การนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการออกแบบการจัดขนาดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษ

นางสาวดวงพร ลิมปีอังคนันต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545.

ISBN 974-17-1287-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN OPTIMIZATION APPROACH TO CREATE MEN'S SHIRT SIZING SYSTEM

Miss Duangbhorn Limpi-angkanan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1287-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการออกแบบระบบการจัดขนาดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษ
โดย	นางสาวดวงพร ลิมปิอังคนันต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์นันทพร ลีลายนกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์นันทพร ลีลายนกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดวงพร ลิมปิอังคนันต์ : การนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการออกแบบระบบการจัดขนาดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษ (AN OPTIMIZATION APPROACH TO CREATE MEN'S SHIRT SIZING SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค , อ.ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์นันทพร ลีลายนกุล , 236 หน้า. ISBN 974-17-1287-1.

งานวิจัยฉบับนี้ทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการออกแบบระบบการจัดขนาดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษภายใต้ Nelder-Mead simplex algorithm โดยระบบการจัดขนาดที่ดีที่สุดถูกกำหนดด้วยวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ได้แก่ ก) จำนวนของขนาดของเสื้อที่น้อยที่สุด ข) จำนวนประชากรสามารถเข้าไปในระบบได้มากที่สุด และ ค) ระดับความพอดีในการสวมใส่มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

เนื่องจากการกำหนดค่าจุดวัดภายในซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับอัลกอริทึมที่แตกต่างกัน จะทำให้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ได้แตกต่างกันด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบรูปแบบในการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้น 2 ลักษณะ คือ กำหนดโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและกำหนดโดยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นโดยนำการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเข้ามาช่วยจะทำให้ได้ค่าวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ดีกว่า

ข้อดีของการนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดมาใช้ คือ สามารถแก้ปัญหาในการหาค่าออกแบบสำหรับเสื้อแต่ละขนาด , การจัดขนาดให้กับผู้สวมใส่แต่ละคน และ การระบุว่าผู้สวมใส่คนใดที่ไม่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้ภายในเวลาเดียวกัน เมื่อสามารถหาระบบที่ออกแบบด้วยหลักการดังกล่าวได้แล้ว ระบบนี้จะถูกเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันและระบบที่ออกแบบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเพื่อคัดเลือกระบบที่ดีที่สุดเพียงระบบเดียวเท่านั้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบระบบทั้ง 3 ประเภทแล้ว พบว่าระบบการจัดขนาดเสื้อผ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับปัญหานี้ คือ ระบบที่ประกอบด้วยขนาดเสื้อจำนวน 4 ขนาดซึ่งออกแบบโดยการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นของ Nelder-Mead simplex algorithm ด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ระบบดังกล่าวสามารถครอบคลุมประชากรได้ 114 คนจาก 2,000 คน หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 6.15% ด้วยค่าเฉลี่ย penalty function 0.0358 ส่วนระบบปัจจุบันและระบบซึ่งออกแบบด้วยเทคนิคทางสถิติ (การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม) สามารถครอบคลุมประชากรได้ 0% และ 4.10% ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้สัดส่วนในการครอบคลุมประชากรของทั้งสามระบบมีค่าที่ต่ำมากนั้น เนื่องจากคนที่จะสามารถจัดเข้าไปในระบบได้จะต้องเป็นผู้สวมใส่ที่มีค่าจุดวัดอยู่ภายใน cut-off tolerance ครบทั้ง 8 จุดวัด แต่หากทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยพิจารณาเฉพาะจุดวัดที่ผู้สวมใส่ให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการเลือกซื้อเสื้อเชิ้ต ได้แก่ รอบคอและ ความยาวไหล่เพียง 2 จุดวัดเท่านั้น จะพบว่า ระบบการจัดขนาดแบบปัจจุบัน 4 ขนาด สามารถครอบคลุมประชากรได้ 872 คนจาก 2,000 คน หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 43.60% ด้วยค่าเฉลี่ย penalty function 0.0237 ในขณะที่ระบบซึ่งออกแบบภายใต้หลักการหาความเหมาะสมที่สุด (ชนิดกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นจากการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม) สามารถครอบคลุมประชากรได้ 1,034 คนจาก 2,000 คน หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 51.70% ด้วยค่าเฉลี่ย penalty function เพียง 0.0141 แสดงว่าระบบการจัดขนาดซึ่งออกแบบด้วยหลักการหาความเหมาะสมที่สุดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการของผู้สวมใส่ได้ดีกว่าระบบการจัดขนาดแบบปัจจุบัน ทั้งในแง่ของความสามารถในการครอบคลุมประชากรและความพอดีในการสวมใส่

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต Duangbhorn Limpi-angkun.

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4370648621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : MEN'S SHIRT SIZING SYSTEM / MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEM / NELDER-MEAD SIMPLEX ALGORITHM

DUANGBHORN LIMPI-ANGKANAN : AN OPTIMIZATION APPROACH TO CREATE MEN'S SHIRT SIZING SYSTEM. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. REIN BOONDISKULCHOK, PH.D., THESIS CO-ADVISOR : MISS NUNTAPORN LEELARYONKUL , 236 pp. ISBN 974-17-1287-1.

The purpose of this study is to creating men's shirt sizing system in a decision theoretic framework. The optimal sizing system is based on Nelder-Mead Simplex Method. It is a design of apparel sizing system in order to a) minimize a number of sizes, b) maximize population coverage, and c) maximize a good fit for the end user.

Since the algorithm is known to be sensitive to initial values, two different selecting methods were tested. These included initializing the simplex with regression analysis and cluster analysis. The experiment showed that generating initial simplex using cluster analysis gave better result.

The strength of this method lies in its ability to simultaneously and optimally solve the problem of determining the nude design value, assigning the individuals to their sizes, and identifying the disaccommodated individuals.

Finally, this study found that the efficient sizing system is composed of 4 sizes. The accommodation individuals rate of the system is 6.15% or 123 in 2,000 individuals with the mean of penalty function 0.0358. While the current system and the clustered system has an accommodation rate only 0% and 4.10%, respectively.

The reason that make the accommodation rate of all systems is very low if number of body measurements actually in normal system, the total number of body measurements which must be completed in cut-off tolerance of 8 body measurements. But in fact, the customers mainly give a priority for selecting shirt to only neck circumference and shoulder length. From the above reason, current sizing system can accommodate people of 872 from 2,000 individuals or the proportion at 43.60% with an average penalty function 0.0237. Meanwhile, the efficient sizing system which generates initial simplex with cluster analysis can accommodate 1,034 from 2,000 individuals or 51.70% with average penalty function only 0.0141. According to the results indicate that the efficient system is the most suitable model for increasing performance to response the customer satisfaction and absolutely better than the current system both in aspect of total number of accommodated individuals and quality of fit.

Department Industrial Engineering

Field of study Industrial Engineering

Academic year 2002

Student's signature Duangbhorn Limpi-angkanan

Advisor's signature

Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือของ ผศ.ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์นันทพร ลีลายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมกรรมการ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในงานวิจัยด้วยดีตลอดมา และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผศ.ดร. มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ Professor Susan Ashdown แห่ง Cornell University ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ให้ข้อเสนอแนะและความกระจ่างเกี่ยวกับแนวคิดในการออกแบบระบบการจัดขนาดเสื้อเชิ้ต ขอขอบคุณ Professor John A. Nelder แห่ง Imperial College ประเทศอังกฤษที่ให้คำอธิบายเกี่ยวกับ Nelder-Mead Simplex Algorithm ทำให้ผู้วิจัยเข้าใจหลักการทำงานและการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมดังกล่าวมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสุพจน์ ภควรวุฒิ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ sizing system ขอบคุณ คุณปกรณ์ แววสว่างวงศ์ และ คุณกฤษณะ ตั้งปฏิภาณ สำหรับความรู้และคำแนะนำในการเขียนโปรแกรม Matlab รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน อีกทั้งยังเป็นผู้ให้ความรู้จนทำให้ผู้วิจัยมีวันนี้ได้ รวมทั้งความรัก ความห่วงใยและกำลังใจดีๆ ที่มีให้เสมอมา ขอขอบคุณพี่ชาย พี่สาว และน้องสาวที่คอยช่วยเหลือในการระดมความคิดรวมทั้งความอบอุ่นความห่วงใยดีๆ แม้ว่าพวกเราจะเรียนมาในสาขาวิชาที่ต่างกันแต่ทุกๆความคิดเห็นที่มีให้ก็มีความหมายและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเสมอจนกระทั่งผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาได้

ดวงพร ลิมปิอังคนันต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฐ

สารบัญภาพ.....ต

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 ความเป็นมาและสาเหตุของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....4

1.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบระบบจัดขนาด.....5

1.6 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

1.8 แนวทางในการดำเนินงาน.....7

1.9 สรุปเนื้อหางานวิจัย.....11

1.10 ความแปรปรวนของข้อมูลทางสรีระของกลุ่มประชากร.....13

บทที่ 2 : ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การนำเสนอข้อมูล.....17

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล.....17

2.3 การสรุปลักษณะของข้อมูลด้วยค่าสถิติ.....18

2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว.....19

2.5 การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว.....19

2.6 การวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย.....20

2.6.1 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย.....20

2.6.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอย.....21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.6.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอย
เชิงเส้นอย่างง่าย 21
2.6.4 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 24
2.6.5 การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น..... 24
2.7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)..... 25
2.8 การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล..... 26
2.8.1 เหตุผลที่ต้องทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล..... 26
2.8.2 วิธีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเชิงปริมาณ..... 26
2.8.3 การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยสถิติทดสอบ..... 27
2.9 การวิเคราะห์ปัจจัย..... 28
2.9.1 เป้าหมายของการวิเคราะห์ปัจจัย..... 29
2.9.2 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ปัจจัย..... 30
2.9.3 หลักเกณฑ์ของการวิเคราะห์ปัจจัย..... 31
2.9.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์การวิเคราะห์ปัจจัย..... 32
2.9.5 เงื่อนไขของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย..... 34
2.10 การจำแนกกลุ่มข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม..... 34
2.10.1 เทคนิคย่อยของการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม..... 34
2.10.2 ความแตกต่างระหว่าง Hierarchical กับวิธี K-means..... 35
2.10.3 หลักการทำงานของ การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม..... 36
2.10.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม..... 36
2.11 Nelder-Mead Simplex Algorithm : (NMSIMP)..... 44
2.12 Nelder-Mead Simplex Algorithm : original Version..... 45
2.12.1 วิธีการทำงานของ NMSIMP..... 45
2.13 บทสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 50

บทที่ 3 : งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายของระบบจัดขนาด
และวิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบ..... 52

หน้า

3.1.1 ปัญหาลักษณะที่ 1 : กำหนดรูปแบบปัญหาระบบจัดขนาดแบบ optimization.....52
3.1.2 ปัญหาลักษณะที่ 2.....54
3.2 การบอกระดับความพอดีด้วยค่าของจุดวัด.....56
3.3 การระบุคนที่ไม่สามารถจัดเข้าไปในระบบจัดขนาด.....58
3.4 บทสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....59

บทที่ 4 : ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้น.....60
4.1.1 สรุปลักษณะการแจกแจงข้อมูลทั้ง 8 จุดวัด.....62
4.1.2 กราฟฮิสโตแกรมแสดงการแจกแจงข้อมูลแต่ละจุดวัด.....63
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง.....67
4.2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทีละคู่ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย.....67
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย.....69
4.2.3 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม.....77
4.2.4 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม(เมื่อตัด outlier ออก).....83
4.3 บทสรุปการวิเคราะห์ข้อมูล.....86

บทที่ 5 : การกำหนดปัญหาในเชิง Multi-objective optimization problem

5.1 ลักษณะของระบบจัดขนาดที่มีประสิทธิภาพ.....88
5.2 การกำหนดระบบจัดขนาดที่มีประสิทธิภาพให้อยู่ในรูปของปัญหาการหาความเหมาะสมที่สุด.....89
5.2.1 นิยามและคำจำกัดความสำคัญ.....89
5.2.2 การกำหนดแบบจำลองของความพอดี.....90

บทที่ 6 : เทคนิค Numerical Solution สำหรับการกำหนดฟังก์ชั่นและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

6.1 การกำหนดฟังก์ชั่นความพอดีของเสื้อผ้าให้อยู่ในรูปของจุดวัด.....95

หน้า

6.2 รูปแบบฟังก์ชั่นที่ใช้ภายในงานวิจัย..... 97
6.3 การกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง..... 102
6.3.1 การหาค่า b_j^h และ b_j^l 103
6.3.2 การหาค่า c_j^h และ c_j^l 105
6.3.2 การหาค่า a_j^h และ a_j^l 107
6.4 แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบระบบจัดขนาด ภายใต้หลักการ
หาความเหมาะสมที่สุดด้วย NM Simplex Algorithm..... 108
6.4.1 วิธีการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้น.....109
6.4.2 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่น.....110

บทที่ 7 : การทดสอบรูปแบบการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ภายใน Nelder-Mead simplex algorithm

7.1 การทดลองเพื่อหารูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสม.....120
7.1.1 การระบุปัญหา.....120
7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง.....121
7.2 การออกแบบการทดลอง.....121
7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลอง.....121
7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง..... 121
7.3 การทดลองครั้งที่ 1..... 122
7.3.1 ผลการทดลองที่ได้.....122
7.3.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 126
7.3.3 สรุปผลการทดลอง..... 131
7.4 การทดลองครั้งที่ 2..... 133
7.4.1 ซิมเพล็กซ์เริ่มต้นที่ได้จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม.....133
7.4.2 ผลการทดลองที่ได้.....135
7.4.3 ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละกรณี..... 135
7.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 137
7.4.5 สรุปผลการทดลอง..... 139

หน้า

7.5 การวิเคราะห์ระบบจัดขนาดระบบต่างๆ อย่างละเอียด..... 139
7.5.1 ระบบจัดขนาดแบบปัจจุบัน..... 139
7.5.2 ระบบจัดขนาดที่ได้จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม..... 143
7.5.3 ระบบจัดขนาดที่ได้จาก NM simplex algorithm ชนิด กำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย..... 147
7.5.4 ระบบจัดขนาดที่ได้จาก NM simplex algorithm ชนิด กำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม..... 150
7.6 การคัดเลือกระบบที่เหมาะสมที่สุด..... 154

บทที่ 8 : การตรวจสอบความถูกต้องของระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุด

8.1 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจัดขนาดระบบต่างๆ..... 156
8.2 การตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับรูปแบบในการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นภายใน Nelder-Mead simplex algorithm..... 158
8.2.1 การทดลองกรณีกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นโดยอาศัยสมการถดถอย..... 159
8.2.1.1 ผลการทดลอง..... 160
8.2.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 162
8.2.1.3 สรุปผลการทดลอง..... 162
8.2.2 การทดลองกรณีกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นโดยอาศัยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม..... 165
8.2.2.1 ซิมเพล็กซ์เริ่มต้นที่ได้จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม..... 165
8.2.2.2 ผลการทดลอง..... 167
8.2.2.3 ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละกรณี..... 167
8.2.2.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 169
8.2.2.5 สรุปผลการทดลอง..... 169
8.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจัดขนาดที่กำหนดรูปแบบซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการวิเคราะห์ความถดถอย..... 170

หน้า

8.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบปัจจุบันและระบบที่ได้จากการออกแบบด้วย Nelder-Mead simplex method เมื่อกำหนดจำนวนจุดวัดในการพิจารณาความพอดีให้น้อยลง 171
8.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องของบทสรุปเกี่ยวกับช่วงในการกำหนดค่า step length ที่จะนำไปสู่คำตอบที่ดี 172
8.4.1 รูปแบบการทดสอบ 173
8.4.2 ผลการทดลอง 173
8.4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง 175
8.5 การสอบถามความเห็นจากผู้ผลิตเกี่ยวกับระบบจัดขนาดระบบใหม่ซึ่งออกแบบภายใต้หลักการหาความเหมาะสมที่สุด 180

บทที่ 9 : บทสรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 บทสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิจัย 182
9.2 สรุปรูปแบบของระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานี้ 183
9.3 แนวทางในการนำหลักการหาความเหมาะสมที่สุดไปใช้ 185
9.4 ข้อดี-ข้อเสียของการนำระบบจัดขนาดที่นำเสนอไปใช้ในทางปฏิบัติ 185
9.5 จุดเด่น-จุดด้อยของ Nelder-Mead simplex algorithm 186
9.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 187

รายการอ้างอิง 189
ภาคผนวก 191
ภาคผนวก ก วิธีการวัดสรีระ 192
ภาคผนวก ข Source Code โปรแกรม MATLAB 197
ภาคผนวก ค หลักการทำงานของ Nelder-Mead Simplex Method 220
ภาคผนวก ง การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองความพอดี 233
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 236

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงผลการวิเคราะห์จุดวัดสำคัญๆ ที่มีผลต่อการสร้างความพอดี ให้กับเสื้อเชิ้ต วิเคราะห์จาก correlation matrix ของตัวแปร 8 ตัว..... 13

2.1 1-way ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย..... 22

2.2 ตารางแสดงเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0..... 23

4.1 แสดงผลลัพธ์ที่แสดงลักษณะของตัวแปรจุดวัด 8 จุดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2,000 คน..... 61

4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson..... 68

4.3 แสดง descriptive statistics..... 69

4.4 แสดงผล KMO และ Bartlett's test..... 70

4.5 แสดงค่า communalities 70

4.6 แสดง total variance explained 72

4.7 แสดงค่า factor loading 75

4.8 แสดง factor loading ภายหลังจากทำการหมุนแกนปัจจัยแล้ว..... 76

4.9 แสดง initial cluster centers..... 77

4.10 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางที่เปลี่ยนไปในแต่ละรอบของการคำนวณ..... 78

4.11 ตารางแสดงค่ากลางของแต่ละกลุ่ม..... 79

4.12 แสดงระยะห่างระหว่างค่ากลางของทั้ง 4 กลุ่ม 79

4.13 แสดงผล ANOVA (1-Way Test)..... 80

4.14 แสดงจำนวนคนที่จัดอยู่ในแต่ละกลุ่ม 80

4.15 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้ จำนวนกลุ่ม เท่ากับ 3 กลุ่ม..... 81

4.16 แสดงจำนวนคนในแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มเท่ากับ 3 กลุ่ม.....81

4.17 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้ จำนวนกลุ่ม เท่ากับ 5 กลุ่ม..... 82

4.18 แสดงจำนวนคนในแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มเท่ากับ 5 กลุ่ม.....82

4.19 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูล 1,993 ข้อมูล..... 83

4.20 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้ จำนวนกลุ่ม เท่ากับ 3 กลุ่ม..... 83

ตารางที่ หน้า

4.21 แสดงจำนวนคนในแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มเท่ากับ 3 กลุ่ม..... 84
4.22 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้
จำนวนกลุ่ม เท่ากับ 4 กลุ่ม..... 84
4.23 แสดงจำนวนคนในแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 กลุ่ม..... 85
4.24 แสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้
จำนวนกลุ่ม เท่ากับ 5 กลุ่ม..... 85
4.25 แสดงจำนวนคนในแต่ละกลุ่มเมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มเท่ากับ 5 กลุ่ม..... 86
6.1 แสดงลำดับความสำคัญของจุดวัดในการตัดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษ..... 103
6.2 แสดงค่า perfect fit absolute tolerance ในแต่ละจุดวัด
เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง..... 104
6.3 แสดงระยะ cut-off absolute tolerance สำหรับแต่ละจุดวัด
เมื่อเทียบกับค่าออกแบบ..... 105
6.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความพอดีในการสวมใส่
ที่ใช้ในการคำนวณหา distance measure ของแต่ละคนเมื่อเทียบกับ
ค่าออกแบบของ prototype..... 108
6.5 แสดงการคัดเลือกตัวแปรอิสระ..... 111
6.6 แสดง model summary..... 111
6.7 แสดงผล ANOVA test..... 112
6.8 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย..... 112
6.9 แสดง casewise diagnostics..... 114
6.10 แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณค่ารอบวงแขนใน..... 114
6.11 แสดง model summary..... 116
6.12 ตารางแสดง ANOVA test..... 117
6.13 แสดงการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย..... 117
7.1 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 3 ขนาด..... 123
7.2 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 4 ขนาด..... 124
7.3 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 5 ขนาด..... 125

ตารางที่ หน้า

7.4 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่กำหนดให้
จำนวนขนาดเท่ากับ 3 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 4..... 131
7.5 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่กำหนดให้
จำนวนขนาดเท่ากับ 4 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 2.8..... 132
7.6 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่กำหนดให้
จำนวนขนาดเท่ากับ 5 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 1.75..... 132
7.7 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 3 กลุ่มขนาด..... 133
7.8 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 4 กลุ่มขนาด..... 134
7.9 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 5 กลุ่มขนาด..... 134
7.10 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยจากการจัดกลุ่มด้วย
การวิเคราะห์จัดกลุ่ม เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้น..... 135
7.11 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม
จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 3 ขนาด) 135
7.12 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม
จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 4 ขนาด) 136
7.13 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม
จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 5 ขนาด) 136
7.14 เปรียบเทียบจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้ของวิธีกำหนดซิมเพล็กซ์
ทั้งสองวิธี..... 137
7.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย penalty function ของวิธีกำหนดซิมเพล็กซ์ทั้งสองวิธี..... 138
7.16 แสดงระบบจัดขนาดในปัจจุบัน (แบบ 3 ขนาด)..... 140
7.17 แสดงระบบจัดขนาดในปัจจุบัน (แบบ 4 ขนาด)..... 140
7.18 แสดงระบบจัดขนาดในปัจจุบัน (แบบ 5 ขนาด)..... 141
7.19 แสดงระบบจัดขนาดที่ได้จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (แบบ 3 ขนาด)..... 143
7.20 แสดงระบบจัดขนาดที่ได้จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (แบบ 4 ขนาด)..... 144
7.21 แสดงระบบจัดขนาดที่ได้จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (แบบ 5 ขนาด)..... 146
7.22 แสดงระบบจัดขนาด ที่ได้จาก Nelder-Mead simplex algorithm
ซึ่งกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (แบบ 3 ขนาด)..... 148

ตารางที่ หน้า

7.23 แสดงระบบจัดขนาด ที่ได้จาก Nelder-Mead simplex algorithm ซึ่งกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (แบบ 4 ขนาด)..... 148
7.24 แสดงระบบจัดขนาด ที่ได้จาก Nelder-Mead simplex algorithm ซึ่งกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (แบบ 4 ขนาด)..... 149
7.25 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 3 ขนาด) 151
7.26 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 4 ขนาด) 152
7.27 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 5 ขนาด) 153
7.28 สรุประบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละกรณี..... 154
8.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าจุดวัดระหว่างระบบปัจจุบันและระบบใหม่..... 157
8.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบทั้ง 3 ระบบ กรณี 4 ขนาด ด้วยข้อมูลสำรองจำนวน 1,000 ข้อมูล..... 158
8.3 แสดงผลการทดลองที่ได้เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 3 ขนาด..... 160
8.4 แสดงผลการทดลองที่ได้เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 4 ขนาด..... 160
8.5 แสดงผลการทดลองที่ได้เมื่อกำหนดให้ในระบบมี 5 ขนาด..... 161
8.6 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่กำหนดให้จำนวนขนาดเท่ากับ 3 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 2.10..... 163
8.7 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่กำหนดให้จำนวนขนาดเท่ากับ 4 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 1.05..... 164
8.8 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่กำหนดให้จำนวนขนาดเท่ากับ 5 ซึ่งได้จากซิมเพล็กซ์เริ่มต้น step length = 0.75..... 164
8.9 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 3 กลุ่มขนาด..... 166
8.10 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 4 กลุ่มขนาด..... 166
8.11 แสดงค่าจุดวัดต่างๆ ที่ใช้เป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นสำหรับ 5 กลุ่มขนาด..... 166
8.12 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยจากการจัดกลุ่มด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มเป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้น..... 167

ตารางที่ หน้า

8.13 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วย
ค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์ จัดกลุ่ม(สำหรับ 3 ขนาด) 167
8.14 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วย
ค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 4 ขนาด) 168
8.15 ระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นด้วย
ค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (สำหรับ 5 ขนาด) 168
8.16 เปรียบเทียบจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้ของ
วิธีกำหนดซิมเพล็กซ์ทั้งสองวิธี.....170
8.17 แสดงจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบปัจจุบันและระบบใหม่
เมื่อกำหนดให้พิจารณาความพอดีในการสวมใส่เพียง 2 จุดวัด..... 171
8.18 แสดงจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบปัจจุบันและระบบใหม่
เมื่อกำหนดให้พิจารณาความพอดีในการสวมใส่เพียง 3 จุดวัด..... 172
8.19 แสดงผลการทดลองที่ได้ เมื่อกำหนดให้ในระบบมีเสื้อ 4 ขนาด..... 173
8.20 แสดงระบบจัดขนาดที่ดีที่สุด เมื่อกำหนดให้ step length = 1.45..... 176
8.21 แสดงระบบจัดขนาดที่ดีที่สุด เมื่อกำหนดให้ step length = 1.50..... 176
8.22 แสดงระบบจัดขนาดที่ดีที่สุด เมื่อกำหนดให้ step length = 4.20..... 177
9.1 แสดงระบบจัดขนาดที่เหมาะสมที่สุด.....184

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 แสดงการแบ่งจำนวนขนาดด้วยวิธีฮิวริสติก จากการพลอตกราฟ ระหว่างตัวแปรสองตัว....2

1.2 bivariate plot แสดงค่ารอบคอและความยาวไหล่ร่วมกับค่ามาตรฐานแต่ละขนาด..... 14

2.1 แสดงค่า เมื่อ X และ Y สัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น....21

2.2 แสดงตัวอย่างการหาค่า Euclidean measure ของข้อมูล 2 ข้อมูล..... 38

2.3 แสดง average linkage..... 41

2.4 แสดง single linkage..... 41

2.5 แสดง complete linkage..... 42

2.6 แสดง centroid clustering..... 42

2.7 แสดง flow diagram ของ Nelder-Mead simplex algorithm..... 48

2.8 แสดง Nelder-Mead simplex หลังจากขั้นตอนการ reflection และ expansion โดยซิมเพล็กซ์เดิมถูกแสดงด้วยเส้นประ..... 49

2.9 แสดง Nelder-Mead simplex หลังจากขั้นตอนการ reflection และ contraction โดยซิมเพล็กซ์เดิมถูกแสดงด้วยเส้นประ..... 49

3.1 แสดงการแบ่งขนาดด้วยวิธีการทางฮิวริสติก..... 54

3.2 แสดงผลการทดลองเกี่ยวกับความพอดีในการสวมใส่เครื่องแบบทหาร..... 57

4.1 แสดงการแจกแจงข้อมูลของรอบคอ.....63

4.2 แสดงการแจกแจงข้อมูลของรอบอก.....63

4.3 แสดงการแจกแจงข้อมูลของรอบเอว.....64

4.4 แสดงการแจกแจงข้อมูลของรอบสะโพก.....64

4.5 แสดงการแจกแจงข้อมูลของรอบวงแขนใน.....65

4.6 แสดงการแจกแจงข้อมูลของความยาวแขน..... 65

4.7 แสดงการแจกแจงข้อมูลของความยาวช่วงตัว.....66

4.8 แสดงการแจกแจงข้อมูลของความยาวบ่า..... 66

4.9 แสดง scree plot..... 74

5.1 แสดงการกำหนดฟังก์ชั่นความสูญเสียในงานวิจัยของ Paal Beatrix..... 92

5.2 แสดงแบบจำลองความพอดี Paal Beatrix..... 92

ภาพที่ หน้า

5.3 แสดงแบบจำลองภายในงานวิจัย....94

6.1 แสดง distance measure function....98

6.2 แสดงบริเวณที่สามารถครอบคลุมประชากรได้เมื่อกำหนดเซตของพารามิเตอร์แตกต่างกัน....101

6.3 แสดงบริเวณที่สามารถครอบคลุมประชากรในลักษณะที่มีการกำหนดช่วง perfect fit....102

6.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่า slope coefficient ด้านต่ำของรอบคอ (a_1^l)....107

6.5 แสดงฮิสโตแกรมของรอบวงแขนใน....115

6.6 scatter plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมาตรฐาน Z_y (แกน X) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน Z_e (แกน Y)....115

6.7 ภาพแสดง Normal P-Plot....116

7.1 กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนด step length ค่าต่างๆ เมื่อกำหนดจำนวนขนาด เท่ากับ 3 ขนาด....126

7.2 กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนด step length ค่าต่างๆ เมื่อกำหนดจำนวนขนาด เท่ากับ 4 ขนาด....127

7.3 กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนด step length ค่าต่างๆ เมื่อกำหนดจำนวนขนาด เท่ากับ 5 ขนาด....127

7.4 ภาพรวมของการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ารอบคอค่าสุดท้ายในซิมเพล็กซ์เริ่มต้น และจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้ สำหรับกรณีต่างๆ....129

7.5 แสดงระบบจัดขนาดแบบปัจจุบันซึ่งมีการแบ่งขนาดระบบเส้นตรง....143

7.6 แสดงลักษณะการออกแบบระบบจัดขนาดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม สำหรับ 5 ขนาด....147

8.1 แสดงรูปแบบการออกแบบระบบจัดขนาดระบบปัจจุบันและระบบใหม่....156

8.2 ภาพแสดงจำนวนคนที่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้ เมื่อทำการเพิ่มระยะ cut-off tolerance ของจุดวัด 3 จุด ได้แก่ รอบคอ, ความยาวแขน และความยาวไหล่ (กรณีที่ระบบประกอบด้วยเสื้อ 4 ขนาด)....175

8.3 กราฟเรดาร์แสดงค่าจุดวัดของเสื้อขนาดที่ 1 ของระบบจัดขนาดดีที่สุด เมื่อกำหนด step length เป็น 1.45, 1.50 และ 4.20....178

ภาพที่ หน้า

8.4 กราฟเรดาร์แสดงค่าจุดวัดของเสื้อขนาดที่ 2 ของระบบจัดขนาดดีที่สุด เมื่อกำหนด step length เป็น 1.45, 1.50 และ 4.20 179
8.5 กราฟเรดาร์แสดงค่าจุดวัดของเสื้อขนาดที่ 3 ของระบบจัดขนาดดีที่สุด เมื่อกำหนด step length เป็น 1.45, 1.50 และ 4.20 179
8.6 กราฟเรดาร์แสดงค่าจุดวัดของเสื้อขนาดที่ 1 ของระบบจัดขนาดดีที่สุด เมื่อกำหนด step length เป็น 1.45, 1.50 และ 4.20 180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย