บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับข้าว ได้มีผู้ทำวิจัยมากมาย ดังเช่น กุศล ประกอบการ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การทดสอบเปรียบเทียบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยได้ทำการศึกษาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กเป็นเครื่องมือแปรรูปข้าวที่มีราคาถูก ขบวนการทำงานไม่ซับซ้อน การซ่อมบำรุงรักษาง่าย จากการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และเครื่องสีข้าวจากประเทศไทย พบว่า เมื่อทำการทดลองสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร สำหรับพันธุ์ข้าว 5 ชนิด คือ กข 35 สายพันธุ์ดี สุพรรณ 1 ตองหนึ่ง (111) และพันธุ์ชัยนาท 1 เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีน จะมีอัตราการสีสูงกว่าเครื่องสีข้าวจากญี่ปุ่น และเครื่องสีข้าวจากประเทศไทย คือ อัตราการสีมีค่าเฉลี่ยเป็น 87.50 , 34.00 และ 19.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศไทยและจากประเทศญี่ปุ่นจะให้เปอร์เซนต์ต้นข้าวสูงกว่าเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีน คือ มีค่าเฉลี่ย 65.49 , 64.74 และ 59.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องสำหรับพันธุ์ข้าว 5 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้น ก็ให้ผลไปในทำนองเดียวกัน คือ เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีนจะมีอัตราการสีสูงกว่าเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากไทย และจากญี่ปุ่น คือ มีอัตราสีมีค่าเฉลี่ยเป็น 87.88 , 22.04 และ 59.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศไทยและเครื่องสีข้าวจากประเทศญี่ปุ่น จะให้เปอร์เซนต์ข้าวกล้องสูงกว่าเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีน คือมีค่าเฉลี่ยเป็น 83.50 , 81.24 และ 72.21 เปอร์เซนต์ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การแตกหักของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กทั้ง 3 แบบพบว่า เปอร์เซนต์การแตกหักของข้าวเฉลี่ยของเครื่องสีข้าวจากประเทศจีนสูงสุดคือ 64.94 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศญี่ปุ่นและเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศไทยคือมีค่าเฉลี่ยเป็น 35.48 และ 34.50 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ในขณะที่ ประพันธ์ ศิริพลับพลา (2530) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการสร้างเครื่องสีข้าวแบบใช้ไฟฟ้า ที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิตต่ำ มีประสิทธิภาพสูง ได้ข้าวสารที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับเครื่องสีข้าวขนาดใหญ่ โดยมุ่งใช้ประโยชน์ในครัวเรือนตามชนบท ปกติแล้วระบบการกะเทาะข้าวมีด้วยกันหลายวิธี โดยศึกษาการใช้แบบหินลูกกลิ้งหมุนในปลอกเหล็กซึ่งเป็นระบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน หากแต่ว่าได้เพิ่มกระบวนการขัดขาวเข้าไปกับระบบกะเทาะเปลือกข้าวพร้อมๆกัน คือ ข้าวที่กะเทาะเปลือกแล้ว จะถูกขัดขาวไปด้วย ต้นกำลังที่นำมาขับด้วยหินลูกกลิ้งและพัดลมที่ใช้เป่าแกลบออก ผู้วิจัยได้เลือกใช้มอเตอร์ ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า (746 วัตต์) ในการทดสอบใช้ข้าวทั้งหมด 8 พันธุ์ เป็นพันธุ์ข้าวเจ้า 4 พันธุ์ คือ พันธุ์เหลืองใหญ่ 148 พันธุ์ พันธุ์ กข.15 พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวเหนียวอีก 4 พันธุ์ คือพันธุ์กำผาย 15 พันธุ์ ข้าวเหนียวสันป่าตอง พันธุ์ กข.10 โดยทดสอบที่รอบหินกะเทาะ 510 รอบต่อนาที , 596 รอบต่อนาที และ 715 รอบต่อนาที เครื่องสีข้าวที่สร้างขึ้นมานี้มีน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม จากการทดสอบ และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ สรุปได้ว่าเครื่องสีข้าวที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสมที่จะสีข้าวเปลือก ที่มีความชื้นน้อยๆ ที่รอบหินกะเทาะ 715 รอบต่อนาที เพราะให้อัตราการสีข้าวได้สูงถึง 43.61 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยที่ข้าวที่สีได้มีเปอร์เซนต์ข้าวหักเฉลี่ย 22.72 % และเสียค่ากระแสไฟฟ้าเพียงชั่วโมงละ 1.50 บาทเท่านั้น

การออกแบบการทดลองได้ถูกนำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมต่าง ๆ อย่างมากมาย ดังเช่น กฤษดา อัศวรุ่งแสงกุล (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพของหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่น และรอยร้าวในกระบวนการตัดขั้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ และหาเงื่อนไขหรือวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม โดยทุกปัจจัยมีระดับปัจจัย 2 ระดับ จากการวิเคราะห์ทางวิธีการสถิติสามารถหาปัจจัย ที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าว คือ ความเร็วรอบในการตัด และทิศทางในการตัด จากนั้นทำการวิเคราะห์พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการตัดคือ ความเร็วรอบในการตัด 8,500 รอบต่อนาที และทิศทางการตัดจากด้านโพลสู่ด้านเทเปอร์ ในขณะที่ ชลวศา หาญวิวัฒน์วงศ์ (2544) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์การออกแบบแผนการทดลองโดยการรวมวิธีการทากูชิและวิธีโวลูชันนารีโอเปอเรชั่นเพื่อปรับปรุงการกำหนดค่าปัจจัยที่ดีที่สุดของกระบวนการ โดยได้เลือกศึกษาการออกแบบแผนการทดลองโดยวิธีทากูชิ เนื่องจากว่าวิธีการทากูชิ เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่มีประสิทธิภาพในด้านการปรับปรุงคุณภาพวิธีหนึ่ง แต่วิธีการทากูชิยังมีข้อเสียในเรื่องของการกำหนดค่าปัจจัยที่จะเลือกจากจุดในแผนการทดลองที่ออกแบบเท่านั้น ที่จะทำให้ผลตอบสนอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของกระบวนดีที่สุดได้ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้นำวิธีอีโวลูชั่นนารีโอเปอเรชั่นมาใช้ในการปรับปรุงค่าปัจจัยที่ได้จากวิธีทากูชิ ไปยังจุดที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดให้มากที่สุด ซึ่งอีโวลูชั่นนารีโอเปอเรชั่นเป็นวิธีการสำหรับหาคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาทั้งเปอร์เซ็นต์ที่วิธีอีโวลูชั่นนารีโอเปอเรชั่นสามารถปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธีทากูชิและจำนวนตัวอย่าง ที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย พบว่าวิธีอีโวลูชั่นนารีโอเปอเรชั่นสามารถปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธีการทากูชิ ในตัวแบบโพลิโนเมียลกำลัง 2 3 และ 4 ได้ดีกว่าตัวแบบโพลิโนเมียลกำลัง 5 และ 6 ในขณะที่ ฐิติกา จันทร์หล้า (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนแบบเบย์สำหรับตัวแบบลาตินสแควร์ โดยศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับตัวแบบลาตินสแควร์ 2 วิธี คือ การประมาณค่าวิธีคลาสสิก (Classic Estimation) และการประมาณค่าวิธีเบย์ (Bayesian Estimation) โดยตัวแบบลาตินสแควร์ที่นำมาศึกษาคือ ตัวแบบเชิงสุ่มที่ไม่มีการทำซ้ำ การเปรียบเทียบกระทำภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ของจำนวนระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ จำนวนระดับปัจจัยแบ่งบล็อกทั้งสองปัจจัย (n) โดยที่สถานะการณ์เป็นดังนี้ 1) n = 3 2) n = 4 และ 3) n = 5 โดยการจำลองสถานการณ์กระทำเมื่อสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation : C.V.) เป็น 5%, 15% และ 25 % ผลการวิจัยสรุปได้ว่า วิธีการประมาณค่าแบบจุดขององค์ประกอบความแปรปรวนวิธีเบย์ ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณค่า วิธีคลาสสิกในทุกสถานะการณ์ของการทดลองที่ทำการศึกษา และวิธีการประมาณค่าแบบช่วงขององค์ประกอบความแปรปรวนวิธีเบย์ ให้ค่าอัตราความผิดพลาดต่อหนึ่งการทดลองใกล้เคียงค่าความน่าจะเป็นของข้อผิดพลาดแบบที่ 1 (α = 0.01 และ 0.05) มากกว่าการประมาณค่าวิธีคลาสสิกในทุกสถานะการณ์ของการทดลองที่ทำการศึกษา ในขณะที่ ทวีป จีระประดิษฐ (2538) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบของเงื่อนไขการแปรรูปโลหะในกรรมวิธีอีดีเอ็ม โดยได้ศึกษาเงื่อนไขการแปรรูปของโลหะของ 3 ตัวแปร ได้แก่ กระแส ช่วงพัลส์ และเซอร์โว ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอ ความหยาบ และโอเวอร์คัต โดยอาศัยวิธีแฟคทอเรียลตามหลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเป็นพื้นฐานของการวิจัยและสร้างสมการออโธโกนอลโพลินอร์เมียลของอัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอ ความหยาบ และโอเวอร์คัตในรูปของ 3 ตัวแปร จากผลการทดลองเมื่อกระแสเพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มของอัตราการตัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอ โอเวอร์คัต และความหยาบผิวงาน การเพิ่มขึ้นของช่วงพัลส์ทำให้อัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอ และความหยาบของผิวงานลดลง แต่โอเวอร์คัตเพิ่มขึ้น ที่เซอร์โวระดับ 4 จะให้อัตราการกัดเนื้อโลหะและโอเวอร์คัตสูงสุด แต่ที่เซอร์โวระดับ 2 และ 4 จะให้อัตราการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สึกหรอลดลง แต่ความหยาบผิวงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา (2541) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลดังกล่าวภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้จริง ผลการทดลองแสดงว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนมีค่าแรงดึงสูงสุดคือ อัตราส่วนผสม 4:1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาที่ใช้ในการอบ 16 นาที และเมื่อนำค่าแรงดึงที่ได้ไปเปรียบเทียบในเชิงสถิติกับค่าแรงดึงของหัวอ่านเขียนในปัจจุบัน พบว่าค่าแรงดึงเฉลี่ยที่สภาวะใหม่นี้มีค่าสูงกว่าค่าแรงดึงที่เป็นอยู่ในสภาวะปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ ทรงศิริ แต้สมบัติ (2530) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เทคนิคการออกแบบวิเคราะห์ผลการทดลองที่หน่วยทดลองมีลักษณะที่ต่างกันในแผนการทดลองแบบต่าง ๆ โดยได้ศึกษาผลของการทดสอบสมมุติฐานเมื่อใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแทนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และศึกษาถึงประโยชน์ของการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ช่วยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแทนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะให้ผลการทดสอบ ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์คลาดเคลื่อนมาก โดยเฉพาะกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์อย่างแท้จริง และเสนอแนะการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มีแผนการทดลองแบบต่าง ๆ และตัวแปรตามและตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์กันแบบต่าง ๆ ในขณะที่ น้ำรินทร์ บุสวงศ์ (2540) ได้ทำการวิจัยเรื่อง แผนการทดลองสำหรับข้อมูลของผสม โดยได้ศึกษาแผนการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับข้อมูลของผสม เพื่อเป็นแนวทางในการพยากรณ์ของผสม เพื่อจะเลือกส่วนประกอบที่ดีที่สุดสำหรับของผสม ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ควรจะเป็นข้อมูลที่แสดงจำนวนสัดส่วนของส่วนประกอบของผสมที่อยู่ในรูปอัตราส่วน โดยจะพิจารณาข้อมูลของผสมที่มีสัดส่วนที่ไม่เป็นลบ และสัดส่วนของส่วนประกอบที่เกิดขึ้นภายในของผสมจะต้องรวมกันแล้วเท่ากับ 1 โดยรูปแบบของสมการถดถอยที่ใช้ในการศึกษาจะใช้แบบจำลองแบบแคนนอนนิคอลโพลินโนเมียล โดยจะพิจารณาแบบจำลองที่มีอันดับต่ำ เช่นแบบจำลองอันดับหนึ่ง และแบบจำลองอันดับสอง เพื่อให้สามารถทราบความสำคัญหรืออิทธิพลของส่วนประกอบแต่ละตัวที่มีผลต่อการตอบสนองต่อของผสม ว่าส่วนประกอบใดที่มีอิทธิพลต่อของผสมมากกว่ากัน และนำไปใช้ในการเลือกส่วนประกอบที่ดีที่สุดสำหรับของผสม ในขณะที่ วิวรรณ ปราชญ์นิวัฒน์ (2539) ได้ทำรายงานการค้นคว้าอิสระเรื่อง การวางแผนการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบวงกลม ซึ่งการวางแผนการทดลองแบบวงกลมเป็นการวางแผนแบบบล็อกสุ่มประเภทหนึ่ง แต่เป็นการวางแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ นั่นคือ บล็อกแต่ละบล็อกจะมีทรีทเมนต์ไม่ครบทุกทรีทเมนต์ การวางแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ใช้แก้ปัญหาในกรณีที่การทดลองมีจำนวนทรีทเมนต์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการทดลองจำเป็นต้องใช้บล็อกที่มีขนาดใหญ่ทำให้การควบคุมความสม่ำเสมอภายในบล็อกทำได้ยาก จึงนิยมใช้การวางแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ ซึ่งวิธีการวางแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์มีหลายวิธี เช่นการวางแผนแบบแลททิช การวางแผนแบบวงกลม เป็นต้น ในขณะที่ สุรพล สุรบรรเจิดพร (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ โดยวิธีการออกแบบการทดลอง โดยได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองเพื่อลดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม พร้อมพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลการวิจัยพบว่า ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อจำนวนจุดบกพร่องคือ ลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ และความเร็วของสายพาน ส่วนปัจจัยทางด้านอุณภูมิในส่วนของการอบความร้อน และค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักส์มีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อการเกิดจุดบกพร่องของรอยเชื่อมเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น ในขณะที่ อรทัย ยอดนิล (2539) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของแผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลกับแผนแบบการทดลองแบบการหมุน โดยได้ศึกษาเพื่อหาแผนแบบการทดลองที่เหมาะสมในกรณีที่ปัจจัยในแผนแบบการทดลองเป็นตัวแปรต่อเนื่อง โดยจะทำการเปรียบเทียบแผนแบบการทดลอง 2 วิธี คือ แผนแบบการทดลองแบบแฟคทดเรียล (Factorial Experiments) กับแผนการทดลองแบบการหมุน (Rotated Design) โดยแต่ละสถานการณ์ ผลสรุปได้ดังนี้

1. แผนแบบการทดลองแบบการหมุน จะมีความเหมาะสมมากกว่าแผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ในเกือบทุกกรณีที่ทำการศึกษา คือแผนแบบการทดลองแบบการหมุนจะมีค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ไร้ศูนย์กลางสูงกว่า แผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล แต่เมื่อขนาดตัวอย่างและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ไร้ศูนย์กลางของทั้งสองวิธีจะมีค่าใกล้เคียงกัน

2. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ไร้ศูนย์กลางมากที่สุดคือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน รองลงมาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน จำนวนการทำซ้ำที่จุดศูนย์กลาง และรูปแบบของความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรในแผนแบบการทดลอง ในขณะที่ เอกรัฐ เมนะจินดา (2541) ได้ทำการค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์เรื่อง การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยได้รายงานว่า การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นการศึกษา เพื่อประมาณหารูปแบบความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ที่นักสถิติหรือผู้วิจัยสนใจศึกษา โดยนักสถิติหรือผู้วิจัยสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดแผนกาทดลองและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งทำให้การทดลองเกิดประโยชน์สูงสุด การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนคือ

1. การทดลองเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมบนขอบเขตของระดับปัจจัยเริ่มต้น
2. การหาขอบเขตของระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยวิธี Steepest of Ascent or Descent into The Region of The Optimal Levels of Factor
3. การทดลองเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมบนขอบเขตของระดับปัจจัย ที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้เทคนิคการวางแผนการทดลองจุดศูนย์กลาง
4. การหาระดับของปัจจัยที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อมตา เลิศนาคร (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนแบบเบย์สำหรับตัวแบบข้ามกลุ่ม 2 ปัจจัยเชิงสุ่ม โดยได้ศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองของตัวแบบข้ามกลุ่ม 2 ปัจจัยสุ่มคือ ปัจจัยทดลอง A และปัจจัยทดลอง B 2 วิธีคือ วิธีแบบคลาสสิก (Classical Estimation) และวิธีแบบเบย์ (Bayesian Estimation) การเปรียบเทียบกระทำภายใต้สถานะการณ์ของระดับต่าง ๆ ของระดับปัจจัยทดลอง A (a) และระดับปัจจัยทดลอง B (b) และขนาดของหน่วยทดลอง (n) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ วิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนแบบจุดด้วยวิธีแบบเบย์ ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าวิธีแบบคลาสสิกในทุกสถานการณ์ของการทดลองที่ได้ศึกษา และวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนแบบช่วงด้วยวิธีแบบเบย์ให้ค่าอัตราส่วนความผิดพลาดต่อหนึ่งการทดลองใกล้เคียงกับค่าความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 1 ($\alpha = 0.05$) มากกว่าวิธีแบบคลาสสิกในทุกสถานการณ์ของการทดลองศึกษา

งานวิจัยเกี่ยวกับพื้นผิวผลตอบ Cheng and Wu (2001) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การกรองปัจจัยและพื้นผิวผลตอบ โดยการใช้การออกแบบที่เรียกว่า Single Design ขั้นตอนคือทำการฉาย (Projection) ช่วงของปัจจัยที่มีขนาดใหญ่กว่าเข้าไปในช่วงของปัจจัยที่มีขนาดเล็กกว่า ซึ่งจะทำให้ประหยัดขั้นตอนที่เชื่อมโยงระหว่างการกรองปัจจัย (Factor Screening) และพื้นผิวผลตอบ (Response Surface) ซึ่งโดยปกติมาตรฐานของ Response Surface Methodology (RSM) จะมีอยู่ 2 ส่วนคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ทำการทดลองโดยการกรองปัจจัยที่ไม่สำคัญออกไป โดยอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบอันดับหนึ่ง เช่น 2^{n-k} Fractional Factorial Design หรือ Plackett-Burman Design

2. ศึกษาลึกลงไปในพื้นผิวผลตอบ โดยมีปัจจัย 2-3 ตัว และพิจารณาบนพื้นที่ที่เล็กกว่าโดยอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบอันดับสอง เช่น Central Composite Design (CCD)

ในหลักการวิธีใหม่ของงานวิจัยนี้มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการกรองปัจจัยและกำหนดปัจจัยที่สำคัญ
2. ทำการฟิตแบบจำลองอันดับสองของปัจจัยที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1

ทั้ง 2 ขั้นตอนดังกล่าวนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. การกรองปัจจัยในขั้นตอนที่ 1
2. การฉาย (Projection) ที่จะเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2
3. การตรวจสอบด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบของขั้นตอนที่ 2

ในขณะที่ Christian Bucher (2000) ได้ทำการวิจัยเรื่อง วิธีการปรับตัวด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบโดยทำการใช้กับน้ำหนักของรัศมี โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาลักษณะเฉพาะที่เป็นการออกแบบใหม่ที่ทั่วโลกให้การยอมรับวิธีการหาพื้นผิวผลตอบ โดยการเสนอความคิดเห็นหรือการเสนอแนะ มุมและความยาวของ vector ว่าเป็นจุดที่ต้องตรวจสอบอย่างมีข้อจำกัดโดยปราศจากเงื่อนไขเกี่ยวกับเรขาคณิต เรียกว่าการสอดแทรกน้ำหนักของรัศมี โดยส่วนที่นูนออกและส่วนที่เว้าเข้าข้างในของความล้มเหลวของพื้นผิว เป็นความมุ่งหมายถึงการเตรียมการเพื่อหาค่าที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำที่สุด ความเป็นไปได้ที่จะรักษาความล้มเหลวทางด้านกระบวนการการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพ ในขณะที่ L.C. Tang (2002) ได้ทำการวิจัยเรื่อง วิธีการทำงานร่วมกันสำหรับภาวะที่ดีที่สุดของพื้นผิวผลตอบคู่ควบ โดยใช้การออกแบบภาวะที่ดีที่สุดของระบบผลตอบคู่ควบเพื่อให้บรรลุผลถึงคุณภาพ ปัญหาในการออกแบบเป็นสิ่งที่สำคัญในการทดลอง สำหรับขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ในวงอุตสาหกรรมจะต้องความแข็งแรงเพียงพอ ในกรณีที่พิเศษสำหรับการออกแบบพื้นผิวผลตอบคู่ควบที่เหมาะสมที่สุด แนวคิดวิธีการประยุกต์ใช้กับ 2 ตัวอย่างจะแสดงการปรับน้ำหนักค่าที่กำหนดจนกระทั่งถึงเป้าหมายตามลำดับสำหรับค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐาน จะต้องพิจารณาเป้าหมายค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยไม่สามารถพิจารณาเทคนิคอื่นได้นอกจาก response surface methodology (RSM) แต่อย่างไรก็ตามในการแก้ไขปัญหาสำหรับแผนการเป็นแต่เพียงว่าเราไม่ได้เตรียมไว้ จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

slackness เป้าหมายค่าเฉลี่ย แต่อีกเช่นเดียวกันจาก slackness เป้าหมายผลตอบที่เบี่ยงเบนจะไม่สามารถใช้สูตรอื่นที่เหมาะสมได้ ในขณะที่ Patrick L. Clark (1998) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ระดับที่มีมากกว่าหนึ่งในการแบ่งแยกพื้นผิวผลตอบสำหรับระบบของการออกแบบที่มีความสลับซับซ้อน โดยได้ทำการทดลองชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยหน้าที่การใช้ค่าประมาณการสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้มีประสิทธิภาพและร่วมกันออกแบบเป็นการประกอบเข้าด้วยกันหลายจำนวนของพื้นผิวผลตอบ ในที่นี้จะทำการทดลอง วิธีการนี้จะถูกแสดงด้วยพื้นผิวผลตอบและการสร้างระดับค่าประมาณที่มีมากกว่า 1 (หลายระดับ) สำหรับปัญหาจำนวนตัวแปรที่มีอยู่จำนวนมาก การใช้วิธีในกรณีนี้ คือ การนำมาทดลองด้วย Computer ซึ่งเป็นที่จำเป็นสำหรับการลดตัวอย่างด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบที่เหมาะสม ในขณะที่ Piratelli-Filho and Di Giacomo (2002) ได้ทำการวิจัยเรื่องการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองไปใช้ในการประมาณการความไม่แน่นอนในการวัด CMM (Coordinate Measuring Machines) โดยการใช้วิธีการทางสถิติเพื่อตรวจหา แหล่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดใน CMM หรือที่เรียกว่า CMM variable โดยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะใช้หลักการของ ANOVA เพื่อหาตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อความผิดพลาดของ CMM โดยในการทดลองใช้เทคนิคของ Taguchi L9 มาวางแผนการทดลองเพื่อลดจำนวนของอันดับการทดลองของปัจจัยที่ต้องการศึกษา 5 ปัจจัย คือ A, B, C, D, และ E โดย A คือตัวแปรของตำแหน่งทางแกน x , B คือตำแหน่งทางแกน y , C คือตำแหน่งทางแกน z , D คือความยาวจากการวัด และ E การหันเหของชิ้นงาน โดยในแต่ละปัจจัยของ A ถึง D มี 3 ระดับ ส่วน E มี 6 ระดับ โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามสมการที่ 1 โดยผลของตัวแปรนำเข้า A, B, C, D และ E กำหนดโดยใช้อักษรกรีกคือ τ, β, γ, δ และ η ตามลำดับ ส่วนการหาความไม่แน่นอนจากการวัดจะบวกค่าผิดพลาดเพิ่มเข้าไปในสมการตามสมการที่ 2 โดยในสมการนี้องค์ประกอบของความแปรปรวน σ_τ, σ_β, σ_γ, σ_δ และ σ_η เป็นค่าประมาณของความไม่แน่นอนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร A, B, C, D และ E

$$Y_{ijloqw} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_l + \delta_o + \eta_q + \varepsilon_{ijloqw} \quad (1)$$

$$\sigma_y^2 = \sigma_\tau^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_\gamma^2 + \sigma_\delta^2 + \sigma_\eta^2 + \sigma^2 \quad (2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Tena (2000) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบพื้นผิวผลตอบที่มีน้อยๆด้วยความเหมาะสมที่สุด โดยทำการทดลองการออกแบบ Factorial ที่มี 3 ระดับตัวแปร เพื่อออกแบบตัวเลือกที่ดีที่สุดของจุดที่ทำการออกแบบ ให้เป็นบรรทัดฐานในการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างของแบบตัวแปร ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวจะถูกแสดงด้วยวิธีที่มีความละเอียดอ่อนในการออกแบบความแตกต่างสำหรับผลกระทบทั้งสองด้วยการเกิดปฏิกิริยากับปัจจัย (Facterial) วิธีการทั้งสองต้องการให้มีความสมดุลเพียงบางข้อมูลเท่านั้นสำหรับ แถวของ Array แบบ PBI การขยาย Array ทั้งนี้เพื่อต้องให้สมดุลเพียงบางส่วนเท่านั้นและจะถูกจำกัดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทั่วๆไปเป็นลักษณะของ Array PBI และ Walker and Staines (1997) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้หลักการพื้นผิวผลตอบเพื่อใช้ในตรวจวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของไอออนโลหะในกระบวนการหมักยีสต์ โดยทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของไอออนโลหะคือ K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} และ Zn^{2+} ที่มีผลต่อกระบวนการในการหมักยีสต์ โดยใช้หลักการของ Quadratic Response Surface Model ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม Minitab for Windows โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบ 2 ทางและ 3 ทาง เพื่อทดสอบนัยสำคัญของผลหลักและผลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของประจุบวก โดยหาความสัมพันธ์ของผลประจุบวกร่วมปัจจัยที่ทำให้ผลิตเอธทานอล (ethanol) สูงสุดในตัวกลาง 2 ชนิดคือ

1. กรณีตัวกลางในการหมักเป็น molasses สำหรับแต่ละระดับของ Mg^{2+} จะได้สมการของปริมาณแอลกอฮอล์ คือ

$$\text{Alcohal} = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 Ca + B_{11} K^2 + \beta_{22} Ca^2 + \beta_{12} K * Ca \qquad (3)$$

2. กรณีตัวกลางในการหมักเป็น malt wort สำหรับในแต่ละระดับของ Zn^{2+} จะได้สมการของปริมาณแอลกอฮอล์ คือ

$$\text{Alcohal} = \beta_0 + \beta_1 Mg + \beta_2 Ca + \beta_{11} Mg^2 + \beta_{22} Ca^2 + \beta_{12} Mg * Ca \qquad (4)$$

โดยค่า β คือพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าที่ประมาณการมาจากข้อมูล จากการวิเคราะห์ผลการทดลองปรากฏว่าในการผลิต ethanol ในตัวกลาง molassesนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่าง K^+, Mg^{2+} และ Ca^{2+} โดยเฉพาะเมื่อทำการกำหนดระดับของ Mg^{2+} คงที่ และให้ Ca^{2+} และ K^+ แปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับ สำหรับระดับของ Mg^{2+} ที่ระดับปานกลางและระดับสูง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะแสดงผลของการร่วมปัจจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของ K^+ และ Ca^{2+} จะให้การผลิต ethanol สูงสุด แต่แบบจำลองนี้อาจจะไม่เที่ยงตรงในบางชนิดของ molasses ที่มีระดับของประจุบวกสูงมาก ๆ และในทำนองเดียวกันในการวิเคราะห์ผลของตัวกลางจาก malt wort ในการผลิต ethanol จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่าง Mg^{2+}, Ca^{2+} และ Zn^{2+} โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการกำหนดระดับของ Zn^{2+} คงที่แล้วปริมาณการผลิต ethanol จะแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ทั้งที่ระดับของ Zn^{2+} ที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะแสดงให้เห็นถึงการร่วมปัจจัยของ Mg^{2+} และ Ca^{2+} สามารถที่จะให้การผลิต ethanol สูงสุด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่าการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติ ได้ถูกนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตเกือบจะทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถยืนยันผลที่ได้จากการออกแบบของสิ่งที่ต้องการทำการทดลองในเชิงสถิติ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่น มีความเที่ยงตรง และแม่นยำ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพยิ่ง ๆ ขึ้น ดังนั้นในการทำงานวิจัยนี้ได้นำหลักการออกแบบการทดลองมาใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวกล้อง โดยผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้คือความสมบูรณ์ของข้าว ที่ได้จากการกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบ , ช่องระหว่างชุดกะเทาะเปลือก ตลอดจน พันธุ์ข้าว และปริมาณการป้อนที่ทำการทดลอง ทั้งนี้เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัยเพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อระบบอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตข้าวกล้องต่อไป

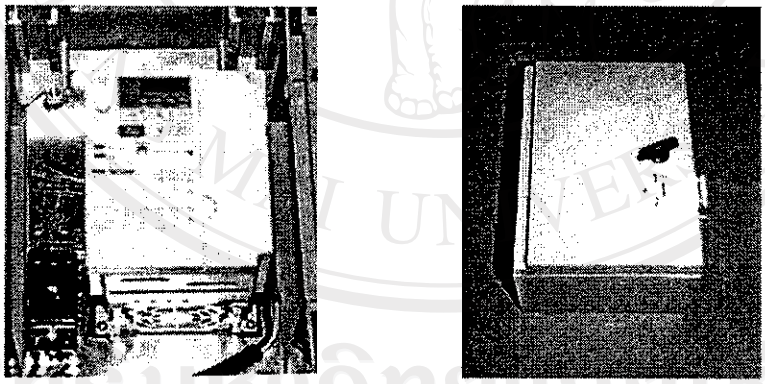
2.2 กระบวนการสีข้าวกล้อง

กระบวนการผลิตข้าวกล้องในโรงสีข้าวทั่วไปมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน โดยเริ่มตั้งแต่การทำความสะอาดข้าว กะเทาะเปลือกข้าว แยกข้าว การขัดข้าวและการคัดข้าว ซึ่งกว่าจะทำหมดทุกขั้นตอนต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน และยังใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องให้มีความรวดเร็วในการสี มีกระบวนการในการผลิตที่สั้นกว่า นอกจากนี้เวลาและการใช้พลังงานไฟฟ้าต้องลดลงจากกระบวนการผลิตเดิมอีกด้วย

ดำเนินการศึกษาและจัดหาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการสีข้าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องที่มีอยู่เดิม และปัญหาที่พบคือกระบวนสีข้าวกล้องจะใช้มอเตอร์ขับ 1 ตัว โดยที่ความเร็วรอบคงที่โดยไม่สามารถปรับความเร็วรอบขึ้นไป และใช้ตัวเป่าแกลบเพียงตัวเดียวซึ่งมีขนาดเล็ก ทำให้ลมไม่แรงในการแยกแกลบออกจากข้าว นอกจากนั้นแกลบที่เป่าออกไปเรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่สามารถจัดเก็บให้เป็นระบบทำให้แกลบเกิดการฟุ้งกระจายออก และในการสีข้าวจะต้องทำการสีถึง 4 ครั้งจึงจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวดี 65.55, 68.62, 70.42, 72.46 % หรือเฉลี่ย 69.26 % ของข้าวที่แยกออกจากแกลบ แต่เนื่องจากครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 3 มีข้าวเปลือกบางส่วนที่ผ่านชุดลูกยางโดยไม่กะเทาะเปลือกและยังมีแกลบปนกับข้าวดีค่อนข้างมาก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เพิ่มชุดควบคุมในการแปลงกระแสและการจ่ายกระแสให้มอเตอร์คือตัว INVERTER เข้าไปแปลงกระแสจาก 380 V. ให้เป็น 220 V. โดยใช้มอเตอร์แบบกระแสไฟ 3 เฟส เข้าไปใช้แทนตัวเดิมซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ได้หลายระดับ โดยใช้ชุดควบคุมเป็นตัวจ่ายกระแสไฟให้มอเตอร์ และเปลี่ยนขนาดของตัวลมเป่าเป็นตัวใหญ่ขึ้น ซึ่งจะมีลมแรงกว่าตัวเดิม และเพิ่มตัวดูดแกลบเข้าไปอีกชุดหนึ่ง ทำการติดตั้งด้านนอกโดยท่อดูดจะทำมุมเอียง $\geq 45^{\circ}$ ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดแกลบส่งผ่านไปยังถังเก็บแกลบที่ได้ทำการสร้างขึ้นมา จากการทำงานดังกล่าวจะได้ข้าวกล้องที่สมบูรณ์ จากการทำงานของเครื่องสีข้าวกล้องเราจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า(Hp) 3 เฟส และตัว BLOWER 1 ตัว พร้อมตัวดูด 1 ตัว และตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องสีข้าวกล้องคือ INVERTER ดังแสดงในรูป 2.1



รูป 2.1. INVERTER

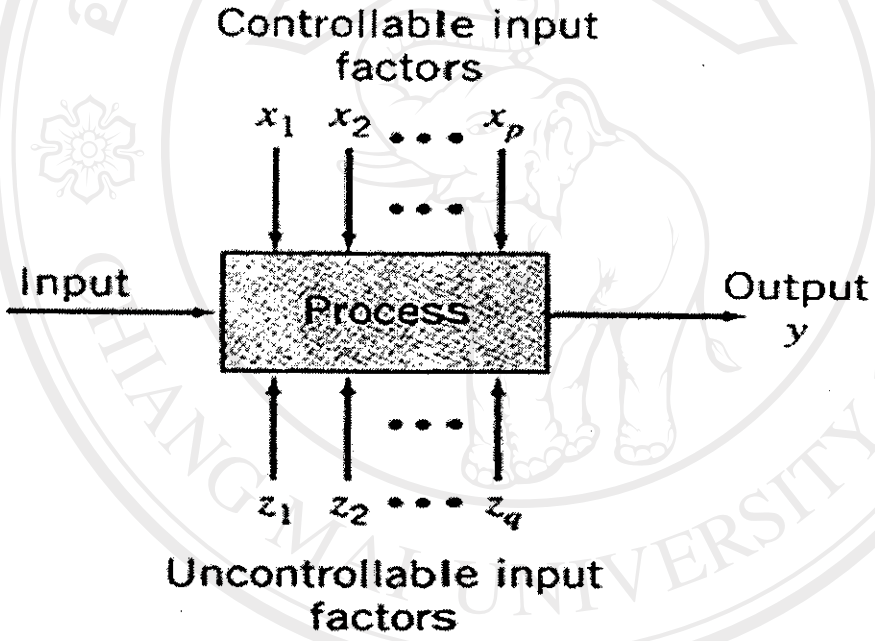
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 กลยุทธ์ในการทดลอง

การออกแบบการทดลองจะถูกออกแบบโดยผู้ทดลอง ที่ต้องการค้นหาคำตอบจากกระบวนหรือระบบที่ผู้ทดลองมีความต้องการ การทดลองหรือการทดสอบหรือชุดการทดสอบที่คาดหมายว่าจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรเข้าสู่กระบวนการหรือระบบ จะส่งผลให้ตัว

แปรตอบสนองมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ในงานด้านวิศวกรรมการทดลองมีความสำคัญในการออกแบบผลิตใหม่ การพัฒนากระบวนการผลิต และการปรับปรุงกระบวนการผลิต วัตถุประสงค์หลักก็เพื่อพัฒนากระบวนให้มีความเข้มแข็ง ซึ่งมีความแปรผันภายนอกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการน้อยมาก

ตามปกติแล้วการทดลองถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งทั้งกระบวนการและระบบสามารถที่จะแทนด้วยแบบจำลองดังรูป 2.2



รูป 2.2 หุ่นจำลองทั่วไปของกระบวนการ
(Montgomery, 2002 : 572)

อาจมองได้ว่า กระบวนการคือ การรวมเอาคนงาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่น ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนอินพุต (เช่น วัตถุดิบ) ไปสู่เอาต์พุตที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งเราสามารถเห็นได้ ตัวแปรกระบวนการบางชนิด $x_1, x_2, \ldots\ldots x_p$ เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุมได้ ในขณะที่ตัวแปรบางตัว $z_1, z_2, \ldots\ldots\ldots\ldots z_q$ เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองอาจเกี่ยวข้องกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) การหาปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อผลตอบ y

2) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y ได้ตามค่าที่ต้องการ

3) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ เพื่อทำให้ค่า y น้อยที่สุด

4) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถคุมได้ $z_1, z_2, \ldots z_q$ มีค่าต่ำสุด

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ

(1) เรพลิเคชั่น (Replication) หมายถึงการทำการทดลองซ้ำ มีคุณสมบัติที่ สำคัญ 2 ประการคือ ประการแรกเรพลิเคชั่นทำให้ผู้ทดลองหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และเพื่อการประมาณค่าเฉลี่ยนั้นมีความมั่นใจมากขึ้น

(2) การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวให้เท่ากัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับข้อมูลทุกระดับในการทดลองให้เท่า ๆ กัน

(3) บล๊อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง บล๊อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีคาวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ๊ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่าง ๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

ปัจจัย (Factor) ในกระบวนการผลิตสามารถแบ่งปัจจัยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ เป็นผลดีต่อการทดลอง เพราะว่าการทดลองผู้ทดลองจะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ที่คิดว่าจะมีผลต่อผลตอบสนองที่ต้องการ

(2) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrolable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดปัจจัยนั้น ๆ ได้ในกระบวนการ ทั้งนี้อาจเกิดจากเทคโนโลยีไม่ทันสมัย ต้นทุนในการควบคุมสูง หรือมีความรู้ไม่เพียงพอ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นผลต่อกระบวนการ ผู้ทำการทดลองจะต้องพยายามกำจัดปัจจัยลักษณะแบบนี้ เพื่อให้เปลี่ยนเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัว และวัตถุประสงค์ของผู้ที่ทำการทดลองหรือทดสอบ เพื่อต้องการหาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบของระบบ เราเรียกว่าการวางแผนและการดำเนินการทดลองว่ากลยุทธ์ของการทดลอง (Strategy of Experiments)

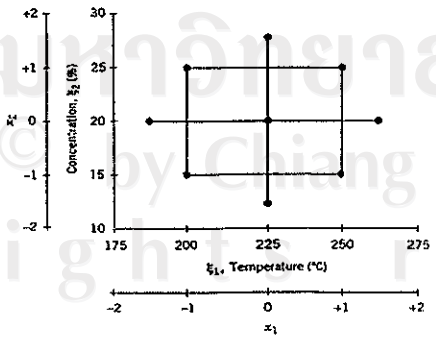
ซึ่งมีกลยุทธ์หลายอย่างที่ผู้ทดลองสามารถนำไปใช้ได้ เช่น แบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (One – Factor –at – time) หรือการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design)

2.3.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design)

การออกแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลเกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ๆ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีประโยชน์หลายประการ และเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองแบบที่ละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลยังเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อมีอันตรกิริยาเกิดขึ้น และยังสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่าง ๆ ของปัจจัยอื่นได้ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่

(1) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย เป็นการออกแบบชนิดที่ง่ายที่สุดจะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ A และ B ปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งทั้งหมดนี้จะถูกจัดให้อยู่ในรูปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล กล่าวคือ ในแต่ละเรพลิเคชั่นของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง และโดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง

(2) การออกแบบ 2^k Factorial Designs เป็นการออกแบบพื้นฐานในการสร้างบล๊อก เพื่อใช้ในการสร้างพื้นผิวผลตอบ เช่น ถ้าเพิ่มการออกแบบ 2^2 ด้วย Axial Runs ตามรูป 2.3 แล้วจะให้ผลลัพธ์เป็น Central Composite Design ซึ่งเป็นหนึ่งในการออกแบบที่สำคัญมากของแบบจำลองพื้นผิวผลตอบกำลังสอง (Second-Order Response Surface Model)

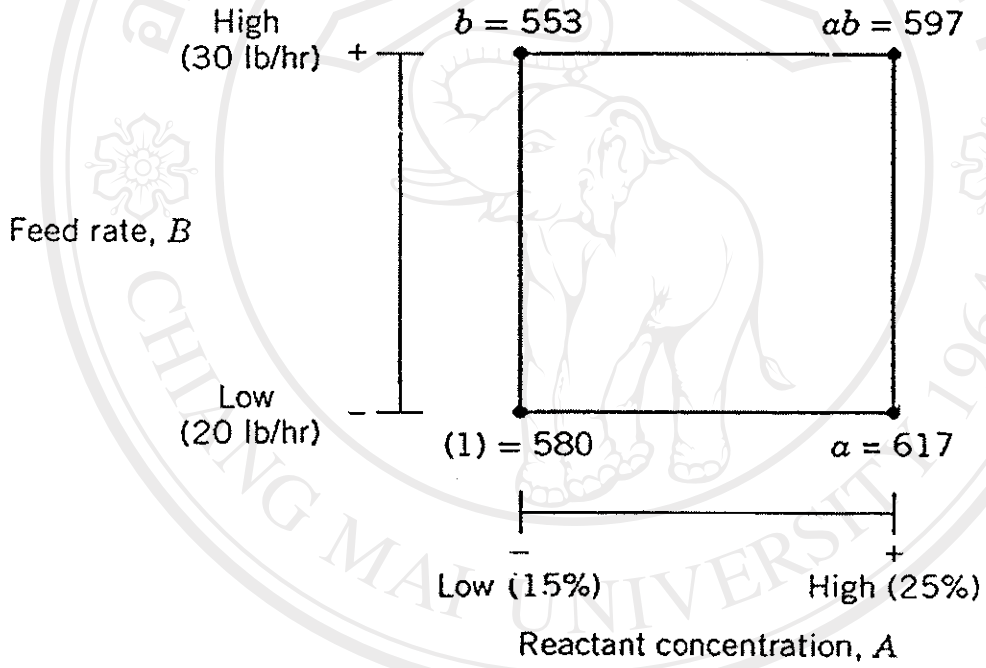


รูป 2.3 Central Composite Design

(Myers and Montgomery, 1995 : 56)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) การออกแบบชนิด 2^2 Factorial Design การออกแบบที่ง่ายที่สุดของ 2^k คือที่มีปัจจัยเพียง 2 ปัจจัยสมมุติเป็น A และ B โดยในแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ จึงเรียกว่า 2^2 Factorial Design ระดับของปัจจัยอาจจะกำหนดเป็นระดับต่ำ (Low) และสูง (High) ซึ่งทั้งสองระดับอาจจะเป็นเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิหรือความดัน หรืออาจจะเป็นเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักรสองเครื่อง คนงานสองคน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วในการหาพื้นผิวผลตอบปัจจัยและระดับจะกำหนดเป็นเชิงปริมาณ ตามรูป 2.4



รูป 2.4 2^2 Factorial Design

(Myers and Montgomery, 1995 : 80)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 เครื่องหมายที่ใช้สำหรับคำนวณผลลัพธ์ของการออกแบบ 2^2

Treatment Combination	Factorial Effect			
	I	A	B	AB
(I)	+	-	-	+
A	+	+	-	-
B	+	-	+	-
Ab	+	+	+	+

ที่มา : Myers and Montgomery, 1995 : 84

2.3.2 การออกแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology)

วิธีการออกแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology: RSM)เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติ ที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ปัญหาโดยที่ผลตอบที่เราสนใจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยหรือหลายตัวแปร และวัตถุประสงค์ของผู้ทำการทดลองเพื่อต้องการหาค่าที่ดีที่สุด ดังนั้นในปัญหาเกี่ยวกับพื้นผิวผลตอบส่วนมาก เราจะไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบและตัวแปรอิสระ ขั้นตอนแรก เราจะต้องหาตัวแปรประมาณที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนสำหรับแสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่าง y และเซ็ตของปัจจัยอิสระ ซึ่งตามปกติเราจะใช้ฟังก์ชั่นพหุนามที่มีกำลังต่ำ ๆ ที่อยู่ภายใต้อาณาเขตบางส่วนของตัวแปรอิสระ ฟังก์ชั่นที่จะใช้ในการประมาณความสัมพันธ์คือแบบจำลองกำลังหนึ่ง ดังสมการ 2.1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \qquad (2.1)$$

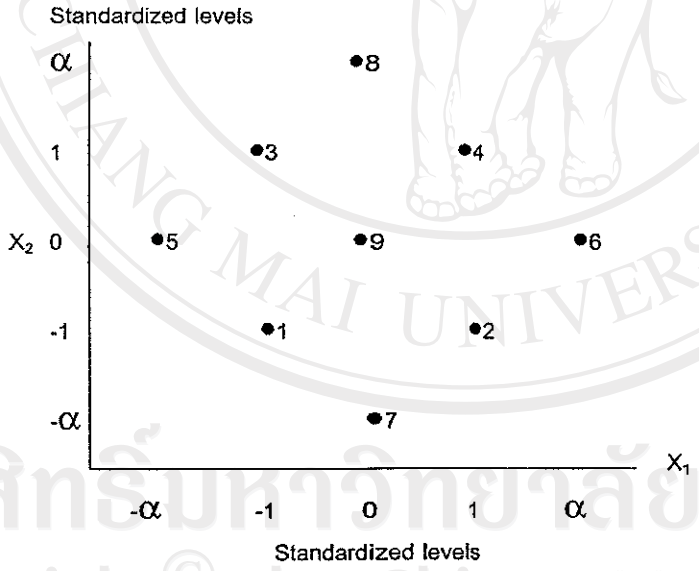
แต่ถ้ามีส่วนโค้งเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบ เราจะใช้ฟังก์ชั่นพหุนามที่มีกำลังสูงขึ้น เช่นพหุนามกำลังสอง ตามสมการ 2.2

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_i^2 + \sum\sum_{i<j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad (2.2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

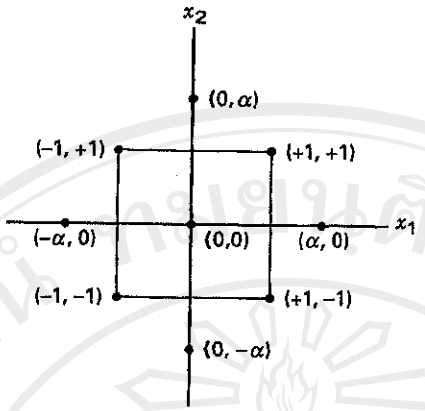
2.3.3 การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design)

การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) ใช้สำหรับฟิตแบบจำลองกำลังสอง ซึ่งเป็นการขยายการออกแบบ 2^k Factorial Designs แสดงตามรูป 2.5 ซึ่งในรูปนี้เป็นชนิด 2^2 Factorial Designs ที่ประกอบด้วย 2k หรือ จุดที่ 1-4 และเพิ่มจำนวน Runs ที่จุดศูนย์กลางที่เรียกว่า Center Runs ในรูปคือจุดที่ 9 กับ Axial Points ที่เรียกว่า Star Runs ซึ่งกำหนดให้เป็นค่า α ในรูปคือจุด 5-8 ค่า α นี้จะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงระยะปลายสุดของระดับของปัจจัยที่สนใจศึกษาทั้งทางด้านต่ำ (Low) และด้านสูง (High) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถพยากรณ์ได้ตลอดบริเวณตามระยะทางจากจุดกึ่งกลางของการออกแบบ คุณสมบัตินี้เรียกว่า Rotatable Design คือค่าความแปรปรวนของผลตอบที่ถูกพยากรณ์จะมีค่าคงตัวบนรูปทรงกลม ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่ใช้ในแบบจำลองกำลังสอง เพื่อหาพื้นผิวผลตอบ(ไพโรจน์ วิริยจารี, 2544)



รูป 2.5 จุดของการออกแบบชนิด 2^2 Factorial Designs
(ไพโรจน์ วิริยจารี, 2544 : 44)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.6 การออกแบบส่วนประสมกลาง สำหรับ k = 2

(ปารเมศ ชุติมา, 2545 : 479)

สำหรับการออกแบบส่วนประสมกลาง (CCD) ถ้ามีการบล๊อก (Blocking) ในการออกแบบแล้วค่าของ α ที่เลือกใช้จะต้องทำให้มีคุณสมบัติทางด้าน Blocks Orthogonal ต่อการประมาณการของพารามิเตอร์ในสมการถดถอย ดังสมการ 2.3

$$\alpha = \sqrt{\frac{2^k (2k + C_A)}{2(2^k + C_F)}} \qquad (2.3)$$

ตาราง 2.2 การหาค่าของ α สำหรับคุณสมบัติทางด้าน Rotatability

Number of Factors	Factorial Portion	Scaled Value for α Relate to ±1
2	2^2	$2^{2/4} = 1.414$
3	2^3	$2^{3/4} = 1.682$
4	2^4	$2^{4/4} = 2.000$
5	2^{5-1}	$2^{4/4} = 2.000$
5	2^5	$2^{5/4} = 2.378$
6	2^{6-1}	$2^{5/4} = 2.378$
6	2^6	$2^{6/4} = 2.828$

ที่มา : http://www.itl.nist.gov.ac.th

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 ค่า α เมื่อกำหนด 2 Blocks สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

Blocks	X_1	X_2
1	0.00000	0.00000
1	1.00000	-1.00000
1	-1.00000	-1.00000
1	0.00000	0.00000
1	-1.00000	1.00000
1	0.00000	0.00000
1	1.00000	1.00000
2	0.00000	-1.41421
2	0.00000	0.00000
2	0.00000	1.41421
2	-1.41421	0.00000
2	1.41421	0.00000
2	0.00000	0.00000
2	0.00000	0.00000

ตาราง 2.4 จำนวน Runs ที่ต้องการสำหรับ CCD

Number of Factors	Central Composite Design
2	13 (5 center points)
3	20 (6 center point runs)
4	30 (center point runs)
5	33 (fractional factorial) or 52 (full factorial)
6	54 (fractional factorial) or 91 (full factorial)

ที่มา : http://www.itl.nist.gov.ac.th

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 การออกแบบ CCD : 2 Factors, 2 Blocks สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

Pattern	Block	X_1	X_2	Comment
0 0	1	0.00000	0.00000	Center-Full Factorial
+ -	1	1.00000	-1.00000	Full Factorial
- -	1	-1.00000	-1.00000	Full Factorial
0 0	1	0.00000	0.00000	Center-Full Factorial
- +	1	-1.00000	1.00000	Full Factorial
0 0	1	0.00000	0.00000	Center-Full Factorial
+ +	1	1.00000	1.00000	Full Factorial
0 -	2	0.00000	-1.41421	Axial
0 0	2	0.00000	0.00000	Center-Axial
0 +	2	0.00000	1.41421	Axial
- 0	2	-1.41421	0.00000	Axial
+ 0	2	1.41421	0.00000	Axial
0 0	2	0.00000	0.00000	Center-Axial
0 0	2	0.00000	0.00000	Center-Axial

2.3.4 แบบจำลองการถดถอย (Regression Model)

แบบจำลองการถดถอย (Regression Model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้สำหรับการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหรือตัวแปร เพื่อนำไปสร้างสมการทำนายพื้นผิวผลตอบ สามารถหาผลตอบ ณ จุดใด ๆ ในแต่ละช่วงของปัจจัยได้ ตามปกติแบบจำลองการถดถอยแบบใดก็ตามที่มีพารามิเตอร์ (ค่าของ β) เป็นแบบเชิงเส้นจะหมายถึงแบบจำลองการถดถอยแบบเชิงเส้น โดยไม่ต้องพิจารณาถึงรูปร่างของพื้นผิวผลตอบที่ถูกสร้างขึ้นมา การประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองการถดถอยแบบเชิงเส้น ส่วนใหญ่ก็คือวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square) เป็นวิธีการที่ใช้มากในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสำหรับแบบจำลองการถดถอยแบบเชิงเส้น

สรุป ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองในหัวข้อ 2.3 เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องอันจะนำไปสู่วิธีการดำเนินงานในบทที่ 3 ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved