

การระบุนหากระบวนการพลวัตหลายตัวแปร

นางสาว พรพรรณชะลิ ทองใหญ่



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-008-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17010093

IDENTIFICATION OF A MULTIVARIABLE DYNAMIC PROCESS



MISS PORNWANCHALEE THONGYAI

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

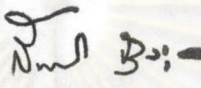
Chulalongkorn University

1996

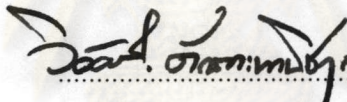
ISBN 974-634-008-5

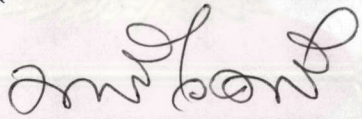
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การระบุนหากระบวนการพลวัตหลายตัวแปร
โดย นางสาว พรพรรณชะลี ทองใหญ่
ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี

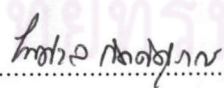
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัมชะพานิชกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติสุขกร)

ศูนย์วิทยุโทรพยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พรวรรณชะลิ ทองใหญ่ : การระบุหากระบวนการพลวัตหลายตัวแปร (IDENTIFICATION OF A MULTIVARIABLE DYNAMIC PROCESS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี, 173 หน้า.
ISBN 974-634-008-5

การระบุหากระบวนการ คือการสร้างแบบจำลองของกระบวนการ โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองของกระบวนการจริง PIM เป็นซอฟต์แวร์ทางกราฟฟิกสำเร็จรูป สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ถูกเขียนขึ้นโดยใช้ฟังก์ชันไฟล์ในโปรแกรมเม็ทแลบ (MATLAB) โปรแกรมนี้มี 7 โครงสร้าง ได้แก่ ARX ARMA ARMAX OE BJ และ PEM สำหรับ SISO (Single Input Single Output) และ MISO (Multiple Input Single Output) และ ARX กับ State Space สำหรับกระบวนการแบบ MIMO (Multiple Input Multiple Output) และ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) และ วิถีไอวี (Instrumental Variable, IV) และใช้ค่าความผิดพลาดแบบ FPE (Final Prediction Error) เป็นเงื่อนไขในการยอมรับแบบจำลองของกระบวนการ การทดสอบความถูกต้องของ PIM ใช้ระบบกระบวนการกลั่นแบบ 2 อินพุต 2 เอาท์พุต และกระบวนการเครื่องเป่าลม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C416484 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: IDENTIFICATION / MODELING / PROCESS

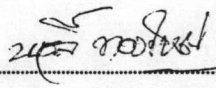
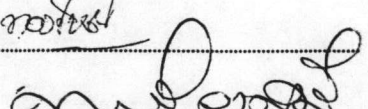
PORNWANCHALEE THONGYAI : IDENTIFICATION OF A MULTIVARIABLE DYNAMIC PROCESS,
THESIS ADVISOR : DR. MONTREE WONGSRI, 173 pp. ISBN 974-634-008-5

Process identification is the modeling of a process from experimental data. The process identification program called PIM (Process Identification Module) which is an easy to use graphical software package is developed by using function files in MATLAB. PIM contains 7 model structures which are ARX, ARMA, ARMAX, OE, BJ and PEM for SISO and MISO processes, and ARX and State Space model for MIMO processes. The methods for parameter estimation used in the program are least square and instrumental variable (IV). The final prediction error technique is used in the model validation step. PIM is tested by identifying of a 2x2 distillation process and a hair dryer process.



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา..... วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา..... 2538

ลายมือชื่อนิสิต..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้โดยได้รับความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ผู้วิจัยขอ
ขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา
และ แนะนำในการพัฒนางานวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ประธานกรรมการ ใน
การสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้
ความสนใจ และได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และน้อง ๆ ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้
วิจัยเป็นอย่างมาก

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา พี่ชาย และพี่สาวทุกคน ซึ่งเป็นทั้ง
กำลังใจ และแรงใจให้กับผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญตาราง	ณ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำทั่วไป.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	5
1.4 ขั้นตอนของงานวิจัย.....	6
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	6
1.6 เนื้อหาวิทยานิพนธ์.....	7
บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	
2.1 บทนำ.....	9
2.2 ผลงานการวิจัยทางด้าน การใช้การระบุนหากระบวนการต่าง.....	12
บทที่ 3 การระบุนหากระบวนการ	
3.1 บทนำ.....	17
3.2 ประวัติความเป็นมา.....	19
3.3 ลักษณะปัญหาของการระบุนหากระบวนการ.....	21
3.4 ขั้นตอนการระบุนหากระบวนการ.....	22
3.4.1 การวางแผนการทดลอง (experimental planning).....	24

3.4.2 การเลือกโครงสร้างแบบจำลองของกระบวนการ (Selection of model structure).....	30
3.4.3 ระบบคิสริต (Discrete Time System).....	34
3.4.4 การอธิบายไดนามิกของระบบ ในลักษณะที่โครงสร้างของแบบจำลอง เป็นแบบพารามตริก (parametric model).....	35
3.4.5 การประมาณค่าพารามิตอร์ (parameter estimation).....	53
3.4.5 ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation).....	59
3.5 สรุปเนื้อหาในบท.....	61

บทที่ 4 การออกแบบ และ โครงสร้างของซอฟต์แวร์ทางกราฟฟิคสำเร็จรูป PIM ใน

การระบุนหากระบวนการ

4.1 โปรแกรมช่วยวิเคราะห์แมทแลบ (MATLAB).....	62
4.1.1 การพัฒนาของแมทแลบ.....	63
4.1.2 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งในแมทแลบ.....	66
4.2 การออกแบบ โครงสร้างของซอฟต์แวร์ทางกราฟฟิคสำเร็จรูป PIM	68
4.3 ขั้นตอนหลักในการใช้ ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป PIM ในการระบุนหากระบวนการ.....	70
4.4 การเริ่มต้นในการใช้โปรแกรม PIM	70
4.5 สรุปเนื้อหาในบท.....	91

บทที่ 5 กรณีตัวอย่างของการใช้ซอฟต์แวร์ PIM ในการระบุนหากระบวนการ

5.1 กรณีตัวอย่างที่หนึ่ง.....	94
5.2 กรณีตัวอย่างที่สอง.....	99

บทที่ 6 สรุป และ วิเคราะห์ผลงานวิจัย

6.1 วิเคราะห์ผลการวิจัย.....	112
6.2 สรุปผลการวิจัย.....	116

6.3 ข้อเสนอแนะ.....	120
รายการอ้างอิง.....	121
ภาคผนวก ก ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องในการระบุหากระบวนการ.....	126
ภาคผนวก ข โค้ดโปรแกรมที่สำคัญในการระบุหากระบวนการ.....	136
ภาคผนวก ค ผลการทดลอง ของกรณีตัวอย่าง.....	143
ประวัติผู้เขียน.....	159



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ฐานโดยทั่วไปในการออกแบบตัวควบคุม.....	2
รูปที่ 3.1 ลักษณะปัญหาของการระบุนหากระบวนการ.....	21
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรม ขั้นตอนการระบุนหากระบวนการ.....	23
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบแบบเปิด และแบบปิดในการระบุนหากระบวนการ.....	25
รูปที่ 3.4 ลักษณะสัญญาณอินพุตที่เกิดจากฟังก์ชันขั้นเตี้ย (step function).....	27
รูปที่ 3.5 การกำเนิดสัญญาณ PRBS ความยาว $2^5 - 1 = 31$	28
รูปที่ 3.6 สัญญาณอินพุตแบบซิวโคแรนคอมมวไบนารีซีควเอนซ์ (Pseudorandom binary sequence, PRBS).....	29
รูปที่ 3.7 สัญญาณอินพุตแบบออโตรีเกรสซีฟมูวิงเอเวอเรทจากการชิมมูเลท.....	31
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างสัญญาณอินพุตซึ่งเป็นผลรวมของฟังก์ชันซายน์.....	32
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงสัญญาณต่างๆที่เข้าสู่กระบวนการ.....	33
รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างสัญญาณแบบดิสกรีต (discrete time signal).....	35
รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีควเอนซ์ของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุต.....	35
รูปที่ 3.12 ไดอะแกรม แสดงลักษณะสมการที่ใช้อธิบายไดนามิกของกระบวนการ.....	36
รูปที่ 3.13 รูปแบบของค่าของความผิดพลาดระหว่างกระบวนการจริงกับแบบจำลอง.....	42
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหน้าต่างในซอฟต์แวร์ PIM ซึ่งแสดงลักษณะ ของ จียูไอ แบบ ปุ่ม (Push Button) และ แบบ เมนู (PoP-up menu).....	71
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างหน้าต่างในซอฟต์แวร์ PIM ซึ่งแสดงลักษณะ ของ จียูไอ แบบปุ่ม (Radio Button).....	71
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหน้าต่างในซอฟต์แวร์ PIM ซึ่งแสดงลักษณะ ของ จียูไอ แบบ เช็ค (Check box) และการรับค่าเป็นตัวอักษร (Edit text) และ คำอธิบายอื่นๆ ใน การใช้โปรแกรมการระบุนหากระบวนการ.....	72
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนหลักๆ ในการใช้ซอฟต์แวร์ PIM.....	73

รูปที่ 4.5 หน้าต่างซึ่งแสดงหลังจากการเรียกใช้ฟังก์ชันเริ่มต้น เพื่อที่จะใช้ซอฟต์แวร์ PIM ในการระบุนหากระบวนการ.....	74
รูปที่ 4.6 หน้าต่างเริ่มต้นของการคำนวณ และการประมวลผล “Identification Toolbox” ในการระบุนหากระบวนการ ของซอฟต์แวร์ PIM	76
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างลักษณะไฟล์ของข้อมูลอินพุต และเอาท์พุต.....	78
รูปที่ 4.8 ลักษณะของไฟล์ข้อมูลของแบบจำลองของกระบวนการที่ใช้ ในการคำนวณ และประมวลผลในซอฟต์แวร์	79
รูปที่ 4.9 เมนูย่อยในการพลอตกราฟ (เมนู “Plot”) และเมนูย่อยในการพลอตกราฟ.....	81
รูปที่ 4.10 เมนู “Tag” และเมนูย่อย.....	82
รูปที่ 4.11 เมนู “Model” และ เมนูย่อย.....	83
รูปที่ 4.12 หน้าต่าง “Selected Calculation Types” ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากใช้เมนูย่อย “New”	84
รูปที่ 4.13 หน้าต่าง “New Model Creation” ของการตั้งชื่อแบบจำลอง และ คำอธิบายเพิ่มเติมของแบบจำลอง.....	85
รูปที่ 4.14 หน้าต่างการกำหนดค่าต่างๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ ในการระบุนหากระบวนการ.....	86
รูปที่ 4.15 หน้าต่าง “Model Structure for New Input”.....	87
รูปที่ 4.16 หน้าต่าง “Model Specification Range” ใช้ในการกำหนดช่วงอันดับในการคำนวณแบบจำลองของกระบวนการ.....	88
รูปที่ 4.17 หน้าต่างที่แสดงชื่อของอินพุต หลังจากผู้ใช้เลือกชื่อไฟล์ของอินพุต และ กำหนดรูปแบบของสมการของแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณเรียบร้อยแล้ว.....	89
รูปที่ 4.18 เมนู “Results” และเมนูย่อย.....	91
รูปที่ 4.19 ไดอะแกรม สรุปรายละเอียด ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์ PIM จาก ขั้นตอน B ถึง F.....	92
รูปที่ 5.1 กระบวนการในกรณีตัวอย่างที่ 1.....	95

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงข้อมูลอินพุท และเอาต์พุทของกระบวนการ “hair dryer” ของกรณีตัวอย่างที่ 1.....	96
รูปที่ 5.3 กระบวนการที่ใช้ในการการเลียนแบบกระบวนการกลั่น ของกรณี ตัวอย่างที่ 2.....	100
รูปที่ 5.4 กระบวนการที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการหอกลิ้น ในกรณีตัวอย่างที่ 2 โดยกำหนดให้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุท (พลังงานความร้อนที่ใช้ ในหม้อต้มข้าว).....	101
รูปที่ 5.5 กระบวนการที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการหอกลิ้น ในกรณีตัวอย่าง ที่ 2 โดยกำหนดให้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุท (อัตราการไหลของ ไอที่แยกหอ) มีค่าเท่ากับศูนย์	102
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงสัญญาณอินพุท (อัตราการไหลของไอที่แยกหอ) ในกรณีพิจารณา กระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสไอ.....	104
รูปที่ 5.7 สัญญาณเอาต์พุท (ความดันที่แยกหอ) ของกระบวนการ กรณีพิจารณากระบวนการ เป็นแบบเอสไอเอสไอ อินพุทอัตราการไหลของไอที่แยกหอ).....	105
รูปที่ 5.8 สัญญาณรบกวนที่ใส่เพิ่มเข้าไปในกระบวนการ ในการเลียนแบบกระบวนการ กรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสไอ.....	105

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 ผลการระบุหาคะบวนกร ในกรณีตัวอย่างที่ 1 โดยค่าอันดับของพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณมีค่าเท่ากับ 1 ในทุกๆ แบบจำลองที่ทำการคำนวณ.....	97
ตารางที่ 5.2 ผลของการระบุหาคะบวนกร ในกรณีตัวอย่างที่ 1 โดยค่าอันดับของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณมีค่า อยู่ในช่วง 1-2 ในทุกๆ แบบจำลองที่ทำการคำนวณ.....	98
ตารางที่ 5.3 จำนวนพารามิเตอร์ที่ได้ ในการระบุหาคะบวนกร จากการเลือกใช้ เป็นช่วงของค่าพารามิเตอร์ ของแต่ละแบบจำลอง.....	99
ตารางที่ 5.4 ผลการระบุหาคะบวนกร ในกรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบ เอสไอเอสไอ โดยมีอินพุตคือ อัตราการไหลของไอที่แยกหอ (D).....	106
ตารางที่ 5.5 ผลการระบุหาคะบวนกร ในกรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบ เอสไอเอสไอ โดยมีอินพุตคือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ (Q).....	107
ตารางที่ 5.6 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นผลการระบุหาคะบวนกรของกรณี ตัวอย่างที่ 2 ในการพิจารณากระบวนการแบบเอ็มไอเอสไอ.....	108
ตารางที่ 5.7 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นผลการระบุหาคะบวนกรของกรณี ตัวอย่างที่ 2 ในการพิจารณากระบวนการแบบเอ็มไอเอ็มไอ.....	109
ตารางที่ 6.1 ตารางการเปรียบเทียบ ค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันที่ได้จากการระบุหาคะบวนกร โดยใช้แบบจำลองในซอฟต์แวร์ PIM ขึ้น กับค่า ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันจากกระบวนการจริง และจากแบบจำลอง AUDI.....	117

คำอธิบายสัญลักษณ์

- $u(t)$ = สัญญาณอินพุตในรูปของไทม์โดเมน
 $y(t)$ = สัญญาณเอาต์พุตในรูปของไทม์โดเมน
 $u(k)$ = สัญญาณอินพุตในรูปของดิสครีต
 $y(k)$ = สัญญาณเอาต์พุตในรูปของดิสครีต
 $\hat{y}(t/\theta)$ = เอาต์พุตของแบบจำลองของกระบวนการได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์
- $e(t)$ = สัญญาณของสิ่งรบกวนของกระบวนการ ซึ่งมีลักษณะเป็นเร้นคอมมัม
 $x(t)$ = เวกเตอร์สแตต
 a_i = พารามิเตอร์ a
 b_i = พารามิเตอร์ b
 c_i = พารามิเตอร์ c
 d_i = พารามิเตอร์ d
 f_i = พารามิเตอร์ f
 A_i = โพลีโนเมียลแมทริกซ์ ของพารามิเตอร์ a
 B_i = โพลีโนเมียลแมทริกซ์ ของพารามิเตอร์ b
 C_i = โพลีโนเมียลแมทริกซ์ ของพารามิเตอร์ c
 D_i = โพลีโนเมียลแมทริกซ์ ของพารามิเตอร์ d
 F_i = โพลีโนเมียลแมทริกซ์ ของพารามิเตอร์ f
 Φ = สแตตแมทริกซ์ของสแตตเวกเตอร์
 Γ = สแตตแมทริกซ์ของอินพุต
 $G(q, \theta)$ = ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต
 $H(q, \theta)$ = ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ ระหว่างสัญญาณรบกวนกับเอาต์พุต
 ID = การระบุหากระบวนการ

- ARX = แบบจำลองของกระบวนการแบบ ARX (AutoRegressive with eXtra input)
- ARMA = แบบจำลองของกระบวนการแบบ ARMA (AutoRegressive Moving Average)
- ARMAX = แบบจำลองของกระบวนการแบบ ARMAX (AutoRegressive Moving Average with extra input)
- OE = แบบจำลองของกระบวนการแบบ OE (Output Error)
- BJ = แบบจำลองของกระบวนการแบบ BJ (Box-Jenkins)
- PEM = แบบจำลองของกระบวนการแบบ PEM (Prediction Error Model)
- LS = วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square)
- IV = วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบไอวี (Instrumental Variable)
- $Z(t)$ = เวกเตอร์ช่วยในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบไอวี
- FPE = ค่าความผิดพลาดสุดท้าย (Final Prediction Error)
- SISO = กระบวนการที่มีอินพุตหนึ่งตัวแปร และเอาต์พุตหนึ่งตัวแปร
- MISO = กระบวนการที่มีอินพุตหลายตัวแปร และมีเอาต์พุตหนึ่งตัวแปร
- MIMO = กระบวนการที่มีอินพุตหลายตัวแปร และมีเอาต์พุตหลายตัวแปร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย