บทที่ 6

เทคนิค Numerical Solution สำหรับการกำหนดฟังก์ชั่น และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

หลังจากทราบแล้วว่ารูปแบบปัญหาการหาความเหมาะสมที่สุดของงานวิจัยนี้เป็นอย่างไร ดังนั้นในการแก้ปัญหาดังกล่าวสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ รูปแบบของฟังก์ชั่น distance measure และฟังก์ชั่นความสูญเสีย ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการอธิบายระดับความพอดีในการสวมใส่เสื้อผ้าของแต่ละคนเพื่อนำไปสู่การระบุว่าผู้สวมใส่คนใดที่จะสามารถจัดให้อยู่ในระบบได้และคนใดไม่สามารถจัดให้อยู่ในระบบได้ ดังนั้นหากฟังก์ชั่นดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นมาอย่างผิดๆ ย่อมส่งผลต่อค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์เป้าหมายด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยหลักการหาความเหมาะสมที่สุดก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนตาม ในบทนี้จึงกล่าวถึงหัวข้อการกำหนดฟังก์ชั่น distance measure และฟังก์ชั่นความสูญเสียที่เหมาะสม

6.1 <u>การกำหนดฟังก์ชั่นความพอดีของเสื้อผ้าให้อยู่ในรูปของจุดวัดต่างๆ</u>

การบอกความพอดีของเสื้อผ้าในเชิงตัวเลขด้วยฟังก์ชั่นของค่าจุดวัดต่างๆ และค่า prototype จะมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นหากอ้างอิงมาจากการทดลอง ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 5 แต่จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ยังไม่สามารถหาข้อมูลเหล่านี้ได้โดยตรง สำหรับแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบการจัดขนาดด้วยอัลกอริทึมเกี่ยวกับการหาความเหมาะสมที่สุดนั้น เงื่อนไขต่างๆ จะสามารถกำหนดขึ้นมาได้เมื่อมีฟังก์ชั่นของ distance measure

จากบทที่ 1 และ บทที่ 3 ข้อมูลที่สามารถหาได้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดวัดต่างๆ และความพอดีในการสวมใส่นั้น จะถูกนำมาใช้ในการสร้างเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

<u>เงื่อนไขสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการกำหนดฟังก์ชั่นความพอดี</u>

1. ความแตกต่างระหว่างจุดวัดของผู้สวมใส่และ prototype ที่มีค่ามากแสดงให้เห็นว่าเสื้อผ้านั้นไม่พอดีกับขนาดร่างกายของผู้สวมใส่ แสดงว่า distance measure สามารถเขียนให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นความแตกต่างระหว่างจุดวัดของผู้สวมใส่และ prototype ได้ และฟังก์ชั่นนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นหากความแตกต่างมีมากขึ้น

2. การพิจารณาระดับความพอดีจากความแตกต่างในเชิงสัดส่วน (proportional difference) นั้นจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างค่าจริงของจุดวัด (absolute difference) [Paal Beatrix (1997)]

ดังนั้นวิธีการพิจารณาความแตกต่างในรูปของความแตกต่างในเชิงสัดส่วนวิธีหนึ่ง คือ การเปลี่ยนค่าของจุดวัดต่างๆ ให้อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติ (natural logarithm) ก่อน ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะทำให้งานวิจัยเป็นไปตามข้อกำหนดนี้แล้วยังมีข้อดีอีกอย่างหนึ่ง คือ ผู้วิจัยสามารถแปลงค่าความแตกต่างในเชิงสัดส่วนนี้ให้เป็นความแตกต่างระหว่างค่าจริงของจุดวัดที่เท่ากันได้ด้วย ภายในงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดขนาดจากข้อมูลที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติแล้วในทุกจุดวัด (บทพิสูจน์เกี่ยวกับการเปลี่ยนกลับค่าความแตกต่างในเชิงสัดส่วนให้เป็นความแตกต่างจริงแสดงอยู่ใน ภาคผนวก ง)

3. ความแตกต่างระหว่างจุดวัดร่างกายของ prototype และผู้สวมใส่ หากมีค่าไม่มากนักจะถือว่าไม่มีผลกระทบต่อระดับความพอดีในการสวมใส่ของระบบ

4. เสื้อผ้าที่มีขนาดหลวมเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อระดับความพอดีในการสวมใส่น้อยกว่าเสื้อผ้าที่มีขนาดเล็กเกินไป เนื่องจากเสื้อผ้าที่หลวม และใส่สบายนั้นเป็นที่ต้องการมากกว่าเสื้อผ้าที่เล็กเกินไป ดังนั้นในการกำหนดฟังก์ชั่นของ distance measure จึงควรกำหนดขึ้นโดยคำนึงถึงสภาพความเป็นจริงด้วย

5. สำหรับจุดวัดของร่างกายที่เสื้อผ้าต้องถูกออกแบบมาให้เข้ากับสรีระของจุดนั้นมากเป็นพิเศษ จุดวัดนั้นควรมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของจุดวัดมากเป็นพิเศษ จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดฟังก์ชั่น distance measure ในลักษณะที่เป็นสัดส่วนเดียวกันทุกจุดวัด แต่ควรคำนึงถึงระดับความสำคัญของจุดวัดต่างๆ ด้วย

6. มี cross effect เกิดขึ้นระหว่างความแตกต่างของจุดวัดหลายๆ จุดวัดเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อระดับความพอดีของระบบ ดังนั้นในการกำหนดรูปแบบฟังก์ชันความพอดีในการสวมใส่ของระบบจึงควรคำนึงถึง cross effect ดังกล่าวด้วย

ใน การกำหนดรูปแบบของฟังก์ชั่น จะพบว่าผู้วิจัยสามารถกำหนดได้ในหลายรูปแบบแต่สิ่งสำคัญที่สุด คือ รูปแบบดังกล่าวจะต้องสามารถสะท้อนให้เห็นถึงเงื่อนไขทั้งหมดได้อย่างชัดเจน เนื่องจากฟังก์ชันดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อในการแก้ปัญหาของงานวิจัยนี้ด้วย

จากที่ได้กล่าวไปในบทที่ 5 ว่าฟังก์ชั่นความสูญเสียถูกคำนวณมาจาก sum of square ของ distance measure ของทุกๆจุดวัด โดย distance measure จะเป็นดัชนีวัดความแตกต่างในแต่ละจุดวัด

หากกำหนดให้ความแตกต่างของจุดวัดที่ j แทนด้วย $d(X_{ij}, Y_{mj})$ เมื่อ j = 1,2,3…. 8 เป็นดัชนีของจุดวัด ดังนั้นจะได้ว่า

$$L_{ij} = [d(X_{ij}, Y_{mj})]^2 \qquad \text{…………….(6.1)}$$

ใน สมการที่ 6.1 X_{ij} และ Y_{mj} แทนจุดวัดที่ j ของเมตริกซ์ X_i และ Y_m การกำหนดตัวแปร distance measure d_j ให้อยู่ในรูปของ X_{ij} และ Y_{mj} โดยไม่ขึ้นอยู่กับจุดวัดอื่น สะท้อนให้เห็นถึงสมมติฐานที่ว่า d_j เป็นดัชนีในหนึ่งมิติหรือหนึ่งจุดวัดเท่านั้น ที่สามารถสะท้อนให้เห็นความแตกต่างของจุดวัดร่างกายได้เพียง 1 จุดวัด หากต้องการทราบความแตกต่างของขนาดร่างกายของผู้สวมใส่คนที่ i กับ prototype ที่ m สามารถทำได้โดยการหาค่า sum of square ของ distance measure

สาเหตุที่เลือกสร้างฟังก์ชันดังกล่าวโดยการใช้ค่า sum of square เนื่องจาก

1. เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการคำนึงถึง cross effect ระหว่างตัวแปร
2. การ sum square distance measure ในที่นี้มีลักษณะคล้ายกับ squared Euclidean distance ซึ่งจัดเป็น distance measure ประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การจัดกลุ่มที่สามารถนำไปใช้กับการจัดกลุ่มประเภท centroid ได้ ดังนั้นจึงเหมาะสมเป็นอย่างมากที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากใน Nelder-Mead Simplex Algorithm มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับจุดศูนย์กลาง (centroid) ของซิมเพล็กซ์ เช่นกัน

6.2 <u>รูปแบบฟังก์ชั่นที่ใช้ภายในงานวิจัย</u>

เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 6.1 จึงสามารถทำการกำหนดรูปแบบของฟังก์ชั่นที่ใช้ในการบอกระดับความพอดีในการสวมใส่เสื้อผ้าได้ดังนี้ :

หากกำหนดให้ $X_{ij} = \ln(x_{ij})$

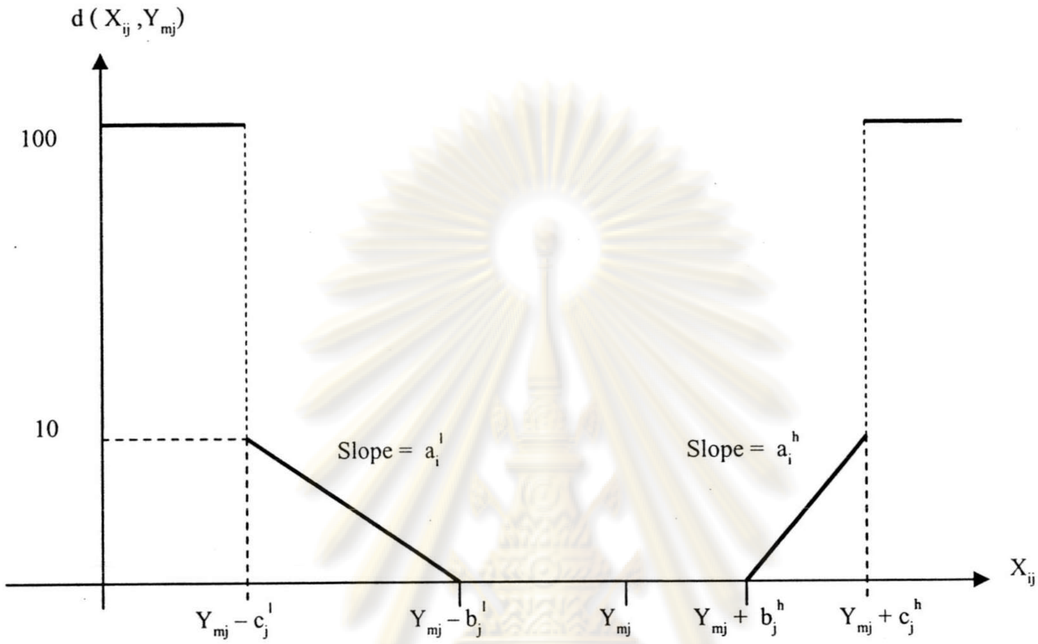
และ $Y_{mj} = \ln(y_{mj})$

จะได้ว่า

$$d(X_{ij}, Y_{mj}) \begin{cases} = a_j^h[X_{ij} - (Y_{mj} + b_j^h)] & \text{เมื่อ } Y_{mj} + b_j^h < X_{ij} \le Y_{mj} + c_j^h \\ = a_j^l[(Y_{mj} - b_j^l) - X_{ij}] & \text{เมื่อ } Y_{mj} - c_j^l \le X_{ij} < Y_{mj} - b_j^l \\ = 0 & \text{เมื่อ } Y_{mj} - b_j^l \le X_{ij} \le Y_{mj} + b_j^h \\ = 100 & \text{เมื่อ } X_{ij} > Y_{mj} + c_j^h \\ & \text{หรือ } X_{ij} < Y_{mj} - c_j^l \end{cases} \qquad \text{……..(6.2)}$$

ซึ่งหากผู้สวมใส่คนใดมีค่า distance measure ของจุดวัดใดจุดวัดหนึ่งเท่ากับ 100 เมื่อเทียบกับค่าออกแบบของเสื้อทุกขนาดในระบบแสดงว่าผู้สวมใส่คนนี้ไม่สามารถจัดอยู่ในระบบได้ หรือจัดเป็น disaccommodated individual

ฟังก์ชั่นนี้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 : แสดง distance measure function

จากภาพที่ 6.1

b_j^h และ b_j^l คือ perfect fit coefficient หรือ สัดส่วนความแตกต่างที่ถือว่ายังอยู่ภายในช่วง perfect fit ซึ่งหมายถึงช่วงของการสวมใส่ที่พอดีตัว

c_j^h และ c_j^l คือ cut-off coefficient หรือ สัดส่วนความแตกต่างที่ถือว่ายังอยู่ภายในช่วง cut-off ซึ่งหมายถึงช่วงที่ยังสามารถสวมใส่เสื้อขนาดนั้นได้อยู่

a_j^h และ a_j^l คือ slope coefficient แสดงอัตราการเพิ่มขึ้นของความไม่พอดี เมื่อผู้สวมใส่คนที่ i มีความแตกต่างจาก prototype เกินระดับ b_j^h และ b_j^l ไปแล้ว

การคำนวณค่า distance measure ในช่วงต่างๆ ของภาพที่ 6.1 แบ่งเป็น 4 กรณี คือ

- หากระยะห่างระหว่างผู้สวมใส่คนที่ i และ prototype ของเสื้อขนาดที่ m จุดวัดที่ j ยังอยู่ภายในช่วงของ perfect fit จะถือว่า distance measure [$d(X_{ij}, Y_{mj})$] มีค่าเท่ากับ 0

- หากผู้สวมใส่ยังคงมีค่าของจุดวัดที่ j อยู่ภายในช่วง cut-off tolerance ของเสื้อขนาดที่ m แต่อยู่นอกช่วง perfect fit จะคำนวณค่า distance measure [d (X_{ij} ,Y_{mj})] ตามสมการที่ 6.2 ในหน้าที่ผ่านมา
- หากผู้สวมใส่มีค่าของจุดวัดที่ j เท่ากับค่า cut-off ของเสื้อขนาดที่ m พอดี จะถือว่า distance measure [d (X_{ij} ,Y_{mj})] เท่ากับ 10 โดยยังถือว่าสามารถจัดเข้าไปอยู่ในขนาดดังกล่าวได้
- หากผู้สวมใส่มีค่าของจุดวัดที่ j มากกว่าค่า cut-off ของเสื้อขนาดที่ m จะกำหนดให้ distance measure [d (X_{ij} ,Y_{mj})] มีค่าเป็น 100 เมื่อเทียบกับขนาดนั้นเสมอ

จากที่ได้กล่าวไปในตอนต้นว่า การกำหนดฟังก์ชัน distance measure ที่ดีนั้น ควรอ้างอิงช่วงของความพอดีและช่วงของการสวมใส่ที่สามารถยอมรับได้จากผลการทดลองหรือทำการศึกษาอย่างละเอียด แต่จากผลการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ายังไม่มีผู้ใดเคยทำงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มาก่อน ดังนั้นในที่นี้จึงทำการกำหนดช่วงดังกล่าวตามความคิดเห็นของดีไซน์เนอร์ เนื่องจากเป็นผู้เชี่ยวชาญที่สามารถตัดสินได้ว่า ความพอดีในการสวมใส่เสื้อผ้าของแต่ละคนนั้นเป็นอย่างไรดีกว่าหรือไม่เมื่อเทียบกับอีกคนหนึ่ง อย่างไรก็ตามระดับความพอดีในการสวมใส่ซึ่งแสดงออกมาในเชิงตัวเลข ณ ที่นี้ก็ยังคงมีความเกี่ยวข้องกับขนาดร่างกายของผู้สวมใส่และขนาด prototype อยู่

ในการคำนวณค่า b_j^h และ b_j^l จะใช้วิธีการเดียวกับงานวิจัยของ Paal Beatrix โดยทำการประมาณค่าดังกล่าวจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจริง (actual percentage) เช่น ดีไซน์เนอร์คนหนึ่งมีความเห็นว่าความแตกต่างในเชิงสัดส่วน ระหว่างผู้สวมใส่คนที่ i จุดวัดที่ j เมื่อเทียบกับ prototype ของเสื้อขนาดที่ m แล้ว หากผู้สวมใส่คนใดมีค่าจุดวัดต่ำกว่าค่าออกแบบไม่เกิน 5% หรือสูงกว่าไม่เกิน 2% แล้วจะยังถือว่าระดับความพอดีในการสวมใส่ยังคงเท่ากันไม่มีความแตกต่างนอกจากจะอยู่เกินขอบเขตนั้นไปแล้ว เมื่อเป็นเช่นนี้ค่า b_j^h ก็จะเท่ากับ 0.02 และ b_j^l เท่ากับ 0.05 ตามลำดับ

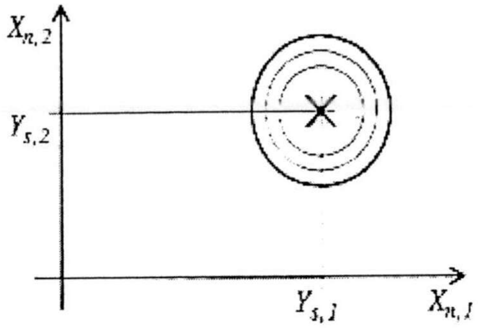
สำหรับค่า a_j^h และ a_j^l นั้นสามารถประมาณได้อย่างง่ายๆ โดยอาศัยวิธีการคำนวณหาความชันของเส้นตรงทั่วไป เมื่อดีไซน์เนอร์กำหนดค่า cut-off tolerance ทางด้านบวกและด้านลบได้แล้ว (ค่า cut-off นี้จะมีความหมายคล้ายกับ $C\lambda$ ในงานวิจัยของ Paal Beatrix แตกต่างกันเพียงค่าที่ได้ภายในงานวิจัยนี้มาจากความเห็นของดีไซน์เนอร์ไม่ได้มาจากการสุ่ม) จากภาพที่ 6.1 ค่า distance measure ของผู้สวมใส่ที่มีค่าจุดวัดเท่ากับจุด cut-off จะเท่ากับ 10 ซึ่งจะเป็นค่า distance measure สูงที่สุดสำหรับผู้สวมใส่ที่สามารถจัดอยู่ในขนาดดังกล่าวได้ เมื่อทราบระยะ distance measure และระยะ cut –off ก็สามารถหาความชันของเส้นตรงได้ ส่วนผู้สวมใส่คนใดที่อยู่นอกช่วง cut-off จะกำหนดให้มีค่า distance measure เท่ากับ 100 *สาเหตุที่กำหนดให้เป็นค่าดังกล่าวเพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน สามารถระบุได้ว่าผู้สวมใส่คนใดที่จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่สามารถจัดเข้าไปในระบบได้* (เป็นการนำหลัก Big-M method มาประยุกต์ใช้)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะพบว่าหากกำหนดค่า a_j^h, a_j^l, b_j^h และ b_j^l แตกต่างกัน พื้นที่ในการครอบคลุมกลุ่มประชากรก็จะมีรูปร่างแตกต่างกันไปด้วย เช่นหากกำหนดให้ distance measure ของจุดวัดที่ 2 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าจุดวัดที่ 1 (example B) ภาพ contour plot ที่ได้ก็จะต่างจากกรณีที่กำหนดให้จุดวัดทั้งสองมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน (example A) ดังแสดงในภาพที่ 6.2

จากภาพที่ 6.2 ตัวอย่าง C และ D แสดงให้เห็นว่าหากกำหนดค่าพารามิเตอร์ในสมการที่ 6.2 ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้สวมใส่และ prototype ไม่สมมาตรกัน คือ กำหนดให้ผู้สวมใส่ที่มีขนาดร่างกายเล็กกว่า prototype มีค่า penalty น้อยกว่าผู้ที่มีขนาดร่างกายใหญ่กว่า contour set ที่ได้ก็จะมีลักษณะไม่สมมาตรเช่นกัน

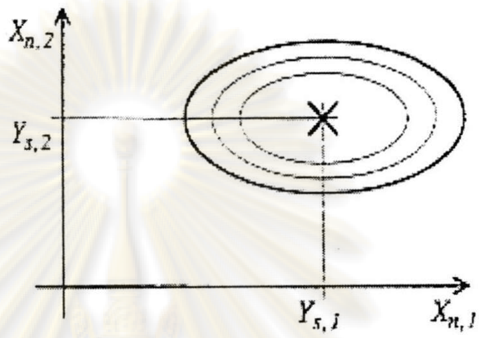
Example A.

$a_1^l = 1 \quad b_1^l = 0$
$a_1^h = 1 \quad b_1^h = 0$
$a_2^l = 1 \quad b_2^l = 0$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0$



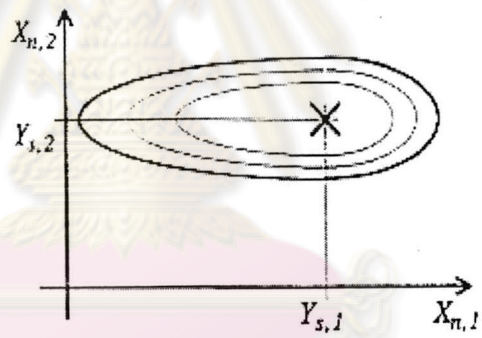
Example B.

$a_1^l = 1/2 \quad b_1^l = 0$
$a_1^h = 1/2 \quad b_1^h = 0$
$a_2^l = 1 \quad b_2^l = 0$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0$



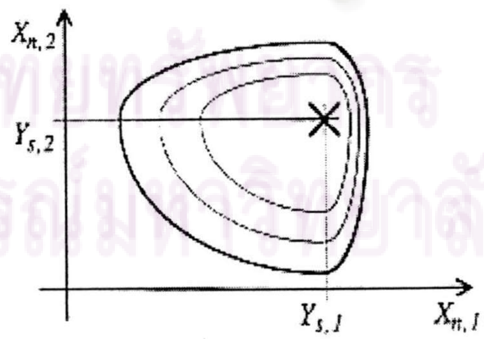
Example C.

$a_1^l = 1/4 \quad b_1^l = 0$
$a_1^h = 1/2 \quad b_1^h = 0$
$a_2^l = 1 \quad b_2^l = 0$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0$



Example D.

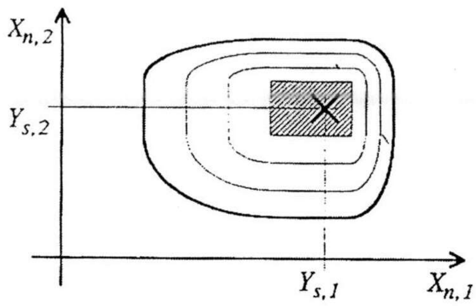
$a_1^l = 1/3 \quad b_1^l = 0$
$a_1^h = 5/3 \quad b_1^h = 0$
$a_2^l = 1/2 \quad b_2^l = 0$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0$



ภาพที่ 6.2 : แสดง บริเวณที่สามารถครอบคลุมประชากรได้ เมื่อกำหนดเซตของพารามิเตอร์แตกต่างกัน

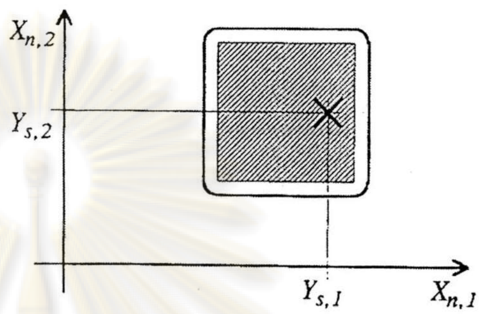
Example E.

$a_1^l = 1/3 \quad b_1^l = 0.02$
$a_1^h = 1 \quad b_1^h = 0.01$
$a_2^l = 1/2 \quad b_2^l = 0.01$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0.01$



Example F.

$a_1^l = 1 \quad b_1^l = 0.01$
$a_1^h = 1 \quad b_1^h = 0.025$
$a_2^l = 1 \quad b_2^l = 0.025$
$a_2^h = 1 \quad b_2^h = 0.05$



ภาพที่ 6.3 : แสดงบริเวณที่สามารถครอบคลุมประชากรได้
ในลักษณะที่มีการกำหนดช่วง perfect fit

ภาพที่ 6.3 แตกต่างจากภาพที่ 6.2 ตรงที่มีการกำหนดให้ค่า b_j^h และ b_j^l ไม่เท่ากับศูนย์ แสดงว่าจะมีพื้นที่ส่วนหนึ่งที่ distance measure มีค่าเท่ากัน คือเท่ากับ 0 เนื่องจากยังคงอยู่ภายในช่วง perfect fit พื้นที่ดังกล่าวคือพื้นที่ซึ่งแรเงาไว้ เมื่อใดก็ตามที่ผู้สวมใส่หลุดออกจากพื้นที่นี้แล้วก็จะเริ่มพิจารณาค่า distance measure ตามสมการที่ 6.2 ตราบใดที่ผู้สวมใส่ยังคงอยู่ภายในกรอบเส้นสีดำเข้ม (แทน cut-off tolerance) ผู้สวมใส่คนนั้นก็จะยังสามารถจัดเข้าไปอยู่ในกลุ่มขนาดนี้ได้ หากผู้สวมใส่คนใดมีค่า distance measure หลุดออกจากเส้นกรอบสีดำเมื่อเทียบกับทุกๆ ขนาดแล้ว ผู้สวมใส่คนนั้นก็จะไม่สามารถจัดเข้าสู่ระบบนี้ได้ และจะไม่นำค่าของฟังก์ชั่นความสูญเสียมาคิดเป็นผลรวม penalty function ของระบบด้วย

6.3 การกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบเสื้อเชิ้ตสำหรับสุภาพบุรุษ จุดวัดที่จะต้องสร้างให้มีความพอดีกับร่างกายมากที่สุด (อ้างอิงจากความคิดเห็นดีไซน์เนอร์และช่างแพทเทิร์นของบริษัทที่เข้าไปศึกษา) เรียงตามลำดับความสำคัญ เป็นดังนี้

ตารางที่ 6.1 : แสดงลำดับความสำคัญของจุดวัดในการตัดเสื้อเชิ้ตของสุภาพบุรุษ

ลำดับความสำคัญ	จุดวัด		คะแนน
1	จุดที่ 6	รอบคอ	10
2	จุดที่ 39	ความยาวบ่า	9
3	จุดที่ 31	ความยาวแขนเสื้อ	8
4	จุดที่ 8	รอบอก	7
5	จุดที่ 21	รอบวงแขน	6
6	จุดที่ 9	รอบเอว	5
7	จุดที่ 11	รอบสะโพก	5
8	จุดที่ 37	ความยาวช่วงตัว	4

จากหัวข้อที่ 6.2 พบว่ามีพารามิเตอร์ที่จะต้องกำหนดขึ้นก่อนเริ่มกระบวนการแก้ปัญหามากมาย ในหัวข้อนี้จึงจะทำการหาค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวตามวิธีการคำนวณที่ได้กล่าวไปแล้ว (สำหรับทั้ง 8 จุดวัด)

6.3.1 การหาค่า b_j^h และ b_j^l

ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในฟังก์ชั่น distance measure นั้นแสดงอยู่ในตารางที่ 6.4 โดยค่า b_j^h และ b_j^l จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งกำหนดว่าบริเวณใดจึงจะเรียกว่า perfect fit

เพื่อเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง b_j^h และ b_j^l ให้สอดคล้องกับตัวแปรต่างๆ จึงกำหนดให้ค่าของ b_j^h และ b_j^l แทนสัดส่วนของความแตกต่างที่ถือว่าเป็นช่วง perfect fit ซึ่งคำนวณจากค่า absolute tolerance [1] ดังแสดงในตารางที่ 6.2

---

[1] คำว่า absolute tolerance ในที่นี้ หมายถึง ช่วงหรือระยะที่อยู่ในหน่วยเดียวกับข้อมูลจุดวัดของร่างกาย โดยยังไม่ได้ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปลอการิทึมฐานธรรมชาติ (natural log)

ตารางที่ 6.2 : แสดงค่า perfect fit absolute tolerance ในแต่ละจุดวัด เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

j	**จุดวัด**	**ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง**	**perfect fit absolute tolerance (cm.)**	
			ด้านต่ำ	**ด้านสูง**
1	รอบคอ	39.690	0.65	0.3
2	รอบอก	86.186	2.54	2.54
3	รอบเอว	77.733	2.54	2.54
4	รอบสะโพก	89.649	2.54	2.54
5	รอบวงแขน	40.993	2.54	1.27
6	ความยาวแขนเสื้อ	77.292	0.64	0.32
7	ความยาวช่วงตัว	61.260	1.27	1.27
8	ความยาวบ่า	39.212	1.27	1.27

ตารางที่ 6.2 หมายความว่า หากกำหนดให้คนที่เป็น prototype คือ คนที่มีค่าจุดวัดรอบคอเป็น 40.00 เซนติเมตร เมื่อเป็นเช่นนี้ ผู้สวมใส่คนใดที่มีรอบคออยู่ในช่วงระหว่าง 39.35 - 40.30 เซนติเมตร จะยังถือว่าอยู่ภายในช่วง perfect fit สำหรับเสื้อที่มีค่าออกแบบของรอบคอเท่ากับ 40.00 เซนติเมตรอยู่ เป็นต้น

การหาค่า perfect fit coefficient สามารถหาได้จากสูตร

$$b_j^h = \frac{(\text{perfect fit absolute tolerance})_j^h}{(\text{mean})_j}$$

$$b_j^l = \frac{(\text{perfect fit absolute tolerance})_j^l}{(\text{mean})_j}$$

เมื่อ (perfect fit absolute tolerance)$_j$ หมายถึง ช่วงในการสวมใส่จริงที่สวยงามหรือสมบูรณ์แบบของแต่ละจุดวัด

(mean)$_j$ คือ ค่าเฉลี่ยจุดวัดที่ j ของกลุ่มตัวอย่างที่กำลังศึกษา

หากต้องการคำนวณหาค่า perfect fit coefficient ของจุดวัดที่ 1 หรือ รอบคอ จากตารางที่ 6.2 จะพบว่า perfect fit absolute tolerance ของรอบคอด้านสูง และ ด้านต่ำ เป็น 0.3 เซนติเมตร และ 0.65 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรอบคอของกลุ่มตัวอย่าง เป็น 39.69 เซนติเมตร

ดังนั้น $b_1^h = \dfrac{0.3}{39.690} = 0.008$

$$b_1^l = \frac{0.65}{39.690} = 0.016$$

สำหรับในจุดวัดอื่นๆ ก็สามารถหาค่า b_j^h และ b_j^l ได้ในลักษณะเดียวกันนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ ของจุดวัดต่างๆ ที่เหลือ ได้สรุปอยู่ในตารางที่ 6.4

6.3.2 การหาค่า c_j^h และ c_j^l

วิธีการคำนวณค่า cut-off coefficient หรือ ค่า c_j ด้านสูงและด้านต่ำ สามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกับการคำนวณค่า perfect fit coefficient (b_j) เพียงแต่เปลี่ยนค่าจาก perfect fit absolute tolerance มาเป็น cut-off absolute tolerance เท่านั้น ซึ่งค่า cut-off absolute tolerance สำหรับแต่ละจุดวัด แสดงอยู่ในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 : แสดงระยะ cut-off absolute tolerance สำหรับแต่ละจุดวัด เมื่อเทียบกับค่าออกแบบ

j	จุดวัด	cut-off absolute tolerance (cm.)	
		ด้านต่ำ	ด้านสูง
1	รอบคอ	1.30	0.60
2	รอบอก	5.08	5.08
3	รอบเอว	5.08	5.08
4	รอบสะโพก	5.08	5.08
5	รอบวงแขน	5.08	2.54
6	ความยาวแขนเสื้อ	1.27	0.64
7	ความยาวช่วงตัว	2.54	2.54
8	ความยาวบ่า	2.54	2.54

<u>หมายเหตุ</u> ระยะ cut-off absolute tolerance (cm.) ในที่นี้เป็นระยะที่เทียบกับค่าออกแบบของ prototype

จากตารางที่ 6.3 หมายความว่า หากกำหนดให้คนที่เป็น prototype ของเสื้อขนาดหนึ่งมีค่าจุดวัดรอบคอ เป็น 40.00 เซนติเมตร เมื่อเป็นเช่นนี้แสดงว่าผู้สวมใส่คนใดที่มีรอบคออยู่ในช่วงระหว่าง 38.70 เซนติเมตรขึ้นไปแต่ไม่เกิน 39.35 เซนติเมตร หรือคนที่มีรอบคออยู่ในช่วงระหว่าง 40.30 เซนติเมตรขึ้นไป แต่ไม่เกิน 40.60 เซนติเมตร จะยังถือว่ามีรอบคอที่อยู่ภายในช่วงที่สามารถยอมรับได้สำหรับจุดวัดที่ 1 หรือรอบคออยู่

<u>หมายเหตุ</u>

ตัวเลข 38.70 คือ ค่า cut-off ด้านต่ำซึ่งได้จาก 40.00 ลบด้วย 1.30 เซนติเมตร

ตัวเลข 39.35 คือ ค่า perfect fit ด้านต่ำของเสื้อที่มีค่าออกแบบรอบคอเป็น 40.00 เซนติเมตร

ตัวเลข 40.30 คือ ค่า perfect fit ด้านสูงสำหรับเสื้อที่มีค่าออกแบบรอบคอ 40.00 เซนติเมตร

ตัวเลข 40.60 คือ ค่า cut-off ด้านสูง ซึ่งได้จาก 40.00 บวกด้วย 0.60 เซนติเมตร

การหาค่า cut-off coefficient สามารถหาได้จากสูตร

$$c_j^h = \frac{(\text{cut-off absolute tolerance})_j^h}{(\text{mean})_j}$$

$$c_j^l = \frac{(\text{cut-off absolute tolerance})_j^l}{(\text{mean})_j}$$

เมื่อ (cut-off absolute tolerance)$_j$ หมายถึง ช่วงในการสวมใส่ที่สามารถยอมรับได้สำหรับจุดวัดแต่ละจุด

(mean)$_j$ คือ ค่าเฉลี่ยจุดวัดที่ j ของกลุ่มตัวอย่างที่กำลังศึกษา

หากต้องการคำนวณหาค่า cut-off coefficient ของจุดวัดที่ 1 หรือ รอบคอ จากตารางที่ 6.3 พบว่า cut-off absolute tolerance ของรอบคอด้านสูง และ ด้านต่ำ เป็น 0.60 และ 1.30 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรอบคอของกลุ่มตัวอย่าง เป็น 39.69 เซนติเมตร

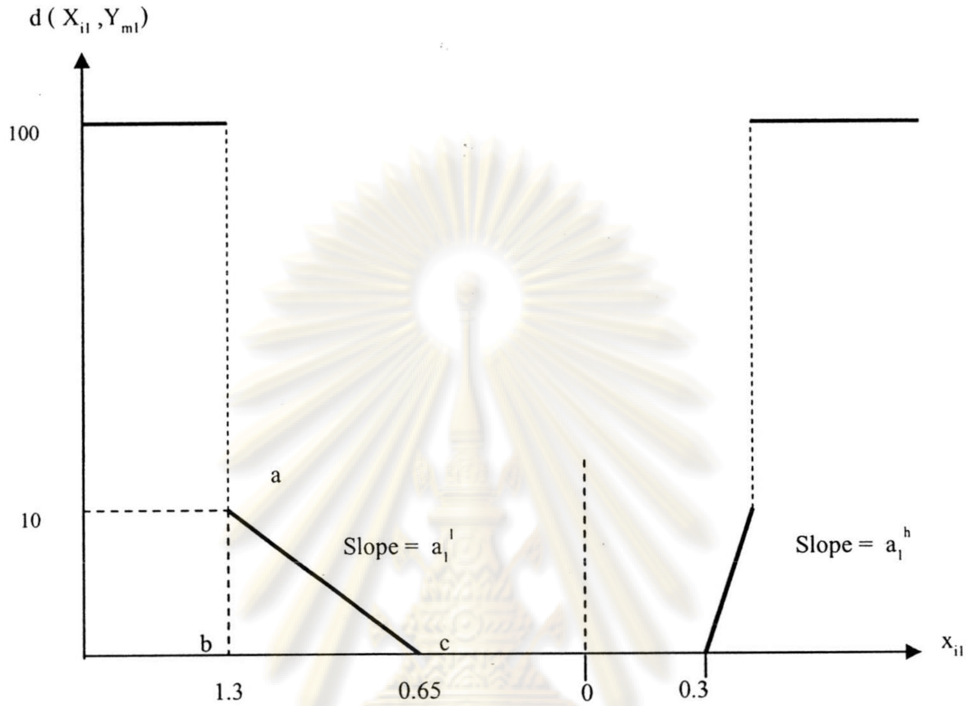
ดังนั้น $c_1^h = \frac{0.60}{39.690} = 0.016$

$$c_1^l = \frac{1.30}{39.690} = 0.033$$

สำหรับในจุดวัดอื่นก็สามารถหาค่า c_j^h และ c_j^l ได้ในลักษณะเดียวกันนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ของจุดวัดต่างๆ ที่เหลือ ได้สรุปอยู่ในตารางที่ 6.4

6.3.3 การหาค่า a_j^h และ a_j^l

วิธีการคำนวณค่า slope coefficient สามารถคำนวณได้ ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4 : แสดงตัวอย่างการคำนวณค่า slope coefficient ด้านต่ำของรอบคอ (a_1^l)

จากตารางที่ 6.2 และ 6.3 จะทราบว่าค่า perfect fit tolerance และ cut-off tolerance ด้านต่ำของรอบคอ เท่ากับ 0.65 และ 1.3 ตามลำดับ

ในภาพที่ 6.4 จะสามารถหาค่าความชันของเส้น ac ได้เท่ากับ $\frac{ab}{bc}$

ดังนั้น $a_1^l \quad = \quad \frac{10-0}{1.3-0.65} \quad = \quad \frac{10}{0.65} \quad = \quad 15.385$

สำหรับ a_1^h ก็สามารถหาได้ในลักษณะเดียวกัน

$$a_1^h \quad = \quad \frac{10-0}{0.6-0.3} \quad = \quad \frac{10}{0.3} \quad = \quad 33.333$$

ค่า perfect fit coefficient, cut-off coefficient และ slope coefficient ของแต่ละจุดวัด สรุปอยู่ในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 : แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความพอดีในการสวมใส่ที่ใช้ในการคำนวณหา distance measure ของแต่ละคนเมื่อเทียบกับค่าดีไซน์ของ prototype

j	จุดวัด	a_j^h	a_j^l	b_j^h	b_j^l	c_1^h	c_1^l
1	รอบคอ	33.333	15.385	0.008	0.016	0.016	0.033
2	รอบอก	3.94	3.94	0.030	0.030	0.059	0.059
3	รอบเอว	3.94	3.94	0.033	0.033	0.065	0.065
4	รอบสะโพก	3.94	3.94	0.029	0.029	0.057	0.057
5	รอบวงแขน	7.874	3.94	0.031	0.062	0.062	0.124
6	ความยาวแขนเสื้อ	31.25	15.625	0.0045	0.008	0.009	0.016
7	ความยาวช่วงตัว	7.874	7.874	0.021	0.021	0.042	0.042
8	ความยาวบ่า	7.874	7.874	0.035	0.035	0.070	0.070

<u>หมายเหตุ</u> : การเปลี่ยนค่าในแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปลอการิทึมฐานธรรมชาติ (natural logarithm) ไปสู่ค่าจุดวัดจริงในหน่วยเซนติเมตรสามารถทำได้ ดังแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ง

6.4 แนวคิดที่ใช้ในการคำนวณหาระบบการจัดขนาดภายใต้หลักการหาความเหมาะสมที่สุดด้วย Nelder-Mead simplex method

จากจำนวนตัวแปรหรือจุดวัดทั้งหมด 8 จุดวัดที่ถูกนำมาใช้ในการกำหนดรูปแบบของระบบการจัดขนาดนั้น พบว่าจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (unknown variables) จะเท่ากับ 8 คูณด้วย จำนวนขนาดของเสื้อภายในระบบ เช่น เมื่อกำหนดให้จำนวนขนาดของเสื้อภายในระบบมีค่าเท่ากับ 5 ขนาด ค่าของจุดวัดต่างๆ ที่ต้องการหาจะมีจำนวน 8*5 = 40 ตัวแปร เป็นต้น

ตัวแปรทั้ง 40 ตัวจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ขนาด 5 แถว 8 หลัก ดังนี้ เมตริกซ์นี้ในอัลกอริทึมนี้จะเรียกว่า "ซิมเพล็กซ์ (simplex)" [2]

---

[2] คำว่า "simplex" ใน Nelder-Mead simplex algorithm หมายถึง เมตริกซ์หรือเซตของคำตอบ

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} & y_{16} & y_{17} & y_{18} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & y_{25} & y_{26} & y_{27} & y_{28} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} & y_{35} & y_{36} & y_{37} & y_{38} \\ y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & y_{45} & y_{46} & y_{47} & y_{48} \\ y_{51} & y_{52} & y_{53} & y_{54} & y_{55} & y_{56} & y_{57} & y_{58} \end{bmatrix}$$

เมื่อกำหนดให้

หลักที่ 1 แทน รอบคอ

หลักที่ 2 แทน รอบอก

หลักที่ 3 แทน รอบเอว

หลักที่ 4 แทน รอบสะโพก

หลักที่ 5 แทน รอบวงแขนใน

หลักที่ 6 แทน ความยาวแขน

หลักที่ 7 แทน ความยาวช่วงตัว

หลักที่ 8 แทน ความยาวบ่า

และแต่ละแถว จะแทนเสื้อแต่ละขนาด

ในการแก้ปัญหาภายในงานวิจัยนี้ด้วย Nelder-Mead simplex algorithm ผู้วิจัยจะต้องกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้น (initial simplex) ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับเคลื่อนย้ายตัวเองเข้าสู่คำตอบ ตามอัลกอริทึมจนกระทั่งได้ซิมเพล็กซ์สุดท้าย (final simplex) ที่ดีที่สุดเพื่อเป็นคำตอบของปัญหานี้

6.4.1 วิธีการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้น (initial simplex)

ซิมเพล็กซ์เริ่มต้นถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมากเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาหลักการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นก่อน ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นในการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นของอัลกอริทึมนี้

จากการที่ซิมเพล็กซ์ของปัญหานี้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ของค่าจุดวัด 8 ค่าต่อหนึ่งขนาดจำนวน m ขนาด วิธีการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นจึงต้องเริ่มจากการกำหนดค่าจุดวัดทั้ง 8 จุดวัดของเสื้อขนาดเริ่มต้น (initial size) ขึ้นมาก่อน 1 ชุด แล้วจึงหาจุดวัดของขนาดถัดไปจากการนำค่าจุดวัดในเริ่มต้นคูณด้วย step length (η) หนึ่งค่าที่ได้กำหนดไว้

เนื่องจากธรรมชาติของข้อมูลจุดวัดแต่ละจุดมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาด เช่น รอบคอจะเป็นจุดวัดที่มีค่าต่ำกว่ารอบอก รอบเอว รอบสะโพกเสมอ การกำหนดให้ค่า step length

ของแต่ละจุดวัดมีค่าเท่ากับค่าที่กำหนดไว้ตอนแรกในทุกจุด จึงเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ในขณะเดียวกันค่า step length ของจุดวัดแต่ละจุดของเสื้อขนาดหนึ่งเมื่อเทียบกับขนาดถัดไปจะต้องเท่ากัน ผู้วิจัยจึงต้องหาความสัมพันธ์ของจุดวัดแต่ละจุดเทียบกับจุดวัดหลักของข้อมูลชุดนั้นด้วย การวิเคราะห์ความถดถอยแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า step length ของจุดวัดหลักที่กำหนดไปเรื่อยๆ เพียงเท่านี้จุดวัดอื่นที่เหลือก็จะมีค่า step length ที่เท่ากันและสอดคล้องกับธรรมชาติของข้อมูลแต่ละจุดวัดด้วย

ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมา คือ จุดวัดใดที่เหมาะสมจะเป็นจุดวัดหลักเพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์เทียบกับจุดวัดอื่น จุดวัดที่เหมาะสมที่สุดในปัญหานี้ คือ รอบคอ ด้วยเหตุผลหลายๆ ประการ ดังนี้

สาเหตุที่เลือกรอบคอเป็นจุดวัดหลัก เนื่องจาก

- ในการตัดเย็บเสื้อเชิ้ต รอบคอ คือ จุดวัดที่สำคัญที่สุดต่อความสวยงามในการสวมใส่
- รอบคอเป็นจุดวัดที่มีค่า cut-off tolerance ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ 7 จุดวัดที่เหลือ แสดงว่าพื้นที่ในการครอบคลุมประชากร (เมื่อพิจารณาทั้ง 8 จุดวัดพร้อมกัน) จะขึ้นอยู่กับจุดวัดนี้เป็นสำคัญ หรืออาจกล่าวได้ว่า รอบคอ เป็นจุดที่วิกฤตที่สุดของระบบนี้
- การอ้างอิงขนาดของเสื้อจะอ้างอิงจากรอบคอเป็นหลัก

จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จึงสามารถสรุปได้ว่ารอบคอ คือ จุดวัดหลักที่สมควรนำมาศึกษาความสัมพันธ์เทียบกับจุดวัดอื่น

เมื่อเป็นเช่นนี้จะพบว่าวิธีการกำหนดค่าของจุดวัดทั้ง 8 ค่าของเสื้อขนาดเริ่มต้น (initial size) และค่า step length จะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคำตอบที่ได้ในตอนสุดท้ายเป็นอย่างมาก ในบทถัดไปจะมีการวิเคราะห์อย่างละเอียดว่าวิธีการใดและ step length เท่าใดที่จะเหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

6.4.2 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่น

เนื่องจากตัวแปรจุดวัดทั้งแปดจุด เป็นตัวแปรเชิงปริมาณทั้งสิ้น ในที่นี้จึงใช้การวิเคราะห์ความถดถอย หลังจากทำการวิเคราะห์ความถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS แล้ว สามารถอธิบายผลลัพธ์ได้ดังนี้ (ในที่นี้จะยกตัวอย่างการอธิบายผลลัพธ์เพียง 1 ตัวอย่าง คือ ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างรอบคอและรอบวงแขนใน เนื่องจากความสัมพันธ์ของคู่นี้จะต้องทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง จึงต้องทำการอธิบายเป็นพิเศษ สำหรับผลลัพธ์ของตัวแปรคู่อื่นๆ สามารถวิเคราะห์ได้ในลักษณะเดียวกัน)

1. ความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนใน

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NECK[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: ARMPIT

ตารางที่ 6.5 : แสดงการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

ความหมายของตารางที่ 6.5

ผลจากตารางที่ 6.5 แสดงถึงการใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีป้อนเข้า (Enter) กรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวจะใช้วิธีใดก็ได้ ในที่นี้ตัวแปรที่นำเข้าสมการหรือเป็นตัวแปรอิสระ คือ รอบคอ (Neck)

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.499[a]	.249	.249	3.838	1.807

a. Predictors: (Constant), NECK

b. Dependent Variable: ARMPIT

ตารางที่ 6.6 : แสดง model summary

ความหมายของตารางที่ 6.6

- R = 0.499 = $\sqrt{R^2}$ = $\sqrt{0.249}$ (เนื่องจากมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว และจะเรียก R ว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation)
- R^2 = 0.249 หมายถึง สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = 0.249 หรือรอบคอสามารถอธิบายความผันแปรของรอบวงแขนในได้ 24.9%
- Std.Error of the Estimation (Standard Error of the Estimate) เป็นค่า $\sqrt{MSE}$ จากตารางที่ 6.7 : ANOVA = $\sqrt{14.728}$ = 3.838 เป็นค่าที่วัดการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนรอบเส้นตรง $\hat{Y}$ = a + bx และมีหน่วยเหมือนกับหน่วยของตัวแปรตาม
- Durbin-Watson ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าคลาดเคลื่อน ในกรณีนี้มีค่า Durbin-Watson เท่ากับ 1.807 จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9759.338	1	9759.338	662.640	.000[a]
	Residual	29426.47	1998	14.728		
	Total	39185.81	1999			

a. Predictors: (Constant), NECK

b. Dependent Variable: ARMPIT

ตารางที่ 6.7 : ตารางแสดงผล ANOVA Test

<u>ความหมายของตารางที่ 6.7</u>

แสดงถึงตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมการ armpit = $\beta_0 + \beta_1$ (Neck) + e สำหรับการทดสอบสมมติฐาน

H_0 : armpit $\neq \beta_0 + \beta_1$ (neck) + e หรือ H_0 : $\beta_1 = 0$

H_1 : armpit $= \beta_0 + \beta_1$ (neck) + e หรือ H_1 : $\beta_1 \neq 0$

<u>สถิติทดสอบ</u> $$F = \frac{MS\,Regression}{MS\,Residual} = \frac{9759.338}{14.728} = 662.64$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F > F_{1,1998\,;\,0.95}$ เนื่องจาก F = 662.64 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือสรุปได้ว่าตัวแปรรอบวงแขนในกับตัวแปรรอบอกมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น และจากประมาณค่า β_0 และ β_1 ด้วย a และ b ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6.8

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	1.595	1.533		1.041	.298	-1.411	4.601
	NECK	.993	.039	.499	25.742	.000	.917	1.068

a. Dependent Variable: ARMPIT

ตารางที่ 6.8 : แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย

<u>ความหมายของตารางที่ 6.8</u>

a = 1.595 cm. SE.(a) = 1.533 cm.

b = 0.993 cm. SE.(b) = 0.039 cm.

- **สมมติฐานที่ 1** $H_0 : \beta_1 = 0$, $H_1 : \beta_1 \neq 0$

เป็นการทดสอบว่ารอบคอและรอบวงแขนในสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นหรือไม่

สถิติทดสอบ $t = 25.742$ และค่า sig. ของสถิติทดสอบ t เป็น 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า $\beta_1 \neq 0$ หรือรอบคอและรอบวงแขนในมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นเมื่อมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว

- **สมมติฐานที่ 2** $H_0 : \beta_0 = 0$, $H_1 : \beta_0 \neq 0$

เป็นการทดสอบเกี่ยวกับส่วนตัดแกน Y

สถิติทดสอบ $t = 1.041$ และค่า sig. ของสถิติทดสอบ t เป็น $0.298 > 0.05$ จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า $\beta_0 = 0$

ดังนั้นจากผลการทดสอบโดยสถิติทดสอบ F และ t สรุปได้ว่าสมการความถดถอยซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนในเป็น

$$\text{armpit} = \beta_1 \text{ (Neck)} + e$$

หรือ $$\hat{armpit} = b \text{ (Neck)} = 0.993 \text{ Neck} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6.3)$$

สมการความถดถอยสมการที่ 6.3 มีค่า $b = 0.993$ ซึ่งมีความหมายว่า หากรอบคอหรือ neck มีค่าเพิ่มขึ้น 1 เซนติเมตร รอบวงแขนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 0.993 เซนติเมตร นอกจากนี้ในตารางที่ 6.8 ยังได้ให้ค่าประมาณแบบช่วงของ β_0 และ β_1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้

$-1.411 < \beta_0 < 4.601$ เซนติเมตร

ค่าต่ำสุดของ β_0 เป็นค่าติดลบในขณะที่ค่าสูงสุดเป็นค่าบวก จึงสรุปได้ว่า $\beta_0 = 0$

ค่าประมาณแบบช่วงของ β_1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ

$0.917 < \beta_1 < 1.068$ เซนติเมตร

จะพบว่าทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของ β_1 เป็นบวก จึงสรุปได้ว่า $\beta_1 > 0$ นั่นเอง

ในตารางที่ 6.9 จะแสดงค่าที่ผิดปกติ เนื่องจากมีค่า standard residual มากกว่า 3 หรือน้อยกว่า -3 ซึ่งมีทั้งสิ้น 21 คน หรือคิดเป็น 1.05% (จากข้อมูล 2000 ข้อมูล)

Casewise Diagnostics[a]

Case Number	Std. Residual	ARMPIT	Predicted Value	Residual
34	-4.251	23.0	39.316	-16.316
119	-3.728	26.0	40.308	-14.308
144	-3.264	25.3	37.827	-12.527
253	-3.207	28.0	40.308	-12.308
272	3.097	51.2	39.316	11.884
474	3.047	52.0	40.308	11.692
492	3.440	55.0	41.797	13.203
616	-3.336	28.5	41.301	-12.801
652	-3.278	31.7	44.279	-12.579
822	4.089	56.0	40.308	15.692
892	-5.027	23.0	42.294	-19.294
1247	-3.993	23.0	38.323	-15.323
1354	-3.186	39.0	51.227	-12.227
1390	-4.512	22.0	39.316	-17.316
1400	3.594	54.1	40.308	13.792
1506	-3.886	24.6	39.514	-14.914
1581	-3.730	25.0	39.316	-14.316
1582	-3.730	25.0	39.316	-14.316
1852	-3.334	29.5	42.294	-12.794
1881	3.700	55.5	41.301	14.199
1882	3.442	56.0	42.790	13.210

a. Dependent Variable: ARMPIT

ตารางที่ 6.9 : แสดง casewise diagnostics

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	34.352	51.227	40.993	2.210	2000
Residual	-19.294	15.692	-2.30E-15	3.837	2000
Std. Predicted Value	-3.006	4.632	.000	1.000	2000
Std. Residual	-5.027	4.089	.000	1.000	2000

a. Dependent Variable: ARMPIT

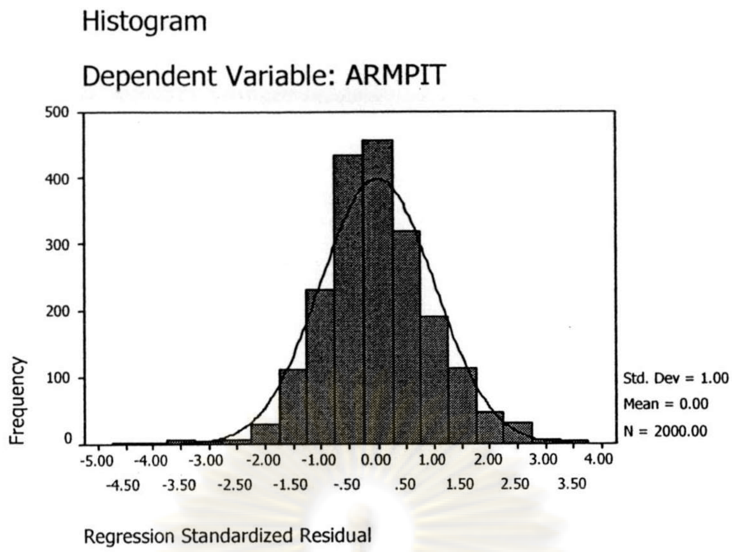
ตารางที่ 6.10 : แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณค่ารอบวงแขนใน

<u>ความหมายของตารางที่ 6.10</u>

ค่าเฉลี่ยของ $\hat{armpit}$ หรือรอบวงแขนในโดยเฉลี่ยประมาณ = 40.993 cm.

ค่าประมาณของรอบวงแขนในต่ำสุด = minimum ของ $\hat{armpit}$ = 34.352 cm.

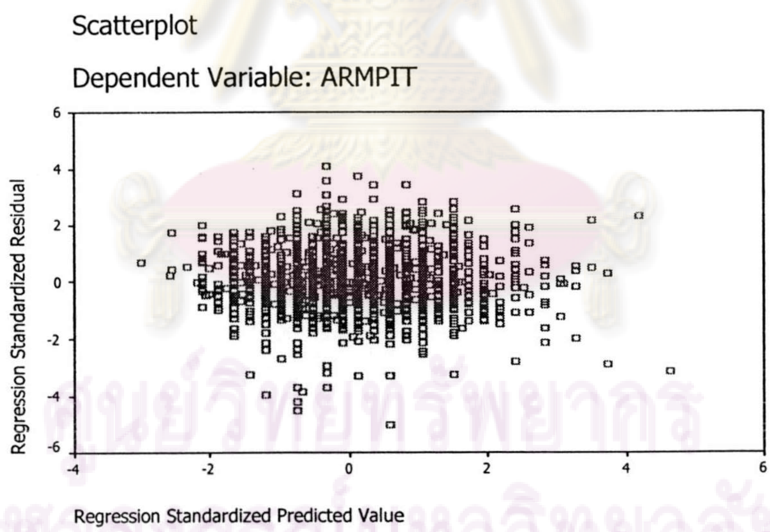
ค่าประมาณของรอบวงแขนในสูงสุด = maximum ของ $\hat{armpit}$ = 51.227 cm.



ภาพที่ 6.5 : แสดงฮิสโตแกรมของรอบวงแขนใน

<u>ความหมายของภาพที่ 6.5</u>

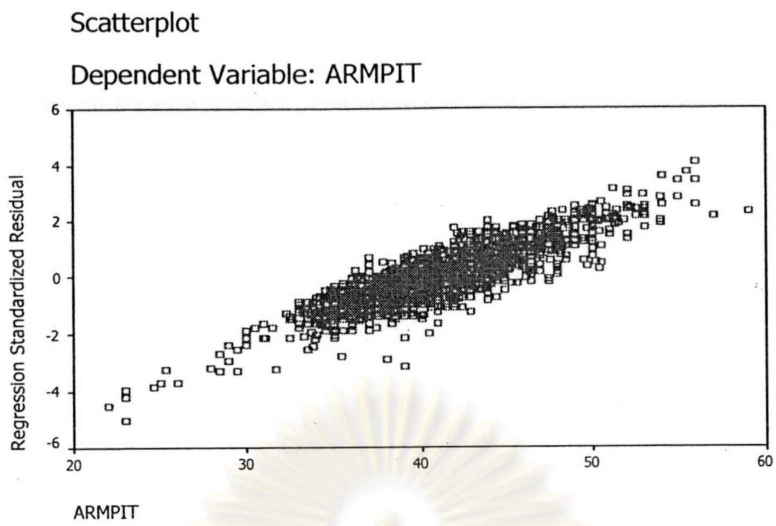
จากภาพที่ 6.5 สามารถสรุปได้ว่าตัวแปรรอบวงแขนในมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 6.6 : Scatter plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมาตรฐาน Z_y (แกน X) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน Z_e (แกน Y)

<u>ความหมายของภาพที่ 6.6</u>

จาก scatter plot จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ตลอดการเพิ่มขึ้นของค่าประมาณรอบวงแขนใน ($\widehat{armpit}$)



ภาพที่ 6.7 : ภาพแสดง Normal P-Plot

<u>ความหมายของภาพที่ 6.7</u>

จากภาพที่ 6.7 เป็นภาพแสดงการตรวจสอบว่าตัวแปรตาม (รอบวงแขนใน) มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะพบว่าจุดส่วนใหญ่อยู่ในรูปเส้นตรง จึงสรุปได้ว่ารอบวงแขนในมีการแจกแจงแบบปกติ

หมายเหตุ : จากการวิเคราะห์จะพบว่า $\beta_0 = 0$ หรือไม่มีค่าคงที่ ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ความถดถอยใหม่ โดยทำในลักษณะเดิม เพียงแต่ไม่ต้องเลือก Include constant in equation ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 6.11 ถึง 6.13

Model	R	R Square [a]	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.996 [b]	.991	.991	3.838	1.814

a For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.
b Predictors: NECK
c Dependent Variable: ARMPIT
d Linear Regression through the Origin

ตารางที่ 6.11 : แสดง model summary

<u>ความหมายของตารางที่ 6.11</u>

ตารางที่ 6.11 แสดงค่าสถิติซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 6.6 จะแตกต่างกันบ้าง แต่หากพิจารณาจากเชิงอรรถท้ายตาราง ซึ่งระบุว่าไม่ควรจะนำค่า R^2 จากโมเดลที่ไม่รวมค่าคงที่ (β_0) เทียบกับค่า R^2 ของโมเดลที่รวมค่าคงที่

ANOVA[c,d]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3370661	1	3370661.080	228851.8	.000[a]
	Residual	29442.42	1999	14.729		
	Total	3400103[b]	2000			

a. Predictors: NECK

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: ARMPIT

d. Linear Regression through the Origin

ตารางที่ 6.12 : ตารางแสดง ANOVA test

<u>ความหมายของตารางที่ 6.12</u>

จากตารางที่ 6.12 ANOVA ใช้ทดสอบสมมติฐาน

H_0 : armpit $\neq$ β_1 (neck) หรือ H_0 : $\beta_1 = 0$

H_1 : armpit $=$ β_1 (neck) หรือ H_1 : $\beta_1 \neq 0$

สถิติทดสอบ F = 228851.8 และ sig = 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปได้ว่า armpit = β_1 (neck)

Coefficients[a,b]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	NECK	1.033	.002	.996	478.385	.000	1.028	1.037

a. Dependent Variable: ARMPIT

b. Linear Regression through the Origin

ตารางที่ 6.13 : แสดงการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

<u>ความหมายของตารางที่ 6.13</u>

- จากตารางที่ 6.13 จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย b = 1.033 เซนติเมตร

  SE.(b) = 0.002 และการทดสอบ

  H_0 : $\beta_1 = 0$ H_1 : $\beta_1 \neq 0$

  จะพบว่าค่าสถิติทดสอบ t = 478.385 และ sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปได้ว่า $\beta_1 \neq 0$

- สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนใน คือ

$$armpit = 1.033\,(neck) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6.4)$$

ซึ่งจะพบว่าไม่แตกต่างจากสมการที่ 6.3 มากนัก

<u>การนำสมการถดถอยไปประยุกต์ใช้</u>

จากผลลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ 6.5 ถึง 6.13 และ ภาพที่ 6.3 ถึง 6.7 สรุปได้ว่าสมการที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนในเป็น

$$\widehat{armpit} = 1.033\,(neck)$$

ซึ่งสามารถนำสมการข้างบนนี้ไปใช้ในการพยากรณ์ค่ารอบวงแขนใน เมื่อทราบรอบคอ เช่น ถ้ามีคนที่มีรอบคอ เท่ากับ 38 เซนติเมตร ค่าประมาณของรอบวงแขนในโดยประมาณเท่ากับ 39.254 เซนติเมตร เป็นต้น

2. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่นๆ</u>

สำหรับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่นๆ จะสามารถหาได้ผ่านโปรแกรม SPSS เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนใน

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS สามารถสรุปสมการถดถอยระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่นๆ ได้ดังนี้

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบอก

  รอบอก = 2.046 (รอบคอ) + 4.970 ………….. (6.5)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบเอว

  รอบเอว = 2.495 (รอบคอ) - 21.311 ………….. (6.6)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบสะโพก

  รอบสะโพก = 1.983 (รอบคอ) + 10.955 ………….. (6.7)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและรอบวงแขนใน

  รอบวงแขนใน = 1.033 (รอบคอ) ………….. (6.8)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและความยาวแขน

  ความยาวแขน = 0.581 (รอบคอ) + 54.218 ………….. (6.9)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและความยาวช่วงตัว

  ความยาวช่วงตัว = 0.491 (รอบคอ) + 41.787 ………….. (6.10)

- สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบคอและความยาวบ่า

  ความยาวบ่า = 0.464 (รอบคอ) + 20.806 ………….. (6.11)

สมการที่ 6.5 ถึง 6.11 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างรอบคอและจุดวัดอื่นๆ จะถูกนำไปใช้ในการกำหนดเสื้อขนาดเริ่มต้นเพื่อใช้สำหรับสร้างเสื้อขนาดต่อไปภายในซิมเพล็กซ์เริ่มต้น (initial simplex) วิธีนี้จะเป็นวิธีหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการกำหนดซิมเพล็กซ์เริ่มต้นที่จะถูกนำมาพิจารณาร่วมกับการใช้ผลจากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มมาเป็นซิมเพล็กซ์เริ่มต้นในบทถัดไป