแบบจำลองแบบสเตต ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า เพื่อจะได้ทราบและเข้าใจเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ของค่าความจุ ในกระบวนการ

ต่อมา Amaral และ Arruda (1989) ได้เสนอเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ระบบ off-line สำหรับการระบุหากระบวนการทางอุตสาหกรรม ซึ่งได้แบ่งวิธีการระบุหากระบวนการ ออกเป็น 2 โมดูลที่สำคัญ คือ MAdEP เป็นการเก็บข้อมูล (data aquisition) และ MIP ขั้นตอนของการระบุหา กระบวนการ โดยโปรแกรมที่ใช้ประกอบด้วยส่วนของการแสดงหน้าต่างของข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมา การวิเคราะห์ข้อมูล โครงสร้างของแบบจำลอง การประมาณค่าพารามิเตอร์ และส่วนของการพิจารณาค่าที่ยอมรับได้ของแบบจำลอง และในปีนี้ Hansen และ Franklin ได้นำเสนอผลงานทางด้านการระบุหากระบวนการในงานการประชุมทางด้านการควบคุม (American Control Conference) ที่สหรัฐอเมริกาเรื่อง “Closed-Loop Identification via the Fractional Representation” เป็นเสนอเกี่ยวกับรูปร่างหน้าตาของการระบุหาระบบซึ่งเป็นปัญหาของการออกแบบการทดลอง โดยได้เสนอวิธีการแสดงแบบจำลอง แบบแยกเป็นส่วนประกอบ (fractional representation approach) และการแก้ปัญหาการออกแบบการทดลอง โดยใช้ลูพการควบคุมแบบลูพปิด (closed loop) โดยใช้อินพุทที่เข้าสู่กระบวนการ คือค่าของเอาท์พุทที่ออกจากตัวควบคุม และอินพุทของตัวควบคุม ก็คือเอาท์ที่ออกจากกระบวนการ

ปี 1990 Rasmussen Nielsen และ Jorgensen เสนอผลงานการระบุหากระบวนการ โดยใช้ความรู้พื้นฐาน เปรียบเทียบกับการใช้แบบจำลองแบบซูโดโคนิคอล (Pseudocanical, MFD) ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบกล่องดำ ในการกลั่นแยกของผสม ไอโซโพรพานอล (isopropanal) และเมทานอล (methanal) ซึ่งของผสมมีน้ำและสิ่งเจือปนรวมอยู่ด้วย โดยรูปแบบโครงสร้างของแบบจำลอง เป็นลักษณะของชุดของค่าอันดับของเอาท์พุทในกระบวนการ และในปีนี้ Gentil และคณะ ได้เขียนซอฟแวร์ต้นแบบ ของการระบุหากระบวนการเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยส่วนแรกของซอฟแวร์ จะเป็นส่วนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ การแสดงกราฟของข้อมูลอินพุทและเอาท์พุท ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเรียกซอฟแวร์นี้ว่า "SEXI (Systeme EXperten Identification)"

ในปี 1991 Brabrand และ Jϕrgensen. ได้ศึกษาการใช้แบบจำลอง ARX แบบหลายตัวแปรกับการควบคุมแบบโมเดลทำนาย (adaptive controller) โดยกระบวนการที่ใช้ประกอบด้วยชุดของถังปฏิกิริยาซึ่งต่อเรียงกัน 5 ตัว นำเสนอในงาน IFAC Advanced Control of Chemical Processes ที่ Toulose ประเทศ ฝรั่งเศส ซึ่งแบบจำลองที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ ได้จากการออกแบบการทดลองเป็นระบบเปิด คือไม่มีการควบคุมในการพิจารณา โดยสัญญาณอินพุทที่ใช้ในกระบวนการเป็นสัญญาณแบบซูโดโคนิคอล ไบนารีซีเค็วนซ์ (Pseudoconical Random Binary Sequence, PRBS) และในปีนี้ Peter และ Ljung ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งใช้ในการระบุหากระบวนการ ซึ่งผู้ใช้จะประสบกับปัญหาในการเลือกโครงสร้างของรูปแบบจำลองที่เหมาะสมกับกระบวนการ ดังนั้นทั้งสองคนจึงได้เสนอเครื่องมือ

ที่จะช่วยในการคำนวณในการระบุหากระบวนการ คือ โปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB, MACSYMA, Common Lisp และ YAPS และได้เสนอโปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า MaMiC เป็นโปรแกรมที่ใช้ โปรแกรมช่วยใน MATLAB (MathWorks's System Identification Toolbox, SITB) Common Lisp และ โปรแกรม YAPS (Yet Another Production System) ซึ่งเป็นลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ปี 1992McFarlane และ Rivera ได้กล่าวถึงการนำวิธีการระบุหากระบวนการมาใช้กับหอกลั่น โดยสมมุติให้แบบจำลองที่ได้เป็นลักษณะของการทำการทดลองแบบ แบทช์ และข้อมูลเป็นแบบออฟไลน์ (off-line) โดยมีอินพุท 3 ตัวคือ อัตราการไหลของสายป้อน รีฟลักซ์ และ อัตราการไหลของสตรีมของหม้อต้ม (reboiler) ส่วนเอาท์พุท คือ ส่วนประกอบของสารที่ยอดหอ และก้นหอ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองการระบุหาระบบคือ 60 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างทุกๆ 3 นาที โดยแบบจำลองของหอกลั่นที่ใช้เป็นแบบ ค่าผิดพลาดของเอาท์พุท (output error, OE model) ลักษณะการคำนวณของกระบวนการเป็นแบบเอ็มไอเอสโอ (Multiple Input Single Output, MISO)

จากงานวิจัยทั้ง 2 ลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น ได้มีการเก็บรวบรวมความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับการระบุหากระบวนการ และได้นำความรู้เหล่านั้นมาเขียนขึ้นเป็นหนังสือหลายเล่มเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุหากระบวนการ ซึ่งหนังสือที่แต่ละวารสารที่ตีพิมพ์มักอ้างอิงถึงคือ หนังสือการระบุหากระบวนการของ Ljung and Söderström (1983), Ljung (1987) และ Söderström and Stotica (1989)

แนวโน้มในการพัฒนาในช่วงปัจจุบัน คือ การพัฒนาตัวโปรแกรมเพื่อให้สะดวกสำหรับวิศวกรในการใช้งาน การพัฒนาการระบุหากระบวนการในระบบเอ็มไอเอ็มโอ (Multiple Input Multiple Output, MIMO) และมีการพัฒนาเพื่อให้เป็นระบบฐานความรู้ (Knowledge base) เพื่อนำไปใช้ในการทำเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกใช้ลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองในการระบุหากระบวนการ ซึ่งจะพัฒนาต่อเนื่องไปยังการออกแบบตัวควบคุมกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย