

การใช้ประโยชน์โปรแกรมดีไซน์เอ็กเปอร์ทเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร

The Use of Design Expert Program to Study the Relationship Between Two Variables

ปิยะวดี ศรีวิชัย^{1*}, ชูมาพร รดสีดา²

Piyavadee Srivichai^{1*}, Chumaporn Rodsrida²

¹ สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

¹ Program in Environmental Health, School of Public Health, University of Phayao, Phayao Province 56000

² Program in Occupational Health and Safety, School of Public Health, University of Phayao, Phayao Province 56000

*Corresponding author; E-mail: u4108047@hotmail.com

Received: 9 March 2021 /Revised: 7 June 2021 /Accepted: 8 June 2021

บทคัดย่อ

การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central composite design, CCD) ของโปรแกรมดีไซน์เอ็กเปอร์ท (Design expert) ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการทดลองและศึกษาวิจัยต่างๆ เพื่อศึกษาผลของสองตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามในเวลาเดียวกัน ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการศึกษาวิจัย โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถช่วยสร้างโมเดลทำนาย (Predicted model) และเลือกจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด (Optimization) รวมถึงสามารถสร้างกราฟสามมิติของวิธีพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) ทำให้เห็นภาพอย่างชัดเจนถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนั้นผู้ที่นำโปรแกรมไปใช้จึงควรรู้และเข้าใจ ตั้งแต่หลักเกณฑ์สำคัญในการนำโปรแกรม Design expert ไปใช้ สำหรับการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ความเหมาะสมของข้อมูล การเลือกโมเดลทำนายที่เหมาะสมโดยพิจารณาค่าสถิติต่างๆ และหาจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด เพื่อให้การใช้โปรแกรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับงานวิจัย

คำสำคัญ : ออกแบบส่วนประสมกลาง ดีไซน์เอ็กเปอร์ท วิธีพื้นที่ผิวการตอบสนอง โมเดลทำนาย หาจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด

Abstract

The central composite design in a design expert program was used widely in various experiments and research fields to study the effects of two independent variables on the dependent variable at the same time resulting in saving time in a research study. The program can help to generate the predicted model and optimization. Additionally, it can plot the three-dimension graph of response surface methodology. It can present the apparent picture of the relationship between two independent variables to the dependent variable. Therefore, the user should know and understand the crucial criteria for experiment design, appropriate analysis of data, proper selection of predicted model by considering statistical analysis and optimization to use effectively and make the maximum benefit to research work.

Keywords: Central composite design, Design expert, Response surface methodology, Predicted model, Optimization

บทนำ

โปรแกรมดีไซน์เอ็กเพิร์ต (Design expert) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีลิขสิทธิ์ ซึ่งนิยมใช้เป็นอย่างมากในการออกแบบการทดลองของงานวิจัยต่าง ๆ ในยุคปัจจุบัน อาทิเช่น ทางการแพทย์ วิศวกรรม และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (1-3) ซึ่งบริษัท Stat-Ease ได้ทำการพัฒนาขึ้นใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1988 และในปี ค.ศ. 1996 ได้สร้างเพื่อให้ใช้ได้กับไมโครซอฟต์วินโดวส์เป็นโปรแกรม Design expert เวอร์ชัน 6 และมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันอยู่ที่เวอร์ชัน 12 ปี ค.ศ. 2020 (4) เนื่องจากโปรแกรม Design expert เป็นโปรแกรมที่เรียนรู้ได้ค่อนข้างง่าย สามารถเลือกคำสั่งได้โดยง่ายจากแถบเครื่องมือในหน้าโปรแกรม รวมถึงช่วยให้การทำวิจัยสามารถศึกษาผลของความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น

ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปได้จากการทดลองครั้งเดียว โดยสามารถกำหนดตัวแปรต้นที่ต้องการทดสอบความสัมพันธ์ที่มีต่อตัวแปรตามได้สูงถึง 50 ตัวแปรต้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย โดยโปรแกรมจะช่วยตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่าควรมีชุดการทดลองเท่าไร เมื่อผลการทดลองออกมาก็สามารถสร้างโมเดลในการทำนาย (Predicted model) ของตัวแปรตามที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา โดยโมเดลที่ถูกเลือกจะมีการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และอีกจุดเด่นของโปรแกรมคือ สามารถสร้างกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface plot) เป็นรูปสามมิติที่มีกราฟฟิที่น่าสนใจ แสดงให้เห็นภาพอย่างชัดถึงความสัมพันธ์

ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม โดยสามารถหาจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด (Optimization) ของตัวแปรต้นที่ให้ตัวแปรตามสูงสุดตามที่กำหนดได้ด้วย (5) ซึ่งช่วยให้ความสะดวกเป็นอย่างมากสำหรับการทำวิจัย แต่อย่างไรก็ตามการที่จะได้การทดลองที่มีประสิทธิภาพดีนำไปสู่ผลลัพธ์งานวิจัยที่มีคุณภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่นักวิจัยต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงรายละเอียดการกำหนดและปฏิบัติตามเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานโปรแกรมให้ถูกต้อง รัดกุม ซึ่งอาจต้องอาศัยประสบการณ์ในการทดลองใช้งานโปรแกรม หรือศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมพอสมควร

จากเหตุผลดังกล่าวต้น บทความนี้จึงสนใจทำการรวบรวมหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการนำโปรแกรม Design expert ไปใช้เบื้องต้นสำหรับการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสองตัวแปรต้นโดยการทดลองออกแบบส่วนประสมกลาง (Central composite design, CCD) เพื่อเป็นประโยชน์ใช้เป็นแนวทางสำหรับนักวิจัยให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ได้ถูกต้องเหมาะสมเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1. การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central composite design, CCD)

ในการนำออกแบบส่วนประสมกลาง ของโปรแกรมดีไซน์เอ็กเพอร์ท สิ่งสำคัญเบื้องต้นที่ต้องตระหนักอยู่เสมอ ในการนำไปใช้คือ การเลือกตัวแปรต้น 2 ตัว ควรเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน และทั้ง 2 ตัวแปรต้น มีผลโดยตรงต่อตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่น ตัวแปรต้นคือ ขนาดใบกวน กับอัตราการกวนผสม ที่มีผลต่อความหนืด เป็นต้น ซึ่งการออกแบบส่วนประสมกลาง สำหรับ 2 ตัวแปรต้น เป็นการ

ออกแบบการทดลองที่ค่าของตัวแปรต้นอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางเท่ากัน และทำการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางโดยค่าตัวแปรต้นถูกกำหนดไว้ 3 ระดับคือ -1, 0, +1 ซึ่งตำแหน่งการทดลองจะมีจำนวนเท่ากับ 2^n โดย n คือจำนวนตัวแปรต้น 2 ปัจจัย ดังนั้น 2^2 จะมีตำแหน่งการทดลองทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ (-1,-1) (+1,-1) (+1,+1) (-1,+1) แต่อย่างไรก็ตามการทดลองมีการเพิ่มตำแหน่งการทดลองอีก 4 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่เป็น $+\alpha$ หรือ $-\alpha$ คือ $(+\alpha, 0)$ $(-\alpha, 0)$ $(0, +\alpha)$ $(0, -\alpha)$ (ระดับของค่า α เท่ากับ $2^{n/4}$ ดังนั้น α เท่ากับ 1.41421) (6) รวมถึงตำแหน่งตรงกลาง (Center point) ของการทดลองอีก 1 ตำแหน่ง คือ (0,0) ซึ่งตำแหน่งในการทดลองแสดงรายละเอียดดัง Figure 1 และระดับของตัวแปรต้นในแต่ละการทดลองทั้ง 13 ชุดการทดลองแสดงตาม Table 1

สิ่งที่ควรระมัดระวังในการกำหนดค่าของตัวแปรต้นคือควรกำหนดในช่วงที่เหมาะสม คือ -1 ถึง +1 เป็นค่ารหัสที่ใช้แทนค่าจริง ซึ่งผู้วิจัยจะต้องทำการกำหนดค่าจริงของตัวแปรต้นว่าเท่าไรเท่ากับ -1 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด และค่าจริงของตัวแปรต้นสูงสุดเท่าไรเท่ากับ +1 เช่น ค่าพีเอชในการทดลองที่เท่ากับ 4 คือค่าต่ำสุดเท่ากับที่ระดับ -1 และ ค่าพีเอชที่เท่ากับ 12 คือค่าสูงสุดที่เท่ากับระดับ +1 โดยผู้วิจัยจะต้องทำการทบทวนวรรณกรรมและอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งโปรแกรมไม่สามารถเลือกให้ได้ อาจมีในบางกรณีที่ผู้วิจัยกำหนดช่วงไม่เหมาะสม ไม่สามารถทำการศึกษ ตัวแปรต้นได้ที่ระดับดังกล่าว อาทิเช่น ตัวแปรบางตัวอาจติดลบ เมื่อโปรแกรมกำหนดตำแหน่งการทดลอง เช่น ค่าพีเอชเป็นค่าติดลบ ส่งผลให้การออกแบบการทดลองใช้ไม่ได้ หรือบางตำแหน่งมีจำนวนทศนิยมหลายตำแหน่งในขณะที่เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไม่

สามารถตรวจวัดได้ถึงความละเอียดดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยอาจต้องกำหนดช่วงของตัวแปรต้นให้เหมาะสม ลองออกแบบและใช้ระดับของตัวแปรต้นว่ามีความเหมาะสมสามารถทำวิจัยได้อย่างละเอียดก่อนเริ่มทำการทดลอง อีกทั้งจำเป็นต้องกำหนดค่า α ให้ถูกต้องที่เท่ากับ 1.41421 เพื่อความน่าเชื่อถือของการศึกษาวิจัย ในกรณีที่ต้องการประหยัดเวลาหรือเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่ไม่ต้องการความละเอียดขั้นสูง อาจไม่กำหนดค่า α เท่ากับ 0

Table 1. The values of both variables at each CCD run

Run	The value of variable	
	Variable 1	Variable 2
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1.41421	0
6	1.41421	0
7	0	-1.41421
8	0	1.41421
9	0	0
(Center point)	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0

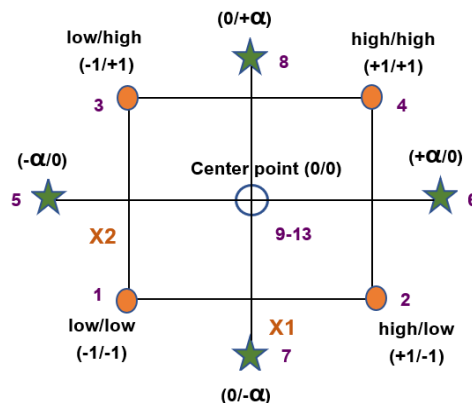


Figure 1. The values of both variables at each position (7)

2. การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนนี้เป็น การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลเบื้องต้นก่อนว่าสามารถนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ได้หรือไม่ ซึ่งข้อมูลต้องมีลักษณะดังนี้ (ก) การกระจายแบบปกติ (ข) มีความเสถียรของความแปรปรวน และ (ค) ข้อมูลมีความเป็นอิสระ (8, 9)

2.1 การวิเคราะห์การกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

การวิเคราะห์การกระจายของส่วนตกค้าง (ส่วนตกค้าง เท่ากับ ค่าจริง - ค่าจากการทำนายด้วยโมเดล) การวิเคราะห์นี้มีความสำคัญ เนื่องจากถ้าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวที่ไม่ปกติ จะส่งผลให้การทดสอบ F-test ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูล 2 กลุ่ม ระหว่าง ค่าจริงจากการทดลองและค่าจากการทำนายจากโมเดล ที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของสมการมีความผิดพลาดเกิดขึ้น โดยการกระจายที่ไม่ปกติส่งผลให้ค่าความแปรปรวนที่คำนวณได้ไม่

ถูกต้อง และส่งผลให้การทดสอบ F-test คลาดเคลื่อนด้วย (10)

2.2 การวิเคราะห์ความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability)

เป็นการพิจารณาลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างว่ามีความผันแปรทั้งในแกนบวกและลบเป็นอย่างไร โดยส่วนตกค้างที่มีช่วงค่าใกล้เคียงกันทั้งค่าบวกและลบ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน ข้อมูลที่ได้มาจากการกระบวนการเก็บข้อมูลหรือทดลองที่มีมาตรฐาน โดยความต่างระหว่างค่าจริงและค่าจากการทำนายด้วยโมเดลนั้น มาจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้จากขั้นตอนการเก็บข้อมูลหรือวิธีการทดลองเท่านั้น ไม่ได้มาจากความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ ที่สามารถควบคุมได้ (11)

2.3 การวิเคราะห์ความเป็นอิสระ (Independent)

การวิเคราะห์ความเป็นอิสระของข้อมูล โดยต้องพบว่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่แน่นอน ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ข้อมูลมีความอิสระแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่ม ไม่มีความลำเอียงในการเลือกข้อมูล โดยข้อมูลทั้งสองกลุ่มไม่มีผลต่อกัน มีความอิสระต่อกัน ทำให้ตัวแปรต้นสามารถส่งผลต่อตัวแปรตามได้อย่างเต็มที่ และสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลจาก 2 กลุ่ม คือ ค่าจริงจากการศึกษา และค่าจากการทำนายด้วยโมเดลได้เป็นอย่างดี (12)

3. การสร้างโมเดลในการทำนายและการทดสอบทางสถิติ

โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายตัวแปรตาม ซึ่งเป็นผลจาก 2 ตัวแปรต้น มีหลายรูปแบบด้วยกัน อาทิเช่น เส้นตรง (Linear), ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Two factor interaction), กำลังสอง

(Quadratic) และกำลังสองแบบลดรูป (Reduced quadratic) เป็นต้น ซึ่งการตัดสินใจว่าโมเดลใดมีความเหมาะสมนั้น โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเบื้องต้น คือ การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA โดยพิจารณาจากค่า Sequential p-value, การทดสอบการขาดความเหมาะสมของสมการทำนาย (Lack of fit p-value) และ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) โดยรายละเอียดของเกณฑ์ที่เหมาะสมของแต่ละพารามิเตอร์ใช้ในการเลือกโมเดลทำนายที่เหมาะสมเบื้องต้น แสดงรายละเอียดดัง Table 2

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อตัดสินใจเลือกประเภทโมเดลแล้ว ต้องมีการทดสอบความเหมาะสมโดยวิเคราะห์ค่าทางสถิติอื่น ๆ ของโมเดลทำนายรวมด้วยดังนี้

3.1 สัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (Coefficient of variation, CV)

แสดงอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าเฉลี่ย โดยทั่วไป ค่า CV ไม่ควรเกินร้อยละ 10 ค่า CV ที่น้อยมีความน่าเชื่อถือมากกว่าค่า CV ที่มาก แสดงให้เห็นว่าโมเดลทำนายมีความความแม่นยำในการทำซ้ำเป็นอย่างดี (Better productivity) (16)

3.2 ความถูกต้องเพียงพอ (Adequate precision, AP)

เป็นการวัดอัตราส่วนของสัญญาณที่ตรวจวัดได้ (Signal) ของตัวแปรตามต่อค่าสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งควรมีค่าสูงกว่า 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลทำนายมีสัญญาณของตัวแปรตามมากเพียงพอเชื่อถือไม่ได้มาจากสัญญาณรบกวน (17)

Table 2. The parameters and decision criteria for selecting the proper predicted model

Item	Parameter		
	Sequential p-value	Lack of fit p-value	R ²
The optimum criteria	<0.05 (Significant)	>0.05 (Not significant)	>80
Description	The independent variables in the model have a relationship with the dependent variable at a significance level of 95%.	The predicted values from model fit to actual values at a significance level of 95%.	Model can explain the variances of variables more than 80%
References	(13)	(14)	(15)

3.3 ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ส่วนตกค้างของค่าที่ทำนายได้ (Predicted residual error sum of squares, PRESS)

เป็นผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดล (Predicted value) และค่าจริง (Actual value) ทำได้จากการศึกษาซึ่งค่า PRESS ที่ต่ำมีความเหมาะสม แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถทำนายค่าตัวแปรตามได้ใกล้เคียงกับค่าจริงจากการศึกษาวิจัย (18)

4. การหาจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด (Optimization) ของสองตัวแปรต้น และการทดสอบความพึงพอใจ

การทดสอบความพึงพอใจ (Desirability, D) เป็นวิธีการที่ใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการหาจุดที่ดีที่สุดของค่าสองตัวแปรต้นที่ศึกษา ช่วยเลือกค่าตัวแปรต้นที่ให้ค่าตัวแปรตามเป็นไปตามที่ต้องการ โดยการคำนวณระดับความพึงพอใจหาได้จากสมการที่ (1) และ (2) คือ (19)

สำหรับค่าตัวแปรตามที่สูงมีความเหมาะสม

$$\text{ซึ่ง } Y < L, L \leq Y \leq T$$

$$D = \frac{(Y - L)}{(U - L)} \quad (1)$$

สำหรับค่าตัวแปรตามต่ำที่มีความเหมาะสม

$$\text{ซึ่ง } Y > L, L \geq Y \geq T$$

$$D = \frac{(Y - U)}{(L - U)} \quad (2)$$

โดย Y: ค่าตัวแปรตามที่ต้องการหาค่าความพึงพอใจ

U: ค่าสูงสุดของของตัวแปรตาม

L: ค่าต่ำสุดของตัวแปรตาม

T: ค่าเป้าหมายของตัวแปรตาม

ระดับความพึงพอใจที่คำนวณได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 การเลือกจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต้องพยายามเลือกค่าตัวแปรต้นที่ให้ค่าระดับความพึงพอใจใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 แต่ในทางปฏิบัติตัวแปรต้นที่ให้ระดับความพึงพอใจสูงสุด อาจไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งอาจต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมก่อน โดยผู้วิจัยอาจเลือกจุดอื่นแทนซึ่งให้ระดับความพึงพอใจใกล้เคียงกับค่า 1

5. การสร้างกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนอง (Response surface plot)

โปรแกรม Design expert สามารถสร้างกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนองในรูปแบบสามมิติ ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้วิจัยสามารถมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน เข้าใจง่ายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตาม และสามารถเลือกจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด (Optimization) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งช่วยในการตัดสินใจในการพิจารณาพร้อมกับผลการทดสอบความพึงพอใจ ตัวอย่างดังแสดงใน Figure 2 แสดงการสร้างกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนอง พบว่าตัวแปร X_1 เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ของแข็งระเหย (Percentage of volatile solids, %VS) และ X_2 เท่ากับ 0%VS มีความเหมาะสม โดยเมื่อความเข้มข้นของทั้งสองตัวแปรมากกว่านี้จะส่งผลให้ตัวแปรตามมีค่าลดลง ซึ่ง X_1 ส่งผลให้ลดลงน้อยกว่า X_2 จากการทดสอบความพึงพอใจพบว่าที่ X_1 เท่ากับ 1 %VS และ X_2 เท่ากับ 0 %VS เหมาะสมที่สุดโดยมีค่าความพึงพอใจสูงสุดเท่ากับ 1 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อดูกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนองพบว่าที่ X_1 เท่ากับ 1 %VS และ X_2 เท่ากับ 1 %VS จะได้ค่าตัวแปรตามลดลงจากค่าสูงสุดเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจจะเหมาะสำหรับผู้วิจัยในการนำไปใช้มากกว่าเนื่องจากสามารถใช้ตัวแปรต้นได้ทั้งสองตัว

ข้อสังเกตสำหรับพื้นที่ผิวการตอบสนอง ในบางครั้งกราฟที่ได้อาจมีจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของตัวแปรตามอยู่ที่มุมด้านใด ด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน ส่งผลให้จุดที่เลือกไม่ใช่จุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดอย่างแท้จริง เนื่องจากค่าตัวแปรตามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงหรือลดลง

ได้อีก เมื่อค่าตัวแปรต้นอยู่นอกเหนือจากค่าที่กำหนดในการศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งกรณีที่เกิดขึ้นมาจากการกำหนดช่วงค่าของตัวแปรต้นไม่เหมาะสม มีค่าต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป โดยการแก้ไขอาจต้องทำการกำหนดช่วงของตัวแปรต้นใหม่และทำการศึกษาวิจัยใหม่ หรือผู้วิจัยอาจหาเอกสารอ้างอิงการศึกษาวิจัยมีข้อจำกัดอย่างไร ทำให้เรากำหนดช่วงของตัวแปรต้นในช่วงดังกล่าว ด้วยเหตุนี้การกำหนดช่วงของตัวแปรต้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต้องดำเนินการอย่างรอบคอบ มีการทบทวนวรรณกรรมมาเป็นอย่างดี

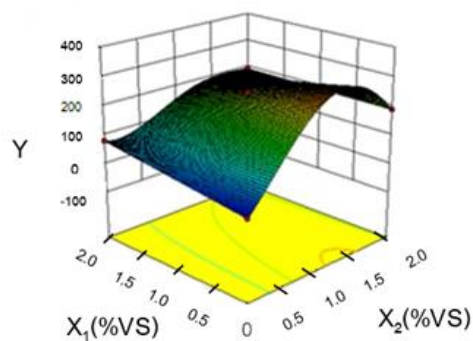


Figure 2. The example response surface plot of interaction between the two independent variables affecting on the dependent variable

จากรายละเอียดของโปรแกรม Design expert ข้างต้น พบว่า การนำโปรแกรมไปใช้ผู้วิจัย จำเป็นต้องมีความเข้าใจในการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เป็นอย่างดี เพื่อให้การออกแบบการทดลองมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และหลังจากได้ผลการทดลองแล้ว โปรแกรมจะช่วยสร้างโมเดลในการทำนาย ซึ่งผู้วิจัยควรมีความเข้าใจถึงหลักเกณฑ์ในการเลือกโมเดล และจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด ซึ่งบทความฉบับนี้ได้อธิบายถึงหลักเกณฑ์ดังกล่าว โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า

จะเป็นประโยชน์ ต่อผู้นำโปรแกรม Design expert ไปใช้งาน ช่วยให้งานวิจัยของท่านมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุป

โปรแกรม Design expert ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถศึกษาผลของสองตัวแปรพร้อมกันในเวลาเดียวกันทำให้สะดวกและประหยัดเวลาในการศึกษาวิจัย อีกทั้งยังช่วยให้งานวิจัยน่าสนใจช่วยสร้างโมเดลทำนาย และนำเสนอในรูปแบบกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนองสามมิติระหว่างสองตัวแปรต้นและตัวแปรตาม แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรทำการศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรมก่อนเบื้องต้น ตั้งแต่

- สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำโปรแกรมดีไซน์เอ็กเปอร์ท์ไปใช้ คือ การคัดเลือก 2 ตัวแปรต้น ควรเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน และมีผลโดยตรงต่อตัวแปรตาม
- สำหรับการออกแบบการทดลอง มีหลักเกณฑ์สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ การกำหนดช่วงของตัวแปรต้นให้เหมาะสม และกำหนดค่า α ควรเป็นไปตามหลักเกณฑ์
- การวิเคราะห์ความเหมาะสมของข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้จำเป็นต้องมีลักษณะดังนี้ คือ มีการกระจายแบบปกติ การวิเคราะห์ มีความเสถียรของความแปรปรวน และข้อมูลมีความเป็นอิสระ
- การเลือกโมเดลทำนายที่เหมาะสม โดยพิจารณา ค่าสถิติที่สำคัญประกอบด้วย ค่า Sequential p-value, Lack of fit p-value, R^2 , CV, AP และ PRESS

- การหาจุดที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด โดยพิจารณาจากกราฟพื้นที่ผิวการตอบสนอง และผลการทดสอบความพึงพอใจ

เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคุณศิริชัย สุวรรณละมัยที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลประกอบการเขียนบทความเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Chakraborty P, Dey S, Parcha V, Bhattacharya SS, Ghosh A. Design Expert Supported Mathematical Optimization and Predictability Study of Buccoadhesive Pharmaceutical Wafers of Loratadine. Biomedical Research International 2013;197398:1-12.
2. Nuhu M, Mujahid MM, Hamisu AA, Abbas AJ, Babangida D, Tsunatu D. and et al. Optimum Design Parameter Determination of Biogas Digester Using Human Faeces Feedstock. Journal of Chemical Engineering and Materials Science 2013;4:46-9.
3. Noordin MY, Venkatesh VC, Sharif S, Elting S, Abdullah A. Application of Response Surface Methodology in Describing The Performance of Coated Carbide Tools When Turning AISI 1045 Steel. Journal of Materials Processing Technology 2004;145:46-58.



4. Stat-Ease Inc. Stat-Ease. [Internet]. 2020. Available from: <https://www.statease.com/about-us/history/>. 2020.
5. Adalarasan R, Santhanakumar M. Response Surface Methodology and Desirability Analysis for Optimizing uWEDM Parameters for Al6351/20%Al₂O₃ Composite. International Journal of ChemTech Research 2014;7:2625-31.
6. Momen SB, Siadat SD, Akbari N, Ranjbar B, Khajeh K. Applying Central Composite Design and Response Surface Methodology to Optimize Growth and Biomass Production of Haemophilus influenzae Type b. Jundishapur Journal of Microbiology 2016;9:1-6.
7. Fjodorova N, Novic M. Searching for Optimal Setting Conditions in Technological Processes Using Parametric Estimation Models and Neural Network Mapping Approach: A tutorial. Analytica Chimica Acta 2015;891:90-100.
8. Larson MG. Analysis of Variance. Circulation. 2008;117:115-21.
9. NSCC. One-Way Analysis of Variance, [Internet].2020. Available from: https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/One-Way_Analysis_of_Variance.pdf. 2020.
10. Leys C, Schumann SA. Nonparametric Method to Analyze Interactions: The Adjusted Rank Transform Test. Journal of Experimental Social Psychology 2010;46:684-8.
11. Robert, CM. and Richard, TC. editors. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. United States of America: Resources for the Future; 1989.
12. Elmore JG, Wild D, Katz DL, Nelson HD. Jekel's Epidemiology, Biostatistics and Preventive Medicine. United States of America: Elsevier Health Sciences; 2020.
13. UCLA Institute for Digital Research and Education. Regression Analysis I SPSS Annotated Output. [Internet]. 2020. Available from: <https://stats.idre.ucla.edu/spss/output/regression-analysis/>. 2020.
14. The Pennsylvania State University. The Lack of Fit F-test. Department of Statistics. [Internet]. 2020. Available from: <https://online.stat.psu.edu/stat501/lesson/2/2.11>. 2020.
15. Kentner AC, Hannan AJ, Lambert KG, Donaldson ST. Environmental Enrichment: Enhancing Neural Plasticity, Resilience, and Repair. Frontier 2019;13:1-3.
16. Rajkumar S, Ghayas U. Esterification of Ethanol and Maleic Acid in Packed Bed Reactor Catalyzed by Sulfonic Acid Functionalized Silica (SAFC). Recent Advances in Chemical Engineering: Select Proceedings of ICACE; 2015.
17. Hidayah MHN, Shayfull Z, Noriman NZ, Fathullah M, Norshahira R, Miza ATNA.



- Optimization of warpage on plastic part by using response surface methodology (RSM). AIP Conference Proceedings; 2018
18. Richard K. Chemometric Techniques for Quantitative Analysis. New York: Marcel Dekker Inc; 1998.
19. Naik DK, Maity K. Application of Desirability Function Based Response Surface Methodology (DRSM) for Investigating The Plasma Arc Cutting Process of Sailhard Steel. World Journal of Engineering 2018;15:505-12.