

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
เครื่องประดับแหวน.....	6
ระบบออกแบบอัตโนมัติ (Generative Design Systems).....	14
ทฤษฎีการออกแบบแผนการทดลอง (Design of Experiments).....	22
ทฤษฎีการออกแบบสอบถาม (Questionnaire).....	
ทฤษฎีสสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis and Hypothesis Test)	26
ทฤษฎีทางสถิติ (Statistics).....	36
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	68
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	68
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	68
4 ผลการวิจัย.....	76
ผลจากการพัฒนาระบบออกแบบอัตโนมัติ.....	76
ผลการทดลองผลลัพธ์และประเมินระบบออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ.....	128
ข้อจำกัดและประโยชน์ของระบบออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ...	155

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป.....	157
สรุปผลการวิจัย.....	157
ข้อเสนอแนะ.....	159
บรรณานุกรม.....	160
ภาคผนวก.....	166
ประวัติผู้วิจัย.....	197

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ว่างและองค์ประกอบพื้นฐาน เช่น จุด เส้น ระนาบและปริมาณ.....	9
2	แสดงข้อเด่นของคำถามปลายเปิดและคำถามปลายปิด.....	27
3	แสดงตารางข้อดีของคำถามปลายเปิดและคำถามปลายปิด.....	27
4	แสดงสัญลักษณ์เปรียบเทียบระหว่างค่าสถิติกับค่าพารามิเตอร์.....	30
5	แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานแบบ 2 ทิศทาง.....	33
6	แสดงตัวอย่างการตั้งสมมติฐานแบบทางเดียว.....	34
7	แสดงสรุปวัตถุประสงค์ วิธีการ ผลลัพธ์ประเภทของปัญหา และข้อดีในงานวิจัยที่ผ่านมา.....	42
8	แสดงสรุปลักษณะของงานและสาขาของงานวิจัยที่ผ่านมา.....	46
9	แสดงตัวแปรในระดับหยาบ.....	52
10	แสดงตัวแปรในระดับละเอียด.....	53
11	แสดงผลสรุปการนำเสนอกฎรูปร่าง การตรวจสอบและการประเมิน.....	65
12	แสดงพารามิเตอร์จากการศึกษาการสร้างรูปทรงในแต่ละเทคนิค.....	92
13	แสดงพารามิเตอร์ของกฎรูปร่าง.....	94
14	แสดงตัวอย่างผลการทดลองของการแบ่งช่วงของเส้นตั้งแต่ช่วงที่ 1 ถึง 10.....	99
15	แสดงผลการทดลองการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวีฟ.....	103
16	แสดงตัวอย่างผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_M	109
17	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_R	110
18	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{CL}	111
19	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{CW}	112
20	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{CS}	113
21	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_A	114

สารบัญญัตินี้

ตาราง		หน้า
22	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_c	115
23	แสดงผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{Mo}	116
24	แสดงขอบเขตพารามิเตอร์ของกฎโครงสร้าง.....	127
25	แสดงตัวอย่างจำนวนการสร้างรูปทรงแหวนและเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ.....	124
26	แสดงการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล.....	130
27	แสดงผลลัพธ์จากการศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคที่มีผลต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวน แบบสามมิติด้านความสวยงาม.....	134
28	แสดงผลลัพธ์จากการศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคที่มีผลต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวน แบบสามมิติด้านความแปลกใหม่.....	138
29	แสดงผลลัพธ์ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีผลต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ ด้านความสวยงาม.....	140
30	แสดงผลลัพธ์ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีผลต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ ด้านความแปลกใหม่.....	144
31	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ในรอบการทำงานที่ 1.....	149
32	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ในรอบการทำงานที่ 2.....	150
33	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2.....	151
34	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 รอบการทำงานที่ 1.....	152
35	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 รอบการทำงานที่ 2.....	153
36	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 รอบการทำงานที่ 3.....	153
37	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 รอบการทำงานที่ 1.....	154
38	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 รอบการทำงานที่ 2.....	154
39	แสดงผลลัพธ์จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 รอบการทำงานที่ 3.....	155
40	แสดงขนาดของเครื่องประดับแหวน.....	167
41	แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 2 ครั้ง ด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิวแบบสวิตช์.....	171

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
42 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 3 ครั้ง แบบการประยุกต์ใช้กฎซ้ำกันด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิวแบบสวิตช์	172
43 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 3 ครั้ง แบบมีการประยุกต์ใช้กฎไม่ซ้ำกันด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวิตช์.....	173
44 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 4 ครั้ง แบบมีการประยุกต์ใช้กฎซ้ำกันด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวิตช์.....	174
45 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 4 ครั้ง แบบการประยุกต์ใช้กฎไม่ซ้ำกันด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวิตช์.....	175
46 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 2 ครั้ง แบบการประยุกต์ใช้กฎไม่ซ้ำกัน ด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวิตช์.....	176
47 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 3 ครั้ง แบบการประยุกต์ใช้กฎไม่ซ้ำกัน ด้วยเทคนิคการสร้างพื้นผิว แบบสวิตช์.....	177
48 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์จากการศึกษาการลำดับของการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง จำนวน 4 ครั้ง แบบการประยุกต์ใช้กฎซ้ำกันแบบต่อเนื่อง ด้วยเทคนิคการสร้าง พื้นผิวแบบสวิตช์.....	178

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงขอบเขตบริเวณของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้.....	3
2 แสดงลักษณะของรูปร่าง.....	8
3 แสดงรูปทรงเรขาคณิต.....	9
4 แสดงตัวอย่างโมเดลแบบพื้นผิว.....	12
5 แสดงลักษณะของวิธีการสลีฟ.....	12
6 แสดงลักษณะของวิธีการลอฟท์.....	13
7 แสดงลักษณะของวิธีการเครือข่ายเส้นโค้ง.....	14
8 แสดงแผนภาพการไหลของกระบวนการออกแบบบนพื้นฐาน วิธีการไวยากรณ์รูปร่าง...	17
9 แสดงตัวอย่างไวยากรณ์รูปร่าง.....	18
10 แสดงกฎรูปร่างและรูปทรงเริ่มต้น.....	19
11 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้กฎรูปร่าง.....	19
12 แสดงกฎรูปร่างทั่วไป.....	21
13 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของกาดม้มน้ำ.....	22
14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ.....	23
15 แสดงหลักการสำคัญในการออกแบบการทดลอง.....	23
16 แสดงการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ทาง (Two – Tail Test).....	33
17 แสดงการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว (One – Tail Test) ทั้งในกรณีเขตปฏิเสธอยู่ ด้านซ้ายและเขตปฏิเสธอยู่ด้านขวา.....	34
18 แสดงรูปทรงของเครื่องชงกาแฟที่ถูกสร้างขึ้นใหม่และเครื่องชงกาแฟของผู้ผลิต.....	49
19 แสดงรูปทรงเครื่องชงกาแฟนวัตกรรมใหม่จากวิธีไวยากรณ์รูปร่าง.....	50
20 แสดงโมเดล 10 โมเดลที่ถูกสร้างด้วยกฎไวยากรณ์รูปร่างของรถจักรยานยนต์.....	51
21 แสดงกฎพื้นฐานของการสร้างลายปักผ้า.....	53

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า	
22	แสดงกฎการเปลี่ยนแปลงของการสร้างลายปักผ้า.....	54
23	แสดงกฎสิ้นสุดของการสร้างลายปักผ้า.....	54
24	แสดงภาษาของการออกแบบในแต่ละลักษณะสร้างลำต้นที่แตกต่างกันของลายปักผ้า.....	55
25	แสดงลายปักผ้าเชื้อชาติยูนนานใหม่จากไวยากรณ์รูปร่าง.....	56
26	แสดงวิวัฒนาการของขวดโคคาโคล่า.....	57
27	แสดงการแบ่งส่วนของขวดโคคาโคล่า.....	57
28	แสดงการคำนวณรูปร่างสำหรับสองขวดโคคาโคล่าที่มีอยู่.....	58
29	แสดงกฎรูปร่างของไวยากรณ์ขวดโคคาโคล่า.....	58
30	แสดงไวยากรณ์รูปร่างสร้างขวดโคคาโคล่าใหม่.....	59
31	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการคำนวณของขวดแชมพู 500 มิลลิลิตร.....	60
32	แสดงตัวอย่างขวดของแต่ละแบรนด์ 18 ขวด.....	61
33	แสดงอธิบายโครงสร้างขวดแชมพูทั่วไป.....	61
34	แสดงกฎการเปลี่ยนแปลงของส่วนหน้าตัดของขวดแชมพู.....	62
35	แสดงกฎสำหรับโครงสร้างของขวดแชมพู.....	63
36	แสดงไวยากรณ์สร้างการออกแบบขวดแชมพูใหม่.....	63
37	แสดงเปอร์เซ็นต์ความเป็นฮาร์เลย์เดวิดสันโดยเจ้าของรถจักรยานยนต์ฮาร์เลย์เดวิดสัน..	64
38	แสดงกฎรูปร่างทั่วไปจากตัวอย่างการสกัดจากนักออกแบบ.....	66
39	แสดงความหลากหลายของผลลัพธ์การออกแบบด้วยเซตต่างๆ ของกฎรูปร่างที่ประยุกต์สำหรับการออกแบบเริ่มต้นของเชิงเทียน.....	67
40	แสดงแผนผังการไหลของวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	69
41	แผนผังอธิบายความสัมพันธ์ของวิธีการและเทคนิคที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย.....	70
42	แสดงลักษณะองค์ประกอบของรูปทรงเครื่องประดับแหวน.....	77
43	แสดงขนาดความกว้างของรูปทรงเครื่องประดับแหวน.....	78
44	แสดงความกว้าง ความยาว และความสูงของรูปทรงเครื่องประดับแหวน.....	78

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
45	แสดงตัวอย่างวีบีสคริปต์ในโปรแกรม Rhinoceros 5.0.....	79
46	แสดงตัวอย่างกระบวนการทำงานของวีบีสคริปต์บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 ที่ทำการทดลองเบื้องต้น.....	80
47	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคสวิตช์.....	82
48	แสดงตัวอย่างรูปทรงของเครื่องประดับแหวนด้วยเทคนิคสวิตช์.....	83
49	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคลอฟท์ในขั้นตอนที่ 1-6.....	84
50	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคลอฟท์วิธีที่ 1 ในขั้นตอนที่ 7-9.....	85
51	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคลอฟท์วิธีที่ 2 ในขั้นตอนที่ 7-12.....	86
52	แสดงตัวอย่างรูปทรงของเครื่องประดับแหวนด้วยเทคนิคลอฟท์.....	87
53	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคเครือข่ายเส้นโค้งในขั้นตอนที่ 1-4.....	88
54	แสดงตัวอย่างการสร้างพื้นผิวด้วยเทคนิคเครือข่ายเส้นโค้งในขั้นตอนที่ 5-17.....	90
55	แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับด้วยเทคนิคเครือข่ายเส้นโค้ง.....	91
56	แสดงตัวอย่างกฎเริ่มต้น.....	93
57	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้กฎโครงร่าง.....	95
58	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้กฎการรวมรูปร่าง (Combine Shape; R_{Cos}).....	96
59	แสดงขั้นตอนการประยุกต์ใช้กฎในงานวิจัยนี้.....	97
60	แสดงตัวอย่างหน้าตัดจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{Ba} และ R_{Bb}	100
61	แสดงตัวอย่างหน้าตัดจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{Ca} และ R_{Cb}	100
62	แสดงตัวอย่างหน้าตัดจากการประยุกต์ใช้กฎ R_{Ca} และ R_{Ba}	101
63	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้โครงร่างจำนวน 4 ครั้ง ประกอบด้วย กฎ R_{Ba} , R_S , R_S และ R_{Ba}	101
64	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้โครงร่างจำนวน 4 ครั้ง ประกอบด้วย กฎ R_{Ca} , R_{Ba} , R_{Bb} และ R_{Cb}	101
65	แสดงตัวอย่างการกฎประยุกต์ใช้กฎ R_M ตำแหน่งด้านซ้าย (-) และขวา (+) ของหน้าตัด	105

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
66 แสดงตัวอย่างการกฎประยุกต์ใช้กฎ R_M ตำแหน่งด้านซ้าย (-) และขวา (+) ของหน้าตัด	106
67 แสดงตัวอย่างรูปทรงที่เกิดความเสียหายจากการกฎประยุกต์ใช้กฎ R_R	106
68 แสดงตัวอย่างการจัดลำดับตำแหน่งของการประยุกต์ใช้กฎโครงสร้าง R_M และ R_A	118
69 แสดงตัวอย่างการจัดลำดับตำแหน่งของการประยุกต์ใช้กฎโครงสร้าง R_R , R_R , R_M , R_M และ R_A	119
70 แสดงแผนผังการไหลของขั้นตอนการทำงานของระบบออกแบบเครื่องประดับแหวน โดยอัตโนมัติด้วยวิธีไวพยากรณ์รูปร่าง.....	122
71 แสดงแผนภาพการไหลกระบวนการประยุกต์ใช้กฎโครงสร้าง.....	125
72 แสดงแผนภาพการไหลกระบวนการประยุกต์ใช้กฎโครงสร้าง.....	126
73 แสดงแผนภาพการไหลกระบวนการสร้างพื้นผิวรูปทรงเครื่องประดับแหวน แบบสามมิติ.....	127
74 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของรูปทรงแหวนที่ได้จากระบบออกแบบเครื่องประดับแหวน โดยอัตโนมัติ.....	127
75 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจด้านความ สวยงาม.....	136
76 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจน้อยด้าน ความสวยงาม.....	137
77 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจด้านความ แปลกใหม่.....	139
78 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจน้อยด้าน ความแปลกใหม่	140
79 แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาและกระบวนการทำงานของระบบ ออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ.....	148
80 แสดงกระบวนการออกแบบเครื่องประดับแหวน.....	156