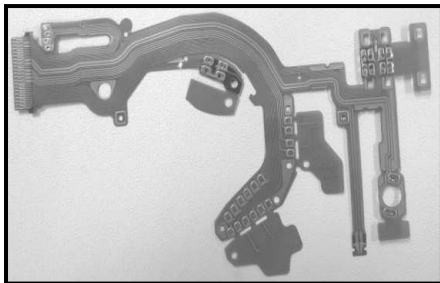


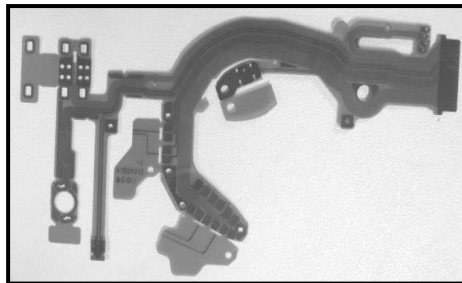
บทที่ 2

ผลงานการวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบภายในของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรด้านเดียวหรือมีทองแดงชั้นเดียว (Single Side) แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรสองด้านหรือมีทองแดงสองชั้น (Double Side) และแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรสามชั้นขึ้นไป (Multilayer) แต่ละประเภทของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนแบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหน้า (Front Side , F-Side) เป็นด้านที่ใช้ในการบัดกรีกับผลิตภัณฑ์ของลูกค้า และแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหลัง (Behind Side , B-Side) เป็นด้านที่ไว้วางกับอุปกรณ์ของลูกค้า ประเภทของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน แสดงตามภาพที่ 2.1 ตำแหน่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน แสดงตามภาพที่ 1 ภาคผนวก ข

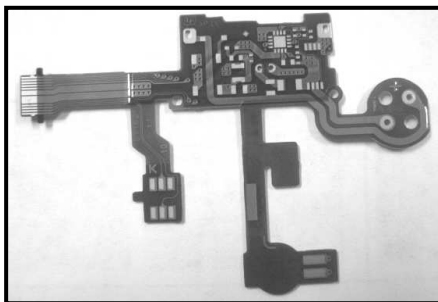


แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหน้า

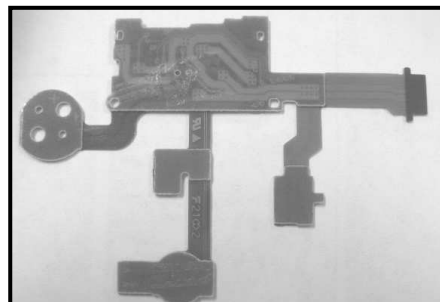


แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหลัง

ภาพที่ 2.1 ก)

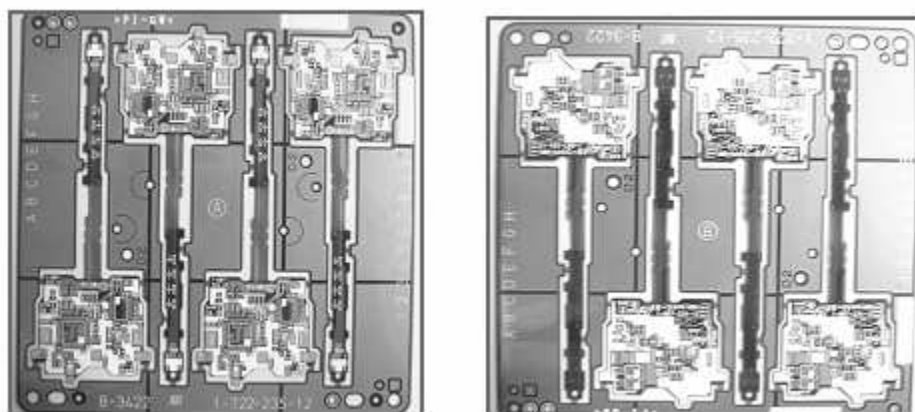


แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหน้า



แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหลัง

ภาพที่ 2.1 ข)



แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหน้า

แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้านหลัง

ภาพที่ 2.1 ค)

ภาพที่ 2.1 แสดงภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน

2.1 ก) แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรด้านเดียวหรือมีทองแดงชั้นเดียว (Single Side)

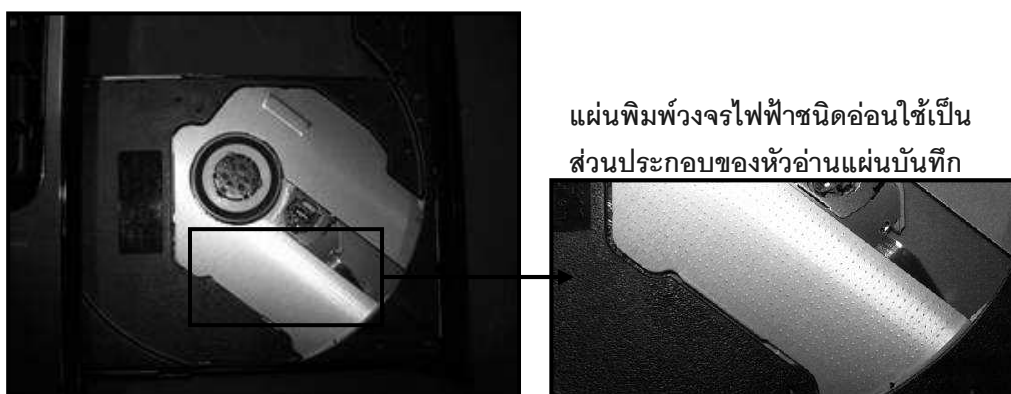
2.1 ข) แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรสองด้านหรือมีทองแดงสองชั้น (Double Side)

2.1 ค) แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีเส้นลายวงจรสามชั้นขึ้นไป (Multilayer)

(ข้อมูลจาก บริษัทผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน)

หลักการทำงานของแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน ภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดการขับเคลื่อนของส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ และส่งผลให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้งานได้ (ข้อมูลจาก บริษัทผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน)

ในที่นี้ยกตัวอย่างหัวอ่านแผ่นบันทึก (Disk) ของคอมพิวเตอร์พกพาที่มีการใช้แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ แสดงตามภาพที่ 2.2



แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนใช้เป็น
ส่วนประกอบของหัวอ่านแผ่นบันทึก

ภาพที่ 2.2 แสดงภาพตัวอย่างคอมพิวเตอร์พกพาที่มีการใช้แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน
เป็นส่วนประกอบของหัวอ่านแผ่นบันทึก (Disk)

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมตรงตามความต้องการของลูกค้า และข้อตกลงร่วมกัน โดยไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพ จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการออกแบบ (Design Process) และการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปรายละเอียดตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 สรุปสาระสำคัญของปัญหา (Problem brief) คือ การศึกษาความเป็นมาของปัญหาของผลิตภัณฑ์เดิม เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) คือ การศึกษาปัญหาด้วยความรอบคอบ โดยคำนึงถึงประโยชน์การใช้งาน (Function) และความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomic)

ขั้นที่ 3 เสนอแนวความคิดที่เป็นไปได้ของการแก้ปัญหา (Propose possible solution)

3.1 ความเป็นไปได้ของรูปทรงและโครงสร้าง (Possible shapes and structures) โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ในการออกแบบรูปทรง และลักษณะโครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

3.2 ความเป็นไปได้ของวัสดุพื้นผิว และการตกแต่ง (Possible material texture and finished) พิจารณาความเป็นไปได้ในการออกแบบตกแต่งลักษณะพื้นผิวของวัสดุผลิตภัณฑ์

3.3 ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ (Aesthetics) โดยพิจารณาให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของการออกแบบและการใช้งาน

3.4 การทำให้ง่ายในเวลาจำกัด (Facilities and time available) พิจารณาถึงความเป็นไปได้ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างรูปทรงของผลิตภัณฑ์ในเวลาจำกัด

ขั้นที่ 4 เลือกแนวความคิดที่ดีที่สุด (Choose the best idea) เพื่อกำหนดเป็นวิธีการแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากรายละเอียด ดังนี้

4.1 การใช้วัสดุ (Material used) โดยเลือกให้เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ และประโยชน์การใช้งาน

4.2 รายละเอียดของโครงสร้าง (Construction detail) มีความถูกต้องตามแบบโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และสอดคล้องกับการใช้งานของลูกค้า

4.3 ขนาดหรือสัดส่วน (Size) มีขนาดของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประโยชน์การใช้งาน

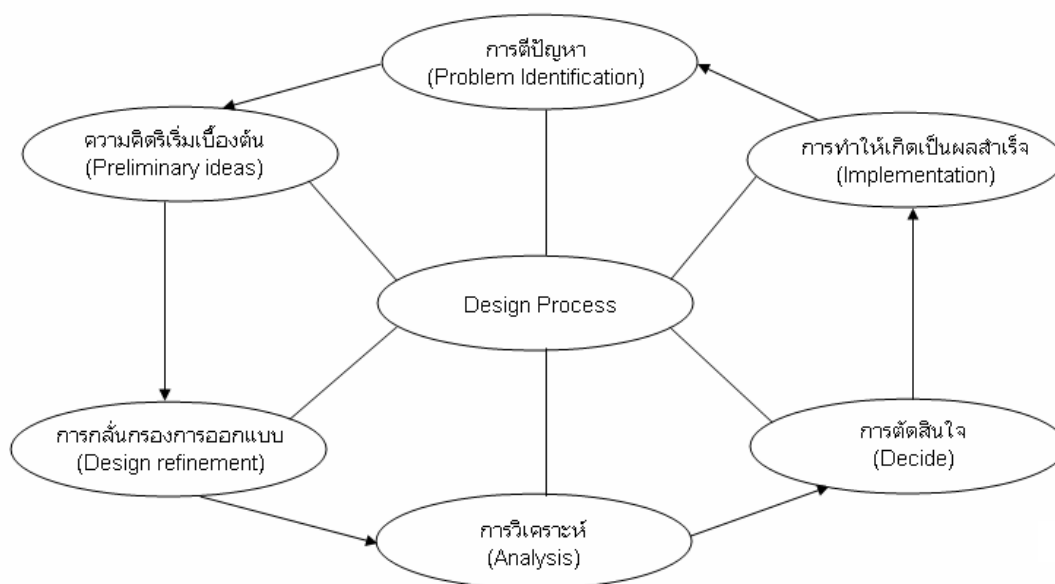
4.4 การตกแต่งผลิตภัณฑ์ (Finish) ให้มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ปฏิบัติการเขียนแบบเพื่อการผลิตรายการชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์ (Prepare workshop drawing and parts list) เป็นการสรุปแนวความคิดในการแก้ปัญหการออกแบบที่ดีที่สุด เพื่อเตรียมการเขียนแบบและทำการผลิต

ขั้นที่ 6 สร้างเอกสารที่ใช้ในการผลิต (Make the article)

ขั้นที่ 7 ประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Evaluate the design) โดยทำการประเมินให้สอดคล้องกับประโยชน์การใช้งาน และตรงตามความต้องการกับการใช้งานของลูกค้า

2.2 กระบวนการออกแบบของเอิร์ล (Earle) เป็นกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบข้างต้น แสดงตามภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ของเอิร์ล

(นิรันดร์ สุดสังข์ , 2548 , น.31)

กระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ของเอิร์ล ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การรวบรวมปัญหา (Problem Identification)

ขั้นที่ 2 ความคิดริเริ่มเบื้องต้น (Preliminary ideas)

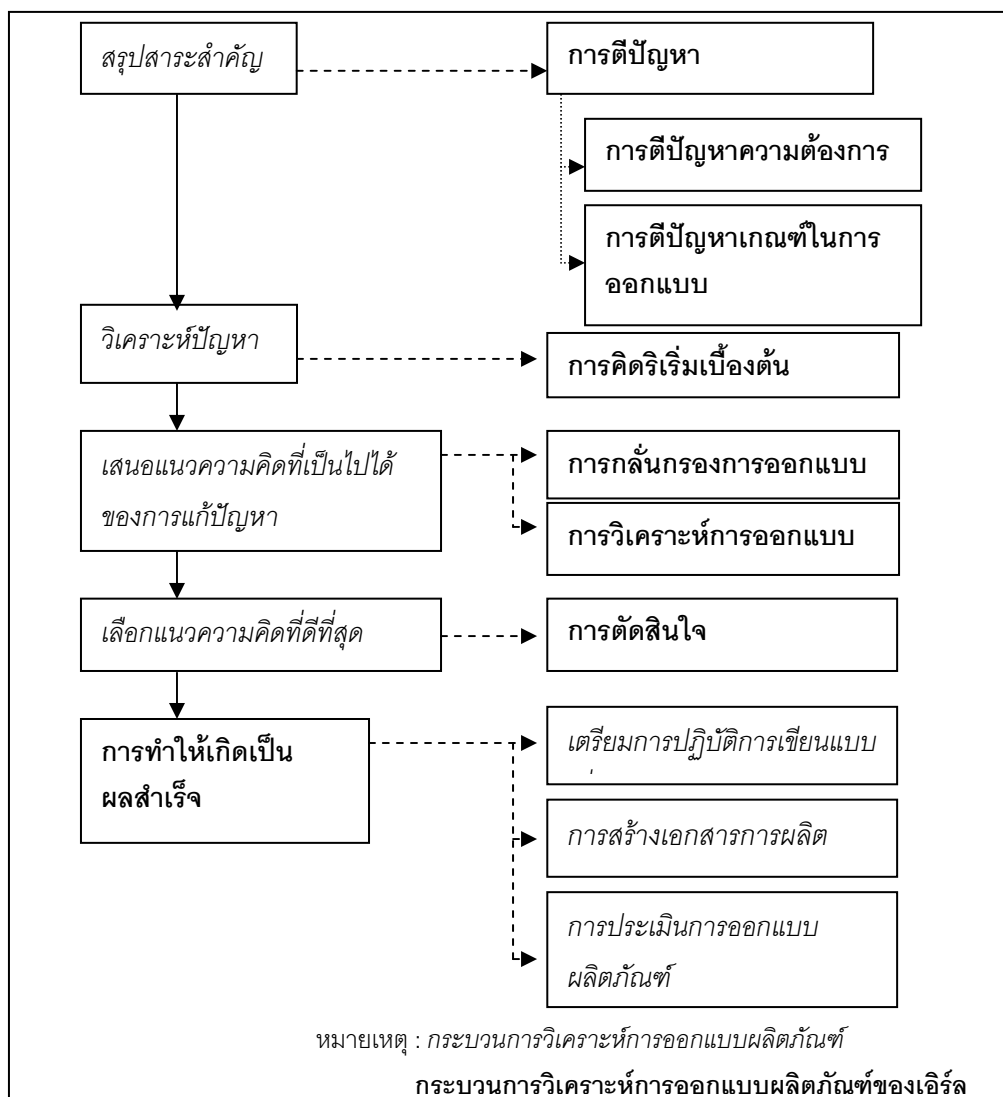
ขั้นที่ 3 การกลั่นกรองการออกแบบ (Design refinement)

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นที่ 5 การตัดสินใจ (Decide)

ขั้นที่ 6 การทำให้เกิดเป็นผลสำเร็จ (Implementation)

ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ของเอิร์ล กับ
กระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ข้างต้น แสดงตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ และ
กระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ของเอิร์ล

จากความสัมพันธ์ของกระบวนการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ ตามภาพที่ 2.4 สรุปรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 สรุปสาระสำคัญของปัญหา คือ การศึกษาความเป็นมาของปัญหา ผลิตภัณฑ์เดิมและรวบรวมข้อมูลปัญหา โดยการตีปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท อันได้แก่ การตีปัญหาความต้องการ (Identification of a needs) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาใหม่ การตีปัญหาแบบที่สอง คือ การตีปัญหาเกณฑ์ในการออกแบบ (Identification of design criteria) เป็นส่วนหนึ่งของปัญหาที่ผู้ออกแบบต้องระบุขึ้นเพื่อให้ปรากฏในงานออกแบบ ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก และราคาของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบขึ้นใหม่

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) คือ การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความรอบคอบ โดยใช้ทฤษฎีแก้ปัญหาการประดิษฐ์ (TRIZ) และกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) และการสะสมข้อมูลในกระบวนการออกแบบ (Accumulating information) เป็นแนวทางการคิดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 เสนอแนวความคิดที่เป็นไปได้ของการแก้ปัญหา (Propose possible solution) เป็นขั้นตอนการกลั่นกรองการออกแบบ (Design refinement) และคัดเลือกแบบต่าง ๆ ที่ใช้เป็นต้นแบบแนวความคิด โดยการกำหนดขนาด สัดส่วน และรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม และคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการออกแบบกับความต้องการของลูกค้าที่สอดคล้องกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์การออกแบบ (Analysis) กระบวนการดังกล่าวเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบ เพื่อเป็นการประเมินการออกแบบก่อนการเตรียมการออกแบบวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางความคิดและการประยุกต์ความรู้ทางเทคนิคต้องอาศัยพื้นฐานของเหตุผลทางข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย (Function analysis) การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Engineering Analysis) การวิเคราะห์รายละเอียดเฉพาะ (Specification Analysis) และการวิเคราะห์ความแข็งแรง (Strength Analysis) โดยคำนึงถึงคุณภาพการออกแบบผลิตภัณฑ์

ขั้นที่ 4 เลือกแนวความคิดที่ดีที่สุด (Choose the best idea) เป็นการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา จากการตัดสินใจ (Decide) ซึ่งเป็นกระบวนการที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงของข้อมูล รวมถึงประสบการณ์การทำงานของผู้ร่วมงานที่มีผลต่อการตัดสินใจในการประยุกต์ใช้วิธีการหรือปฏิเสธแนวความคิดนั้น โดยการตัดสินใจจากผลของการวิเคราะห์การออกแบบเทียบกับความต้องการของลูกค้า

ขั้นที่ 5 คือ การทำให้เกิดเป็นผลสำเร็จ (Implementation) โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์และเป็นความจริงขึ้นมา (Reality) ตามขั้นตอน ดังนี้

5.1 เตรียมการเขียนแบบเพื่อการผลิตรายการชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์จากแนวความคิดในการแก้ปัญหาการออกแบบที่ดีที่สุด

5.2 การสร้างเอกสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต

5.3 การประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Evaluate the design) โดยพิจารณาจากการประเมินภายใต้เงื่อนไขการใช้งานและความต้องการของลูกค้า

จากกระบวนการดังกล่าว เทคนิควิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในขั้นตอนการคิดริเริ่มเบื้องต้น ได้แก่ ทฤษฎีแก้ปัญหาการประดิษฐ์ (TRIZ) ทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของผู้ผลิต และสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

2.3 ทฤษฎีแก้ปัญหาการประดิษฐ์ (TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (ภาษารัสเซีย) หรือ Theory of the Solution of Inventive Problems)) เป็นการนำปัญหาการประดิษฐ์ต่าง ๆ มาจัดให้เป็นระบบ และกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยหลักการประดิษฐ์คิดค้น (Inventive Principles) และตารางความขัดแย้งทางเทคนิค (Technical Contradiction Matrix) สำหรับการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 นำปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหามาพิจารณาให้สอดคล้องกับพารามิเตอร์ 39 อย่างของอัลท์ชูลเลอร์ โดยการเปลี่ยนปัญหาที่ต้องการแก้ไขให้สอดคล้องกับพารามิเตอร์ ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงพารามิเตอร์ 39 อย่างของอัลท์ซูลเลอร์

พารามิเตอร์ของอัลท์ซูลเลอร์	
1. น้ำหนักของวัตถุที่เคลื่อนที่	21. กำลัง (Power)
2. น้ำหนักของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	22. การสิ้นเปลืองพลังงาน
3. ความยาวของวัตถุที่เคลื่อนที่	23. การสิ้นเปลืองสสาร
4. ความยาวของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	24. การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร
5. พื้นที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่	25. การสิ้นเปลืองเวลา
6. พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	26. ปริมาณของสสาร
7. ปริมาตรของวัตถุที่เคลื่อนที่	27. ความน่าเชื่อถือ
8. ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	28. ความแม่นยำของการวัด
9. ความเร็ว	29. ความแม่นยำของการผลิต
10. แรง	30. ปัจจัยเป็นโทษที่มีต่อวัตถุ
11. ความตึง แรงดัน	31. ผลกระทบที่เป็นโทษ
12. รูปร่าง	32. ความสามารถในการผลิตได้
13. ความเสถียรของวัตถุ	33. ความสะดวกในการใช้งาน
14. ความแข็งแรง	34. ความสามารถในการซ่อมแซม
15. ความทนทานของวัตถุที่เคลื่อนที่	35. ความสามารถในการปรับเปลี่ยน
16. ความทนทานของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	36. ความซับซ้อนของอุปกรณ์
17. อุณหภูมิ	37. ความซับซ้อนของการควบคุม
18. ความสว่าง	38. ระดับการเป็นระบบอัตโนมัติ
19. พลังงานที่ใช้กับวัตถุที่เคลื่อนที่	39. ผลผลิต
20. พลังงานที่ใช้กับวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	

(มณฑล ศาสนนันท์, 2550 , น.148)

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีความขัดแย้งทางเทคนิคในงานประดิษฐ์ โดยพิจารณาพารามิเตอร์ หรือลักษณะที่ต้องเปลี่ยนแปลง กับผลกระทบที่ไม่พึงปรารถนาของพารามิเตอร์อื่น ๆ ตามตารางความขัดแย้งทางเทคนิค (ตารางที่ 1 ภาคผนวก ก)

ขั้นที่ 3 เปลี่ยนหลักการประดิษฐ์คิดค้นในตารางความขัดแย้งทางเทคนิค ให้เป็นแนวทางการแก้ปัญหาเฉพาะด้านด้วยตนเอง โดยอาศัยตารางหลักการประดิษฐ์คิดค้น (ตารางที่ 2 ภาคผนวก ก) และความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการแก้ปัญหการประดิษฐ์ คือ การปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการผลิตภาชนะเซรามิค (Ceramics) เพื่อลดความยุ่งยากในกระบวนการผลิตและพัฒนาให้เกิดนวัตกรรมทางกระบวนการผลิต โดยใช้ทฤษฎีดังกล่าววิเคราะห์กระบวนการผลิตแบบเดิม และปรับปรุงให้เกิดกระบวนการผลิตแนวทางใหม่ (J.R.G Evans , 2008)

กระบวนการแก้ปัญหการประดิษฐ์ ต้องอาศัยกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเพื่อการพัฒนาแนวความคิดในแก้ปัญหา

2.4 กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ หรือ กระบวนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ (Creative problem solving) คือ วิธีการคิดหรือกระบวนการทำงานของสมองอย่างมีขั้นตอนนำมาใช้ในการแก้ปัญหการออกแบบ และออกแบบลักษณะผลิตภัณฑ์

2.5 การประเมินประสิทธิภาพการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแก้ปัญหการประดิษฐ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นงานที่สมบูรณ์ วิธีการประเมินประสิทธิภาพทางสถิติแบ่งได้เป็น 5 ประเภท

1. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือรวบรวมข้อมูล
2. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
3. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมวลผล หรือวิเคราะห์ข้อมูล วิธีการทางสถิติในกลุ่มนี้ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) และสถิติอ้างอิง (Inferential statistics)
4. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการนำเสนอผลวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ทำการประเมินประสิทธิภาพการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยวิธีทางสถิติอ้างอิงที่ใช้ในการประมวลผล หรือวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติอ้างอิง เป็นวิธีทางสถิติใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่มีสมาชิกในกลุ่มจำนวนหนึ่ง โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นสรุปผลวางนัยทั่วไป หรืออ้างอิงไปยังกลุ่มประชากร (Population) ของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดสอบสมมุติฐาน ได้แก่ T-test การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หรือการทดสอบด้วยไคสแควร์ ในที่นี้กล่าวถึงการทดสอบสมมุติฐาน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

2.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA, Analysis of Variance) หรือ F-Test (Fisher-Test) เป็นวิธีทางสถิติใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทดลอง ในที่นี้ ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณีที่มีตัวแปรอิสระตัวเดียว เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบเดียว (One-way ANOVA)

เงื่อนไขของสมมุติฐานหลักที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน ประกอบด้วย

1. ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน
2. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง เกิดเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม (Sampling error)

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบสมมุติฐาน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมุติฐานหลัก (H_0) สำหรับการทดสอบสมมุติฐาน โดยทั่วไปทำการกำหนดสมมุติฐานที่ตรงกันข้ามกับสมมุติฐานทางการวิจัย

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ได้แก่ 0.05 0.01 0.001 หรือระดับอื่นๆ ขึ้นกับการตัดสินใจของผู้ประเมินประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 คำนวณค่า F ตามสมการของแต่ละกรณี โดยการคำนวณค่าต่างๆ ได้แก่ SS_T SS_b SS_w MS_b MS_w และ F ตามลำดับ

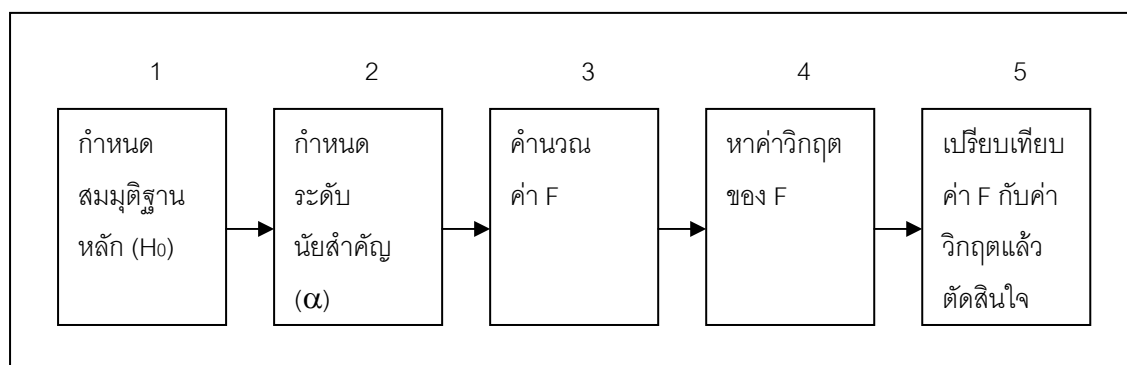
ขั้นที่ 4 หาค่าวิกฤตของ F จากตารางค่าวิกฤตของ F (ตารางที่ 3 ภาคผนวก ก) ตามระดับนัยสำคัญที่กำหนด และองศาเสรี (Degree of Freedom) ของแต่ละกรณี

ขั้นที่ 5 นำค่า F จากการคำนวณในขั้นที่ 3 และค่าวิกฤตที่ได้จากขั้นที่ 4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล ดังนี้

ถ้าค่า F ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต แสดงว่าค่า F มีนัยสำคัญ และตัดสินใจปฏิเสธ H_0

ถ้าค่า F ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าค่า F ไม่มีนัยสำคัญ และตัดสินใจยอมรับ H_0

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน
(บุญชม ศรีสะอาด , 2546, น.260-262)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีที่มีตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามเพียงตัวเดียว ตัวแปรอิสระอาจเป็นตัวแปรเชิงคุณลักษณะ (Qualitative) หรือตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวมีหลายวิธี ได้แก่

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Completely randomized (CR-k)
2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Randomized block (RB-k)
3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Repeated measurement (RM-k)

2.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CR-k (Completely randomized-k) เป็นการวิเคราะห์ที่มีกลุ่มตัวอย่าง k กลุ่ม ตามระดับหรือประเภทของตัวแปรอิสระ ซึ่งแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มได้มาจากการสุ่ม (Random) และสภาพการทดลองที่เกิดจากการวิจัย เรียกว่าการทดลอง (Treatment)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CR-k โดยอาศัยแนวความคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้แก่

1. การวิเคราะห์การแปรผัน (Variation) หรือ ผลรวมของกำลังสองของความเบี่ยงเบน (ผลรวมของกำลังสอง (Sum of squares)) การแปรผันแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การแปรผันทั้งหมด (Total sum of squares, SST) การแปรผันระหว่างกลุ่ม (Between groups sum of squares, SS_b (การแปรผันที่เป็นระบบ)) การแปรผันภายในกลุ่ม (Within groups sum of squares, SS_w (การแปรผันที่เป็นความคลาดเคลื่อน (SS_{error})))

ผลรวมของกำลังสองของความเบี่ยงเบนคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 หรือ 2.2

$$SS_T = SS_B + SS_W \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

เมื่อ	X_{ij}	แทน	ค่าข้อมูลในตัวแปรตาม
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในตัวแปรตามทั้งหมด
	$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในตัวแปรตามในกลุ่มที่ j
	k	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	n_j	แทน	จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่ j

จากสมการที่ 2.1 ถ้าค่าการแปรผันระหว่างกลุ่มเป็นศูนย์ ทำให้ค่าการแปรผันทั้งหมดเท่ากับค่าการแปรผันภายในกลุ่ม แสดงว่าการแปรผันทั้งหมด คือ การแปรผันที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง และสรุปได้ว่าการทดลองในแต่ละกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างกันระหว่างการทดลอง

กรณีที่มีการทดลองแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมาก เนื่องจากค่าการแปรผันระหว่างกลุ่มมีค่ามาก ทำให้ค่าการแปรผันทั้งหมดมีค่ามากตามไปด้วย แสดงว่าค่า F ที่คำนวณได้จะมีนัยสำคัญ

2. ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions)

2.1 ประชากรที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างมีการแจกแจงของค่าตัวแปรที่ศึกษาเป็นแบบปกติ

2.2 กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน (Independent samples)

2.3 ประชากรของกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวน (σ^2) เท่ากัน

3. สมมุติฐานในการทดสอบ

ทดสอบสมมุติฐานหลัก (H_0) ที่ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน

คือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

เมื่อ $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากรในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ k
ตามลำดับ

k แทน จำนวนกลุ่มทดสอบ

4. การคำนวณ

คำนวณหาค่า F จากสมการที่ 2.4

$$F = MS_b / MS_w \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F
เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

MS_b แทน ค่าประมาณของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
(mean square between groups)

MS_w แทน ค่าประมาณของความแปรปรวนภายในกลุ่ม
(mean square within groups)

คำนวณหาค่า MS_b และ MS_w จากสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$MS_b = SS_b / (k-1) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$MS_w = SS_w / (k-1) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

เมื่อ SS_b แทน ผลรวมของกำลังสองระหว่างกลุ่ม (Between group sum of squares)

SS_w แทน ผลรวมของกำลังสองภายในกลุ่ม (Within group sum of squares)

k-1 แทน องศาเสรี (Degree of freedom) สำหรับการแปรผันระหว่างกลุ่ม
(df_b)

n-1 แทน องศาเสรี (Degree of freedom) สำหรับการแปรผันภายในกลุ่ม
(df_w)

คำนวณหาค่า ผลรวมของกำลังสอง ตามสมการที่ 2.6 2.7 และ 2.8

$$SS_b = \sum_{j=1}^k (T_j^2 / n_j) - T^2 / N \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$SS_w = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^k (T_j^2 / n_j) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$SS_b = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - T^2 / N \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

เมื่อ N แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

T แทน ค่าข้อมูลในตัวแปรตามทั้งหมด

T_j แทน ค่าข้อมูลในตัวแปรตามของกลุ่มที่ j

จากการคำนวณค่าต่างๆ ตามสมการข้างต้น นำค่าที่ได้มาสรุปในตารางที่ 2.2 เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของการ ผันแปร	ผลรวมของ กำลังสอง (SS)	Degree of Freedom (df)	ค่าประมาณ ของความ แปรปรวน	F (ค่า F จากการ คำนวณ)	ค่าวิกฤต
ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม	SS_b SS_w	k-1 N-k	MS_b MS_w	MS_b / MS_w	ค่าจากตาราง ค่าวิกฤตของ F (ตารางที่ 3 ภาคผนวก ก)
ทั้งหมด	SS_T	N-1			

(บุญชม ศรีสะอาด , 2546 , น.266-268)

จากตารางที่ 2.7 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ดังนี้

ถ้าค่า F ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าค่า F ไม่นับนัยสำคัญ และยอมรับสมมุติฐาน H_0 ที่ว่าประชากรของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน

ถ้าค่า F ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าค่า F มีนัยสำคัญ และปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ที่ว่า ประชากรของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน และยอมรับสมมุติฐานตรงข้ามที่ว่า ประชากรของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

ในกรณีที่ต้องการทราบว่ากลุ่มตัวอย่างใดมีค่าเฉลี่ยต่างกัน โดยทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในที่นี้กล่าวถึงการทดสอบดังกล่าวโดยวิธีของเซฟฟ์ (Scheffe') ดังนี้

2.5.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยตามวิธีของเซฟฟ์ เป็นวิธีทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ใช้กับกรณีที่สมาชิกในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่า F แต่ละค่าตามจำนวนคู่ที่จะทดสอบ ตามสมการที่ 2.9

$$F_{\max} = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)^2 / MS_{\text{error}} ((n_i + n_j) / n_i n_j) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติที่ได้จากการคำนวณ นำไปเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$\bar{X}_i, \bar{X}_j$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ i และกลุ่มที่ j ตามลำดับ

n_i, n_j แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างที่ i และกลุ่มที่ j ตามลำดับ

MS_{error} แทน ค่าประมาณของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

k แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

df_b แทน องศาเสรีสำหรับการแปรผันระหว่างกลุ่ม เท่ากับ $k-1$

df_{error} แทน องศาเสรีสำหรับการแปรผันของความคลาดเคลื่อน

หมายเหตุ: การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CR-k (MS_{error} คือ MS_w)

จำนวนคู่ที่จะทดสอบ เท่ากับ $k(k-1)/2$

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่าเกณฑ์ จากสมการที่ 2.10

$$\text{ค่าเกณฑ์} = (k-1) * (\text{ค่าวิกฤตของ } F) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

ค่าวิกฤตของ F หาจากตารางค่าวิกฤตของ F (ตารางที่ 3 ภาคผนวก ก) ตามระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ และใช้ค่า k กับค่าองศาเสรี มีค่า df_1 เท่ากับ $df_b = k-1$ และ df_2 เท่ากับ $df_w = N-k$ เมื่อ N แทนจำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ขั้นที่ 3 นำค่า F ที่คำนวณได้ในขั้นที่ 1 เปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์จากขั้นที่ 2 ถ้าค่า F มากกว่าหรือเท่ากับค่าเกณฑ์ แสดงว่าค่า F มีนัยสำคัญ และสรุปได้ว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคู่ที่หาค่า F มีนัยสำคัญ

จากข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CR-k ที่ว่าประชากรของกลุ่มตัวอย่างต้องมีความแปรปรวน (σ^2) เท่ากัน ในที่นี้กล่าวถึงวิธีการทดสอบนัยสำคัญดังกล่าวโดยวิธีของฮาร์ทเลย์ ดังนี้

2.5.4 การทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างตามวิธีของฮาร์ทเลย์ คือ การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Homogeneity of variance) ในกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป และแต่ละกลุ่มมีจำนวนสมาชิกเท่ากัน เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างว่าเท่ากันและมีความถูกต้องเที่ยงตรง (Valid)หรือไม่

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ประชากรที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างมีการแจกแจงของค่าตัวแปรที่ศึกษาเป็นแบบปกติ
2. กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระแก่กัน

สมมติฐานในการทดสอบ คือ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 \text{ เมื่อ } k \text{ แทนจำนวนกลุ่ม}$$

การทดสอบโดยวิธีของฮาร์ทเลย์ ใช้สถิติที่เรียกว่า $F_{\max}$ มีสูตรการคำนวณ ตามสมการที่ 2.11

$$F_{\max} = S_{\text{largest}}^2 / S_{\text{smallest}}^2 \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

เมื่อ $F_{\max}$ แทน ค่าสถิติที่เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ $F_{\max}$ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

S_{largest}^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าสูงสุด

S_{smallest}^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าต่ำสุด

ขั้นตอนการทดสอบ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่า $F_{\max}$ จากสมการที่ 2.11

ขั้นที่ 2 นำค่า $F_{\max}$ ที่คำนวณได้ เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของ $F_{\max}$ ค่าวิกฤตหาจากตารางค่าวิกฤตของ $F_{\max}$ (ตารางที่ 4 ภาคผนวก ก) ตามระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ และใช้

ค่า k เป็นจำนวนกลุ่ม กับค่าองศาเสรี (df) มีค่าเท่ากับ $n-1$ เมื่อ n แทนจำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ผลที่ได้จากขั้นที่ 2

ถ้าค่า $F_{\max}$ ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าค่า $F_{\max}$ มีนัยสำคัญ และตัดสินใจปฏิเสธ H_0 ที่ว่า ความแปรปรวนของประชากรที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างมานั้นไม่เป็นเอกพันธ์ (ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน)

ถ้าค่า $F_{\max}$ ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าค่า $F_{\max}$ ไม่มีนัยสำคัญ และยอมรับสมมุติฐาน H_0 ที่ว่า ความแปรปรวนของประชากรที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างมานั้นเป็นเอกพันธ์ (ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน)