สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผม

(Mathematical Model of Preservatives in Shampoo)

T117338

นายนราศักดิ์ อุ่ยวิรัตน์

นายวรยศ นวการพิศุทธิ์

นายวัตภัฒน์ สุขบำรุงศิลป์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117338
วัน,เดือน,ปี 20 ก.ค. 2554

b.....
i.....

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATHEMATICAL MODEL OF PRESERVATIVES IN SHAMPOO

MR.NARASAK OUIVIRATANA
MR.WORAYOS NAWAKARNPISUT
MR.WATTAPAT SUKBUMRUNGSIL

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED MATHEMATICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผม

MATHEMATICAL MODEL OF PRESERVATIVES IN SHAMPOO

ชื่อนักศึกษา นายนราศักดิ์ อุ่ยวิรัตน์ 50050041

นายวรยศ นวการพิศุทธิ์ 50050070

นายวัตภัฒน์ สุขบำรุงศิลป์ 50050074

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.จินดา ไชยช่วย	
ผศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์	
ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผม		
ชื่อนักศึกษา	นายนราศักดิ์	อุ่ยวิรัตน์	50050041
	นายวรยศ	นวการพิศุทธิ์	50050070
	นายวัตภัฒน์	สุขบำรุงศิลป์	50050074
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์		
ปีการศึกษา	2553		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ		

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผม ซึ่งสารกันเสียในที่นี้คือสารเมทิลพาราเบน โดยนำข้อมูลมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติทางเคมี มาวิเคราะห์ โดยพิจารณาความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้เทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 โปรแกรม คือ SigmaPlot และ MATLAB ซึ่งส่วนใหญ่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถหาได้ด้วยการอ้างอิงผลลัพธ์กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 สุดท้ายพบว่าผลลัพธ์มีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างการใช้โปรแกรมทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Mathematical Model of Preservatives in Shampoo		
Students	Mr.Narasak	Ouiviratana	50050041
	Mr.Worayos	Nawakarnpisut	50050070
	Mr.Wattapat	Sukbumrungsil	50050074
Degree	Bachelor of Science		
Major Program	Applied Mathematics		
Academic Year	2010		
Advisor	Asst.Prof.Dr.Kanchana Kumnungkit		

ABSTRACT

This special project is to identify mathematical models of preservative in shampoo. The preservative, methyl paraben data, was done by chemical laboratory experiments that for analysis. Two models were considered, the concentration of preservative in each sample compare with standard solution at different concentrations and with the times of experiment. SigmaPlot and MATLAB were the computer programs for this project. Both of the mathematical models could be obtained the results with a correlation coefficient that closer to one. Finally, there are few difference in the results of both programs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สืบเนื่องมาจากการได้รับความช่วยเหลือ การดูแลเอาใจใส่ แนะนำ รวมถึงความกรุณาของทุกๆท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน กรรมการ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้จัดทำ ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขและดูแลเอาใจใส่โครงงานพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไขปัญหา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือการทำโครงงานพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงตลอดมา

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์ และ อ.จินดา ไชยช่วย อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษที่ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขโครงงานพิเศษนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆ ตลอดจนรุ่นพี่รุ่นน้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือในทุกๆด้านจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ บุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือที่มิได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นายนราศักดิ์ อุ่ยวิรัตน์
นายวรยศ นวการพิศุทธิ์
นายวัตภัฒน์ สุขบำรุงศิลป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ.....1

1.3 ขอบเขตของปัญหา.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้สำหรับวิจัย.....4

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....4

2.2 การหาเส้นสมการที่เหมาะสม.....5

2.2.1 สมการถดถอยอันดับสองน้อยที่สุด.....5

2.2.1.1 การหาเส้นสมการถดถอยอันดับหนึ่ง หรือเชิงเส้นตรง.....6

2.2.1.2 เกณฑ์การหาเส้นสมการที่เหมาะสมที่สุด.....6

2.2.1.3 คุณภาพของเส้นเส้นสมการที่เหมาะสม.....7

2.2.1.4 การประยุกต์ของการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ไม่เชิงเ.....8

2.3 การถดถอยพหุนาม.....11

2.4 MATLAB.....12

2.4.1 ระบบการทำงานของ MATLAB.....12

2.4.1.1 Development Environment.....12

2.4.1.2 The MATLAB Mathematical Function Library.....12

2.4.1.3 The MATLAB Language.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1.4 Handle Graphics.....13
2.4.1.5 The MATLAB Application Program Interface (API).....13
2.4.2 เริ่มการทำงานกับ MATLAB.....13
2.4.3 ตัวอย่างคำสั่งใน MATLAB ที่นำมาใช้.....14
2.5 แชมพู.....21
2.5.1 สูตรพื้นฐานสำหรับแชมพูทั่วไป.....21
2.5.2 สารกันเสีย.....22

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....24
3.1 ศึกษาและนำผลลัพธ์จากงานวิจัย "การวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลพาราเบนในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง" เพื่อจัดเตรียมเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทำวิจัยต่อ.....25
3.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้โดยพิจารณาเทียบกับสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทดลอง.....27
3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลดิบจากการทดลอง.....27
3.2.1.1 จุดประสงค์การวิเคราะห์ข้อมูล.....27
3.2.1.2 สมมติฐาน.....27
3.2.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....27
3.2.2.1 โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot.....30
3.2.2.2 โดยใช้โปรแกรม MATLAB.....33

บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย.....38
4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่าง.....38
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ด้วย SigmaPlot.....38
4.1.1.1 แชมพู Johnson.....38
4.1.1.2 แชมพู Loreal.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1.3 แชมพู Sunsilk....41

4.1.1.4 แชมพู Bergamot....43

4.1.1.5 แชมพู Schwazkopf....44

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย MATLAB....46

4.1.2.1 แชมพู Johnson....46

4.1.2.2 แชมพู Loreal....48

4.1.2.3 แชมพู Sunsilk....50

4.1.2.4 แชมพู Bergamot....52

4.1.2.5 แชมพู Schwazkopf....54

4.1.3 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย SigmaPlot และMATLAB....56

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทดลอง....57

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้วย SigmaPlot....57

4.2.1.1 แชมพู Johnson....57

4.2.1.2 แชมพู Loreal....61

4.2.1.3 แชมพู Sunsilk....65

4.2.1.4 แชมพู Bergamot....69

4.2.1.5 แชมพู Schwazkopf....72

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย MATLAB....76

4.2.2.1 แชมพู Johnson....76

4.2.2.2 แชมพู Loreal....78

4.2.2.3 แชมพู Sunsilk....80

4.2.2.4 แชมพู Bergamot....82

4.2.2.5 แชมพู Schwazkopf....84

4.2.3 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย SigmaPlot และ MATLAB....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 87

5.1 สรุปผลการวิจัย 87

5.2 ข้อเสนอแนะ 89

บรรณานุกรม 90

ภาคผนวก 91

ภาคผนวก ก 92

ภาคผนวก ข 93

ภาคผนวก ค 98

ภาคผนวก ง 103

ภาคผนวก จ 109

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	25
3.2	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง	26
4.1	ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson	38
4.2	ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal	40
4.3	ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk	41
4.4	ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot	43
4.5	ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกัน เสียในแชมพู Schwazkopf	44
4.6	การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างระหว่างโปรแกรม SigmaPlot และ MATLAB	56
4.7	การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองด้วย SigmaPlot และMATLAB	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	4
2.2	กราฟแสดงข้อมูลดิบและเส้นสมการที่ใช้บางจุดของข้อมูล	5
2.3	แสดงหน้าต่าง MATLAB Desktop	14
2.4	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง errotbar ใน MATLAB	17
2.5	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง fplot ใน MATLAB	18
2.6	แสดงผลลัพธ์ของกราฟที่ใช้คำสั่งต่างๆ ใน MATLAB	20
3.1	แผนภาพการดำเนินงานวิจัยโดยใช้โปรแกรม SigmaPlot และ MATLAB	28
3.2	แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $f(x) = y_0 + a * x, R = 1$	30
3.3	แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $f(x) = y_0 + a * x, R = 1$	30
3.4	แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $f(x) = y_0 + a * x, R = 1$	31
3.5	แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $f(x) = y_0 + a * x, R = 1$	31
3.6	แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $f(x) = y_0 + a * x, R = 1$	32
3.7	แผนภาพแสดงการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในส่วนของการกรอกจำนวนคู่อันดับ X และ Y	33
3.8	แผนภาพแสดงการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในส่วนของการกรอกคู่อันดับ X และ Y ใส่ค่าตัวแปร X และ Y จากข้อมูลที่มี	34
3.9	แผนภาพแสดงการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในส่วนของการเลือกสมการที่ต้องการ	35
3.10	แผนภาพแสดงการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในส่วนของการวาดกราฟ	36
4.1	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson (ppm)	37
4.2	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm)	39
4.3	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm)	40
4.4	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm)	41
4.5	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm)	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Johnson	46
4.7	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Johnson	47
4.8	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Loreal	48
4.9	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Loreal	49
4.10	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Sunsilk	50
4.11	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Sunsilk	51
4.12	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Bergamot	52
4.13	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Bergamot	53
4.14	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Sckwazkopf	54
4.15	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Schwazkopf	55
4.16	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Johnson (ppm) x=5	57
4.17	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ	58
4.18	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ	59
4.19	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ	60
4.20	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=5	61
4.21	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ	62
4.22	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ	63
4.23	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ	64
4.24	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=5	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.25	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ	66
4.26	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ	67
4.27	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ	68
4.28	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Bergamot (ppm) x=5	69
4.29	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Bergamot (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ	70
4.30	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Bergamot (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R	71
4.31	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=5	72
4.32	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ	73
4.33	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ	74
4.34	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R	75
4.35	แผนแผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Johnson	76
4.36	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Johnson	77
4.37	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Loreal	78
4.38	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Loreal	79
4.39	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Sunsilk	80
4.40	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Sunsilk	81
4.41	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Bergamot	82
4.42	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Bergamot	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.43	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Schwazkopf	84
4.44	แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Schwazkopf	85
ข-1	หน้าต่างแรกเมื่อเข้าใช้โปรแกรม SigmaPlot	93
ข-2	หน้าต่างแสดงการเพิ่มข้อมูลจากโปรแกรม Excel	94
ข-3	แสดงข้อมูลจากนำข้อมูลมาใส่ใน SigmaPlot	94
ข-4	แสดงการคำนวณหาสมการที่เหมาะสม	95
ข-5	ตัวอย่างแสดงการคำนวณในโปรแกรม SigmaPlot	95
ข-6	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม SigmaPlot	96
ข-7	หน้าต่างแสดงการเลือก Fit Curve	96
ข-8	แสดงรายงานที่ได้จากการคำนวณ	97
ข-9	แสดงสมการที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม SigmaPlot	97
ค-1	หน้าต่างแรกเมื่อเข้าใช้โปรแกรม MATLAB	98
ค-2	หน้าต่างแสดงการกรอกจำนวนคู่อันดับ X และ Y	99
ค-3	หน้าต่างแสดงการเพิ่มข้อมูลจากโปรแกรม FindEquations.m	99
ค-4	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB	100
ค-5	แสดงการคำนวณหาสมการที่เหมาะสม	100
ค-6	ตัวอย่างแสดงการคำนวณในโปรแกรม MATLAB	101
ค-7	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB	101
ค-8	แสดงสมการที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB	102
ค-9	แสดง Code m.file	102
ง-1	ไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดกำเนิดแบบที่1	103
ง-2	ไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดกำเนิดแบบที่2	104
ง-3	กราฟของไฮเปอร์โบลาแบบจุดศูนย์กลางไม่ใช่จุดกำเนิดแบบที่ 1	105
ง-4	กราฟของไฮเปอร์โบลาแบบจุดศูนย์กลางไม่ใช่จุดกำเนิดแบบที่ 2	106
ง-5	กราฟแสดงส่วนประกอบของไฮเปอร์โบลา	107
ง-6	กราฟแสดงไฮเปอร์โบลามุมฉาก	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันแชมพูสระผมจัดเป็นเครื่องสำอางชนิดหนึ่งและจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะช่วยขจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นผมแต่เช่นกันมีโรคที่อาจเกิดขึ้นที่หนังศีรษะมากมาย เช่น ผื่นแพ้สัมผัส (Allergic Contact Dermatitis) ผื่นระคายสัมผัส (Irritant Contact Dermatitis) ผื่นลมพิษสัมผัส (Contact Urticaria) และผมร่วง (Acne Cosmetica) เป็นต้นโดยที่โรคต่างๆที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากกรรมพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงาน หรือบางครั้งเกิดจากการแพ้ของแชมพูสระผมที่ใช้นั่นเองซึ่งแชมพูสระผมที่มีขายในท้องตลาดมีมากมายหลายชนิดและหลายยี่ห้อ พบว่าในประเทศไทยมีการผลิตแชมพูหลายชนิดและหลายยี่ห้อโดยปัจจุบันการผลิตแชมพูสระผมมีทั้งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสารธรรมชาติและสารธรรมชาติผสมกับสารเคมี ซึ่งทั้ง 2ประเภทจำเป็นต้องมีการใส่สารกันเสีย (Preservative) ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อยีสต์เพื่อป้องกันไม่ให้แชมพูเสียง่าย แต่ในกระบวนการผลิตของแต่ละยี่ห้อได้มีการใส่สารกันเสียตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างออกไป จากการตรวจสอบการทำวิจัยเรื่อง“การวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง” พบว่าจินตรัตน์และคณะ, 2552[5] ที่ผ่านมาคือได้มีการทำการวิจัยหาปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมของแชมพูสระผมที่ขายตามท้องตลาด 5 ยี่ห้อว่าตรงตามมาตรฐานที่ มอก. กำหนดหรือไม่

ด้วยเหตุผลข้างต้นและข้อมูลที่ได้จากการทดลองของงานวิจัยที่ผ่านมานั้นทำให้คณะผู้วิจัยสนใจนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สารกันเสียในแชมพูสระผมที่ทดสอบในห้องปฏิบัติทางเคมีแล้วนี้ มาทำงานวิจัยต่อเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1. เพื่อนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาช่วยประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่นๆที่ได้ทำมาแล้ว
2. หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในตัวอย่างแชมพูสระผมที่ได้มีการทดลองจากห้องปฏิบัติทางเคมีแล้ว
3. วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้และสรุปผล หาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

1.3 ขอบเขตปัญหา

1. ทบทวนความรู้เรื่องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2. ศึกษางานวิจัยเรื่องเกี่ยวกับแชมพูสระผมที่ได้ทำมาแล้วเมื่อปี 2552
3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ได้ทำการวิจัยมาแล้ว โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 1 โปรแกรม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดขอบเขตของปัญหาพิเศษ
2. ศึกษางานวิจัย "การวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง"
3. ทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ที่จะมาช่วยในการทำวิจัย
4. นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2. เพื่อเตรียมทำหรือหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการ
5. หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมโดยแยกตามประเภทของแชมพูสระผมที่นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
6. วิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้และสรุปผล
7. จัดทำรายงานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เรื่องปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมโดยแยกตามประเภทหรือยี่ห้อของแชมพูสระผม
2. ทราบถึงคุณภาพและปริมาณของสารกันเสียในแชมพูสระผมที่นำมาทดสอบเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

นอกเหนือจากเนื้อหาข้างต้นแล้วในบทต่อไปคือ บทที่2 อธิบายเรื่องทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้สำหรับงานวิจัย บทที่ 3 อธิบายการดำเนินงานวิจัย บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย และในส่วนท้ายเป็นสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

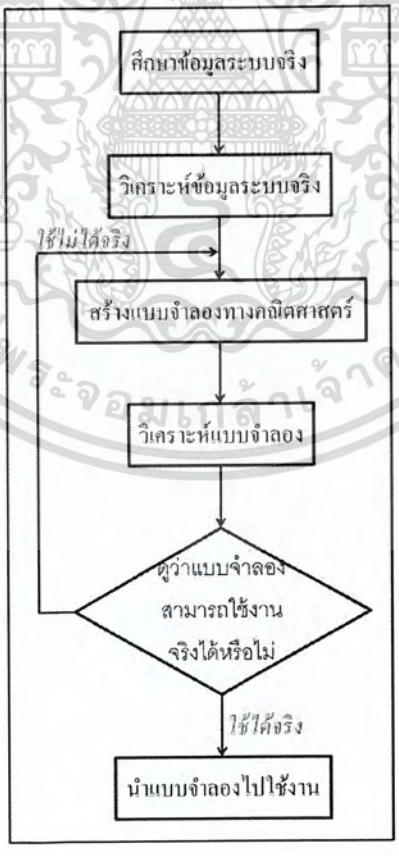
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้สำหรับงานวิจัย

ในบทนี้อธิบายถึงทฤษฎีบทพื้นฐานที่ใช้สำหรับงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การหาเส้นสมการที่เหมาะสม

2.1 การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือสมการหรือระบบสมการซึ่งโดยทั่วไปแทนค่าด้วยฟังก์ชันหรือตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับเวลา สมการหรือระบบสมการที่ได้นั้นสามารถเป็นได้ทั้งฟังก์ชันพีชคณิต ฟังก์ชันอดิศัย หรือฟังก์ชันเชิงอนุพันธ์ได้ทั้งสิ้น โดยที่สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังภาพที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การหาเส้นสมการที่เหมาะสม

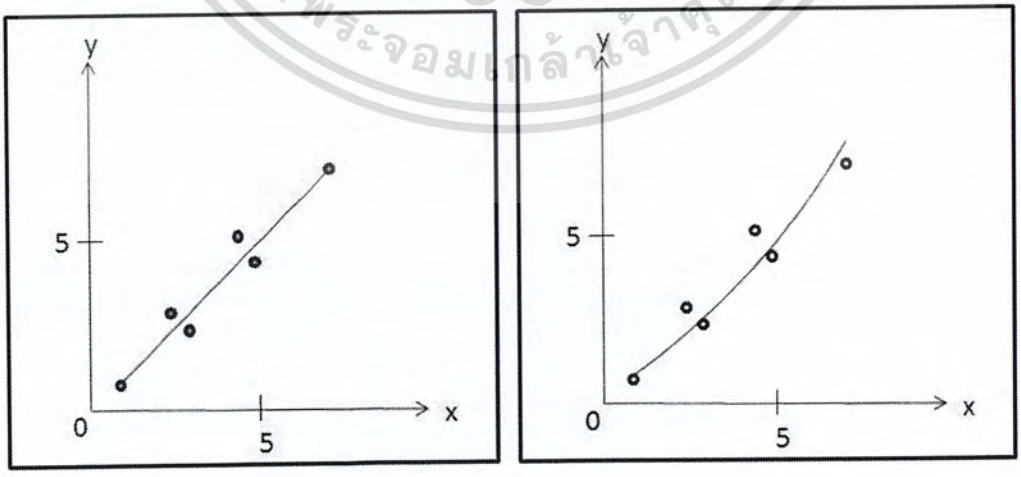
การหาเส้นสมการที่เหมาะสมจะทำขึ้นเพื่อพิจารณาข้อมูลดิบที่มีการเก็บรวบรวม หรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองแล้วต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูล และสมการทางคณิตศาสตร์เรียกว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือเส้นสมการที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 2 วิธี การใช้งานขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนมากหรือน้อยเพียงใดและมีความต้องการได้เส้นสมการที่เหมาะสมที่ผ่านทุกจุดของข้อมูลหรือไม่โดยมีรายละเอียดคือ

1) สมการถดถอยอันดับสองน้อยที่สุด (Least Square Regression) ใช้กับข้อมูลที่คาดว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยจนถึงค่อนข้างมาก หรือมีความต้องการได้เส้นสมการที่เหมาะสมที่ไม่ผ่านทุกจุดของข้อมูล

2) การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ใช้กับข้อมูลที่คาดว่าถูกต้องและต้องการได้เส้นที่มีค่าต่อเนื่องเหมาะสมที่ผ่านทุกๆจุดของข้อมูล

2.2.1 สมการถดถอยอันดับสองน้อยที่สุด

สามารถใช้กับข้อมูลที่คาดว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยจนถึงค่อนข้างมากหรือมีความต้องการได้เส้นสมการที่เหมาะสมที่ไม่ผ่านทุกจุดของข้อมูล



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงข้อมูลดิบและเส้นสมการที่ใช้บางจุดของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 สมมติมีข้อมูลทั้งหมด 6 จุด พบว่าแนวโน้มของข้อมูลคือค่า x และ y มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน วิธีการหาเส้นสมการที่เหมาะสมที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องผ่านทุกๆจุดของข้อมูล อาจเป็นการพล็อตข้อมูลเขียนเส้นที่เห็นว่าดีที่สุดแต่ไม่ใช่วิธีการที่ดี วิธีการหนึ่งที่จะได้เส้นสมการที่เหมาะสมคือ ใช้ความแตกต่างระหว่างจุดของข้อมูลเพื่อหาเส้นสมการที่เหมาะสมที่มีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด เรียกวิธีการนี้ว่าสมการถดถอยอันดับสองน้อยที่สุด โดยการเริ่มต้นนั้นจะต้องเริ่มจากการประมาณค่าการหาเส้นสมการถดถอยอันดับหนึ่งหรือเชิงเส้นตรง

2.2.1.1 การหาเส้นสมการถดถอยอันดับหนึ่ง หรือเชิงเส้นตรง (Linear Regression)

เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดของการประมาณค่าการหาเส้นสมการที่เหมาะสมด้วยวิธีถดถอยอันดับสองน้อยที่สุดคือการใช้เส้นตรงเพื่อประมาณค่าเซตของจุดหรือข้อมูล $\{(x_1,y_1),\ldots,(x_n,y_n)\}$ และหลักการคือ

ค่าจริง = ค่าประมาณ+ค่าคลาดเคลื่อน

สมการเส้นตรงจริงคือ y สมการเส้นตรงประมาณได้คือ y_a และค่าคลาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาดคือ e ดังนั้นจะได้

$$y = y_a + e$$

เมื่อ $y_a = a_0 + a_1x, y = a_0 + a_1x + e$ และ a_0, a_1 คือค่าคงที่ใดๆ

2.2.1.2 เกณฑ์การหาเส้นสมการที่เหมาะสมที่สุด (Normal Equations of Linear Least Square Approximation)

เป็นวิธีการหนึ่งในการหาเส้นสมการที่เหมาะสมที่สุดคือการทำให้ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อน (S_r) มีค่าน้อยที่สุด

$$S_r = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a_0 - a_1x)^2$$ เมื่อ n คือจำนวนจุดข้อมูล

เพื่อหาค่าต่ำสุด (Minimize) เพราะฉะนั้นให้ $\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = 0$ และ $\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = 0$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - a_0 - a_1 x_i\right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - a_0 - a_1 x_i\right) x_i = 0$$

หรือ

$$na_0 + \sum_{i=1}^{n} x_i a_1 = \sum_{i=1}^{n} y_i$$

$$a_0 \sum_{i=1}^{n} x_1 + a_1 \sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i$$

จะได้

$$a_1 = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{\overline{x^2} - (\overline{x})^2} \quad \text{และ} \quad a_0 = \overline{y} - a_1 \overline{x}$$

ค่าเฉลี่ยของ x_i และ y_i คือ $\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ และ $\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$

2.2.1.3 คุณภาพของเส้นสมการที่เหมาะสม (Quantification of Error of Linear Regression)

การพิจารณาคุณภาพของเส้นสมการที่เหมาะสมต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

- $S_r = \sum\left(y_i - a_0 - a_1 x\right)^2$ = ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนรอบเส้นฉดถอย $y = a_0 - a_1 x$
- $S_{y/x} = \sqrt{\frac{S_r}{n-2}}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า
- $S_t = \sum\left(y_i - \overline{y}\right)^2$ = ผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนรอบค่าเฉลี่ย
- $r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t}$ = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
- $r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}}$ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

หมายเหตุ *สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม SigmaPlot ใช้ Rแทน r*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเส้นสมการที่เหมาะสมที่สุดจะได้ $S_r = 0, r^2 = 1, r = 1$ แสดงว่าเส้นสมการที่มีค่าความต่อเนื่องที่ได้สามารถใช้แทนข้อมูลได้ 100%

2.2.1.4 การประยุกต์ของการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้น (Linear Regression Linearization of Nonlinear Relationships)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่เป็นเชิงเส้น เช่น

- **สมการเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Equation)**

จากสมการ $y = ae^{bx}$; เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่

Take Logarithm ฐาน e จะได้

$$\ln y = \ln a + \ln\left(e^{bx}\right) = \ln a + bx$$

ให้ $z = \ln y$ และ $c = \ln a$ จะได้

$$z = c + bx$$

จากสมการปกติ (Normal Equation) จะได้ $\begin{bmatrix} n & n\bar{x} \\ n\bar{x} & \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n\bar{z} \\ \sum_{i=1}^{n} x_i z_i \end{bmatrix}$

- **สมการเลขชี้กำลัง (Power Equation)**

จากสมการ $y = ax^b$; เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่

Take Logarithm ฐาน e จะได้

$$\log y = \log a + b \log x$$

ให้ $z = \log y, w = \log x$ และ $c = \log a$ จะได้

$$z = c + bw$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการปกติจะได้ $\begin{bmatrix} n & n\bar{w} \\ n\bar{w} & \sum_{i=1}^{n} w_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n\bar{z} \\ \sum_{i=1}^{n} w_i z_i \end{bmatrix}$

ตัวอย่าง

กำหนดสมการ $y = ax^b$ และตารางข้อมูลที่กำหนดจงหาสมการที่เหมาะสม

x	y
1	1.5
2	1.7
3	3.4
4	5.7
5	8.4

<u>วิธีทำ</u>

จากสมการที่กำหนดให้ $y = ax^b$

Take Logarithm ฐาน 10ทั้งสองข้าง

จะได้ $\log y = \log a + b\log x$

$z = \log y \qquad w = \log x \qquad c = \log a$

$z = c + bw$

จากสมการปกติจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} n & n\bar{w} \\ n\bar{w} & \sum_{i=1}^{n} w_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n\bar{z} \\ \sum_{i=1}^{n} w_i z_i \end{bmatrix}$$

x	y	$\log x$	$\log y$	$\log x \log y$	$(\log x)^2$
1	0.5	0	-0.301	0	0
2	1.7	0.301	0.226	0.068	0.091
3	3.4	0.477	0.534	0.255	0.228
4	5.7	0.602	0.753	0.453	0.362
5	8.4	0.699	0.922	0.644	0.489
ผลรวม		2.097	2.134	1.420	1.170

$$\begin{bmatrix} 5 & 2.079 \\ 2.079 & 1.170 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.134 \\ 1.420 \end{bmatrix}$$

$$c = -0.3$$

$$b = 1.75$$

$$\log y = 1.75 \log x - 0.300$$

$$\log a = -0.3$$

$$a = 10^{-0.3} = 0.5$$

$$b = 1.75$$

ดังนั้นสมการกำลังและรูปสมการ คือ $y = 0.5x^{1.75}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การถดถอยพหุนาม (Polynomial Regression)

เป็นการหาเส้นสมการที่เหมาะสมโดยใช้เส้นโค้งของสมการพหุนาม

สมการพหุนามอันดับที่ m คือ $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \ldots + a_mx^m$

ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน(Residual) คือ

$$S_r = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 + \ldots + a_mx_i^m\right)^2$$

เพื่อหาค่าต่ำสุดเพราะฉะนั้น $\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = 0, \frac{\partial S_r}{\partial a_1} = 0, \frac{\partial S_r}{\partial a_2} = 0, \ldots, \frac{\partial S_r}{\partial a_m} = 0$

จะได้สมการปกติคือ

$$na_0 + a_1\sum x_i + a_2\sum x_i^2 + \ldots + a_m\sum x_i^m = \sum_{i=1}^{n} y_i$$

$$a_0\sum x_i + a_1\sum x_i^2 + a_2\sum x_i^3 + \ldots + a_m\sum x_i^{m+1} = \sum_{i=1}^{n} x_iy_i$$

$$a_0\sum x_i^2 + a_1\sum x_i^3 + a_2\sum x_i^4 + \ldots + a_m\sum x_i^{m+2} = \sum_{i=1}^{n} x_i^2y_i$$

$$\vdots$$

$$a_0\sum x_i^m + a_1\sum x_i^{m+1} + a_2\sum x_i^{m+2} + \ldots + a_m\sum x_i^{2m} = \sum_{i=1}^{n} x_i^my_i$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการประมาณค่าการถดถอยพหุนาม $r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}}$

ค่าผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนรอบค่าเฉลี่ย ของการประมาณค่าการถดถอยพหุนาม

$S_t = \sum\left(y_i - \bar{y}\right)^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 MATLAB

2.4.1 ระบบการทำงานของ MATLAB

ในการทำงานของ MATLAB เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามจุดมุ่งหมาย MATLAB ได้แบ่งส่วนการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วนหลักที่สำคัญ 5 ส่วน คือ

1) Development Environment.

2) The MATLAB Mathematical Function Library.

3) The MATLAB Language.

4) Handle Graphics

5) The MATLAB Application Program Interface (API)

ซึ่งแต่ละส่วนจะมีหน้าที่ควบคุมในการทำงานแบบหนึ่งๆและประสานการทำงานระหว่างส่วนต่างๆไปพร้อมกันด้วยสำหรับรายละเอียดในการทำงานของส่วนต่างๆมีดังนี้

2.4.1.1 Development Environment

เป็นชุดเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถที่จะใช้ฟังก์ชันและไฟล์ต่างๆโดยเครื่องมือหลายตัวในนี้จะมีลักษณะเป็น Graphical User Interface (GUI) ซึ่งรวมถึง MATLAB Desktop และ Command Windows, Command History และ Browsers สำหรับเพื่อใช้ดู Help, Workspace, Files และSearch Path ซึ่งทั้งหมดนี้ จะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

2.4.1.2 The MATLAB Mathematical Function Library

เป็นที่รวบรวมส่วนของโปรแกรมที่ได้รวบรวมเป็นไฟล์ย่อยๆไว้ไฟล์แต่ละไฟล์ จะเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดลักษณะในการคำนวณหรือขั้นตอนวิธี(Algorithms) แบบต่างๆนับจากฟังก์ชันง่ายๆเช่นการบวกฟังก์ชันตรีโกณมิติพื้นฐานเช่น Sine, Cosine ไปจนถึงฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนมีขั้นตอนในการคำนวณมากมายเช่นการหาตัวผกผัน(Inverse)ของเมทริกซ์การหาค่าเฉพาะ(Eigen Values)และเวกเตอร์เฉพาะ(Eigenvectors)เป็นต้น

2.4.1.3 The MATLAB Language

เป็นภาษาระดับสูงที่ใช้ตัวแปรเป็นเมทริกซ์หรืออาร์เรย์ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมการทำงานของฟังก์ชันการกำหนดโครงสร้างของตัวแปรแบบต่างๆกำหนด Input และ Output ของโปรแกรมซึ่งทั้งหมดช่วยทำให้ในการเขียนโปรแกรมบน MATLAB แต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะเป็นโปรแกรมที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนบน Compiler อื่นๆที่ทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เดียวกันแต่ผู้ใช้ต้องเขียนฟังก์ชันการทำงานทุกขั้นตอนขึ้นเอง

2.4.1.4 Handle Graphics

เป็นส่วนที่ใช้แสดงกราฟฟิกส์และรูปภาพต่างๆรวมถึงคำสั่งระดับสูงที่ใช้ในการแสดงผลในสองและสามมิติการจัดรูปแบบในลักษณะ Image Processing การทำภาพเคลื่อนไหวนอกจากนี้ในส่วนนี้ยังได้รวมเอาภาษาในระดับต่ำไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับแก้รูปภาพต่างๆให้เป็นไปตามที่ต้องการได้มากที่สุดรวมถึงการสร้างGraphical User Interfaceภายใต้การทำงานของ MATLAB ด้วย

2.4.1.5 The MATLAB Application Program Interface (API)

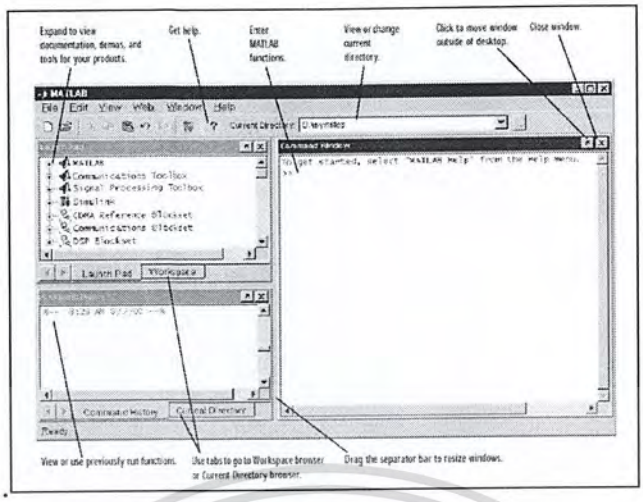
เป็น Library ที่สามารถจะเขียนโปรแกรมในภาษา C หรือFortran หรือ Visual Basicแล้วมีการเชื่อมโยงการทำงานเข้ากับ MATLAB ซึ่งในส่วนนี้ได้รวมถึงการเขียนโปรแกรมในภาษาอื่นๆขึ้นแล้วเรียกฟังก์ชันของ MATLAB ไปใช้งาน (Dynamic Linking) ซึ่งจะทำให้ MATLAB มีหน้าที่เสมือน Engine ในการคำนวณรวมถึงสามารถที่จะเขียนหรืออ่าน M-File ได้ด้วย

2.4.2 เริ่มการทำงานกับ MATLAB

สำหรับการทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows สามารถที่จะเริ่มการทำงานของ MATLAB ได้โดยการใช้เมาส์กดที่ Shortcut ของ MATLAB ซึ่งจะปรากฏอยู่บน Desktop หลังจากที่เราได้ ติดตั้งโปรแกรมนี้ลงไปเรียบร้อยแล้วหรืออาจจะใช้เมาส์กดที่ปุ่ม Start แล้วเลือก MATLAB ภายใต้เมนู Programs เหมือนกับการเปิดโปรแกรมอื่นๆใน Windows

เมื่อเราเริ่มเปิดโปรแกรม MATLAB7 สิ่งแรกที่เราจะพบในครั้งแรกคือหน้าต่าง MATLAB Desktop ที่ประกอบด้วยหน้าต่างย่อยๆอีกหลายหน้าต่างโดยหน้าต่างแต่ละหน้าต่างนั้นจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการจัดการเกี่ยวกับไฟล์ตัวแปรและอื่นๆเกี่ยวกับการทำงานของ MATLAB โดย MATLAB Desktop จะมีลักษณะดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงหน้าต่าง MATLAB Desktop

แม้ว่าในบางกรณี Launch Pad อาจมีลักษณะแตกต่างไปจากรูปข้างต้นนี้บ้างตามแต่จำนวนโปรแกรมหรือ Toolbox ที่ได้บรรจุเข้าไปในการติดตั้ง MATLAB ผู้ใช้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงลักษณะของ Desktop ได้ด้วยการเปิดปิดเคลื่อนย้ายและปรับขนาดของเครื่องมือเหล่านี้ได้ นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถที่จะย้ายเครื่องมือเหล่านั้นออกไปนอก Desktop หรือย้ายกลับเข้ามา (Docking)วางไว้กับ Desktop ได้โดยเครื่องมือบน Desktop เหล่านี้จะช่วยการทำงานในขั้นตอนที่ใช้บ่อยๆไม่ว่าจะเป็น Shortcut หรือ Context Menus อีกทั้งผู้ใช้ยังสามารถที่จะกำหนดลักษณะพิเศษต่างๆของ Desktop ให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ด้วยการเลือก Preferences จากเมนู File เพื่อเปลี่ยนลักษณะของตัวหนังสือที่ใช้ใน Command Window สำหรับรายละเอียดในการปรับแก้ลักษณะของ Desktop นี้ดูได้จากการกดปุ่ม Help ภายใต้หน้าต่าง Preferences

2.4.3 ตัวอย่างคำสั่งใน MATLAB ที่นำมาใช้

- $P = \left[a_n, a_{n-1}, \ldots, a_0\right]$ เป็นการสร้างพหุนามอันดับที่ n (Polynomial Degree n) ใน MATLAB จะทำโดยการสร้างค่าคงที่(Coefficient)เป็นเวกเตอร์(Vector) ที่มีจำนวนเท่ากับ $n+1$
- $\text{polyval}\left(P, x\right)$ เป็นการหาค่าพหุนามที่มีค่าคงที่ P ที่ x ถ้า x เป็นสเกลาร์(Scalar)จะให้ค่าฟังก์ชัน (Function)ที่จุด x ถ้า x เป็นเวกเตอร์ผลที่ได้จะเป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดเดียวกันกับ x และแต่ละสมาชิก (Element) จะเป็นค่าของฟังก์ชันที่สมาชิกนั้นของ x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ให้ $f(x) = x^2 + 2x + 1$ จงหาฟังก์ชัน เมื่อกำหนด $x = 1,2,3,4$

$P = [1,2,1]$
$x = [1\ 2\ 3\ 4];$
$\text{polyval}(P,x)$
$ans =$
$4\ 9\ 16\ 25$

- $\text{roots}(A)$ เป็นการหาค่าของ x ที่ทำให้ $P(x) = 0$ โดยรากของสมการนี้จะมีจำนวนเท่ากับเลขชี้กำลัง(Order) สูงสุดของพหุนามซึ่งแต่ละรากที่ได้นั้นอาจจะเป็นจำนวนจริงหรือจำนวนเชิงซ้อนและยังมีโอกาสที่จะเป็นรากซ้ำ จะได้คำตอบเป็นค่ารากพหุนาม A

ตัวอย่าง ต้องการหาค่ารากของ $x^4 - 4 = 0$

$A = [1,0,0,0,-4];$
$B = \text{roots}(A)$
$B =$
-1.4142
$0.000 + 1.4142i$
$0.000 - 1.4142i$
1.4142

จะได้ว่ารากทั้ง 4 เป็น $\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2}i$ หรือตัวอย่างเช่น

$D = [1,3,0,-1,0,2];$
$C = \text{roots}(D)$
$C =$
-2.9098
$-0.7186 + 0.6574i$
$-0.7186 - 0.6574i$
$0.6735 + 0.5207i$
$0.6735 - 0.5207i$

- $\text{poly}(A)$ เป็นการใช้คำสั่งให้ MATLAB คำนวณย้อนกลับจากคำสั่ง “roots” คือการหาพหุนามซึ่งจะมีรากเท่ากับค่าที่กำหนดได้คำตอบเป็นพหุนามที่มีรากเท่ากับเวกเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

$B = [1,-3,-1,3];$
$A = \text{roots}(B)$
$A =$
3.0000
1.0000
−1.0000
$C = \text{poly}(A)$
$C =$
1.0000 −3.0000 −1.0000 3.0000

- $\text{conv}(P,Q)$ เป็นการหาค่าของสัมประสิทธิ์ของพหุนามที่ได้จากการคูณพหุนาม P และ Q เข้าด้วยกัน

ตัวอย่าง ให้ $P(x) = x^2 + 2x + 1$ จงหา $P(x) * Q(x)$ เมื่อ $Q(x) = 2(x^2 + 2x + 1)$

$P = [1,2,1];$
$Q = 2 * P$
$\text{conv}(P,Q)$
$ans =$
2 8 12 8 2

- $[A,B] = \text{deconv}(C,D)$ เป็นการคำนวณหาผลหารของพหุนาม C ด้วยพหุนาม D แล้วให้มีค่าเป็นพหุนาม A และมีเศษเหลือเป็นพหุนาม B

ตัวอย่าง

$C = [3,4,-9,10,-1,1.5,-10.5,10,10];$
$D = [1,3,0,-1,0,2,5];$
$[A,B] = \text{deconv}(C,D)$
$A =$
3 −5 6 −2
$B =$
0 0 0 0 0 0 0 −5 15

นั้นคือ ผลหารจะได้พหุนาม $3x^3 - 5x^2 + 6x - 2$ และเหลือเศษเป็นพหุนาม $-5x + 15$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

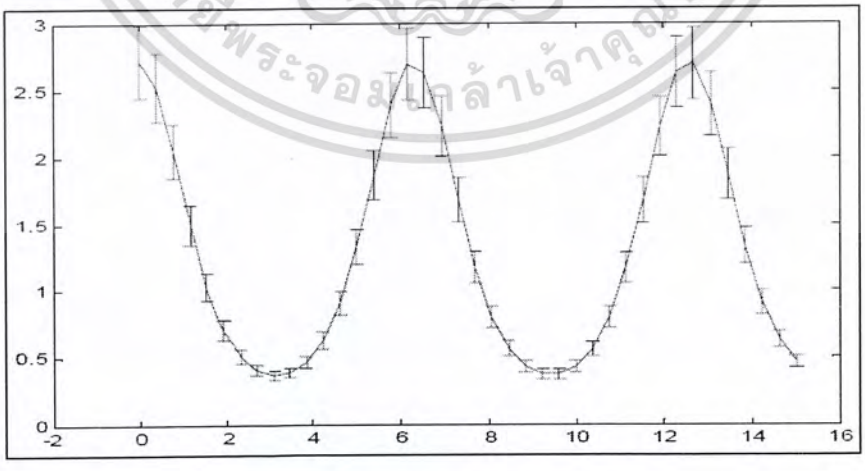
สำหรับพารามิเตอร์(Parameter) ที่ใช้สำหรับฟังก์ชันต่างๆที่เกี่ยวข้องกับพหุนามนั้นในตัวอย่างต่างๆจะถือว่าเป็นเวกเตอร์แต่ถ้าหากเรากำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นเมทริกซ์แล้ว MATLAB จะทำการคำนวณเป็นแถว (Row) ทีละ 1แถวแล้วค่าที่ได้จะเป็นเมทริกซ์ที่มีจำนวนแถวเท่ากับแถวของพารามิเตอร์ของเรา

- $\text{errorbar}(x,y,e,'str')$ เป็นคำสั่งที่ $\text{plot}(x,y)$ แล้วให้มี Error Bar ขนาดเท่ากับวางสมมาตรอยู่ทุกจุดคู่อันดับ(Coordinate)ที่มีการ plot $x-y$ ส่วน $'str'$ เป็น Option ซึ่งบอก Character String ของสีและลักษณะเส้นกราฟ x,y ที่ใช้
- $\text{errorbar}(x,y,l,u)$ คล้ายกับคำสั่งข้างบน แต่จะวาง Error Bar ที่จุด (x_i,y_i) ที่อยู่สูงกว่า y_i เป็นระยะ 1_i และต่ำกว่า y_i เป็นระยะ

ตัวอย่าง

$$x = \text{linspace}(0,15,40);$$
$$y = \exp(\cos(x));$$
$$delta = 0.1 * y;$$
$$\text{errorbar}(x,y,delta)$$

ผลลัพธ์คือ



รูปที่ 2.4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง error bar ใน MATLAB

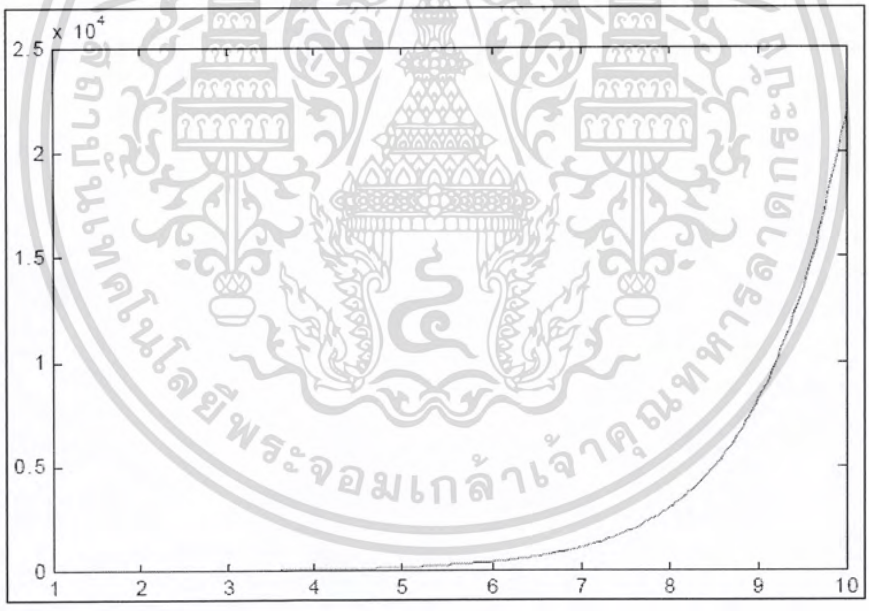
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117338

- $\text{fplot}\left('function',\text{lim},str,tot\right)$ เป็นการ Plot ฟังก์ชันชื่อ '*function*'(อยู่ในฟังก์ชันไฟล์ชื่อ file.m) ส่วน lim เป็นเวกเตอร์ที่กำหนดค่าลิมิตของฟังก์ชันที่จะ Plot แบ่งเป็น 2 แบบคือ $\text{lim} = \left[x_{\min} x_{\max}\right]$ เป็นการกำหนดค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแกน x เท่านั้น $\text{lim} = \left[x_{\min} x_{\max} y_{\min} y_{\max}\right]$ กำหนดค่าทั้งสองแกน ส่วน Option *str* เป็นการกำหนดลักษณะเส้นแต่ละค่า *tot* เป็นการกำหนดค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(Relative Error) ให้น้อยกว่าค่า *tot*

ตัวอย่าง

$$\text{lim} = \left[10\right];$$
$$\text{fplot}\left('\exp\left(x\right)',\text{lim}\right)$$

จะได้ผลดังนี้



รูปที่ 2.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง fplot ใน MATLAB

- $\text{his}\left(x,n\right)$ เขียน Bar Graph ของ x
- $\text{bar}\left(x,z\right)$ เขียน Bar Graph ของ x กำหนดตำแหน่งโดยเวกเตอร์ z ซึ่งมีการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก
- $\text{stairs}\left(x\right)$ เขียน Stairs Graph ของ x (Stairs Graph คือ Bar Graph ที่ไม่มีเส้นด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $\text{stairs}(x,z)$ เขียน Stairs Graph ของ x กำหนดตำแหน่งโดยเวกเตอร์ z ซึ่งต้องมีการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก
- $\text{stem}(x)$ เขียน Stem Graph ของ x โดย Stem Graph เป็นกราฟที่คล้าย Bar Graph ที่ไม่มีความหนา จะเป็นเส้นตรงเส้นเดียวและที่จุดสิ้นสุดของเส้นจะมีวงกลมเขียนอยู่
- $\text{stem}(x,z)$ เขียน Stem Graph ของ x โดยมีเวกเตอร์ z เป็นตัวกำหนดตำแหน่งซึ่งจะเรียงจากน้อยไปหามาก

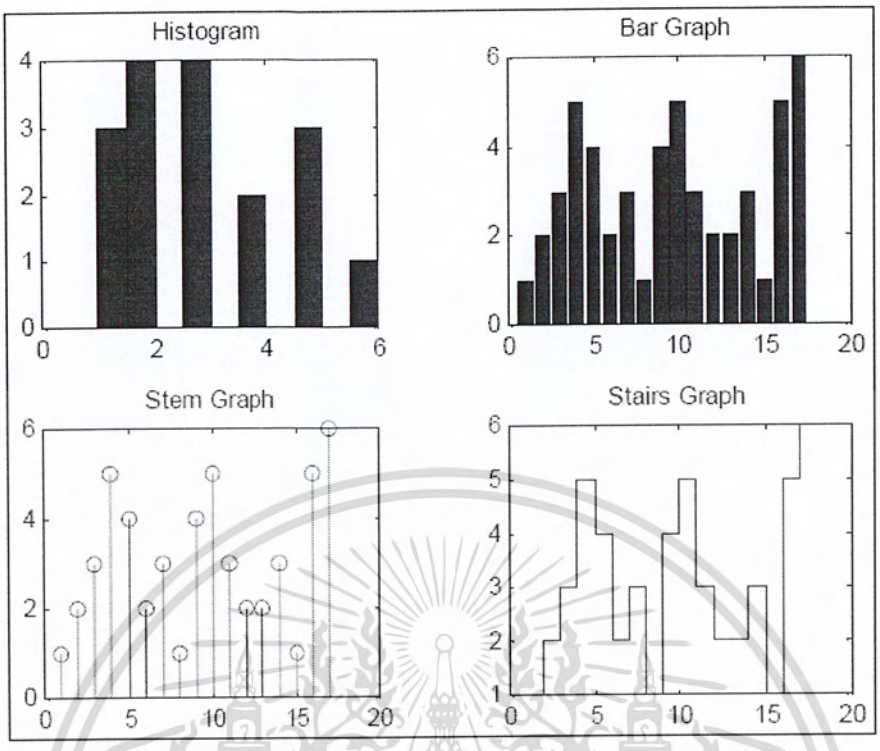
ตัวอย่าง การเขียน Bar Graph และ Histogram เป็นดังนี้

$x = [1,2,5,5,4,2,5,5,2,2,5,1,5,6];$

จากค่าของ x ที่กำหนดให้นี้สามารถที่จะนำไปสร้างเป็นกราฟต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

```
subplot(2,2,1)
hist(x)
title('Histogram')
subplot(2,2,2)
bar(x)
title('Bar Graph')
title('Bar Graph')
stem(x)
title('Stem Graph')
subplot(2,2,4)
stairs(x)
title('Stairs Graph')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงผลลัพธ์ของกราฟที่ใช้คำสั่งต่างๆ ในMATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แชมพู

ในสมัยโบราณมีการนำเอาสิ่งของจากธรรมชาติ เช่น ใบไม้บางชนิดมาใช้ในการช่วยกำจัดสิ่งสกปรกจากเส้นผม นอกเหนือจากการใช้น้ำเพียงอย่างเดียวต่อมามีการนำสบู่มาใช้ฟอกตัวก็ใช้ทำความสะอาดผมด้วย และได้พัฒนารูปแบบของสบู่มาเป็นวัตถุเหลวที่ใช้สะดวกเรียกว่า "แชมพู" หรือ "แชมพูสบู่" ส่วนประกอบหลักของแชมพูโดยทั่วไป คือ

- สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)
- สี
- สารกันเสีย
- สารช่วยในการเพิ่มฟอง
- สารปรับความหนืดให้เหมาะสม
- สารปรุงแต่งอื่นๆ
- น้ำ

ดังนั้นหน้าที่หลักของแชมพูคือ การชะล้างเอาเศษฝุ่นละอองความสกปรกและน้ำมันส่วนเกินออกไปจากเส้นผมและหนังศีรษะ แต่ในเชิงวิชาการ แชมพูหมายถึงสิ่งปรุงแต่งของสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ใช้ขจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นผมและหนังศีรษะซึ่งอยู่ในรูปของเหลวครีม เจลผงหรือเม็ดก้อนหรือฟองแชมพูจัดเป็นเครื่องสำอางประเภทหนึ่งดังนั้นจะต้องมีคุณลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง: ข้อกำหนดทั่วไป (มอก. 152-2539) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแชมพู (มอก. 162-2541)

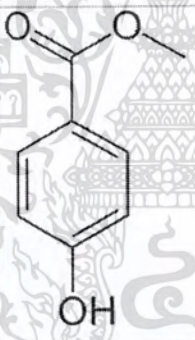
2.5.1 สูตรพื้นฐานสำหรับแชมพูทั่วไป

1) Sodium lauryl sulfate (28%) ร้อยละ40 – 50
2) Alkanolamide (Cocamide DEA) ร้อยละ3
3) Sodium chloride (เกลือแกง) ร้อยละ2
4) Protein hydrolyzate (30%) ร้อยละ2
5) น้ำหอมสีสารกันเสียตามความต้องการ
6) Citric acid (สารปรับความเป็นกรดเบส) ตามความต้องการ
7) น้ำตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สารกันเสีย

สารกันเสีย (Preservative) เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่แบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อยีสต์ เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสำอางเสียง่ายเช่น การเติมในแชมพูหรือครีมทาผิว เพราะมีการแต่งกลิ่นและอาจใช้แป้งเป็นส่วนประกอบทำให้เกิดการบูดเสียได้จึงต้องใส่สารกันเสียป้องกัน สารกันเสียที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายชนิด เช่น พาราเบนเอสเทอร์ ได้แก่เมทิลพาราเบน ฟีนอล และแอลกอฮอล์ เป็นต้นแต่ในปัญหาพิเศษเรื่อง **"การวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง"**นี้จะกล่าวถึงสารกันเสีย คือ สารเมทิลพาราเบนซึ่งเป็นสารกันเสียที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะมีพิษหรือโทษน้อยที่สุดกับมนุษย์ โดยมีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้

ชื่อสารเคมี	เมทิลพาราเบน
ชื่อพ้อง	Methylp-hydroxybenzoate,4-hydroxybenzoic acid methyl ester
สูตรโมเลกุล	$C_8H_8O_3$
สูตรโครงสร้างทางเคมี	
ลักษณะภายนอก	ผง ผลึก ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
น้ำหนักโมเลกุล	152.14
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	131
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	270-280
การละลาย	ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อะซีโทนอีเทอร์ ละลายได้น้อยในน้ำ (1ส่วนในน้ำ400ส่วน หรือ 0.30% w/w ที่ $25^{\circ}C$)

สำหรับในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้คำว่า "สารกันเสีย" แทน "เมทิลพาราเบน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการและทฤษฎีพื้นฐานในข้างต้น จะต้องนำไปใช้ในการวิจัย โดยในบทถัดไปได้อธิบายเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้อธิบายถึงการดำเนินงานวิจัย โดยนำข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลองของจินตรัตน์และคณะ[5] แล้ววิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม SigmaPlot และ MATLABโดยแบ่งออกเป็น 2 หลักการ คือ หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ตรวจวัดได้โดยพิจารณาเทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองโดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 ศึกษาและนำผลลัพธ์จากงานวิจัย "การวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลพาราเบนในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง" เพื่อจัดเตรียมเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทำวิจัยต่อ

3.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ตรวจวัดได้โดยพิจารณาเทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 โปรแกรมคือ

3.2.1 Sigma Plot

3.2.2 MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาและนำผลลัพธ์จากงานวิจัย "การวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลพาราเบนในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง" เพื่อจัดเตรียมเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทำวิจัยต่อ

จากการศึกษาการวิจัยของการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลพาราเบนในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง พบว่าต้องนำข้อมูลที่จะนำมาใช้สำหรับการวิจัยนี้คือ

ตารางที่ 3.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ 1 (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ 2 (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ 3 (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ 4 (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างที่ 5 5(ppm)
20	358.28	511.01	79.78	196.25	186.41
40	716.56	1022.02	159.56	392.5	372.82
60	174.84	1533.03	239.34	588.75	559.23
80	1433.12	2044.02	319.12	785	745.64
100	1791.4	2555.05	398.9	981.25	932.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง

ครั้งที่	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างที่ 1 (ppm)	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างที่ 2 (ppm)	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างที่ 3 (ppm)	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างที่ 4 (ppm)	ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างที่ 5 (ppm)
1	363.28	498.25	183.87	84.03	183.51
2	388.36	520.26	187.32	77.85	194.44
3	337.83	510.54	184.09	79.34	198
4	340.4	513.45	191.82	76.37	215.45
5	361.55	512.56	184.95	81.31	201.43

จากตาราง 3.1 และ 3.2 คณะผู้วิจัยนำข้อมูล ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีดำเนินการใน หัวข้อ 3.2 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ

- ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้โดยพิจารณาเทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และ

- ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลดิบจากการทดลอง

3.2.1.1 จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้ กับความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

2. เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตัวอย่าง กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

3.2.1.2 สมมติฐาน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานและความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู คาดว่ามีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น

2. สามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพยากรณ์ปริมาณสารกันเสียของแต่ละแชมพูตัวอย่างได้อย่างค่อนข้างถูกต้องแม่นยำ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

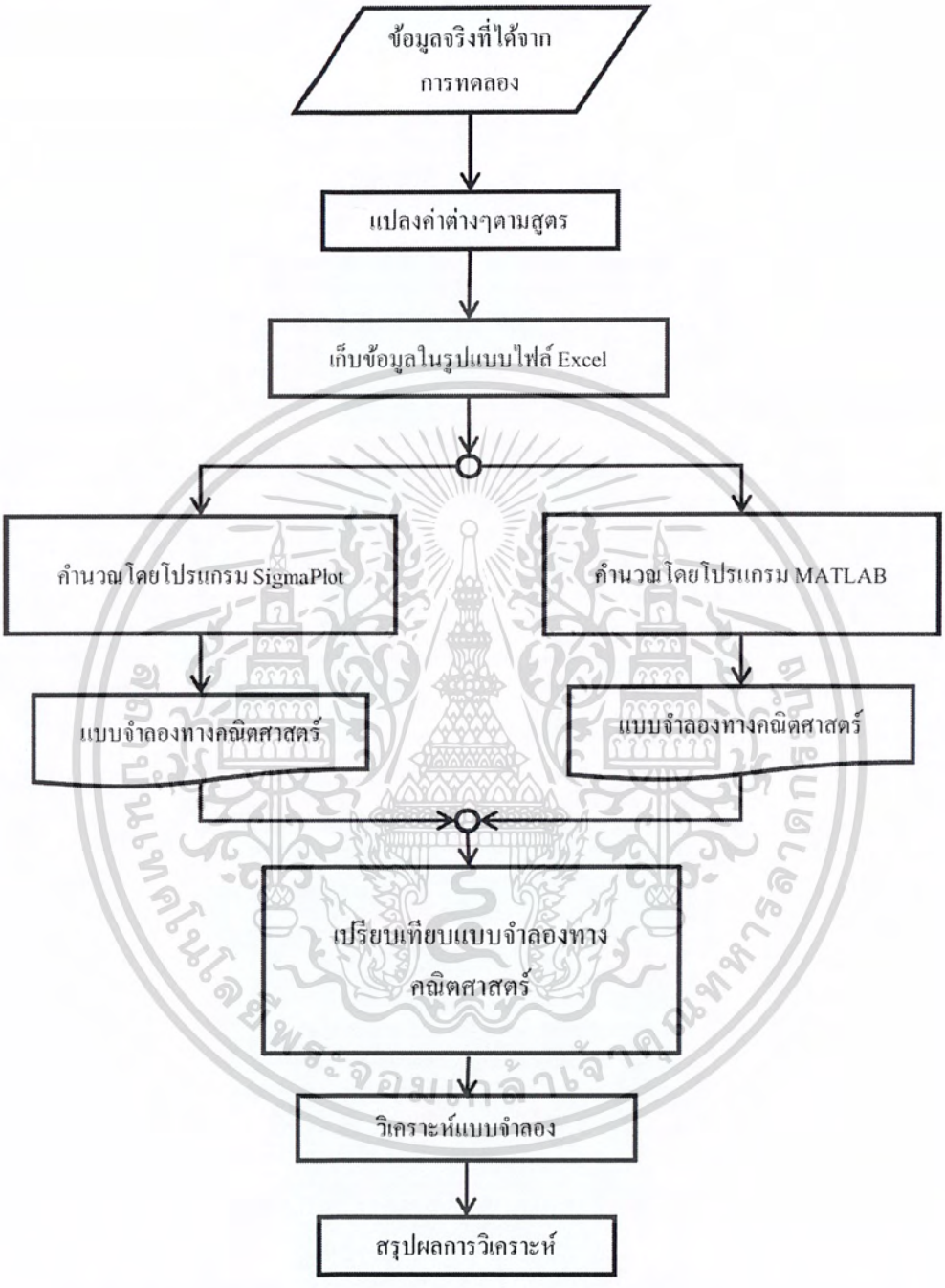
3.2.2 หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.2.2.1 โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot

3.2.2.2 โดยใช้โปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีขั้นตอนดังแผนภาพ



รูปที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัยโดยใช้โปรแกรม SigmaPlot และ MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลจริงที่ได้จากการทดลอง : คือค่าจากตารางแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้จากตารางที่ 3.1และ 3.2

- แปลงค่าต่างๆเพื่อหาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ :

<u>แสดงการคำนวณตัวอย่างที่ 1</u>

<u>คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้</u>

โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีกของสารกันเสียมาคำนวณหาความเข้มข้น จากสมการเส้นตรงของการตรวจสอบกราฟมาตรฐาน $y = 129480x + 820244$ โดยที่ได้จากการหาจากสูตร ตัวอย่างอย่างน้อย 4 ครั้ง แต่ในการทำวิจัยของ จินตรัตน์และคณะ[5] ทำทั้งหมด 5 ครั้ง และจากสมการข้างต้นสามารถหาค่า x ซึ่งเป็นความเข้มข้นเฉลี่ยของสารละลายตัวอย่างได้ คือ

$$x = \frac{10098327 - 820244}{129400}$$

$$x = 71.66$$

$\therefore$ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารละลายตัวอย่างเท่ากับ 71.66 ppm

<u>คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่าง</u>

จาก $M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_1(20) = (71.66)(100)$$

$$M_1 = \frac{71.66 \times 100}{20}$$

$$M_1 = 358.28$$

$\therefore$ ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 358.28 ppm

-เก็บข้อมูลในรูปแบบ Excel : นำข้อมูลจากตาราง และการคำนวณบันทึกในไฟล์ Excel เพื่อที่จะนำเข้าข้อมูลเข้าในโปรแกรม SigmaPlot

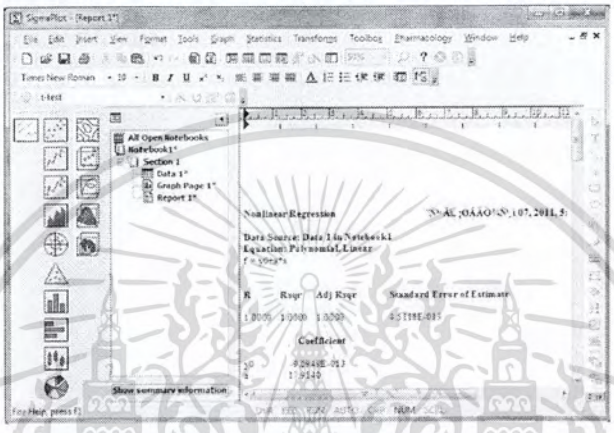
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำข้อมูลคำนวณในโปรแกรม

SigmaPlot : หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมด้วยวิธี Curve Fitting

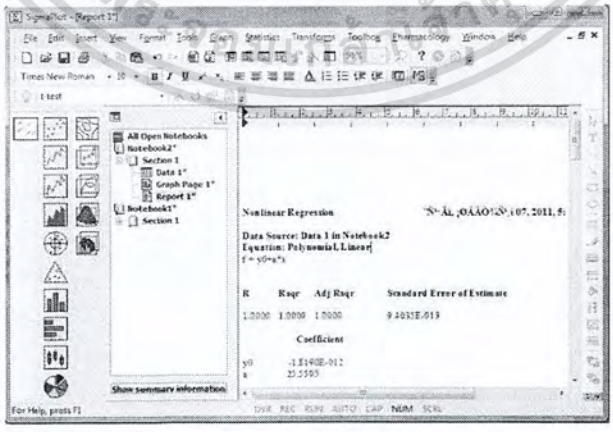
MATLAB : หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมด้วยการสร้าง M-files

3.2.2.1 โดยใช้โปรแกรม SigmaPlot



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Johnson ด้วยโปรแกรม SigmaPlot คือ $f(x) = y_0 + \alpha x, R = 1$

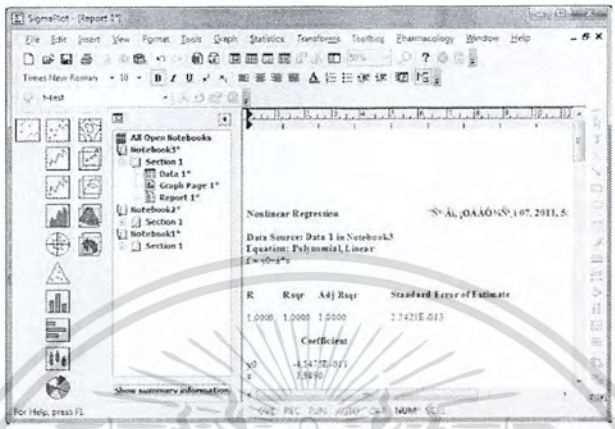
จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson ตัวอย่างที่ 1 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = -9.0949 \times 10^{-13} + 17.9140\ x$



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Loreal ด้วยโปรแกรม SigmaPlot คือ $f(x) = y_0 + \alpha x, R = 1$

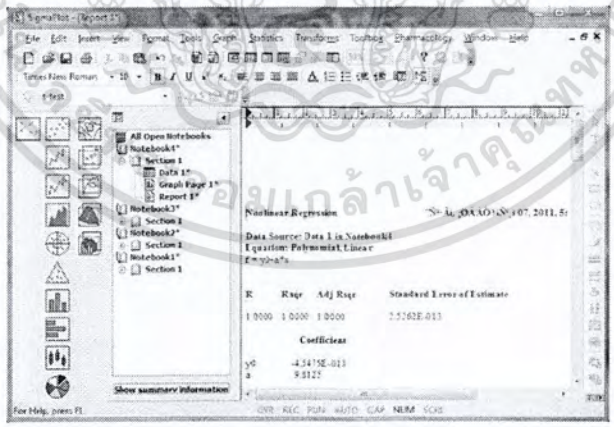
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal ตัวอย่างที่ 2 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = -1.8190 \times 10^{-12} + 25.5505\ x$



รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Sunsilk ด้วยโปรแกรม SigmaPlot คือ $f(x) = y_0 + \alpha x, R = 1$

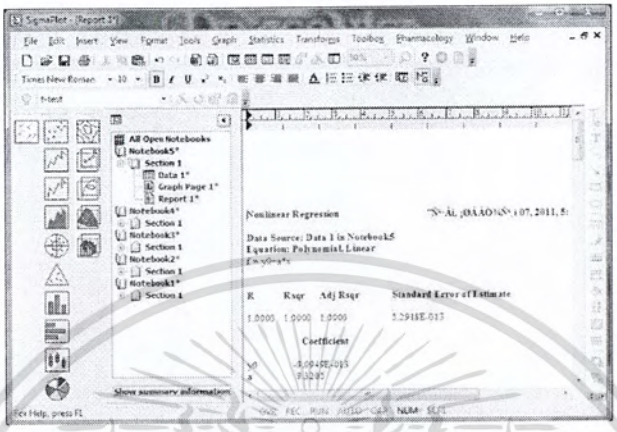
จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk ตัวอย่างที่ 3 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = -4.5475 \times 10^{-013} + 3.9890\ x$



รูปที่3.5 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Bergamot ด้วยโปรแกรม SigmaPlot คือ $f(x) = y_0 + \alpha x, R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot ตัวอย่างที่ 4 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = -4.5475 \times 10^{-013} + 9.8125\ x$

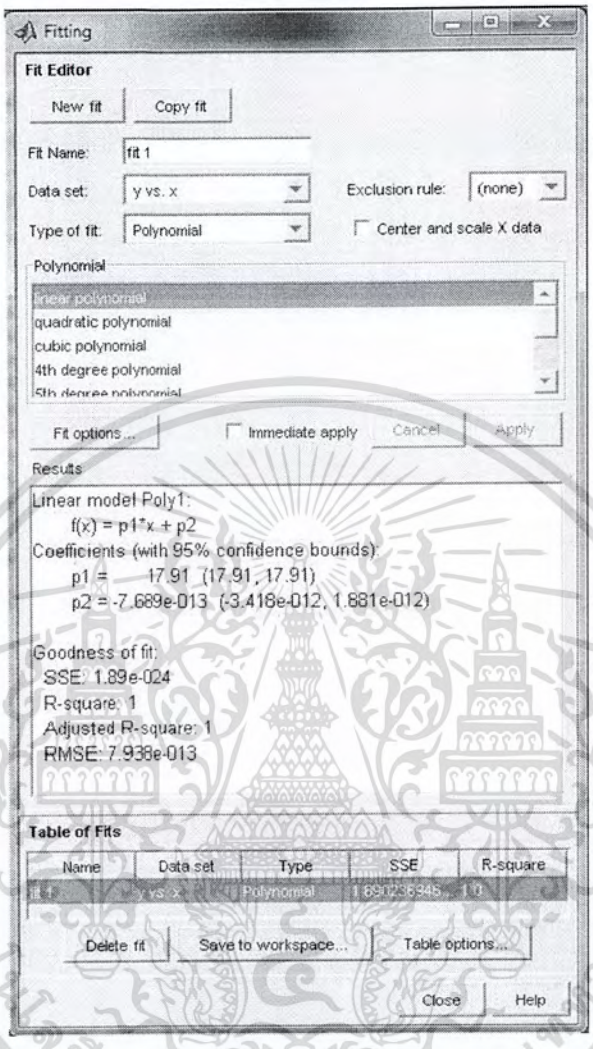


รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Schwazkopf ด้วยโปรแกรม SigmaPlot คือ $f(x) = y_0 + \alpha x, R = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf ตัวอย่างที่ 5 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = -0.0949 \times 10^{-013} + 9.3205\ x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

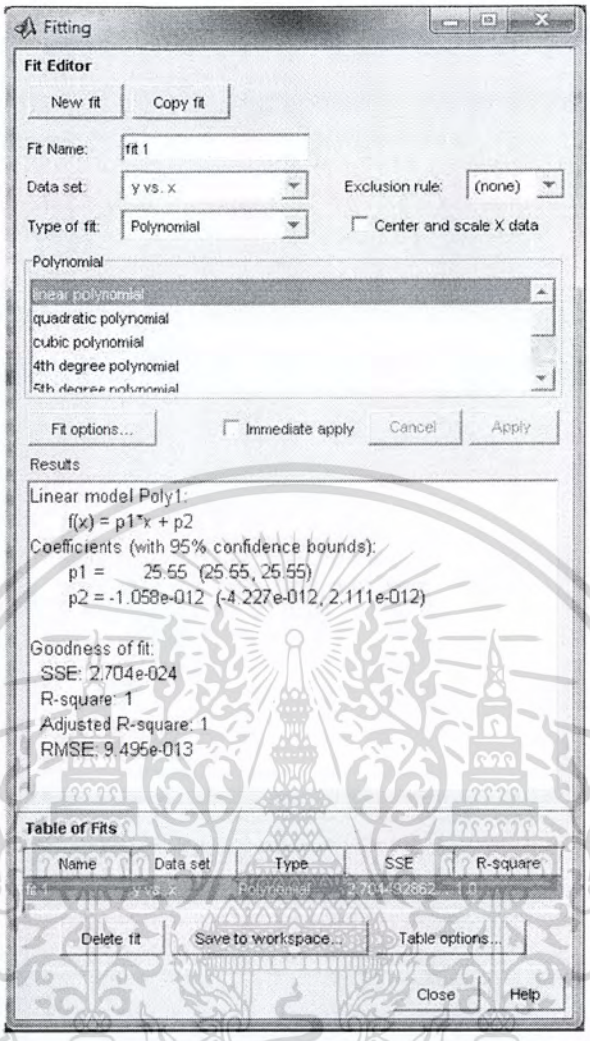
3.2.2.2 โดยใช้โปรแกรม MATLAB



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Jonhson ด้วยโปรแกรม MATLAB คือ $f(x) = p_1 x + p_2, R^2 = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson ตัวอย่างที่ 1 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = 17.91\ x + \left(-7.689 \times 10^{-13}\right)$

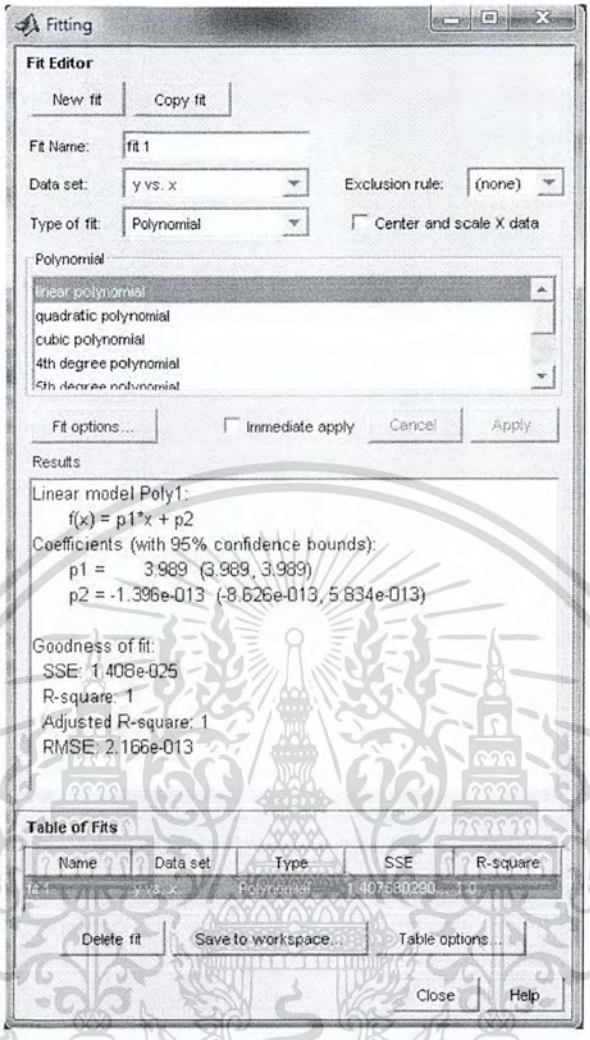
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Loreal ด้วยโปรแกรม MATLAB คือ $f(x) = p_1 x + p_2, R^2 = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal ตัวอย่างที่ 2 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = 25.55\ x + \left(-1.058 \times 10^{-12}\right)$

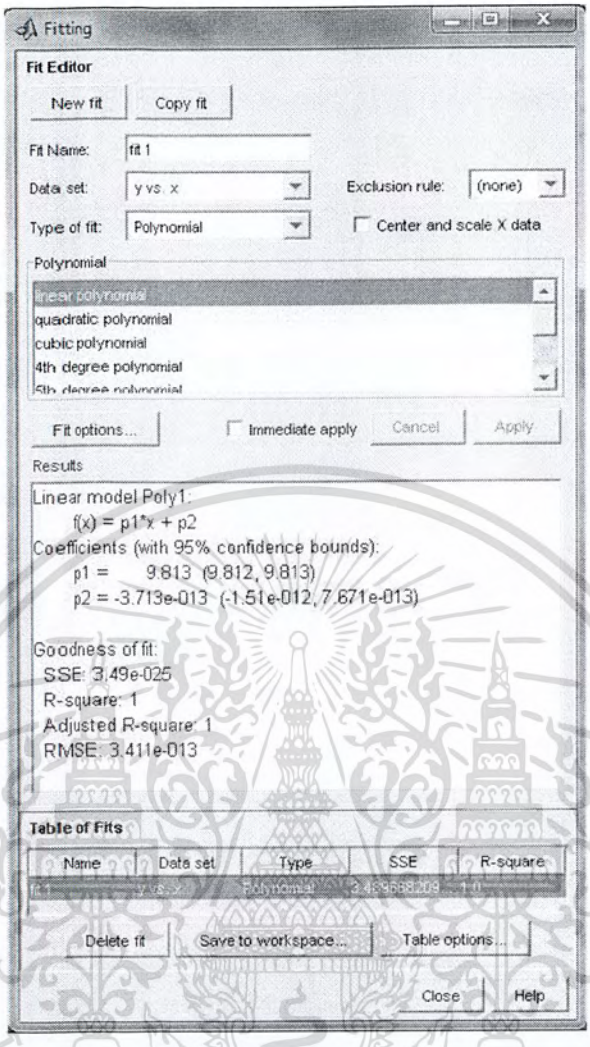
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Sunsilk ด้วยโปรแกรม MATLAB คือ $f(x) = p_1 x + p_2, R^2 = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk ตัวอย่างที่ 3 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = 3.989\ x + \left(-1.396 \times 10^{-13}\right)$

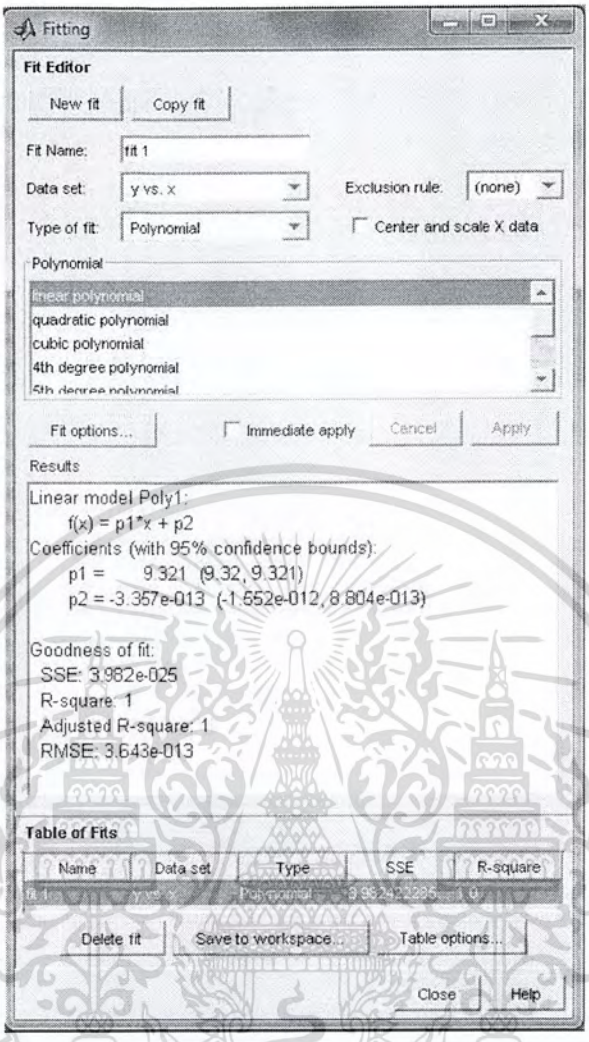
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Bergamot ด้วยโปรแกรม MATLAB คือ $f(x) = p_1 x + p_2, R^2 = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot ตัวอย่างที่ 4 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) = 9.813\ x + \left(-3.713 \times 10^{-13}\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแชมพู Schwazkopf ด้วยโปรแกรม MATLAB คือ $f(x) = p_1 x + p_2, R^2 = 1$

จากภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf ตัวอย่างที่ 5 (ppm) ซึ่งพบว่าเป็นสมการเชิงเส้นคือ $f(x) 9.321\ x + \left(-3.357 \times 10^{-13}\right)$

จากวิธีการดำเนินงานในข้างต้นจะต้องนำไปใช้ในการวิจัย โดยในบทถัดไปได้อธิบายเกี่ยวกับผลการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ได้อธิบายถึง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง ที่ได้จากการใช้โปรแกรม SigmaPlot กับโปรแกรม MATLAB

4.1แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่าง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้มาจากการเปรียบเทียบสารละลายสารกันเสียที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (20, 40, 60, 80 และ 100 ppm) กับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson, Loreal, Sunsilk, Bergamot และ Schwazkopf โดยคำนวณมาจากโปรแกรม SigmaPlot จะได้ผลลัพธ์ทั้งหมดดังนี้

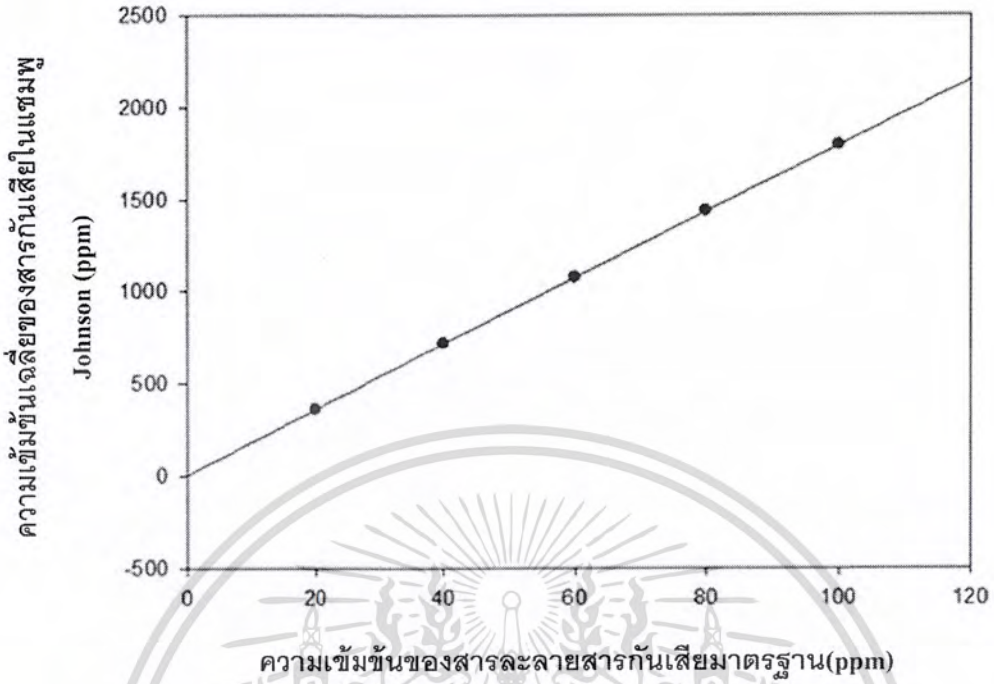
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ด้วย SigmaPlot

4.1.1.1 แชมพู Johnson

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson (ppm)
20	358.28
40	716.56
60	1074.84
80	1433.12
100	1791.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson (ppm)

- สมการเส้นตรง คือ $y = 17.9140\ x - \left(9.0949 \times 10^{-13}\right)$
- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Rsqr) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (AdjRsqr) เท่ากับ 1
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) เท่ากับ 5.0524×10^{-13}

จากกราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson (ppm)พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง มีค่าความชัน (a) เท่ากับ 17.9140 และค่าคงที่ (y_0)น้อยมากในที่นี้แทนค่าเท่ากับ 0 (เนื่องจากทศนิยม 13 ตำแหน่งซึ่งมีค่าน้อยมากๆ) เนื่องจากมีค่าความชันเป็นบวกกราฟที่ได้จึงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Johnson มีค่ามากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสีย

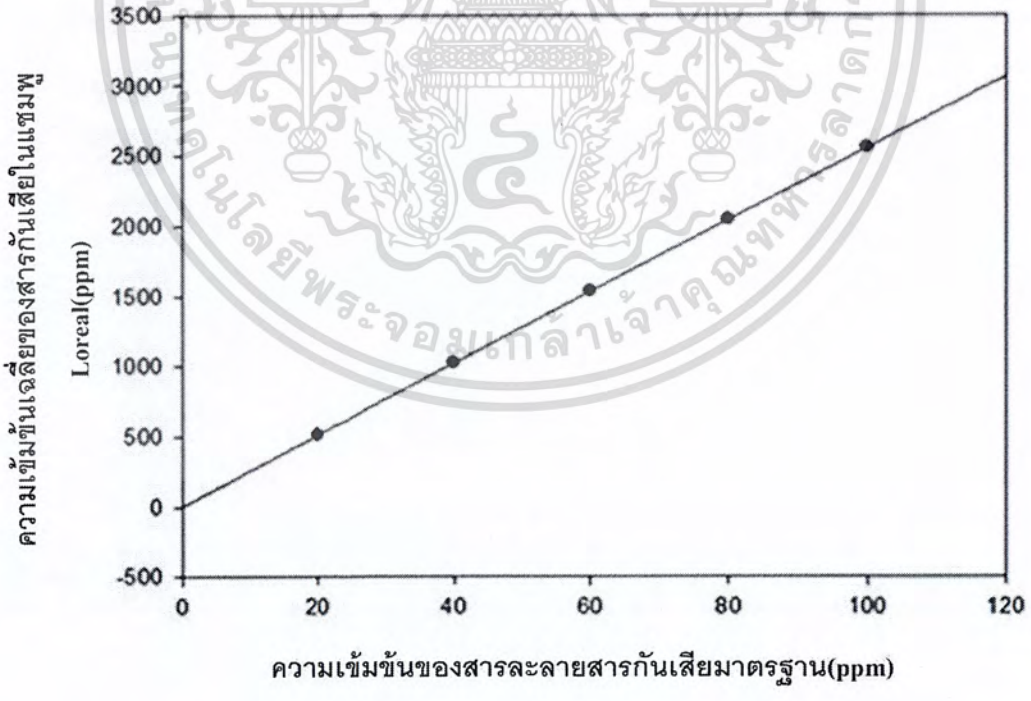
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแชมพู Johnson ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานใดๆ ก็จะสามารถหาได้จากสมการเส้นตรงนี้ได้

4.1.1.2 แชมพู Loreal

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm)
20	511.01
40	1022.02
60	1533.03
80	2044.04
100	2555.05



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมการเส้นตรง คือ $y = 25.5505\ x - \left(1.8190 \times 10^{-12}\right)$
- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Rsqr) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (AdjRsqr) เท่ากับ 1
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) เท่ากับ 9.4035×10^{-13}

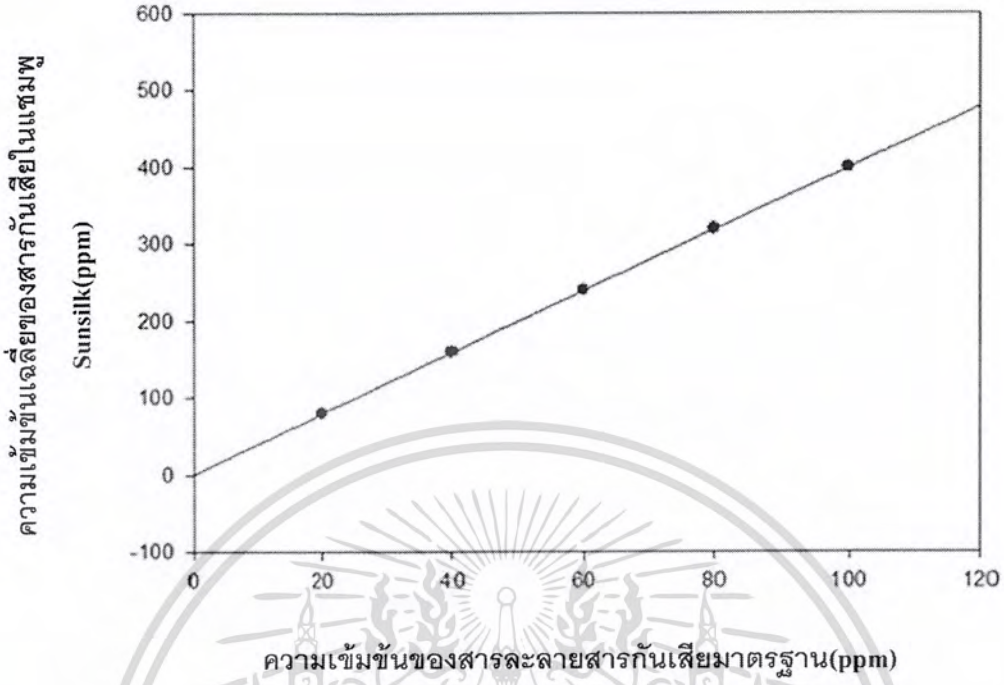
จากกราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm) พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง มีค่าความชัน (a) เท่ากับ 25.5505 และค่าคงที่ (y_0) เท่ากับ 0 (เนื่องจากทศนิยม 12 ตำแหน่งซึ่งมีค่าน้อยมากๆ) เนื่องจากมีค่าความชันเป็นบวกกราฟที่ได้จึงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal มีค่ามากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานใดๆ ก็จะสามารถหาได้จากสมการเส้นตรงนี้ได้

4.1.1.3 แชมพู Sunsilk

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk (ppm)
20	79.78
40	159.56
60	239.34
80	319.12
100	398.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Loreal (ppm)

- สมการเส้นตรง คือ $y = 3.9890\ x - \left(4.5475 \times 10^{-13}\right)$
- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Rsqr) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (AdjRsqr) เท่ากับ 1
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) เท่ากับ 2.5421×10^{-13}

จากกราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk (ppm) พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง มีค่าความชัน (a) เท่ากับ 3.9890 และค่าคงที่ (y_0) เท่ากับ 0 (เนื่องจากทศนิยม 13 ตำแหน่งซึ่งมีค่าน้อยมากๆ) เนื่องจากมีค่าความชันเป็นบวกกราฟที่ได้จึงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk

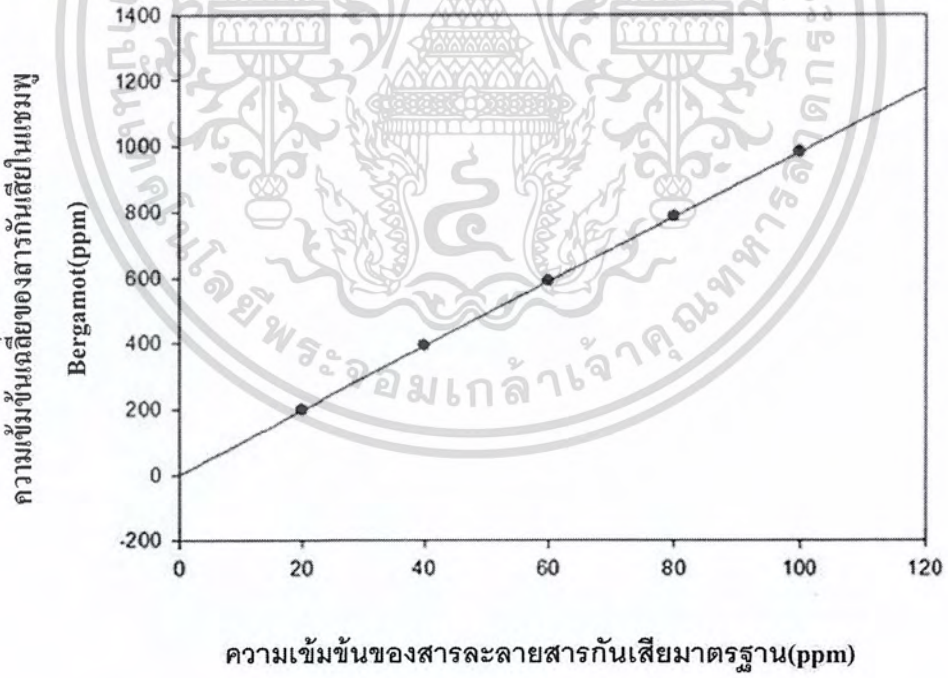
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่ามากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Sunsilk ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานใดๆ ก็จะสามารถหาได้จากสมการเส้นตรงนี้ได้

4.1.1.4 แชมพู Bergamot

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm)
20	196.25
40	392.5
60	588.75
80	785
100	981.25



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมการเส้นตรง คือ $y = 9.8125\ x - \left(4.5475 \times 10^{-13}\right)$
- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Rsqr) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (AdjRsqr) เท่ากับ 1
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) เท่ากับ 2.5262×10^{-13}

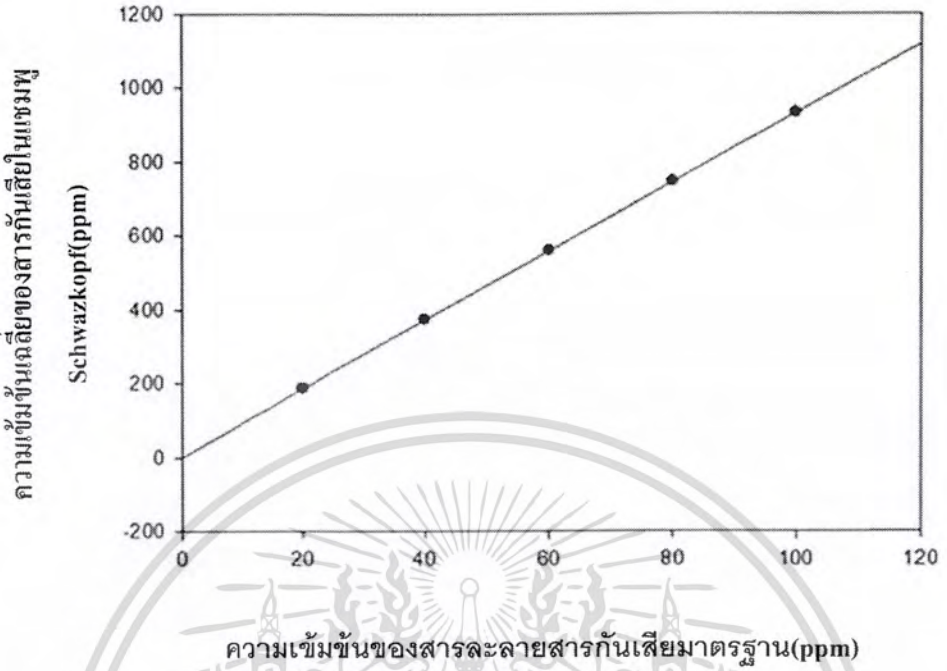
จากกราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน กับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm) พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง มีค่าความชัน (a) เท่ากับ 9.8125 และค่าคงที่ (y_0) เท่ากับ 0 (เนื่องจากทศนิยม 13 ตำแหน่งซึ่งมีค่าน้อยมากๆ) เนื่องจากมีค่าความชันเป็นบวกกราฟที่ได้จึงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั้นคือถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamotมีค่ามากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamotที่ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานใดๆ ก็จะสามารถหาได้จากสมการเส้นตรงนี้ได้

4.1.1.5 แชมพู Schwazkopf

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf

ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf(ppm)
20	186.41
40	372.82
60	559.23
80	745.64
100	932.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Bergamot (ppm)

- สมการเส้นตรง คือ $y = 9.3205\ x - \left(9.094 \times 10^{-13}\right)$
- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Rsqr) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1
- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (AdjRsqr) เท่ากับ 1
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) เท่ากับ 5.2918×10^{-13}

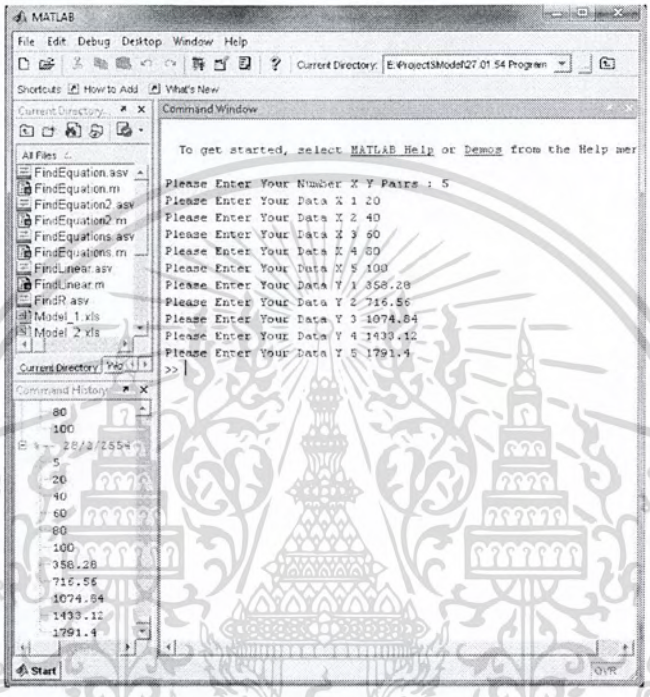
จากกราฟแสดงความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐาน กับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf (ppm)พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง มีค่าความชัน (a) เท่ากับ 9.3205และค่าคงที่ (y_0) เท่ากับ 0 (เนื่องจากทศนิยม 13 ตำแหน่งซึ่งมีค่าน้อยมากๆ) เนื่องจากมีค่าความชันเป็นบวกกราฟที่ได้จึงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู Schwazkopf มีค่ามากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schwazkopf ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานใดๆ ก็จะสามารถหาได้จากสมการเส้นตรงนี้ได้

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย MATLAB

4.1.2.1 แชมพู Johnson

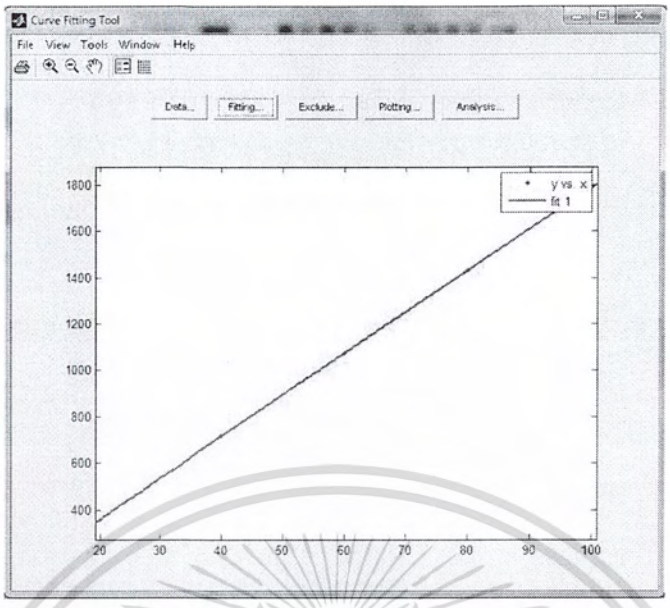


รูปที่ 4.6 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Johnson

ใส่ค่าข้อมูลใน X และ Y ของแชมพู Johnson ตามตารางที่ 3.1 จะได้สมการคือ

$$f(x) = 17.91\ x + \left(-7.689 \times 10^{-13}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

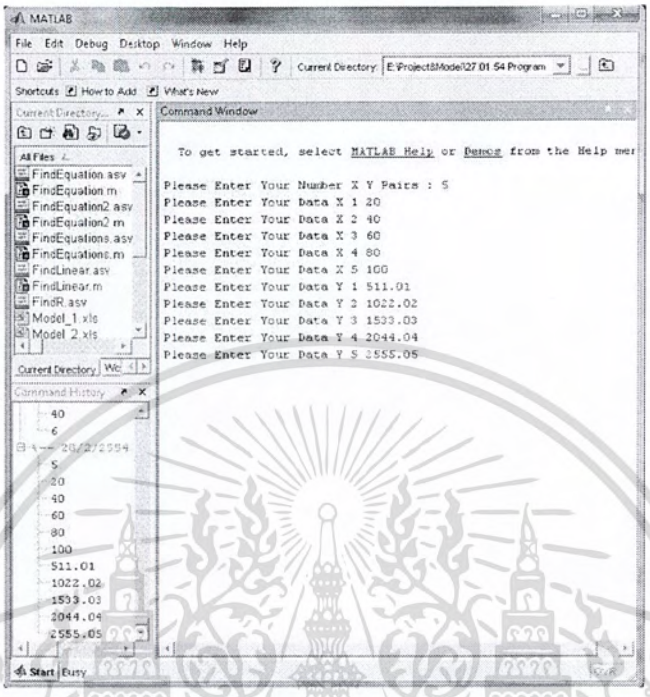


รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Johnson

จากสมการเส้นตรงที่ได้จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 แชมพู Loreal

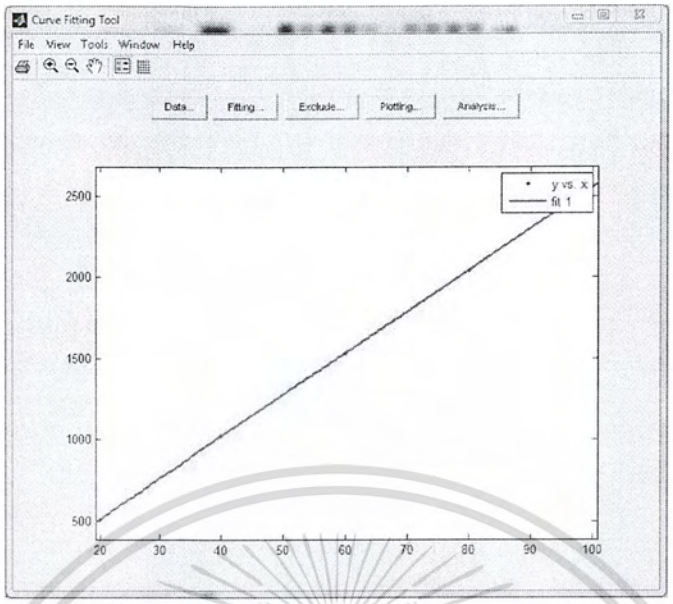


รูปที่ 4.8 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Loreal

ใส่ค่าข้อมูลใน X และ Y ของแชมพู Loreal ตามตารางที่ 3.1 จะได้สมการคือ

$$f(x) = 25.55\ x + \left(-1.058 \times 10^{-12}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

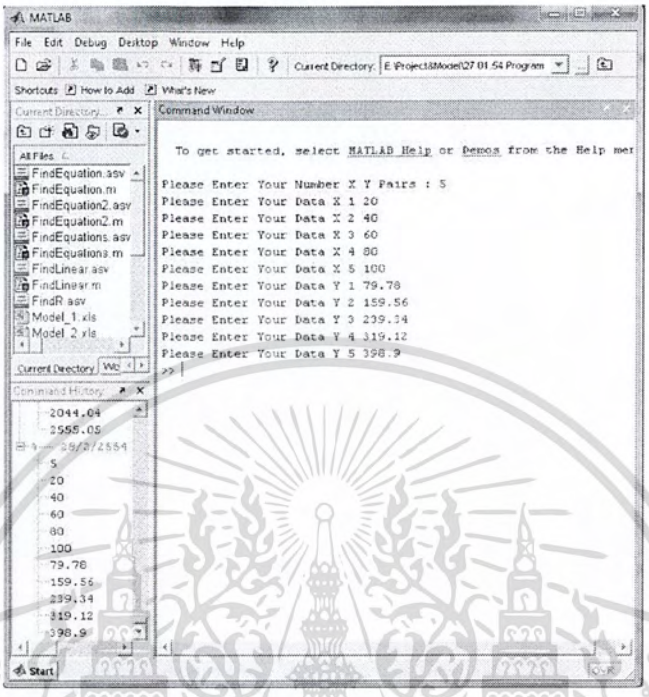


รูปที่ 4.9 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Loreal

จากสมการเส้นตรงที่ได้จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 แชมพู Sunsilk

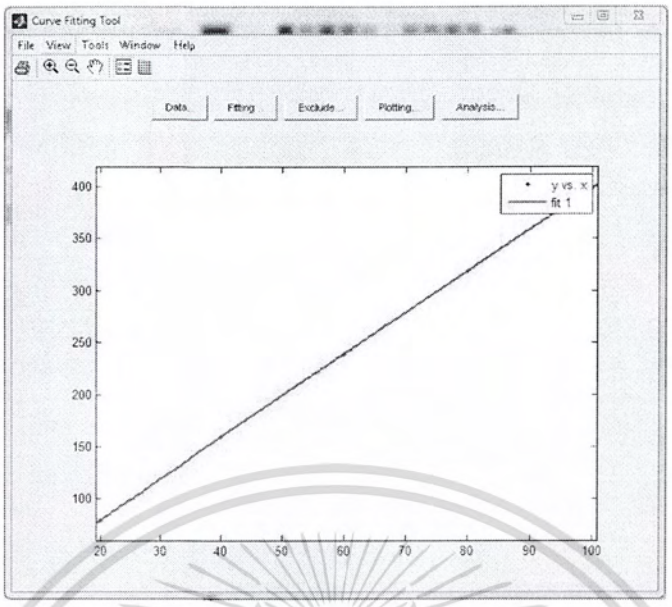


รูปที่ 4.10 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Sunsilk

ใส่ค่าข้อมูลใน X และ Y ของแชมพู Sunsilk ตามตารางที่ 3.1 จะได้สมการคือ

$$f(x) = 3.989\,x + \left(-1.396 \times 10^{-13}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

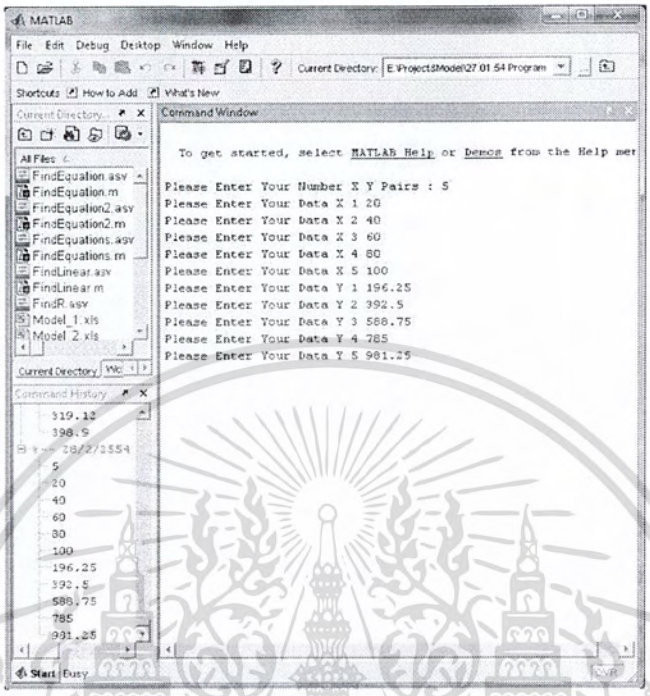


รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Sunsilk

จากสมการเส้นตรงที่ได้จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 แชมพู Bergamot

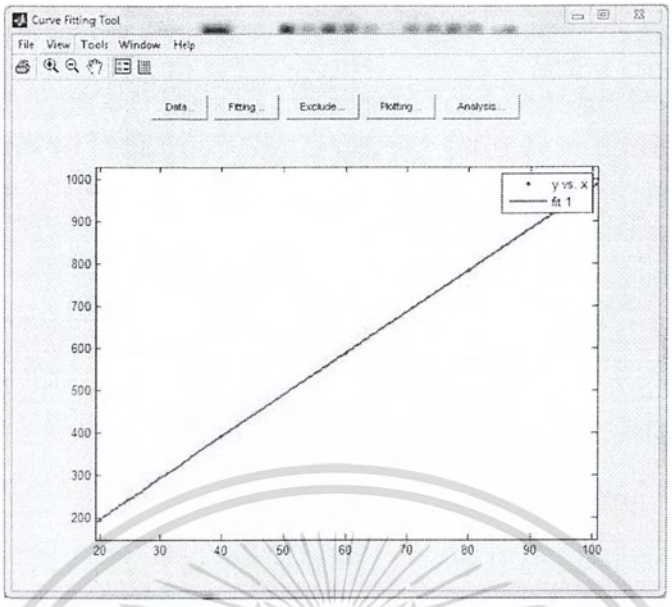


รูปที่ 4.12 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Bergamot

ใส่ค่าข้อมูลใน X และ Y ของแชมพู Bergamot ตามตารางที่ 3.1 จะได้สมการคือ

$$f(x) = 9.813\ x + \left(-3.713 \times 10^{-13}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

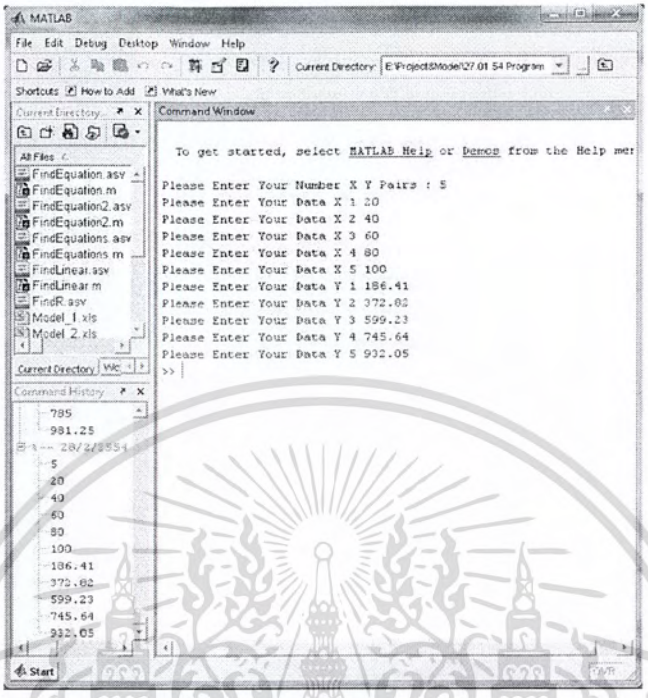


รูปที่ 4.13 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Bergamot

จากสมการเส้นตรงที่ได้จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.5 แชมพู Schwazkopf

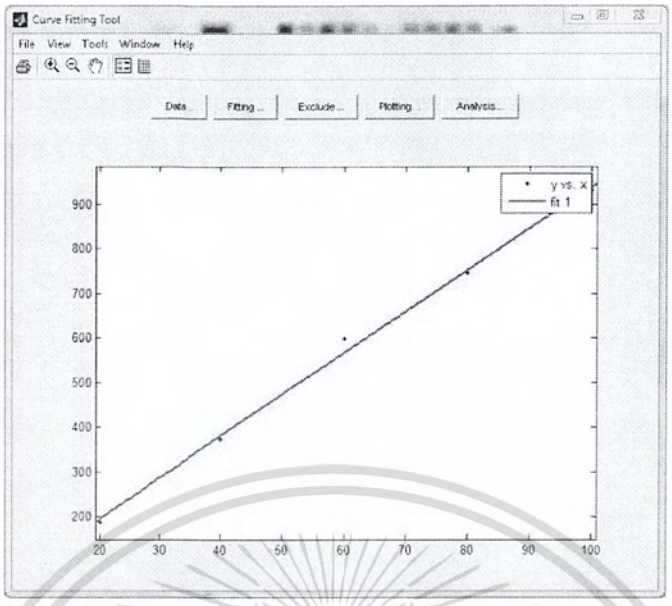


รูปที่ 4.14 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการใส่ข้อมูล X และ Y ของแชมพู Sckwazkopf

ใส่ค่าข้อมูลใน X และ Y ของแชมพู Schwazkopf ตามตารางที่ 3.1 จะได้สมการคือ

$$f(x) = 9.321\ x + \left(-3.357 \times 10^{-13}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Schwazkopf

จากสมการเส้นตรงที่ได้จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างด้วย SigmaPlot และ MATLAB

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสารกันเสียมาตรฐานกับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูตัวอย่างระหว่างโปรแกรม SigmaPlot และ MATLAB

โปรแกรม / แชมพู	SigmaPlot		MATLAB	
	สมการ	R	สมการ	R
Johnson	$f(x) = 17.9140\ x$	1.0000	$f(x) = 17.91\ x$	1.0000
Loreal	$f(x) = 25.5505\ x$	1.0000	$f(x) = 25.55\ x$	1.0000
Sunsilk	$f(x) = 3.9890\ x$	1.0000	$f(x) = 3.989\ x$	1.0000
Bergamot	$f(x) = 9.8125\ x$	1.0000	$f(x) = 9.813\ x$	1.0000
Schwazkopf	$f(x) = 9.3205\ x$	1.0000	$f(x) = 9.321\ x$	1.0000

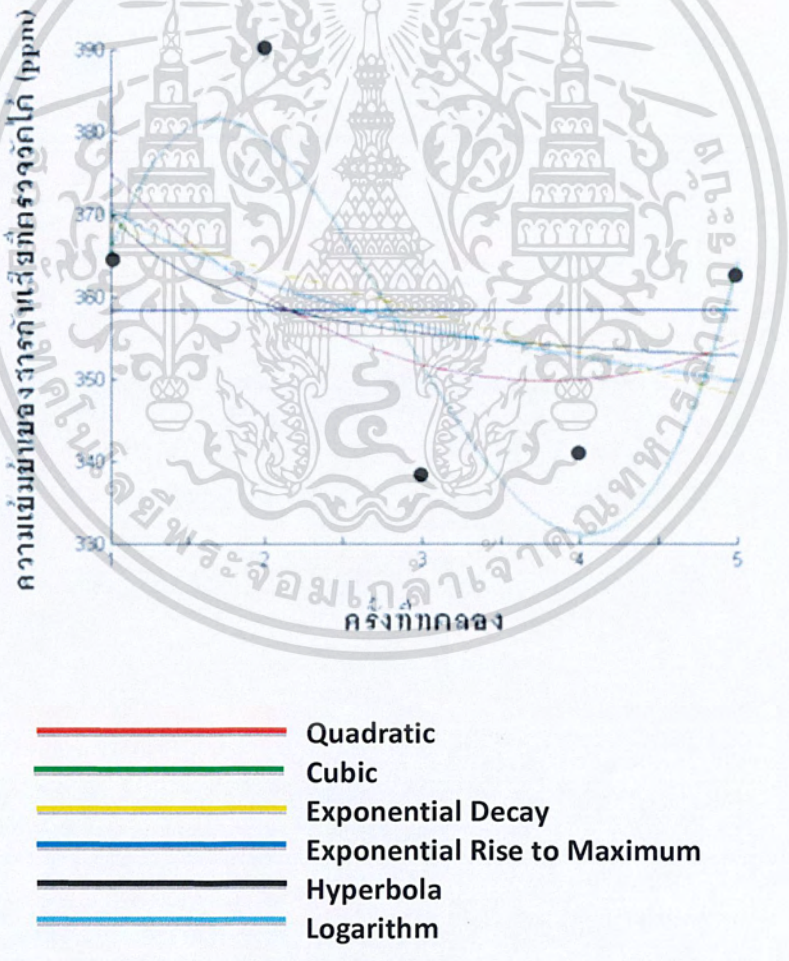
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้มาจากความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในแต่ละครั้งของการทดลอง ซึ่งกราฟของแชมพูแต่ละตัว จะมีเส้นสมการหลายเส้นสามารถเขียนกราฟของสารละลายตัวอย่างทั้ง 5 ดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้วย SigmaPlot

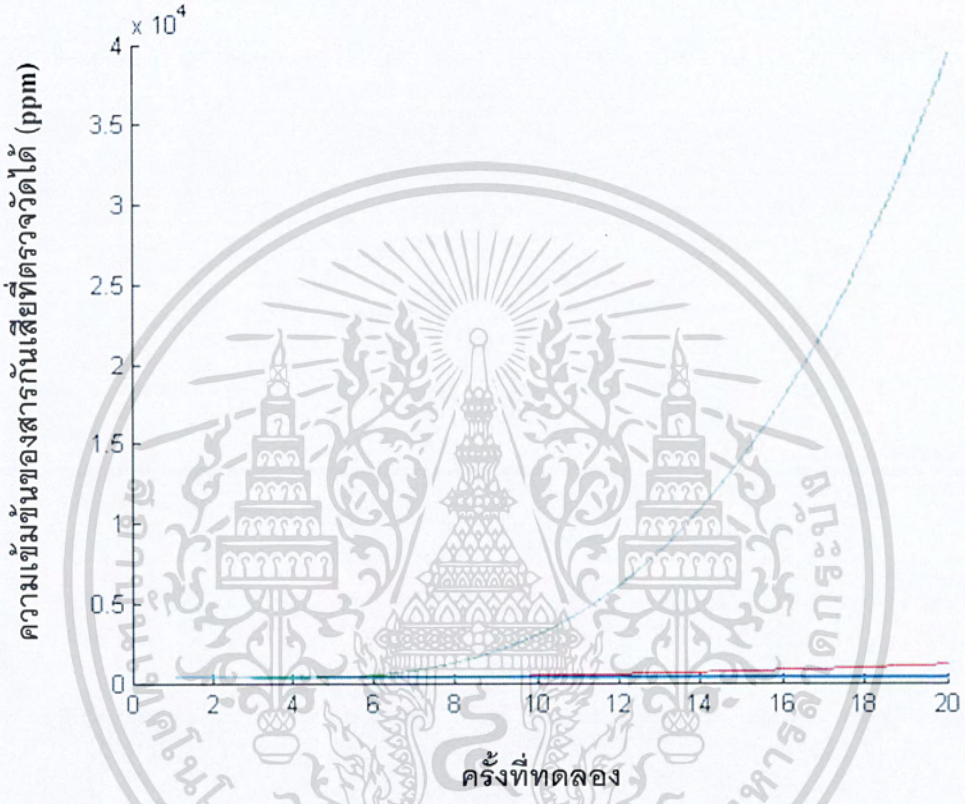
4.2.1.1 แชมพู Johnson



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Johnson (ppm) x=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

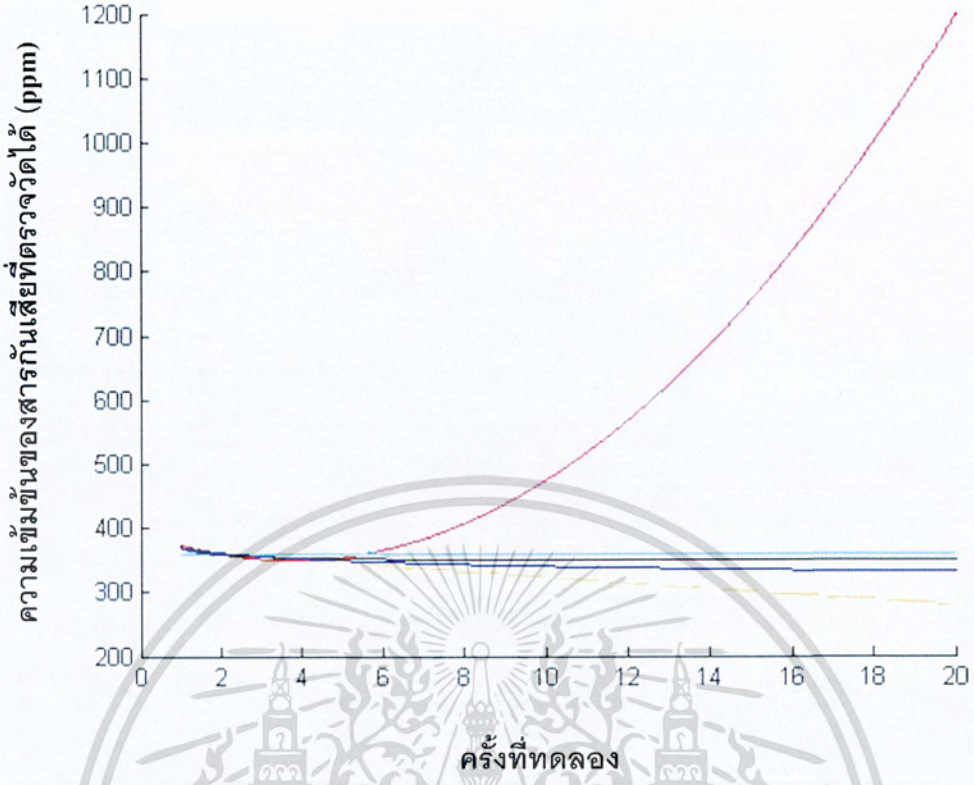
จากกราฟด้านบนแสดงครั้งที่ทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในแต่ละครั้ง ซึ่งทำการทดลอง 5 ครั้ง และกราฟถัดไปได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองของคณิตศาสตร์จนถึงครั้งที่ 20



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ

จากกราฟ ได้ตัดเส้นกราฟของของสมการกำลังสาม(เส้นสีเขียว) เนื่องจากกราฟมีแนวโน้มสู่ค่าอนันต์จะได้ดังกราฟดังรูปที่ 4.18

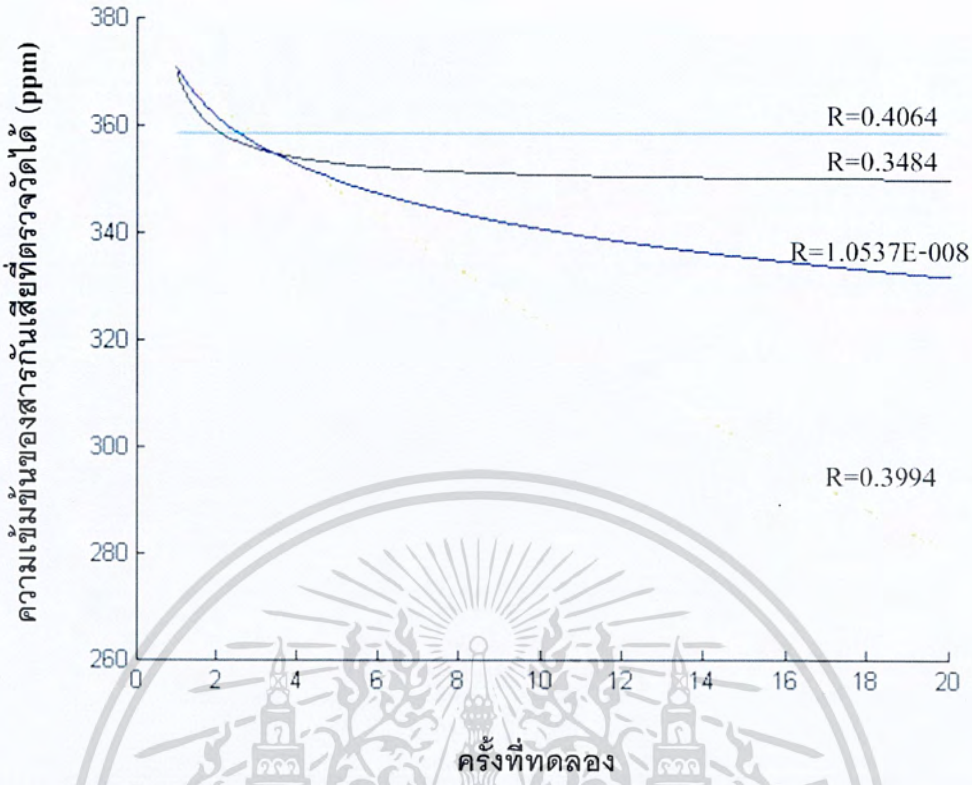
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ

พิจารณาการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากลักษณะของกราฟที่ได้ในรูปที่ 4.18 พบว่าแนวโน้มควรจะเป็นกลุ่มสมการที่ใกล้ๆกันดังนี้พิจารณารูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Johnson (ppm) x=20 แบบ 4 สมการและค่า R

จากกราฟแสดงครั้งที่ทำการทดลอง กับ ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ของแชมพู Johnson's จากเส้นสมการทั้ง 4 พบว่า

- กราฟของลอการิทึม(เส้นสีฟ้า) สมการคือ $y = 370.8255 + \left(-13.0982\right)\ln\left|x\right|$ ในตอนท้ายเป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มว่าขนานกับแกน x มีค่า $R = 0.4064$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีน้ำเงิน) สมการคือ $y = 358.2840\left(1 - e^{-329667.937\ x}\right)$ เป็นเส้นโค้ง มีลักษณะเป็นฟังก์ชันลดมีค่า $R = 1.0537 \times 10^{-8}$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีเหลือง) สมการคือ $y = 374.1683e^{-0.0145\ x}$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันลด มีค่า $R = 0.3994$

- กราฟของสมการแสดงอัตราเจริญแบบอิ่มตัว(เส้นสีดำ) สมการคือ $y = \dfrac{348.7263\ x}{-0.0578 + x}$ เป็นเส้นโค้ง มีลักษณะเป็นฟังก์ชันลด มีค่า $R = 0.3484$ ซึ่งเราไม่สามารถเลือกกราฟของสมการได้เนื่องจากค่า R มีค่าต่ำกว่า 1 มากๆ ทำให้ต้องกลับไปพิจารณาแบบจำลองอื่นๆหรือแบบจำลองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

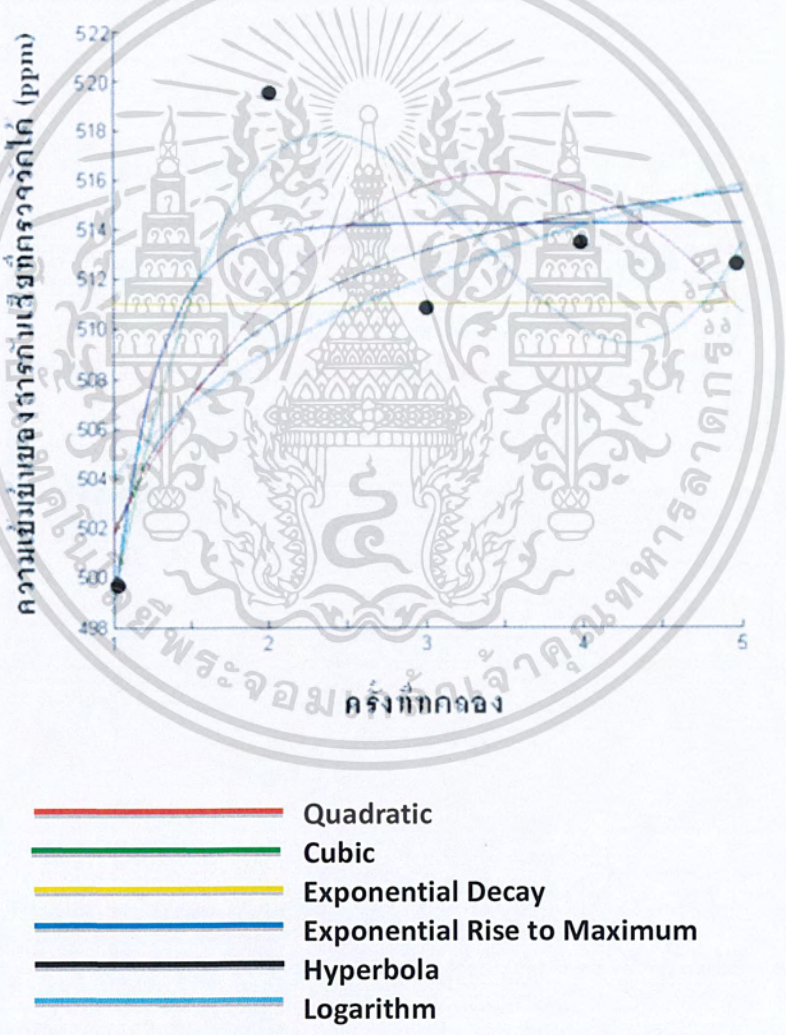
ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ต่อ ซึ่งพบว่าสมการคือ

$y = 264.464 - 160.7098\ x - 67.4111\ x^2 + 7.8492\ x^3$ มีค่า $R = 0.8793$ และ สมการกำลังสอง(เส้นสีแดง)สมการคือ $y = 396.3300 - 24.5306\ x + 3.2314\ x^2$ มีค่า $R = 0.4946$

ด้วยรายละเอียดข้อมูลข้างต้น ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ

$y = 264.464 - 160.7098\ x - 67.4111\ x^2 + 7.8492\ x^3$ เพราะพิจารณาจากค่า R ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

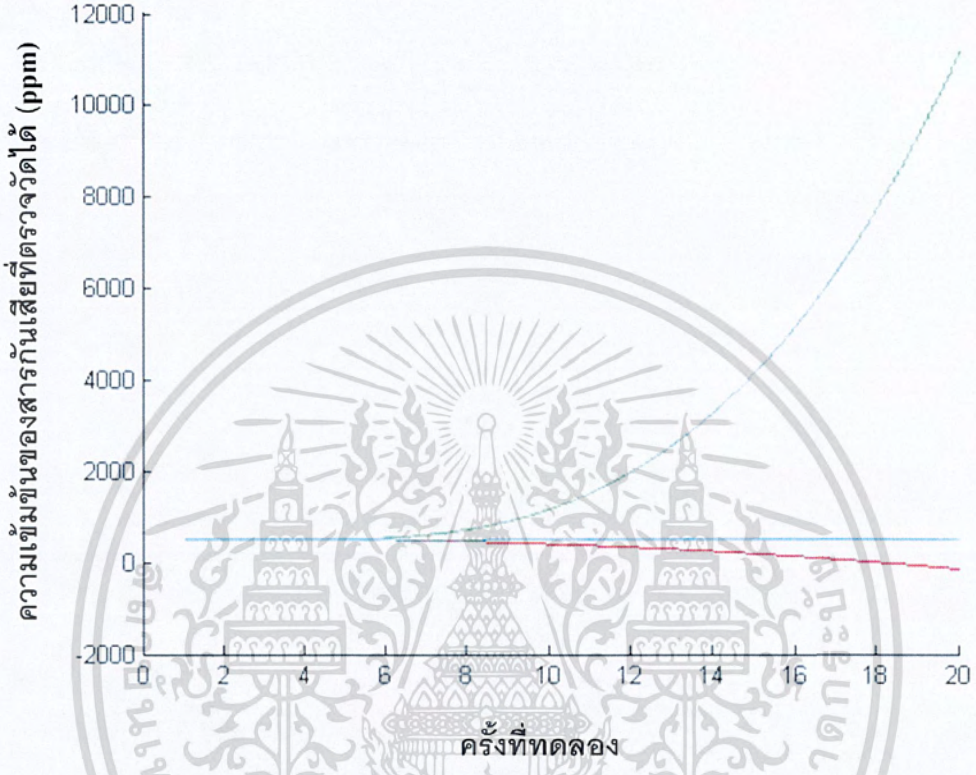
4.2.1.2 แชมพู Loreal



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Loreal (ppm) x=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

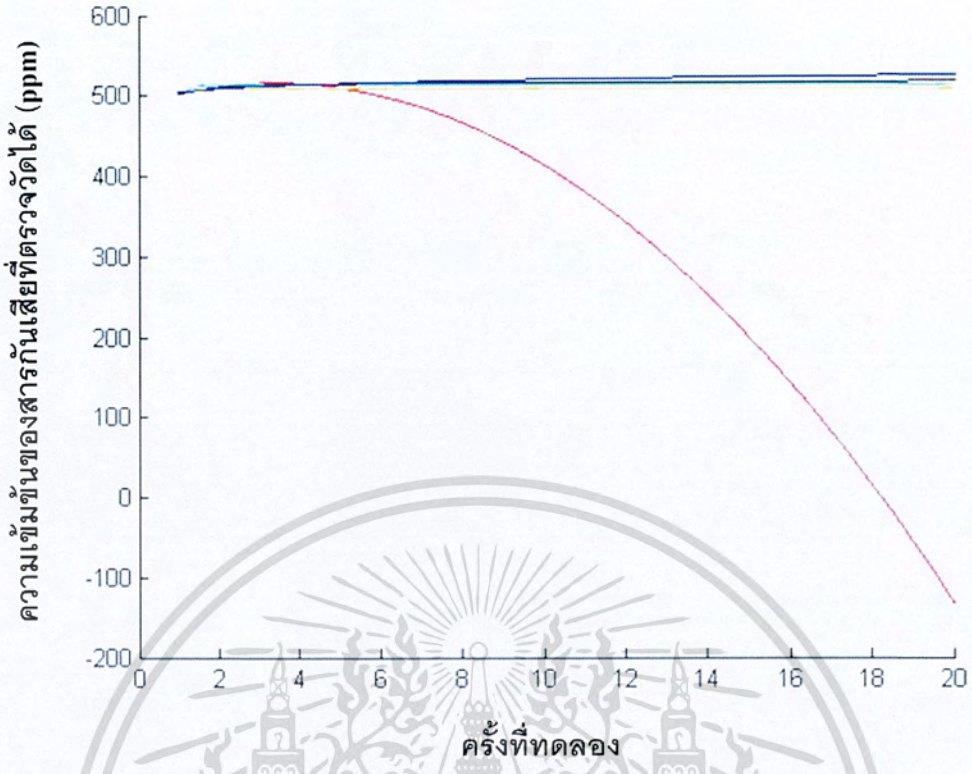
จากกราฟด้านบนแสดงครั้งที่ทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ในแต่ละครั้ง ซึ่งทำการทดลอง 5 ครั้ง และกราฟถัดไปได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จนถึงครั้งที่ 20



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ

จากกราฟเราได้ตัดเส้นกราฟของของสมการกำลังสาม(เส้นสีเขียว) เนื่องจากกราฟมีแนวโน้มสู่ค่าอนันต์จะได้ดังกราฟดังรูปที่ 4.22

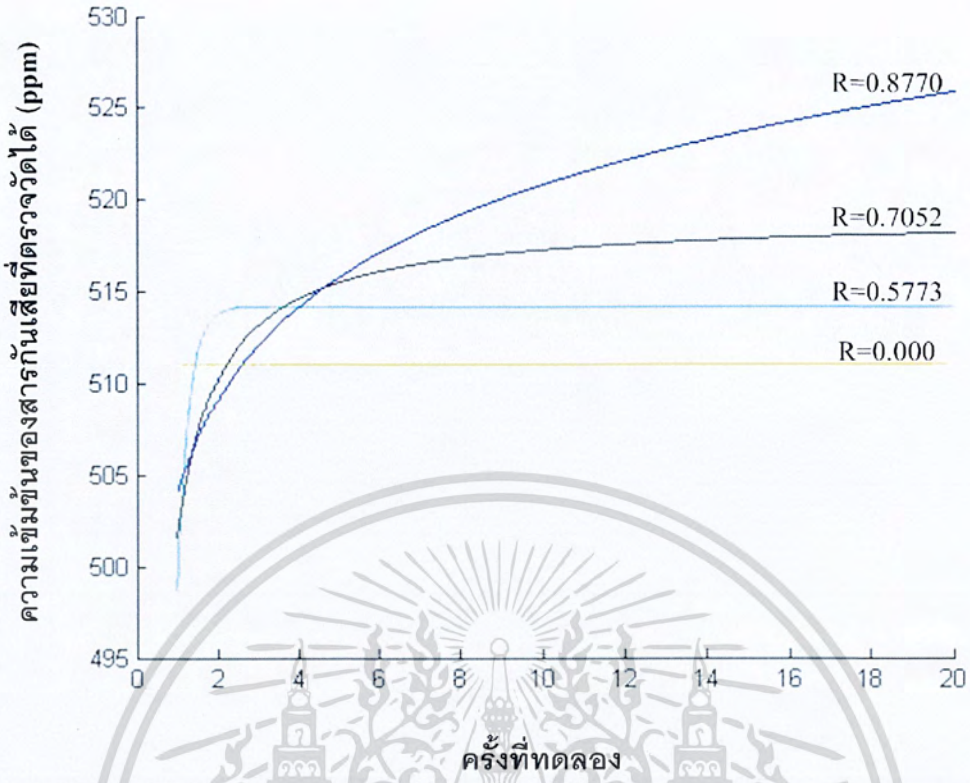
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ

พิจารณาการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากลักษณะของกราฟที่ได้ในรูปที่ 4.22 พบว่าแนวโน้มควรจะเป็นกลุ่มสมการที่ใกล้ๆกันดังนี้พิจารณารูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Loreal (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R

จากกราฟแสดงครั้งที่ทำการทดลอง กับ ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ของแชมพู Loreal จากเส้นสมการทั้ง 4 พบว่า

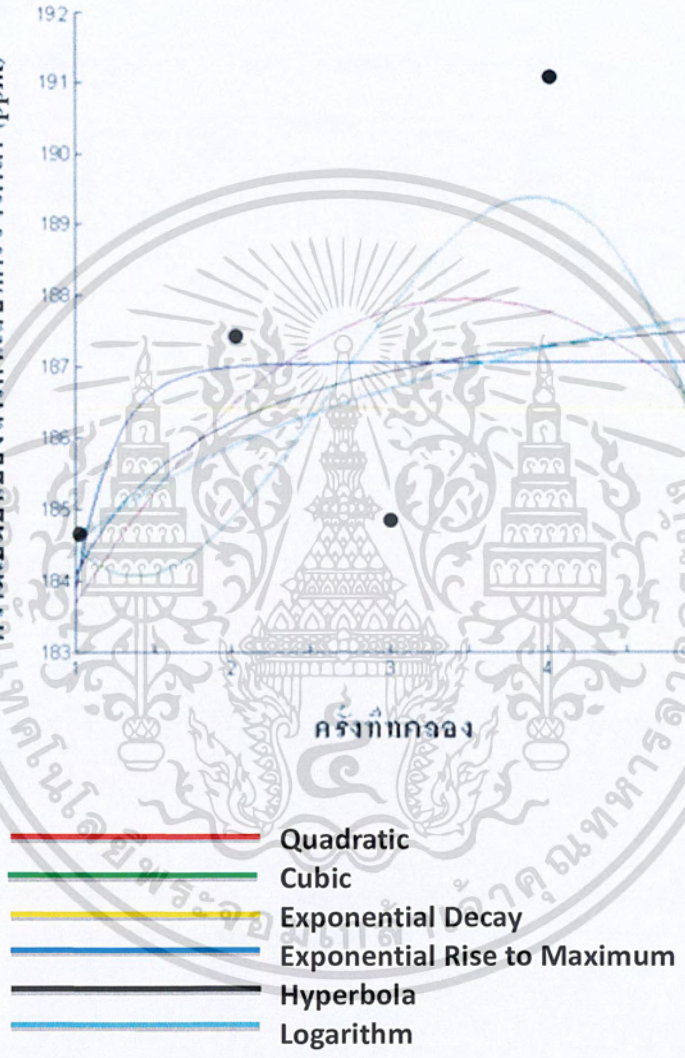
- กราฟของลอการิทึม (เส้นสีฟ้า) สมการคือ $y = 504.0402 + 7.2813\ln|x|$ เป็นเส้นโค้งที่เมื่อตอนท้ายๆ แล้วเริ่มใกล้สู่ค่าๆหนึ่ง มีค่า $R = 0.5773$
- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีน้ำเงิน) สมการคือ $y = 514.2298\left(1 - e^{-3.4957\ x}\right)$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นเพิ่ม มีค่า $R = 0.8770$
- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีเหลือง) สมการคือ $y = 511.012e^{-\left(4.8078\times10^{-13}\right)x}$ เป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มขนานกับแกน x มีค่า $R = 0$
- กราฟของสมการแสดงอัตราเจริญแบบอิ่มตัว(เส้นสีดำ) สมการคือ $y = \dfrac{519.0853\ x}{0.0348 + x}$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่มมีค่า $R = 0.7052$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยรายละเอียดข้อมูลข้างต้น ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ

$y = 514.2298\left(1 - e^{-3.4957\ x}\right)$ เพราะพิจารณาจากค่า R ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

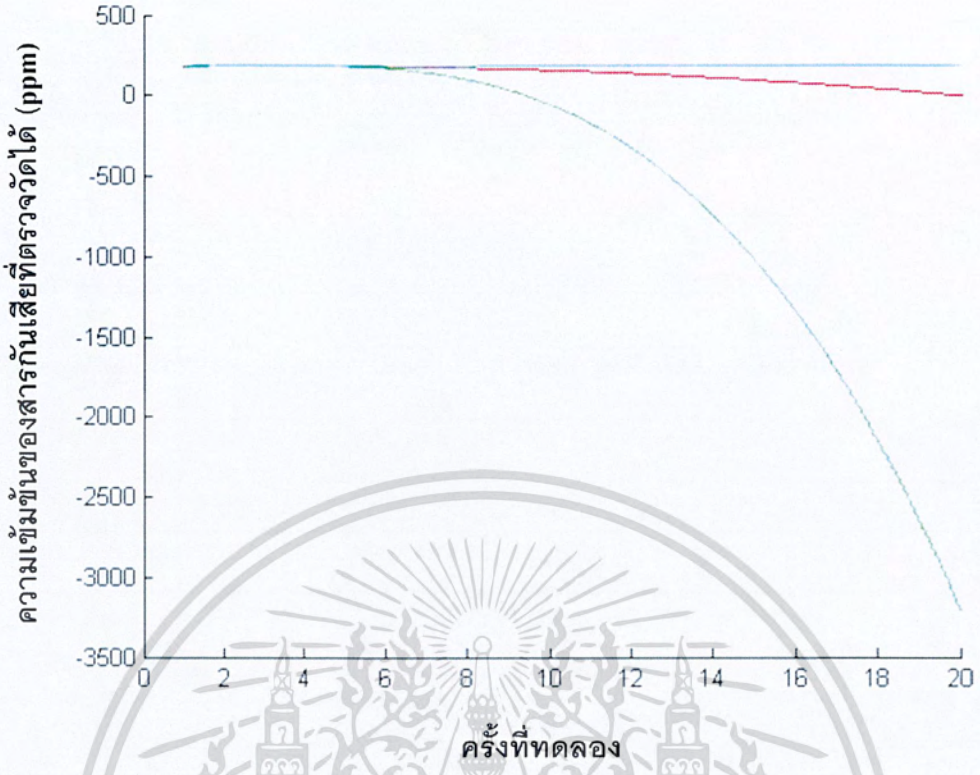
4.2.1.3 แชมพู Sunsilk



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=5

จากกราฟข้างบนแสดงครั้งที่ทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ ซึ่งทำการทดลอง 5 ครั้ง และกราฟด้านล่างได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จนถึงครั้งที่ 20

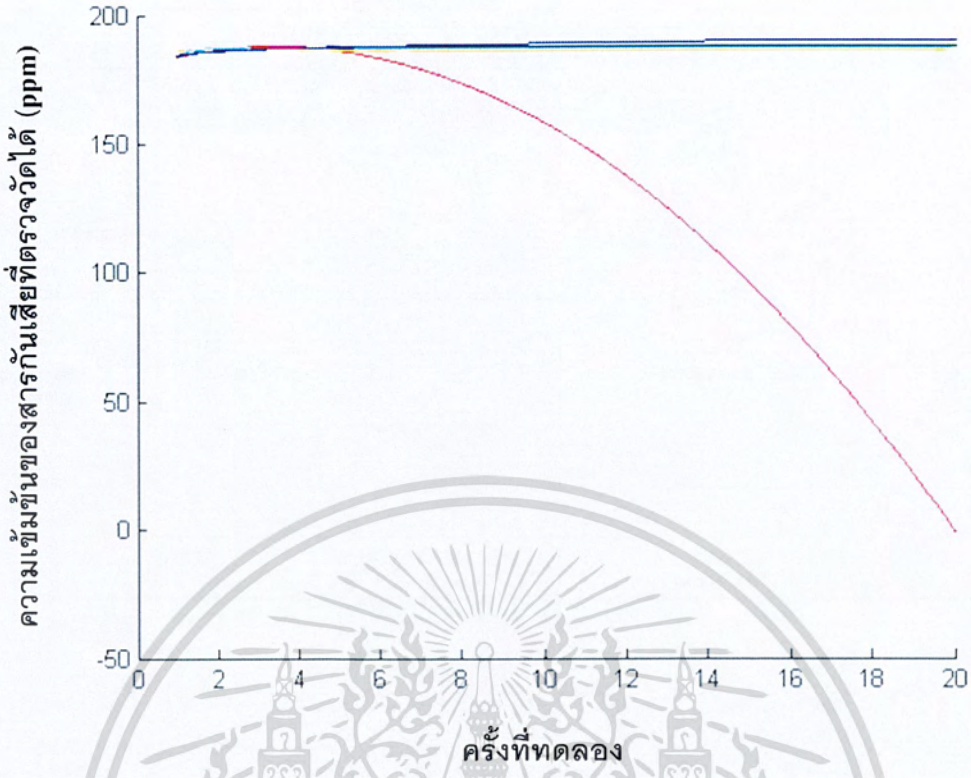
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ

จากกราฟ เราได้ตัดเส้นกราฟของของสมการกำลังสาม(เส้นสีเขียว) เนื่องจากกราฟมีแนวโน้มสู่ค่าอนันต์ทางลบจะได้ดังรูปที่ 4.26

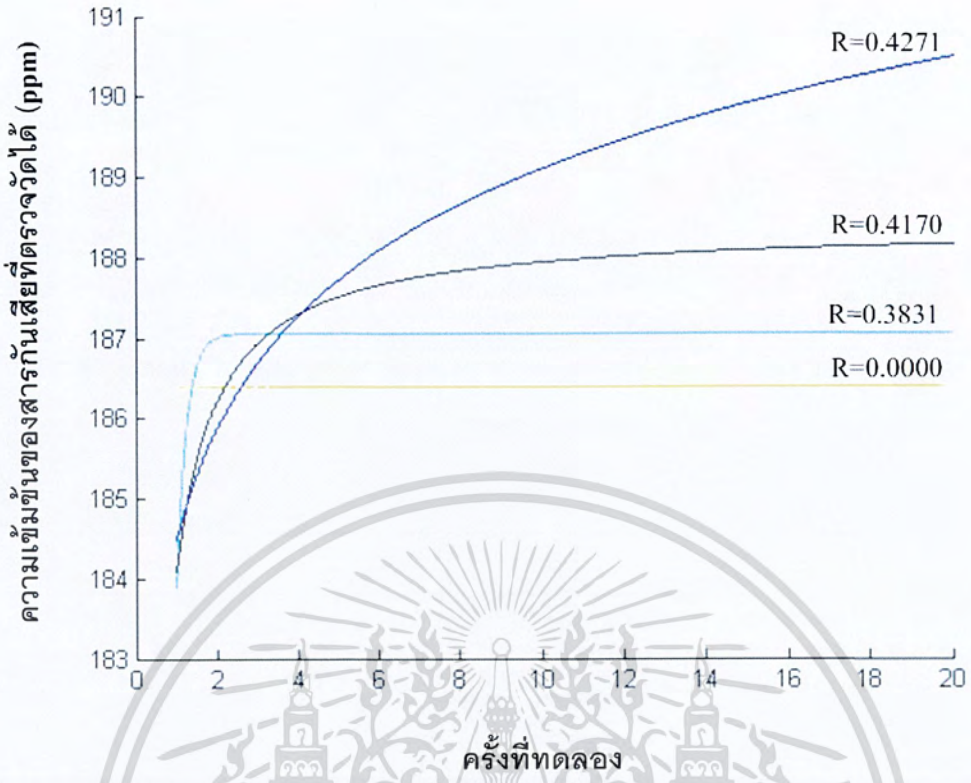
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ

พิจารณาการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากลักษณะของกราฟที่ได้ในรูปที่ 4.26 พบว่าแนวโน้มควรจะเป็นกลุ่มสมการที่ใกล้ๆกันดังนี้พิจารณารูปที่ 4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Sunsilk (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R

จากกราฟแสดงครั้งที่ทำการทดลอง กับ ความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ของแชมพู Sunsilk จากเส้นสมการทั้ง 4 พบว่า

- กราฟของลอการิทึม (เส้นสีฟ้า) สมการคือ $y = 184.4944 + 2.0007 \ln|x|$ เป็นเส้นโค้งที่เมื่อตอนท้ายๆ แล้วเริ่มใกล้สู่ค่าๆหนึ่ง มีค่า $R = 0.3831$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล (เส้นสีน้ำเงิน) สมการคือ $y = 187.0567\left(1 - e^{-4.0750\ x}\right)$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม มีค่า $R = 0.4271$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล (เส้นสีเหลือง) สมการคือ $y = 186.41e^{\left(-1.5181\times10^{-12}\right)x}$ เป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มขนานกับแกน x มีค่า $R = 0$

- กราฟของสมการแสดงอัตราเจริญแบบอิ่มตัว(เส้นสีดำ) สมการคือ $y = \dfrac{188.3831\ x}{0.0233 + x}$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่มมีค่า $R = 0.4170$ ซึ่งเราไม่สามารถเลือกกราฟของสมการได้ เนื่องจากค่า R มีค่าต่ำกว่า 1 มากๆ ทำให้ต้องกลับไปพิจารณาแบบจำลองอื่นๆหรือแบบจำลองที่ไม่ได้นำมา

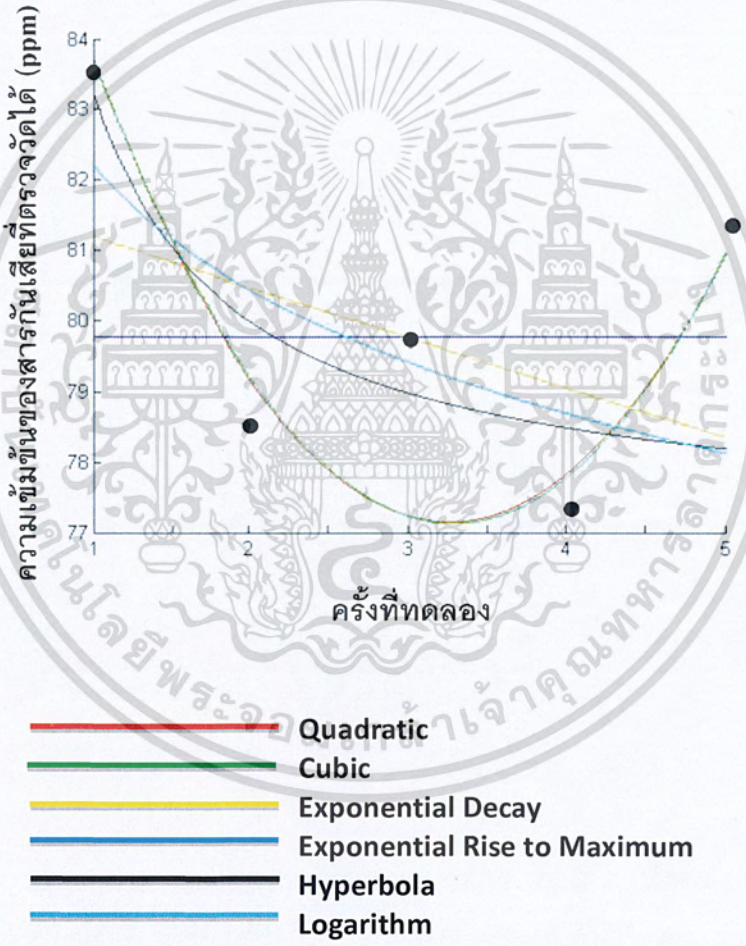
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ต่อ ซึ่งพบว่าจะเหลือ Cubic (เส้นสีเขียว) สมการคือ

$y = 190.66 + \left(-10.7614\right)\ x + 5.2486\ x^2 - 0.66\ x^3$ มีค่า $R = 0.6284$ และ Quadratic สมการคือ $y = 179.572 + 4.8146\ x - 0.6914\ x^2$ (เส้นสีแดง)มีค่า $R = 0.5026$

ด้วยรายละเอียดข้อมูลข้างต้น ดังนั้นไม่สามารถเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดได้ เพราะไม่มีสมการใดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาจากค่า R ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดแล้วยังไม่ใกล้เคียง

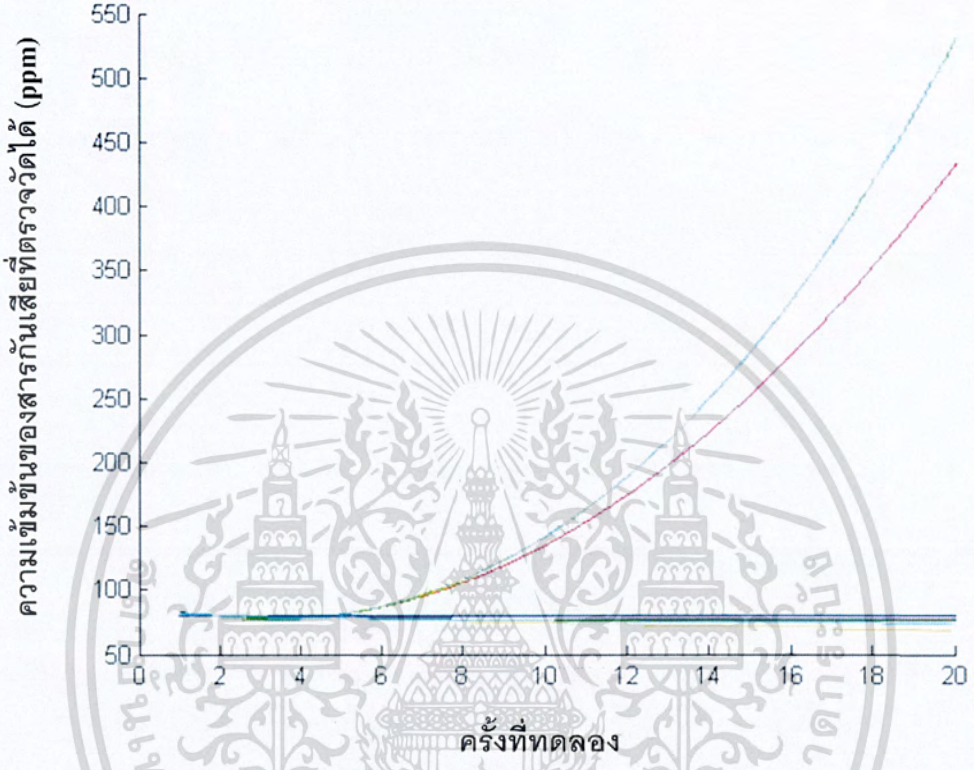
4.2.1.4 แชมพู Bergamot



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Bergamot (ppm) x=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

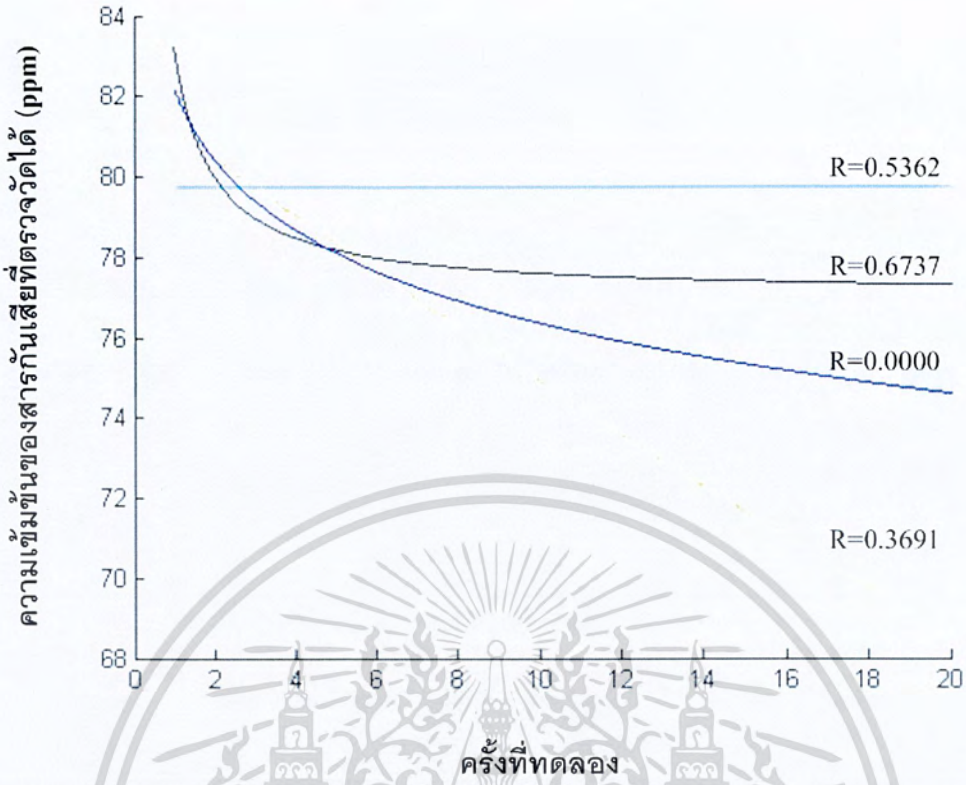
จากกราฟด้านบนแสดงครั้งที่ทำการทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ ซึ่งทำการทดลอง 5 ครั้ง และกราฟด้านล่างได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จนถึงครั้งที่ 20



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทดลอง ในแชมพู Bergamot (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ

จากกราฟ เราได้แบ่งเส้นกราฟของของสมการกำลังสาม (เส้นสีเขียว) และสมการกำลังสอง (เส้นสีแดง) เป็น 1 กลุ่มและกราฟที่เหลืออีก 1 กลุ่มในการพิจารณาหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณา 4 สมการก่อนดังรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Bergamot (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R

จากกราฟแสดงครั้งที่ทำการทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ของแชมพู Bergamot จากเส้นสมการทั้ง 4 พบว่า

- กราฟของลอการิทึม(เส้นสีฟ้า) สมการคือ $y = 82.2018 + \left(-2.5293\right)\ln\left|x\right|$ ในตอนท้ายเป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มขนานกับแกน x มีค่า $R = 0.5362$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีน้ำเงิน) สมการคือ $y = 79.78\left(1 - e^{-949867.2826\ x}\right)$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันลด มีค่า $R = 0$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล (เส้นสีเหลือง) สมการคือ $y = 81.9252e^{-0.0089\ x}$ เป็นเส้นโค้งที่มีลักษณะเป็นฟังก์ชันลด มีค่า $R = 0.3691$

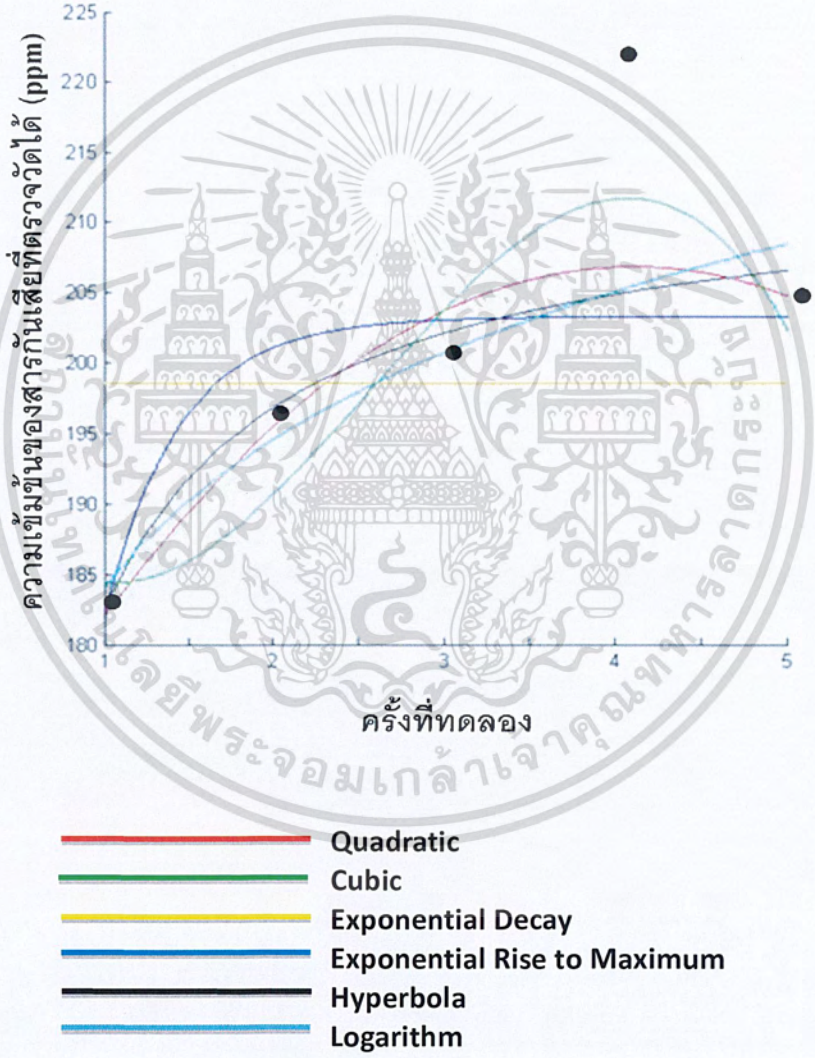
- กราฟของสมการแสดงอัตราเจริญแบบอิ่มตัว(เส้นสีดำ) สมการคือ $y = \dfrac{77.0322\ x}{-0.0743 + x}$ เป็นเส้นโค้ง มีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นลดมีค่า $R = 0.6737$ ซึ่งเราไม่สามารถเลือกกราฟของสมการได้เนื่องจากค่า R มีค่าต่ำกว่า 1 มากๆ ทำให้ต้องกลับไปพิจารณาแบบจำลองอื่นๆหรือแบบจำลองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ต่อ ซึ่งพบว่า สมการคือ $y = 90.41 - 7.84\ x + 1.09\ x^2 + 0.02\ x^3$ มีค่า $R = 0.8726$ และสมการกำลังสอง(เส้นสีแดง)สมการคือ $y = 90.746 + \left(-8.312\right)x + 1.27x^2$ มีค่า $R = 0.8725$

ด้วยรายละเอียดข้อมูลข้างต้น ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ $y = 90.41 - 7.84\ x + 1.09\ x^2 + 0.02\ x^3$ เพราะพิจารณาจากค่า R ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

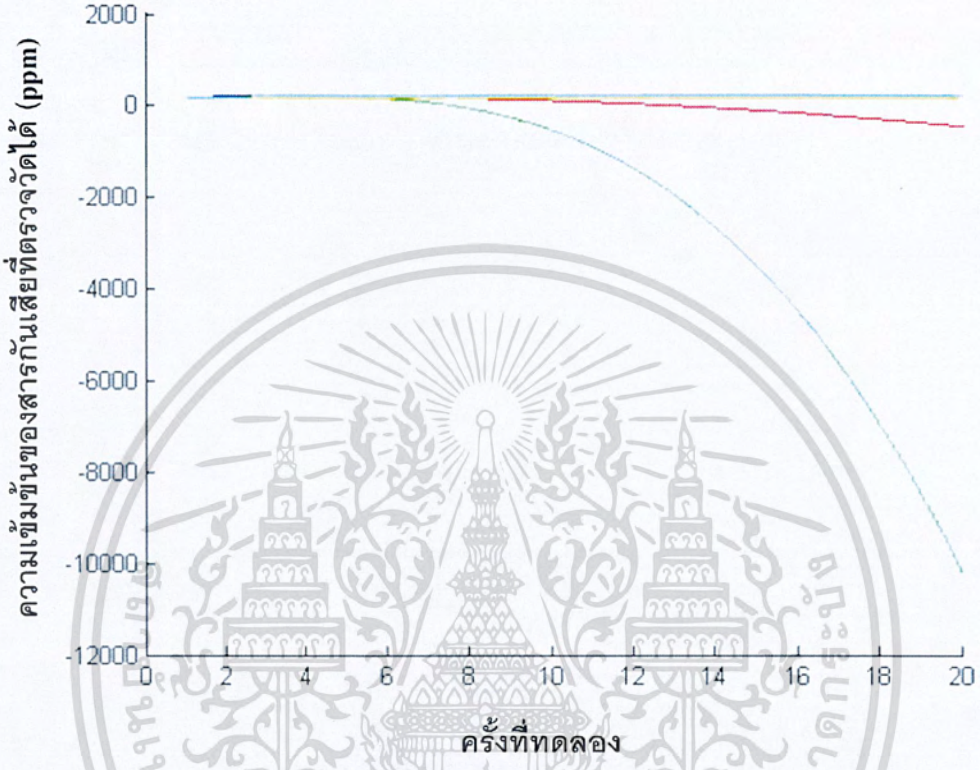
4.2.1.5 แชมพู Schwazkopf



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

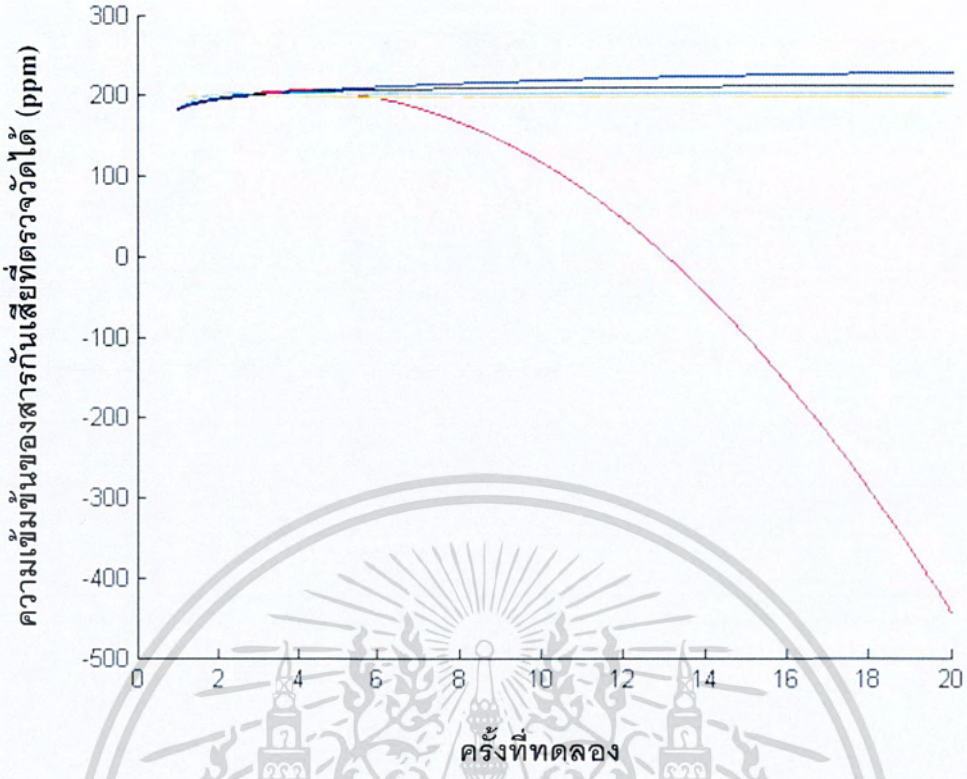
จากกราฟด้านบนแสดงครั้งที่ทำการทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ ซึ่งทำการทดลอง 5 ครั้ง และกราฟด้านล่างได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จนถึงครั้งที่ 20



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในเชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 6 สมการ

จากกราฟ เราได้ตัดเส้นกราฟของของสมการกำลังสาม (เส้นสีเขียว) เนื่องจากกราฟมีแนวโน้มสู่ค่าลบอนันต์จะได้ดังรูปที่ 4.32

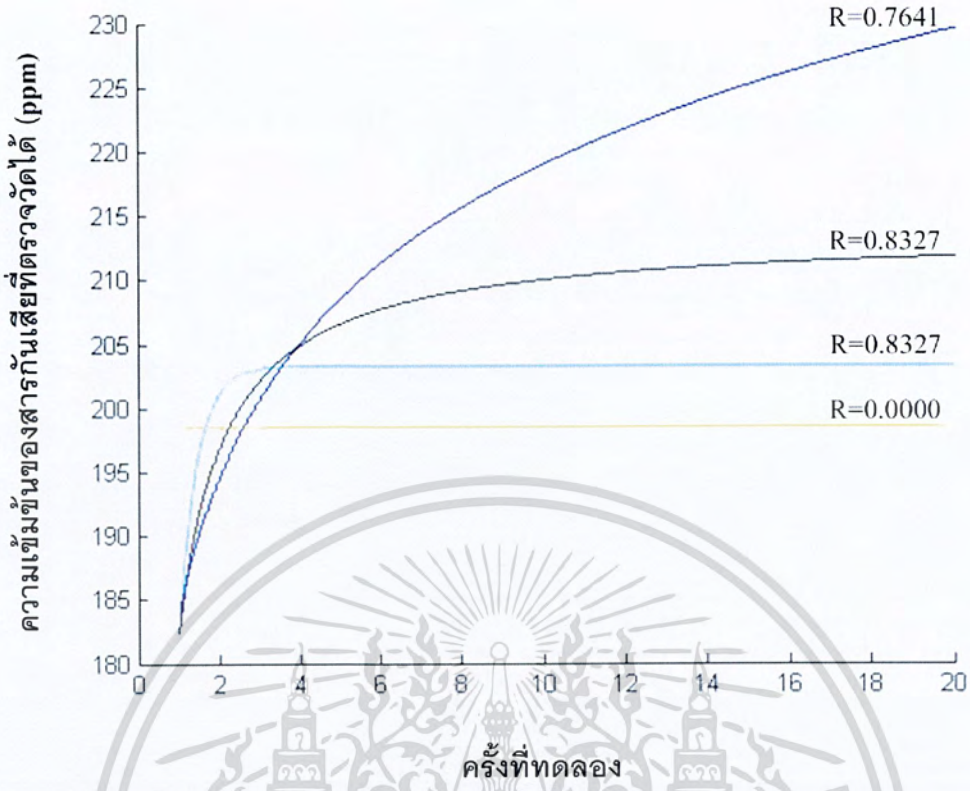
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลองในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 5 สมการ

พิจารณาการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากลักษณะของกราฟที่ได้ในรูปที่ 4.34 พบว่าแนวโน้มควรจะเป็นกลุ่มสมการที่ใกล้ๆกันดังนี้พิจารณารูปที่ 4.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้กับครั้งที่ทำการทดลอง ในแชมพู Schwazkopf (ppm) x=20 แบบ 4 สมการ และค่า R

จากกราฟแสดงครั้งที่ทดลองกับความเข้มข้นของสารกันเสียที่ตรวจวัดได้ของแชมพู Schwazkopf จากเส้นสมการทั้ง 4 พบว่า

- กราฟของลอการิทึม(เส้นสีฟ้า) สมการคือ $y = 184.0248 + 15.1867 \ln|x|$ เป็นเส้นโค้งที่ในตอนท้าย แล้วเริ่มใกล้สู่ค่าๆหนึ่ง มีค่า $R = 0.8327$

- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล(เส้นสีน้ำเงิน) สมการคือ $y = 203.3089\left(1 - e^{-2.2559\ x}\right)$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม มีค่า $R = 0.7641$

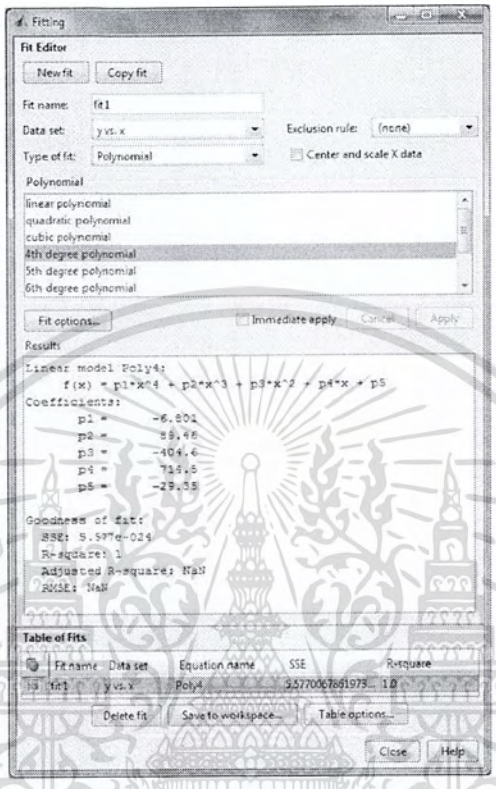
- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียล (เส้นสีเหลือง) สมการคือ $y = 198.5660e^{-\left(1.2394\times10^{-12}\right)x}$ เป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มขนานกับแกน x มีค่า $R = 0$

- กราฟของสมการแสดงอัตราเจริญแบบอิ่มตัว(เส้นสีดำ) สมการคือ $y = \dfrac{213.6111\ x}{0.1707 + x}$ เป็นเส้นโค้งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม มีค่า $R = 0.8359$ ด้วยรายละเอียดข้อมูลข้างต้น ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ $y = \dfrac{213.6111\ x}{0.1707 + x}$ เพราะพิจารณาจากค่า R ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย MATLAB

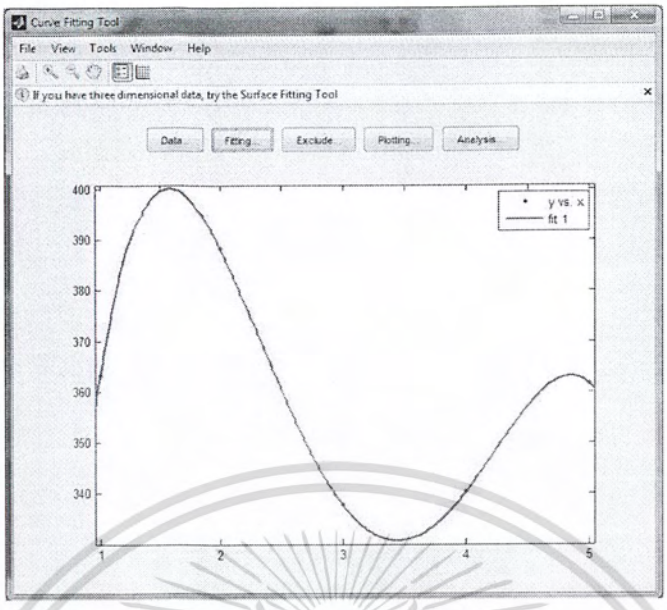
4.2.2.1 แชมพู Johnson



รูปที่ 4.35 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Johnson

เลือก Type of fit : Polynomial จากนั้นเลือกสมการใน List box Polynomial: 4th degree จะได้สมการคือ $f(x) = -6.801\,x^4 + 89.46\,x^3 - 404.6\,x^2 + 714.5\,x - 29.35$, $R^2 = 1$, $R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

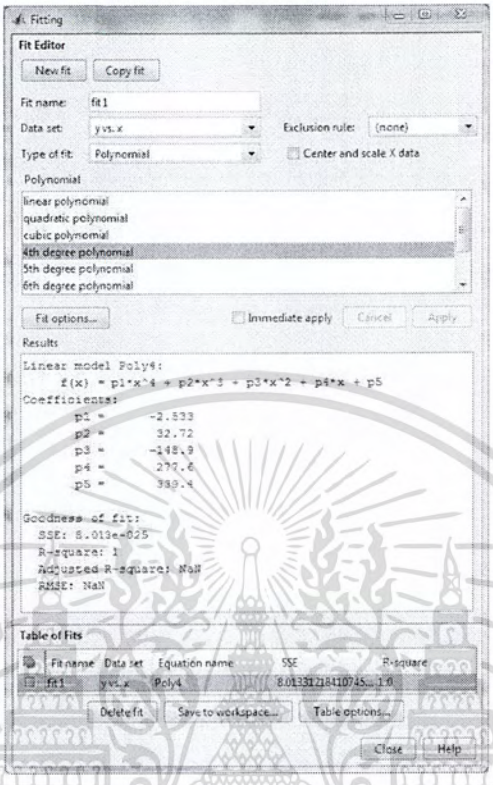


รูปที่ 4.36 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Johnson

จากสมการกำลังสี่จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพรูปที่ 4.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

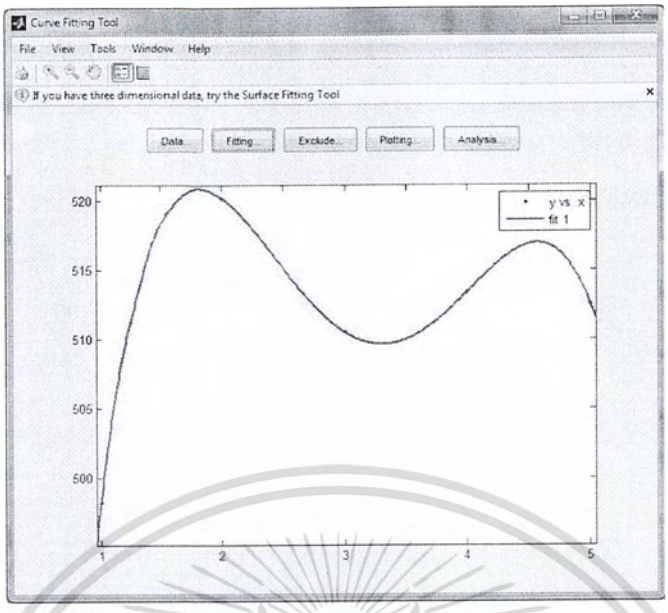
4.2.2.2 แชมพู Loreal



รูปที่ 4.37 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Loreal

เลือก Type of fit : Polynomial จากนั้นเลือกสมการใน List box Polynomial: 4th degree จะได้สมการคือ $f(x) = -2.533\,x^4 + 32.72\,x^3 - 148.9\,x^2 + 277.6\,x + 339.4, R^2 = 1,$ $R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

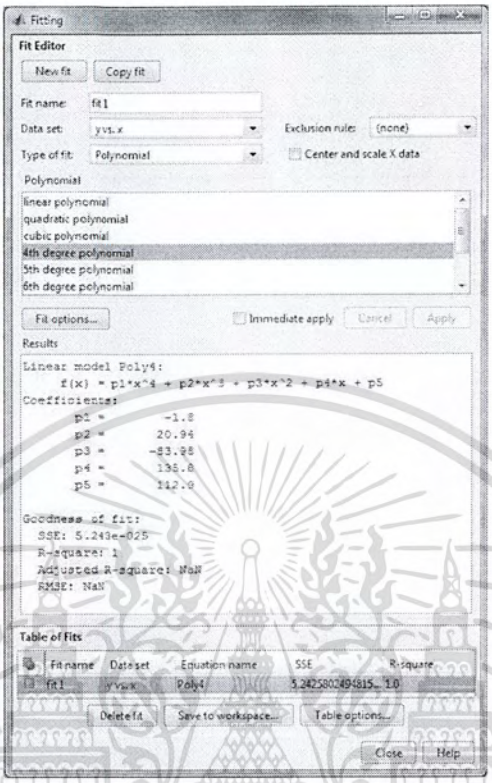


รูปที่ 4.38 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Loreal

จากสมการกำลังสี่จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพรูปที่ 4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

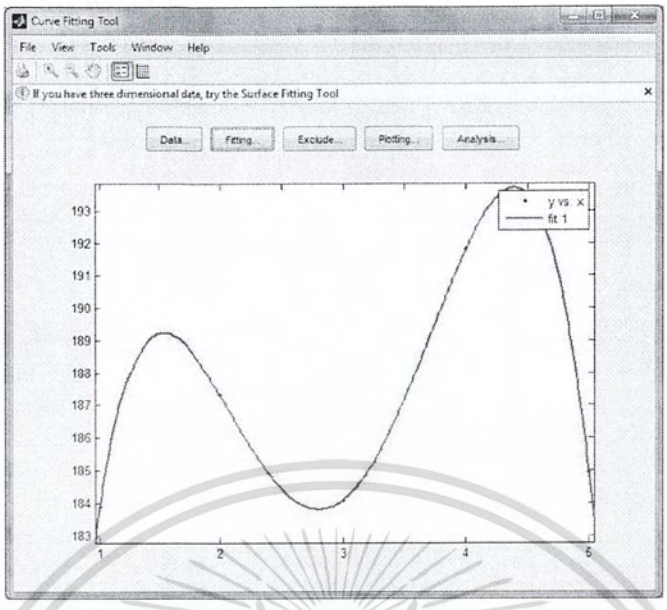
4.2.2.3 แชมพู Sunsilk



รูปที่ 4.39 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Sunsilk

เลือก Type of fit : Polynomial จากนั้นเลือกสมการใน List box Polynomial: 4th degree จะได้สมการคือ $f(x) = -1.8\,x^4 + 20.94\,x^3 - 83.98\,x^2 + 135.8\,x + 112.9, R^2 = 1, R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

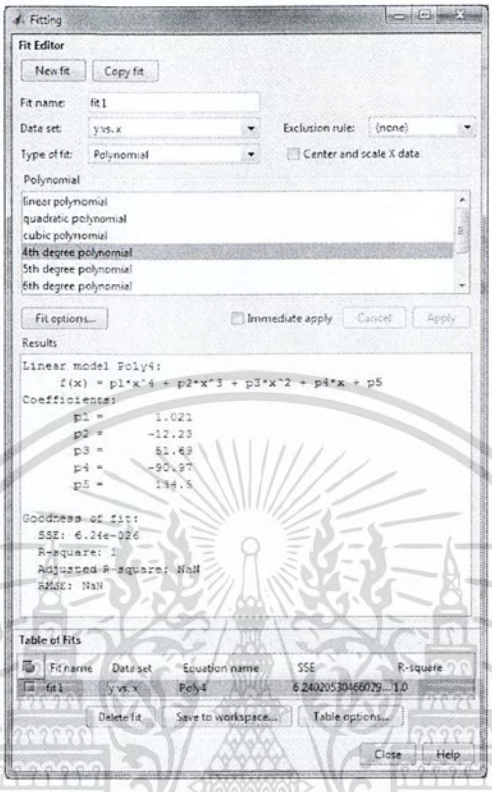


รูปที่ 4.40 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Sunsilk

จากสมการกำลังสี่จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพรูปที่ 4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

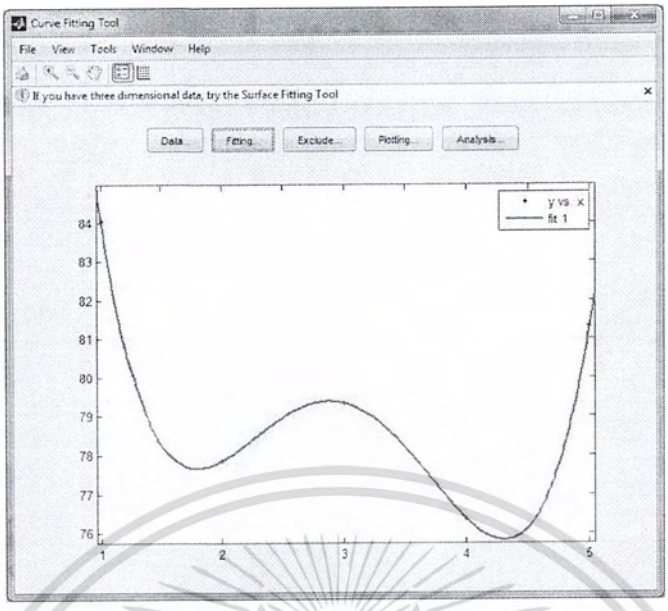
4.2.2.4 แชมพู Bergamot



รูปที่ 4.41 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Bergamot

เลือก Type of fit : Polynomial จากนั้นเลือกสมการใน List box Polynomial: 4th degree จะได้สมการคือ $f(x) = 1.021\ x^4 - 12.23\ x^3 + 51.69\ x^2 - 90.97\ x + 134.5, R^2 = 1,$ $R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

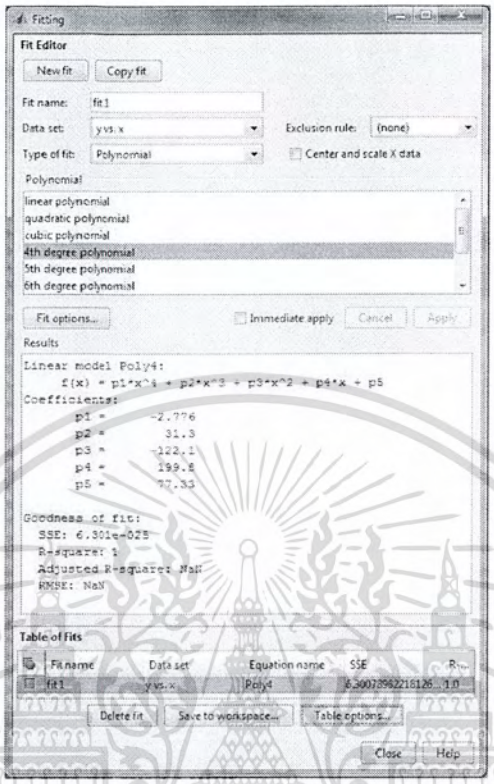


รูปที่ 4.42 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Bergamot

จากสมการกำลังสี่จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพรูปที่ 4.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

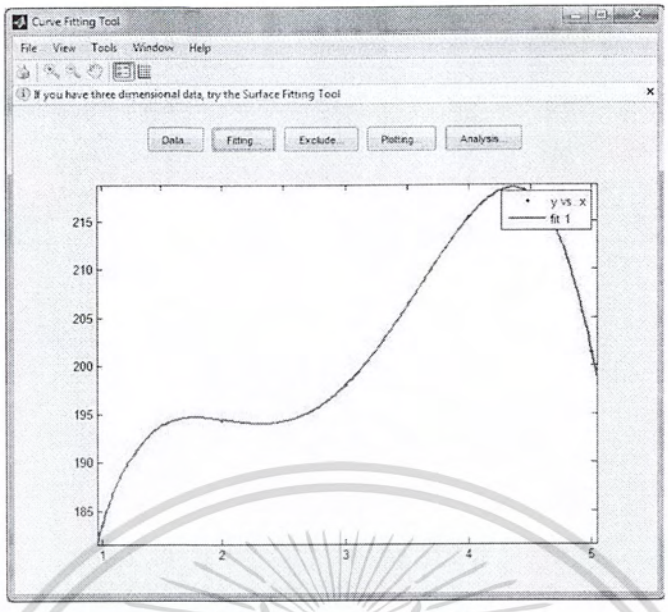
4.2.2.5 แชมพู Schwazkopf



รูปที่ 4.43 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนการวาดกราฟของแชมพู Schwazkopf

เลือก Type of fit : Polynomial จากนั้นเลือกสมการใน List box Polynomial: 4th degree จะได้สมการคือ $f(x) = -2.776\,x^4 + 31.3\,x^3 - 122.1\,x^2 - 199.8\,x + 77.33$, $R^2 = 1$, $R = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แผนภาพแสดงใช้งานในส่วนของกราฟจากข้อมูลของแชมพู Schwazkopf

จากสมการกำลังสี่จะสามารถวาดกราฟได้ออกมาดังภาพรูปที่ 4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองด้วย SigmaPlot และ MATLAB

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในการทดลองแต่ละแชมพูตัวอย่างกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองด้วย SigmaPlotและ MATLAB

โปรแกรม / แชมพู	SigmaPlot		MATLAB	
	สมการ	R	สมการ	R
Johnson	$y = 264.464 - 160.7098x - 67.4111x^2 + 7.8492x^3$	0.8793	$f(x) = -6.801x^4 + 89.46x^3 - 404.6x^2 + 714.5x - 29.35$	1.000
Loreal	$y = 514.2298\left(1 - e^{-3.4957x}\right)$	0.8770	$f(x) = -2.533x^4 + 32.72x^3 - 148.9x^2 + 277.6x + 339.4$	1.000
Sunsilk	-	-	$f(x) = -1.8x^4 + 20.94x^3 - 83.98x^2 + 135.8x + 112.9$	1.000
Bergamot	$y = 90.41 - 7.84x + 1.09x^2 + 0.02x^3$	0.8726	$f(x) = 1.021x^4 - 12.23x^3 + 51.69x^2 - 90.97x + 134.5$	1.000
Schwazkopf	$y = \frac{213.6111x}{0.1707 + x}$	0.8359	$f(x) = -2.776x^4 + 31.3x^3 - 122.1x^2 - 199.8x + 77.33$	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสารกันเสียในแชมพูสระผมนี้ เป็นการนำข้อมูลผลลัพธ์จากงานวิจัย "การวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสียในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง" โดยสามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ

- ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูแต่ละตัวอย่าง โดยพิจารณาเทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ
- ความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

โดยที่ทั้งสองแบบจำลองข้างต้นใช้หลักการและทฤษฎีบทพื้นฐานเกี่ยวกับสมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด และการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งใช้โปรแกรม SigmaPlot และ MATLAB เป็นเครื่องมือช่วยในการหาแบบจำลองทั้งสอง และได้ผลลัพธ์คือ

○ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารกันเสียในแชมพูแต่ละตัวอย่างโดยพิจารณาเทียบกับสารละลายสารกันเสียมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าทั้งสองโปรแกรมให้ผลลัพธ์เหมือนกันคือ

Johnson คือ $y = 17.9140\ x - \left(9.0949 \times 10^{-13}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.0000

Loreal คือ $y = 25.5505\ x - \left(1.8190 \times 10^{-12}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sunsilk คือ $y = 3.9890\ x - \left(4.5475 \times 10^{-13}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.0000

Bergamot คือ $y = 9.8125\ x - \left(4.5475 \times 10^{-13}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.0000

Schwazkopf คือ $y = 9.3205\ x - \left(9.094 \times 10^{-13}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.0000

○ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองมีรายละเอียดคือ

- *ผลลัพธ์ของโปรแกรม SigmaPlot*

Johnson คือ $y = 264.464 - 160.7098\ x - 67.4111\ x^2 + 7.8492\ x^3$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.8793

Loreal คือ $y = 514.2298\left(1 - e^{-3.4957\ x}\right)$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.8770

Bergamot คือ $y = 90.41 - 7.84\ x + 1.09\ x^2 + 0.02\ x^3$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.8726

Schwazkopf คือ $y = \dfrac{213.6111\ x}{0.1707 + x}$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.8359

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลลัพธ์ของโปรแกรม MATLAB

Johnson คือ $y = -6.801\,x^4 + 89.46\,x^3 - 404.6\,x^2 + 714.5\,x - 29.35$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.000

Loreal คือ $y = -2.533\,x^4 + 32.72\,x^3 - 148.9\,x^2 + 277.6\,x + 339.4$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.000

Sunsilk คือ $y = f(x) = -1.8x^4 + 20.94x^3 - 83.98x^2 + 135.8x + 112.9$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.000

Bergamot คือ $y = 1.021\,x^4 - 12.23\,x^3 + 51.69\,x^2 - 90.97\,x + 134.5$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.000

Schwazkopf คือ $y = -2.776\,x^4 + 31.3\,x^3 - 122.1\,x^2 - 199.8\,x + 77.33$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 1.000

ข้อสังเกต พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในตัวอย่างแชมพู Sunsilk ที่ตรวจวัดได้กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองไม่สามารถหาแบบจำลองที่เหมาะสมได้ด้วยโปรแกรม SigmaPlot แต่สามารถหาได้ด้วยโปรแกรม MATLAB เนื่องจากในโปรแกรม SigmaPlot นั้นไม่มี Routine ที่จะคำนวนด้วยสมการพหุนามกำลังสี่

5.2 ข้อเสนอแนะ

การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของสารกันเสียในแต่ละตัวอย่างที่ตรวจวัดได้ กับครั้งที่ทำการทดลอง จะสามารถหาได้เที่ยงตรงมากขึ้นหากมีการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีที่มีจำนวนครั้งมากกว่านี้ เพราะหากมีข้อมูลมากขึ้นอาจจะทำให้การหาแบบจำลองทางคณิตศาตร์ได้ความแม่นยำมากขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการทดลองด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ **การวิเคราะห์เชิงตัวเลข** สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2552

[2] รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทิพย์โยธา **คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป**ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ 2546

[3] Laurene V.N. Fausett ,**Applied numerical analysis using MATLAB** : Prentice-Hall,1999.

[4] M.Khabaza, **Numerical analysis**: Oxford : Pergamon Press, 1965

[5] นางสาวจินตรัตน์ พนาสุภน และคณะ **การวิเคราะห์หาปริมาณสารกันกันเสียในแชมพูสระผมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง** สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แชมพูจัดเป็นเครื่องสำอางประเภทหนึ่ง ดังนั้นจะต้องมีคุณลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง: ข้อกำหนดทั่วไป (มอก. 152-2539) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแชมพู (มอก. 162-2541) ดังนี้

1. ต้องไม่มีสารหรือวัตถุห้ามใช้ (มอก. 152-2539)
2. สารที่กำหนดปริมาณการใช้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (มอก. 152-2539)
3. สีที่ใช้ในเครื่องสำอาง ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (มอก. 152-2539)
4. การระคายเคืองต่อผิวหนัง ต้องไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง ดัชนีการระคายเคืองต่อผิวหนังต้องไม่เกิน 1 (มอก. 152-2539)
5. ความคงสภาพ คืออยู่ในสภาพที่ดี ไม่แปรสภาพหรือเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาตามที่กำหนด (มอก. 152-2539)
6. ต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมอื่นใดที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงจากกรรมวิธีผลิตตามปกติวิสัยและสิ่งแปลกปลอมอื่นใดที่ไม่ควรมีอยู่ในสารต่างๆของส่วนประกอบแชมพู
7. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด (มอก. 152-2539)
8. ต้องผ่านคุณลักษณะการใช้งาน 2 ประการ
    8.1 ความสามารถในการขจัดสิ่งสกปรก ฝุ่นละอองบนเส้นผมและหนังศีรษะ ทั้งในน้ำอ่อนและน้ำกระด้าง
    8.2 ความสามารถที่ทำให้ผมนุ่มสลวย หวีและจัดทรงได้ง่าย
9 ความเป็นกรดด่างในช่วง 5.0 – 8.0 (ยกเว้นแชมพูสำหรับเด็ก ค่าความเป็นกรดด่างในช่วง 6.5 – 7.5)
10 ต้องไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา
11 สารขจัดรังแค (เฉพาะแชมพูสำหรับขจัดรังแค) ต้องมีสารขจัดรังแคตามชนิดและปริมาณที่ระบุไว้ที่ฉลาก ไม่เกินร้อยละ 2

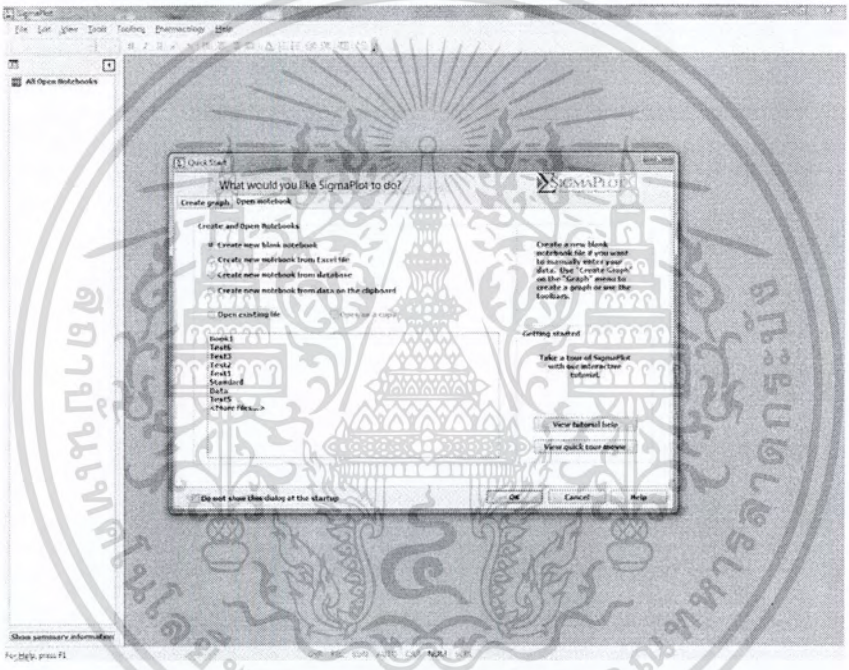
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การใช้งานโปรแกรม SigmaPlot

1. การกรอกข้อมูลลง SigmaPlot

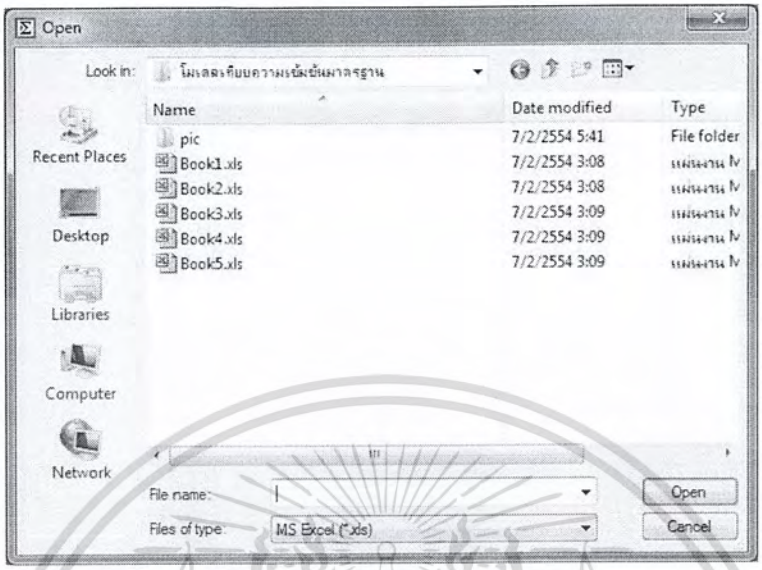
1.1 เมื่อทำการเปิดโปรแกรม SigmaPlot จะแสดงหน้าจอดังภาพ



รูปที่ ข-1 หน้าต่างแรกเมื่อเข้าใช้โปรแกรม SigmaPlot

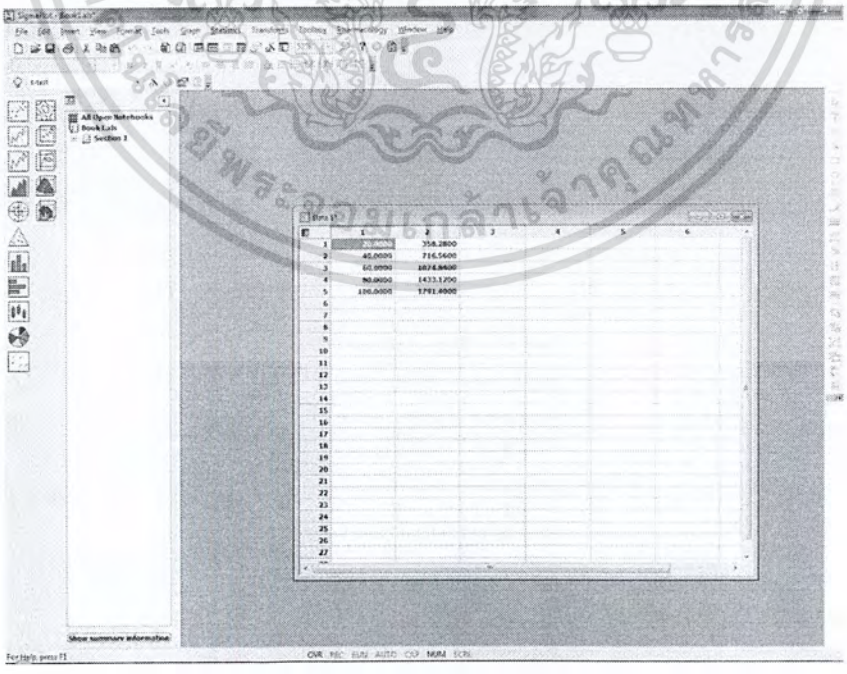
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ให้เลือก Create new notebook from Excel file แล้วกด OK แล้วจะแสดงผลดังภาพ



รูปที่ ข-2 หน้าต่างแสดงการเพิ่มข้อมูลจากโปรแกรม Excel

1.3 ให้กดเลือกไฟล์ Excel ที่ต้องการเปิดลงใน SigmaPlot แล้วกด Open แล้วจะแสดงผลดังภาพ

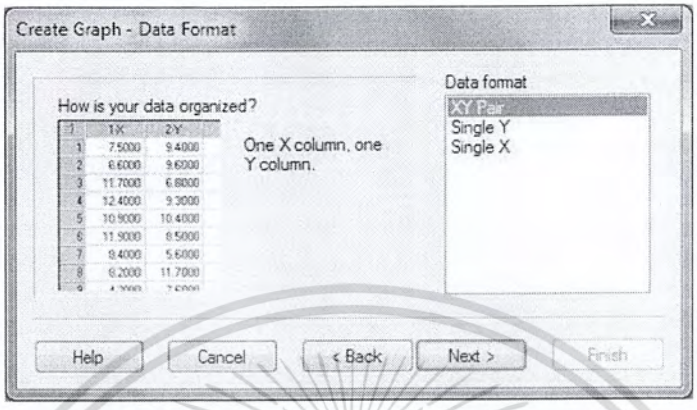


รูปที่ ข-3 แสดงข้อมูลจากนำข้อมูลมาใส่ใน SigmaPlot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

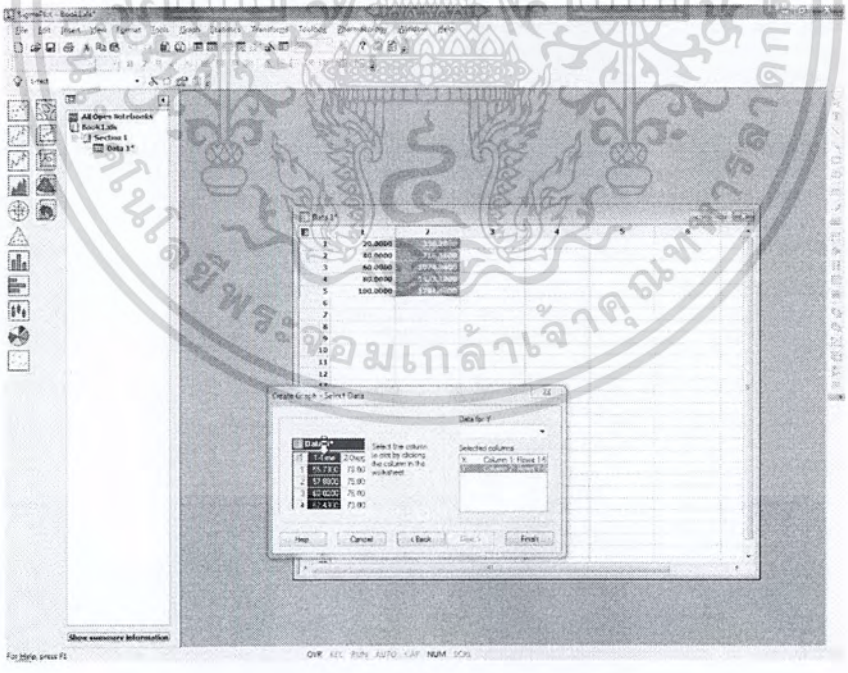
2. การคำนวณหาสมการที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล

2.1 ทำการคลิกที่ปุ่ม (Scatter Plot) และเลือก (Simple Scatter) จะแสดงผลดังภาพ



รูปที่ ข-4 แสดงการคำนวณหาสมการที่เหมาะสม

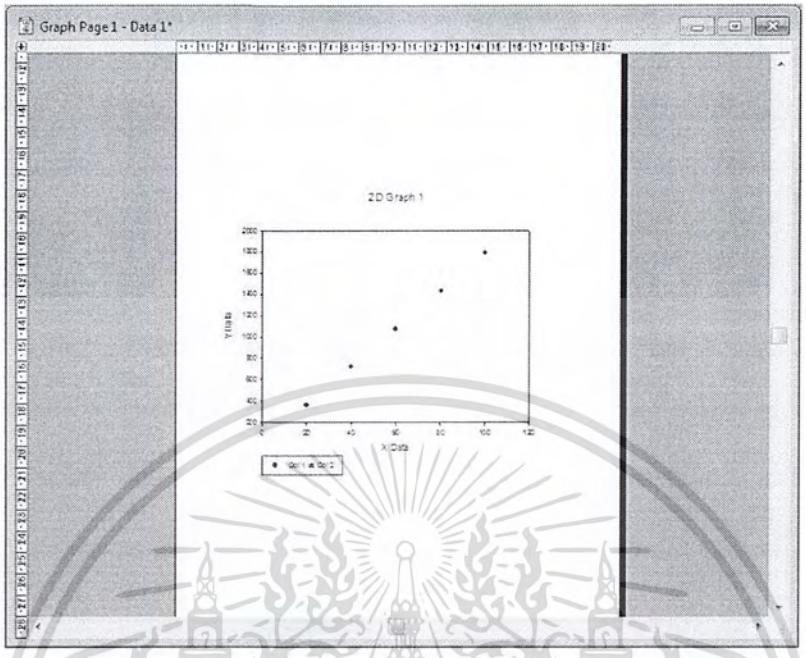
2.2 คลิกที่ปุ่ม Next และทำการเลือกข้อมูลใน คอลัมน์ที่ต้องการดังภาพ



รูปที่ ข-5 ตัวอย่างแสดงการคำนวณในโปรแกรม SigmaPlot

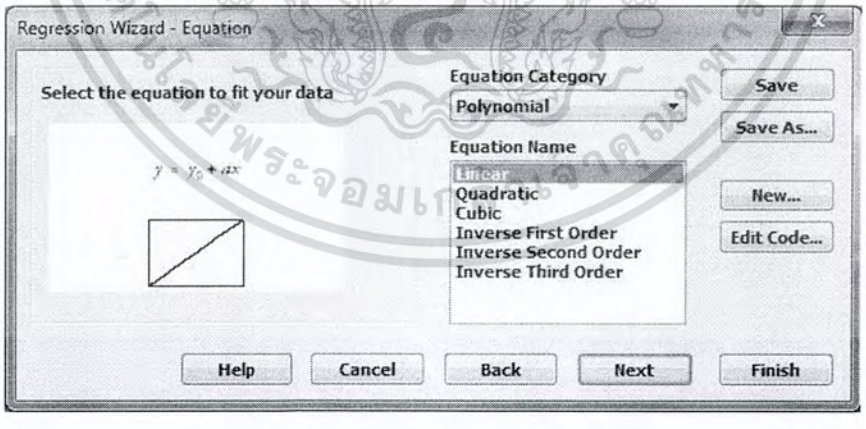
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทำการกด Finish แล้วจะได้ดังภาพ



รูปที่ ข-6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม SigmaPlot

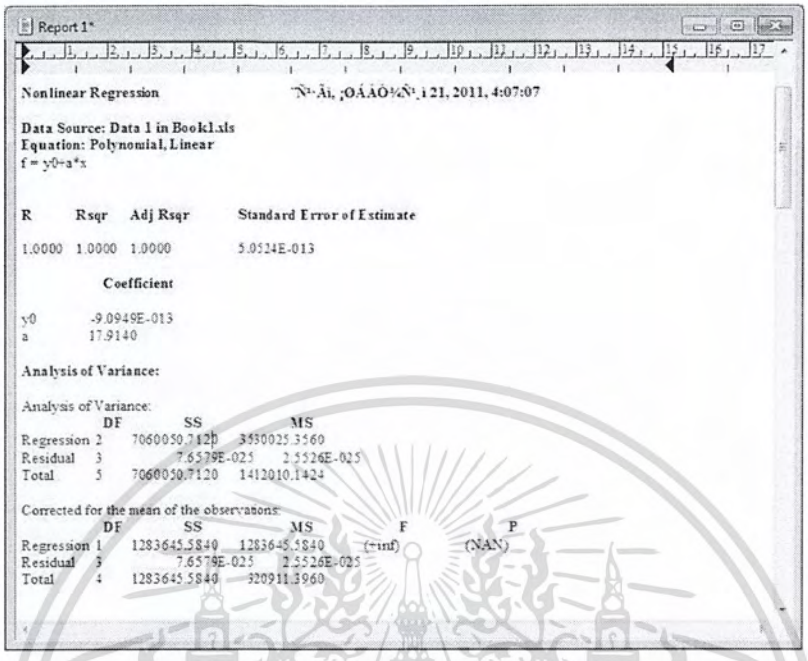
2.4 คลิกขวาที่กราฟแล้วเลือก Fit Curve… แล้วจะแสดงผลดังภาพ



รูปที่ ข-7 หน้าต่างแสดงการเลือก Fit Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทำการเลือกรูปแบบสมการที่ต้องการแล้วคลิก Finish แล้วจะปรากฏ Report ดังภาพ


Report 1*

Nonlinear Regression ¨N¹·Âì, ¡ØÁÀÒ¼N¹ì 21, 2011, 4:07:07

Data Source: Data 1 in Book1.xls
Equation: Polynomial, Linear
f = y0+a*x

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate
1.0000	1.0000	1.0000	5.0524E-013

	Coefficient
y0	-9.0949E-013
a	17.9140

Analysis of Variance:

Analysis of Variance:

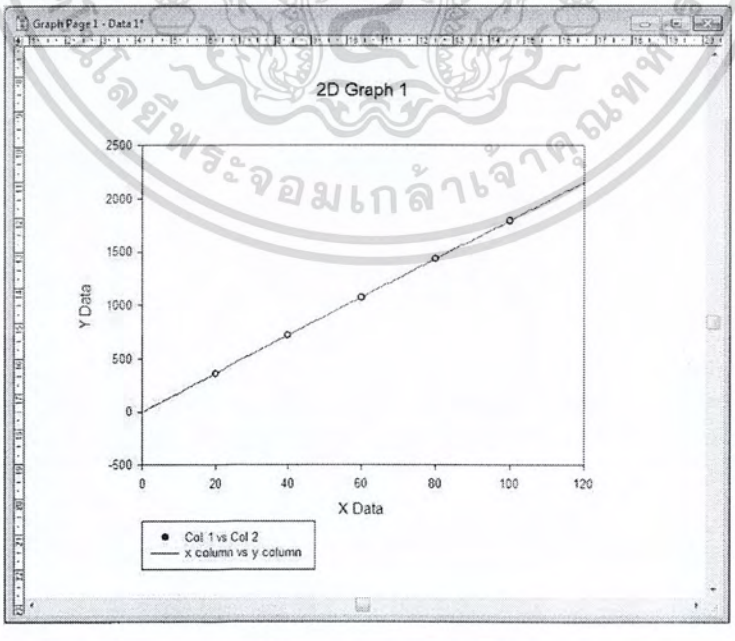
	DF	SS	MS
Regression	2	7060050.7120	3530025.3560
Residual	3	7.6579E-025	2.5526E-025
Total	5	7060050.7120	1412010.1424

Corrected for the mean of the observations:

	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1283645.5840	1283645.5840	(+inf)	(NAN)
Residual	3	7.6579E-025	2.5526E-025		
Total	4	1283645.5840	320911.3960		

รูปที่ ข-8 แสดงรายงานที่ได้จากการคำนวณ

2.6 แล้วจะได้เส้นสมการที่เหมาะสม ดังภาพ



รูปที่ ข-9 แสดงสมการที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม SigmaPlot

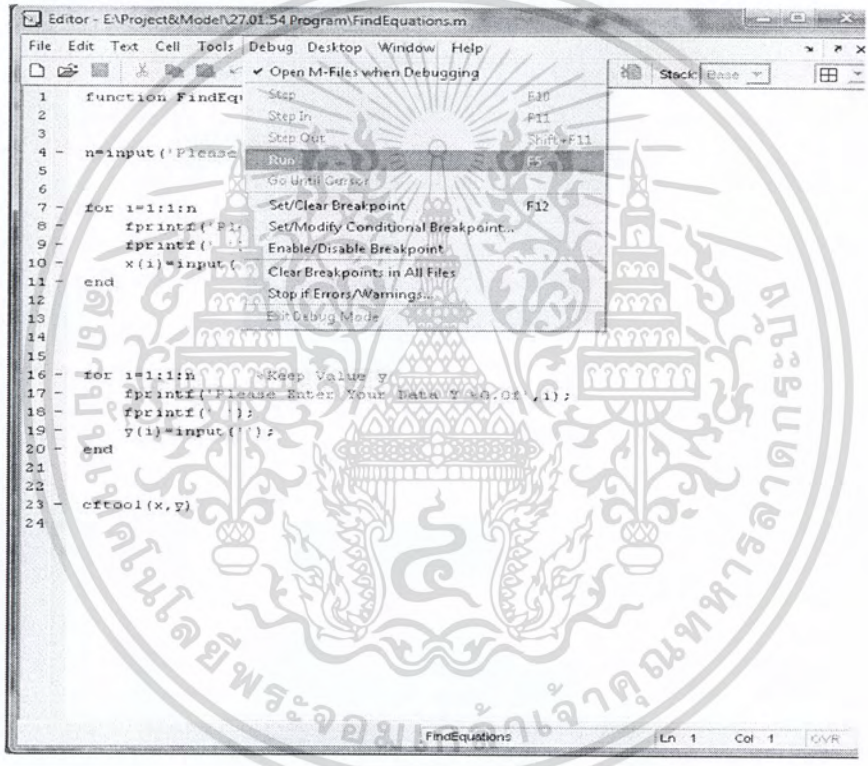
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การใช้งานโปรแกรม MATLAB

1. การกรอกข้อมูลลง MATLAB

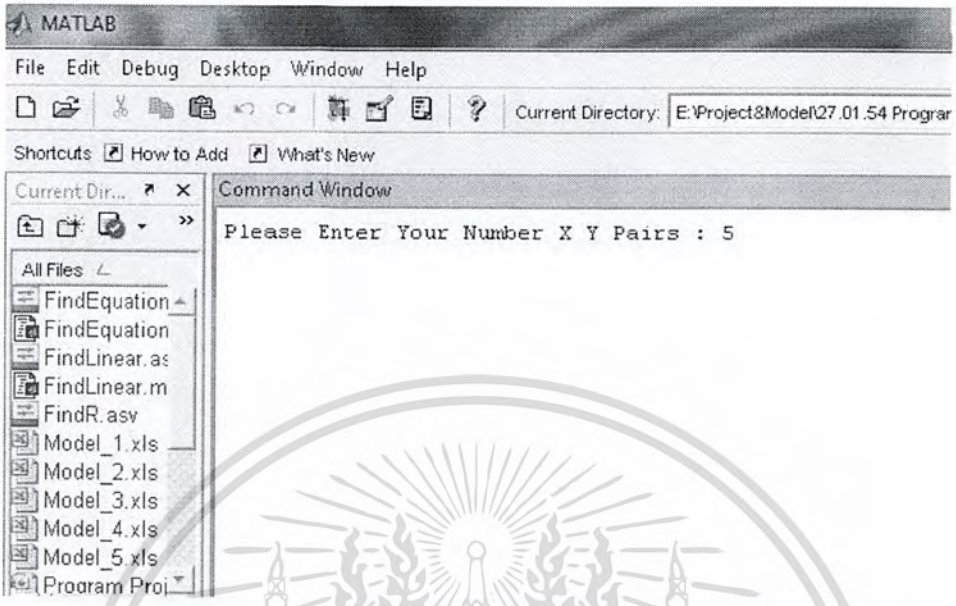
1.1 เมื่อทำการเปิดโปรแกรม FindEquations.m จะแสดงหน้าจอดังภาพ



รูปที่ ค-1 หน้าต่างแรกเมื่อเข้าใช้โปรแกรม MATLAB

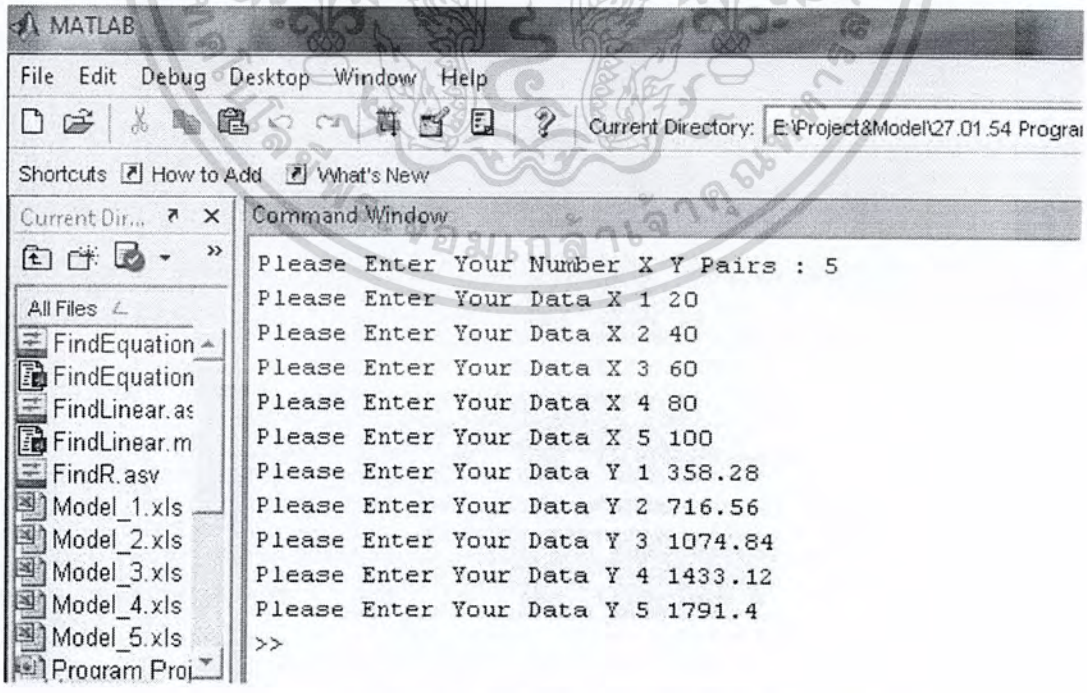
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ให้กรอกขนาดของคู่อันดับ X และ Y แล้วกด Enter แล้วจะแสดงผลดังภาพ



รูปที่ ค-2 หน้าต่างแสดงการกรอกจำนวนคู่อันดับ X และ Y

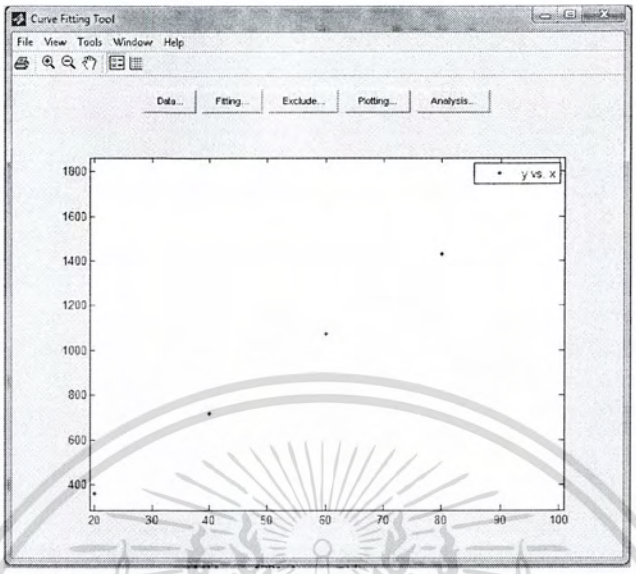
1.3 ให้กรอกข้อมูลข้อมูลคู่อันดับ X และ Y แล้วกด Enter แล้วจะแสดงผลดังภาพ



รูปที่ ค-3 หน้าต่างแสดงการเพิ่มข้อมูลจากโปรแกรม FindEquations.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทำการกด Enter แล้วจะได้ดังภาพ



รูปที่ ค-4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB

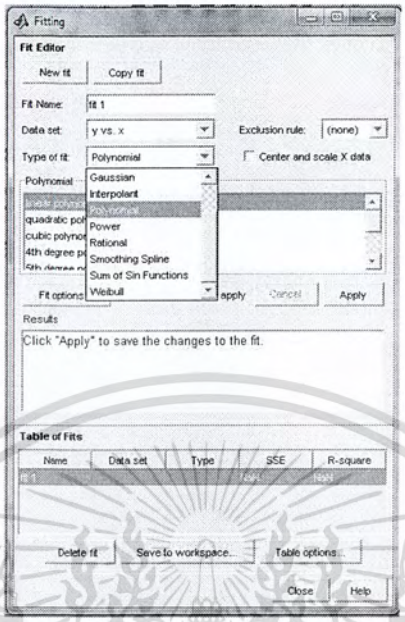
2. การคำนวณหาสมการที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล

2.1 ทำการคลิกที่ปุ่ม Fitting… จะแสดงผลดังภาพ

รูปที่ ค-5 แสดงการคำนวณหาสมการที่เหมาะสม

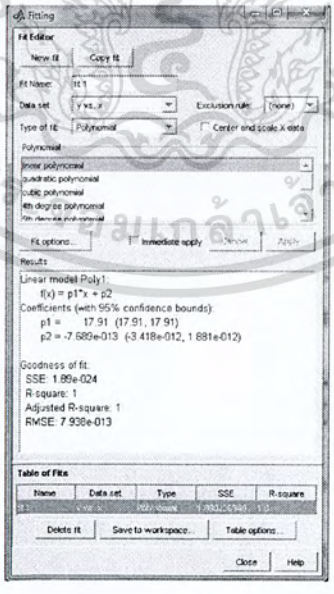
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คลิกที่ปุ่ม New fit และทำการเลือกข้อมูลใน คอลัมน์ที่ต้องการดังภาพ



รูปที่ ค-6 ตัวอย่างแสดงการคำนวณในโปรแกรม MATLAB

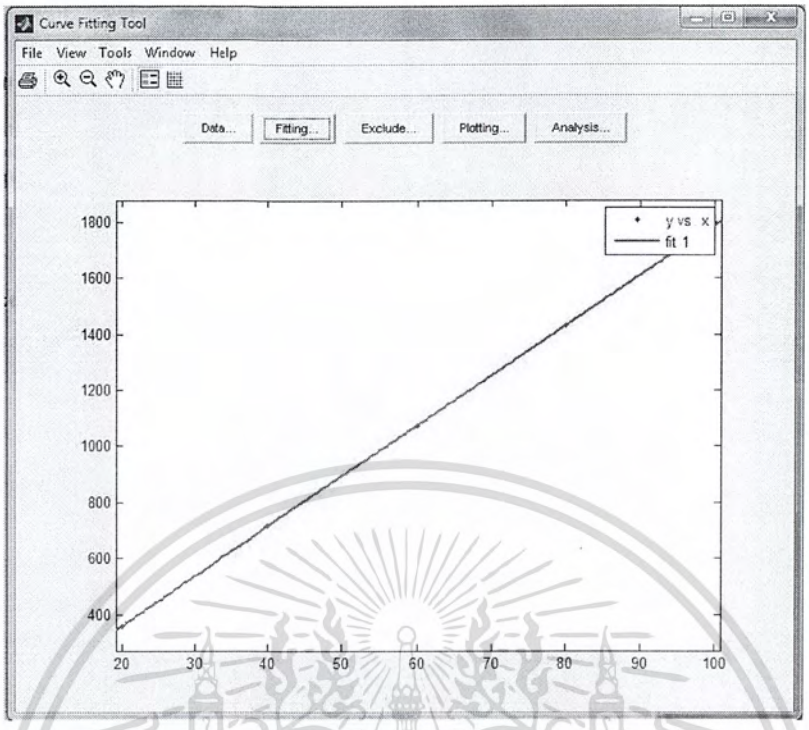
2.3 ทำการกด Apply แล้วจะได้ดังภาพ



รูปที่ ค-7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB

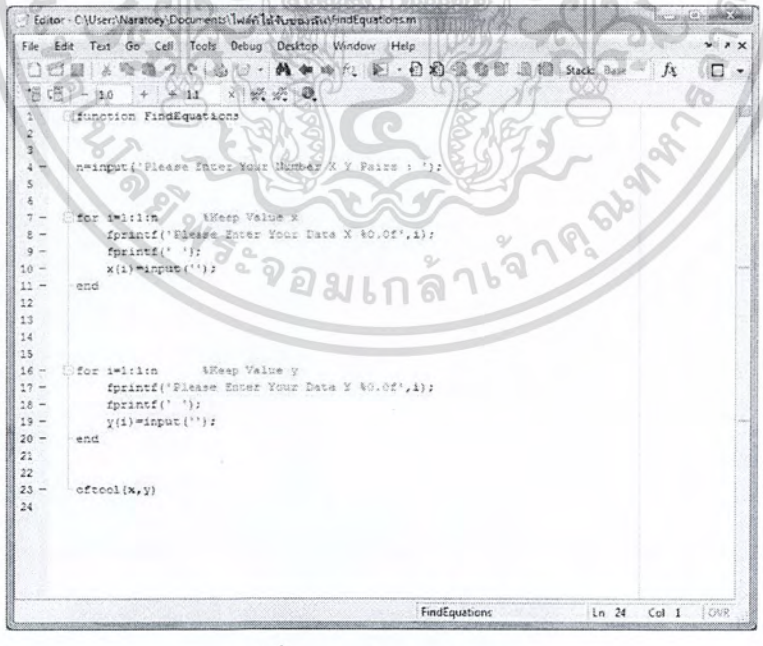
2.6 แล้วจะได้เส้นสมการที่เหมาะสม ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-8 แสดงสมการที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB

2.7 Code m.file ที่เขียนขึ้นในปัญหาพิศษนี้



รูปที่ ค-9 แสดง Code m.file

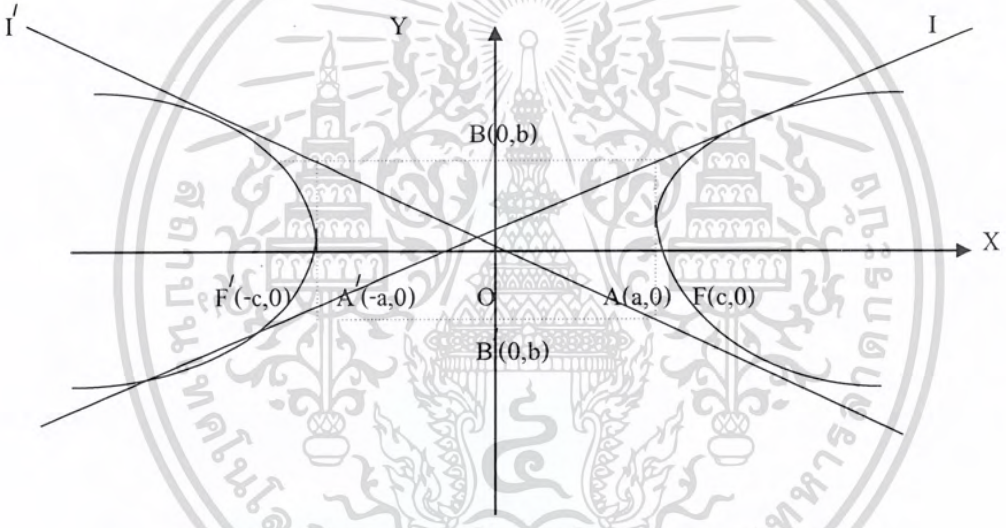
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ไฮเปอร์โบลา (Hyperpola)

ไฮเปอร์โบลาคือเซตของจุดทุกจุดในระนาบซึ่งผลต่างของระยะทางจากจุดใดๆในเซตนี้ไปยังจุดที่สองจุดบนระนาบมีค่าคงตัว ซึ่งมากกว่าศูนย์แต่น้อยกว่าระยะห่างระหว่างจุดคงที่ทั้งสองจุด คงที่นี้เรียกว่า "โฟกัสของไฮเปอร์โบลา" กราฟของไฮเปอร์โบลามีความสัมพันธ์หลายแบบเช่น

- กราฟไฮเพอร์โบลาที่มีความสัมพันธ์เป็น $\left\{(x,y) \in \mathrm{R} \times \mathrm{R} \middle| \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1\right\}$ มีลักษณะคือ



รูปที่ ง-1 ไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดกำเนิดแบบที่ 1

เป็นกราฟไฮเปอร์โบลาที่มีผลต่างของระยะทางจากจุด P(x,y) ใด ๆ บนไฮเปอร์โบลาไปยังจุดโฟกัส F' (-c,0) และ F(c,0) เท่ากับ 2a หน่วย

1. จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด O (0,0)
2. แกนตามขวางอยู่บนแกน X
3. A' (-a,0) และ A(a,0) เป็นจุดยอดของไฮเปอร์โบลา และเรียก $A'A$ ว่า แกนตามขวาง และยาว 2a หน่วย (a >0)
4. B' (0 , -b) และ B(0, b) เป็นจุดปลายแกนสังยุคของไฮเปอร์โบลา เรียก $B'B$ ว่า แกนสังยุค และยาว 2b หน่วย (b > 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

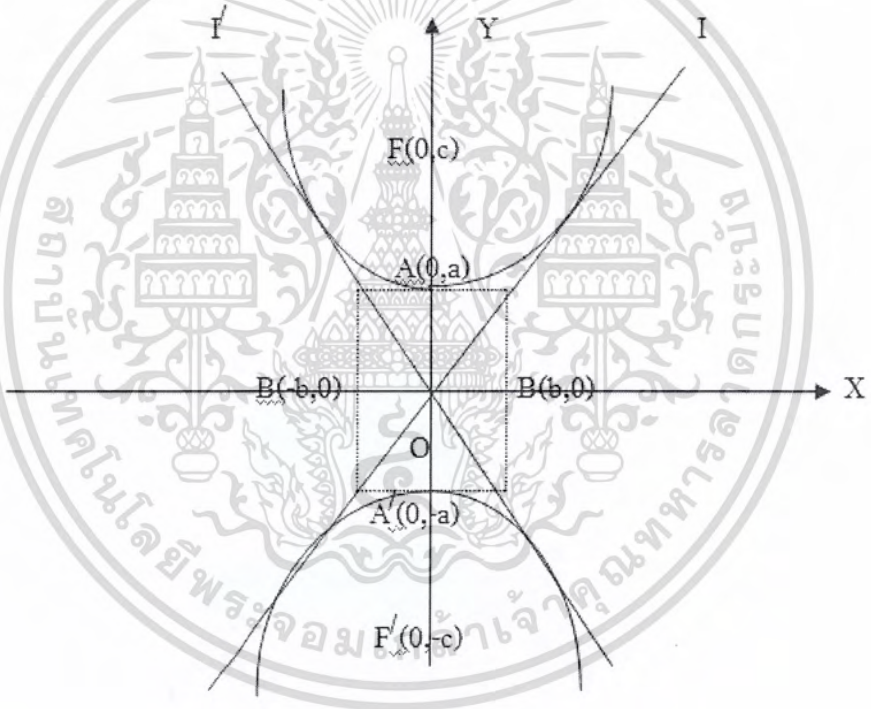
5. F' (-c,0) และ F(c,0) เป็นโฟกัสของไฮเปอร์โบลา และ $F'F$ ยาว 2c หน่วย (c > 0)

6. $c > a > 0$ และ $b^2 = c^2 - a^2$

7. latus rectum ของไฮเพอร์โบลายาว $\frac{2b^2}{a}$ หน่วย

8. เรียก l และ l' ว่า เส้นอะซิมโทต(asymptote) และมีสมการเป็น $y = \pm\frac{b}{a}x$

- กราฟไฮเปอร์โบลาที่มีความสัมพันธ์เป็น $\left\{(x,y) \in R \times R \middle| \frac{y^2}{a^2} - \frac{x^2}{b^2} = 1\right\}$ มีลักษณะคือ



รูปที่ ง-2 ไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดกำเนิดแบบที่ 2

เป็นกราฟไฮเปอร์โบลาที่มีผลต่างของระยะทางจากจุด P(x,y) ใด ๆ บนไฮเพอร์โบลาไปยังจุดโฟกัส F' (0,-c) และ F(0,c) เท่ากับ 2a หน่วย

1. จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด O (0,0)
2. แกนตามขวางอยู่บนแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. $A'(0,-a)$ และ $A(0,a)$ เป็นจุดยอดของไฮเปอร์โบลา และเรียก $A'A$ ว่า แกนตามขวาง และยาว $2a$ หน่วย $(a > 0)$

4. $B'(-b, 0)$ และ $B(b, 0)$ เป็นจุดปลายแกนสังยุคของไฮเปอร์โบลา เรียก $B'B$ ว่า แกนสังยุค และยาว $2b$ หน่วย $(b > 0)$

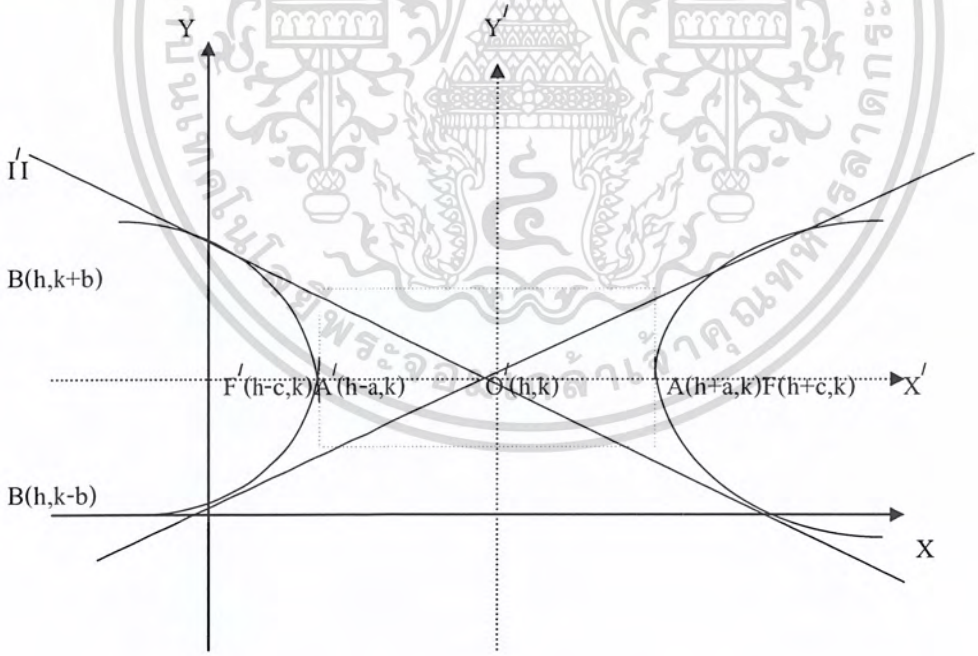
5. $F'(0,-c)$ และ $F(0,c)$ เป็นโฟกัสของไฮเปอร์โบลา และ $F'F$ ยาว $2c$ หน่วย $(c > 0)$

6. $c > a > 0$ และ $b^2 = c^2 - a^2$

7. latus rectum ของไฮเปอร์โบลายาว $\frac{2b^2}{a}$ หน่วย

8. เรียก l และ l′ ว่า เส้นอะซิมโทต (asymptote) และมีสมการเป็น $y = \pm\frac{a}{b}x$

- กราฟไฮเปอร์โบลาที่มีความสัมพันธ์เป็น $\left\{(x,y) \in R \times R \middle| \frac{(x-h)^2}{a^2} - \frac{(y-k)^2}{b^2} = 1\right\}$ มีลักษณะคือ



รูปที่ ค-3 กราฟของไฮเปอร์โบลาแบบจุดศูนย์กลางไม่ใช่จุดกำเนิดแบบที่ 1

เป็นไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด $O'(h,k)$ แกนตามขวางอยู่บนเส้นตรง $y = k$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.จุดยอดอยู่ที่ A' (h-a, k) และ A (h+a,k) เรียก $A'A$ ว่า แกนตามขวาง ยาว 2a หน่วย (a > 0)

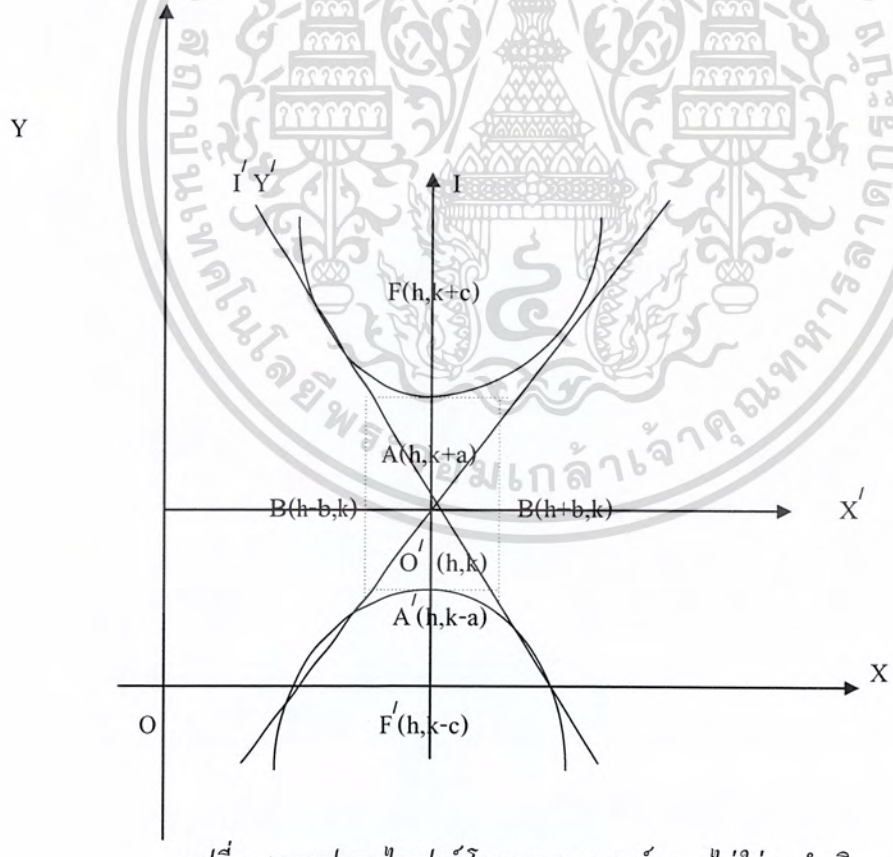
2. จุดปลายแกนสังยุคที่จุด B' (h,k-b) และ B(h,k+b เรียก $B'B$ ว่า แกนสังยุค และยาว 2b หน่วย (b > 0)

3. จุดโฟกัสที่จุด F' (h-c,k) และ F (h+c,k) และ $F'F$ ยาว 2c หน่วย

4. $c > a > 0$ และ $b^2 = c^2 - a^2$

5. เรียก l และ l' ว่า asymptote มีสมการเป็น $y - k = \pm\frac{b}{a}(x - h)$

- กราฟไฮเปอร์โบลาที่มีความสัมพันธ์เป็น $\left\{(x,y) \in R \times R \middle| \frac{(y-k)^2}{a^2} - \frac{(x-h)^2}{b^2} = 1\right\}$ มีลักษณะคือ



รูปที่ ง-4 กราฟของไฮเปอร์โบลาแบบจุดศูนย์กลางไม่ใช่จุดกำเนิดแบบที่ 2

เป็นไฮเปอร์โบลาที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด O' (h,k)แกนตามขวางอยู่บนเส้นตรง $x = h$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.จุดยอดอยู่ที่ $A'(h, k-a)$ และ $A(h,k+a)$ เรียก $A'A$ ว่า แกนตามขวาง ยาว 2a หน่วย $(a > 0)$

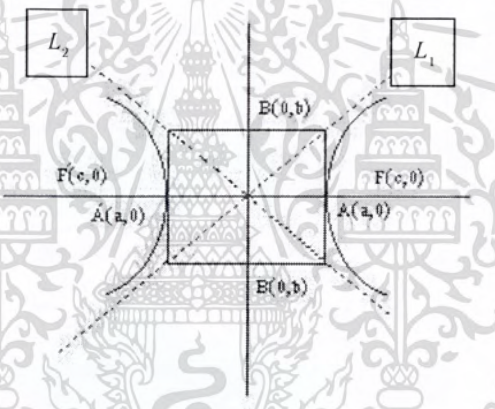
2. จุดปลายแกนสังยุคที่จุด $B'(h-b,k)$ และ $B(h+b,k)$ เรียก $B'B$ ว่า แกนสังยุค และยาว 2b หน่วย $(b > 0)$

3. จุดโฟกัสที่จุด $F'(h,k-c)$ และ $F(h,k+c)$ และ $F'F$ ยาว 2c หน่วย

4. $c > a > 0$ และ $b^2 = c^2 - a^2$

5. เรียก l และ l' ว่า asymptote มีสมการเป็น $y - k = \pm\frac{a}{b}(x - h)$

ส่วนประกอบของไฮเปอร์โบลา



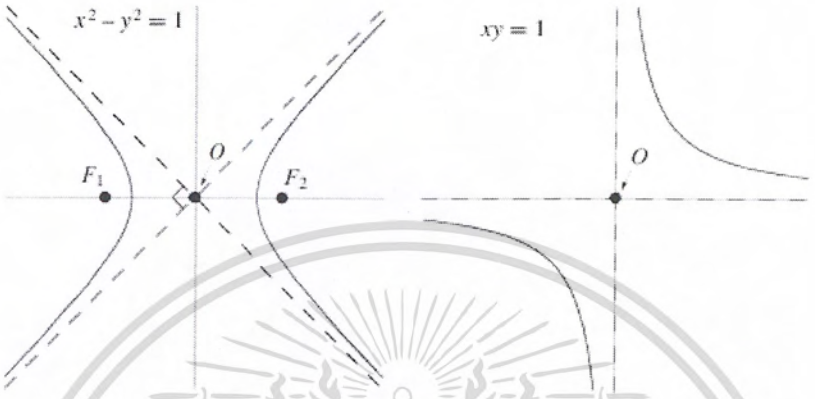
รูปที่ ง-5 กราฟแสดงส่วนประกอบของไฮเปอร์โบลา

- เรียกจุด O ว่า จุดศูนย์กลาง
- เรียกจุด $A'(-a,0)$ และ $A(0,a)$ ว่าจุดยอด
- เรียกจุด $F'(-c,0)$ และ $F(0,c)$ ว่าจุดโฟกัส (Focus)
- เรียก $A'A$ ว่า แกนตามขวาง
- เรียก $B'B$ ว่า แกนสังยุค
- เรียก L_1 และ L_2 ว่าเส้นกำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮเปอร์โบลามุมฉาก (Rectangular Hyperbola)

ไฮเปอร์โบลามุมฉากคือไฮเปอร์โบลาชนิดหนึ่งซึ่งมีสมการทั่วไป อยู่ในรูป $x^2 - y^2 = a^2$ หรือเมื่อจุดศูนย์กลางของไฮเปอร์โบลาอยู่ที่จุดกำเนิด



รูปที่ ง-6 กราฟแสดงไฮเปอร์โบลามุมฉาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับเปลี่ยน (Adjusted R-Square) คือ ค่า R ยกกำลังสองที่ปรับเนื่องจากจำนวนตัวอย่างของประชากรกับจำนวนตัวแปรให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยปกติถ้ามีจำนวนตัวแปรมากจำนวนข้อมูลก็ต้องมีมากขึ้นเป็นเงาตามตัวเป็นการหดตัว (Shrinkage) ของค่า R-Square ระหว่างค่า R-Square ที่ได้จากการคำนวณค่าประชากร ที่ใช้ในการพยากรณ์ จะมีค่ามากกว่าค่า R-Square ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ประมาณค่าประชากร ที่มีสาเหตุมาจากจำนวนตัวอย่าง (n) ว่ามีขนาดเท่าไร ถ้าจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อย ค่า adjusted R-Square จะน้อย ถ้าจำนวนตัวอย่างมากค่า Adjusted R-Square จะมาก เพื่อแสดงถึงการประมาณค่าประชากรที่ทำได้ดีที่สุด เนื่องจากค่า R-Square จะอ่อนไหวต่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างและจำนวนของตัวแปรพยากรณ์ ในเทอมของ R จะประมาณค่าความสัมพันธ์พหุคูณของประชากรได้ลำเอียงเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างในความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรและในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ X และ Y เพราะว่า R จะประมาณค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของประชากรได้สูงเกินความเป็นจริงและสัมประสิทธิ์การอธิบายปรับแก้ (Adjusted coefficient of multiple determinations) ก็จะถูกนำมาใช้ในการอภิปรายผล ค่า R-Square ปรับแก้สามารถคำนวณได้ด้วยสูตรการหาค่า $R^2_{adj} = 1 - \left[\frac{(1-R^2)(n-1)}{(n-m-1)}\right]$ ดังนั้นค่า Adjusted R-Square จะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยแต่จำนวนของตัวแปรพยากรณ์มีจำนวนมาก และเปรียบเทียบความเหมาะสมของสมการถดถอยที่ได้ในชุดข้อมูลเดียวกันนี้กับจำนวนตัวแปรพยากรณ์ที่แตกต่างกันและมีข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างออกไปความแตกต่างระหว่าง R-Square และ ค่า Adjusted R-Square จะเรียกว่า Shrinkage เมื่อ n มีจำนวนน้อย จะมีความลำเอียงให้ค่า R-Square มีค่ามาก ในกรณีนี้การปรับแก้จะเข้ามีประโยชน์ โดยใช้ Adjusted R-Square นอกจากนี้กรณีมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก สัมประสิทธิ์การถดถอย อาจจะประมาณค่าอ้างอิงไปยังประชากรได้ไม่ดี แต่อย่างไรก็ตาม ควรมี n จำนวนมากกว่า m หลายเท่า จะช่วยให้เกิดความลำเอียงน้อยและจะช่วยสรุปอ้างอิงไปยังประชากรได้ดีขึ้นเนื่องจากเมื่อจำนวนตัวแปรพยากรณ์มีมากในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ อำนาจการทดสอบจะลดลงและจะไปเพิ่มความคลาดเคลื่อนแบบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ในการทดสอบนัยสำคัญคือแม้ตัวแปรต้นและตามจะไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแต่มีค่า R-Square บ่งบอกระดับความเชื่อมั่นไปพอๆ กับกลุ่มตัวอย่างที่มีการกระจายเป็นเชิงเส้นไปตลอดทุกๆ สมการพยากรณ์ $R^2_{adj} = 1 - \left[\frac{(1-R^2)(n-1)}{(n-m-1)}\right]$ หมายเหตุ m คือ จำนวนตัวแปรอิสระ ดังนั้นค่า Adjusted R-Square จะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยและจำนวนของตัวแปรพยากรณ์มีจำนวนมาก และเปรียบเทียบความเหมาะสมของสมการถดถอยที่ได้ในชุดข้อมูลเดียวกันนี้กับจำนวนตัวแปรพยากรณ์ที่แตกต่างกันและมีข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างออกไปความแตกต่างระหว่าง R-Square และ Adjusted R-Square จะเรียกว่า Shrinkage เมื่อ n หรือกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย จะมีความลำเอียงให้ค่า R-Square มีค่ามาก ในกรณีนี้การปรับแก้จะเข้ามามีประโยชน์ โดยใช้ Adjusted R-Square เป็นตัวบ่งบอกนอกจากนี้กรณีมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก สัมประสิทธิ์การถดถอยอาจจะประมาณค่าอ้างอิงไปยังประชากรได้ไม่ดี แต่อย่างไรก็ตาม ควรมี n จำนวนมากกว่า m หลายเท่า จะช่วยให้เกิดความลำเอียงน้อยและจะช่วยสรุปอ้างอิงไปยังประชากรได้ดีขึ้นเมื่อจำนวนตัวแปรพยากรณ์มีมากในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ อำนาจการทดสอบจะลดลง และจะไปเพิ่มความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในการทดสอบนัยสำคัญในกรณีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ อำนาจการทดสอบจะเกี่ยวข้องกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวนของตัวแปรพยากรณ์ ระดับนัยสำคัญและขนาดของอิทธิพลประชากร ไม่มีกฎว่าจะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนเท่าใดที่จะสัมพันธ์กับจำนวนของตัวแปรพยากรณ์ แต่โดยปกตินักวิจัยจะใช้อัตราส่วนของจำนวน n ต่อ m มาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้