เอกสารวิชาการ

สัญญาเลขที่ R2559B091

สำนักหอสมุด

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพยากรณ์ขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สัดส่วนร่างกาย

Forecasting Secondary School Furniture Size using Anthropometric Measurements

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1 ดร. สุธนิตย์ พุทธพนม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2 นาย กานต์ ศุภจิตกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 30 ธ.ค. 2564
เลขทะเบียน 1041087
เลขเรียกหนังสือ จ TT 197 .5.C45 ส๓๒๑ ๒๕๕๑

สนับสนุนโดย
งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีงบประมาณ 2559

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความเป็นมาและความสำคัญ

การนั่งเรียนหนังสือในชั้นเรียนของเด็กวัยเรียนในแต่ละวันโดยเฉลี่ยแล้วใช้เวลาประมาณวันละ 5-6 ชั่วโมง นับว่าเป็นเวลาที่ยาวนานมาก ซึ่งเด็กในวัยเรียนถือเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่จะต้องเติบโตเป็นกำลังแรงงานและสมองของชาติในอนาคต จึงจำเป็นจะต้องเอาใจใส่ดูแลในทุกๆ ด้าน โต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากสถานศึกษาจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ต้องใช้เวลานานในการนั่งเรียนในแต่ละวันจะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่น เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ (Neck) หลังตอนล่าง (Lower Back) ไหล่ (Shoulder) และศีรษะ (Head) ทำให้เด็กต้องมีการเคลื่อนไหวและขยับร่างกายบ่อยครั้ง (Milanese and Grimmer 2004; Murphy, Buckle et al. 2004) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมาธิในการเรียนของผู้เรียนได้ (Hira 1980) และอาจส่งผลเสียในระยะยาวได้ เช่น อาการปวดหลังเนื่องจากโครงสร้างของกระดูกไม่สมมาตรกัน ซึ่งเกิดจากการที่เด็กต้องยกหัวไหล่เพื่อวางแขนไว้บนโต๊ะที่สูงในขณะที่เขียนหนังสือ เป็นต้น

การประเมินความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้นั้นจำเป็นต้องวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในตำแหน่งที่วัดค่าได้ยากและหลายตำแหน่งมาก จึงเกิดความยุ่งยากและลำบากมากหากต้องวัดค่านี้ในเด็กแต่ละคน และการวัดสัดส่วนของร่างกายมักใช้วิธีวัดโดยตรงซึ่งต้องสัมผัสร่างกายของผู้ที่ถูกทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดและใช้เวลานานเนื่องจากวัดหลายค่า ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาซึ่งคิดเป็นต้นทุนอย่างหนึ่ง และด้วยท่านั่งที่วัดยากนี้ จึงแทบไม่มีสถานศึกษาใดตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนในสถานศึกษาเลย อีกทั้ง หากทางสถานศึกษานั้นๆ จะสั่งซื้อโต๊ะและเก้าอี้ที่ให้เหมาะสมกับนักเรียนในสถานศึกษานั้นๆ ก็จะต้องไปวัดสัดส่วนเด็กแต่ละคนในท่านั่งซึ่งมีความลำบากและวัดยาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพยากรณ์ค่าสัดส่วนที่วัดได้ยากเหล่านั้นด้วยการวัดค่าสัดส่วนที่ง่ายกว่าและจำนวนน้อยกว่า ทำให้ตรวจสอบได้ว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีความเหมาะสมต่อสัดส่วนร่างกายหรือไม่ และสามารถหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ และเนื่องจากโต๊ะกับเก้าอี้ของโรงเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีขนาดเดียวและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดที่ใช้งานอยู่ได้ในเร็ววันนี้ งานวิจัยนี้ทำการออกแบบแท่นรองเท้าซึ่งเป็นการช่วยเหลือแบบเร่งด่วน (immediate help) สำหรับเด็กนักเรียนที่มีรูปร่างเล็กระยะขาสั้นกว่าความสูงของเก้าอี้ เพื่อช่วยให้นักเรียนมีสุขภาพที่ดี และลดความเมื่อยล้าจากการใช้งานโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนและสุขภาพที่ดีในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้พยากรณ์สัดส่วนด้านร่างกายที่วัดค่าได้ยากและจำนวนมากด้วยสัดส่วนของร่างกายที่วัดค่าได้ง่ายและจำนวนน้อยลง
2. เพื่อทำการเปรียบเทียบความเหมาะสม (MisMatch) ของสัดส่วนของนักเรียนกับโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในห้องเรียน
3. เพื่อให้ได้ขนาดและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม
4. เพื่อให้ได้ขนาดแท่นรองเท้าที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนแต่ละคน

การดำเนินงาน

การดำเนินเริ่มด้วยการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เพราะเนื่องจากต้องไปเก็บข้อมูล ณ. โรงเรียนกรณีศึกษา จากนั้นจึงเริ่มเก็บข้อมูลวัดสัดส่วน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1- 6 โรงเรียนมัธยมศึกษา 2 แห่งในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยโรงเรียนแห่งแรก เก็บข้อมูลจำนวน 670 คน เพื่อใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง ส่วนข้อมูลโรงเรียนแห่งที่สอง จำนวน 228 คน เพื่อนำมาใช้ทดสอบกับสมการพยากรณ์จากโรงเรียนต้นแบบว่า สามารถใช้สมการเดียวกันได้หรือไม่ เพราะหากไม่ จะมีการนำเสนอวิธีการอีกวิธีหนึ่งเพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ขึ้นมา

ความยากลำบากของงานวิจัยคือ การเข้าไปวัดสัดส่วนในโรงเรียน เนื่องจากรอบแรกของการวัดข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวัดไม่ดีเท่าที่ควร รวมทั้งผู้ทำการวัดรีบวัดเพราะมีเวลาจำกัด จึงทำให้ผลของการวัดสัดส่วนของนักเรียนสามร้อยกว่าคนมีความผิดเพี้ยนไป เช่น คนที่เตี้ยกว่ากลับมีความสูงของขาพับขณะนั่งสูงกว่าคนที่สูงกว่าถึง 10 เซนติเมตร เป็นต้น จึงจำเป็นมีการปรับปรุงเครื่องมือวัด และฝึกอบรมผู้ทำการวัด แล้วจึงเข้าเก็บข้อมูลใหม่หมดอีกครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปได้ไม่ลำบากนัก เนื่องจากมีซอฟแวร์สำหรับการวิเคราะห์สถิติให้ได้ใช้ ในขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยคือ การออกแบบแท่นรองเท้า ซึ่งมีการออกแบบหลายรูปแบบและสร้างขึ้น เพื่อทดสอบ หลายครั้งเช่นกัน กว่าจะได้มาซึ่งแบบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นแบบที่ปรับระดับได้

ผลการวิจัย

ในกระบวนการหาสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งด้วยสัดส่วนท่ายืนนั้น เทคนิคต่างๆ ถูกนำมาใช้ ไม่ว่าจะเป็น เทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) และหลักการทำงานของโครงข่าย

ประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนท่ายืน ไม่ว่าจะเป็น ความสูงไหล่ ความสูงตา รอบเอว หรือรอบสะโพก จะเป็นตัวทำนาย(predictors)ที่ให้ผลพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งได้ค่อนข้างดี แต่ก็เป็นค่าที่ถ้าหากโรงเรียนนำไปใช้ก็ต้องวัดสัดส่วนของนักเรียนแต่ละคนใหม่ ในทางกลับกัน ส่วนสูงและน้ำหนักเป็นค่าที่ทุกโรงเรียนในประเทศไทยต้องเก็บเป็นประจำอยู่แล้ว ยิ่งกว่านั้น ส่วนสูงและน้ำหนักก็เป็นตัวทำนายได้ดีใกล้เคียงกับสัดส่วนท่ายืนทั้ง 4 ท่าที่กล่าวมาเบื้องต้น ดังนั้นส่วนสูงและน้ำหนักจึงถูกเลือกมาใช้ในการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง และถึงแม้ว่า เทคนิคทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมทำการพยากรณ์ได้ดีกว่าเทคนิคอื่น แต่ก็ไม่ได้ดีกว่ามากจนเห็นได้ชัด สมการพยากรณ์ที่ได้จากเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายถูกเลือกมาใช้เพราะ Simple Linear Regression เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม

ในกระบวนการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยเทคนิคต่างๆ เมื่อนำสัดส่วนท่านั่งที่วัดค่าจริงมาเปรียบเทียบกับอสมการเพื่อหาความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ ผลปรากฏว่า การกำหนดขนาดด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์แล้วนำค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มที่ได้มาใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนซึ่งให้ค่าความเหมาะสมที่ดีและใกล้เคียงกับวิธีการกำหนดขนาดจาก Growth Chart แต่เมื่อดูค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมแล้ว พบว่าเทคนิคเคมีนส์ให้ค่าความเหมาะสมสูงที่สุด ยกเว้นค่าความสูงของเก้าอี้ที่ให้ค่าความเหมาะสมยังไม่ดีเท่าไรนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการใหม่ในการใช้ขนาดที่ได้จากเทคนิคเคมีนส์นำมาใช้แบบ 2 ขนาดร่วมกัน (2-sizes K-means) หมายความว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ 2 ขนาด คือนำขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนของระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาปรับใช้กับนักเรียนในบางส่วนของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนำเก้าอี้ขนาดของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาปรับใช้นักเรียนบางส่วนของมัธยมศึกษาตอนปลายเช่นกัน ซึ่งทำให้ได้ค่าความเหมาะสมสูงขึ้นอย่างมาก

บทสรุป

นโยบายการเลือกใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยทั่วไปจะยึดหลักการเพื่อรองรับสำหรับคนส่วนใหญ่นั่นคือ เลือกใช้ขนาดใหญ่ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95 เนื่องจากคนสัดส่วนขนาดเล็กสามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดใหญ่ได้แต่คนสัดส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดเล็กได้ อีกทั้งลักษณะการผลิตในอุตสาหกรรมเป็นแบบผลิตทีละมากๆ เป็นผลให้โต๊ะและเก้าอี้เรียนไม่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียน การประเมินความไม่เหมาะสมก็ทำได้ยากและใช้เวลานานในการวัดสัดส่วนท่านั่ง ดังนั้นจากการศึกษานี้ได้นำเสนอสมการพยากรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการประเมินค่าสัดส่วนท่านั่งโดยนำค่าที่วัดได้ง่าย คือ ส่วนสูงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าที่ทุกโรงเรียนจะมีการวัดประจำอยู่แล้วไปพยากรณ์ค่าที่วัดได้ยากซึ่งสามารถช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการวัดสัดส่วน และค่าที่จาก

การพยากรณ์นี้สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในปัจจุบันได้อีกด้วย อีกทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ให้กับโรงเรียนที่กำลังพิจารณาเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนในแต่ละช่วงชั้น โดยการพิจารณาขนาดที่ปรากฏในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมว่าควรใช้ขนาดใด และจำนวนเท่าใดก่อนการตัดสินใจสั่งซื้อจริง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้ออำนวจความสะดวกในการทำวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารุกร หัวหน้าภาควิชา ผู้ให้คำปรึกษาและแนะนำในศาสตร์ของการยศาสตร์

ผู้วิจัยขอขอบใจ ดร.ธิดารัตน์ วุฒิศรีเสถียรกุล อดีตนิสิตปริญญาเอก เป็นอย่างมาก ที่ช่วยเหลือตลอดกระบวนการในโครงการวิจัยนี้ ด้วยหัวใจและอุดมการณ์ที่ต้องการปรับปรุงขนาดของโต๊ะเก้าอี้เรียนในโรงเรียนต่างๆ

ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม

กานต์ ศุภจิตกุล

(ผู้วิจัย)

บทคัดย่อ

เนื่องจากกระบวนการในการวัดค่าสัดส่วนร่างกาย เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความเหมาะสมและกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคนนั้นเป็นกระบวนการที่ทำได้ยาก และใช้เวลานาน ดังนั้น งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น ในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่ง โดยใช้ส่วนสูงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้ง่าย เพื่อใช้กำหนดขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน โดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มและเทคนิคต่างๆ และประเมินค่าความไม่เหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายของนักเรียนกับขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน พร้อมทั้งออกแบบแท่นรองเท้าที่สามารถปรับระดับได้สำหรับนักเรียนที่ใช้เก้าอี้เรียนที่สูงเกินไป

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าส่วนสูงและน้ำหนัก เป็นตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งได้อย่างเหมาะสม โดยใช้เทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายซึ่งให้ค่า R2 อยู่ในช่วง 0.77-0.89 อีกทั้งการกำหนดขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน โดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์ให้ค่าความเหมาะสมระหว่างขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้มีค่ามากที่สุด

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน โต๊ะและเก้าอี้ การวัดสัดส่วนร่างกาย การยศาสตร์ การจัดกลุ่ม

ABSTRACT

The anthropometric measurements needed for school furniture design and assessment can be difficult to obtain and time-consuming. Therefore, this research proposes a methodology to obtain a sufficient approximation of the student's anthropometric data with only measurements of the student's stature and weight. Height and weight are used in combination with regression models to predict the sitting anthropometric metrics used in school furniture assessment and design. Moreover, a footrest was created for immediate help students whose legs are too short for their currently used chairs.

The results reveal that the R2s of simple linear regression predictive equations range from 0.77-0.89. Also these predictive equations show really good performance. Moreover, the results indicate that the best sets of furniture dimensions are defined by the K-Means clustering technique.

Keywords: School Furniture, Desk and Chair, Anthropometry, Mismatch, Ergonomics.

สารบัญ

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร i

กิตติกรรมประกาศ v

บทคัดย่อ vi

ABSTRACT vii

สารบัญ viii

สารบัญตาราง xi

สารบัญภาพ xii

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 6

ความสำคัญของงานวิจัย 6

ขอบเขตของงานวิจัย 6

ข้อตกลงเบื้องต้น 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

1. การยศาสตร์หรือการยศาสตร์ (Ergonomics) 8

2. วิธีการทางเทคนิคในการออกแบบเก้าอี้นั่ง 11

3. หลักการวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) 14

4. หลักการเบื้องต้นทางสถิติ 16

5. วิธีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเชิงปริมาณ 19

6. การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) (พรสิน สุภาวาลย์, 2556) 20

7. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ 26

8. การจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มด้วยเทคนิค Cluster Analysis 26

9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน (มอก.1494-2541) และเก้าอี้เรียน (มอก. 1495-2541) 31

10. กราฟมาตรฐานอัตราการเจริญเติบโต (Growth Chart) 34

สารบัญ (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการเมื่อยล้าของผู้เรียน 36

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบค่าความไม่เหมาะสม ของสัดส่วนร่างกายกับโต๊ะและเก้าอี้เรียน 37

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน 45

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 48

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50

การเก็บรวบรวมข้อมูล 51

ลำดับขั้นตอนการวิจัย 54

การวิเคราะห์ข้อมูล 55

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย 55

บทที่ 4 ผลการวิจัย 56

การจัดทำแบบสอบถามถึงปัญหาที่พบจากการนั่งเรียนในปัจจุบัน 56

การเก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนร่างกายและการวัดขนาดโต๊ะ และเก้าอี้เรียนในโรงเรียน 60

การหาสมการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น อย่างง่าย (Simple Linear Regression) 61

ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์ที่ได้จากเทคนิค การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย 63

การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายกับค่าสัดส่วนท่านั่งจริง 65

การทดสอบความแม่นยำของค่าที่ได้จากการพยากรณ์แยกระดับชั้น 67

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าพยากรณ์และค่าจริง 68

ทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลสัดส่วนนักเรียนของโรงเรียนอื่น 69

ผลการศึกษาและรวบรวมสมการในการตรวจสอบและการกำหนด ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสม 71

สารบัญ (ต่อ)

ผลจากการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียน 74
การกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยการใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์
ของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์ 77
การกำหนดขนาดโดยใช้แผนภูมิการเจริญเติบโต (Growth Chart) 78
การกำหนดขนาดโดยใช้เทคนิคเคมีนส์ (K-means Clustering) 80
การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้
ที่ถูกกำหนดด้วยวิธีการต่างๆ 81
ผลการออกแบบขนาดของแท่นรองเท้า 93
ผลการสำรวจข้อมูลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน 95
บทที่ 5 บทสรุป 98
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย 98
การหาสมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง (Sitting Anthropometry)
ด้วยสัดส่วนท่ายืน (Standing Anthropometry) 99
การเปรียบเทียบการหาขนาดเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ 100
ข้อเสนอแนะ 104
บรรณานุกรม 105
ภาคผนวก 116
ภาคผนวก A ผลงานตีพิมพ์นานาชาติ A1
ผลงานตีพิมพ์ในประเทศ A2
ภาคผนวก B ประวัตินักวิจัย B1

สารบัญตาราง

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับความสูงของร่างกาย....2
ตาราง 2 มาตรฐานการวัดสัดส่วนของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริการะหว่าง....15
ตาราง 3 ความสูงมาตรฐานสำหรับอ้างอิงในแต่ละระดับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้....32
ตาราง 4 ขนาดโต๊ะเรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1494-2541....32
ตาราง 5 ขนาดเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1495-2541....33
ตาราง 6 สรุปสมการที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของเก้าอี้....39
ตาราง 7 สรุปสมการที่ใช้ประเมินความเหมาะสมระหว่างขนาดของเก้าอี้และโต๊ะ....41
ตาราง 8 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%....49
ตาราง 9 การวัดสัดส่วนท่ายืนและท่านั่งของงานวิจัย....51
ตาราง 10 การวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม....52
ตาราง 11 ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและระดับการศึกษา....57
ตาราง 12 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในปัจจุบัน (ขนาดใหญ่ที่สุดตาม มอก.)....61
ตาราง 13 สมการพยากรณ์ค่านั่งที่ได้จากการใช้ค่าความสูง (S) และค่า BMI ด้วยเทคนิค....62
ตาราง 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงและน้ำหนักระหว่างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม....65
ตาราง 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่านั่ง....66
ตาราง 16 สมการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายแบบแยกระดับชั้น....67
ตาราง 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MSE) ที่ได้จากสมการพยากรณ์ด้วย....68
ตาราง 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่านั่งที่วัด....69
ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงของโรงเรียนที่ใช้ในการทดสอบ 2 โรงเรียน....70
ตาราง 20 การเปรียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน 2 โรงเรียน....70
ตาราง 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าจริง....71
ตาราง 22 ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนทั้งหมด....74
ตาราง 23 ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น....75
ตาราง 24 ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย....75
ตาราง 25 ขนาดโต๊ะเรียนในมิติที่พิจารณาตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1494-2541....76
ตาราง 26 ขนาดเก้าอี้เรียนในมิติที่พิจารณาตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1495-2541....76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง 27 กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ของข้อมูลพยากรณ์ ... 77
ตาราง 28 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 และ 90 จาก Growth Chart ... 80
ตาราง 29 ขนาดสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการจัดกลุ่มด้วยเทคนิคเคมีนส์ ... 80
ตาราง 30 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยเทคนิคเคมีนส์ ... 81
ตาราง 31 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้โดยใช้ค่ากลางของแบบต่างๆ ... 82
ตาราง 32 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้โดยใช้การปรับขนาดที่ขอบบนและขอบล่าง ... 84
ตาราง 33 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้โดยปรับค่าขอบบนและขอบล่าง ... 86
ตาราง 34 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้ของแบบที่ 1 -3 ... 88
ตาราง 35 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้ตามแบบมอก.กำหนดเทียบกับแบบผสม 2 ขนาด ... 89
ตาราง 36 เปอร์เซ็นต์ความไม่เหมาะสมของการแบ่งกลุ่มนักเรียนตามขนาดโต๊ะ
และเก้าอี้ของ มอก. ... 91
ตาราง 37 ความพึงพอใจของนักเรียนที่ทดลองใช้แท่นรองเท้า (Foot Rest) ... 96

สารบัญภาพ

ภาพ 1 ท่านั่งที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ 4
ภาพ 2 การเสริมแท่นรองเท้าสำหรับนักเรียนที่ความสูงขาพับน้อยกว่าความสูงเก้าอี้ 5
ภาพ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระและค่า Rp2 23
ภาพ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระกับค่า MSE(p) 24
ภาพ 5 การจัดการกลุ่มแบบเคมีนส์ 30
ภาพ 6 กราฟมาตรฐานแสดงอัตราการเจริญเติบโตของเด็กไทยอายุ 2-19 ปี 35
ภาพ 7 การวัดสัดส่วนร่างกาย ณ ตำแหน่งต่างๆ 41
ภาพ 8 การวัดขนาดของเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน 43
ภาพ 9 เครื่องแอนโธรโพเมเตอร์ (Anthropometer) 50
ภาพ 10 เครื่องมือวัดสัดส่วนท่านั่ง 51
ภาพ 11 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายท่านั่ง (Sitting Anthropometry) 53
ภาพ 12 การวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน (Desk and Chair Dimensions) 53
ภาพ 13 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่สูงเกินไป 59
ภาพ 14 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่ต่ำเกินไป 59
ภาพ 15 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่แคบเกินไป 60
ภาพ 16 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) 64
ภาพ 17 กราฟแสดงส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กไทยอายุระหว่าง 2-19 ปี 79
ภาพ 18 แท่นรองเท้าที่ปรับระดับได้ (Dynamic Foot Rest) 94
ภาพ 19 การทดสอบการใช้แท่นรองเท้าที่ความสูงระดับต่างๆ 95
ภาพ 20 กระบวนการเลือกขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนตามหลักการยศาสตร์ 103

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การดำเนินชีวิตของมนุษย์นั้นจะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการนั่ง (Parcells, et al., 1999; Panagiotopoulou, et al., 2004; Gouvali and Boudolos, 2006; I.L.K. Jayaratne and Fernando, 2009; K. Jayaratne, 2012; Dianat, et al., 2013; S.M. van Niekerk, et al., 2013) ไม่ว่าจะเป็นการนั่งทำงานของคนวัยทำงาน การนั่งในสำนักงาน การนั่งทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนเด็กนักเรียน นิสิต นักศึกษาก็เช่นเดียวกันที่ใช้เวลาส่วนใหญ่ในโรงเรียนไปกับนั่งเรียนในชั้นเรียน (Troussier, 1999) การนั่งเรียนหนังสือในชั้นเรียนของเด็กวัยเรียนในแต่ละวันนั้นโดยเฉลี่ยแล้วใช้เวลาประมาณวันละ 5-8 ชั่วโมง นับว่าเป็นเวลาที่ยาวนานมาก จากข้อมูลประชากรในประเทศไทย (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2557) พบว่า มีประชากรวัยเด็ก (ต่ำกว่า 15 ปี) จำนวน 11,954,000 คน คิดเป็นร้อยละ 11.16 และจากข้อมูลประชากรคาดประมาณ ณ กลางปี 2558 (1 กรกฎาคม) มีจำนวนประชากรวัยเด็ก (ต่ำกว่า 15 ปี) จำนวน 11,793,000 คน แต่เมื่อคิดเป็นร้อยละพบว่ามีร้อยละเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18 (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2558) ซึ่งเด็กในวัยเรียนถือเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่จะต้องเติบโตเป็นกำลังแรงงานและสมองของชาติในอนาคต จึงจำเป็นจะต้องเอาใจใส่ดูแลในทุกๆ ด้าน ทั้งด้านสุขภาพร่างกายและจิตใจอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังพบว่าอาการปวดเมื่อยของเด็กนักเรียนส่วนใหญ่เกิดจากการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น การเล่นกีฬา การนั่งดูทีวี น้ำหนักกระเป๋าเรียน และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างวัน ส่งผลต่ออาการปวดเมื่อยของแขน ขา คอ บ่า และหลังส่วนล่างได้ รวมทั้งความเมื่อยล้าจากการนั่งเรียนในห้องเรียน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการนั่งเรียนต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน

โต๊ะและเก้าอี้เรียนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากสถานศึกษาจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ต้องใช้เวลานานในการนั่งเรียนในแต่ละวันจะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่น เกิดความเมื่อยล้าบริเวณกล้ามเนื้อบริเวณคอ (Neck) หลังตอนล่าง (Lower Back) ไหล่ (Shoulder) และศีรษะ (Head) ทำให้เด็กต้องมีการเคลื่อนไหวและขยับร่างกายบ่อยครั้ง (Milanese and Grimmer, 2004; Murphy, et al., 2004) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมาธิในการเรียนของผู้เรียนได้ (Hira, 1980) การนั่งเป็นระยะเวลานานๆ ด้วยท่านั่งที่ไม่ถูกต้องและเก้าอี้นั่งที่ไม่เหมาะสมนำไปสู่

อาการปวดหลังช่วงล่าง (Genaidy and Karwowski, 1993) ดังนั้นท่านั่งที่ถูกต้องจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อและกระดูก (Cranz, 2000) ได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนใช้เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน (เช่น โต๊ะ และเก้าอี้เรียน) ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย (Parcells, et al., 1999; Evans, et al., 1988; Panagiotopoulou, et al., 2004; Gouvali and Boudolos, 2006; Castellucci, et al., 2010) และมีงานวิจัยจำนวนมากทำการศึกษาตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเฟอร์นิเจอร์ของโรงเรียน Hänninen and Koskelo (2003) พบว่า โต๊ะและเก้าอี้ของโรงเรียนแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทำให้นักเรียนมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณ คอ บ่า และหลัง (Hänninen and Koskelo, 2003) ทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยเองได้มีการทำการวิจัยเพื่อสำรวจความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งพบว่ามีความไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนอยู่เป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าในการสั่งซื้อแต่ละครั้งนั้นจะสั่งซื้อตามมาตรฐานที่แต่ละประเทศระบุให้ใช้แล้วก็ตาม เช่น ประเทศไทยโรงเรียนรัฐบาลต่างๆ จะสั่งซื้อโต๊ะและเก้าอี้ที่ได้มาตรฐานตาม มอก.1494-2541 และ มอก.1495-2541 และในระดับมัธยมศึกษาตามมาตรฐานอุตสาหกรรมได้แบ่งโต๊ะและเก้าอี้เรียนออกเป็น 2 ขนาด คือ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังแสดงในตาราง 1 แต่ในทางปฏิบัติโรงเรียนรัฐบาลต่างๆ ของไทย ใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนในระดับมัธยมศึกษาขนาดเดียวกันทั้งหมด และ มอก. โต๊ะและเก้าอี้เรียนของไทยได้กำหนดขนาดโต๊ะกับเก้าอี้เรียนจากสัดส่วนของเด็กไทยที่สำรวจในปี พ.ศ.2536-2537 เป็นเวลา 21 ปีผ่านมา และปัจจุบันเด็กไทยมีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นต่างจากสมัยก่อน ดังนั้นอาจส่งผลให้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ออกแบบมายิ่งไม่เหมาะสมกับขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนในปัจจุบัน

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับความสูงของร่างกาย ระดับชั้นเรียน และอายุ

ระดับขนาด	ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง (เซนติเมตร)	ความสูงของผู้ใช้โดยประมาณ (เซนติเมตร)	ความสูงโต๊ะ (เซนติเมตร)	ความสูงพื้นรองนั่งเก้าอี้ (เซนติเมตร)	ระดับชั้นเรียน	อายุ (ปี)
1	105	ไม่เกิน 113	48	26	อนุบาล	3 ถึง 5
2	120	114 ถึง 128	54	30	ประถมศึกษาตอนต้น	6 ถึง 8

ตาราง 1 (ต่อ)

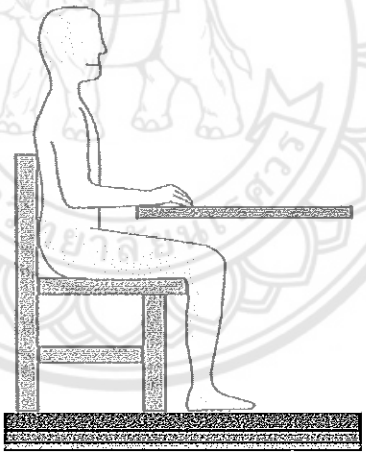
ระดับขนาด	ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง (เซนติเมตร)	ความสูงของผู้ใช้โดยประมาณ (เซนติเมตร)	ความสูงโต๊ะ (เซนติเมตร)	ความสูงพื้นรองนั่งเก้าอี้ (เซนติเมตร)	ระดับชั้นเรียน	อายุ (ปี)
3	137	129 ถึง 143	60	34	ประถมศึกษาตอนปลาย	6 ถึง 8
4	154	144 ถึง 158	67	38	มัธยมศึกษาตอนต้น	12 ถึง 14
5	165	159 ถึง 173	72	42	มัธยมศึกษาตอนปลาย	15 ถึง 17
6	180	เกิน 173	76	46		

การสั่งซื้อโต๊ะและเก้าอี้โรงเรียนพบปัญหาว่าจะสั่งซื้ออย่างไร จำนวนเท่าไร ขนาดเท่าไรจึงจะเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ซึ่งมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถสั่งมาให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้สำหรับโรงเรียนรัฐบาล เนื่องจากจะเป็นการเพิ่มต้นทุนอย่างมากหากสั่งมาให้พอดีกับขนาดนักเรียนแต่ละคน เพราะโรงเรียนๆ หนึ่งมีนักเรียนจำนวนไม่น้อย ซึ่งปัจจุบันงานวิจัยจำนวนมากบอกเพียงแค่ว่าโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีความเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

การประเมินความเหมาะสมนั้นจำเป็นต้องวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในท่านั่งซึ่งเป็นตำแหน่งที่วัดค่าได้ยากและหลายตำแหน่งมากในการนำค่าที่ได้นั้นมาออกแบบเก้าอี้และโต๊ะ 1 ชุด จึงเกิดความยุ่งยากและลำบากมากหากต้องวัดค่าเหล่านี้ในเด็กแต่ละคน และการวัดสัดส่วนของร่างกายมักใช้วิธีวัดโดยตรงซึ่งต้องสัมผัสร่างกายของผู้ที่ถูกทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดและต้องใช้เวลานานเนื่องจากวัดหลายค่า ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาซึ่งคิดเป็นต้นทุนอย่างหนึ่ง แต่ด้วยท่านั่งที่วัดยากหากทางสถานศึกษาจะสั่งซื้อโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนนั้นจะต้องไปวัดเด็กแต่ละคนในท่านั่งซึ่งมีความยากลำบากในการวัด จึงต้องอาศัยสมการคณิตศาสตร์มาช่วยในการพยากรณ์สัดส่วนของท่านั่งเพื่อใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ และจากงานวิจัยต่างๆ ทำให้เชื่อว่าสัดส่วนท่ายืนและท่านั่งมีความสัมพันธ์กัน อาทิเช่น Ismaila, et al. (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงและความสูงของขาพับว่ามีความสัมพันธ์กัน (O.Ismaila, 2012) Agha and Alnahhal (2010) ได้ทำการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งของนักเรียนเพื่อใช้ในการออกแบบ

เก้าอี้ โดยพบว่าสัดส่วนท่านั่งและท่ายืนมีความสัมพันธ์กัน จึงได้นำสัดส่วนท่ายืนซึ่งเป็นท่าที่วัดง่ายกว่ามาพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งสำหรับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนตามหลักการยศาสตร์ (Agha and Alnahhal, 2012; Oyewole, et al., 2010) ได้นำค่าความสูง น้ำหนักและค่า BMI มาใช้พยากรณ์สัดส่วนท่านั่งในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน (Oyewole, et al., 2010)

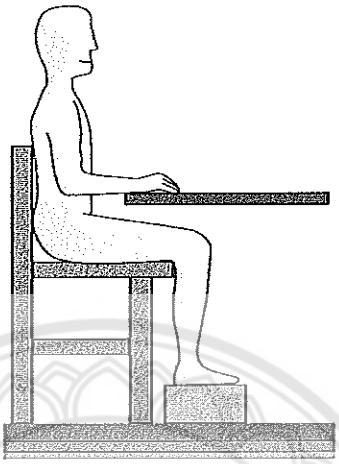
การประเมินค่าความไม่เหมาะสมระหว่างโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนจำเป็นต้องวัดสัดส่วนของนักเรียนขณะนั่งตามหลักการยศาสตร์ (ดังภาพ 1) หากจะคาดคะเนหรือพยากรณ์ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนได้ต้องไปวัดค่าจากท่านั่งของนักเรียนแต่ละคนในโรงเรียน ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้ยากต้องใช้หลายตำแหน่งและใช้เวลานานในการวัด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยสมการคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการพยากรณ์ โดยใช้ค่าของสัดส่วนในท่ายืนเพื่อพยากรณ์ค่าสัดส่วนในท่านั่งเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียน โดยเมื่อนักเรียนได้ใช้งานโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามหลักการยศาสตร์แล้วจะรู้สึกสะดวกสบาย



ภาพ 1 ท่านั่งที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

โรงเรียนในสังกัดรัฐบาลต่างๆ ไม่สามารถปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีอยู่แล้ว และไม่สามารถสั่งซื้อเพิ่มเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนได้ทันทีทันใด ซึ่งหากจะทำได้นั้นต้องมีการตั้งงบประมาณประจำปีในการขอล่วงหน้าเนื่องจากงบประมาณที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่การที่ให้นักเรียนต้องรอการเปลี่ยนแปลงอาจส่งผลให้เกิดอาการปวดเมื่อยและเมื่อยล้าตามส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ และหากเด็กนักเรียนที่นั่งเก้าอี้ที่สูงเกินไปซึ่งทำให้ขาลอยนั้น

จะเกิดแรงเค้นกดทับที่บริเวณต้นขาและขาพับ จึงควรมีการออกแบบแท่นรองเท้าที่เหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนแต่ละคนได้ใช้งานได้ก่อน (ภาพ 2)



ภาพ 2 การเสริมแท่นรองเท้าสำหรับนักเรียนที่ความสูงขาพับน้อยกว่าความสูงเก้าอี้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพยากรณ์ค่าสัดส่วนที่วัดได้ยากในท่านั่ง (Sitting Posture) ด้วยค่าสัดส่วนที่วัดได้ง่ายกว่าในท่ายืน (Standing Posture) และสามารถนำข้อมูลส่วนสูง (Stature) และน้ำหนัก (Weight) มาพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งได้อีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากส่วนสูงและน้ำหนักเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทุกๆ โรงเรียนได้ทำการสำรวจและเก็บสถิติไว้ในทุกๆ ปีอยู่แล้ว ซึ่งค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีความเหมาะสมต่อสัดส่วนร่างกายหรือไม่ และยังสามารถหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละกลุ่มได้อีกด้วย โดยขนาดที่ถูกนำเสนอนั้นได้มาจากการใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มรูปแบบต่างๆ โดยสามารถเปรียบเทียบค่าความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับขนาดสัดส่วนของร่างกายนักเรียนและเนื่องจากโต๊ะกับเก้าอี้ของโรงเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโรงเรียนส่วนใหญ่ใช้ขนาดเดียวทั้งหมด อีกทั้งทางโรงเรียนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดเก้าอี้ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันให้เหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนได้ในเร็ววัน ดังนั้น จึงมีการออกแบบแท่นรองเท้าซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบเร่งด่วน (immediate change) สำหรับเด็กนักเรียนที่มีรูปร่างเล็กระยะขาพับสั้นกว่าความสูงของเก้าอี้ เพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าและอาการปวดขาจากการใช้งานเก้าอี้ที่สูงเกินไป ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนและช่วยให้สุขภาพดีในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้พยากรณ์สัดส่วนด้านร่างกายที่วัดค่าได้ยาก และจำนวนมากด้วยสัดส่วนของร่างกายที่วัดค่าได้ง่ายและจำนวนน้อยลง

2. เพื่อทำการเปรียบเทียบความเหมาะสม (MisMatch) ของสัดส่วนของนักเรียนกับโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในห้องเรียน

3. เพื่อให้ได้ขนาดและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

4. เพื่อให้ได้ขนาดแท่นรองเท้าที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนแต่ละคน

ความสำคัญของงานวิจัย

1. ทำให้ทราบขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแต่ละระดับช่วงชั้นมัธยมศึกษา

2. ทำให้ได้สมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง ซึ่งถูกนำไปใช้เปรียบเทียบความไม่เหมาะสม (Mismatch) ระหว่างโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนกับสัดส่วนของนักเรียนของโรงเรียนอื่นๆได้

3. ทำให้ทราบเทคนิคแบ่งขนาดโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนแบบใหม่ที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแต่ละโรงเรียน

4. ทำให้ได้กระบวนการเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในของโรงเรียนอื่นๆ ได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่นำมาวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ ได้จากการเก็บข้อมูลสัดส่วนนักเรียนไทยในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ในปี พ.ศ. 2557-2558 จำนวน 670 คน

2. สมการพยากรณ์สัดส่วนร่างกายท่านั่งด้วยสัดส่วนร่างกายท่ายืนด้วยโปรแกรม Excel และ Minitab

3. การทดสอบความไม่เหมาะสมของโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนพิจารณาจากขนาดโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนเทียบกับสัดส่วนร่างกาย ไม่พิจารณาด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิต

4. โปรแกรมที่ใช้ทดสอบตัวแบบการเลือกขนาดโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนนั้นสร้างอัลกอริทึม และพัฒนาด้วยโปรแกรม Excel เพื่อง่ายต่อการใช้งานและสามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมได้ในภายหลัง

5. แท่นรองเท้า (Foot Rest) ถูกกำหนดขนาดตามขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่มีขนาดความสูงจากพื้นถึงขาพับสั้นกว่าความสูงของเก้าอี้

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. โต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนไม่สามารถปรับระดับได้มีขนาดระบุไว้ที่แน่นอน

2. โต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนที่นำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมเป็นขนาดของระดับมัธยมศึกษาที่มี มอก.โต๊ะและเก้าอี้เรียนของโรงเรียนรัฐบาลเท่านั้น

3. ขนาดของโต๊ะ และเก้าอี้ (Desk and Chair Dimension) ถูกออกแบบโดยยึดหลักการการยศาสตร์ (Ergonomics)

4. การวัดสัดส่วนร่างกายจะวัดในท่ามาตรฐานที่อยู่นิ่งตามหลักการแอนโธรโพเมตรี (Anthropometry Measurements)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้นำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้ ในส่วนแรกจะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น การยศาสตร์หรือการยศาสตร์ (Ergonomics) ทฤษฎีเกี่ยวกับท่านั่งที่ดี (Good Sitting Posture Theories) หลักการวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) หลักการเบื้องต้นทางสถิติ การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) หลักการการจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มด้วยเทคนิค Cluster Analysis การแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์ (K-means clustering) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน (มอก.1494-2541) และเก้าอี้เรียน (มอก. 1495-2541) และในส่วนที่สองแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้แก่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการเมื่อยล้าของผู้เรียน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายกับโต๊ะและเก้าอี้เรียน

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การยศาสตร์หรือการยศาสตร์ (Ergonomics)

1.1 ความหมายและความสำคัญ

การยศาสตร์ หรือ Ergonomics มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกซึ่งประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ ergon แปลว่างาน (Work) กับ nomos คือ กฎ (Laws) ดังนั้นเมื่อรวมคำสองคำแล้ว Ergonomics หมายถึง การศึกษากฎเกณฑ์ในการทำงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงงานหรือสภาวะงานให้เข้ากับแต่ละบุคคล โดยคำนึงถึงทางด้านร่างกายและจิตใจ ในสหรัฐอเมริกาใช้คำที่มีความหมายใกล้เคียงกับคำนี้ คือ Human Factors หรือ มนุษยปัจจัย (ศัพท์บัญญัติ) และคำว่า Human Factors Engineering หรือวิศวกรรมมนุษย์ (กิตติ อินทรานนท์, 2548) แต่ปัจจุบันนี้คำว่าการยศาสตร์ (Ergonomics) เป็นศัพท์เฉพาะที่ค่อนข้างใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นการศึกษาวิธีการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวันของมนุษย์ทั้งของภาครัฐภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้โดยการจัดสภาพงานให้มีความเหมาะสมกับคนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบการทำงาน จะก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่สะดวกสบาย รวดเร็ว ปลอดภัย และดำรงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีในการทำงาน

สุทธ์ ศรีบูรพา (2540a) ให้ความหมายของคำว่า Ergonomics หมายถึง วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย (Human Factors Engineering) ซึ่งมีความหมายว่า ศาสตร์ที่ว่าด้วยการออกแบบสถานที่ทำงาน อุปกรณ์ เครื่องจักรกล เครื่องมือ ผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม และระบบ โดยการนำเอาเรื่องของความสามารถของมนุษย์ในแง่มุมของลักษณะทางกายภาพ สรีรวิทยา กลศาสตร์ชีวภาพและจิตวิทยา มาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาออกแบบเพื่อผลในการเพิ่มประสิทธิภาพและสิทธิผลในระบบงาน ในขณะเดียวกันการออกแบบนั้นก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยสุขภาพอนามัยและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ปฏิบัติงานในระบบงานนั้นๆ ไปพร้อมกันในเวลาเดียว

จรัญ ภาสุระ (2540) ให้ความหมายของของคำว่า Ergonomics แปลว่า "กฎเกณฑ์ทางธรรมชาติ" ดังนั้น การยศาสตร์ จึงหมายถึง กฎเกณฑ์หรือศาสตร์ที่ว่าด้วยพฤติกรรมการปฏิบัติงานและสุขภาพของบุคคล (well-being) ในเชิงความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทั้งที่เป็นความสัมพันธ์กับอุปกรณ์เครื่องใช้ในการทำงานและความสัมพันธ์กับตัวงานนั่นเอง (จรัณ ภาสุระ, 2540)

ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าการยศาสตร์ หมายถึง หลักเกณฑ์ในการปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงาน โดยคำนึงถึงสุขภาพ จิตใจและความปลอดภัยของบุคคล การพยายามปรับคนให้กับงานที่ทำ (fitting the man to the job) นั้น เป็นลักษณะภาวะจำยอม เพราะการลงทุนทางด้านวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักรกลได้เกิดขึ้นมาก่อนแล้ว โดยมิได้คำนึงถึงความสะดวกสบายของคนที่ทำงานเลย ซึ่งก่อให้เกิดความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุ ความเมื่อยล้าความเสื่อถอยของสุขภาพ แต่ในทางตรงกันข้ามหากการออกแบบวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำงานได้คำนึงถึงข้อจำกัด และความต้องการของบุคคลที่ต้องทำงานในลักษณะของการปรับงานให้เหมาะสมกับคน (fitting the task to the man) โดยเห็นความสำคัญของการแตกต่างกันของบุคคลก็จะเป็นการลดอัตราความเสี่ยงของการเกิดความเสียหายและความไม่ปลอดภัยในการทำงาน แต่ยังช่วยเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้กับหน่วยงานได้ ข้อดีของการออกแบบงานให้เหมาะสมกับคน มีดังนี้ (จันทร์จารี เกตุมาโร, 2553)

1. ช่วยลดความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดจากการปฏิบัติงาน
2. ช่วยลดอุบัติเหตุและความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงาน
3. ช่วยลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากการสูญเสียลดลงและวัตถุดิบน้อยลง
4. ช่วยลดระยะเวลาและงบประมาณในการควบคุมงานและฝึกอบรม
5. เพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

6. ช่วยให้ขั้นตอนการทำงานลดลงและสามารถตัดสินใจในการทำงานดีขึ้น

การนำเอาความรู้ด้านการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการทำงานจะต้องศึกษาถึงสาเหตุเพื่อการแก้ไขปัญหาโดยคำนึงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ลักษณะของงาน คนปฏิบัติงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งโดยเฉพาะคนถือเป็นส่วนสำคัญที่สุดขององค์กร โครงสร้างหลักของร่ายกายที่ถูกนำมาใช้งานตลอดเวลา ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้คือ มือและข้อมือ แขนและไหล่ คอและหลัง เข่าและขา และสุดท้ายคือดวงตา (จรัณ ภาสุระ, 2540) ส่วนต่างๆ เหล่านี้ถูกใช้งานหนักเบาไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับอาชีพและกิจกรรมประจำวันของแต่ละคน แต่อย่างไรก็ตามอวัยวะทุกส่วนจำเป็นต้องทำงานร่วมกัน หากส่วนใดบาดเจ็บอาจจะส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นก็ย่อมได้ ในการดำเนินชีวิตประจำวันหรือการทำงานจึงจำเป็นต้องจัดสถานีงานให้มีความเหมาะสมต่อการทำงานอวัยวะร่างกายต่างๆ ให้ทำงานได้ถูกต้องตรงกับหน้าที่การใช้งานนั้นๆ ซึ่งสำหรับสถานภาพของนักเรียนก็เช่นกันไม่ได้ปฏิบัติประจำในตำแหน่งพนักงานขององค์กรแต่การดำเนินชีวิตส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในโรงเรียนและนั่งในห้องเรียนเป็นเวลานานๆ ในแต่ละวัน ดังนั้นเฟอร์นิเจอร์ของโรงเรียนที่ใช้ การจัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ในโรงเรียนและในห้องเรียน ก็เป็นสิ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญและจัดให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนในการนั่งเรียนระหว่างวันควรมีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งานตามหลักการยศาสตร์เพื่อความปลอดภัย และความสะดวกสบายต่อร่างกายในระยะยาว

1.2 **การยศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน: ด้านโต๊ะและเก้าอี้เรียน**

เมื่อพิจารณาถึงสถานศึกษาต่างๆ ควรมีการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการศึกษาและเรียนรู้ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเสียง แสงสว่าง อุณหภูมิ สิ่งอำนวยต่อการเรียนการสอนต่างๆ และโต๊ะกับเก้าอี้เรียนถือเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งสำหรับการเรียนการสอน ซึ่งผู้บริหารหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงและให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หากโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีขนาดไม่เหมาะสมต่อการใช้งานจะส่งผลกระทบต่ออาการปวดเมื่อยของนักเรียนได้ โดยงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีต่อสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งหากขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนนั้นมีความไม่เหมาะสม (MisMatch) กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแล้วจะส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าในขณะนั่งเรียน และส่งผลให้เสียสมาธิในการเรียน อีกทั้งยังส่งผลต่อโครงสร้างของร่างกายอาจเกิดความผิดเพี้ยนไปและนำไปสู่อาการบาดเจ็บในระยะยาวได้ มีรายงานผลการวิจัยต่างๆ พบว่าการนั่งเป็นเวลานานๆ ในท่าทางที่ไม่ถูกต้องเป็นสาเหตุหลักของอาการปวดหลัง ซึ่งปัญหาอาการปวดหลังนี้ไม่ได้จำกัดอยู่แค่เป็นกับผู้ใหญ่เท่านั้น เด็กก็มีอาการปวดหลัง (back pain) และปวดคอ (neck pain) มีจำนวนมากขึ้น (Troussier, et al., 1994; Murphy, et al., 2004;

Trevelyan and Legg, 2006) ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ แรงเค้นและความเครียดจากท่านั่งจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของร่างกาย (Grimes and Legg, 2004; Mokdad and Al-Ansari, 2009) ศักดิ์ชาย เรืองวัชรศักดิ์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาความคาดหวังของผู้ปกครองนักเรียนที่มีต่อโรงเรียนสองภาษาเทศบาลตำบลแก่งคอย พบว่าผู้ปกครองมีความคาดหวังเกี่ยวกับเรื่องอาคารสถานที่ และความปลอดภัยของนักเรียนซึ่งมีความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ เช่นกัน (ศักดิ์ชาย เรืองวัชรศักดิ์ และคณะ, 2551)

โต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนเป็นจุดสำคัญที่ส่งผลต่อท่านั่งของเด็กนักเรียนในระยะยาว ซึ่งพบว่าท่านั่งของเด็กที่ดีหรือไม่ดีจะส่งผลต่อท่าทางการนั่งเมื่อเป็นผู้ใหญ่ในอนาคต ซึ่งหากมีปัญหาจะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่า จากรายงานวิจัยของ Knight and Noyes (1999) พบว่าเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนจะสนับสนุนนักเรียนในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนหรือการเขียนบนโต๊ะ และช่วยเพิ่มความสบายและทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Knight and Noyes, 1999) จากผลการศึกษาที่เกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อของเด็กนักเรียนที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ส่งผลให้การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ต้องคำนึงถึงขนาดสัดส่วนมาตรฐานของนักเรียน ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการนำหลักการการยศาสตร์เบื้องต้นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว

ดังนั้น ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ถูกออกแบบมาตามหลักการยศาสตร์ต้องพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้

1. มีขนาดรูปทรงเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนหรือไม่
2. มีความรู้สึกสบายเมื่อนั่งไปนานๆ หรือไม่
3. เก้าอี้นั่งกระตุ้นหรือผลักดันให้นั่งถูกหลักการยศาสตร์อยู่ตลอดเวลาหรือไม่
4. เก้าอี้ถูกออกแบบมาสอดคล้องกับมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้หรือไม่ (มอก. 1494-2541 และ มอก.1495-2541)

สำหรับประเทศไทยมีการออกมาตรฐานที่ใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในสถานศึกษาโดยยึดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน: มอก. 1494-2541 และเก้าอี้เรียน: มอก.1495-2541 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541)

2. วิธีการทางเทคนิคในการออกแบบเก้าอี้นั่ง (Technical Method of Seat Design)

การออกแบบงานและสถานที่ทำงานที่เหมาะสมนั้นย่อมทำให้คนทำงานมีความสุขทั้งกายและใจ ปราศจากความเครียดและความเมื่อยล้าขณะทำงาน เช่นเดียวกับนักเรียนที่นั่งเรียนในห้องเรียนด้วยการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนของตนเองจะช่วยให้นักเรียนมีสมาธิในการนั่งเรียนและปราศจากความเมื่อยล้าที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากนั่งเป็นเวลานานๆ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการออกแบบเก้าอี้ตามหลักการยศาสตร์มี 3 ประการ คือ

เพื่อความสะดวกสบาย เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน และเพื่อตอบสนองต่อหน้าที่และลักษณะการใช้งานได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสำหรับเก้าอี้นั่งมีหลักการออกแบบตามขนาดมิติต่างๆ ดังนี้ (สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540)

2.1 ความสูงของเก้าอี้ (Seat Height)

เก้าอี้ควรออกแบบให้ขอบด้านหน้าของเก้าอี้มีปลายมนโค้งลง และอยู่ต่ำกว่าระยะความสูงของขาพับ (popliteal height) เล็กน้อย การออกแบบความสูงเก้าอี้สำหรับค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 หรือออกแบบสำหรับคนตัวเล็กนั้นจะเกิดปัญหาสำหรับผู้นั่งที่ตัวสูงใหญ่ เพราะเก้าอี้ที่เตี้ยเกินไปจะทำให้ผู้นั่งต้องยื่นต้นขาและขาท่อนล่างออกไปมาก หรืออาจจะต้องนั่งในลักษณะหลังโค้งงอ ซึ่งเป็นท่าทางที่ผิดหลักท่านั่งตามหลักการยศาสตร์ การออกแบบที่เหมาะสมจึงควรให้เก้าอี้สามารถปรับระดับสูงต่ำได้ตามความต้องการของผู้นั่ง แต่ความเป็นจริงอาจจะผลิตเก้าอี้ลักษณะนั้นไม่ได้จึงควรยึดหลักการออกแบบสำหรับคนส่วนใหญ่ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95 (design for extreme) นั่นเอง คืออกแบบมาเพื่อให้ผู้นั่งที่มีขนาดความสูงของขาพับมากกว่าความสูงของเก้าอี้จำนวน 90-95 เปอร์เซ็นต์สามารถนั่งได้ ความสูงอยู่ประมาณ 38-52 เซนติเมตร ดังนั้นทำให้นักวิจัยหลายท่านได้ทำการตรวจสอบและแนะนำว่าค่า SH ควรมีค่าต่ำกว่าค่า PH (Parcells, et al., 1999; J.F.M. Molenbroek, et al., 2003) ซึ่งความสูงของที่นั่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน (J.F.M. Molenbroek, et al., 2003; Castellucci, et al. 2010)

2.2 ความลึกของแผ่นรองนั่ง (Seat Depth)

ความลึกของเก้าอี้ควรออกแบบให้เหมาะสมกับคนตัวเล็กที่มีระยะสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านในนั้นสั้น (buttock-popliteal length) เพราะถ้าคนตัวเล็กนั่งบนเก้าอี้ที่มีความลึกมากจะไม่สามารถเอนหลังไปทาบกับพนักพิงได้ และควรเว้นให้มีช่วงว่างระหว่างข้อพับเข่ากับขอบนอกเก้าอี้ได้ประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อลดปริมาณของแรงเค้นกดที่ต้นขา ซึ่งจากหลักการข้างต้นได้แนะนำขนาดการออกแบบความลึกของเก้าอี้ที่เหมาะสมควรอยู่ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ของกลุ่มการใช้งาน

2.3 ความกว้างของแผ่นรองนั่ง (Seat Width)

การออกแบบความกว้างของแผ่นรองนั่งตามหลักการควรออกแบบให้เหมาะสมกับคนรูปร่างสูงใหญ่ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95) ความกว้างเก้าอี้จึงควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร เพราะถ้าเก้าอี้แคบเกินไปจะส่งให้ผลให้ผู้นั่งรู้สึกอึดอัด ไม่สะดวกสบายและเกร็งตัวเวลานั่งได้ หลายงานวิจัยจึงแนะนำว่าความกว้างของที่นั่งควรมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับผู้ใช้ที่มีความกว้าง

สะโพกที่ใหญ่ที่สุด หรือค่าความกว้างของที่นั่งควรมากกว่าค่าความกว้างของสะโพกของคนส่วนใหญ่ เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับการเคลื่อนไหวบ้าง (Evans, et al., 1988; Oborne, 1995; Occhipinti, et al., 1993; Sanders and McCormick, 1993)

2.4 ความลาดเอียงของแผ่นรองนั่ง (Seat Slope)

เก้าอี้ที่ทำให้ผู้นั่งได้เปรียบทางชีวกลศาสตร์นั้นควรมีขอบปลายแผ่นรองนั่งด้านหน้าเอียงขึ้น แต่ความเอียงนี้จะดีหากใช้คู่กับโต๊ะที่มีความลาดเอียงด้วย เช่น โต๊ะเขียนแบบ แต่หากเป็นเก้าอี้ที่ใช้นั่งทำงาน นั่งอ่านหนังสือ หรือเขียนงาน ควรมีขอบปลายแผ่นรองนั่งด้านหลังยกลาดเอียงขึ้นประมาณ 0-10 องศา

2.5 ความสูงของพนักพิงหลัง (Upper edge of backrest)

การออกแบบความกว้างและความสูงของพนักพิงหลังจะขึ้นอยู่กับความจำเป็นและความถี่ของผู้นั่งในการหมุนลำตัว แขน และหัวไหล่ ถ้าเป็นการนั่งทำงานที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายหมุนไปมาบ่อยๆ พนักพิงควรมีขนาดเล็ก เช่น เก้าอี้เลขานุการ แต่หากการทำงานที่ไม่ต้องมีการหมุนร่างกายไปมามากนักจะใช้พนักพิงขนาดใหญ่และมีโค้งเว้า ความสูงอย่างน้อยที่สุดเมื่อวัดจากแผ่นรองนั่งควรมีขนาด 50 เซนติเมตร ดังนั้นจึงควรออกแบบให้เหมาะกับสัดส่วนร่างกายที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

2.6 ที่พักเท้าหรือแท่นรองเท้า (Foot Rest)

แท่นรองเท้าจะมีความสำคัญมากเมื่อเก้าอี้มีความสูงมากๆ และไม่สามารถปรับระดับได้ แท่นรองเท้าควรมีขนาดความกว้างและความยาวเพียงพอที่จะวางเท้าทั้งสองข้างได้สะดวก จึงควรมีขนาดความกว้างประมาณ 32-40 เซนติเมตร

2.7 ความสูงของโต๊ะ (Desk Height)

ความสูงของโต๊ะเป็นส่วนที่สำคัญมากในการออกแบบ โดยการออกแบบขนาดความสูงโต๊ะที่เหมาะสมจะทำให้ผู้เรียนนั่งในท่าที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งการกำหนดความสูงของโต๊ะควรอยู่ในระดับเดียวกับข้อศอก และเพื่อลดแรงกระทำที่เกิดขึ้นจากการยกแขนนั้น ผู้เรียนจึงวางท่อนแขนด้านล่างไว้บนโต๊ะซึ่งจากการศึกษาของ Chaffin and Andersson (1991) พบว่าแขนสามารถกางออกทำมุมกับหัวไหล่ 15-20 องศา และงอออกทำมุมกับหัวไหล่ 25 องศา หรือน้อยกว่า จะไม่ส่งผลกระทบกับความเมื่อยล้าจากการทำงานได้ โดยความสูงของโต๊ะจะสัมพันธ์กับความสูงของเก้าอี้ด้วย ดังนั้นจึงควรออกแบบที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95 เพื่อเหมาะสำหรับคนส่วนใหญ่ที่มีขนาดร่างกายใหญ่

2.8 ความสูงของลิ้นชักใต้โต๊ะ (Under Desk Height)

ความสูงของลิ้นชักใต้โต๊ะต้องคำนึงถึงเรื่องของระยะห่างระหว่างความสูงของลิ้นชักกับแผ่นรองนั่ง เพราะเมื่อผู้เรียนนั่งเรียนขาทั้งสองข้างจะสอดใต้โต๊ะทำให้เกิดการจำกัดในการเคลื่อนย้ายต้นขาใต้โต๊ะ ถ้าหากโต๊ะต่ำเกินไป เวลานั่งขาของผู้เรียนจะติดหรือชิดกับลิ้นชักโต๊ะด้านล่างมากเกินไปทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งานเช่นกัน ดังนั้นค่าความสูงของลิ้นชักใต้โต๊ะจึงควรคำนึงถึงคนที่มีสัดส่วนร่างกายใหญ่ จึงควรออกแบบที่ขนาดเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95

3. **หลักการวัดสัดส่วนร่างกาย** (Anthropometry)

หลักการวัดสัดส่วนร่างกายหรือ Anthropometry หมายถึง การวัดร่างกายมนุษย์ตามหลักวิทยาศาสตร์โดยวัดสัดส่วนต่างๆ อันประกอบด้วยส่วนสูง น้ำหนัก ความหนาไขมันใต้ผิวหนัง เส้นรอบวงของร่างกาย ความกว้างและความยาวของกระดูก การวัดสัดส่วนร่างกายมีความสำคัญในการใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับออกแบบและปรับปรุงสภาพงาน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อม หากในการทำงานให้สอดคล้องกับสรีระร่างกายของผู้ปฏิบัติงานซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นผู้ปฏิบัติงานมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีความปลอดภัยและพึงพอใจในการทำงาน

สัดส่วนร่างกาย (Anthropometric) หมายถึง ส่วนต่างๆ ของร่างกายอันประกอบด้วยส่วนสูง น้ำหนักของร่างกาย ความหนาไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold Thickness) เส้นรอบวงของร่างกาย (Circumference) ความกว้าง (Diameter) และความยาว (Length) ของกระดูก

การวัดสัดส่วนร่างกาย หรือเรียกว่าแอนโธรโพเมตรี (Anthropometry) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษากรีสองคำมารวมกันคือคำว่า Anthropo (Human) แปลว่ามนุษย์ และคำว่า Metricos (Measurement) แปลว่าการวัด เมื่อนำมารวมกันจึงหมายถึงวิชาที่ว่าด้วยการวัดร่างกายมนุษย์ตามหลักวิทยาศาสตร์ การวัดสัดส่วนร่างกาย เป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพในการวัดและเก็บข้อมูลทางสถิติของขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาหรือแก้ไขปรับปรุงการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้ และจัดสภาพงานให้สอดคล้องกับสรีระของมนุษย์ รวมถึงใช้ใน การกำหนดมาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับการทำงาน (ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยมสธ., 2558)

ประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกายในเชิงวิศวกรรม

การแบ่งประเภทหรือชนิดของการศึกษาด้านการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหรือแอนโธรโปเมตรี (anthropometry) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540b) คือ

1. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่หรือ Static (physical) anthropometry

เป็นวิธีที่ทำการวัดมิติขนาดร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในท่านิ่งหรือสภาพสมดุล (Static body measurement) ไม่มีการเคลื่อนไหวมาเกี่ยวข้อง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เพราะสะดวกและง่ายต่อการวัดเก็บข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ค่ามาตรฐานที่วัดของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริกา ดังตาราง 2

ตาราง 2มาตรฐานการวัดสัดส่วนของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริการะหว่างท่านั่งและท่ายืน

ท่ายืน	ท่านั่ง
ความสูงยืน (stature height)	ความสูงนั่ง (sitting height)
ความสูงระดับสายตา (eye height)	ความสูงระดับสายตา (eye height, sitting)
ความสูงระดับไหล่ (shoulder height)	ความสูงระดับข้อศอก (elbow rest height, sitting)
ความสูงระดับข้อศอก (elbow height)	ความสูงต้นขาหรือขาอ่อน (thigh thickness)
ความสูงระดับข้อนิ้ว (knuckle height)	ความสูงระดับหัวเข่า (knee height, sitting)
	ระยะจากสะโพกถึงเข่า (buttock knee length)
	ความสูงขาอ่อนด้านล่าง (popliteal height, sitting)
	ความหนาระดับอก (chest depth)
	ความกว้างช่วงข้อศอกสองข้าง (elbow to elbow breadth)
	ความกว้าวช่วงสะโพสองข้าง (hip breadth)

2. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายเคลื่อนไหวทำงาน หรือ dynamic (functional) anthropometry

เป็นการศึกษาการวัดขนาดมิติสัดส่วนร่างกายในขณะเคลื่อนไหวทำงาน (dynamic body dimension) เช่น การประกอบชิ้นส่วน การเอื้อมมือไปหยิบของในกระบะ

การควบคุมคันบังคับ เป็นต้น วิธีการวัดแบบนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน ไม่ค่อยเป็นที่นิยมกัน เพราะมีปัจจัยแทรกซ้อนมาก

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ต้องมีการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายไม่ว่าจะเก็บไปเพื่อออกแบบสถานีงานประเภทต่างๆ เช่น วัยชัย แหล่มหลักสกุล (2551) ศึกษาเรื่องการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกบไผ่โดยใช้หลักการการยศาสตร์ (วันชัย แหลมหลักสกุล, 2551; ประภัสสร คลังสิน, 2550) ศึกษาเรื่องการปรับปรุงทางกายศาสตร์เพื่อลดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับงานโดยใช้เทคนิค WIS ในโรงงานกล่องกระดาษ (ประภัสสร คลังสิน, 2550) หรืองานวิจัยที่เก็บข้อมูลสัดส่วนไปเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียน เช่น Ismaila, et al. (2015) ทำการสำรวจสัดส่วนร่างกายและประเมินค่าความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในไนจีเรีย (Ismaila, et al., 2015; กลางเดือน โพชนา และองุ่น สังขพงศ์, 2556) ทำการศึกษาความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งก็ล้วนแล้วแต่ใช้วิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่ (Static anthropometry) รวมทั้งงานวิจัยนี้ก็เช่นกัน ซึ่งจะนำสัดส่วนเหล่านี้มาใช้ในการกำหนดขนาดและประเมินค่าความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนโดยใช้เทคนิคทางสถิติเบื้องต้น

4. หลักการเบื้องต้นทางสถิติ

หลักการทางสถิติเบื้องต้นถูกนำมาใช้เพื่อช่วยวิเคราะห์สัดส่วนและเลือกใช้สัดส่วนที่ถูกต้องในการกำหนดค่าความเหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายกับมิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน ข้อมูลที่ได้ไปเก็บรวบรวมเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลเป็นข้อมูลทางสถิติ ซึ่งข้อมูลสถิติ (Statistical Data) หมายถึงข้อมูลสรุปที่ได้จากการประมวลหรือวิเคราะห์กลุ่มของข้อมูลเพื่อใช้แสดงลักษณะข้อมูลของกลุ่มนั้น (สุจรรยา ทรัพย์สิริโสภา, 2558)

ประเภทของสถิติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) คือวิธีการทางสถิติที่ใช้พรรณนาลักษณะสิ่งต้องการศึกษาให้ อยู่ในรูปของตารางข้อมูลสรุป การนำเสนอแบบต่างๆ เพื่อให้เข้าใจถึงข้อมูลที่รวบรวมมาได้ แต่ไม่สามารถคาดคะเนนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) วิธีการทางสถิติที่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการอนุมาน ลักษณะของประชากรจากข้อมูลของตัวอย่างเช่นการศึกษาโรคขาดสารอาหารในเด็กวัยก่อนเรียนในภาคอีสาน ส่วนใหญ่จะสุ่มจากเด็กวัยก่อนเรียนมาบางส่วนเพื่อประเมินหาอัตราการขาดสารอาหาร เป็นต้น

4.1 สถิติที่ใช้ในการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency)

ในการนำเสนอข้อมูลข้อมูลงานวิจัยนั้น ถ้าข้อมูลมีจำนวนมาก อาจทำให้ประมวลและทำความเข้าใจได้ยาก จึงมีการนำเสนอค่าตัวแทนของข้อมูลเพื่อให้เห็นลักษณะของข้อมูลจากค่าตัวแทนของข้อมูลค่าใดค่าหนึ่ง ค่าตัวแทนของข้อมูล หรือการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่นิยมใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) ค่ามัธยฐาน (median) และค่าฐานนิยม (mode) เป็นวิธีการหาค่าสถิติเบื้อต้นวิธีหนึ่งเพื่อจะได้ค่าที่เรียกว่าค่ากลาง ซึ่งเรียกทางสถิติว่าค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

1. **ค่าเฉลี่ยเลขคณิต** (Arithmetic Mean) ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้กันมากที่สุด จะแทนด้วย μ (มิว) เมื่อคำนวณจากข้อมูลทั้งประชากร และแทนด้วย เมื่อคำนวณจากข้อมูลตัวอย่าง การ คำนวณหาได้จากผลรวมของข้อมูลทุกค่าแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติของค่าเฉลี่ย

1. เป็นตัวแทนข้อมูล ที่ใช้ข้อมูลทุกค่ามาท าการคำนวณหาขนาดของค่าเฉลี่ย
2. เนื่องจากมีการน าข้อมูลทุกค่ามาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์จึงสามารถใช้ในการ วิเคราะห์สถิติขั้นสูงได้
3. เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลทุกค่ามาคำนวณ ดังนั้นหากมีข้อมูลบางตัวที่มีขนาดใหญ่มากๆ หรือเล็กมากๆ ผิดปกติจะมีผลต่อการคำนวณขนาดของค่าเฉลี่ยด้วย
4. ข้อมูลที่มีมาตรวัดเป็นนามบัญญัติ (nominal scale) และเรียงอันดับ (ordinal scale) ไม่ สามารถใช้คำนวณค่าเฉลี่ยได้

2. **ค่ามัธยฐาน** (Median) เป็นค่าที่บอกภาพรวมของข้อมูล โดยพิจารณาจากตำแหน่งกลางของข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนั้นบางครั้งอาจจะเรียกค่านี้ว่า "ค่ากลาง"

คุณสมบัติของค่ามัธยฐาน

1. มัธยฐาน เป็นการใช้ค่าของข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งตรงกลาง มาเป็นตัวแทน ดังนั้น ข้อมูลที่มีค่ามาก หรือน้อยผิดปกติจะไม่มีผลกระทบต่อค่ามัธยฐาน และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบางตัวในกลุ่มจะมีผลกระทบ ต่อค่ามัธยฐานน้อยมาก
2. มัธยฐาน จะเป็นค่าตัวแทนของข้อมูลได้ใกล้เคียงกับประชากรส่วนใหญ่มากกว่าค่าเฉลี่ย หากการแจกแจงข้อมูลเบ้ไปทางใดทางหนึ่ง
3. ข้อมูลที่มีมาตรวัดเป็นนามบัญญัติ (nominal scale) ไม่สามารถใช้คำนวณหาค่ามัธยฐานได้

4. กรณีที่มีข้อมูลกระจุกอยู่ที่ค่าต่ำสุด หรือสูงสุดมากเกินไปจะไม่สามารถหาค่ามัธยฐานได้เช่น น้ำหนักของผู้ป่วย 9 คน เป็น 55 55 55 55 55 60 65 70 72 ค่ามัธยฐานเป็น 55 ซึ่งไม่ได้เป็นค่าของข้อมูลที่อยู่ ครึ่งหนึ่งตามความหมายของมัธยฐาน

3. **ฐานนิยม** (mode) เป็นค่าที่มีความถี่สูงสุดในข้อมูลชุดหนึ่ง ฐานนิยมอาจมีค่าเดียวในชุดข้อมูลนั้นได้

คุณสมบัติของฐานนิยม

1. สามารถคำนวณได้ง่าย รวดเร็ว
2. ใช้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดนามบัญญัติ (norminal scale)
3. ข้อมูลที่มีค่ามากหรือน้อยผิดปกติจะไม่มีผลกระทบต่อค่าฐานนิยม และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบางตัวในกลุ่มจะไม่มีผลกระทบต่อค่าฐานนิยม หรือมีน้อยมาก

4.2 **สถิติที่ใช้ในการแบ่งข้อมูล**

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น นอกจากการศึกษาค่ากลางของข้อมูลแล้วยังอาจต้องศึกษาตำแหน่งของค่าที่สังเกตใดๆ ในข้อมูล โดยเปรียบเทียบกับค่าสังเกตทั้งหมดในข้อมูลนั้น หรือศึกษาค่าของข้อมูลตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งก็สามารถทำได้ โดยเรียกวิธีเหล่านี้ว่าเป็นวิธีการแบ่งข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. มัธยฐาน (Median) คือ แบ่งความถี่ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน นั่นคือมีข้อมูลที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ครึ่งหนึ่ง และสูงกว่าค่านี้อยู่ครึ่งหนึ่ง

2. ควอไทล์ (Quartiles = Q) คือ ค่าที่แบ่งความถี่ของข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน มี 3 ค่า คือ Q1, Q2, Q3 โดยที่

Q1 เป็นค่าของข้อมูลที่แสดงว่ามีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ $\frac{1}{4}$ และสูงกว่าค่านี้อยู่ $\frac{3}{4}$ ของความถี่ทั้งหมด

Q2 เป็นค่าของข้อมูลที่แสดงว่ามีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ $\frac{2}{4}$ และสูงกว่าค่านี้อยู่ $\frac{2}{4}$ ของความถี่ทั้งหมด

Q3 เป็นค่าของข้อมูลที่แสดงว่ามีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ $\frac{1}{4}$ และสูงกว่าค่านี้อยู่ $\frac{3}{4}$ ของความถี่ทั้งหมด

3. เดไซต์ (Deciles = D) คือ ค่าที่แบ่งความถี่ข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน เท่าๆ กัน มี D1, D2,....,D10 เช่น D4 เป็นค่าที่มีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่จำนวน $\frac{4}{10}$ และสูงกว่าค่านี้อยู่ $\frac{6}{10}$

4. เปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentiles = P) คือค่าที่แบ่งความถี่ของข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 100 ส่วนเท่าๆ กัน มี P1,P2,....,P99 เช่น P35 คือ ค่าที่ไม่มีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ $\frac{35}{100}$ และสูงกว่าค่านี้อยู่ $\frac{65}{100}$ ของความถี่ทั้งหมด

Q, D, P ไม่ใช่ตัวกลางแต่แสดงให้ทราบว่ามีข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าเหล่านี้กี่จำนวน และสูงกว่ากี่จำนวน ในการหาค่า Q, D, P จะมีลักษณะคล้ายกับมัธยฐาน (วิชิต อู่อ้น, 2550)

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแบ่งข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนนั้นหลายๆ งานวิจัยวิธีการแบ่งโดยพิจารณาค่าเปอร์เซ็นไทล์ (O.Ismaila, 2012; Rosnah Mohd. Yusuff, 2008; Syed Asif, 2012) และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่เหมาะสมกับมิติขนาดแต่ละส่วนของโต๊ะและเก้าอี้ได้ถูกกำหนดค่าที่แตกต่างกัน เช่น ความสูงของเก้าอี้จะเทียบกับความสูงของขาพับของคนที่เปอร์เซ็นไทล์ 95 เป็นต้น ซึ่งค่าสัดส่วนในท่านั่งเป็นค่าที่วัดได้ยากและมีความจำเป็นสำหรับการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงหาวิธีการสร้างสมการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งด้วยสัดส่วนในท่ายืนที่ง่ายต่อการวัดขนาดมากกว่าและประเมินค่าความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยวิธีทางสถิติ

5. วิธีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยเทคนิคทางสถิติ โดยเฉพาะการประมาณค่าแบบช่วง การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ความถดถอย มีเงื่อนไขว่า ตัวแปรหรือประชากรที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งวิธีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามีการแจกแจงปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ แบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2555)

1. การตรวจสอบโดยใช้กราฟ

1.1 ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แกนนอนแสดงตัวแปร (ข้อมูล) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ แต่ละช่วงมีความยาวเท่ากัน ส่วนแกนตั้งแสดงจำนวน case ที่มีค่าในช่วงความถี่ของแต่ละช่วง

1.2 แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf) เป็นวิธีการตรวจสอบที่ให้รายละเอียดมากกว่า Histogram เนื่องจากแสดงค่าข้อมูลจริงให้เห็นทุกค่า

1.3 Boxplot เป็นเทคนิคการแทนค่าของข้อมูลเหมือนสองวิธีข้างต้น แต่จะให้รายละเอียดของค่าสถิติเพื่อตรวจสอบการแจกแจง และแสดงค่าที่สูงมากและต่ำมากจากค่ากลาง คือค่า outlier นั่นเอง

1.4 Normal Probability Plot เป็นกราฟที่พล็อตค่าของข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นกับค่าที่คาดไว้ (Expected Value) โดยค่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติแล้วค่าที่คาดไว้จะเป็นเส้นตรง ดังนั้นถ้าข้อมูลมีการแจกแจงปกติค่าจริงจะต้องอยู่รอบๆ เส้นตรงนั้นอย่างสุ่ม

1.5 Detrended Normal Plot เป็นกราฟที่แสดงค่าเบี่ยงเบนหรือค่าแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่คาดไว้ภายใต้การแจกแจงปกติ โดยถ้าค่าจริงกับค่าที่คาดไว้จากการแจกแจงปกติเท่ากัน ค่าแตกต่างจะเป็นศูนย์

2. การทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ

2.1 Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk และ Lilliefor's Test ใช้ตรวจสอบว่าการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติหรือใกล้เคียงปกติหรือไม่ ถ้าค่า p-Value หรือ Sig. (Significance) น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด การสุ่มตัวอย่างประชากรไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

2.2 Levene's Test ใช้ตรวจสอบว่าค่าแปรปรวนของแต่ละประชากรเท่ากันหรือไม่ โดยค่าความแปรปรวนจะแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ หากค่า Sig. ของการทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยวิธีใช้กราฟ Normal Probability Plot ซึ่งหากพบว่าข้อมูลอยู่เหนือและใต้เส้นเล็กน้อย ก็พอจะสรุปได้ว่าตัวแปรที่ต้องการวัดการแจกแจงของข้อมูลมีการแจกแจงใกล้หรือเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) หรือค่อนข้างสมมาตรนั่นเอง

6. การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) (พรสิน สุภาวาลย์, 2556)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของการทำนาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคนี้เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัดส่วนร่างกายในขณะยืนกับขนาดสัดส่วนร่ายกายในขณะนั่ง

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ด้วยกลุ่มของตัวแปรพยากรณ์ ประกอบด้วยตัวแปร 2 ชนิด คือ

X เป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) หรือตัวแปรทำนาย (Predictor variable) มี 1 ตัวหรือมากกว่า

Y เป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable) มี 1 ตัว

โดยมีสมการ คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

การวิเคราะห์การถดถอยระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวและตัวแปรตามหนึ่งตัวโดยที่ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันเรียก การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) หากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่เป็นเส้นตรง เรียก nonlinear regression analysis หากมีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแต่ตัวแปรตามเพียงตัวแปรเดียวเรียกการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) หากมีตัวแปรตามมากกว่า 1 ตัวแล้วเรียกการวิเคราะห์การถดถอยนั้นว่า multivariate regression analysis สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย (X) กับสัดส่วนร่างกายในขณะนั่ง (Y) เพื่อนำไปออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนและตรวจสอบความเหมาะสมของสัดส่วนร่างกายที่มีต่อโต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียนต่อไป

การเลือกตัวแบบที่เหมาะสม (พรสิน สุภาวาลย์, 2556)

การเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยในหัวข้อที่ผ่านนั้นมี 2 ขั้นตอนหลักคือ เริ่มการสร้างตัวแบบจำนวนมากเพื่อทำการคัดเลือก จากนั้นเลือกตัวแบบที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ที่จะกล่าวถึงต่อไป โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกตัวแบบที่เหมาะสมนั้นมีจำนวนมาก แต่ละเกณฑ์มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: r)

$$r = \frac{Sxy}{\sqrt{Sxx * Syy}}$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ใช้ประโยชน์ในการวัดว่าตัวแปรมีระดับความสัมพันธ์กันมากน้อยเท่าไรและความสัมพันธ์เป็นไปในลักษณะใด ค่า r ที่ได้จะมีค่าตั้งแต่ –1 ถึง 1

ถ้าค่า r = 1 เป็นสหสัมพันธ์บวกและมีความสัมพันธ์กันมาก (สมบูรณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน

ถ้าค่า r = -1 เป็นสหสัมพันธ์ลบและมีความสัมพันธ์กันมาก (สมบูรณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกัน

ถ้าค่า r = 0 เส้นถดถอยจะตั้งฉากกับแกน Y (ในกรณีที่ Y เป็นตัวแปรตาม) หมายความว่าตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง

สรุป ถ้าค่า r ยิ่งห่างไกล จาก 0 มากเท่าใดแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ส่วนเครื่องหมายจะเป็นตัวบอกถึงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

ถ้านำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มายกกำลังสองจะเรียบว่า "สัมประสิทธิ์ตัวกำหนดหรือประสิทธิภาพการพยากรณ์ (Coefficeint of determination: R^2) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2555)

การประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย

การประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (Standard Error of Estimate: SEE) เป็นค่าที่บอกถึงความแปรปรวนของ Y ที่แตกต่างไปจาก $\hat{Y}$ ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$SSE = \sqrt{\frac{Syy - (b * Sxy)}{n-2}}$$

ถ้าค่า SEE = 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ไม่มีความคลาดเคลื่อนเลย แต่ถ้าค่า SEE ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนยิ่งมีค่าสูง

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2)

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ค่า R^2 เป็นการวัดความสามารถในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตามโดยตัวแปรอิสระในสมการถดถอย ในที่นี้ให้ R_p^2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสำหรับสมการถดถอยที่มีจานวนพจน์ p พจน์หรือมีตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีตัวแปรอิสระจำนวน p - 1 ตัวและb_0 อยู่ในสมการ R_p^2 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_p^2 = \frac{SSR(p)}{SST} = 1 - \frac{SSE(p)}{SST}$$

โดย $SSR(p)$ และ $SSE(p)$ คือ ผลรวมกาลังสองถดถอยและผลรวมกาลังสองความคลาดเคลื่อนที่มีจานวน p พจน์ตามลาดับ ตัวแบบที่มีค่า R_p^2 สูงเป็นตัวแบบที่สามารถในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตามได้ดีแต่ข้อเสียของ R_p^2 คือเมื่อจานวนพจน์ในสมการเพิ่มขึ้นค่า

R_p^2 จะเพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นสมการที่มีตัวแปรอิสระทุกตัวจะเป็นสมการที่มีค่า R_p^2 สูงสุดแต่การเพิ่มขึ้นของค่า R_p^2 จะเพิ่มขึ้นไม่มากเมื่อถึงจุดหนึ่งดังภาพ 3

ภาพ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระและค่า R_p^2

การเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีนี้จึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะค่า R_p^2 ที่สูงที่สุดแต่ควรคำนึงถึงจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบด้วย โดยควรเลือกตัวแบบที่ใช้จำนวนตัวแปรอิสระที่น้อยที่สุดที่ให้ค่า R_p^2 ที่สูงในระดับที่ยอมรับได้ เช่น ถ้าคำนวณค่า R_p^2 ได้เท่ากับ 96.00% แสดงว่า ความผันแปรของตัวแปรตาม (Y) สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ (X) ถึง 96%

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้วสำหรับตัวแปรอิสระหลายตัว

ข้อเสียของ R_p^2 คือ เมื่อจำนวนพจน์ในตัวแบบเพิ่มขึ้นค่า R_p^2 จะเพิ่มขึ้น ด้วยดังนั้นนักสถิติจึงคิดค้นสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (adjusted coefficient of multiple determination) สำหรับตัวแปรอิสระหลายตัว หรือ $R_{adj}^2(p)$ โดยการเพิ่มจำนวนพจน์ในตัวแบบอาจไม่จำเป็นที่ค่า $R_{adj}^2(p)$ เพิ่มขึ้นตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดคือตัวแบบที่มีค่า $R_{adj}^2(p)$ สูงสุดโดย มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$R_{adj}^2(p) = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)\frac{SSE}{SST} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)(1 - R_p^2)$$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน

ค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน (mean square error) หรือ MSE(p) ที่ได้จากตัวแบบที่มีตัวแปร p ตัวสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$MSE(p) = \frac{SSE(p)}{n-p}$$

หรือ

$$MSE = \sum_{t=1}^{n}(e_t)^2$$

ข้อเสียของ MSE(p) คือ เมื่อจำนวนพจน์ในตัวแบบเพิ่มขึ้นค่า MSE(p) จะลดลงเรื่อยๆ จากนั้นจะคงที่แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งดังภาพ 4 (Montgomery and Peck, 1991, pp.270-271)

ภาพ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระกับค่า MSE(p)

การเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดทำโดยการเลือกตัวแบบที่มีค่า MSE(p) ที่ต่ำที่สุดโดยตัวแบบที่ได้นี้จะให้ค่า $R^2_{adj}(p)$ ที่สูงสุดด้วยเนื่องจาก $R^2_{adj}(p) = 1 - \frac{n-1}{S_{yy}}MSE(p)$ ดังนั้นสามารถเลือกใช้ $R^2_{adj}(p)$ สูงสุดหรือค่า MSE(p) ที่ต่ำสุดก็ได้

ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute Deviation; MAD **หรือ** Mean Absolute Error; MAE

$$MAE = \sum_{t=1}^{n}\frac{|e_t|}{n}$$

จ ๗๗
197
.5 ค๘๕
ส๗๒๕
๒๕๕๗
1041087

30 มิ.ย. 2564

โดยที่ e_t = ค่าจริง (Y) – ค่าพยากรณ์ ($\hat{Y}$)

ค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error ; MAPE)

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n}\right)\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right|$$

ค่า C_p

ตัวแบบที่มีจำนวนพจน์ในตัวแบบเท่ากับ p พจน์ สามารถเขียนสมการถดถอยได้ ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X1 + \beta_2 X2 + \ldots + \beta_{p-1} Xp\text{-}1 + \varepsilon$$

จากตัวแบบข้างต้นจะได้ค่า SSE_p และ Mallows C_p หรือ C_p สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Cp = \frac{SSE_p}{MSE} - n = 2p$$

โดย MSE เป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองคลาดเคลื่อนของตัวแบบเต็มรูป

ค่าเฉลี่ยกำลังสองคลาดเคลื่อน (MSE) ของตัวแบบเต็มรูปเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงของ σ^2 แต่หากในตัวแบบเต็มรูปที่มีตัวแปรอิสระบางตัวที่ไม่มีความจำเป็นในการพยากรณ์แล้วค่า MSE จะให้ค่าประมาณที่ให้ ค่าประมาณที่สูงเกินจริงส่งผลให้ค่า C_p ต่ำเกินความเป็นจริง หากค่า C_p มีค่าเท่ากับ p แล้วค่า C_p ที่ไม่เอนเอียง จากสูตร พบว่า C_p เป็นฟังก์ชันของค่า SSE เนื่องจากตัวแบบที่ดีนั้นเป็นตัวแบบที่มีค่า *SSE* ต่ำและตัวแบบนั้นจะให้ค่า C_p ต่ำด้วย

ตัวแบบที่ดีสามารถเลือกโดยดูจากค่า C_p ที่มีขนาดเล็กและมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมด Stevens (2007) หน้า 238 กล่าวว่า C_p เป็นสถิติที่ดีสำหรับใช้ในการเลือกตัวแบบเนื่องจากจะป้องกันการเกิด Over fitting และ under fitting ของตัวแบบ

ค่า $PRESS_p$

ค่า PREdiction Sum of Square หรือ $PRESS_p$ เป็นค่าที่ใช้วัดว่าตัวแบบที่มีให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงค่าจริงมากน้อยเพียงใด โดยค่า $PRESS_p$ แตกต่างจากค่า SSE ตรงที่ SSE ได้

จากค่า $\hat{y}_i$ แต่ค่า $PRESS_p$ เกิดจากผลรวมกาลังสองของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริง (y_i)กับค่าพยากรณ์ที่ไม่รวมค่าจริงที่ i $(\hat{y}_{i(i)})$ โดยใช้ข้อมูลเพียง n – 1 ตัว หรือสามารถแสดงได้ดังนี้

$$PRESS_p = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{Y}_{i(i)})^2 = \sum_{i=1}^{n}(\frac{e_i}{1-h_{ii}})^2 = 1$$

โดย $h_{ii} = x_i'(X'X)^{-1}x_i$

เช่นเดียวกับ SSE ตัวแบบที่เหมาะสมเป็นตัวแบบที่มีค่า $PRESS_p$ ต่ำที่สุดเนื่องจากค่า $PRESS_p$ เป็นความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์หาก $PRESS_p$ มีค่าน้อยแสดงว่าการพยากรณ์มีความถูกต้องสูง

7. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ

สมการตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยที่ได้จากงานวิจัยจะให้มีความถูกต้องสูงและมีอำนาจการทดสอบสูงได้นั้น ตัวแบบจำเป็นต้องเป็นไปตามข้อตกลง (assumption) ที่กำหนดไว้ 5 ข้อ ของ (Montgomery and Peck, 1992, p.7) ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x แ ละ Y เป็นเส้นตรงหรือมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง
2. ความคลาดเคลื่อน (ε) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
3. ความคลาดเคลื่อน มีความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2
4. ความคลาดเคลื่อนแต่ละค่าเป็นอิสระต่อกัน
5. ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ดังนั้น หากตัวแบบไม่เป็นไปตามข้อตกลงดังกล่าวอาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้เนื่องจากค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนคือส่วนเหลือ (residual หรือ e) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

หากตัวแบบการถดถอยที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อตกลงแล้ว จะพบว่าส่วนที่เหลือจะเบี่ยงเบนไปจากข้อตกลง ดังนั้นการวิเคราะห์ส่วนเหลือจึงเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบที่ง่ายและมีประโยชน์อย่างมาก

8. การจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มด้วยเทคนิค Cluster Analysis

เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มมีหลายเทคนิค แต่จะกล่าวถึงเทคนิคการการวิเคราะห์กลุ่ม 2 ประเภทใหญ่ๆ ที่กล่าวไว้ ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552)

1. การจัดกลุ่มตัวแปร เป็นเทคนิคที่ใช้จัดกลุ่มตัวแปรหลายๆ ตัวที่มีความสัมพันธ์ออกเป็นกลุ่มย่อยๆ โดยที่ตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มหรือเรียกว่าปัจจัยเดียวกันจะต้องมีส่วนร่วมกันหรือสัมพันธ์กัน ในที่นี้จะกล่าวถึง 2 เทคนิค คือ

1.1 การวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)

1.2 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis: FA)

2. การจัดกลุ่มข้อมูล เป็นเทคนิคการแบ่งกลุ่มที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล หรือคน สัตว์ สิ่งของ ฯลฯ ที่มีลักษณะเดียวกัน หรือคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน แตกต่างกันต้องอยู่คนละกลุ่ม การศึกษาความคล้ายกัน พิจารณาจากตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม ซึ่งมีหลายเทคนิค ตัวอย่างเช่น

2.1 การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis)

2.2 การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis)

2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis)

ความหมายของการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค Cluster Analysis

Cluster Analysis เป็นเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่ง Case (หมายถึง คน สัตว์ สิ่งของ หรือ องค์กร ฯลฯ)หรือแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป Case ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ส่วน Case ที่อยู่ต่างกลุ่มกัน จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้น การพิจารณาเลือกลักษณะหรือตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่ม Case จึงมีความสำคัญ นอกจากนั้น Case ใด Case หนึ่งจะต้องอยู่ในกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียวถ้านำเทคนิค Cluster Analysis มาใช้ในการแบ่งกลุ่มตัวแปร จะให้ตัวแปรอยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความสัมพันธ์กันมากกว่าตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกัน ตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ส่วนใหญ่การแบ่งกลุ่มตัวแปรจะใช้เทคนิค Factor ส่วนการแบ่งกลุ่ม Case (คน สัตว์ สิ่งของ) จะใช้เทคนิค Cluster Analysis

วัตถุประสงค์ของ Cluster Analysis

เพื่อการลดขนาดข้อมูล (data reduction) ด้วยเทคนิคที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพเป็นอีกแนวทางหนึ่งเพื่อจัด การกับปัญหาดังกล่าว หลักการที่สำคัญของการลดขนาดข้อมูล คือ การทำให้ข้อมูลตั้งต้นมีขนาดลดลงโดยสูญเสียลักษณะสำคัญของข้อมูลน้อยที่สุด เนื่องจากข้อมูลแต่ละตัวจะมีความสำคัญต่อการจัดกลุ่มข้อมูลไม่เท่ากัน ด้วยเทคนิคการเลือกข้อมูลที่ดีจะ ทำให้สามารถเลือกข้อมูลที่มีความสำคัญและสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลส่วนใหญ่ได้ ข้อมูลที่มีการรวมกลุ่มกันอย่างหนาแน่นจะเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการจัดกลุ่มข้อมูลในอนาคต

คุณสมบัติของเทคนิควิธี Cluster Analysis

1. ความต้องการทางด้านข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์จัดกลุ่มหน่วยวิเคราะห์ อาจใช้ข้อมูลที่ระบุหน่วยวิเคราะห์และตัวแปรตามที่จัดเก็บมาได้เลย เช่น การวิเคราะห์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนการวิเคราะห์จัดกลุ่มตัวแปร ไม่อาจจะใช้แฟ้มข้อมูลดังกล่าวได้โดยใช้เมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทนได้

2. แนวคิดพื้นฐาน สิ่งสำคัญที่สุดของการวิเคราะห์การจัดกลุ่มคือ ตัวแปรที่ใช้หากไม่ได้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่สำคัญๆ ผลที่ได้ก็จะไม่ดีหรือทำให้ไขว้เขวได้ ทั้งนี้เพราะตัวแปรที่เลือกไว้ตั้งแต่แรกจะเป็นสิ่งที่กำหนดคุณสมบัติของสิ่งที่ระบุความเป็นกลุ่มย่อย เช่นในการจัดกลุ่มโรงเรียนในเมือง หากไม่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนนักเรียนและครู ขนาดของโรงเรียนก็ ไม่อาจเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มได้

3. ความคล้ายกันของหน่วย ความคิดเกี่ยวกับความคล้ายของหน่วยศึกษาเป็นเทคนิคของการวิเคราะห์ทางสถิติหลายวิธี โดยทั่วไปการวัดความคล้ายจะพิจารณาจากความห่างระหว่างวัตถุ หรือพิจารณาจากความคล้ายกัน ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

4. การวัดความห่าง วิธีการวัดความห่างสามารถวัดได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นิยมวัดกันมากก็คือ วิธีที่เรียกว่า ระยะห่างเชิงยูคลิดยกกำลังสอง (Squared Euclidean distance) คือ ผลรวมของผลต่างยกกำลังสองของทุกตัวแปร

ประเภทของเทคนิค Cluster Analysis

เทคนิค Cluster Analysis แบ่งเป็นหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้กันมาก 2 เทคนิค ได้แก่

1. เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Cluster Analysis) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการแบ่งกลุ่ม Case หรือแบ่งกลุ่มตัวแปร โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

1.1 ในกรณีที่ใช้ในการแบ่ง Case นั้น จำนวน Case ต้องไม่มากนัก (จำนวน Case ควร ต่ำกว่า 200 ถ้าตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ใช้ K-Means Cluster และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเช่นกัน

1.2 ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน

1.3 ไม่จำเป็นเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดหรือ Case ใดอยู่กลุ่มใดก่อน

2. เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (Nonhierarchical Cluster Analysis) หรือบางครั้งเรียกว่า K-Means Cluster Analysis

K-Means Cluster Analysis คือ หนึ่งในอัลกอริทึมเทคนิคการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอนที่ง่ายที่สุด เพราะเป็นการแก้ปัญหาการจัดกลุ่มที่รู้จักกันทั่วไป โดยอัลกอริทึม K-Means จะ

ตัดแบ่ง (Partition) วัตถุออกเป็น K กลุ่ม โดยแทนแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งใช้เป็นจุดศูนย์กลาง (centroid) ของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน ในขั้นแรกของการจัดกลุ่มโดยการหาค่าเฉลี่ยแบบเคย์ต้องกำหนดจำนวนกลุ่ม (K) ที่ต้องการ และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุด **สิ่งสำคัญในการกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่มนี้ ควรจะถูกกำหนดด้วยวิธีที่เหมาะสม เพราะตำแหน่งจุดศูนย์กลางเริ่มต้นที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายแตกต่างกัน ดังนั้นในทางที่ดีควรจะกำหนดจุดศูนย์กลางนี้ให้ห่างจากจุดศูนย์กลางอื่น ๆ** ขั้นตอนต่อไปคือสร้างกลุ่มข้อมูลและความสัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางที่ใกล้มากที่สุด โดยแต่ละจุดจะถูกกำหนดไปยังจุดศูนย์กลางที่ใกล้เคียงที่สุดจนครบหมดทุกจุด และคำนวณจุดศูนย์กลางใหม่ โดยการหาค่าเฉลี่ยทุกวัตถุที่อยู่ในกลุ่ม หากจุดศูนย์กลางในแต่ละกลุ่มถูกเปลี่ยนตำแหน่ง จะได้จุดมีความสัมพันธ์กับกลุ่มใหม่และใกล้กับจุดศูนย์กลางใหม่ ทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จะสังเกตเห็นว่าผลลัพธ์จากการทำซ้ำแบบนี้ทำให้จุดศูนย์กลางเปลี่ยนตำแหน่งทุกรอบ จนกระทั่งจุดศูนย์กลางจำนวน K จุด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงจะสิ้นสุดกระบวนการ (http://datamining-techniques.blogspot.com/2012/09/k-means-k-means-clustering.html)

อัลกอริทึมการจัดกลุ่มโดย K-means

1. กำหนดจำนวนกลุ่ม K กลุ่ม และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุด โดยวิธีการสุ่ม

2. นำวัตถุทั้งหมดจัดเข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางที่อยู่ใกล้วัตถุนั้นมากที่สุด โดยคำนวณจากการวัดระยะห่างระหว่างจุดที่น้อยที่สุด โดยใช้การวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) โดยมีสมการดังนี้ (Jain, 2010)

$$\text{Distance}(p, q) = \sqrt{\sum_{k}^{n} (p_k - q_k)^2}$$

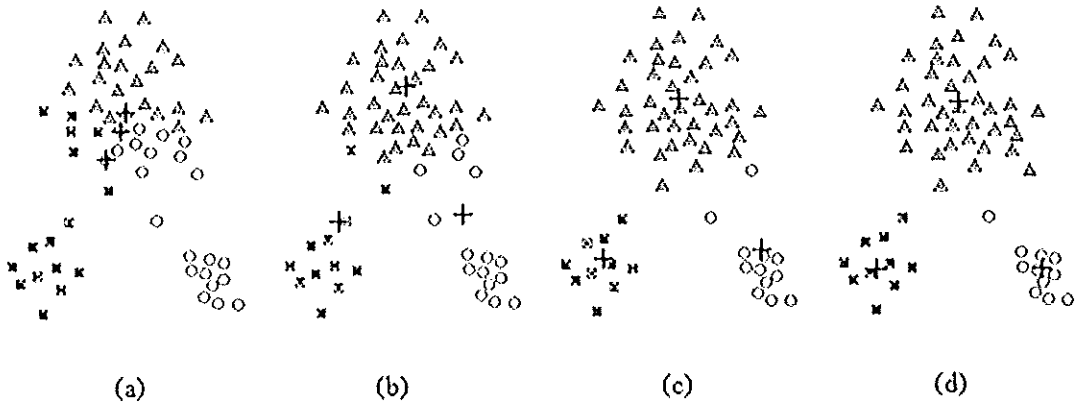
โดยที่ Distance(p,q) คือ ระยะทางข้อมูล p กับ q

p_k คือ ค่าข้อมูล p ของข้อมูลที่ k

q_k คือ ค่าข้อมูล q ของข้อมูลที่ k

3. คำนวณจุดศูนย์กลาง K จุดใหม่ โดยหาจากค่าเฉลี่ยทุกวัตถุที่อยู่ในกลุ่ม

4. ทำซ้ำในข้อ 2. จนกระทั่งจุดศูนย์กลางไม่เปลี่ยนแปลงและข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนกลุ่ม



ภาพ 5 การจัดการกลุ่มแบบเคมีนส์

ที่มา: http://datamining-techniques.blogspot.com/2012/09/k-means-k-means-clustering.html

ภาพ 5(a) เป็นการจัดกลุ่มในขั้นตอนแรกโดยที่กำหนดจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้น ซึ่งใช้สัญลักษณ์ + แทนจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม จากนั้นวัตถุจะถูกกำหนดให้เข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ใกล้วัตถุนั้นมากที่สุดแสดงได้ดังภาพ 5(b) จุดศูนย์กลางมีการเปลี่ยนแปลงและเกิดความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับจุดศูนย์กลางใหม่ และจัดวัตถุให้เข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ใกล้กับวัตถุนั้นมากที่สุดดังภาพ 5(c)ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจุดศูนย์กลางไม่เปลี่ยนแปลงจึงจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายดังภาพ 5(d)

ความแตกต่างระหว่างเทคนิค Hierarchical กับวิธี K-Means

กัลยา วานิชย์บัญชา (2548) ได้จำแนกข้อแตกต่างระหว่างเทคนิค Hierachical กับวิธี K-Means ไว้ดังนี้

1. เทคนิค K-Means ใช้เมื่อมีจำนวน Case หรือจำนวนข้อมูลมาก โดยทั่วไปนิยมใช้เมื่อ $n \geq 200$ เพราะเมื่อ n มาก เทคนิค K-Means จะง่ายกว่า และใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อย กว่าการใช้เทคนิค Hierarchical หรือกล่าวได้ว่าเมื่อมีจำนวน Case ไม่มากควรใช้เทคนิค Hierarchical

2. เทคนิค K-Means นั้น ผู้ใช้จะต้องกำหนดจำนวนกลุ่มที่แน่นอนไว้ล่วงหน้า กรณีที่ผู้วิเคราะห์ยังไม่แน่ใจว่าควรมีกี่กลุ่มจึงจะเหมาะสม ผู้วิเคราะห์อาจจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

2.1 ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี K-Means หลายๆ ครั้ง แต่ละครั้งกำหนดจำนวนกลุ่ม แตกต่างกันไป เช่น เป็น 3, 4 หรือ 5 กลุ่ม แล้วพิจารณาหาจำนวนกลุ่มที่ เหมาะสม แต่เมื่อมีข้อมูลมากวิธีนี้จะทำให้เสียเวลามาก

2.2 ใช้ข้อมูลบางส่วนทำการวิเคราะห์โดยวิธี Hierarchical เพื่อหาจำนวนกลุ่มที่ควรจะเป็นจากนั้นจึงใช้เทคนิค K-Means กับข้อมูลทั้งหมดที่มี

2.3 เทคนิค Hierarchical นั้น ผู้วิเคราะห์จะ Standardized ข้อมูลหรือไม่ก็ได้ แต่โดยวิธี K-Means จะต้องทำการ Standardized ข้อมูลก่อนเสมอ

2.4 วิธี K-Means จะหาระยะห่างโดยวิธี Euclidean distance โดยอัตโนมัติ ขณะที่ Hierarchical ผู้วิเคราะห์มีสิทธิ์ที่จะเลือกวิธีการคำนวณระยะห่าง หรือความคล้ายได้

9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน (มอก.1494-2541) และเก้าอี้เรียน (มอก. 1495-2541)

มอก.เป็นคำย่อมาจาก"มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม" หมายถึงข้อกำหนดทางวิชาการที่ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(สมอ.)ได้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ผลิตในการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด โดยจัดทำออกมาเป็นเอกสารและจัดพิมพ์เป็นเล่ม ภายใน มอก.แต่ละเล่มประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น เกณฑ์ทางเทคนิค คุณสมบัติที่สำคัญ ประสิทธิภาพของการนำไปใช้งาน คุณภาพของวัตถุที่นำมาผลิต และวิธีการทดสอบเป็นต้น

ปัจจุบันสินค้าที่ มอก. กำหนดเป็นมาตรฐานปัจจุบันมีอยู่กว่า 2,000 เรื่อง ครอบคลุมสินค้าที่ใช้ อยู่ในชีวิตประจำวันหลายๆ ประเภท ได้แก่ ประเภทอาหาร เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานพาหนะ สิ่งทอ วัสดุก่อสร้าง เป็นต้น รวมทั้งโต๊ะและเก้าอี้เรียนเช่นกัน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเรือนสำหรับสถานศึกษา: โต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนนั้น ถูกกำหนดให้ใช้ในสถานศึกษาต่างๆ ในระดับชั้นเรียนตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษาตอนต้น ประถมศึกษาตอนปลาย มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยความสูงที่ใช้สำหรับอ้างอิงในมาตรฐานนี้ ใช้ความสูงของเด็กชายไทยและเด็กหญิงไทย โดยเฉลี่ยในช่วงอายุ 3-5 ปี 6-8 ปี 9-11 ปี 12-14 ปี และตามมาตรฐานความสูงของโต๊ะและความสูงของพื้นรองนั่งเก้าอี้ ใช้ความสูงของเด็กช่วงอายุ 15-17 ปี ที่ได้จากการสำรวจในปี พ.ศ.2536-2537 แล้วใช้เป็นความสูงมาตรฐานสำหรับอ้างอิงในแต่ละระดับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ เพื่อหาพิสัยความสูงของผู้ใช้โดยประมาณ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 3 ความสูงมาตรฐานสำหรับอ้างอิงในแต่ละระดับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้

ระดับขนาด	ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง	ความสูงของผู้ใช้โดยประมาณ	ความสูงโต๊ะ	ความสูงพื้นรองนั่งเก้าอี้	ระดับชั้นเรียน	อายุ
1	105	ไม่เกิน	48	26	อนุบาล	3-5
2	120	114 - 128	54	30	ประถมศึกษาตอนต้น	6-8
3	137	129 - 143	60	34	ประถมศึกษาตอนปลาย	9-11
4	154	144- 158	67	38	มัธยมศึกษาตอนต้น	12-14
5	165	159 - 173	72	42	มัธยมศึกษาตอนปลาย	15-17
6	180	เกิน 173	76	46		

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นผู้ควบคุมดูแลในการออกมาตรฐานกฎเกณฑ์ต่างๆ ซึ่งสำหรับมาตรฐานโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนได้ถูกกำหนดขนาดไว้ดังแสดงในตาราง 3 ตาราง 4 และตาราง 5 โดยกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความสูงโต๊ะไม่เกิน +10 มิลลิเมตร และความกว้างโต๊ะและความยาวโต๊ะ คลาดเคลื่อนได้ ±2 มิลลิเมตร ส่วนเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเก้าอี้เรียน ความสูงของพื้นรองนั่ง ความลึกพื้นรองนั่ง จะคลาดเคลื่อนได้ ±10 มิลลิเมตร

ตาราง 4 ขนาดโต๊ะเรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1494-2541

สัญลักษณ์	มิติ	ระดับขนาด					
		1	2	3	4	5	6
	ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง	1050	1200	1370	1540	1650	1800
h_1	ความสูงโต๊ะ	480	540	600	670	720	760
h_2	ความสูงต่ำสุดขอบล่างโต๊ะ (บริเวณที่สอดขา)	370	430	490	560	610	650

ตาราง 4 (ต่อ)

สัญลักษณ์	มิติ	ระดับขนาด					
		1	2	3	4	5	6
h_3	ความสูงต่ำสุดขอบโต๊ะ (บริเวณหัวเข่า)	350	350	400	400	450	500
h_4	ความสูงต่ำสุดของโต๊ะ (บริเวณหน้าแข้ง)	250	250	300	300	350	350
w_1	ความกว้างต่ำสุดของโต๊ะ	400					
l	ความยาวต่ำสุดของโต๊ะ	600					
w_2	ความกว้างต่ำสุดช่องว่าง (บริเวณที่สอดเข่า)	440					
d_1	ความลึกต่ำสุดช่องว่าง (บริเวณที่สอดเข่า)	250					
d_2	ความลึกต่ำสุดช่องว่าง (บริเวณหน้าแข้ง)	330					

ตาราง 5 ขนาดเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1495-2541

สัญลักษณ์	มิติ	ระดับขนาด					
		1	2	3	4	5	6
	ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง	1050	1200	1370	1540	1650	1800
h_1	ความสูงพื้นรองนั่ง	260	300	340	380	420	460
d	ความลึกพื้นรองนั่ง	270	300	340	380	400	400
w_1	ความกว้างพื้นรองนั่ง ไม่น้อยกว่า	320		340		360	
h_2	จุดที่เริ่มมนในส่วนสัมผัสของพนักพิงตอนล่าง (ถ้ามี) ไม่เกิน	160	170	190	200	210	220
h_3	ความสูงจากระดับพื้นรองนั่งถึงขอบล่างพนักพิง (ถ้ามี) ไม่เกิน	120	130	150	160	170	190

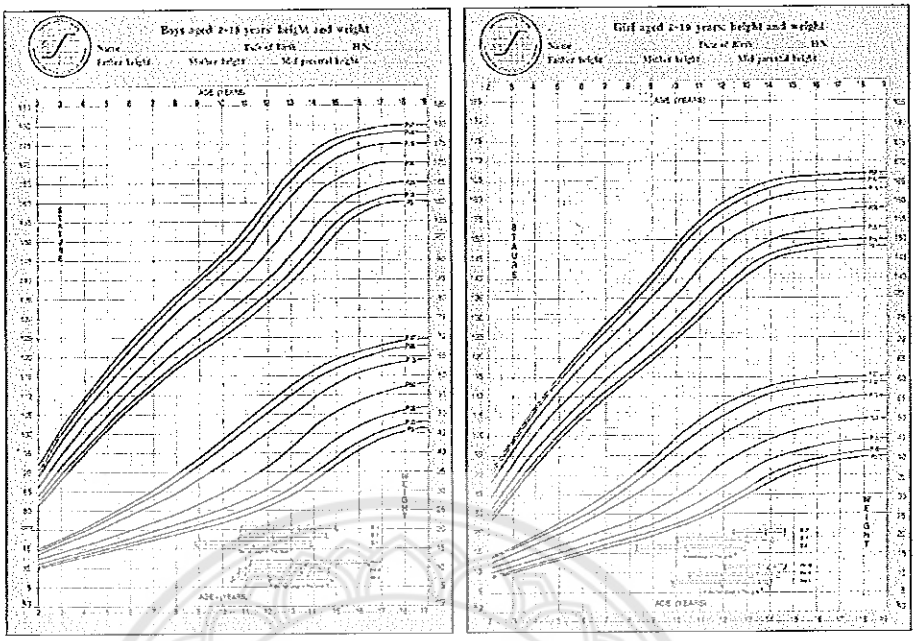
ตาราง 5 (ต่อ)

สัญลักษณ์	มิติ	ระดับขนาด					
		1	2	3	4	5	6
h_4	ความสูงจากระดับพื้นรองนั่งถึง ไม่น้อยกว่า	210	250	280	310	350	350
	ขอบบนพนักพิง ไม่เกิน	250	280	310	350	390	390
w_2	ความกว้างพนักพิง ไม่น้อยกว่า	250	250	250	280	280	280
r_1	รัศมีความมนของพื้นรองนั่งด้านหน้า	30 ถึง 50					
r_2	รัศมีความโค้งสัมผัสของพนักพิง ไม่น้อยกว่า	300					
s	มุมของพื้นรองนั่ง องศา	0 ถึง 4					
β	มุมของพนักพิง องศา	95 ถึง 105					

10. กราฟมาตรฐานอัตราการเจริญเติบโต (Growth Chart)

กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต (Growth Chart) เป็นเครื่องมือเบื้องต้นที่ใช้ในการติดตามพัฒนาการและประเมินภาวะการเจริญเติบโตของเด็กตามเพศ อายุ และเชื้อชาติ โดยแสดงออกมาในรูปกราฟ สำหรับประเทศไทยกราฟนี้พัฒนามาจากข้อมูลประชากรเด็กไทยของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข อายุตั้งแต่ 1 วัน จนถึงอายุ 19 ปี

กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต เป็นเส้นกราฟที่ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ เส้นกราฟกลุ่มล่างจะแสดงน้ำหนัก (กิโลกรัม) และเส้นกราฟกลุ่มบนจะแสดงความสูง (เซนติเมตร) โดยมีแกนนอนเป็นอายุ ได้แก่ 0-36 เดือน (1 ช่องย่อยเท่ากับ 1 เดือน) และอายุ 2-19 ปี (1 ช่องย่อยเท่ากับ 3 เดือน) และมีเส้นกราฟเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile) ที่ 3, 10, 25, 50, 75, 90 และ 97 ทั้งส่วนของน้ำหนักและความสูง ของเพศและอายุเดียวกันเป็นตัวเปรียบเทียบว่าเด็กมีพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน หรือสูงกว่า หรือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังภาพ 6



ภาพ 6 กราฟมาตรฐานแสดงอัตราการเจริญเติบโตของเด็กไทยอายุ 2-19 ปี

ที่มา: สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2542

วิธีการใช้กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต

เลือกกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตตามเพศ (สีชมพูสำหรับเด็กหญิง หรือสีฟ้าสำหรับเด็กชาย) และอายุ (0-36 เดือน หรือ 2-19 ปี) ให้ถูกต้อง จากนั้นให้นำความสูง (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กิโลกรัม) ของเด็ก ณ อายุที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มากำหนดจุดลงบนกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต เช่น เมื่อเด็กอายุ 8 ปีมีน้ำหนัก 25 กิโลกรัม ความสูง 65 เซนติเมตร ให้ลากเส้นแนวตั้ง (ขนานกับแกนตั้ง) ที่อายุ 8 ปี ขึ้นไปตัดกับเส้นแนวนอน (ขนานกับแกนนอน) ที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม และที่ความสูง 65 เซนติเมตร จะได้จุดตัดระหว่างอายุกับน้ำหนัก 1 จุด และจุดตัดระหว่างอายุกับความสูงอีก 1 จุด ให้ทำเช่นเดียวกันเมื่อเด็กมีอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะได้กราฟการเจริญเติบโตของเด็กทั้งส่วนที่แสดงเป็นน้ำหนัก (กราฟช่วงล่าง) และส่วนที่แสดงเป็นความสูง (กราฟช่วงบน) จากนั้นพิจารณาดูว่ากราฟการเจริญเติบโตของเด็กมีแนวโน้มเป็นไปตามเส้นกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตเปอร์เซ็นไทล์ที่เท่าไร และมีแนวโน้มว่าจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากเดิมหรือไม่

โดยงานวิจัยนี้ใช้ส่วนสูงและน้ำหนักกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเด็กอายุระหว่าง 12-17 ปี ซึ่งอยู่เป็นช่วงอายุที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษา โดยนำส่วนสูงและน้ำหนักที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 และ 90 ของเด็กผู้ชายนำมาใช้อ้างอิงในสมการพยากรณ์เพื่อหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้โรงเรียนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมของบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ทำการศึกษาหาแนวทางในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อยของงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการแก้ไขงานและพัฒนาวิจัยใหม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยทางศาสตร์ด้านการยศาสตร์สามารถนำไปปรับใช้ได้งานในหลายๆ ศาสตร์สาขาวิชา และงานด้านการปรับปรุงตรวจสอบขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียน นิสิต นักศึกษาในสถานศึกษาต่างๆ ที่ปรากฏทั้งในและต่างประเทศยังคงได้รับความสนใจจากนักวิจัยต่างๆ เป็นจำนวนมากและอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้จึงขอสรุปงานวิจัยที่ได้ค้นคว้ามาโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อเรื่องที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการเมื่อยล้าของผู้เรียน

วิถีการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นเด็กหรือผู้ใหญ่ ล้วนแล้วแต่ประสบปัญหาความเมื่อยล้าอันเนื่องจากการใช้กล้ามเนื้อมากเกินไป (Sihawong, 2006) งานวิจัยของวันชัย แหลมหลักสกุล (2551) ได้ทำการศึกษาการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกับไผ่โดยใช้หลักการยศาสตร์ที่สืบเนื่องจากเก้าอี้แบบเดิมทำให้เกิดความปวดเมื่อยกล้ามเมื่อยเกิดขึ้นมากส่งผลต่อการทำงาน ทางกรมคุ้มครองแรงงานจึงได้ออกหนังสือ "การยศาสตร์ในสถานที่ทำงาน" (วันชัย แหลมหลักสกุล, 2551) อาการเมื่อยล้าของเด็กมาจากหลายๆ ปัจจัย เช่น การเล่นกีฬานานๆ ต่อครั้ง การนั่งดูทีวีเป็นเวลานาน กระเป๋านักเรียนทั้งแบบสะพายและแบบถือที่มีน้ำหนักมากส่งผลต่ออาการปวดเมื่อยทั้งสิ้น รวมทั้งการนั่งในท่านั่งเป็นเวลานานๆ ก็เป็นสาเหตุหลักของอาการปวดหลัง (back pain) และปวดคอ (neck pain) ในเด็กได้ (Troussier, et al., 1994; Murphy, et al., 2004; Trevelyan and Legg, 2006) ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ แรงเค้นและความเครียดจากท่านั่ง และจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของร่างกาย (Grimes and Legg, 2004; Mokdad and Al-Ansari, 2009; Legg and Trevelyan, 2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอาการปวดหลังของเด็กที่โรงเรียนเพื่อหาสาเหตุว่าเกิดจากที่โรงเรียนจริงหรือไม่ โดยศึกษาจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออาการปวดหลังของเด็กอายุระหว่าง 11-14 ปี โดยมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบ

เกิดขึ้นจากท่านั่งและความสบายในการใช้เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน พบว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอาการปวดหลัง (Trevelyan and Legg, 2006; Min Jung Koh, et al., 2012) ได้ทำการประเมินความชุกของการเกิดอาการปวดคอและไหล่ในเด็กนักเรียนโรงเรียนมัธยมในประเทศเกาหลี ซึ่งพบว่าการดำเนินชีวิตของแต่ละบุคคล (Life Style) เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอาการได้ทั้งสิ้น (Min Jung Koh, 2012; Syazwan, et al., 2011) ทำการศึกษาเกี่ยวกับท่านั่งที่ไม่ดีและกระเป๋าเรียนที่หนักมากส่งผลให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อได้ (Syazwan, et al., 2011; Brewer, et al., 2009) ศึกษาความไม่เหมาะสมทางการยศาสตร์ที่โรงเรียนส่งผลกระทบต่ออาการปวดกล้ามเนื้อของนักเรียน (Brewer, et al., 2009) เผด็จชัย เนียมอ่ำ (2548) พบว่า ปัญหาปวดหลังส่วนล่าง (Low back pain) ในวัยเรียนพบไม่บ่อยเพราะอยู่ในช่วงเพิ่งเริ่มมีปัญหาแต่สามารถพัฒนาไปสู่อาการปวดหลังเรื้อรังในวัยผู้ใหญ่ได้ (เผด็จชัย เนียมอ่ำ, 2548) สาเหตุหนึ่งมาจากท่าทางการนั่งและกิจวัตรประจำวันเกี่ยวกับการนั่ง การนั่งหลังไม่ตรง (asymmetry) และการนั่งเก้าอี้สูง (height sitting) มีผลต่ออาการปวดหลังส่วนล่าง (Nissinen, et al., 1994) การปรับท่าทางการนั่งจึงควรนั่งหลังตรง ไม่นั่งหลังค่อมหรือตัวเอียง เก้าอี้นั่งควรมีพนักพิงและหลังต้องชิดกับพนักพิงโดยลงน้ำหนักที่ก้นทั้งสองข้างเท่ากัน (เผด็จชัย เนียมอ่ำ, 2548)

โต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนเป็นจุดสำคัญที่ส่งผลต่อท่านั่งของเด็กนักเรียนในระยะยาว พบว่าท่านั่งของเด็กที่ดีหรือไม่ดีจะส่งผลต่อท่านั่งเมื่อเป็นผู้ใหญ่ในอนาคต ซึ่งหากมีปัญหาจะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่า จากรายงานวิจัยของ Knight and Noyes (1999) พบว่า เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนจะสนับสนุนนักเรียนในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนหรือการเขียนบนโต๊ะ ช่วยเพิ่มความสบายและทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากผลการศึกษาที่เกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อของเด็กนักเรียนที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ส่งผลให้การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ต้องคำนึงถึงขนาดสัดส่วนมาตรฐานของนักเรียน ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการนำหลักการการยศาสตร์เบื้องต้นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วนี้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบค่าความไม่เหมาะสมของสัดส่วนร่างกายกับโต๊ะและเก้าอี้เรียน

โต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากสถานศึกษาจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ต้องใช้เวลานานในการนั่งเรียนในแต่ละวันจะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่น เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ (Neck) หลังตอนล่าง (Lower Back) ไหล่ (Shoulder) และศีรษะ (Head) ทำให้เด็กต้องมีการเคลื่อนไหวและขยับร่างกายบ่อยครั้ง (Milanese and Grimmer, 2004; Murphy, et al., 2004) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมาธิในการเรียนของผู้เรียนได้ (Hira, 1980) จาก

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่านักเรียนใช้เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน (เช่น โต๊ะและเก้าอี้เรียน) ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย (Evans, et al., 1988; Parcells, et al., 1999; Panagiotopoulou, et al., 2004; Gouvali and Boudolos, 2006; Castellucci, et al., 2010) และทำการศึกษาตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นจากใช้งานเฟอร์นิเจอร์ของโรงเรียน Hanninen and Koskelo (2003) พบว่า โต๊ะและเก้าอี้ของโรงเรียนแบบเก่าทำให้นักเรียนมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปวด คอ บ่า และหลัง (Hänninen Osmo, 2003) และมีอาการลดลงเมื่อมาใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่ถูกปรับปรุงแล้ว

Troussier, et al. (1999) พบว่า ร้อยละ 23 ของเด็กมีอาการปวดหลังช่วงล่างจากท่านั่งในห้องเรียนและมีอาการเพิ่มขึ้นระหว่างนั่งเรียน (Troussier, et al., 1999) การนั่งเป็นระยะเวลานานๆ ด้วยท่านั่งที่ไม่ถูกต้องและเก้าอี้นั่งที่ไม่เหมาะสมนำไปสู่อาการปวดหลังช่วงล่าง (Genaidy and Karwowski, 1993) ความหลากหลายของการออกแบบขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนถูกนำเสนอโดยจากการพัฒนาท่านั่งและการเคลื่อนไหวต่างๆ (J.F.M. Molenbroek, 2003) งานวิจัยของ Jung (2005) ได้พัฒนาตัวแบบของการปรับเปลี่ยนขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในสถานศึกษาและประเมินผลการปรับเปลี่ยนขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนพบว่าขนาดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของร่างกายโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 5970 (Jung, 2005) จากงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีขนาดที่ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน ส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดตามส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ซึ่งลักษณะพฤติกรรมการนั่งที่ไม่ดีในวัยเด็กจะเป็นปัญหาที่แก้ยากต่อการเปลี่ยนแปลงในวัยผู้ใหญ่ต่อไป (Yeats, 1997)

แม้พบว่า มีผู้ศึกษาถึงความเหมาะสม/ไม่เหมาะสมของสัดส่วนร่างกายกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2541 แต่ผ่านมาแล้วถึง 16 ปี (พีระ เรืองฤทธิ์, 2541) และในเด็กที่ระดับการศึกษาแตกต่างกันนั้นย่อมมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันด้วยและปัจจุบันโครงสร้างทางสรีระของเด็กไทยมีอัตราการเจริญเติบโตมากขึ้นกว่าที่ผ่านมา ส่วนรายงานวิจัยของต่างประเทศแม้จะมีผู้ศึกษาความเหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในชั้นเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแล้วก็ตามแต่โครงสร้างทางด้านสรีระของเด็กไทยกับเด็กในต่างประเทศแตกต่างกัน อีกทั้งมาตรฐานและการออกแบบของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ก็แตกต่างกัน อาทิเช่น Gouvali and Boudolos (2006) ได้ศึกษาความเหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนกับสัดส่วนของเด็กในช่วงอายุ 6-18 ปี โดยวัดค่าสัดส่วนขณะนั่ง 6 ค่าและแบ่งขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็น 3 ขนาด พบว่า ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในปัจจุบันไม่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนของเด็กนักเรียน (Gouvali and Boudolos, 2006; Castellucci, et al., 2010)

ศึกษาความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความสูงของที่นั่งและระยะระหว่างที่นั่งกับโต๊ะเรียนมีเปอร์เซนต์ความไม่เหมาะสมที่สูงมากๆ (Castellucci, et al., 2010; Castellucci, et al., 2014) ได้ทำการศึกษาในระยะต่อมาโดยหาสมการความสัมพันธ์ ซึ่งวัดค่าสัดส่วนจากท่ายืนมาเพื่อทำนายสัดส่วนในท่านั่งเนื่องจากเป็นสัดส่วนที่วัดได้ยากกว่า จากนั้นจะนำค่าเหล่านั้นมาหาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสม อีกทั้งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะนักเรียนชายในโรงเรียนโดยแบ่งกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็น 2 กลุ่ม (Castellucci, et al., 2014)

สำหรับเรื่องการเปรียบเทียบความเหมาะสม/ไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้นั้น ใช้วิธีการนำค่าสัดส่วนร่างกายในท่านั่งมาหาค่าความเหมาะสมกับสมการทางคณิตศาสตร์ตามขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ ซึ่ง Castellucci, et al. (2014) ได้ทำการรวบรวมสมการแสดงความสัมพันธ์ที่ใช้สำหรับประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ ดังแสดงในตาราง 6-7 และการเก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งที่วัดสัดส่วนร่างกายในท่านั่งแสดงดังภาพ 7 และการวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในมิติต่างๆ แสดงดังภาพ 8

ตาราง 6 สรุปสมการที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของเก้าอี้ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

มิติที่วัด	สมการ	ผู้แต่ง / ปี
SH	(PH+SC)cos30° <= SH <= (PH+SC)cos5°	(Afzan, et al., 2012; Agha, 2010; Castellucci, et al., 2010; Dianat, et al., 2013; Gouvali and Boudolos, 2006)
	0.88PH <= SH <= 0.95PH	(Batistão, et al., 2012; Brewer, et al., 2009; Chung and Wong, 2007; Cotton, O'Connell, Palmer and Rutland, 2002; I. L. K. Jayaratne and Fernando, 2009; K. Jayaratne, 2012; Panagiotopoulou, et al., 2004; Parcells, et al., 1999; Ramadan, 2011; S. M. Van Niekerk, Q. A. Louw, K. Grimmer-Somers, J. Harvey and K. J. Hendry, 2013)

ตาราง 6 (ต่อ)

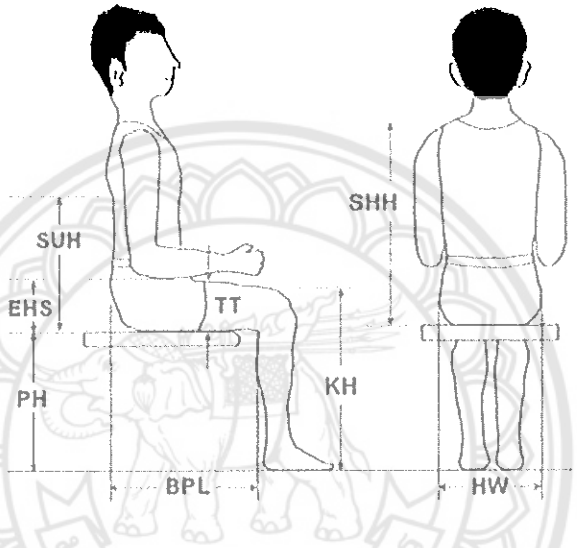
มิติที่วัด	สมการ	ผู้แต่ง / ปี
	0.80PH <= SH <= 0.99PH*	(Ramadan, 2011)
SD	0.80BPL <= SD <= 0.95BPL	(Afzan, et al., 2012; Agha, 2010; Brewer, et al., 2009; Castellucci, et al., 2010; Chung and Wong, 2007; Cotton, et al., 2002; Dianat, et al., 2013; Gouvali and Boudolos, 2006; I. L. K. Jayaratne and Fernando, 2009; K. Jayaratne, 2012; Panagiotopoulou, et al., 2004; Parcells, et al., 1999; S.-M. van Niekerk, et al., 2013)
	0.80BPL <= SD <= 0.99BPL	(Gouvali and Boudolos, 2006)
SW	HW < SW	(Afzan, et al., 2012; Castellucci, et al., 2010)
	1.1HW <= SW <= 1.3HW	(Dianat, et al., 2013; Gouvali and Boudolos, 2006; S. M. Van Niekerk, et al., 2013)
UEB	0.6SHH <= UEB <= 0.8SHH	(Afzan, et al., 2012; Agha, 2010; Dianat, et al., 2013; Gouvali and Boudolos, 2006)
	SUH >= UEB	(Castellucci, et al., 2010)

*Parcells, et al. (1999) ใช้สมการนี้

โดยค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินค่าความเหมาะสม ดังนี้

1. Stature (S) - ความสูงขณะยืน
2. SHH (Shoulder height sitting) - ความสูงหัวไหล่ขณะนั่ง
3. EHS (Elbow height sitting) - ความสูงข้อศอกขณะนั่งที่งอทำมุม 90 องศา
4. SUH (Subscapular height) - ความสูงจากที่นั่งถึงจุดต่ำสุดของกระดูกสะบัก

5. PHS (Popliteal height) - ความสูงขาพับ
6. KH (Knee height) - ความสูงเข่า
7. TT (Thigh thickness) - ความหน้าต้นขา
8. HW (Hip width) - ความกว้างสะโพก
9. BPL (Buttock Popliteal Length) - ความยาวสะโพกถึงขาพับ



ภาพ 7 การวัดสัดส่วนร่างกาย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ

ที่มา: Castellucci, et al., 2014

ตาราง 7 สรุปสมการที่ใช้ประเมินความเหมาะสมระหว่างขนาดของเก้าอี้และโต๊ะ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

มิติที่วัด	สมการ	ผู้แต่ง / ปี
SDC or	KH+SC+2 < UDH	(Agha, 2010)
UDH	KH+2 < UDH	(Brewer, et al., 2009; Castellucci, et al., 2010; Chung and Wong, 2007; Cotton, et al., 2002; Panagiotopoulou, et al., 2004; Parcells, et al., 1999)

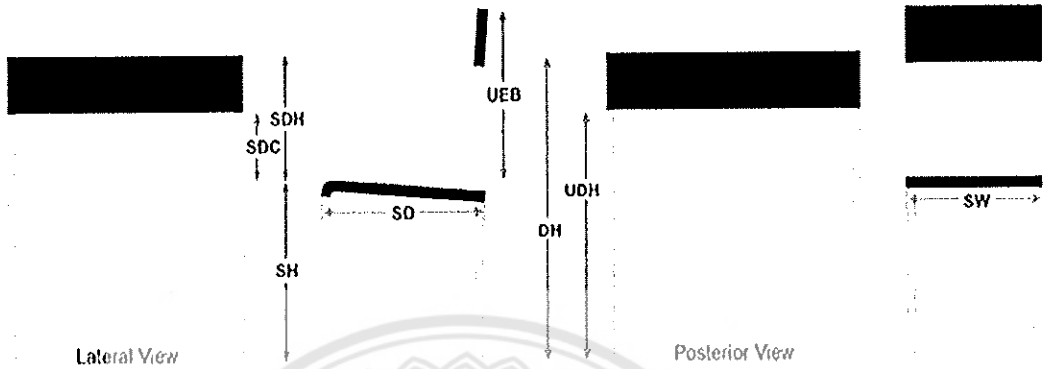
ตาราง 7 (ต่อ)

มิติที่วัด	สมการ	ผู้แต่ง / ปี
	TT+2 < SDC	(Gouvali and Boudolos, 2006)
	(KH+SC)+2 <= UDH <= [(PH+SC)cos5°] + (EHS*0.8517) + (SHH*0.1483) - 4	
	PH+20 < UDH	(I. L. K. Jayaratne and Fernando, 2009; K. Jayaratne, 2012)
DH or SDH	EHS+[(PH+CS)cos30° <= DH <= [(PH+CS)cos5°]+EHS*0.8517 + SHH*0.1483	(Afzan, et al., 2012; Agha, 2010; Gouvali and Boudolos, 2006)
	EHS <= SDH <= EHS*0.8517+SHH*0.1483	(Batistão, et al., 2012; Brewer, et al., 2009)
	EHS <= SDH <= EHS+5	(Castellucci, et al., 2010; Dianat, et al., 2013)
	(SH+EHS*0.8517+SHH*0.1483)-DH < 0; desk is too high	(Chung and Wong, 2007)
	((EHS*0.8517+SHH*0.1483)+[SH+(sinX°SD)]) - DH < 0; desk is too high	(Cotton, et al., 2002)
	SH+EHS <= DH <= SH+EHS*0.8517+SH*0.1483	(Panagiotopoulou, et al., 2004; Ramadan, 2011)
	[SH-(sinX°SD)] + EHS <= DH <= [SH-(sinX°SD)] + EHS*0.8517+ SHH*0.1483	(Parcells, et al., 1999)

ตัวแปรที่ใช้วัดค่าความเหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน ดังนี้

1. SH (Seat Height) - ความสูงที่นั่งเก้าอี้
2. SD (Seat Depth) - ความลึกเก้าอี้
3. SW (Seat Width) - ความกว้างเก้าอี้
4. UEB (Upper edge of backrest) - ความสูงด้านบนของพนักพิงหลัง
5. DH (Desk height) or SDH - ความสูงโต๊ะ (หรือ

6. UDH (Underneath desk height) - ความสูงขอบล่างของโต๊ะ
7. SC (Shoe correction) - ความสูงพื้นรองเท้า



ภาพ 8 การวัดขนาดของเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน

ที่มา: Castellucci, et al., 2014

นอกจากนี้ในการเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายกับขนาดของเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนนั้น ตามหลักการออกแบบจะวัดขนาดความเหมาะสมจากสัดส่วนร่างกายขณะนั่ง (Sitting Anthropometric) ซึ่งตามการวัดตามหลักการแอนโธรโพเมตรี (Anthropometry) เนื่องจากการได้มาซึ่งข้อมูลสัดส่วนขณะนั่งเป็นค่าที่วัดยากและลำบากต้องใช้เวลาไม่น้อยสำหรับการวัดนักเรียน 1 คน ซึ่งทำให้เสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นมาก ดังนั้นการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่จะเก็บข้อมูลสัดส่วนขณะยืนมากกว่าเนื่องจากวัดง่ายกว่าและบางครั้งทางโรงเรียนต่างๆ มีการเก็บข้อมูลสัดส่วนท่ายืนบางค่าที่นำมาใช้ในการคาดคะเนสัดส่วนท่านั่งเป็นประจำทุกปีอยู่แล้ว เช่น ค่าน้ำหนัก ส่วนสูง โดยมีงานวิจัยอีกหลายๆ เรื่อง ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่าที่ต้องการในอนาคตออกมาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการเป็นพยากรณ์ เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะใช้วิธีการประมาณการหรือคาดคะเน (Estimation) หรือเรียกว่าการพยากรณ์ (Forecasting) โดยทำการพยากรณ์ค่าขนาดสัดส่วนร่างกายท่านั่งเป็นค่าที่วัดยากด้วยขนาดสัดส่วนร่างกายท่ายืนที่เป็นค่าที่วัดได้ง่ายกว่า

การพยากรณ์ คือ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งต้องอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และข้อมูลในอดีตเข้ามาช่วย และไปประยุกต์ใช้งานกับงานด้าน

ต่างๆ หลายๆ งานวิจัยได้นำเสนอเทคนิคการคาดคะเนหรือการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) และพบว่า ให้ค่าการพยากรณ์ได้แม่นยำมาก เกียรติศักดิ์ จันทร์แก้ว และสุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ (2554) ได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาปาล์มน้ำมันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมฟังก์ชันพหุนามและโครงข่ายประสาทเทียม ผลการวิจัยพบว่า โครงข่ายประสาทเทียมฟังก์ชันพหุนามเป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุด (เกียรติศักดิ์ จันทร์แก้ว, 2554; ฐกฤต ปานขลิบ, 2556) นำเสนอวิธีการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและโครงข่ายประสาทเทียม ผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำมากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (ฐกฤต ปานขลิบ, 2013; ธนาวุฒิ ประกอบผล, 2555) เสนอวิธีการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการถดถอยพหุคูณจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการพยากรณ์ที่แม่ยำที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อน (MSE) และค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (ธนาวุฒิ ประกอบผล, 2554)

ส่วนงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการคาดคะเนหรือพยากรณ์สัดส่วนร่างกายที่นำมาใช้เพื่อดูความเหมาะสมกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ปัจจุบัน เช่น Salah R. Agha and Mohammed J. Alnahhal (2012) เสนอวิธีการพยากรณ์สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนตามหลักการยศาสตร์ด้วยการเปรียบเทียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลที่แม่นยำกว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Agha and Alnahhal, 2012; Samuel A. Oyewole, et al., 2010) ได้นำเสนอการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในห้องเรียนและห้องคอมพิวเตอร์ตามหลักการยศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ได้นำค่าส่วนสูงมาพยากรณ์ค่าสัดส่วนนั่งในการออกแบบโต๊ะเก้าอี้เรียนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) จากนั้นเปรียบเทียบความเหมาะสมโดยดูจากขนาดความสูงจาก Growth Chart ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ ผลการวิจัยพบว่า ได้ขนาดเฟอร์นิเจอร์ออกมาตามเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 เนื่องจากโรงเรียนไม่สามารถซื้อโต๊ะเก้าอี้ได้หลากหลายขนาดจึงเลือกที่คนสูงนั่งสบาย (Oyewole, et al., 2010)

งานวิจัยในประเทศไทยที่เป็นการออกแบบเชิงการยศาสตร์สำหรับเก้าอี้นั่งเรียนและโต๊ะเรียนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษาในสถานศึกษา ซึ่งใช้สมการถดถอยเพื่อหาความเหมาะสม (บุตรี กาเด็น, 2554; สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์ และไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 2554)

ได้เสนอวิธีการทำนายข้อมูลสัดส่วนร่างกายเพื่อการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนประถมศึกษา ซึ่งได้นำสมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณมาใช้หาความสัมพันธ์ดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่าสัดส่วนในลักษณะที่เป็นรยางค์ของร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกายขณะยืนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนเหล่านี้จึงเลือกใช้ส่วนสูงมาทำนาย และสำหรับสัดส่วนในบริเวณที่สะสมไขมันตามร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของร่างกาย ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนควรเลือกสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านน้ำหนักมาทำนาย (สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์, 2554)

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการพยากรณ์สัดส่วนที่วัดค่ายาก (ท่านั่ง) ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) การใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression) และวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทต่างๆ ที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกลุ่มหรือแบ่งกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน

สำหรับประเทศไทยมีการออกมาตรฐานที่ใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในสถานที่ศึกษาโดยยึดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน: มอก. 1494-2541 และเก้าอี้เรียน: มอก.1495-2541 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) โดยจัดขนาดออกเป็น 6 ขนาด และตามช่วงชั้นการศึกษา

เนื่องจากเด็กในระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 มีอัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีอย่างต่อเนื่อง ส่วนการเจริญเติบโตของเด็กในระดับอุดมศึกษาจะมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยลง แต่สำหรับเด็กในระดับมัธยมศึกษาในช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เด็กจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน แต่ช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอัตราการเจริญเติบโตจะค่อยๆ ลดลง (ดูภาพ 23) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวพบว่า เป็นอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่าง จึงไม่สามารถใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาหรือเอาผลการวิจัยเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์กับเด็กนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาได้

แม้พบว่า มีผู้ศึกษาถึงความเหมาะสมของสัดส่วนร่างกายกับโต๊ะและเก้าอี้เรียนในเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2541 แต่ผ่านมาแล้ว 16 ปี (พีระ เรืองฤทธิ์, 2541) และในเด็กที่ระดับการศึกษาแตกต่างกันมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันด้วย อีกทั้งปัจจุบันโครงสร้างทางสรีระของเด็กไทยมีอัตราการเจริญเติบโตมากขึ้นกว่าที่ผ่านมา ส่วนรายงานวิจัยของต่างประเทศแม้จะมีผู้ศึกษาความเหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายกับโต๊ะและเก้าอี้ในชั้นเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแล้วก็ตามแต่โครงสร้างทางด้านสรีระของเด็กไทยกับเด็กในต่างประเทศ

แตกต่างกัน อีกทั้งมาตรฐานและการออกแบบของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ก็แตกต่างกัน อาทิเช่น Gouvali and Boudolos ได้ศึกษาความเหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนกับสัดส่วนของเด็กในช่วงอายุ 6-18 ปี โดยวัดค่าสัดส่วนขณะนั่ง 6 ค่าและแบ่งขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็น 3 ขนาด พบว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในปัจจุบันไม่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนของเด็กนักเรียน (Gouvali and Boudolos, 2006; Castellucci, et al., 2010) ศึกษาความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความสูงของที่นั่งและระยะระหว่างที่นั่งกับโต๊ะเรียนมีเปอร์เซ็นต์ความไม่เหมาะสมที่สูงมากๆ (Castellucci, et al., 2010) และ Castellucci ได้ทำการศึกษาในระยะต่อมาโดยหาสมการความสัมพันธ์ ซึ่งวัดค่าสัดส่วนจากท่ายืนมาเพื่อทำนายสัดส่วนในท่านั่งเนื่องจากเป็นสัดส่วนที่วัดได้ยากกว่า จากนั้นจะนำค่าเหล่ามาหาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสม อีกทั้งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะนักเรียนชายในโรงเรียนโดยแบ่งกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็น 2 กลุ่ม (Castellucci, et al., 2014)

Molenbroek, et al. (2003) ได้ทำการทบทวนมาตรฐานของขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนเพื่อให้เหมาะสมกับเด็กนักเรียนในแถบยุโรปมากที่สุด โดยใช้การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นไทล์ของส่วนสูงนักเรียนและความสูงของขาพับ พบว่าวิธีการแบ่งกลุ่มโดยใช้ความสูงของขาพับใช้ในการแบ่งกลุ่มได้ดีกว่าส่วนสูง (Molenbroek JFM, 2003; Ismaila, et al., 2015) ได้ทำการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาประเทศไนจีเรีย โดยใช้วิธีการกำหนดขนาดการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มโดยใช้ค่าเปอร์ไซต์ไทล์ในการกำหนดขนาดเช่นกัน (ISMAILA, et al., 2015; Khalid S. Al-Saleh, et al., 2013) ได้เสนอการปรับปรุงเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนตามหลักการยศาสตร์หรับนักเรียนชาย โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้ตามช่วงอายุของเด็กและกำหนดขนาดเฟอร์นิเจอร์ของโรงเรียนโดยใช้เทคนิคการกำหนดค่าเปอร์เซ็นไทล์ ผลการวิจัยพบว่าหลังจากที่มีการปรับปรุงขนาดเฟอร์นิเจอร์แบบใหม่ช่วยลดอาการปวดกล้ามเนื้อของเด็กลงได้ (K.S. Al-Saleh, et al., 2013)

กาญจนา จรัญศิริไพศาล และคณะ (2554) ได้นำเสนอวิธีการจัดกลุ่มแบบใหม่ที่เรียกว่าเคอินเวอร์สฮาร์โมนิกมีน (K-Inverse harmonic means: KIHM) เป็นเทคนิคที่พิจารณาการแบ่งกลุ่มข้อมูลจากความคล้ายกันของข้อมูลซึ่งถูกพัฒนามาจากวิธีเคมีนส์ (K-means) โดยคำนวณหาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลด้วยฟังก์ชั่นเรเดียลเบสิส แบบผกผัน (Inverse radial basis function) สามารถช่วยลดจำนวนรอบในการหาคำตอบลงได้และเมื่อนำมาทดสอบกับชุดข้อมูลจริงให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการจัดกลุ่มแบบเคฮาร์โมนิกมีน (กาญจนา จรัญศิริไพศาล และคณะ, 2554) สุมาลี อิสริโยดม และอุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน (2557) ได้ทำการวิจัยนำเสนอการเปรียบเทียบการใช้

เทคนิคการแบ่งกลุ่มที่เหมาะสมด้วยวิธีเคมีนส์ ฟัซซี่ซีมีนส์ และเอ็นโทรปีฟัซซี่ซีมีนส์ โดยการกำหนดจุดศูนย์กลางของกลุ่มเริ่มต้นด้วยวิธีเคมีนส์ไลท์และพบว่า วิธีการแบบฟัซซี่ซีมีนส์ร่วมกับวิธีปรับปรุงจุดศูนย์กลางกลุ่มเริ่มต้นมีประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มข้อมูลดีที่สุด (สุมาลี อิสริโยดม และอุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน, 2557; Treerattanapitak and Jaruskulchai, 2012) เสนอวิธีเอ็กโพรเนียนเชียลฟัซซี่ซีมีน (Exponential fuzzy C-means) เพื่อพัฒนาวิธีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิก ซึ่งพบว่าวิธีนี้ช่วยแบ่งกลุ่มข้อมูลได้มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีฟัซซี่ซีมีนส์แบบอื่นๆ บางงานวิจัยนำเทคนิคเคมีนส์มาช่วยในการแบ่งกลุ่มข้อมูลจากภาพถ่ายการตรวจเต้านม (Mammographic Image) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลได้อย่างแม่นยำ (Antony and Ravi, 2012) ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับการแบ่งกลุ่มจะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีการนำเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์และมีการปรับปรุงวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์มาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานหลายๆ ศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นทางการแพทย์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากให้ค่าความแม่นยำในการแบ่งกลุ่มหรือจัดกลุ่มข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณางานด้านการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนยังไม่มีงานวิจัยใดนำวิธีการนี้มาใช้ในการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงนำวิธีการใหม่คือการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ปัญหาการเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้บริหารโรงเรียนต่างๆ ต้องคำนึงถึง เพื่อช่วยลดอาการเมื่อยล้าของนักเรียน และขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสม ส่งผลให้นักเรียนนั่งเรียนในท่านั่งที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์และส่งผลดีต่อโครงสร้างทางสรีระในอนาคต แต่การจัดสรรขนาดให้เหมาะสมกับนักเรียนทุกคนในโรงเรียนเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องอาศัยวิธีการแบ่งกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นต่างๆ โดยพิจารณาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ด้วยการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ เช่น Growth Chart, K-means, และการ Fix Size ซึ่งในแต่ละแบบสามารถแบ่งเป็นวิธีการย่อยๆ ได้อีกหลายวิธี และโดยปกติการแบ่งกลุ่มจะวัดสัดส่วนท่านั่งของนักเรียน (Sitting Anthropometry) และนำไปหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้ (dimension) ที่เหมาะสม แต่การวัดในลักษณะนี้เป็นการวัดค่าที่ยากและต้องอาศัยเครื่องมือวัดที่แม่นยำ อีกทั้งยังใช้เวลามากในการวัดค่าแต่ละคน ในงานวิจัยนี้จึงใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยพยากรณ์ขนาดสัดส่วนร่างกายท่านั่ง (Sitting Anthropometric) ด้วยขนาดสัดส่วนร่างกายท่ายืน (Standing Anthropometric) ซึ่งค่าสัดส่วนร่างกายขณะยืนที่นำมาใช้คือ ส่วนสูงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าที่วัดง่ายและทางโรงเรียนต่างๆ มีการเก็บข้อมูลค่าส่วนสูงและน้ำหนักนี้ในทุกๆ ปีอยู่แล้ว ดังนั้นงานวิจัยที่ผ่านมามีการแบ่งกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง แต่งานวิจัยนี้จะเป็นการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยยึดหลักแบ่งกลุ่มสัดส่วนท่านั่งที่ได้มาจากค่าสัดส่วนท่ายืน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกกว่าการวัดสัดส่วนในท่านั่ง ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะอธิบายถึงเงื่อนไข ข้อตกลงเบื้องต้น และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1- 6 โรงเรียนมัธยมศึกษา 2 แห่งในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย และเก็บรวบรวมข้อมูล 2 รอบ เมื่อเดือนกรกฎาคม 2557 และเดือนกุมภาพันธ์ 2558 โดยโรงเรียนแห่งแรก เก็บข้อมูลจำนวน 670 คน เพื่อใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง ส่วนข้อมูลโรงเรียนแห่งที่สอง จำนวน 228 คน เพื่อนำมาใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของส่วนสูงและน้ำหนักของโรงเรียนทั้งสองแห่งว่าแตกต่างกันหรือไม่ ก่อนนำข้อมูลมาใช้ตรวจสอบ

กับสมการพยากรณ์ ซึ่งใช้ตาราง 8 ซึ่งเป็นตารางสำเร็จรูปของยามาเน่ในการพิจารณาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่าที่ขนาดความคลาดเคลื่อน ± 5% ของขนาดประชากร ∞

ตาราง 8 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ

ขนาดประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ขนาดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ					
	± 1%	± 2%	± 3%	± 4%	± 5%	± 10%
500	*	*	*	*	222	83
1000	*	*	*	385	286	91
1500	*	*	638	441	316	94
2000	*	*	714	476	333	95
2500	*	1250	769	500	345	96
3000	*	1458	811	517	353	97
3500	*	1364	843	530	359	97
4000	*	1538	870	541	364	98
4500	*	1607	891	549	367	98
5000	*	1667	909	556	370	98
6000	*	1765	938	566	37	98
7000	*	1842	959	574	378	99
8000	*	1905	975	580	381	99
9000	*	1957	989	584	383	99
10000	5000	2000	1000	588	385	99
15000	6000	2143	1034	600	390	99
20000	6667	2222	1053	606	392	100
25000	7143	2273	1064	610	394	100
50000	8333	2381	1087	617	397	100
100000	9091	2439	1099	621	398	100
∞	10000	2500	1111	625	400	100

หมายเหตุ: * หมายถึง ขนาดตัวอย่างไม่เหมาะสมที่จะ assume ให้เป็นการกระจายแบบปกติ จึงไม่สามารถใช้สูตรคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้

สูตรสำหรับคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของทาโรยามาเน่ (Taro Yamane) คือ

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

โดยที่ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N คือ ขนาดของประชากร

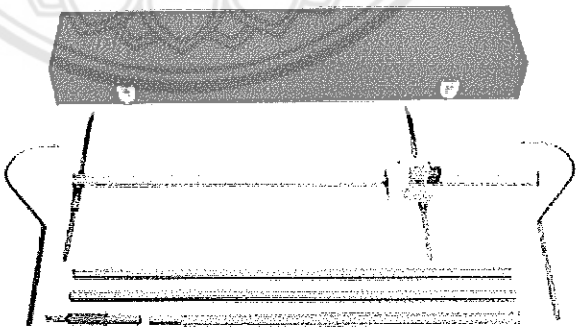
e คือ ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

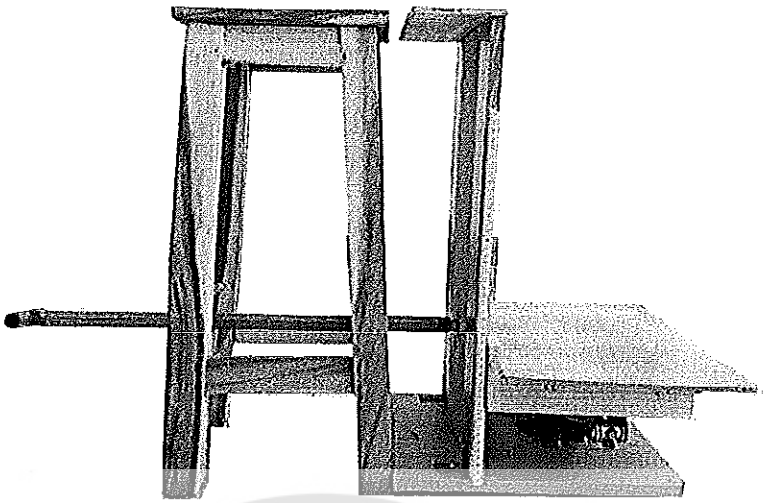
ด้านฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ค่า MisMatch

2. เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ได้แก่ เครื่องแอนโธรโพเมเตอร์ (ภาพ 9), เครื่องวัดสัดส่วนท่านั่ง (ภาพ 10), เครื่องวัดส่วนสูง เครื่องชั่งน้ำหนัก และสายวัดเส้นรอบวง



ภาพ 9 เครื่องแอนโธรโพเมเตอร์ (Anthropometer)



ภาพ 10 เครื่องมือวัดสัดส่วนท่านั่ง

ด้านซอฟท์แวร์

1. โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ค่าสถิติและการแบ่งกลุ่ม Excel, Minitab และ Spss
2. โปรแกรม Excel ใช้คำนวณค่าความเหมาะสม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในขณะยืน (Standing Posture) และขณะนั่ง (Sitting Posture) ดังแสดงในตาราง 9 (ภาพ 10) โดยวัดตามหลักการแอนโธรโพเมตรี (Antropometry) และวัดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียน 6 ค่า ดังแสดงในตาราง 10 ที่ใช้ในปัจจุบันของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ดังนี้

ตาราง 9 การวัดสัดส่วนท่ายืนและท่านั่งของงานวิจัย

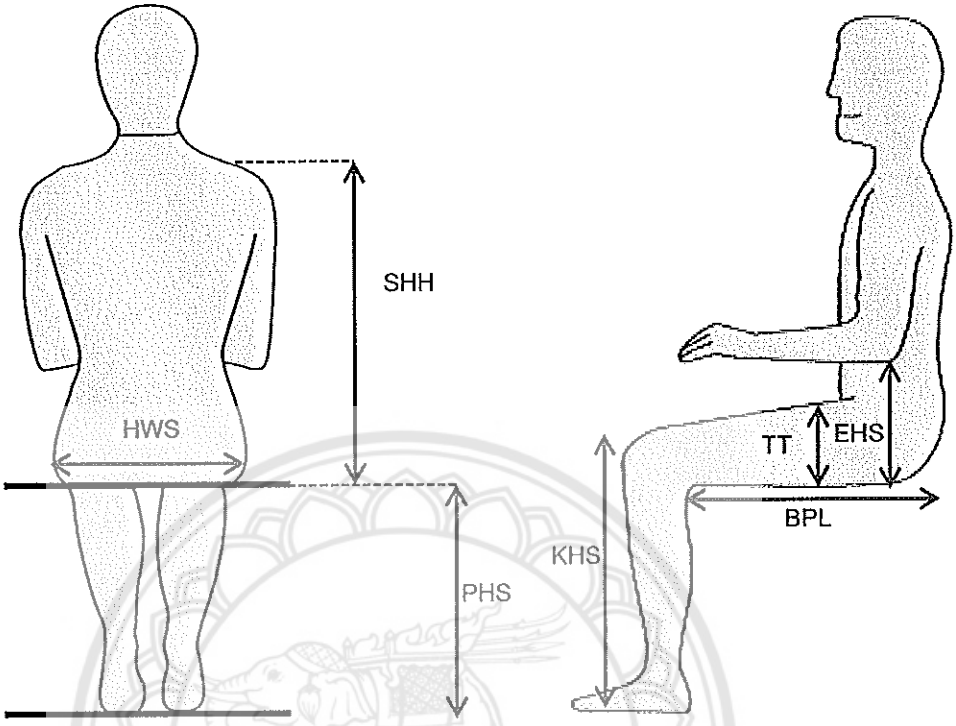
ท่ายืน	ท่านั่ง
1. ความสูงยืน (Stature: S)	1. ความสูงจากระดับที่นั่งถึงระดับไหล่ (Shoulder Height, Sitting:SHS)
2. น้ำหนัก (Weight: W)	2. ความสูงจากระดับที่นั่งถึงระดับศอก (Elbow Rest Height, Sitting: EHS)
	3. ความสูงจากพื้นถึงเข่าตอนบน (Knee Height, Sitting: KHS)

ตาราง 9 (ต่อ)

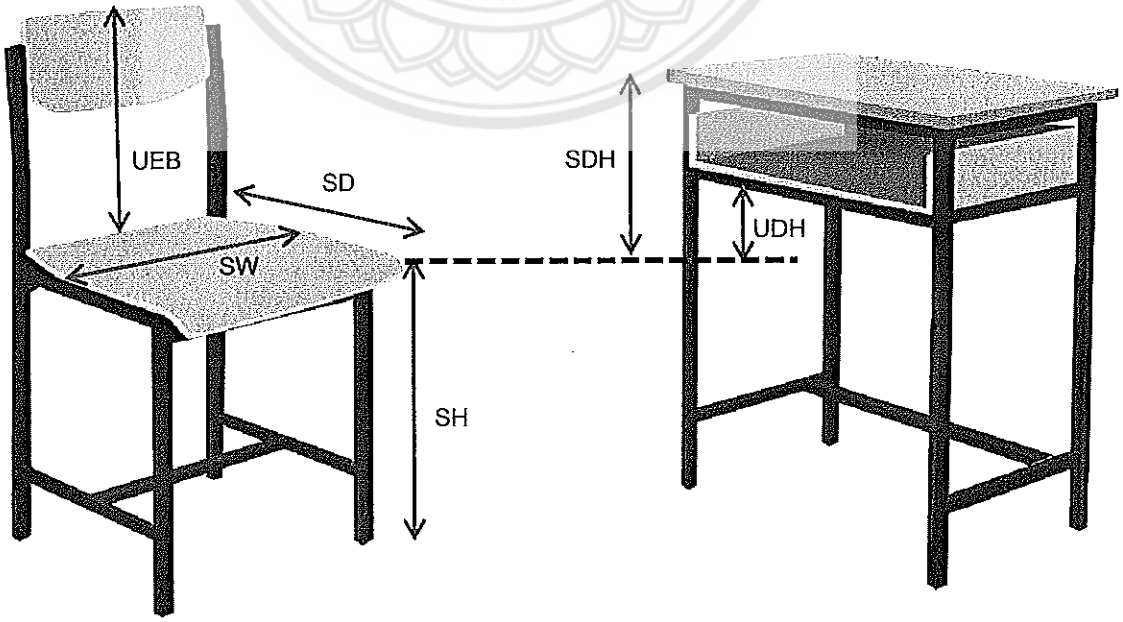
ท่ายืน	ท่านั่ง
	4. ความสูงจากระดับที่นั่งถึงระดับไหล่ (Shoulder Height, Sitting:SHS) 5. ความสูงจากระดับที่นั่งถึงระดับศอก (Elbow Rest Height, Sitting: EHS) 6. ความสูงจากพื้นถึงเข่าตอนบน (Knee Height, Sitting: KHS) 7. ความสูงจากพื้นถึงขาพับ (Popliteal Height, Sitting: PHS) 8. ความหนาต้นขา (Thigh Thickness: TT) 9. ระยะจากก้นถึงข้อพับเข่า (Buttock-popliteal Length: BPL) 10. ความกว้างของสะโพก (Hip Width, Sitting: HWS)

ตาราง 10 การวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม (Desk-Chair Dimensions)

โต๊ะ (Desk Dimensions)	เก้าอี้ (Chair Dimensions)
ความสูงขอบบนสุด (Seat to Desk Height: SDH) ความสูงขอบล่าง (Under Desk Height: UDH)	ความสูงเก้าอี้ (Seat Height: SH) ความลึกเก้าอี้ (Seat Depth: SD) ความกว้างเก้าอี้ (Seat Width: SW) ความสูงพนักพิงหลัง (Upper Edge of Backrest: UEB)



ภาพ 11 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายท่านั่ง (Sitting Anthropometry)



ภาพ 12 การวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน (Desk and Chair Dimensions)

ลำดับขั้นตอนการวิจัย

การศึกษากระบวนการในการพิจารณาจัดซื้อโต๊ะและเก้าอี้โรงเรียน โดยให้ค่าที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนมากที่สุดมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. การเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์

โดยดำเนินการประสานงานทำหนังสือขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลไปยังสถานศึกษา และดำเนินการจัดตารางการนัดหมายในการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งฝึกปฏิบัติเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลให้กับผู้ช่วยเก็บข้อมูลทุกคน

2. เก็บรวบรวมข้อมูล

โดยการวัดสัดส่วนร่างกายทั้งท่านั่งและท่ายืนตามหลักการแอนโธรโพเมตรี (Anthropometry) ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

3. หาสมการความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายท่านั่งกับส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI)

นำข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก และคำนวณค่า BMI แล้วนำมาหาสมการความสัมพันธ์กับค่าสัดส่วนขณะนั่ง โดยใช้วิธีทางสถิติ (Simple Linear Regressing)

4. ทดสอบความเชื่อมั่นของสมการด้วยข้อมูลสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้ทดสอบ

5. การจัดกลุ่ม (Clustering) นักเรียนที่เหมาะสมกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้ต่างๆ

ใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering Analysis) เพื่อนำมาหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบต่างๆ เช่น วิธีการแบ่งกลุ่มตาม Growth Chart, เทคนิคเคมีนส์ (K-means) และวิธีการกำหนดขนาด (Fix Size) ซึ่งในแต่ละแบบจะทดสอบการแบ่งจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน และจากนั้นจะนำขนาดโต๊ะกับเก้าอี้ที่ได้ในแต่ละกลุ่มไปทดสอบใช้กับข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายขณะนั่ง เพื่อหาค่าความเหมาะสม (Match) ระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน

6. ประเมินค่าความเหมาะสมด้วยการตรวจสอบกับอสมการ

จากการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนด้วยวิธีการต่างๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมที่ได้จากอสมการ และเลือกวิธีการจัดกลุ่มที่ทำให้ได้ค่าความเหมาะสมมากที่สุด

7. การออกแบบแท่นรองเท้า

เนื่องจากโต๊ะและเก้าอี้ไม่สามารถปรับระดับได้ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบแท่นรองเท้าซึ่งจะมีความสูงเหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนแต่ละคน โดยจะนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 3 ของกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตของเด็กไทย (Growth Chart) มาใช้พยากรณ์ค่าความสูงของขาพับเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับความสูงของเก้าอี้

8. ทดสอบความพึงพอใจของแท่นรองเท้า

นำแท่นรองเท้าที่ถูกออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดของนักเรียนแต่ละคนมาทดลองใช้และสอบถามถึงความพึงพอใจในการใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นหรือขนาดสัดส่วนท่ายืนกับตัวแปรตามหรือขนาดสัดส่วนท่านั่ง โดยใช้โปรแกรม SPSS และใช้หลักการทางสถิติคือการตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูล การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย โดยดูค่าความเชื่อมั่นและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่ได้ เพื่อที่จะได้สมการไปพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งที่วัดค่าได้ยาก

2. ทดสอบความเหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ปัจจุบันโดยโปรแกรม Excel เป็นตัวแบบการตัดสินใจเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยวิธีการจัดกลุ่มลักษณะต่างๆ แล้วตรวจสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมออกมา (Match)

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดข้อมูลสัดส่วนร่างกายใช้เครื่องมือแอนโธรโมเตอร์ (Anthropometer) เครื่องวัดส่วนสูงและเครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องวัดสัดส่วนท่านั่งที่ถูกออกแบบมาตามหลักเออร์กอนอมิกส์ และสายวัดตัวเพื่อวัดเส้นรอบวง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักทางสถิติ เพื่อสร้างตัวแบบกระบวนการในการแก้ไขปัญหาการหาขนาดโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย (Anthropometric measurement) ของนักเรียน โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับพยากรณ์สัดส่วนร่างกายในท่านั่งซึ่งเป็นค่าที่วัดได้ยากด้วยสัดส่วนร่างกายในท่ายืน ซึ่งใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ในการหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนท่านั่งกับส่วนสูงและค่า BMI (Body Mass Index) จากนั้นนำสัดส่วนร่างกายในท่ายืนมาหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering Method) รูปแบบต่างๆ ได้แก่ การจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามส่วนสูงและน้ำหนักที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 10 และ 90 จากกราฟอัตราการเจริญเติบโตของเด็ก (Growth Chart) การจัดกลุ่มแบบกำหนดขนาด (Fix Size) และการใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ (K-means Clustering) แล้วเปรียบเทียบความไม่เหมาะสม (MisMatch) ของการจัดกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ในรูปแบบต่างๆ กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้งาน และสรุปผลรูปแบบการจัดกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ค่าความเหมาะสม (Match) มากที่สุด ซึ่งจะทำให้โรงเรียนต่างๆ ทราบจำนวนโต๊ะและเก้าอี้เรียนในขนาดใดและจำนวนเท่าใดที่ควรจะสั่งซื้อเพิ่มหรือทดแทนในอนาคตได้อย่างถูกต้อง

ส่วนสุดท้ายของงานวิจัยนำเสนอขนาดของแท่นรองเท้าที่ใช้วางเท้าในขณะนั่งเรียนสำหรับนักเรียนที่มีขนาดสัดส่วนความสูงของขาพับสั้นกว่าความสูงของเก้าอี้ทำให้ในขณะที่นั่งเรียนขาจะลอยเหนือพื้น ซึ่งแท่นรองเท้าจะช่วยรับน้ำหนักแรงกดที่เกิดขึ้นบริเวณขาท่อนบนได้เป็นอย่างดี ช่วยให้การไหลเวียนของเลือดสะดวกขึ้นและไม่ทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยบริเวณขาได้ โดยนำเสนอรายละเอียดของผลการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

การจัดทำแบบสอบถามถึงปัญหาที่พบจากการนั่งเรียนในปัจจุบัน

แบบสำรวจความพึงพอใจการใช้โต๊ะและเก้าอี้ในการนั่งเรียนของนักเรียนในปัจจุบันนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ เพื่อนำข้อมูลผลการประเมินผลดังกล่าวไปพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้

เหมาะสม ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดความสะดวกสบายในการนั่งเรียนได้ดีขึ้น จากการสำรวจนักเรียนกลุ่มตัวอย่างของโรงเรียนแห่งหนึ่ง โดยใช้แบบสอบถามปลายเปิด แสดงผลการประเมินดังนี้

ด้านข้อมูลทั่วไป

ตาราง 11 ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและระดับการศึกษา

เพศ	ระดับ						รวม
	ม.1	ม.2	ม.3	ม 4	ม.5	ม.6	
หญิง	65	50	64	96	88	52	415
ชาย	42	45	55	63	44	6	255
รวม	107	95	119	159	132	58	670

จากตาราง 11 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้ไปเก็บข้อมูลแบบสอบถามและวัดสัดส่วนร่างกาย รวมทั้งสิ้นจำนวน 670 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 415 คน คิดเป็นร้อยละ 61.94 และเพศชายจำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 38.06 แบ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 321 คน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 349 คน

ด้านข้อเสนอแนะ / การปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการให้ปรับปรุงเกี่ยวกับโต๊ะและเก้าอี้เรียนของโรงเรียน โดยเรียงลำดับตามข้อคิดเห็นที่มีผู้เสนอแนะควรปรับปรุงจากมากไปหาน้อย

1. เก้าอี้ชำรุด ควรให้มีความแข็งแรง ทนทานกว่านี้
2. เก้าอี้มีความสูงน้อยเกินไป
3. ช่องว่างระหว่างขากับลิ้นชักใต้โต๊ะมีขนาดน้อยเกินไปทำให้ขาเคลื่อนที่ไม่สะดวก
4. พนักพิงหลังต่ำเกินไปและควรมีความลาดเอียง
5. โต๊ะต่ำเกินไปทำให้ต้องก้มเขียนหนังสือ ปวดหลัง
6. ควรให้โต๊ะและเก้าอี้มีขนาดความกว้างมากกว่านี้
7. อยากให้เพิ่มที่พักเท้าใต้โต๊ะ
8. อยากให้มีปลั๊กไฟใต้โต๊ะเรียน
9. อยากให้เก้าอี้มีที่รองแขน

10. อยากให้โต๊ะและเก้าอี้เรียนสามารถปรับระดับได้เพื่อให้เหมาะสมกับสัดส่วนของแต่ละคน

11. อยากให้ลิ้นชักมีช่องใส่เอกสารใหญ่ขึ้น

12. อยากให้เก้าอี้ลึกว่านี้

13. อยากให้เก้าอี้มีที่รองบริเวณหลังส่วนล่าง

14. โต๊ะมีขนาดสูงเกินไป

จากการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน พบว่าส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีขนาดไม่เหมาะสม ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและเกร็งตัวขณะนั่งเรียน และลิ้นชักใต้โต๊ะเรียนต่ำเกินไปทำให้เคลื่อนย้ายต้นขาไม่สะดวกขณะนั่งเรียน

ด้านอาการปวดเมื่อยและตำแหน่งที่ปวดเมื่อย

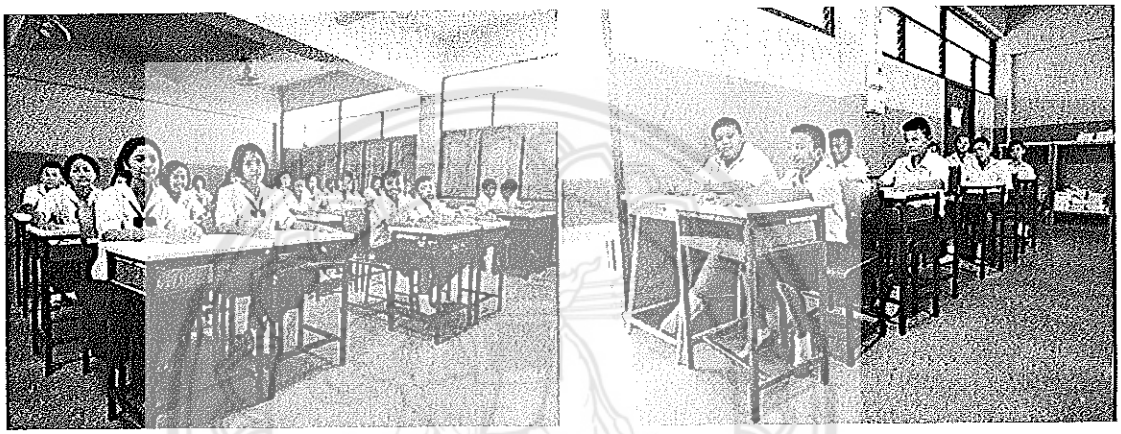
จากการสอบถามข้อมูลถึงตำแหน่งของอาการปวดเมื่อยขณะนั่งเรียนของนักเรียน พบว่านักเรียนมีอาการปวดบริเวณต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมักเกิดขึ้นจากการนั่งเรียนเป็นเวลานานๆ โดยเรียงลำดับจากอาการที่พบบ่อยสุดไปหาน้อยสุด

1. ปวดบริเวณคอ / ท้ายทอย
2. หลัง
3. หลังช่วงล่าง
4. ก้น
5. ขา
6. บ่า / ไหล่
7. เอว
8. สะโพก
9. เข่า

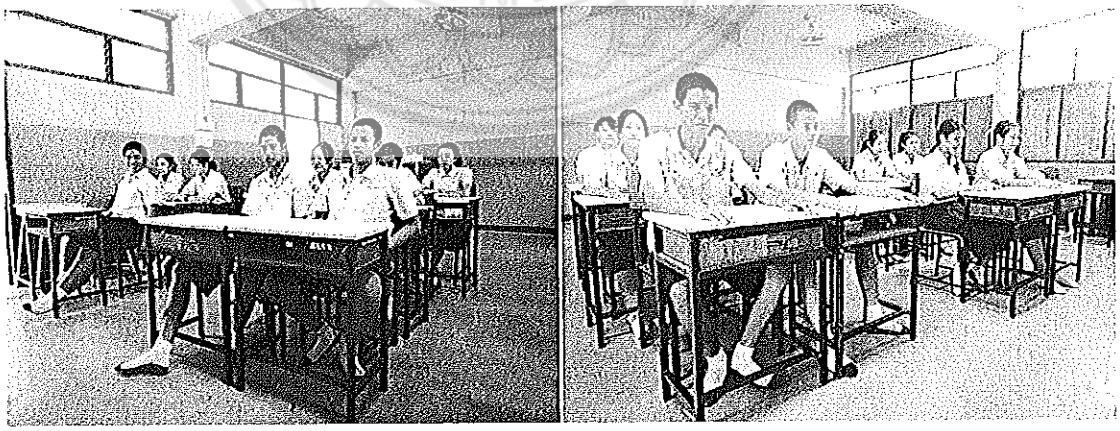
จากปัญหาดังกล่าวทำให้วิเคราะห์ได้ว่าอาการปวดคอมากที่สุด ซึ่งน่าจะมาจากการที่ใช้โต๊ะเรียนที่มีความสูงเตี้ยเกินไปทำให้นักเรียนต้องก้มตัวเพื่อเขียนหนังสือ และจดบันทึกข้อมูลในขณะนั่งเรียนในชั้นเรียน ส่งผลให้เกิดอาการปวดคอและปวดหลังได้

ดังนั้นจากการเก็บข้อมูลแบบสอบถามในการใช้โต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งที่ใช้อยู่ในปัจจุบันพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มีความสนใจเรื่องขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการนั่งเรียนอยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ขอเพียงแค่ไม่ชำรุดก็เพียงพอแล้ว แต่เมื่อสอบถามเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อย หรือท่าทางการนั่งที่เหมาะสม พบว่านักเรียนมีอาการ

ปวดเมื่อยและเมื่อให้นักเรียนทำแบบสอบถามเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยต่างๆ พบว่านักเรียนสามารถบอกอาการปวดเมื่อยต่างๆ มาจากสาเหตุอะไรนั้นตามความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนเอง เช่น "หนูรู้สึกปวดคอกับหลังมากๆ เวลาที่นั่งเขียนหนังสือ เพราะโต๊ะต่ำจนเกินไป ต้องก้มตัวลงไปเพื่อเขียนหนังสือ" หรือ "หนูรู้สึกว่าเก้าอี้มันต่ำเกินไปทำให้เวลาเขียนหนังสือไม่ถนัด" หรือ "ลิ้นซักโต๊ะมันต่ำเกินจนทำให้ขาเคลื่อนที่ไม่สะดวก กระแทกลิ้นซักโต๊ะหลายครั้ง" เป็นต้น ปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นดังภาพ 13-15



ภาพ 13 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่สูงเกินไป



ภาพ 14 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่ต่ำเกินไป

ภาพ 15 นักเรียนที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่แคบเกินไป

การเก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนร่างกายและการวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้**เรียนในโรงเรียน**

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง โดยใช้วิธีกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของทาโร่ยามาเน่ (Yamane) ที่ระดับขนาดความคลาดเคลื่อน ± 5% ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้ตามหลักการคือ 400 คน โดยในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลสัดส่วนนักเรียนจำนวน 670 คน จำแนกเป็นเพศชายจำนวน 255 คน และเพศหญิงจำนวน 415 คน ดังแสดงในตาราง 13 เพื่อนำสัดส่วนที่วัดได้ดังกล่าวมาใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยทำการสุ่มข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ (Predict equation) จำนวน 70% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดนั่นก็คือจำนวน 465 คน และนำข้อมูลที่เหลืออีก 30% ของจำนวนทั้งหมดคือ 205 คน เพื่อนำมาใช้ทดสอบความถูกต้อง (validation) และความน่าเชื่อถือ (reliability) ของสมการพยากรณ์ที่ได้

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นข้อมูลของเด็กระดับมัธยมศึกษาโดยไม่แยกเพศหญิงและเพศชายเนื่องจากการออกแบบถูกออกแบบมาเพื่อคนส่วนใหญ่ได้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นค่าที่ใช้จะเป็นค่าเฉลี่ยของคนส่วนใหญ่ และโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาไม่ได้แยกเพศในการใช้งานแต่แยกขนาดจากระดับชั้นการศึกษา ดังนั้นการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนจะได้จากการวัดค่าสัดส่วนร่างกายของนักเรียนทั้งในท่ายืนและท่านั่ง จำนวนทั้งหมด 12 ค่า โดยแบ่งเป็นสัดส่วนร่ายกายท่ายืน 2 ค่า และสัดส่วนร่างกายท่านั่ง 10 ค่า ดังแสดงในตาราง 10 และวัดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จำนวน 6 ค่า ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 12ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในปัจจุบัน (ขนาดใหญ่ที่สุดตาม มอก.)

มิติขนาดของโต๊ะแล้วเก้าอี้	ความยาว (ซ.ม.)
ความสูงเก้าอี้ (seat height : SH)	46
ความลึกของเก้าอี้ (seat Depth : SD)	40
ความกว้างของเก้าอี้ (seat width : SW)	>= 36
ความสูงของพนักพิงหลัง (upper edge of backrest : UEB)	35-39
ความสูงขอบบนของโต๊ะ (seat to desk height : SDH)	76
ความสูงขอบล่างของโต๊ะ (under desk height : UDH)	65

โรงเรียนกรณีศึกษาใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดใหญ่สุดที่ปรากฏในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (มอก.1494-2541, มอก.1495-2541) ดังแสดงในตาราง 12 และ งานวิจัยนี้ได้ผ่านการขออนุญาตเก็บข้อมูลตามระเบียบของจริยธรรมวิจัยในมนุษย์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพราะเนื่องจากข้อมูลสัดส่วนร่างกายเป็นข้อมูลส่วนบุคคลและอีกทั้งวิธีการวัดสัดส่วนอาจจำเป็นต้องสัมผัสกับร่างกายของผู้ให้ข้อมูล จึงต้องทำเอกสารให้ความยินยอม (Informed Consent Form) จากประชากรกลุ่มตัวอย่างก่อนการดำเนินการเก็บข้อมูล

การหาสมการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยต่างๆ ทำให้ทราบว่าความสูงและค่า BMI เป็นค่าที่น่าจะมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนร่างกายในส่วนต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง โดย Roebuck, et al. (1975) กล่าวว่า "ความยาวของสัดส่วนร่างกายมีความสัมพันธ์กับส่วนสูง" ซึ่งหากเป็นค่าสัดส่วนที่วัดในแนวดิ่งหรือตามแนวตั้งของร่างกาย (Vertical) จะสัมพันธ์กับค่าที่เป็นความสูง (Height) หากค่าสัดส่วนที่วัดในแนวนอนหรือแนวกว้าง (Horizontal) จะสัมพันธ์กับค่าสัดส่วนที่เป็นความกว้างและความหนาของร่ายกายในท่านั่ง Oyewole, et al. (2010) จึงแนะนำว่าความกว้างสะโพก (Hip Width) มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index : BMI) และงานวิจัยต่างๆ ทำให้ทราบว่าค่าที่นำมาใช้ในการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนควรใช้ค่าในท่านั่งจึงจะทำให้การออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้ได้ถูกต้องมากที่สุด และใช้ทั้งหมด 6 ค่า ได้แก่ ความสูงขาพับขณะนั่ง (PHS) ความยาวสะโพกถึงขาพับ (BPL) ความกว้างสะโพก (HWS) ความสูงหัวไหล่ขณะนั่ง (SHH) ความสูงข้อศอกจากพื้นเก้าอี้นั่ง (EIHS) ความหนาต้นขา (TT)

Castellucci, et al. (2015) ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมสมการที่ใช้สำหรับการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ในมิติต่างๆ และงานวิจัยของ Castellucci, et al. (2010) ได้นำค่าท่านั่งที่นำมาใช้ในการกำหนดขนาดมิติต่างๆ ของโต๊ะและเก้าอี้เรียน จำนวน 6 ค่าเช่นกัน (Castellucci, et al., 2010) แต่แตกต่างกับงานวิจัยนี้ตรงที่ค่าที่ใช้สำหรับกำหนดความสูงขอบล่างของโต๊ะเรียนใช้ค่าต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ค่าความหนาต้นขา (Thigh Thickness) ในการหาขนาดความสูงของขอบล่างโต๊ะเรียนที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยของ Casstellucci ใช้ค่าความสูงของหัวเข่า โดยค่าเหล่านี้เป็นค่าที่วัดได้ยาก ผู้ศึกษาจึงหาสมการที่ใช้พยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งที่วัดได้ยากนั้นด้วยสัดส่วนท่ายืน โดยใช้ค่าส่วนสูงและค่า BMI ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้ง่ายในท่ายืนและใช้เพียงแค่ 2 ค่าเท่านั้นในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่าข้างต้น โดยค่า BMI ได้มาจากนำค่าน้ำหนัก (kg) หารด้วยส่วนสูง (m) ยกกำลังสอง และใช้เทคนิคการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายในการหาสมการพยากรณ์ ซึ่งสมการที่ได้แสดงดังตาราง 13 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรอิสระ1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัวโดยตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันอาจเป็นความสัมพันธ์ตามกันหรือผกผันก็ได้ โดยมีตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

โดย Y_i คือ ค่าของตัวแปรตามในลำดับที่ i

β_0, β_1 คือ พารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า

X_i คือ ค่าคงที่ของตัวแปรอิสระในลำดับที่ i

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (random error) ในลำดับที่ i

ตาราง 13 สมการพยากรณ์ค่านั่งที่ได้จากการใช้ค่าความสูง (S) และค่า BMI ด้วยเทคนิคการหาสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

สมการพยากรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MSE)	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Std. Error of the Estimate)
PHS = 0.309S – 10.556	0.944	0.890	0.605	0.77777
SHS = 0.352S + 0.025	0.941	0.886	0.818	0.90438

ตาราง 13 (ต่อ)

สมการพยากรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MSE)	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Std. Error of the Estimate)
EHS = 0.176S – 5.759	0.906	0.824	0.344	0.58651
BPL = 0.285S – 0.380	0.909	0.826	1.040	1.01958
HW = 0.587BMI + 21.198	0.876	0.767	1.522	1.23355
TT = 0.378BMI + 8.075	0.877	0.770	0.619	0.78686

หมายเหตุ: ทุกสมการมีระดับนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 แสดงสมการตัวแบบพยากรณ์ที่ถูกสร้างด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่ายซึ่งใช้ตัวแปรในการพยากรณ์เพียงตัวเดียวคือค่าส่วนสูง (S) สำหรับพยากรณ์ค่าท่านั่งทั้ง 4 ค่า คือ PHS, SHS, EIHS และ BPL ส่วนค่า BMI ใช้สำหรับพยากรณ์ค่า HW และ TT และผลลัพธ์ที่ได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) มีค่า 0.75 ขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรพยากรณ์ (สัดส่วนท่ายืน) ส่งอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (สัดส่วนท่านั่ง) ได้ 75% ขึ้นไป และโดยเฉพาะค่าความสูงของขาพับ (PHS) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุดคือ 88.6% หมายความว่า ส่วนสูงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า PHS สูงถึง 88.6%

ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์ที่ได้จากเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

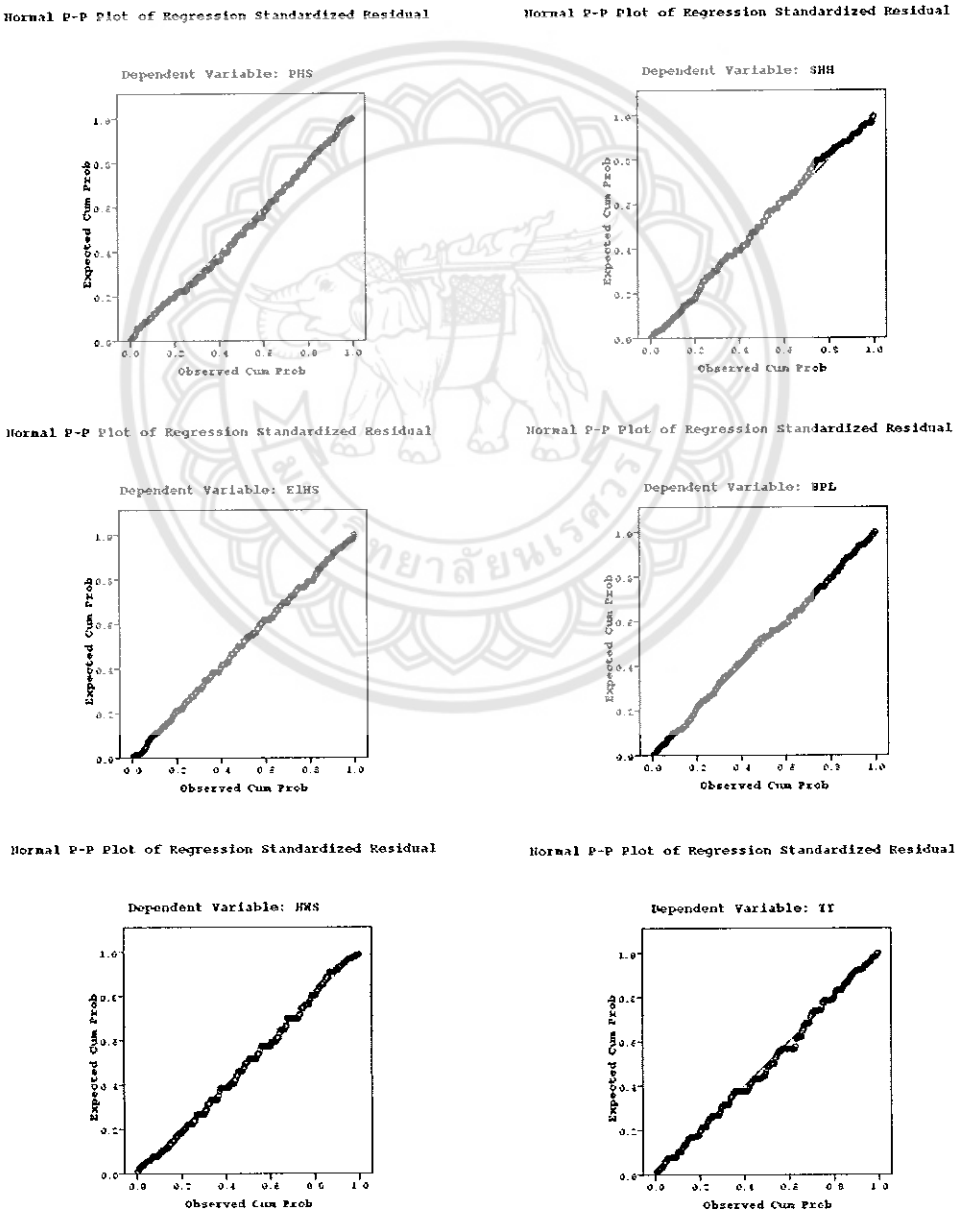
จากสมการพยากรณ์ที่แสดงในตาราง 13 นั้น เพื่อทดสอบความเหมาะสมของสมการพยากรณ์ที่ได้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย การศึกษานี้จึงได้ทำการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของสมการที่ได้ โดยมีข้อตกลงของความคลาดเคลื่อน (ε) ดังนี้

1. ทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อน (e_i) = 0 ซึ่งทดสอบโดยใช้แผนภูมิกระจาย (Scatter plot)

2. ค่า e_i และ e_j ที่เกิดจาก x_i และ x_j บนเส้นถดถอยแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน ทดสอบด้วยสถิติ Durbin-watson โดยพิจารณาจากตาราง ANOVA (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2556)

3. e_i มีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ซึ่งตรวจสอบด้วย normal probability plots ซึ่งค่า e_i มีการแจกแจงปกติ ค่า e_j จะอยู่บนและใต้เส้นทแยงหรือใกล้เส้นทแยง

จากข้อตกลงการสร้างสมการพยากรณ์กำหนดไว้ว่าข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันและเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ผู้ศึกษาจึงได้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยกราฟ normal probability plot โดยพิจารณาที่ตัวแปร Y_i ต้องมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ ซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน หมายความว่าค่าท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์ต่างๆ จะอยู่ใกล้เส้นทแยงมุม ซึ่งแสดงผลการดังภาพ 16



ภาพ 16 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution)

จากภาพ 16 กราฟ Normal Probability Plot of regression standardized residual ทำให้ทราบว่าข้อมูลค่านั่ง (y) มีการแจกแจงปกติ (normal distribution) โดยพิจาณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของของค่าความสูงขาพับ (PHS) ความสูงหัวไหล่ (SHH) ความสูงข้อศอก (EHS) ความยาวระหว่างขาพับถึงสะโพก (BPL) ความกว้างสะโพก (HWS) ความหนาของต้นขา (TT) แสดงให้เห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อน (e_i) มีการแจกแจงแบบปกติ เพราะค่าที่ปรากฏในกราฟค่าข้อมูลต่างๆ อยู่ใกล้เส้นทแยงมุมทั้งสิ้น

การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายกับค่าสัดส่วนท่านั่งจริง

หลังจากที่ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายและทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบสมการพยากรณ์เรียบร้อยแล้วนั้น จากนั้นจะนำข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ 30% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (205 คน) มาทดสอบความแม่นยำของสมการพยากรณ์ ซึ่งข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบกับสมการนี้ได้นั้นก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรพยากรณ์ที่ใช้ก็คือน้ำหนักและส่วนสูง จะต้องมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มแตกต่างกัน
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มแตกต่างกัน

จากสมมติฐานข้างต้น การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบ T-Test แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูงระหว่างข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างตัวแบบสมการพยากรณ์กับข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ทดสอบสมการพยากรณ์ แสดงในตาราง 14

ตาราง 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงและน้ำหนักระหว่างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

	ค่าความแปรปรวน (Levene's Test)		ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (T-Test)		
	F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)
น้ำหนัก	.346	.556	-0.093	668	0.926
ส่วนสูง	.001	.981	-0.115	668	0.909

จากตาราง 14 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของส่วนสูงและน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างตัวแบบสมการพยากรณ์และกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ทดสอบสมการพยากรณ์ โดยทดสอบความแปรปรวนแตกต่างกันหรือไม่ใช้สถิติทดสอบ Levene's Test ซึ่งน้ำหนักและส่วนสูงมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.556 และ 0.981 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และเมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูงมีค่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.926 และ 0.909 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่ายอมรับสมมติฐาน (accept H_0) นั่นคือกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อทราบว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบสมการมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงไม่แตกต่างกันแล้ว ดังนั้นจะนำค่าน้ำหนักและส่วนสูงมาหาค่าดัชนีมวลกายโดยใช้สูตรน้ำหนัก (kg) หารส่วนสูง (m) ยกกำลังสอง ซึ่งได้จะค่าตัวแปรที่ใช้ในการหาค่าสัดส่วนท่านั่งจากสมการพยากรณ์ที่ได้ในข้างต้น จากนั้นเมื่อนำค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่าที่ได้จากการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงแล้วแสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่านั่งที่วัดจริง

	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน (T-Test)					
	PHS	SHS	EHS	BPL	HWS	TT
Sig.	.682	.770	.700	.724	.686	.835

จากตาราง 15 พบว่า เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์กับสัดส่วนท่านั่งที่วัดจริงให้ค่าระดับนัยสำคัญของความสูงขาพับ (PHS) ความสูงหัวไหล่ (SHS) ความสูงข้อศอก (EHS) ความยาวระหว่างสะโพกถึงขาพับ (BPL) ความกว้างสะโพก (HWS) และความหนาต้นขา (TT) ที่ระดับ 0.682, 0.770, 0.700, 0.724, 0.686 และ 0.835 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ทุกค่า นั่นแสดงว่าค่าสัดส่วนในท่านั่งทั้ง 6 ค่าที่ได้จากการพยากรณ์และได้จากการวัดจริงมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสรุปได้ว่าสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถเป็นตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่า ด้วยค่าส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริงไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแม่นยำของค่าที่ได้จากการพยากรณ์แยกระดับชั้น

ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนท่านั่งที่วัดจริงและที่ได้มาจากสมการพยากรณ์นั้น จะนำข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 205 คน มาทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน โดยขั้นแรกสร้างสมการด้วยเทคนิค Simple Linear Regression แยกระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ซึ่งแสดงสมาการที่ได้ในตาราง 16 ขั้นต่อมานำค่าสัดส่วนท่านั่งจากนักเรียนทุกระดับชั้นเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการพยากรณ์ที่ได้มาจากนักเรียนทั้งหมด และเปรียบเทียบค่าสัดส่วนท่านั่งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับสมการพยากรณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและค่าสัดส่วนท่านั่งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับสมการพยากรณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงผลการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ในตาราง 16

ตาราง 16 สมการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย**แบบแยกระดับชั้น**

มัธยมศึกษาตอนต้น			มัธยมศึกษาตอนปลาย		
สมการ	R^2	MSE	สมการ	R^2	MSE
PHS = 0.314S-11.268	0.879	0.684	PHS = 0.308S-10.462	0.909	0.494
SHH = 0.369S-2.643	0.898	0.775	SHH = 0.338S+2.202	0.877	0.837
EIHS = 0.187S-7.625	0.828	0.364	EIHS = 0.165S-3.967	0.819	0.313
BPL = 0.314S-5.658	0.819	1.094	BPL = 0.306S-4.331	0.831	0.997
HWS = 0.602BMI+20.754	0.798	1.497	HWS = 0.571BMI+21.659	0.736	1.518
TT = 0.381BMI+7.766	0.811	0.553	TT = 0.375BMI+8.342	0.759	0.580

จากตาราง 16 แสดงสมการพยากรณ์แยกระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายนั้น สมการที่ได้ของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากกว่า 0.8 ทุกสมการยกเว้นค่า HWS ที่มีค่า 0.798 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรพยากรณ์มีอิทธิพลต่อการผันแปรของตัวแปรตามค่อนข้างสูง ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีเพียง 2 สมการคือการพยากรณ์ค่า HWS และ ค่า TT ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.736 และ 0.759 ตามลำดับ ซึ่งก็ยังแสดงให้เห็นว่าตัวแปรพยากรณ์มีอิทธิพลต่อการผันแปรของตัวแปรตามค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน

ตาราง 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MSE) ที่ได้จากสมการพยากรณ์ด้วย Simple Regression

	Simple Regression (รวม)	Simple Regression (ม.ต้น)	Simple Regression (ม.ปลาย)
PHS	0.61	0.684	0.49
SHH	0.82	0.78	0.84
EHS	0.34	0.36	0.31
BPL	1.04	1.09	1.00
HWS	1.52	1.50	1.52
TT	0.62	0.55	0.58
ค่าเฉลี่ย	0.83	0.68	0.49

จากตาราง 17 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์ที่ได้มาด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย ผลปรากฏว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดในทุกๆ สมการที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ดังนั้นจึงยิ่งสนับสนุนได้ว่างานวิจัยนี้สามารถใช้สมการที่ถูกสร้างขึ้นด้วยวิธีง่ายๆ ไม่ซับซ้อนสามารถนำมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งของข้อมูลอื่นๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสมการพยากรณ์ได้มาจากข้อมูลแยกระดับช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ซึ่งจากวิธีการนำเสนอที่ได้กล่าวมาทั้งหมด หากสมการพยากรณ์ที่ถูกสร้างขึ้นแล้วนี้จะนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลของโรงเรียนอื่นๆ ได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลนักเรียนของโรงเรียนแห่งนั้นต้องมีการทดสอบเบื้องต้นก่อนว่าน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนโรงเรียนนั้นกับนักเรียนที่นำมาสร้างตัวแบบต้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงจะสามารถนำสมการที่ได้ ในงานวิจัยนี้ไปใช้พยากรณ์ได้เลย

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าพยากรณ์และค่าจริง

เพื่อทดสอบความแม่นยำของสมการพยากรณ์ที่ได้รับ จึงทำการทดสอบโดยนำข้อมูลนักเรียนที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบจำนวน 205 คน ที่ไม่ใช่ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างตัวแบบสมการ จากนั้นนำค่าส่วนสูงและน้ำหนักมาหาค่าสัดส่วนท่านั่งจากสมการพยากรณ์ที่แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่านั่งที่วัดจริงระหว่างวิธี Simple Regression

	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (T-Test)					
	PHS	SHS	EHS	BPL	HWS	TT
Sig.*	0.682	0.770	0.700	0.724	0.686	0.835
Sig.**	0.427	0.711	0.978	0.905	0.777	0.825
Sig.***	0.977	0.977	0.783	0.977	0.525	0.635

หมายเหตุ: * ระดับนัยสำคัญของเทคนิค Simple Regression รวมทุกระดับชั้น

** ระดับนัยสำคัญของเทคนิค Simple Regression ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

*** ระดับนัยสำคัญของเทคนิค Simple Regression ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากตาราง 18 พบว่า เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์กับสัดส่วนท่านั่งที่วัดจริงให้ค่าระดับนัยสำคัญของความสูงขาพับ (PHS) ความสูงหัวไหล่ (SHS) ความสูงข้อศอก (EHS) ความยาวระหว่างสะโพกถึงขาพับ (BPL) ความกว้างสะโพก (HWS) และความหนาต้นขา (TT) ทุกๆ ค่ามีระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 นั่นแสดงว่าค่าสัดส่วนในท่านั่งทั้ง 6 ค่าที่ได้จากการพยากรณ์และได้จากการวัดจริงมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสรุปได้ว่าสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถเป็นตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่า ด้วยค่าส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริงไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลสัดส่วนนักเรียนของโรงเรียนอื่น

กระบวนการนี้เป็นการนำสมการพยากรณ์ที่ได้จากการใช้เทคนิค Simple Linear Regression มาทดสอบความแม่นยำโดยใช้ข้อมูลสัดส่วนนักเรียนจากโรงเรียนอื่น ในงานวิจัยนี้เลือกโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูง แสดงผลดังในตาราง 19 จากนั้นนำข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนักมาพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่า แล้วเทียบกับค่าที่วัดจริง ทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของข้อมูลด้วย T- Test โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ 1. ทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของส่วนสูงและน้ำหนัก 2. ทดสอบ

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าจริงที่วัดมา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตาราง 20 และตาราง 21

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงของโรงเรียนที่ใช้ในการทดสอบ 2 โรงเรียน

การวิเคราะห์ค่าสถิติ					
	โรงเรียนสังกัด	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
น้ำหนัก	อำเภอเมือง พิษณุโลก	670	55.9940	12.48985	.48253
	อำเภอเขาค้อเพชรบูรณ์	227	54.1894	16.01504	1.06296
ส่วนสูง	อำเภอเมือง พิษณุโลก	670	162.6173	7.20029	.27817
	อำเภอเขาค้อเพชรบูรณ์	227	160.6916	9.59314	.63672

จากตาราง 19 แสดงให้เห็นว่าโรงเรียนในอำเภอเมืองนักเรียนมีความสูงและน้ำหนักมากกว่าโรงเรียนต่างอำเภอ ซึ่งงานวิจัยของ Castelucci, et al. (2010) ได้กล่าวไว้ว่า ความแตกต่างทางสังคมและเศรษฐกิจมีผลต่อความแตกต่างด้านสัดส่วนร่างกาย โรงเรียนเอกชนก็มีสัดส่วนร่างกายที่สูงกว่าโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนโรงเรียนในอำเภอเมืองมีค่ามากกว่านักเรียนโรงเรียนอำเภอเขาค้อเช่นกัน

ตาราง 20 การเปรียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน 2 โรงเรียน

	ค่าความแปรปรวน (Levene's Test)		ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (T-Test)		
	F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)
น้ำหนัก	14.061	0.000	1.745	668	0.081
ส่วนสูง	28.857	0.000	3.185	668	0.001

จากตาราง 20 พบว่า ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนทั้งสองโรงเรียนทดสอบโดยใช้ Levene's Test มีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Sig. < 0.05) และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไม่แตกต่างกัน (Sig. > 0.05) แต่ส่วนสูงมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Sig < 0.05)

ตาราง 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าจริง

	ค่าความแปรปรวน (Levene's Test)		ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (T-Test)		
	F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)
PHS	0.069	0.793	9.040	452	0.000
SHH	2.869	0.091	-4.218	452	0.000
EIHS	35.710	0.000	-9.859	452	0.000
BPL	0.759	0.385	1.132	452	0.258
HWS	17.471	0.000	0.414	452	0.679
TT	2.065	0.151	-17.414	452	0.000

จากตาราง 21 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์กับสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการวัดโดยตรง ค่าเฉลี่ยของความสูงขาพับ (PHS) ความสูงหัวไหล่ (SHH) ความสูงข้อศอก (EIHS) และความหนาต้นขา (TT) มีค่าแตกต่างกันที่ระบบนัยสำคัญ 0.05 (Sig. < 0.05) แต่ค่าความยาวสะโพกถึงขาพับ (BPL) และความกว้างสะโพก (HWS) มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากข้อมูลทั้ง 2 ตารางข้างต้นทำให้ยืนยันได้ว่า หากจะนำสมการพยากรณ์ไปใช้พยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งของข้อมูลอื่นๆ หรือโรงเรียนอื่นๆ ได้นั้น ค่าตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์คือน้ำหนักและส่วนสูงนั้นต้องมีค่าไม่แตกต่างกันด้วยการทดสอบความแตกต่างก่อน หากมีค่าไม่แตกต่างกันแล้ว จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์จะมีค่าไม่แตกต่างกันด้วย

ผลการศึกษาและรวบรวมสมการในการตรวจสอบและการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสม

การออกแบบขนาดและการตรวจสอบความเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนนั้น พิจารณาถึงขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนเทียบกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในมิติต่างๆ ซึ่งการพิจารณาถึงความเหมาะสมนั้นต้องอาศัยอสมการมาใช้ในการตรวจสอบ ดังนั้นช่วงของอสมการที่ปรากฏจะเป็นการบอกถึงสาเหตุของความเหมาะสมหรือไม่ได้ เช่น เก้าอี้อาจจะสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป มีเพียงขนาดความสูงของใต้โต๊ะจะเป็นเพียงอสมการเดียวที่บอกว่าเพียงแค่ว่าความสูงใต้โต๊ะเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมเท่านั้น จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนเมื่อเทียบกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในปัจจุบัน ทำให้ได้อสมการนำมาใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมในงานวิจัย มีดังนี้

1. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงเก้าอี้ (Seat Height)

ความสูงที่เหมาะสมสำหรับเก้าอี้ควรพิจารณาที่ความสูงขาพับ (Parcells, et al., 1999; Gouvali and Boudolos, 2006) ได้นำเสนอไว้ว่าความสูงของเก้าอี้ควรจะต่ำกว่าความสูงของขาพับ เพื่อให้ขาเหยียดออก 5-30 องศาในแนวดิ่ง และอสมการนี้ได้รวมความสูงของรองเท้าเข้ากับความสูงของขาพับ ในกรณีที่นักเรียนสวมรองเท้าในขณะนั่งเรียนในชั้นเรียน ดังนั้นการพิจารณาความเหมาะสมจึงรวมความสูงของพื้นรองเท้าไปด้วย ดังอสมการที่ 4.1

$$(PH+SC)\cos 30^{\circ} \leq SH \leq (PH+SC)\cos 5^{\circ} \qquad (4.1)$$

สำหรับนักเรียนในโรงเรียนรัฐบาลไทย ส่วนใหญ่จะถอดรองเท้าก่อนเข้าห้องเรียน ดังนั้นค่า SC จะเท่ากับ 0

2. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความกว้างของเก้าอี้ (Seat Width)

ความกว้างของเก้าอี้มีความสัมพันธ์กับความกว้างของสะโพกขณะนั่ง แต่ถ้ากว้างมากเกินไปก็ส่งผลให้เปลืองพื้นที่และต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้น Gouvali and Boudolos (2006) แนะนำว่าความกว้างของเก้าอี้ควรมีความกว้างมากกว่าร้อยละ 110 และไม่ควรเกินร้อยละ 130 ของความกว้างสะโพก ดังอสมการที่ 4.2

$$1.1HW \leq SW \leq 1.3HW \qquad (4.2)$$

3. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความลึกของเก้าอี้ (Seat Depth)

ความลึกของเก้าอี้มีความสัมพันธ์กับความยาวสะโพกถึงขาพับขณะนั่ง และควรให้มีพนักพิงหลังช่วยพยุงช่วงส่วนเอว ซึ่งความลึกของเก้าอี้ควรน้อยกว่าความยาวสะโพกถึงขาพับเล็กน้อย แต่ก็ต้องไม่น้อยจนเกินไปเพราะการที่เก้าอี้ตื้นเกินไปจะทำให้เกิดอาการกอดทับบริเวณต้นขาด้านล่าง ถ้าเก้าอี้ลึกเกิดไปจะทำให้เกิดอาการปวดที่บริเวณหลังส่วนล่างได้เช่นกัน ดังนั้น Parcells, et al. (1999) และนักวิจัยหลายๆ ท่านแนะนำว่าความลึกควรอยู่ระหว่างร้อยละ 80 ถึง 95 ของความยาวสะโพกถึงขาพับ ดังอสมการที่ 4.3

$$0.80BPL \leq SD \leq 0.95BPL \quad (4.3)$$

4. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงขอบบนของพนักพิงหลัง (Upper edge of Backrest)

ความสูงของพนักพิงหลังที่เอื้อต่อการเคลื่อนไหวควรจะอยู่ใต้กระดูกสะบักของผู้ใช้งาน แต่การบอกตำแหน่งของกระดูกสะบักระบุตำแหน่งในการวัดได้ยาก ดังนั้น Gouvali and Boudolos (2006) จึงแนะนำว่าตำแหน่งของกระดูกสะบักจะอยู่ระหว่างร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 80 ของความสูงไหล่ขณะนั่ง ดังอสมการที่ 4.4

$$0.6SHH \leq UEB \leq 0.8SHH \quad (4.4)$$

5. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงโต๊ะ (Seat to desk Height)

ความสูงโต๊ะมีความสัมพันธ์กับความสูงของข้อศอกขณะนั่ง (Sanders and McCormick, 1993; Occhipinti, et al., 1985) แนะนำว่าการที่วางแขนไว้บนโต๊ะขณะนั่งจะช่วยลดการรับภาระของกระดูกสันหลัง ตามหลักการยศาสตร์แล้วความสูงของพื้นผิวการทำงานควรจะอยู่ในระดับเดียวกับความสูงข้อศอกขณะนั่ง ดังนั้น Chaffin and Anderson (1991) ได้แนะนำว่ามุมในการกางออกและงอไปข้างหน้าทำให้เกิดมุมที่หัวไหล่ โดยที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุดคือ 25° และ 20° ตามลำดับ ซึ่ง Batistao, et al. (2012) ได้เสนอว่า ขอบล่างของอสมการควรเป็นความสูงข้อศอกนั่ง ขอบบนของอสมการควรเป็นผลรวมของระยะความสูงข้อศอกขณะนั่งกับระยะความสูงไหล่ขณะนั่ง ดังอสมการที่ 4.5

$$EHS \leq SDH \leq EHS*0.8517+SHS*0.1483 \quad (4.5)$$

6. การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงด้านล่างของโต๊ะเรียน (Underneath desk Height)

ความสูงขอบล่างของโต๊ะเรียนมีความสัมพันธ์กับความหนาของต้นขา ซึ่งควรมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้ขามีการเคลื่อนที่ได้สะดวกในขณะที่นักเรียนนั่งเก้าอี้และสอดขาเข้าไปใต้โต๊ะ Castellucci, et al. (2010) แนะนำว่าความสูงใต้โต๊ะหรือขอบล่างของโต๊ะเรียนจะมากกว่าความหนาต้นขาอย่างน้อย 2 เซนติเมตร ดังสมการที่ 4.6

$$TT + 2 < UDH \tag{4.6}$$

ผลจากการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียน

จากการเก็บข้อมูลวัดสัดส่วนของร่างกายนักเรียนที่โรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเมือง จังหวัดพิษณุโลก ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 จำนวน 670 คน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าสุงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 แสดงผลดังตาราง 22-24

ตาราง 22 ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนทั้งหมด

สัดส่วนร่างกาย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
น้ำหนัก (กก.)	108	30	56	12.5	40	80
ส่วนสูงยืน (ซม.)	183	147	162.6	7.2	152.5	176
ความสูงขาพับ (ซม.)	45	35	40	2.3	36	44
ความสูงไหล่นั่ง (ซม.)	63	51	57	2.7	53	61
ความสูงข้อศอก (ซม.)	26	19	22.8	1.4	20	25
ความยาวสะโพกถึงขาพับ (ซม.)	51.5	41	45.4	2.4	42	50
ความกว้างสะโพก (ซม.)	44	28	33.6	2.6	30	38
ความหนาต้นขา (ซม.)	21	12	16	1.6	13	19

ตาราง 23 ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

สัดส่วนร่างกาย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
น้ำหนัก (กก.)	108	34	54.7	12.4	38.8	78.6
ส่วนสูงยืน (ซม.)	182	148	162	7	152	175
ความสูงขาพับ (ซม.)	45	35	39.6	2.3	36	44
ความสูงไหล่นั่ง (ซม.)	62	51	57	2.7	52	61
ความสูงข้อศอก (ซม.)	26	19	22.7	1.4	20	25
ความยาวสะโพกถึงขาพับ (ซม.)	51	41	45	2.4	42	49.7
ความกว้างสะโพก (ซม.)	44	28	33.5	2.7	29	38
ความหนาต้นขา (ซม.)	21	12	15.9	1.7	13	19

ตาราง 24ค่าสถิติของสัดส่วนร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สัดส่วนร่างกาย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
น้ำหนัก (กก.)	105	30	57	12.4	42	81.6
ส่วนสูงยืน (ซม.)	183	147.6	163	7.4	153	176.5
ความสูงขาพับ (ซม.)	45	35	39.8	2.4	36	44
ความสูงไหล่นั่ง (ซม.)	63	51	57.4	2.6	53	61
ความสูงข้อศอก (ซม.)	26	19	22.9	1.4	21	25
ความยาวสะโพกถึงขาพับ (ซม.)	51.5	41	45.6	2.4	42	50
ความกว้างสะโพก (ซม.)	43	29	33.7	2.4	30	38
ความหนาต้นขา (ซม.)	21	12.5	16.2	1.5	19	14

สำหรับการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนใช้วิธีการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในมิติต่างๆ ดังนี้

1. กำหนดโดยการใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์

2. กำหนดโดยใช้ส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กในกราฟการเจริญเติบโต (Growth Chart)

3. กำหนดโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ (K-means Clustering)

4. กำหนดขนาดโดยการแบ่งกลุ่มแบบผสมขนาด (Mixed Size)

โดยทั่วไปงานวิจัยอื่นๆ มีการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนระดับมัธยมศึกษาเป็น 2 ขนาดเท่านั้น รวมทั้งมอก.ของประเทศไทยก็เช่นกัน (ตาราง 25 และ ตาราง 26) เนื่องจากโรงเรียนต่างๆ ไม่สามารถจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้มีขนาดเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้ เพราะมีต้นทุนสูงในการผลิตต่อหน่อย จึงกำหนดขนาดที่เป็นมาตรฐานและสามารถนำไปใช้กับคนส่วนใหญ่ได้ และเพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิต ตามหลักการผลิตเชิงอุตสาหกรรมจึงควรผลิตในขนาดที่เหมือนกันและปริมาณมากๆ ต่อครั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีการกำหนดขนาดแบบต่างๆ ดังนี้

ตาราง 25 ขนาดโต๊ะเรียนในมิติที่พิจารณาตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1494-2541

มิติ	ระดับขนาด (ซม.)			
	3	4	5	6
ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง	137	154	165	180
ความสูงโต๊ะ	60	67	72	76
ความสูงต่ำสุดขอบล่างโต๊ะ(บริเวณที่สอดขา)	49	56	61	65

ตาราง 26 ขนาดเก้าอี้เรียนในมิติที่พิจารณาตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1495-2541

มิติ	ระดับขนาด (ซม.)			
	3	4	5	6
ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง	137	154	165	180
ความสูงพื้นรองนั่ง	34	38	42	46
ความลึกพื้นรองนั่ง	34	38	40	40
ความกว้างพื้นรองนั่ง ไม่น้อยกว่า	34	36		
ความสูงจากระดับพื้นรองนั่งถึง ไม่น้อยกว่า	28	31	35	35
ขอบบนพนักพิง ไม่เกิน	31	35	39	39

ระดับขนาด 3 - มิติด้านขนาดโต๊ะและเก้าอี้ระดับประถมศึกษาตอนปลาย
4 - มิติด้านขนาดโต๊ะและเก้าอี้ระดับประถมศึกษาตอนปลาย
5 - มิติด้านขนาดโต๊ะและเก้าอี้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
6 - มิติด้านขนาดโต๊ะและเก้าอี้ใหญ่ที่สุด

การกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยการใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์

เมื่อได้สมการพยากรณ์ที่เหมาะสมแล้ว งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเรื่องวิธีการกำหนดขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในรูปแบบต่างๆ รูปแบบแรกเป็นการกำหนดขนาดโดยนำข้อมูลค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ นำมาแยกระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ของแต่ละสัดส่วน โดยในการกำหนดขนาดความสูงของเก้าอี้ (SH) ความกว้างของเก้าอี้ (SW) ความสูงของพนักพิงหลัง (UEB) ความสูงของโต๊ะ (SDH) และความสูงของขอบล่างของโต๊ะ (UDH) จะใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของสัดส่วนท่านั่ง ได้แก่ ค่า PH, HW, SHH, EIHS และ TT ตามลำดับ และการกำหนดขนาดความลึก (SD) ของเก้าอี้จะใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของค่า BPL เพราะความยาวของสะโพกถึงขาพับไม่ควรน้อยกว่าความลึกของเก้าอี้ จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการพิจารณา จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปใช้หาขนาดโต๊ะและเก้าอี้จากอสมการที่ (4.1)-(4.6) โดยนำค่ากลางที่ได้จากการใช้อสมการนั้นเป็นตัวกำหนดขนาดในมิติต่างๆ แยกขนาดตามระดับช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย (ตาราง 27) ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะวัดค่าสัดส่วนในท่านั่งแล้วนำมาเปรียบเทียบกับอสมการโดยตรงแล้วหาขนาดที่เหมาะสม บางคนใช้ขอบล่าง ขอบบน ค่าเฉลี่ยของช่วง บางงานวิจัยใช้เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5, 50 และ 95 (Ismaila, et al., 2011; Iman Dianat, et al., 2013)

ตาราง 27 การกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ของข้อมูลพยากรณ์

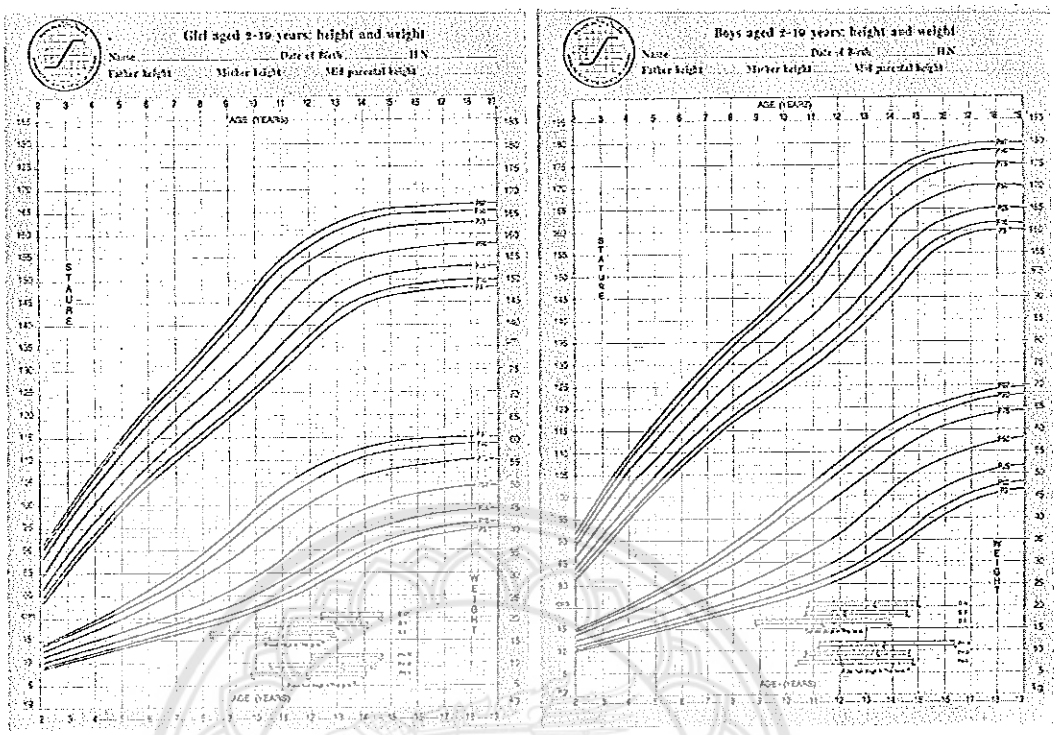
เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน	ขนาดที่แนะนำ	
	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
SH	37	39
SDH	25	26
SD	38	39

ตาราง 27 (ต่อ)

เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน	ขนาดที่แนะนำ	
	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
SW	40	40
UEB	42	44
UDH	18	19

การกำหนดขนาดโดยใช้แผนภูมิการเจริญเติบโต (Growth Chart)

กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย ได้เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติเกี่ยวกับอัตราการเจริญเติบโตของเด็กไทยในช่วงอายุ 2-19 ปี ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2542 และใช้จนทุกวันนี้ ซึ่งแยกแสดงผลแตกต่างกันระหว่างเด็กผู้หญิงและเด็กผู้ชาย และแบ่งขนาดอัตราการเจริญเติบโตตามเปอร์เซ็นต์ไทล์ต่างๆ ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 3, เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10, เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50, เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97 ดังแสดงดังภาพ 17 งานวิจัยนี้ได้นำเอาข้อมูลในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 และ 90 จาก Growth Chart ของเด็กผู้ชายมาใช้ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ เนื่องจากเด็กผู้ชายจะมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าเด็กผู้หญิงเล็กน้อย การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ส่วนใหญ่คำนึงถึงการรองรับการใช้งานกับคนส่วนใหญ่ (สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540) สำหรับเฟอร์นิเจอร์ในโรงเรียนขนาดใหญ่จึงสามารถรองรับการใช้งานได้มากกว่าขนาดเล็ก



ภาพ 17 กราฟแสดงส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กไทยอายุระหว่าง 2-19 ปี

ที่มา: กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย, 2542

จากส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กผู้ชายในแต่ละช่วงอายุที่ปรากฏใน Growth Chart เมื่อนำมาใส่ในสมการพยากรณ์จะได้ค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่าออกมา โดยใช้ส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กอายุ 14 ปี (ม. 3) ในการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและใช้ส่วนสูงและน้ำหนักของเด็กอายุ 17 ปีในการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนั้นนำค่าท่านั่งที่ได้จากสมการพยากรณ์เหล่านี้ไปหาช่วงค่าที่เหมาะสมกับอสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม เมื่อได้ช่วงของค่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้แล้ว งานวิจัยนี้จะใช้ค่ากลางที่ได้ในการกำหนดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ได้จากวิธี Growth Chart ดังปรากฏในตาราง 28

ตาราง 28 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 และ 90 จาก Growth Chart

เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน	ขนาดที่แนะนำ	
	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
SH	39	41
SDH	27	28
SD	36	39
SW	40	40
UEB	42	44
UDH	18	19

การกำหนดขนาดโดยใช้เทคนิคเคมีนส์ (K-means Clustering)

นำค่าสัดส่วนท่านั่งที่วัดจริงของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 670 คน มาพิจารณาทำการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน โดยแบ่งออกเป็น 2 ขนาดที่ใช้กับระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย เมื่อใช้เทคนิคเคมีนส์ในการแบ่งกลุ่มสัดส่วนท่านั่งได้แสดงผลดังในตาราง 29 ต่อมาจะนำค่าสัดส่วนท่านั่งทั้ง 6 ค่านี้ไปเทียบกับสมการเพื่อหาช่วงขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสม และจากนั้นจะใช้ค่ากลางในการกำหนดขนาด ดังแสดงผลลัพธ์ในตาราง 30

ตาราง 29 ขนาดสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการจัดกลุ่มด้วยเทคนิคเคมีนส์

	ขนาดสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการจัดกลุ่ม					
	PHS	SHH	EIHS	BPL	HWS	TT
กลุ่ม 1	38.0895	55.2979	21.9034	43.6861	33.2939	15.7450
กลุ่ม 2	41.7517	59.7259	23.9990	47.6676	34.0241	16.4428

ตาราง 30 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยเทคนิคเคมีนส์

เฟอร์นิเจอร์โรงเรียน	ขนาดที่แนะนำ	
	มัธยมศึกษาตอนต้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย
SH	35	39
SDH	24	27
SD	38	42
SW	40	41
UEB	39	42
UDH	18	19

จากการใช้เทคนิคเคมีนส์ในกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ (ตาราง 30) วิธีนี้เป็นการจัดกลุ่มนักเรียนที่มีสัดส่วนขนาดใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นอาจมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นบางคนที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ใช้โต๊ะเก้าอี้ขนาดของมัธยมศึกษาตอนปลายด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถจัดโต๊ะเก้าอี้ได้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้ งานวิจัยนี้จึงเสนอทางเลือกที่ช่วยในการตัดสินใจในการพิจารณาการแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาดใดจึงจะเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปัจจุบันมากที่สุด โดยการเปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ขนาดต่างๆ ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ถูกกำหนดด้วยวิธีการต่าง ๆ

การประเมินค่าความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ถูกพัฒนามาในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับสัดส่วนในท่านั่งของนักเรียนทั้ง 670 คน โดยตรวจสอบความเหมาะสมจากอสมการที่ (4.1)-(4.6) แล้วประเมินค่าร้อยละความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนแบบต่างๆ ดังแสดงในตาราง 31

ตาราง 31 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้ค่ากลางของแบบต่าง ๆ

มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย		
	มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์	มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์
SH	38 ซม.	39 ซม.	35 ซม.	42 ซม.	41 ซม.	39 ซม.
ต่ำกว่า	7%	0%	31%	0%	0%	0%
เหมาะสม	62%	48%	67%	15%	24%	50%
สูงกว่า	31%	52%	2%	85%	76%	50%
SDH	29 ซม.	27 ซม.	24 ซม.	30 ซม.	28 ซม.	27 ซม.
ต่ำกว่า	0%	0%	9%	0%	0%	0%
เหมาะสม	30%	68%	89%	11%	58%	74%
สูงกว่า	70%	32%	1%	89%	42%	26%
SD	38 ซม.	36 ซม.	38 ซม.	40 ซม.	39 ซม.	42 ซม.
ตื้นกว่า	20%	56%	20%	7%	14%	0%
เหมาะสม	80%	44%	80%	85%	85%	60%
ลึกกว่า	0%	0%	0%	7%	1%	40%
SW	36 ซม.	40 ซม.	40 ซม.	36 ซม.	40 ซม.	41 ซม.
แคบกว่า	62%	13%	13%	66%	12%	7%
เหมาะสม	38%	72%	72%	34%	82%	79%
กว้างกว่า	0%	14%	14%	0%	6%	14%
UEB	35 ซม.	42 ซม.	39 ซม.	39 ซม.	44 ซม.	42 ซม.
ต่ำกว่า	36%	0%	0%	0%	0%	0%
เหมาะสม	64%	95%	100%	100%	73.1%	96.3%
สูงกว่า	0%	5%	0%	0%	26.9%	3.7%
UDH	18 ซม.	18 ซม.	18 ซม.	19 ซม.	19 ซม.	19 ซม.
น้อยกว่า	50%	50%	50%	33%	33%	33%
เหมาะสม	50%	50%	50%	67%	67%	67%

จากตาราง 31 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่จัดกลุ่มโดยใช้กราฟอัตราการเจริญเติบโตและเทคนิคเคมีนส์ เปรียบเทียบกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแล้ว พบว่าการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ให้ค่าร้อยละความเหมาะสมในแต่ละมิติของโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยเฉลี่ยมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยแยกระดับของการเปรียบเทียบเป็น 2 ระดับ คือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าเทคนิคเคมีนส์ให้ค่าความเหมาะสมของความสูงเก้าอี้ (SH) ความสูงของโต๊ะ (SDH) ความลึกของเก้าอี้ (SD) ความสูงพนักพิงหลัง (UEB) มีค่าสูงกว่าการแบ่งกลุ่มแบบอื่น คือมีร้อยละความเหมาะสม 67, 89, 80 และ 100 ตามลำดับ ส่วนความกว้างของเก้าอี้ (SW) มีร้อยละความเหมาะสมสูงที่สุดเช่นกันแต่มีค่าเท่ากับการจัดกลุ่มแบบ Growth Chart คือร้อยละ 72 และความสูงขอบล่างของโต๊ะเรียนหรือช่องใส่ของใต้โต๊ะเรียน (UDH) นั้นให้ค่าร้อยละความเหมาะสมเท่ากันทั้ง 3 แบบคือร้อยละ 50 ส่วนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เทคนิคเคมีนส์และการใช้ Growth Chart ให้ค่าความเหมาะสมสูงสุด 3 ด้านเท่ากัน แต่หากพิจารณาด้านมิติขนาดที่สำคัญมากๆ เช่น ความสูงเก้าอี้ (SH) และความสูงโต๊ะเรียน (SDH) การใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์ให้ร้อยละความเหมาะสมที่ดีกว่าคือร้อยละ 50 และ 74 ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าแบบจัดกลุ่มด้วย Growth Chart และเมื่อเทียบกับการจัดกลุ่มตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของโต๊ะและเก้าอี้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโต๊ะเก้าอี้ตาม มอก. ให้ค่าร้อยละความเหมาะสมต่ำกว่าแบบอื่นๆ เกือบทุกด้าน ยกเว้นค่าความสูงของพนักพิงหลังที่มีความเหมาะสมร้อยละ 100

จากค่าร้อยละความเหมาะสมข้างต้นทำให้ทราบว่าการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มรูปแบบได้ให้ค่าความเหมาะสมดีกว่ากัน แต่ค่าร้อยละความเหมาะสมที่ปรากฏนั้นเป็นค่าที่ไม่สูงมากนัก ดังนั้นจึงได้ปรับการพิจารณาค่าที่ใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยจะใช้ขอบล่างและขอบบนของอสมการที่นำมาใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมแทนการใช้ค่ากลาง โดยในที่นี้จะปรับที่ขนาดที่ความสูงของเก้าอี้ (SH) ความลึกของเก้าอี้ของโต๊ะ (SD) และความสูงของโต๊ะ (SDH) โดยเก้าอี้ที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจะปรับที่ความสูงเก้าอี้จะใช้ขอบล่างและความลึกของเก้าอี้จะใช้ขอบบนซึ่งมีค่าเท่ากับ 37 และ 39 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนโต๊ะและเก้าอี้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะใช้ขอบล่างของค่าความสูงของเก้าอี้ (SH) และความสูงของโต๊ะเรียน (SDH) โดยปรับความสูงเป็น 38 และ 26 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงผลการเปรียบเทียบในตาราง 32

ตาราง 32 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้การปรับขนาดที่ขอบบนและขอบล่าง

มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย		
	มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์	มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์
SH	38 ซม.	37 ซม.	35 ซม.	42 ซม.	38 ซม.	39 ซม.
ต่ำกว่า	7%	13%	31%	0%	9%	0%
เหมาะสม	62%	66%	67%	15%	59%	50%
สูงกว่า	31%	20%	2%	85%	32%	50%
SDH	29 ซม.	27 ซม.	24 ซม.	30 ซม.	26 ซม.	27 ซม.
ต่ำกว่า	0%	0%	9%	0%	0%	0%
เหมาะสม	30%	68%	89%	11%	88%	74%
สูงกว่า	70%	32%	1%	89%	12%	26%
SD	38 ซม.	39 ซม.	38 ซม.	40 ซม.	39 ซม.	42 ซม.
ตื้นกว่า	20%	12%	20%	7%	14%	0%
เหมาะสม	80%	85%	80%	85%	85%	60%
ลึกกว่า	0%	2%	0%	7%	1%	40%
SW	36 ซม.	40 ซม.	40 ซม.	36 ซม.	40 ซม.	41 ซม.
แคบกว่า	62%	13%	13%	66%	12%	7%
เหมาะสม	38%	72%	72%	34%	82%	79%
กว้างกว่า	0%	14%	14%	0%	6%	14%
UEB	35 ซม.	42 ซม.	39 ซม.	39 ซม.	44 ซม.	42 ซม.
ต่ำกว่า	36%	0%	0%	0%	0%	0%
เหมาะสม	64%	95%	100%	100%	73.1%	96.3%
สูงกว่า	0%	5%	0%	0%	26.9%	3.7%
UDH	18 ซม.	18 ซม.	18 ซม.	19 ซม.	19 ซม.	19 ซม.
น้อยกว่า	50%	50%	50%	33%	33%	33%
เหมาะสม	50%	50%	50%	67%	67%	67%

จากตาราง 32 เมื่อทำการปรับค่าขนาดที่ได้จากกราฟอัตราการเจริญเติบโตในบางมิติขนาดแล้ว พบว่าผลการประเมินค่าร้อยละความเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้น และสูงกว่าค่าร้อยละความเหมาะสมที่ถูกจัดกลุ่มด้วยเทคนิคเคมีนส์ แต่ยังสรุปผลเช่นนั้นไม่ได้เนื่องจากการใช้เทคนิคเคมีนส์ในการจัดกลุ่มนั้นเป็นขนาดที่ได้มาจากข้อมูลสัดส่วนนักเรียนทั้งหมดไม่ได้แยกระดับชั้นก่อนการจัดกลุ่ม ซึ่งเทคนิคนี้จะจัดกลุ่มโดยพิจารณาสัดส่วนที่มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันเท่านั้น ดังนั้นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นก็อาจจะไปอยู่ในกลุ่มที่ควรใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดใหญ่ ส่วนนักเรียนที่อยู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายก็อาจจะไปอยู่ในกลุ่มที่ควรใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเล็ก และเพื่อให้เกิดความเท่าเทียมกันระหว่างวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์และวิธีการจัดกลุ่มแบบอื่นๆ จึงได้ศึกษาวิธีการจัดกลุ่มแบบใหม่โดยใช้ร้อยละการแบ่งกลุ่มย่อยของเคมีนส์ในแต่ละช่วงชั้นมัธยมศึกษา เรียกวิธีการใหม่นี้ว่า 2 Size K-means Combination โดยให้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแบ่งเป็น 2 ขนาดใช้ร่วมกัน โดยมีขั้นตอนการจัดกลุ่มดังนี้

1. แบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่มคือนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เริ่มพิจารณาข้อมูลที่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายแยกจากกัน
3. เรียงลำดับส่วนสูงของนักเรียนจากน้อยไปมาก
4. แบ่งกลุ่มจำนวนนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 75% และ 25% ของนักเรียนทั้งหมดในระดับช่วงชั้นนั้นๆ
5. เปรียบเทียบการใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดที่ได้จากเทคนิคเคมีนส์ แบ่งการเปรียบเทียบเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 การจัดกลุ่มขนาดโต๊ะเก้าอี้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยให้จำนวนนักเรียน 75% แรกใช้โต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้จากการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์ และอีก 25% ที่เหลือใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้จากการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์

กรณีที่ 2 การจัดกลุ่มขนาดโต๊ะเก้าอี้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยให้จำนวนนักเรียน 75% แรกใช้โต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้จากการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์ และอีก 25% ที่เหลือใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้จากการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์ และแสดงผลดังตาราง 33

ตาราง 33 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้ โดยปรับค่าขอบบนและขอบล่าง

มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน		ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น				ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย			
		มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์	เคมีนส์แบบ 2 ขนาด	มอก.	อัตราการเจริญเติบโต	เคมีนส์	เคมีนส์แบบ 2 ขนาด
SH		38 ซม.	37 ซม.	35 ซม.	(35,39)	42 ซม.	38 ซม.	39 ซม.	(39,35)
	ต่ำกว่า	7%	13%	31%	15%	0%	9%	0%	0%
	เหมาะสม	62%	66%	67%	83%	15%	59%	50%	72%
	สูงกว่า	31%	20%	2%	2%	85%	32%	50%	28%
SDH		29 ซม.	27 ซม.	24 ซม.	(24,27)	30 ซม.	26 ซม.	27 ซม.	(27,24)
	ต่ำกว่า	0%	0%	9%	1%	0%	0%	0%	0%
	เหมาะสม	30%	68%	89%	98%	11%	88%	74%	83%
	สูงกว่า	70%	32%	1%	1%	89%	12%	26%	17%
SD		38 ซม.	39 ซม.	38 ซม.	(38,42)	40 ซม.	39 ซม.	42 ซม.	(42,38)
	ตื้นกว่า	20%	12%	20%	6%	7%	14%	0%	0%
	เหมาะสม	80%	85%	80%	94%	85%	85%	60%	94%
	ลึกกว่า	0%	2%	0%	0%	7%	1%	40%	6%
SW		36 ซม.	40 ซม.	40 ซม.	(40,41)	36 ซม.	40 ซม.	41 ซม.	(41,40)
	แคบกว่า	62%	13%	13%	12%	66%	12%	7%	8%
	เหมาะสม	38%	72%	72%	71%	34%	82%	79%	82%
	กว้างกว่า	0%	14%	14%	17%	0%	6%	14%	10%
UEB		35 ซม.	42 ซม.	39 ซม.	(39,42)	39 ซม.	44 ซม.	42 ซม.	(42,39)
	ต่ำกว่า	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	เหมาะสม	64%	95%	100%	100%	100%	73.1%	96.3%	100%
	สูงกว่า	0%	5%	0%	0%	0%	26.9%	3.7%	0%
UDH		18 ซม.	18 ซม.	18 ซม.	(18,19)	19 ซม.	19 ซม.	19 ซม.	(19,18)
	น้อยกว่า	50%	50%	50%	47%	33%	33%	33%	40%
	เหมาะสม	50%	50%	50%	53%	67%	67%	67%	60%

จากตาราง 33 แสดงให้เห็นว่า วิธีการจัดกลุ่มแบบใหม่เคมีนส์แบบใช้ 2 ขนาดร่วมกันในแต่ละระดับช่วงชั้น (2 size K-means Combination) ให้ค่าร้อยละความเหมาะสมเมื่อเทียบกับสัดส่วนนักเรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายสูงที่สุดในทุกๆ มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ ถึงแม้ความกว้างของเก้าอี้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจะน้อยว่าการจัดกลุ่มด้วยขนาดจาก growth chart หรือวิธีเคมีนส์แบบปกติก็ตาม แต่ค่าร้อยละความแตกต่างนั้นต่างกันเพียง 1% เท่านั้น ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่การแบ่งกลุ่มโดยวิธีเคมีนส์หรือ 2 size K-means มีขั้นตอนวิธีการกำหนดขนาดที่ซับซ้อน และขนาดที่ถูกกำหนดขึ้นนั้นโรงเรียนต้องสั่งทำโต๊ะและเก้าอี้ตามขนาดที่ระบุ ซึ่งในปัจจุบันโรงเรียนรัฐบาลไทยยังคงใช้โต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดจากวิธีการจัดกลุ่มแบบ 2-Size คือใช้ 2 ขนาดร่วมกันที่กล่าวในข้างต้นมาประยุกต์ใช้กับการนำเสนอขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดตามมอก.1494-2541 และ 1495-2541 และเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน

ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าร้อยละความเหมาะสมของการใช้โต๊ะและเก้าอี้ตามมอก. พบว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ถูกระบุตามเกณฑ์ของ มอก. มีขนาดใหญ่กว่าสัดส่วนร่างกายของนักเรียน งานวิจัยนี้จึงนำเสนอทางเลือกโดยนำขนาดโต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีอยู่มาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน โดยมีการจัดกลุ่มเปรียบเทียบค่าร้อยละความเหมาะสม ดังนี้

1. ใช้ขนาด 5 ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
2. ใช้ขนาด 4 ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
3. ใช้ขนาด 3 ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
4. ใช้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ขนาด 4 และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 5
5. ใช้แบบ 2 ขนาด โดยระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 4 จำนวน 90% และใช้ขนาด 5 จำนวน 10%
6. ใช้แบบ 2 ขนาด โดยระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ขนาด 3 และ 4 อย่างละ 50% ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ระดับ 3 จำนวน 40% และระดับ 4 จำนวน 60%

ตาราง 34 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้ ของแบบที่ 1 -3

มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย		
	แบบที่ 1 ขนาด 3	แบบที่ 2 ขนาด 4	แบบที่ 3 ขนาด 5	แบบที่ 1 ขนาด 3	แบบที่ 2 ขนาด 4	แบบที่ 3 ขนาด 5
SH	34 ซม.	38 ซม.	42 ซม.	34 ซม.	38 ซม.	42 ซม.
ต่ำกว่า	48%	7%	0%	50%	9%	0%
เหมาะสม	52%	62%	13%	50%	59%	15%
สูงกว่า	0%	31%	87%	0%	32%	85%
SDH	26 ซม.	29 ซม.	30 ซม.	26 ซม.	29 ซม.	30 ซม.
ต่ำกว่า	0%	0%	0%	0%	0%	0%
เหมาะสม	84%	30%	9%	88%	34%	11%
สูงกว่า	16%	70%	91%	12%	66%	89%
SD	34 ซม.	38 ซม.	40 ซม.	34 ซม.	38 ซม.	40 ซม.
ตื้นกว่า	88%	20%	5%	93%	25%	7%
เหมาะสม	12%	80%	83%	7%	75%	85%
ลึกกว่า	0%	0%	12%	0%	0%	7%
SW	34 ซม.	36 ซม.	36 ซม.	34 ซม.	36 ซม.	36 ซม.
แคบกว่า	85%	62%	62%	94%	66%	66%
เหมาะสม	15%	38%	38%	6%	34%	34%
กว้างกว่า	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UEB	31 ซม.	35 ซม.	39 ซม.	31 ซม.	35 ซม.	39 ซม.
ต่ำกว่า	97%	36%	0%	98.6 %	39.8 %	0%
เหมาะสม	3%	64%	100%	1.4%	60.2%	100%
สูงกว่า	0%	5%	0%	0%	0%	0%
UDH	15 ซม.	18 ซม.	19 ซม.	15 ซม.	18 ซม.	19 ซม.
น้อยกว่า	98%	50%	27%	100%	61%	33%
เหมาะสม	2%	50%	73%	0%	39%	67%

จากผลการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมที่ได้จากการแบ่งกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนตาม มอก. ขนาด 3 ที่ใช้กับเด็กระดับประถมศึกษาตอนปลาย ขนาด 4 ที่ใช้กับเด็กระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และขนาด 5 ที่ใช้กับเด็กระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าขนาด 3 และ 4 เป็นขนาดที่ทำให้ค่าความสูงของเก้าอี้ (SH) และความสูงของโต๊ะ (SDH) มีความเหมาะสมสูง โดยเฉพาะขนาด 3 ทำให้ค่าความสูงของโต๊ะเรียนมีความเหมาะสมสูงกว่าขนาด 4 ดังนั้นขนาด 3 และ 4 น่าจะเป็นขนาดที่เหมาะสมในการนำมาพิจารณาการจัดกลุ่มแบบใช้ 2 ขนาดร่วมกันในช่วงชั้นเดียวกัน (2 Size Combination) และโดยปกติ มอก. แนะนำให้เด็กระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ขนาด 4 และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 5 นั้น จากข้อมูลที่ปรากฏในตาราง 34 พบว่าขนาดที่ มอก. แนะนำทำให้ค่าความสูงของโต๊ะสูงเกินไปมาก ซึ่งส่งผลเสียอย่างร้ายแรงต่อร่างกายของนักเรียนและยังพบว่าความสูงของเก้าอี้ยังสูงเกินไปประมาณ 30% และเหตุที่พิจารณาความเหมาะสมที่ค่า SH และ SDH เป็นหลักเนื่องจากค่านี้มีผลกระทบต่อความผิดปกติของร่างกายและอาการปวดเมื่อยที่จะเกิดขึ้นในอนาคตสูง เช่น หากใช้โต๊ะเรียนที่มีขนาดสูงเกิดไปแขนและบ่าจะถูกยกขึ้นตลอดเวลาในขณะที่นั่งเรียนส่งผลกระทบต่อความผิดปกติของกระดูกสันหลังและทำให้บ่าเอียงได้ โดยเฉพาะเด็กวัยเจริญเติบโตจะส่งผลกระทบต่อสรีระเมื่อโตเป็นผู้ใหญ่ในอนาคตได้

ตาราง 35 เปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้ตามแบบมอก.กำหนดเทียบกับแบบผสม 2 ขนาด (2-size combination)

	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย		
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน	ขนาด 4	ขนาด 4,5 (90%, 10%)	ขนาด 3,4 (50%, 50%)	ขนาด 5	ขนาด 4,5 (90%, 10%)	ขนาด 3,4 (40%, 60%)
SH	38 ซม.	38,42	34,38	42 ซม.	38,42	34,38
ต่ำกว่า	7%	0%	9%	0%	2%	10%
เหมาะสม	62%	67%	91%	15%	65%	90%
สูงกว่า	31%	33%	0%	85%	33%	0%

ตาราง 35 (ต่อ)

มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียน	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย		
	แบบที่ 1 ขนาด 4	แบบที่ 2 ขนาด 4,5 (90%, 10%)	แบบที่ 3 ขนาด 3,4 (50%, 50%)	แบบที่ 1 ขนาด 5	แบบที่ 2 ขนาด 4,5 (90%, 10%)	แบบที่ 3 ขนาด 3,4 (40%, 60%)
SDH	29 ซม.	29,30	26,29	30 ซม.	29,30	26, 29
ต่ำกว่า	0%	0%	0%	0%	0%	0%
เหมาะสม	30%	25%	64%	11%	31%	62%
สูงกว่า	70%	75%	36%	89%	69%	38%
SD	38 ซม.	38,40	34,38	40 ซม.	38,40	34,38
ตื้นกว่า	20%	13%	58%	7%	19%	58%
เหมาะสม	80%	87%	42%	85%	81%	42%
ลึกกว่า	0%	0%	0%	7%	0%	0%
SW	36 ซม.	36, 36	34,36	36 ซม.	36, 36	34,36
แคบกว่า	62%	62%	75%	66%	66.2%	79.1%
เหมาะสม	38%	38%	36%	34%	33.8%	20.9%
กว้างกว่า	0%	0%	0%	0%	0%	0%
UEB	35 ซม.	35,39	31,35	39 ซม.	35,39	31,35
ต่ำกว่า	36%	26%	83%	0%	29.8%	78.5%
เหมาะสม	64%	74%	17%	100%	70.2%	21.5%
สูงกว่า	5%	0%	0%	0%	0%	0%
UDH	18 ซม.	18,19	15,18	19 ซม.	18,19	15,18
น้อยกว่า	50%	48%	77%	33%	59%	80%
เหมาะสม	50%	52%	23%	67%	41%	20%

จากตาราง 35 กล่าวมาแล้วนั้น ได้ทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายให้ใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาด 3 ทั้งหมด 4 ทั้งหมด และ 5 ทั้งหมด เพื่อตรวจสอบดูว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายเหมาะสมที่จะใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดใดมากที่สุด เพื่อนำผลที่ได้มาหาขนาดด้วยวิธี 2-Size Combination จากการหาค่าเฉลี่ยส่วนสูงของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายของโรงเรียนนี้มีขนาดใกล้เคียงกันจึงใช้วิธีแบ่งกลุ่มแบบที่ 2 ซึ่งทำให้ความสูงเก้าอี้ดีขึ้นเพียงเล็กน้อยและพบว่าทำให้ค่าความสูงของโต๊ะเรียนมีความไม่เหมาะสมเพิ่มขึ้น กล่าวคือทำให้โต๊ะเรียนสูงเกินไปมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงปรับวิธีการนำเสนอเป็นแบบที่ 3 โดยลดขนาดลงไปใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาดที่ 3 กับ 4 ซึ่งพบว่า ทำให้ค่าความสูงของเก้าอี้และความสูงของโต๊ะเรียนมีค่าเหมาะสมมากขึ้นอย่างชัดเจนซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญและมีผลกระทบสูงกว่าค่าอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนค่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในมิติอื่นๆ มีค่าลดลง (ตาราง 35)

หากพิจารณาถึงค่าความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้อสมการในการเปรียบเทียบจะบอกค่าความเหมาะสมและไม่เหมาะสมออกมาเท่านั้น แต่ไม่ได้ให้ข้อมูลว่าไม่เหมาะสม (ต่ำเกินไป, สูงเกินไป) นั้นไม่เหมาะสมห่างจากค่าช่วงที่กำหนดเท่าใด ดังนั้นผู้ศึกษาจึงทำการวัดค่าความไม่เหมาะสมโดยคิดจากค่าเฉลี่ยของความไม่เหมาะสมทั้งหมดในแต่ละมิติต่างๆ ของโต๊ะและเก้าอี้ดังแสดงในตาราง 36

ตาราง 36 เปอร์เซ็นต์ความไม่เหมาะสมของการแบ่งกลุ่มนักเรียนตามขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของ มอก.

รูปแบบการแบ่งกลุ่ม		แบบที่ 1 (100%)		แบบที่ 2 (90%,10%)		แบบที่ 3 (50%,50%), (40%,60%)	
ค่าความเหมาะสม		ม.ต้น (4)	ม.ปลาย (5)	ม.ต้น (4,5)	ม.ปลาย (4,5)	ม.ต้น (3,4)	ม.ปลาย (3,4)
SH	%ต่ำกว่า	7%	0%	0.3%	2%	9%	10%
	Aver. ต่ำกว่า	0.43	0	1.1	0.1	0.5	0.3
	Max ต่ำกว่า	1.0	0	0.1	0.1	1.0	1.0
	%สูงกว่า	31%	85%	32.7%	33%	0%	0.2%
	Aver. สูงกว่า	1.1	3.1	0.1	0.9	0	0.2
	Max สูงกว่า	3.1	7.1	3.14	3.1	0	0.2

ตาราง 36 (ต่อ)

รูปแบบการแบ่งกลุ่ม		แบบที่ 1 (100%)		แบบที่ 2 (90%,10%)		แบบที่ 3 (50%,50%), (40%,60%)	
ค่าความเหมาะสม		ม.ต้น (4)	ม.ปลาย (5)	ม.ต้น (4,5)	ม.ปลาย (4,5)	ม.ต้น (3,4)	ม.ปลาย (3,4)
SDH	%สูงกว่า	70%	89%	75%	69%	36%	38%
	Aver. สูงกว่า	2.0	2.3	1.9	1.8	0.8	0.8
	Max สูงกว่า	5.3	6.3	5.3	5.3	2.3	2.3
SD	%ตื้นกว่า	20%	7%	13%	19%	58%	58%
	Aver. ตื้นกว่า	1.2	0.25	0.9	0.8	1.2	1.1
	Max ตื้นกว่า	2.8	1.2	2	2.8	2.8	3.2
	%ลึกกว่า	0%	7%	0%	0%	0%	0%
	Aver. ลึกกว่า	0	0.26	0	0	0	0
	Max ลึกกว่า	0	1.1 ซม.	0	0	0	0
SW	%แคบกว่า	62%	66%	62%	66%	75%	79%
	Aver. แคบกว่า	2.6	2.4	2.6	2.4	3.1	2.7
	Max แคบกว่า	12.4	11.3	12.4	11.3	14.4	13.3
	%กว้างกว่า	0%	0%	0%	26%	0%	0%
	Aver. กว้างกว่า	0	0	0	1.	0	0
	Max กว้างกว่า	0	0	0	3.5	0	0
UEB	%ต่ำกว่า	36%	0%	26%	30%	83%	78%
	Aver. ต่ำกว่า	1.0	0	0.8	0.8	1.6	1.4
	Max ต่ำกว่า	2.2	0	1.72	1.9	3.8	3.2
UDH	%ต่ำกว่า	50%	33%	50%	33%	50%	33%
	Aver. ต่ำกว่า	1.2	0.9	1.1	1.2	2.2	2.1
	Max ต่ำกว่า	5.2	4.0	5.2	5	8	8

จากตาราง 36 เปรียบการคำนวณค่าระยะห่างของข้อมูลสัดส่วนเมื่อตรวจสอบกับอสมการแล้วพบว่าอยู่นอกช่วงของอสมการแสดงว่าค่าสัดส่วนไม่เหมาะสมกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน แต่เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าความไม่เหมาะสมต่างๆ ที่เกิดขึ้น หากดูจากเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียวไม่ได้ เนื่องจากหากเปรียบเทียบค่า Mismatch ของแต่ละแบบแล้วพบว่าหากรูปแบบการจัดกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้รูปแบบใดมีเปอร์เซ็นต์ความไม่เหมาะสมสูงแล้ว ต้องทำการหาค่าระยะห่างของค่าความไม่เหมาะสมนั้นซึ่งหากมีระยะห่างจากค่าที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนเท่าใดร่วมด้วย ซึ่งจากตาราง 36 ยังคงยืนยันว่า การแบ่งกลุ่มแบบที่ 3 ให้ค่าความเหมาะสมสูงที่สุด

จากค่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ มอก.ได้แนะนำไว้จะใช้มาตรฐานในการผลิตแบบผลิตครั้งละมากๆ (Mass Production) ดังนั้นการผลิตจะผลิตขนาดออกมาโดยต้องคำนึงถึงคนส่วนใหญ่สามารถใช้งานได้ คนสัดส่วนเล็กสามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดใหญ่ได้แต่หากโต๊ะและเก้าอี้มีขนาดเล็กเกินไปจะนำมาใช้กับคนที่สัดส่วนร่างกายขนาดใหญ่ไม่ได้ จากที่กล่าวมาทำให้ค่าความสูงของเก้าอี้ (SH) และ ความสูงของโต๊ะเรียน (SDH) ตามมาตรฐานที่ มอก.แนะนำไว้จึงมีค่าค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบใช้ 2 ขนาดร่วมกันในแต่ละระดับช่วงชั้น ซึ่งทำให้ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้งานได้มากที่สุด

ผลการออกแบบขนาดของแท่นรองเท้า

จากการสำรวจเบื้องต้นของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในโรงเรียนรัฐบาลของระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่ใช้ขนาดใหญ่ที่สุดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เนื่องจากเป็นการลดต้นทุนในการสั่งซื้อและโต๊ะกับเก้าอี้ที่มีขนาดใหญ่สามารถรองรับนักเรียนในโรงเรียนได้มากกว่าโต๊ะและเก้าอี้ขนาดเล็ก โดยโรงเรียนไม่ได้คำนึงถึงความเหมาะสมในการนั่งเรียนในระยะยาวเป็นเวลานานๆ จึงได้ออกแบบแท่นรองเท้าสำหรับนักเรียนที่มีสัดส่วนความสูงของขาพับขณะนั่งเก้าอี้น้อยกว่าความสูงของเก้าอี้ซึ่งทำให้ขาลอยขณะนั่งเรียน ในการออกแบบแท่นรองเท้านี้เลือกใช้ความสูงจาก Growth Chart ของเด็กไทยที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 3 ของเด็กอายุ 12 ปี (ม.1) แล้วนำไปหาค่าความสูงขาพับจากสมการพยากรณ์ดังแสดงในสมการที่ 4.7

Percentile ที่ 3 ของเด็กอายุ 12 ปี เท่ากับ 134 เซนติเมตร

ดังนั้น $PH = 0.309*S - 10.556$ (4.7)

$PH = (0.309*134) - 10.556 = 30.85$

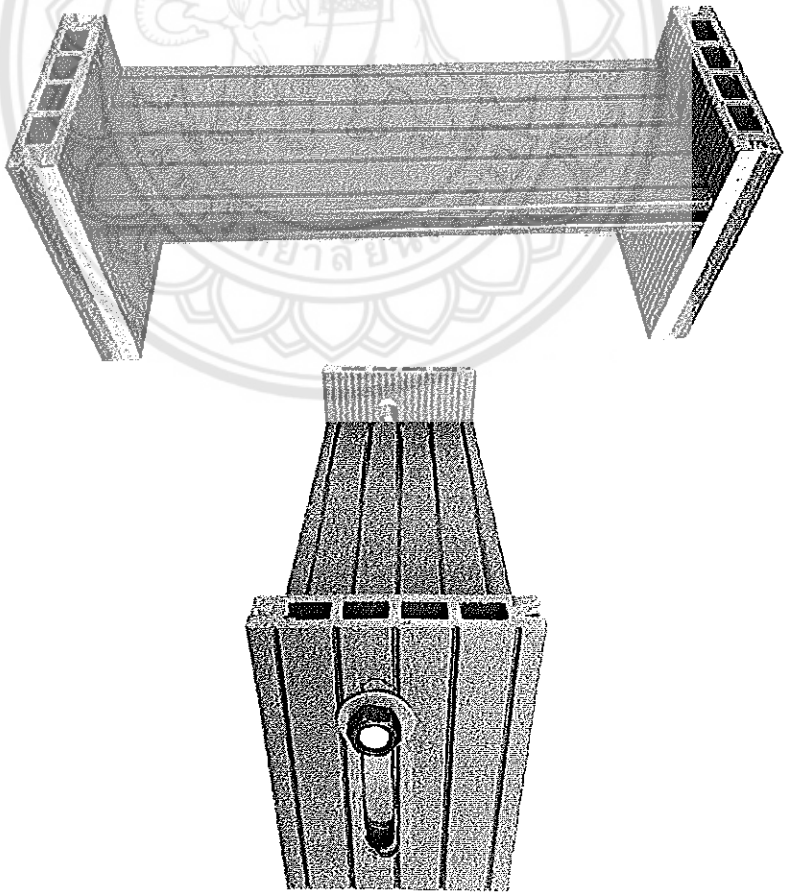
จากนั้นนำไปเทียบขนาดความสูงของเก้าอี้ที่ขนาดใหญ่ที่สุดซึ่งสูง 46 เซนติเมตร โดยสูงกว่าขนาดความสูงขาพับประมาณ 15 เซนติเมตร และจากการกำหนดค่าความเหมาะสมที่ได้จากอสมการหาค่าความสูงเก้าอี้ (อสมการ 4.8) จะได้ช่วงของความสูงของเก้าอี้ที่เหมาะสมดังนี้

จากอสมการ $(PH+SC)Cos30^{\circ} \leq SH \leq (PH+SC)Cos5^{\circ}$ (4.8)

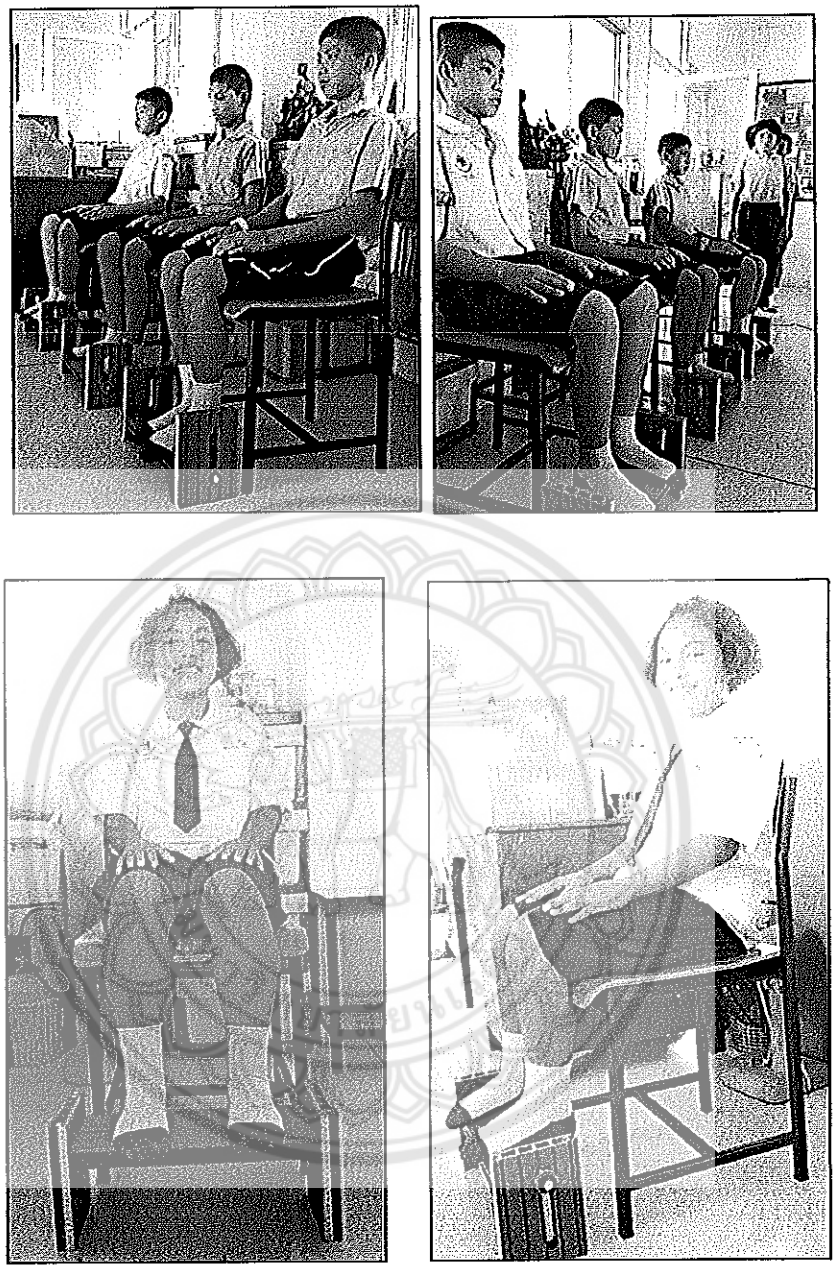
ช่วงที่เหมาะสม $PH*0.866 \leq SH \leq PH*0.996$

$27 \leq SH \leq 31$

ดังนั้น หากนักเรียนที่มีความสูงขาพับอยู่ที่ประมาณ 31 เซนติเมตร แล้วนั่งเก้าอี้ที่ความสูงตั้งแต่ 27-31 จะให้นั่งสบายไม่เกิดอาการบาดเจ็บแต่หากเก้าอี้ที่มีความสูงถึง 46 เซนติเมตรจะส่งผลให้ขาลอยจากพื้น ซึ่งควรจะหาแท่นรองเท้าที่มีขนาดสูงที่สุดเท่ากับ 19 เซนติเมตร (นำ 46-27 = 19) จะทำให้เท้าวางที่แท่นขณะนั่งเรียนได้อย่างสบาย ดังนั้นการออกแบบแท่นรองเท้าที่เหมาะสมควรปรับระดับได้เพื่อสามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนที่มีความสูงขาพับแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพ 18



ภาพ 18 แท่นรองเท้าที่ปรับระดับได้ (Dynamic Foot Rest)



ภาพ 19 การทดสอบการใช้แท่นรองเท้าที่ความสูงระดับต่าง ๆ

ผลการสำรวจข้อมูลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

แท่นวางเท้าที่ถูกออกแบบสามารถนำไปใช้กับนักเรียนที่มีค่าความสูงขาพับน้อยกว่าความสูงเก้าอี้ ซึ่งเก็บข้อมูลในรูปแบบการทดลองปรับระดับแท่นรองเท้าเป็น 3 ระดับ ตามช่วงของสมการที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความสูงของเก้าอี้ (สมการที่ 4.8) ดังนี้

1. ความสูงระดับขอบล่าง

2. ความสูงระดับกลาง

3. ความสูงระดับขอบบน

ในการทดลองนี้จะให้นักเรียนนั่งเก้าอี้และใช้แท่นรองเท้าที่ออกแบบมาใช้งานทั้ง 3 ระดับ (ภาพ 19) แล้วสัมภาษณ์ความพึงพอใจในการใช้งานว่ามีความรู้สึกหรือพึงพอใจอย่างไรเกี่ยวกับการใช้งานแท่นวางเท้าแต่ละระดับ โดยสามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ต่างๆ ได้ดังนี้

0 ไม่เหมาะสม/ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง

1 เหมาะสม

2 ปานกลาง

3 เหมาะสมดี / เหมาะสมมาก / ชอบ

4 เหมาะสมดีมาก / เหมาะสมมากที่สุด / ชอบมากที่สุด

จากผลการให้คะแนนต่างๆ ของนักเรียนที่มีสัดส่วนขนาดเล็ก จำเป็นต้องใช้แท่นรองเท้าเพื่อช่วยลดอาการเมื่อยล้าในขณะที่นั่งเรียนเป็นเวลานานๆ (หางานวิจัยสนับสนุน) แสดงดังตาราง 37

ตาราง 37 ความพึงพอใจของนักเรียนที่ทดลองใช้แท่นรองเท้า (Foot Rest)

ระดับของขนาดความสูงของแท่นรองเท้า	ระดับการประเมิน (ร้อยละ)					$\bar{x}$	SD	เกณฑ์
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง			
ขอบล่าง	21.7	39.1	21.7	17.4	-	2.65	1.03	ดีหรือเหมาะสม
ระดับกลาง	65.2	21.7	13.0	-	-	3.52	0.73	ดีมากหรือเหมาะสมที่สุด
ขอบบน	13	13	47.8	26.1	-	2.13	0.97	ดีหรือเหมาะสม

การวิเคราะห์ช่วงการแปลผลใช้สูตรหาอันตรภาคชั้น (4-0)/5 = 0.8 ดังนั้น มีเกณฑ์วิเคราะห์ผลคะแนน ดังนี้

0-0.8 ไม่เหมาะสม/ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง

0.81-1.6	เหมาะสม
1.61-2.4	ปานกลาง
2.41-3.2	เหมาะสมดี / เหมาะสมมาก / ชอบ
3.21-4.0	เหมาะสมดีมาก / เหมาะสมมากที่สุด / ชอบมากที่สุด

จากการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 23 คนโดยคัดเลือกด้วยสายตาจากนักเรียนที่มีสัดส่วนความสูงน้อยที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้แล้วขาลอย โดยมีค่าความสูงขาพับจริงเฉลี่ยประมาณ 36.98 เซนติเมตร ซึ่งต้องใช้ความสูงของแท่นรองเท้าในแต่ละคนไม่เท่ากัน โดยเฉพาะใช้ความสูงระดับขอบล่างประมาณ 8.2 เซนติเมตร ความสูงระดับกลางประมาณ 11.4 เซนติเมตร และความสูงระดับขอบบนประมาณ 15.0 เซนติเมตร ซึ่งจากตาราง 37 พบว่าผู้ถูกสัมภาษณ์ให้คะแนนความพึงพอใจที่แทนรองเท้าที่มีความสูงระดับกลางของช่วงสมการที่ใช้ในการทดสอบความเหมาะสม ซึ่งเมื่อใช้แล้วตอบว่าพึงใจในระดับสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 3.52 คิดเป็นร้อยละ 90.65 รองลงมาคือพึงพอใจเมื่อใช้แทนรองเท้าที่มีความสูงอยู่ที่ขอบล่างของสมการอยู่ในเกณฑ์มีพึงพอใจมากและระดับขอบบนอยู่ในเกณฑ์มีความพึงพอใจปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 2.65 และ 2.13 คิดเป็นร้อยละ 66.25 และ 53.25 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการสัมภาษณ์นักเรียน 23 คน คนส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าชอบลักษณะและขนาดของแท่นรองเท้านี้มากมีความยาวและความกว้างที่เหมาะสม ใช้แล้วรู้สึกสบายทำให้หลังและสะโพกพิงกับพนักพิงหลังได้อย่างดี และบางส่วนให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้แท่นรองเท้าที่มีขนาดที่ขอบล่าง (ต่ำสุด) ว่ารู้สึกเมื่อยบริเวณต้นขาช่วงบน และเวลาข้อเท้า และบางคนนั่งแล้วหลังและสะโพกไม่สามารถพิงหรือชิดกับพนักพิงหลังได้พอดี บางคนให้ความคิดเห็นว่ารู้สึกปวดเมื่อยหลังช่วงล่าง ส่วนด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้แท่นรองเท้าที่มีขนาดที่ขอบบนนักเรียนให้ความเห็นว่ารู้สึกเมื่อยตรงหัวเข่า บางคนเมื่อยตรงขาพับ บางคนรู้สึกปวดบริเวณเหนือข้อเท้าขึ้นมา และบางคนให้สัมภาษณ์ว่าแท่นรองเท้าสูงเกินไปทำให้ต้นขาติดกับขอบล่างของโต๊ะเรียนทำให้นักเรียนไม่สะดวกสบาย

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ปัญหาการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนรัฐบาลส่วนใหญ่จะใช้ขนาดเดียวกันทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยจากการสำรวจโรงเรียนในเขตภาคเหนือตอนล่าง 6 แห่ง ด้วยวิธีการสุ่มพื้นที่พบว่าโรงเรียนต่างๆ ใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ขนาด 6 ซึ่งจากการเก็บข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนเพื่อนำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ได้ทำการสัมภาษณ์และแจกแบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้นั่งเรียนในปัจจุบัน โดยส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นไปในทางเดียวกันว่าเมื่อนั่งไปนานๆ มีอาการปวดเมื่อยบริเวณคอ หลัง หลังช่วงล่าง บ่า ไหล่ ก้น ขา เอา และหัวเข่า ซึ่งปัญหาดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นในขณะที่นักเรียนนั่งเรียนเป็นเวลานานๆ และเมื่อสัมภาษณ์ความคิดเห็น พบว่านักเรียนต้องการให้โต๊ะเรียนมีการปรับปรุงความสูงให้ลดลง และมีที่วางเท้าที่พอเหมาะ และที่สำคัญต้องการให้มีช่องว่างระหว่างโต๊ะและต้นขาเวลานั่งเรียนมากๆ พอที่จะให้ขาสอดไปใต้โต๊ะแล้วสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวก ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นไปตามทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมว่าปัญหาส่วนใหญ่ของความเมื่อยล้าในวัยเด็ก พบว่ามาจากการนั่งเรียนในห้องเรียนเป็นเวลานานๆ ซึ่งเด็กในวัยเรียนต้องใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการเรียนที่โรงเรียน หากปล่อยให้นักเรียนใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายเป็นเวลานาน จะส่งผลกระทบต่อสรีระร่างกายและอาการปวดเมื่อยเรื้อรังและส่งผลต่อเนื่องไปในอนาคตได้

อีกทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องในการสั่งซื้อโต๊ะและเก้าอี้เรียนในปัจจุบัน ไม่ได้คำนึงถึงความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีต่อสัดส่วนร่างกายของนักเรียน จากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรื่องโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน ไม่ทราบถึงความจำเป็นและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้งานที่ไม่เหมาะสม และในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะสั่งเพียงแค่ให้พอต่อการใช้งานเท่านั้น หรือหากสั่งซื้อก็จะพิจารณาเพียงให้ได้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) แต่ไม่ระบุเรื่องขนาดที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนในโรงเรียน ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โรงเรียนต่างๆ ควรมีกระบวนการพิจารณาเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนตามหลักการยศาสตร์

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอกระบวนการที่เป็นทางเลือกในการพิจารณาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนในรูปแบบต่างๆ ซึ่งมีผลสรุปของแต่ละขั้นตอนการศึกษาดังนี้

การหาสมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่ง (Sitting Anthropometry) **ด้วยสัดส่วนท่ายืน** (Standing Anthropometry)

จากปัญหาการตรวจสอบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนว่ามีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายหรือไม่ ต้องใช้สัดส่วนท่านั่งมาเปรียบเทียบกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ ซึ่งสัดส่วนท่านั่งเป็นค่าที่วัดได้ยากและใช้เวลานาน งานวิจัยนี้จึงได้หาสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งด้วยสัดส่วนท่ายืน ซึ่งการสร้างสมการพยากรณ์ได้นำค่าส่วนสูง (stature) และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index) ของนักเรียนมาใช้หาค่าสัดส่วนท่านั่งที่จำเป็นในการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้ โดยใช้เทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ผลของการทดลองพบว่า เมื่อนำข้อมูลอีกชุดหนึ่งที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ส่วนสูงและน้ำหนักที่ได้ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีค่าไม่แตกต่างกับส่วนสูงและน้ำหนักที่นำมาใช้สร้างสมการพยากรณ์ และค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์และค่าที่วัดจริงมีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อทดสอบโดยการนำค่าความสูงและน้ำหนักของโรงเรียนอีกแห่งหนึ่งที่มีค่าเฉลี่ยส่วนสูงและน้ำหนักแตกต่างกับข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์ พบว่าเมื่อเปรียบค่าที่ได้จากสมการพยากรณ์กับค่าที่ได้จากการวัดจริงมีความแตกต่างกัน

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าสมการพยากรณ์ที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ สามารถนำไปใช้กับโรงเรียนอื่นๆ ที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าค่าเฉลี่ยความสูงและน้ำหนักของนักเรียนมีค่าไม่แตกต่างกันกับความสูงและน้ำหนักที่นำมาใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์

จากผลการวิจัยนี้ทำให้ได้กระบวนการในการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งได้อย่างเหมาะสมและสามารถช่วยให้โรงเรียนต่างๆ ไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการวัดสัดส่วนนักเรียนในท่านั่ง โดยสามารถใช้เพียงส่วนสูงและน้ำหนักของนักเรียนมาคำนวณหาค่าสัดส่วนท่านั่งได้อย่างง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากในทุกๆ ปีโรงเรียนต่างๆ ทำการวัดความสูงและน้ำหนักของนักเรียนทุกคนอยู่แล้ว จึงสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาเป็นข้อมูลนำเข้าและใช้เพื่อพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งได้ทันที

การเปรียบเทียบการหาขนาดเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ

การหาขนาดเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมจะทำการแบ่งขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ประเทศไทย ซึ่งแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนระดับมัธยมศึกษาออกเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและขนาดสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสม ดังนี้

1. การกำหนดขนาดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากการพยากรณ์
2. การใช้น้ำหนักและส่วนสูงจาก Growth Chart ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 และ 90 มาแปลงค่าเป็นสัดส่วนท่านั่งจากสมการพยากรณ์
3. การใช้เทคนิคเคมีนส์ในการจัดกลุ่มข้อมูลสัดส่วนท่านั่ง

จากวิธีดังกล่าวทำให้ได้สัดส่วนท่านั่งที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ข้อมูลมีค่าน้อยกว่าจะใช้สำหรับการนำไปกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและกลุ่มที่ข้อมูลมีค่ามากกว่าจะนำไปใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้ไปเทียบกับอสมการทั้ง 6 และนำค่ากลางมาใช้ในการกำหนดขนาดในแต่ละมิติของโต๊ะและเก้าอี้เรียน

เมื่อได้ขนาดที่แนะนำด้วยวิธีการต่างๆ แล้วจะนำขนาดที่ได้ไปเปรียบเทียบกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแบ่งแยกตามระดับช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นทางเลือกในการหาขนาดขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ โดยมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้งาน และเมื่อนำสัดส่วนท่านั่งที่วัดค่าจริงมาเปรียบเทียบกับอสมการเพื่อหาความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในมิติต่างๆ ผลปรากฏว่า การกำหนดขนาดด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนส์แล้วนำค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มที่ได้มาใช้กำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนซึ่งให้ค่าความเหมาะสมที่ดีและใกล้เคียงกับวิธีการกำหนดขนาดจาก Growth Chart แต่เมื่อดูค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมแล้ว พบว่าเทคนิคเคมีนส์ให้ค่าความเหมาะสมสูงที่สุด ยกเว้นค่าความสูงของเก้าอี้ที่ให้ค่าความเหมาะสมยังไม่ดีเท่าไรนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการใหม่ในการใช้ขนาดที่ได้จากเทคนิคเคมีนส์นำมาใช้แบบ 2 ขนาดร่วมกัน (2-sizes K-means) หมายความว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ 2 ขนาด คือนำขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนของระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาปรับใช้กับนักเรียนในบางส่วนของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนำเก้าอี้ขนาดของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาปรับใช้นักเรียนบางส่วนของมัธยมศึกษาตอนปลายเช่นกัน ซึ่งทำให้ได้ค่าความเหมาะสมสูงขึ้นอย่างมาก เช่น ค่าความเหมาะสมของความสูงเก้าอี้จากมีค่าเพียง 67% เพิ่มขึ้นเป็น

83% ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและค่าความเหมาะสมของความสูงเก้าอี้จากมีค่าเพียง 50% เพิ่มขึ้นเป็น 72% ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นต้น

หากพิจารณาถึงวิธีการกำหนดขนาดโดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะได้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคน เนื่องจากการกำหนดขนาดที่ได้จากเทคนิคเคมีนส์ให้ค่าความเหมาะสมค่อนข้างสูง จะสังเกตเห็นว่าค่าสัดส่วนท่านั่งที่นำมาใช้จัดกลุ่มนั้นเป็นข้อมูลสัดส่วนจริงของเด็กในโรงเรียนแห่งนั้น ดังนั้นขนาดที่ได้จึงน่าจะมีค่าความเหมาะสมที่สูงอยู่แล้ว อีกทั้งวิธีนี้เหมาะกับโรงเรียนที่สามารถรับภาระการสั่งทำโต๊ะและเก้าอี้แบบขนาดพิเศษสำหรับโรงเรียนแห่งนี้โดยเฉพาะได้ ซึ่งโรงเรียนเอกชนบางโรงเรียนในประเทศไทยได้พิจารณาการเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแต่ละคนหรือระดับชั้นละขนาดได้ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการบริหารจัดการเพิ่มขึ้น เพราะยิ่งสั่งผลิตน้อยและผลิตเฉพาะกับความต้องการจะมีต้นทุนที่สูงกว่าการผลิตแบบครั้งละมากๆ (Mass Production) และเหมาะที่จะเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับโรงเรียนเอกชน

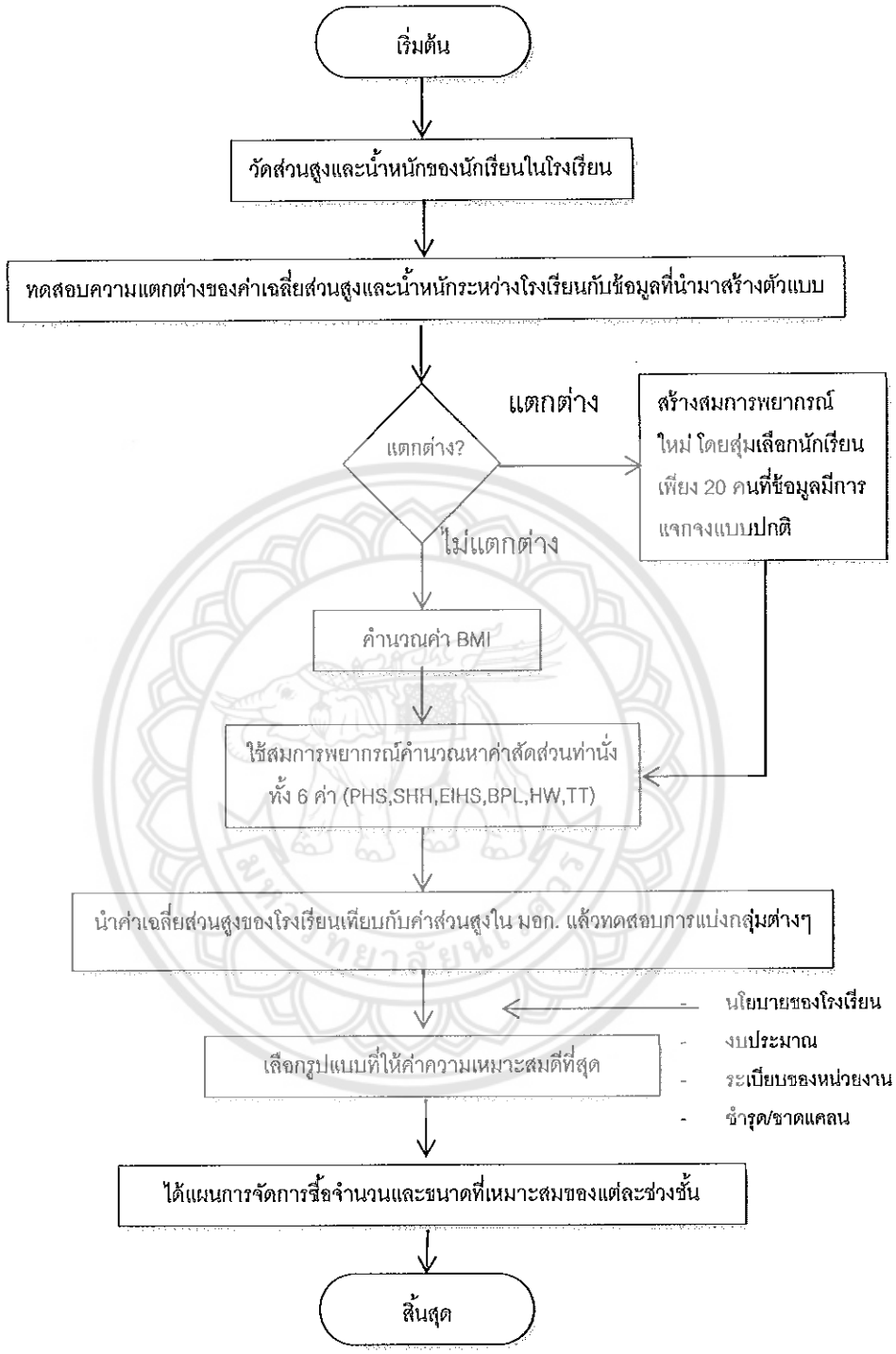
แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาลยังคงต้องใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดตามที่ระบุไว้ใน มอก. เพราะยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนมาตรฐานนี้ได้ในทันที ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางในการเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดตามที่มอก.แนะนำกล่าวคือระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ขนาด 4 และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 5 ซึ่งผลการวิจัยวิธีนี้ให้ค่าความเหมาะสมต่ำ และทำให้ทราบว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ระบุขนาดสำหรับแต่ละช่วงชั้นในอมอก.นั้นน่าจะเป็นค่าที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 เพราะตามที่ สุทธิ์ ศรีบูรพา (2540, หน้า 213-214) ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับการออกแบบเก้าอี้ในมิติขนาดต่างๆ ควรออกแบบให้รองรับกับคนที่มีสัดส่วนร่างกายขนาดใหญ่เพื่อรองรับการใช้งานได้ดีกว่าการออกแบบเก้าอี้ที่มีขนาดเล็ก ทำให้คนที่มีสัดส่วนร่างกายขนาดใหญ่ไม่สามารถใช้งานได้หรือใช้งานได้แล้วเกิดผลเสียมากกว่า

ดังนั้น เมื่อขนาดที่ระบุตามมอก.มีค่าความไม่เหมาะสมสูง งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการเลือกขนาดที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายนักเรียนในแต่ละช่วงชั้นจึงแนะนำวิธีการใช้แบบ 2 ขนาดร่วมกัน และจากผลการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสม ทำให้ทราบว่าทางเลือกใหม่ที่ควรนำมาใช้กับการพิจารณาเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนมากที่สุด ควรเลือกแบบใช้ 2 ขนาดร่วมกันในแต่ละระดับช่วงชั้น โดยโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนในโรงเรียนแห่งนี้ของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นควรใช้ขนาด 3 และ 4 จำนวนอย่างละ 50% ส่วนมัธยมศึกษาตอนปลายควรใช้ขนาด 3 จำนวน 40% และขนาด 4 จำนวน 60% ซึ่งวิธีการที่นำเสนอ

นี้ยังคงใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทยเหมือนเดิม เพียงแต่มีการแบ่งขนาดคาบเกี่ยวกันระหว่างมัธยมศึกษาตอนต้นกับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากรายละเอียดผลสรุปของการวิจัยสามารถอธิบายได้ว่าการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนได้ และเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก สามารถใช้โปรแกรมพื้นฐานที่มีอยู่ในโรงเรียนเพื่อหาสมการพยากรณ์ ซึ่งให้ค่าความแม่นยำค่อนข้างสูง และนำเสนอทางเลือกในการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนที่ใช้งาน และนำเสนอทางเลือกสำหรับโรงเรียนที่สามารถสั่งทำโต๊ะและเก้าอี้ตามสัดส่วนของนักเรียนที่อยู่ในโรงเรียนแห่งนั้นจริงหรือทางเลือกที่เหมาะสำหรับโรงเรียนรัฐบาลไทยที่ยังคงให้ใช้โต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละทางเลือกให้ค่าความเหมาะสมที่ได้ในแต่ละโรงเรียนแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงช่วยให้โรงเรียนต่างๆ สามารถทราบขนาดและปริมาณของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมก่อนการสั่งซื้อจริงเพียงแค่ทราบส่วนสูงและน้ำหนักของนักเรียนซึ่งเป็นค่าที่ต้องวัดในทุกๆ ปีอยู่แล้ว

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการในการจัดการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนในโรงเรียนต่างๆ ซึ่งสามารถนำตัวแบบนี้ไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจได้ โดยสรุปเป็นแผนผังตัวแบบกระบวนการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมตามหลักเออกอนอมิกส์ ดังแสดงในภาพ 20



ภาพ 20 กระบวนการเลือกขนาดเฟอร์นิเจอร์โรงเรียนตามหลักการยศาสตร์

และหากเก้าอี้มีขนาดสูงเกินไปงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแท่นรองเท้าที่ถูกออกแบบมาให้สามารถปรับระดับสูงต่ำได้และสามารถปรับได้สูงถึง 19 เซนติเมตร เพื่อไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเมื่อนักเรียนทดลองใช้งานแท่นรองเท้าจริง ส่วนใหญ่พบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุดหากมีแท่นรองเท้าไว้ใช้งาน ทำให้รู้สึกสบาย ผ่อนคลายมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การนำเสนอตัวแบบการตัดสินใจเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้โรงเรียนของระดับมัธยมศึกษาตามหลักเออร์กอนอมิกส์ทำให้ได้กระบวนการช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายและสะดวกเพียงรับค่าส่วนสูงและน้ำหนักเท่านั้น ตัวแบบกระบวนการใหม่ที่ได้จะดำเนินการหาค่าสัดส่วนท่านั่งที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนจากค่าน้ำหนักและส่วนสูง ซึ่งช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาอย่างมากในการวัดค่าสัดส่วนร่างกาย อีกทั้งการประมวลผลค่าความเหมาะสมที่ได้จากการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนด้วยวิธีการจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ นั้น นำเสนอผลลัพธ์ด้วยเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมโดยใช้โปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งานและพัฒนาต่อได้ง่ายในอนาคต ซึ่งเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ซับซ้อนและเป็นวิธีที่นิยมสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลอื่นๆ แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดนำวิธีการนี้มาใช้กับการกำหนดขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียน ซึ่งจากผลของงานวิจัยนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าการสร้างตัวแบบการตัดสินใจเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้โรงเรียนสามารถนำไปปรับใช้กับโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาหรือระดับประถมศึกษาหรือระดับอื่นๆ ที่มีการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนในลักษณะเดียวกันได้ อีกทั้งหากโรงเรียนใดไม่มีงบประมาณในการสั่งผลิตโต๊ะและเก้าอี้ตามที่ขนาดที่ต้องการได้ และยังคงต้องใช้โต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมให้กับโรงเรียนรัฐบาลไทยด้วยเช่นกัน

จากผลการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นหากนักเรียนใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดไม่เหมาะสมส่งผลเสียต่อร่างกายในปัจจุบันและอนาคตได้ โรงเรียนต่างๆ จึงควรมีนโยบายและควรพิจารณาถึงความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่นักเรียนใช้งานอยู่ในปัจจุบันอย่างยิ่

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). **การวิเคราห์ข้อมูลหลายตัวแปร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์ศษสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2555). **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.

กาญจนา จรัญศิริไพศาล, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และคำรณ สุนัติ. (2554). การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธี เคอินเวอร์สฮาร์โมนิกมีน. KKU Research Journal, 11(2).

กิตติ อินทรานนท์. (2548). **การยศาสตร์** = Ergonomics. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติพันธ์ คงสวัสดิ์เกียรติ, ไกรชิต สุตะเมือง, เฉลิมพร เย็นเยือก และเรวดี อันนันนับ (2552). **ระเบียบวิธีวิจัยทางธุรกิจ.** กรุงเทพฯ: เพียรสัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

เกียรติศักดิ์ จันทร์แก้ว. (2554). **การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาปาล์มน้ำมันโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมฟังก์ชันพหุนามและโครงข่ายประสาทเทียม.** ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

จรัณ ภาสุระ. (2540). **การยศาสตร์** (Ergonomics) **ศาสตร์เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการทำงาน**ประจำวัน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

จันทร์จารี เกตุมาโร. (2553). **อาชีวอนามัย** (occupational health). Retrieved May 16, 2015, from http://e-book.ram.edu/e-book/h/HA233/cover.pdf

ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ. (2558). **การวัดสัดส่วนร่างกาย.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ฐกฤต ปานขลิบ. (2556). การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและโครงข่ายประสาทเทียม. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์**, 12, 58-67.

ณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ. (2552). **ปัญญาประดิษฐ์** (Artificial Intellingence). กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

เดช ธรรมศิริ และพยุง มีสัจ. (2554). การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบบร่วมกันตัดสินใจจากพื้นฐานของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แม

ชชีน ร่วมกับการเลือกตัวแทนที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 21(2), 78-95.

ธนาวุฒิ ประกอบผล. (2554). การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการถดถอยพหุคูณจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. **วารสารมฉก. วิชาการ**, 2554, 31.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2544). **ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** อุบลราชธานี: วิทยาการพิมพ์.

บุญเจริญ ศิริเนาวกุล. (2551). ปัญญาประดิษฐ์-Artificial intelligence. กรุงเทพฯ: ท้อป.

บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร. (2545). ระเบียบวิธีวิจัย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญเรียง ขจรศิลป์. (2555). การใช้โปรแกรม HLM ในการวิเคราะห์พหุระดับและการตีความผลที่ได้ (Hierarchical linear modeling). กรุงเทพฯ: พีเอส.พริ้นท์.

บุตรี กาเด็น. (2554). การออกแบบเชิงการยศาสตร์สำหรับเก้าอี้นั่งเรียน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่.

ประภัสสร คลังสิน. (2550). การปรับปรุงทางการยศาสตร์เพื่อลดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับงานโดยใช้เทคนิค WIS ในโรงงานกล่องกระดาษ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

เผด็จชัย เนียมอ่ำ. (2548). อาการปวดหลังส่วนล่างในเด็กนักเรียน. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี, 16(1),18-27.

พยุง มีสัจ. (2555). ระบบพัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี. (2555). การออกแบบโต๊ะเรียนให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อลดความเมื่อยบ้ากล้ามเนื้อ. ใน **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555.** เพชรบุรี: โรงแรมเมธาวลัย.

พรสิน สุภาวาลย์. (2556). **การวิเคราะห์การถดถอย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

พีระ เรืองฤทธิ์. (1998). **ความเหมาะสมระหว่างสัดส่วนร่างกายกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีต่อความรู้สึกสุขสบายและความพึงพอใจในการนั่งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร.** ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

วันชัย แหลมหลักสกุล. (2551). **การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกับไผ่ โดยใช้หลักการยศาสตร์.** ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

วันชัย แหลมหลักสกุล, สงกรานต์ บางศรัณย์ทิพย์ และนราธิป แสงซ้าย. (2551). **การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกับไผ่ โดยใช้หลักการยศาสตร์.** กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิชิต อู่อ้น. (2550). **การวิจัยและการสืบค้นข้อมูลทางธุรกิจ.** กรุงเทพฯ: พรินท์แอทมี (ประเทศไทย).

วิทยา พรพัชรพงศ์. (2551). **โครงข่ายประสาทเทียม** (Artificial Neural Networks - ANN). สืบค้นเมื่อ 14 มิถุนายน 2557, จาก https://www.gotoknow.org/posts/163433/comments?page=2. Retrieved from GotoKnow website:https://www.gotoknow.org/posts/163433/

ศศลักษณ์ ทองขาว. (2550). **ปัญญาประดิษฐ์.** สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2541). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องเรือนสำหรับสถานศึกษา: โต๊ะเรียน มอก. 1494/2541 และเก้าอี้เรียน มอก. 1495/2541.** กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักโภชนาการ. (2542). **กราฟมาตราฐานการเจริญเติบโตของเด็กไทยอายุ 0-36 เดือน.** กรุงเทพฯ: สำนักโภชนาการ.

สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์. (2554). **การทำนายข้อมูลสัดส่วนร่างกายเพื่อการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนประถมศึกษา.** ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

สุทธิ์ ศรีบูรพา. (2540). **การยศาสตร์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

สุทธิ์ ศรีบูรพา. (2544). **การยศาสตร์ (การยศาสตร์) ว่าด้วยการนั่งและเก้าอี้** = (Ergonomics on sitting and chairs). กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

สุมาลี อิสริโยดม และอุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน. (2557). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์กลุ่มอาหาร. ใน Paper presented at the **ประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่** 10. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Afzan, Z. Z., Hadi, S. A., Shamsul, B. T., Zailina, H., Nada, I. and Rahmah, A. R. S. (2012). **Mismatch between school furniture and anthropometric measures among primary school children in Mersing.** Johor, Malaysia: Paper presented at the Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES).

Antony, S. J. S. and Ravi, S. (2015). **A new approach to determine the classification of mammographic image using K-Means clustering algorithm.** N.P.: n.p.

Agha, S. R. (2010). School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. Ergonomics, 53(3), 344-354.

Agha, S. R. and Alnahhal, M. J. (2012). Neural network and multiple linear regression to predict school children dimensions for ergonomic school furniture design. Applied Ergonomics, 43(6), 979-984.

Batistão, M. V., Sentanin, A. C., Moriguchi, C. S., Hansson, G. Å., Coury, H. J. C. G. and De Oliveira Sato, T. (2012). Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. Work (Reading, Mass.), 41(SUPPL.1), 4817-4824.

Bendak, S., Al-Saleh, K. and Al-Khalidi, A. (2013). Ergonomic assessment of primary school furniture in United Arab Emirates. Occupational Ergonomics, 2013, 11.

Brewer, J. M., Davis, K. G., Dunning, K. K. and Succop, P. A. (2009). Does ergonomic mismatch at school impact pain in school children?. Work (Reading, Mass.), 34(4), 455-464.

Candy, E. A., Farewell, D., Jerosch-Herold, C., Shepstone, L., Watts, R. A. and Stephenson, R. C. (2012). Effect of a high-density foam seating wedge on back pain intensity when used by 14 to 16-year-old school students: A randomised controlled trial. Physiotherapy, 98(4), 300-306.

Castellucci, H. I., Arezes, P. M. and Molenbroek, J. F. M. (2014). Applying different equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture. Applied Ergonomics, 45(4), 1123-1132.

Castellucci, H. I., Arezes, P. M. and Molenbroek, J. F. M. (2015). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. Applied Ergonomics, 46, 201-211.

Castellucci, H. I., Arezes, P. M., Molenbroek, J. F. M. and Viviani, C. (2015). The effect of secular trends in the classroom furniture mismatch: support for continuous update of school furniture standards. Ergonomics, 58(3), 524-534.

Castellucci, H. I., Arezes, P. M. and Viviani, C. A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. Applied Ergonomics, 41(4), 563-568.

Chung, J. W. Y. and Wong, T. K. S. (2007). Anthropometric evaluation for primary school furniture design. Ergonomics, 50(3), 323-334.

Cotton, L. M., O'Connell, D. G., Palmer, P. P. and Rutland, M. D. (2002). Mismatch of school desks and chairs by ethnicity and grade level in middle school. Work (Reading, Mass.), 18(3), 269-280.

Cranz, G. (2000). The Alexander Technique in the world of design: posture and the common chair: Part I: The chair as health hazard. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 4(2), 90-98.

Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. Applied Nursing Research, 5(4), 194-197.

Dhara, P. C., Khaspuri, G. and Sau, S. K. (2009). Complaints arising from a mismatch between school furniture and anthropometric measurements of rural secondary school children during classwork. Environmental Health and Preventive Medicine, 14(1), 36-45.

Dianat, I., Karimi, M. A., Asl Hashemi, A. and Bahrampour, S. (2013). Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data. Applied Ergonomics, 44(1), 101-108.

Dursun Kaya, M., Samet Hasiloglu, A., Bayramoglu, M., Yesilyurt, H. and Fahri Ozok, A. (2003). A new approach to estimate anthropometric measurements by adaptive neuro-fuzzy inference system. International Journal of Industrial Ergonomics, 32(2), 105-114.

Evans, W. A., Courtney, A. J. and Fok, K. F. (1988). The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study. Applied Ergonomics, 19(2), 122-134.

Geldhof, E., De Clercq, D., De Bourdeaudhuij, I. and Cardon, G. (2007). Classroom postures of 8–12 year old children. Ergonomics, 50(10), 1571-1581.

Genaidy, A. M. and Karwowski, W. (1993). The effects of neutral posture deviations on perceived joint discomfort ratings in sitting and standing postures. Ergonomics, 36(7), 785-792.

Gouvali, M. K. and Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. Applied Ergonomics, 37(6), 765-773.

Grandjean, É., Association, I. E. and Hochschule, E. T. (1969). Proceedings of the symposium on sitting posture--Sitzhaltung--posture assise. USA: Taylor and Francis.

Grimes, P. and Legg, S. (2004). Musculoskeletal Disorders (MSD) in School Students as a Risk Factor for Adult MSD: A Review of the Multiple Factors Affecting Posture, Comfort and Health in Classroom Environments. Journal of the Human-Environment System, 7(1), 1-9.

Habibi, E., Asaadi, Z. and Hosseini, S. M. (2011). Proportion of elementary school pupils' anthropometric characteristics with dimensions of classroom furniture in Isfahan, Iran. Journal of Research in Medical Sciences. The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences, 16(1), 98-104.

Hänninen Osmo, K. R. (2003). Adjustable tables and chairs correct posture and lower muscle tension and pain in high school students. Seoul, Korea: The XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association.

Hira, D. S. (1980). An ergonomic appraisal of educational desks. Ergonomics, 23(3), 213-221.

Hoque, A. S. M., Parvez, M. S., Halder, P. K. and Szecsi, T. (2014). Ergonomic design of classroom furniture for university students of Bangladesh. Journal of Industrial and Production Engineering, 31(5), 239-252.

Hwang, C. L., K. Yoon. (1981). Multiple attribute decision making - methods and applications. New York: Springer-Verlag.

Ignacio, C., MariaAntónia, G. and Pedro, M. A. (2010). Ergonomic design of school furniture: Challenges for the portuguese schools advances in occupational. N.P.: Social and Organizational Ergonomics.

Ismaila, S., Akanbi, O. and Oderinu, S. (2015). Anthropometric survey and appraisal of furniture for Nigerian primary school pupils. N.P.: n.p.

ISO 5970. (1979). Furniture, chairs and tables for educational institutions - Functional Sizes Internation Standards Organization (ISO). Switzerland: Geneva.

Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. Pattern Recognition Letters, 31(8), 651-666.

Jayaratne, I. L. K. and Fernando, D. N. (2009). Ergonomics related to seating arrangements in the classroom: Worst in South East Asia? the situation in Sri Lankan school children. Work (Reading, Mass.), 34(4), 409-420.

Jayaratne, K. (2012). Inculcating the ergonomic culture in developing countries: National healthy schoolbag initiative in Sri Lanka. Human Factors, 54(6), 908-924.

Jung, H. S. (2005). A prototype of an adjustable table and an adjustable chair for schools. International Journal of Industrial Ergonomics, 35(10), 955-969.

Khalid S. Al-Saleh*, M. Z. R. a. R. A. A.-A. (2013). Ergonomically adjustable school furniture for male students. Academic journals, 8(13), 943-955.

Klamklay, J., Sungkhapong, A., Yodpijit, N. and E. Patterson, P. (2008). Anthropometry of the southern Thai population. International Journal of Industrial Ergonomics, 38(1), 111-118.

Klangduen Pochana, A. S. (2013). Suitability of desk and chair in classroom and anthropometric data of first grader in primary school. Naresuan University Journal, 21(1), 18-27.

Knight, G. and Noyes, J. A. N. (1999). Children's behaviour and the design of school furniture. Ergonomics, 42(5), 747-760.

Lin, Y.-C., Wang, M.-J. J. and Wang, E. M. (2004). The comparisons of anthropometric characteristics among four peoples in East Asia. Applied Ergonomics, 35(2), 173-178.

MacCrimmon, K. R. (1968). Decision making among multiple attribute alternatives: A survey and consolidated approach. N.P.: RAND Memorandum.

Macedo, A. C., Morais, A. V., Martins, H. F., Martins, J. C., Pais, S. M. and Mayan, O. S. (2015). Match between classroom dimensions and students' anthropometry: Re-equipment according to european educational furniture standard. **Human Factors,** 57(1), 48-60.

Milanese, S. and Grimmer, K. (2004). School furniture and the user population: an anthropometric perspective. **Ergonomics,** 47(4), 416-426.

Min Jung Koh, S. Y. P. (2012). **Assessing the Prevalence of Recurrent Neck and Shoulder Pain in Korean High School Male Students: A Cross-sectional Observational Study.** N.P.: n.p.

Mohamed Thariq, M. G., Munasinghe, H. P. and Abeysekara, J. D. (2010). Designing chairs with mounted desktop for university students: Ergonomics and comfort. **International Journal of Industrial Ergonomics,** 40(1), 8-18.

Mokdad, M. and Al-Ansari, M. (2009). Anthropometrics for the design of Bahraini school furniture. **International Journal of Industrial Ergonomics,** 39(5), 728-735.

Molenbroek JFM , K.-R. Y. S. C. (2003). Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture. **Ergonomics,** 46, 681-694.

Murphy, S., Buckle, P. and Stubbs, D. (2004). Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. **Applied Ergonomics,** 35(2), 113-120.

Murphy, S., Buckle, P. and Stubbs, D. (2007). A cross-sectional study of self-reported back and neck pain among English schoolchildren and associated physical and psychological risk factors. **Applied Ergonomics,** 38(6), 797-804.

Musa, A., Ismaila, S., Adejuyigbe, S and Akinyemi, O. (2011). Ergo-effects of designed school furniture and sitting positions on students' behaviour and musculo-skeletal disorder in Nigerian tertiary institutions. **Management Science Letters,** 1(3), 331-334.

Nissinen, M., Heliovaara, M., Seitsamo, J., Alaranta, H. and Poussa, M. (1994). Anthropometric measurements and the incidence of low back pain in a cohort of pubertal children. **Spine (Phila Pa 1976),** 19(12), 1367-1370.

O.Ismaila, S. (2012). Relationship between standing height and popliteal height. N.P.: Industrial Engineering and operations management.

Odunaiya, N. A., Owonuwa, D. D. and Oguntibeju, O. O. (2014). Ergonomic suitability of educational furniture and possible health implications in a university setting. Advances in Medical Education and Practice, 5, 1-14.

Oyewole, S. A., Haight, J. M. and Freivalds, A. (2010). The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. International Journal of Industrial Ergonomics, 40(4), 437-447.

Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanckolaou, A. and Mandroukas, K. (2004). Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. Applied Ergonomics, 35(2), 121-128.

Parcells, C., Stommel, M. and Hubbard, R. P. (1999). Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. Journal of Adolescent Health, 24(4), 265-273.

Prado-León, L. R., Avila-Chaurand, R. o. and González-Muñoz, E. L. (2001). Anthropometric study of Mexican primary school children. Applied Ergonomics, 32(4), 339-345.

rahman, S.A. (2013). Incompatibility between Students' Body Measurements and School Chairs. World Applied Sciences, 21(5), 773-784.

Ramadan, M. Z. (2011). Does Saudi school furniture meet ergonomics requirements? Work (Reading, Mass.), 38(2), 93-101.

Rattana Kulem, K. P. and Angoon Sungkhapong. (2014). Match between dimensions of classroom desk and chair and anthropometric data of primary school students: A case study of a school in Songkhla. KKU Engineering Journal, 41(4), 463-471.

Rosnah Mohd. Yusuff , Y. S. N. a. F. A. A. (2008). Ergonomics evaluation of school furniture design for primary school children in Malaysia. Malaysia: Paper presented at the Southeast Asia Ergonomics Society (SEAES).

Rovinelli, R. J. and Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Dutch Journal of Educational Research, 2, 49-60.

Salami O. Ismaila, O. G. A., Sarah O. Odernu, Benedict U. Anyanwu and Kaal O. Alamu. (2015). Dwsign of ergonomically compliant desks and chairs for primary pupils in Ibadan, Nigeria. Journal of Engineering Science and Technology, 10, 35-46.

Sampei, M. A., Novo, N. F., Juliano, Y., Colugnati, F. A. B. and Sigulem, D. M. (2003). Anthropometry and body composition in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls: Considerations on ethnicity and menarche. International Journal of Obesity, 27(9), 1114-1120.

Syazwan, A. I., Azhar, M. N. M., Anita, A. R., Azizan, H. S., Shaharuddin, M. S., Hanafiah, J. M., et al. (2011). Poor sitting posture and a heavy schoolbag as contributors to musculoskeletal pain in children: An ergonomic school education intervention program. Journal of Pain Research, 4, 287-296.

Syed Asif , Q. S. M., Hebbal S S. (2012). Anthropometric analysis of classroom furniture used in colleges. Engineering Research and Development, 3(10), 1-7.

Tessmer, M. (1992). Analysing the instructional setting: Environmental analysis. London: Kogan.

Treerattanapitak, K. and Jaruskulchai, C. (2012). Exponential fuzzy C-means for collaborative filtering. Journal of Computer Science and Technology, 27(3), 567-576.

Trevelyan, F. C. and Legg, S. J. (2006). Back pain in school children—Where to from here?. Applied Ergonomics, 37(1), 45-54.

Troussier, B. (1999). Comparative study of two different kinds of school furniture among children. Ergonomics, 42(3), 516-526.

Troussier, B., Davoine, P., de Gaudemaris, R., Fauconnier, J. and Phelip, X. (1994). Back pain in school children. A study among 1178 pupils. Scandinavian journal of rehabilitation medicine, 26(3), 143-146.

van Niekerk, S.-M., Louw, Q. A., Grimmer-Somers, K., Harvey, J. and Hendry, K. J. (2013). The anthropometric match between high school learners of the Cape Metropole area, Western Cape, South Africa and their computer workstation at school. Applied Ergonomics, 44(3), 366-371.

Van Niekerk, S. M., Louw, Q. A., Grimmer-Somers, K., Harvey, J. and Hendry, K. J. (2013). The anthropometric match between high school learners of the Cape Metropole area, Western Cape, South Africa and their computer workstation at school. Applied Ergonomics, 44(3), 366-371.

Widyanti, A., Susanti, L., Sutalaksana, I. Z. and Muslim, K. (2015). Ethnic differences in Indonesian anthropometry data: Evidence from three different largest ethnics. International Journal of Industrial Ergonomics, 47, 72-78.

Yahya, M. S., Palaniandy, T., Zainun, N. Y. and Mohammad, M. (2014) Development of malaysian primary school children anthropometrics data for designing school furniture parameters. Applied Mechanics and Materials, 465-466, 1191-1195.

Yap, W. S., Chan, C. C., Chan, S. P. and Wang, Y. T. (2001). Ethnic differences in anthropometry among adult Singaporean Chinese, Malays and Indians and their effects on lung volumes. Respiratory Medicine, 95(4), 297-304.

Yeats, B. (1997). Factors that may influence the postural health of schoolchildren (K-12). Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 9(1), 45-55.

You, H. and Ryu, T. (2005). Development of a hierarchical estimation method for anthropometric variables. International Journal of Industrial Ergonomics, 35(4), 331-343.

ภาคผนวก A

ผลงานตีพิมพ์ในประเทศ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci. 18(1); 83-92, 2017

การเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์ โดยใช้สมการพยากรณ์

SELECTION ERGONOMICALLY-SIZED SCHOOL DESK AND CHAIR BASE ON PREDICTIVE MODELS

ธิดารัตน์ วุฒิศรีเสถียรกุล และสุธนิตย์ พุทธพนม*
Thidarat Wutthisrisatienkul, and Sutanit Puttapanom*

Faculty of Engineering, Naresuan University
*corresponding author e-mail: sutanitp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนที่ไม่เหมาะสมส่งผลอันตรายต่อกระดูกสันหลังของนักเรียนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จึงควรมีการประเมินความเหมาะสมเปรียบเทียบกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนอย่างไรก็ตามการวัดสัดส่วนของร่างกายนั้นวัดได้ยากและเสียเวลามาก การศึกษานี้จึงนำเสนอวิธีการประมาณค่าสัดส่วนร่างกายด้วยการวัดความสูงเพียงอย่างเดียว เนื่องจากโรงเรียนของรัฐบาลในประเทศไทยต้องเลือกใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (TIS) ซึ่งมี 6 ขนาด ดังนั้นการศึกษานี้จึงขอนำเสนอวิธีเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยนำข้อมูลสัดส่วนของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน มาสร้างสมการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย แล้วใช้สมการพยากรณ์ในการประมาณค่าสัดส่วนร่างกายจากค่าความสูงของนักเรียน 650 คน จากนั้นประเมินความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้แต่ละขนาด ซึ่งพบว่าการนำโต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาด 3 ร่วมกับขนาด 4 มาใช้ในโรงเรียนจะให้ค่าความเหมาะสมที่ดีกว่าการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาด 4 ร่วมกับขนาด 5 ที่เป็นมาตรฐานตามที่ใช้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

คำสำคัญ: การยศาสตร์ โต๊ะและเก้าอี้เรียน การพยากรณ์ ความไม่เหมาะสม

Abstract

Improperly sized school desks and chairs have many detrimental effects on the spines of the students, leading to both short and long term pain. Hence, it is important to assess the desks and chairs for a proper fit. Comparing a student's anthropometric data with the desk and chair dimensions is the best way to make such an evaluation. Because obtaining anthropometric data can be difficult and time consuming, this paper proposes a methodology to obtain an adequate approximation of the student's anthropometric data with only measurements of the student's height. Because most public schools in Thailand are required to choose school desks and chairs according to the Thai Industrial Standards (TIS) Institute recommendation and

there are 6 sizes available, this paper, also presents how to ergonomically select from the available TIS sizes for a secondary school. The data sample consisted of anthropometric measurements from 20 students, and was used to create simple linear regression predictive equations. The heights of 650 students were transferred to anthropometric data by the predictive equations and the predicted anthropometric measurements then used to evaluate TIS school desk and chair sizes. The results reveal that a combination of sizes 3 and 4 are more appropriate for secondary schools than the combination of sizes 4 and 5 recommended by TIS Institute.

Keywords: ergonomics, school desk and chair, prediction, mismatch

บทนำ

การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในเมืองไทยส่วนใหญ่ใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโต๊ะเรียน: มอก.1494-2541 และเก้าอี้เรียน: มอก.1495-2541 ซึ่งขนาดของมาตรฐานนี้ถูกออกแบบมาจากสัดส่วนความสูงของร่างกายของเด็กไทยที่ขนาดเปอร์เซ็นไทล์ที่ 99 เป็นหลักและใช้มาเป็นเวลานานกว่าสิบปี ทำให้ไม่สามารถใช้ได้เหมาะสมกับนักเรียนทุกคน หากนักเรียนใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดไม่เหมาะสมจะส่งผลให้โครงสร้างร่างกาย เช่น กระดูกสันหลัง อาจมีการผิดรูปไปจากเดิม ซึ่งพฤติกรรมการนั่งที่ไม่ดีในวัยเด็กจะเป็นปัญหาที่แก้ยากได้เมื่อเป็นผู้ใหญ่ในอนาคต (Yeats, 1997) เก้าอี้ที่สูงเกินไปทำให้น้ำหนักตัวกดทับกล้ามเนื้อบริเวณต้นขา ถ้าโต๊ะสูงเกินไปจะทำให้เด็กต้องยกไหล่ขึ้นเล็กน้อยขณะที่นั่งเขียนหนังสือ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อบริเวณไหล่ และส่งผลให้เกิดอาการปวดคอและหลังตามมา (Geldhof et al., 2007; Murphy et al., 2007; Candy et al., 2012) โต๊ะที่สูงและลึกเกินไปส่งผลเสียต่อร่างกายในขณะที่เด็กนั่งอ่านและเขียนหนังสือ (Panagiotopoulou et al., 2004)

ที่ผ่านมาจึงมีหลาย ๆ งานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความไม่เหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน Grimes & Legg (2004) พบว่าความไม่เหมาะสมระหว่างความยาวของต้นขากับความลึกของเก้าอี้นั่งทำให้นั่งได้ไม่สะดวกสบายและความสูงของข้อศอกขณะนั่ง กับความสูงของโต๊ะเรียนมีความไม่เหมาะสมกัน ทำให้เกิดอาการปวดที่คอและหัวไหล่ Macedo et al. (2015) แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 ช่วงชั้นและทำการประเมินความเหมาะสมระหว่างโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับสัดส่วนร่างกายนักเรียน ซึ่งพบว่าโต๊ะเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของนักเรียนกลุ่มที่ 1 และ 2 มีความเหมาะสม ร้อยละ 24 และ 44 ตามลำดับ และเก้าอี้เรียนมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายเพียงร้อยละ 4 และ 9 ตามลำดับ Parcells et al. (1999) ศึกษาความไม่เหมาะสมระหว่างโต๊ะและเก้าอี้เรียนและสัดส่วนร่างกายของเด็กอเมริกันอายุระหว่าง 11-13 ปี พบว่ามีเพียงร้อยละ 18.90 ของนักเรียนใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย Gouvali & Boudolos (2006) ได้ศึกษาและตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับสัดส่วนของนักเรียนอายุ 6-18 ปี ซึ่งแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม และใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียน 3 ขนาดเช่นกัน พบว่าความสูงของโต๊ะและเก้าอี้มีขนาดสูงเกินไปคิดเป็นร้อยละ 81.80 และ 71.50 ตามลำดับ และความลึกของเก้าอี้มีความเหมาะสมเพียงร้อยละ 38.70 และอีกหลาย ๆ งานวิจัยที่พยายามทำการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้กับสัดส่วนของผู้ที่ใช้งานในสถานศึกษาต่าง ๆ (Panagiotopoulou et al., 2004;

Castellucci et al., 2010; Mohamed et al., 2010; Habibi et al., 2011; Dianat et al., 2013; Hoque et al., 2014)

ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนควรได้รับการปรับปรุงตามสัดส่วนร่างกายของนักเรียนที่ใช้งาน และการออกแบบที่เหมาะสม ควรเป็นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับสูง-ต่ำได้ตามความต้องการเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายที่แตกต่างกันได้ แต่ในทางด้านการจัดการนั้นอาจจะปรับขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความสูงเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแต่ละคนไม่ได้เพราะจะต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก ดังนั้นหากเป็นการออกแบบที่ปรับความสูงต่ำไม่ได้อย่างเช่นโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน จึงควรยึดหลักการออกแบบสำหรับคนส่วนใหญ่ (Ashby, 1978) เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95 นั่นคือออกแบบให้เหมาะสมกับคนที่มีขนาดสัดส่วนใหญ่ ซึ่งโดยปกติขนาดโต๊ะและเก้าอี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ขนาด คือ แบ่งตามช่วงอายุ 12-14 ปี และ 15-17 ปี (Agha & Alnhhal, 2012; Kafuku, 2015) และโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทยแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มเช่นกัน

ปัจจุบันมีนักวิจัยให้ความสนใจในการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในสถานที่สถานศึกษาให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายโดยแบ่งโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็นหลายขนาด ซึ่งมาตรฐานในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ของแต่ละประเทศมีค่าแตกต่างกัน เช่น ISO 5970-1979, มอก.1494-2541 และ มอก.1495-2541 โดยถูกสร้างขึ้นจากการวัดสัดส่วนร่างกายของมนุษย์ทั้งสิ้น สำหรับการออกแบบเก้าอี้จึงจำเป็นต้องวัดสัดส่วนร่างกายในท่านั่งซึ่งเป็นค่าที่วัดค่าได้ยากและใช้เวลานานมากหากต้องวัดค่าเหล่านี้ในนักเรียนแต่ละคน อีกทั้งการวัดสัดส่วนอาจวัดโดยตรง (Hafezi et al., 2010; Baharampour et al., 2013) ซึ่งต้องสัมผัสร่างกายของผู้ถูกทดสอบและใช้เวลานานเนื่องจากต้องวัดหลายค่า แต่ถ้าหากใช้เครื่องวัดสัดส่วนแบบสามมิติ (Robinette et al., 1999; Deros et al., 2009) จะช่วยให้การวัดง่ายขึ้นแต่ค่อนข้างมีราคาแพง

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการประมาณค่าสัดส่วนร่างกายด้วยการวัดส่วนสูงเพียงอย่างเดียวพร้อมทั้งนำเสนอวิธีการเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐาน มอก. ที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ และเมื่อใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียน โครงสร้างกระดูก และสุขภาพที่ดีของนักเรียนในระยะยาว

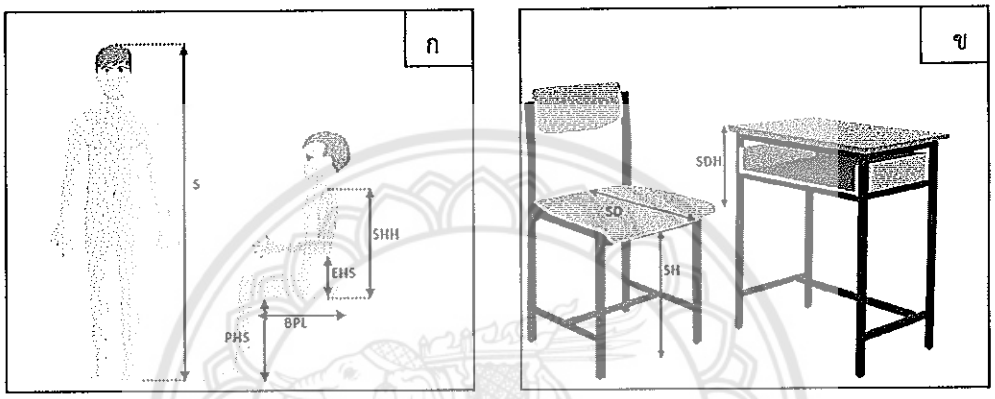
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งชายและหญิงในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 670 คน ที่มีอายุระหว่าง 12-17 ปี โดยวัดความสูงของเด็กจำนวน 670 คน และสุ่มกลุ่มตัวอย่างมา 20 คน เพื่อวัดค่าท่านั่งตามหลักการยศาสตร์จำนวน 5 ค่า ได้แก่ ส่วนสูง (stature; S) ความสูงขาพับ (popliteal height sitting; PHS) ความสูงไหล่ (shoulder height; SHH) ความสูงข้อศอก (elbow height sitting; EHS) และความยาวสะโพกถึงขาพับ (buttock-popliteal length; BPL) ดังภาพที่ 1ก และพิจารณาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยแสดงข้อมูลขนาดในมิติที่พิจารณาในการศึกษานี้ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากการทบทวนวรรณกรรมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนจะพิจารณาขนาดใน 6 มิติต่าง ๆ (Castellucci et al., 2015) ดังนี้ ความสูงเก้าอี้ (seat height; SH) ความลึกเก้าอี้ (seat depth; SD) ความกว้างเก้าอี้ (seat width; SW) ความสูงขอบบนของโต๊ะ (seat to desk height; SDH) ความสูง

ขอบล่างของโต๊ะ (underneath desk height; UDH) และความสูงพนักพิงหลังเก้าอี้ (upper edge of backrest; UEB) แต่จากข้อมูลขนาดที่พบใน มอก. ของประเทศไทยพบว่าทั้งมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายความกว้างของเก้าอี้มีขนาด 36 เซนติเมตรเท่ากัน ความสูงขอบล่างของโต๊ะมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (18 และ 19 เซนติเมตร ตามลำดับ) และความสูงของพนักพิงหลังเป็นค่าที่เทียบความเหมาะสมกับสะบักหลังซึ่งระบุตำแหน่งได้ยากและไม่มีงานวิจัยใดบอกที่มาของความเหมาะสมได้ (Castellucci et al., 2015) ดังนั้นการแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนจึงพิจารณาเพียงขนาดใน 3 มิติที่เหลือ ดังภาพที่ 1ข



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวัดขนาดในมิติต่าง ๆ
ก) สัดส่วนร่างกายตามหลักการยศาสตร์ ข) มิติขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน

ตารางที่ 1 ขนาดโต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียนตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1494-2541 และมอก. 1495-2541

มิติ	ระดับขนาด* (ซม.)		
	3	4	5
ความสูงของร่างกายที่ใช้อ้างอิง (S)	137	154	165
ความสูงโต๊ะ (SDH)	60	67	72
ความสูงพื้นรองนั่ง (SH)	34	38	42
ความลึกพื้นรองนั่ง (SD)	34	38	40

หมายเหตุ *ตาม มอก. โต๊ะเรียนและเก้าอี้เรียน ขนาด 3 สำหรับระดับประถมศึกษาตอนปลาย ขนาด 4 สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ขนาด 5 สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. การสร้างสมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งด้วยส่วนสูง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าสัดส่วนความยาวของร่างกายมีความสัมพันธ์กับส่วนสูง (Roebuck et al., 1975, Oyewole et al., 2010) และสัดส่วนความกว้างหรือความหนาของร่างกายมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกาย (Oyewole et al., 2010) การศึกษานี้จึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ในการหาสมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งด้วยส่วนสูง โดยการสุ่มเลือกนักเรียน 20 คนของนักเรียนทั้งหมด เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ และใช้สมการนี้เพื่อประมาณค่าสัดส่วนท่านั่งจากค่าส่วนสูงของนักเรียนที่เหลือ

3. เปรียบเทียบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนในแต่ละแบบ

การแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจะใช้ขนาดตาม มอก. ของประเทศไทยและใช้การแบ่งขนาดด้วยวิธีการช่วงชั้นละ 2 ขนาด (2-size combination) โดยหาร้อยละการแบ่งกลุ่มนักเรียนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการตรวจสอบความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนแต่ละมิติจะใช้อสมการ (1)-(3) ดังนี้

3.1 การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงเก้าอี้

ความสูงของเก้าอี้ที่เหมาะสมควรพิจารณาที่ความสูงขาพับ (Parcells et al., 1999) และความสูงของเก้าอี้ควรจะต่ำกว่าความสูงของขาพับ (popliteal height; PH) เพื่อให้ขาเหยียดออก 5°-30° ในแนวดิ่ง (Gouvali & Boudolos, 2006) ดังอสมการที่ 1 สำหรับนักเรียนในโรงเรียนรัฐบาลไทย ส่วนใหญ่จะถอดรองเท้าก่อนเข้าห้องเรียน ดังนั้นค่าความสูงรองเท้า (shoe correction; SC) จะเท่ากับ 0

$$(PH+SC)\ Cos30^{\circ} \leq SH \leq (PH+SC)\ Cos5^{\circ} \quad \text{.....(1)}$$

3.2 การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความลึกของเก้าอี้

ความลึกของเก้าอี้มีความสัมพันธ์กับความยาวสะโพกถึงขาพับขณะนั่ง ซึ่งความลึกของเก้าอี้ควรน้อยกว่าความยาวสะโพกถึงขาพับเล็กน้อย แต่ก็ต้องไม่น้อยจนเกินไปเพราะการที่เก้าอี้ตื้นเกินไปจะทำให้เกิดอาการกดทับบริเวณต้นขาด้านล่าง ถ้าเก้าอี้ลึกเกินไปจะทำให้ไม่สามารถใช้พนักพิงได้ ซึ่งพนักพิงจะช่วยพยุงและลดอาการปวดเมื่อยบริเวณหลังส่วนล่างได้ ดังนั้น Parcells et al. (1999) แนะนำว่าความลึกควรอยู่ระหว่างร้อยละ 80 ถึง 95 ของความยาวสะโพกถึงขาพับ ดังอสมการที่2

$$0.80BPL \leq SD \leq 0.95BPL \quad \text{.....(2)}$$

3.3 การตรวจสอบขนาดที่เหมาะสมของความสูงโต๊ะ

ความสูงโต๊ะมีความสัมพันธ์กับความสูงของข้อศอกขณะนั่ง (Sanders & McCormick, 1993) และ Occhipinti et al., (1985) แนะนำว่าการที่วางแขนไว้บนโต๊ะขณะนั่งจะช่วยลดการรับภาระของกระดูกสันหลัง ตามหลักการยศาสตร์แล้วความสูงของพื้นผิวการทำงานควรจะอยู่ในระดับเดียวกับความสูงข้อศอกขณะนั่ง ดังนั้น Chaffin & Anderson (1991) ได้แนะนำว่ามุมที่มากที่สุดในการกางออกและงอไปข้างหน้าทำให้เกิดมุมที่หัวไหล่ 25° และ 20° ตามลำดับ จะทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุดคือ ซึ่ง Parcells et al. (1999) ได้เสนอว่าขอบล่างของอสมการควรเป็นความสูงข้อศอกนั่ง ขอบบนของอสมการควรเป็นผลรวมของระยะความสูงข้อศอกขณะนั่งกับระยะความสูงไหล่ขณะนั่ง ดังอสมการที่ 3

$$EHS \leq SDH \leq EHS*0.8517+SHH*0.1483 \quad \text{.....(3)}$$

ผลการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง 20 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนท่านั่ง ได้แก่ ความสูงขาพับ (PHS) ความสูงไหล่ (SHH) ความสูงข้อศอก (EHS) ความยาวสะโพกถึงขาพับ (BPL) เท่ากับ 39.67, 57.21, 22.81 และ 45.41 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย คือ 162.02 และ 163.17 เซนติเมตร ตามลำดับ

โดยใช้การทดสอบ t-test พบว่าค่าเฉลี่ยส่วนสูงนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่แตกต่างกัน

2. การหาสมการพยากรณ์สัดส่วนท่านั่งด้วยส่วนสูง

จากการนำข้อมูลสัดส่วนท่านั่งของนักเรียน 20 คนมาสร้างสมการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย ซึ่งเมื่อทดสอบการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของส่วนสูงของนักเรียนโดยใช้สถิติทดสอบ Sapiro-Wilk Test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ค่า Sig. เท่ากับ 0.096 แสดงว่าส่วนสูงมีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่น่าเชื่อถือ ดังแสดงสมการในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

สมการพยากรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	ค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
PHS = 0.347(S) – 16.582	0.943	0.890	0.635	0.79705
SHH = 0.329(S) + 3.842	0.961	0.923	0.388	0.62256
EHS = 0.227(S) – 14.131	0.958	0.918	0.196	0.44232
BPL = 0.252(S) + 4.745	0.855	0.731	0.993	0.99646

3. การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้เรียนในแต่ละแบบ

นำค่าส่วนสูงของนักเรียนที่เหลือ 650 คน มาหาค่าสัดส่วนท่านั่งโดยใช้สมการพยากรณ์ที่ได้ในข้างต้น และนำไปประเมินความเหมาะสมกับขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน 3 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 4 และมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 5 แบบที่ 2 นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 4 จำนวนร้อยละ 90 และขนาด 5 จำนวนร้อยละ 10 และแบบที่ 3 นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 3 และขนาด 4 จำนวนร้อยละ 50 ส่วนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 3 จำนวนร้อยละ 40 และขนาด 4 จำนวนร้อยละ 60 ดังแสดงในตารางที่ 3

จากการพิจารณาค่าความเหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้กับสัดส่วนร่างกายพบว่าการแบ่งกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้กับนักเรียนแบบที่ 3 ให้ร้อยละของค่าความไม่เหมาะสมดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความสูงของเก้าอี้และความสูงของโต๊ะที่เป็นค่าที่สำคัญมากในลำดับต้น ๆ ของการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน (Castellucci et al., 2010) ซึ่งมีค่าร้อยละของความไม่เหมาะสมของความสูงของเก้าอี้ต่ำเกินไปและสูงเกินไปเท่ากับร้อยละ 7 สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และร้อยละ 8 สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความไม่เหมาะสมของความสูงของเก้าอี้ที่ต่ำเกินไปให้ค่าเฉลี่ย คือ 0.80 และ 1.00 เซนติเมตร ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ส่งผลกระทบมากนัก และค่าเฉลี่ยความไม่เหมาะสมของความสูงเก้าอี้ที่สูงเกินไปให้ค่าเฉลี่ย คือ 0.80 และ 1.00 เซนติเมตร ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามลำดับ ซึ่งก็เป็นค่าที่ไม่ส่งผลกระทบมากเช่นกัน

ส่วนความสูงของโต๊ะเรียน (SDH) นั้นการแบ่งขนาดแบบที่ 3 มีค่าความไม่เหมาะสมต่ำที่สุดคือร้อยละ 41 และ 44 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบ่งกลุ่มขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนแบบอื่น ๆ โดยมีค่าความสูงโต๊ะสูงเกินไปเฉลี่ย 0.70 และ 0.80 เซนติเมตร ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสูงเกินไปเพียงเล็กน้อย ส่วนด้านความลึกของเก้าอี้ (SD)

แม้ว่าแบบที่ 3 มีจำนวนความไม่เหมาะสมมากที่สุด แต่ก็เป็นจำนวนเก้าอี้ที่มีความตื้นเกินไป ซึ่งไม่มีผลกระทบมากเมื่อเทียบกับเก้าอี้ที่มีความลึกมากเกินไป และจากผลการประเมินไม่มีเก้าอี้ที่ลึกเกินไปเลย

ตารางที่ 3 ร้อยละของความเหมาะสมของการแบ่งกลุ่มนักเรียนตามขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของ มอก.

รูปแบบการแบ่งกลุ่ม		แบบที่ 1 (100%)		แบบที่ 2 (90%, 10%)		แบบที่ 3 (50%, 50%), (40%, 60%)	
ค่าความเหมาะสม		ม.ต้น (4)	ม.ปลาย (5)	ม.ต้น (4,5)	ม.ปลาย (4,5)	ม.ต้น (3,4)	ม.ปลาย (3,4)
SH	%Low	6.00	0.00	0.00	0.00	7.00	8.00
	Aver. Low	0.90 ซม.	0.00	0.00	0.00	0.80 ซม.	1.00 ซม.
	Max Low	2.30 ซม.	0.00	0.00	0.00	2.30 ซม.	2.60 ซม.
	%High	30.00	78.00	30.00	26.00	7.00	8.00
	Aver. High	1.20 ซม.	3.20 ซม.	1.20 ซม.	1.00 ซม.	0.80 ซม.	1.00 ซม.
	Max High	3.40 ซม.	7.50 ซม.	3.40 ซม.	3.50 ซม.	2.30 ซม.	2.60 ซม.
SDH	%High	76.00	83.00	76.00	73.00	41.00	44.00
	Aver. High	2.00 ซม.	2.60 ซม.	2.00 ซม.	1.90 ซม.	0.70 ซม.	0.80 ซม.
	Max High	4.60 ซม.	5.70 ซม.	4.60 ซม.	4.70 ซม.	1.60 ซม.	1.70 ซม.
SD	%Shallow	14.00	0.00	4.00	11.00	63.00	60.00
	Aver. Shallow	0.90 ซม.	0.00	0.20 ซม.	0.40 ซม.	1.30 ซม.	1.20 ซม.
	Max Shallow	2.50 ซม.	0.00	0.40 ซม.	0.80 ซม.	2.50 ซม.	2.70 ซม.
	%Deep	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Aver. Deep	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	Max Deep	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00

อภิปรายผล

การเลือกใช้ข้อมูลเพียง 20 คน ในการสร้างสมการพยากรณ์นั้น แม้ว่าจะไม่แม่นยำนักเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า แต่เนื่องจากข้อมูลสัดส่วนท่านั่งที่ได้ไม่จำเป็นต้องมีความละเอียดแม่นยำเพราะเป็นการประเมินเบื้องต้น และงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการสร้างสมการพยากรณ์ที่ง่ายโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายและให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถทำให้ได้ข้อมูลสัดส่วนท่านั่งมาเพื่อใช้เปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนรูปแบบต่าง ๆ กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนได้ การพิจารณาการแบ่งขนาดเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนนั้นในการศึกษานี้จะดูแนวโน้มจากการกำหนดให้นักเรียนแต่ละช่วงชั้นใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียวกันก่อน โดยเปรียบเทียบระหว่างใช้ขนาด 4 และ 5 ซึ่งจากผลลัพธ์ทำให้ทราบว่าหากแต่ละระดับช่วงชั้นได้ใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนเพียงขนาดเดียวจะให้ค่าความเหมาะสมที่ต่ำ และจากผลการเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละระดับชั้นก็ยังแสดงให้เห็นว่าโรงเรียนแห่งนี้มีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าเฉลี่ยความสูงใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงแนะนำวิธีการแบ่งกลุ่มขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยการใช้ 2 ขนาดร่วมกันในแต่ละระดับช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังแสดงในตารางที่ 3

รูปแบบการใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้แบบที่ 1 นั้นเป็นแบบที่ มอก. ของประเทศไทยกำหนด ซึ่งแสดงความสูงของเก้าอี้ทั้งสูงเกินไปและต่ำเกินไป อีกทั้งความสูงของโต๊ะเรียนมีค่าสูงเกินไปโดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการแบ่งขนาดแบบอื่น ส่วนรูปแบบที่ 2 ถูกกำหนดเป็นขนาดที่ใช้กับ

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายเช่นกัน โดยแต่ละระดับช่วงชั้นใช้ขนาด 4 และ 5 ร่วมกัน เนื่องจากนักเรียนในแต่ละระดับช่วงชั้นมีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกันและพบว่าขนาดที่กำหนดใน มอก. มีขนาดใหญ่กว่าสัดส่วนของเด็กในโรงเรียนแห่งนี้ จึงกำหนดขนาดโดยใช้ขนาด 4 จำนวน ร้อยละ 90 และใช้ขนาด 5 จำนวน ร้อยละ 10 ส่วนการพิจารณาขนาดโต๊ะและเก้าอี้แบบที่ 3 จะใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ 2 ขนาดร่วมกันคือขนาด 3 และ 4 โดยระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นใช้ขนาด 3 จำนวน ร้อยละ 50 และขนาด 4 จำนวน ร้อยละ 50 ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ขนาด 3 จำนวน ร้อยละ 40 และขนาด 4 จำนวน ร้อยละ 60 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสัดส่วนนักเรียนมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะและเก้าอี้เรียนขนาดที่ 3 มากกว่าขนาด 5

จากการตรวจสอบค่าความเหมาะสมของขนาดความสูงของโต๊ะเรียนมีความสำคัญมากเมื่อเทียบกับขนาดในมิติอื่น ๆ เนื่องจากหากนักเรียนใช้โต๊ะเรียนที่สูงเกินไปจะทำให้แขนและบ่าถูกยกขึ้นตลอดเวลาและส่งผลให้กระดูกสันหลังเกิดการบิดคดได้ เช่น คนที่ถนัดมือขวาจะส่งผลให้ไหล่ขวาสูงกว่าไหล่ซ้าย เป็นต้น ซึ่งสำหรับเด็กที่อยู่ในวัยกำลังจะเจริญเติบโตจะมีผลกระทบร้ายแรงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ในอนาคต ถึงแม้วิธีการแบ่งขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนแบบใช้ 2 ขนาดร่วมกันในแต่ละช่วงชั้นจะเป็นวิธีการใหม่ที่นำเสนอแต่ก็ไม่ได้ให้ค่าความเหมาะสมของความสูงโต๊ะที่สูงมากเท่าใดนัก เนื่องจากโต๊ะเรียนระดับมัธยมศึกษาจะมีช่องเก็บของใต้โต๊ะ ซึ่งหากจะได้ค่าที่มีความเหมาะสมนั้นค่าความสูงของเก้าอี้ควรมีค่าต่ำและความสูงของโต๊ะควรมีค่าสูงจึงจะเกิดช่องว่างเพียงพอที่ขาจะสอดไปใต้โต๊ะได้อย่างสบายซึ่งเป็นไปได้ยาก ดังนั้นขนาดของ มอก. โต๊ะและเก้าอี้เรียนจึงควรมีการพิจารณาเรื่องการออกแบบโต๊ะในลักษณะใหม่ เพราะปัจจุบันนักเรียนไม่นิยมเก็บของไว้ใต้โต๊ะ ควรจัดให้มีล็อคเกอร์สำหรับให้นักเรียนใช้ในการเก็บของจึงจะเหมาะสมกว่า

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยปกติควรยึดหลักการออกแบบเพื่อรองรับสำหรับคนส่วนใหญ่นั่นคือควรออกแบบมาให้มีขนาดใหญ่ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90-95 เนื่องจากคนสัดส่วนขนาดเล็กสามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดใหญ่ได้แต่คนสัดส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดเล็กได้ อีกทั้งลักษณะการผลิตในอุตสาหกรรมเป็นแบบผลิตทีละมากเป็นผลให้โต๊ะและเก้าอี้เรียนไม่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียน การประเมินความไม่เหมาะสมก็ทำได้ยากและใช้เวลานานในการวัดสัดส่วนท่านั่ง ดังนั้นจากการศึกษานี้ได้นำเสนอสมการพยากรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการประเมินค่าสัดส่วนท่านั่ง โดยนำค่าที่วัดได้ง่าย คือ ส่วนสูงไปพยากรณ์ค่าที่วัดได้ยากซึ่งสามารถช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการวัดสัดส่วน และค่าที่ได้จากการพยากรณ์นี้สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ใช้ในปัจจุบันได้อีกด้วยอีกทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ให้กับโรงเรียนที่กำลังพิจารณาเลือกขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนในแต่ละช่วงชั้น โดยการพิจารณาขนาดที่ปรากฏในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมว่าควรใช้ขนาดใด และจำนวนเท่าใดก่อนการตัดสินใจสั่งซื้อจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Agha, S.R. & Alnahhal, M.J. (2012). Neural network and multiple linear regression to predict school children dimensions for ergonomic school furniture design. **Applied Ergonomics**, 43(6), 979-984.

Ashby, P. (1978). **Ergonomics Handbook 1: Human Factors Design Data: Body Size and Strength.** Pretoria: Tute Publication.

Baharampour, S., Nazari, J., Dianat, I. & Asgharijafarabadi, M. (2013). Student's body dimensions in relation to classroom furniture. **Health Promotion Perspectives**, 3(2), 165-174.

Candy, E.A., Farewell, D., Jerosch-Herold, C., Shepstone, L., Watts, R.A. & Stephenson, R.C. (2012). Effect of a high-density foam seating wedge on back pain intensity when used by 14 to 16-year-old school students: a randomised controlled trial. **Physiotherapy**, 98(4), 300-306.

Castellucci, H.I., Arezes, P.M. & Molenbroek, J.F.M. (2015). Equations for defining the mismatch between students and school furniture: A systematic review. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 48, 117-126.

Castellucci, H.I., Arezes, P.M. & Viviani, C.A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. **Applied Ergonomics**, 41(4), 563-568.

Chaffin, D.B. & Andersson, G. (1991). **Occupational Biomechanics.** New York: Wiley.

Deros, B.M., Mohamad, D., Ismail, A.R., Soon, O.W., Lee, K.C. & Nordin, M.S. (2009). Recommended chair and work surfaces dimensions of VDT tasks for Malaysian citizens. **European Journal of Scientific Research**, 34(2), 156-167.

Dianat, I., Karimi, M.A., Asl Hashemi, A. & Bahrampour, S. (2013). Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data. **Applied Ergonomics**, 44(1), 101-108.

Geldhof, E., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., Danneels, L., Coorevits, P., Vanderstraeten, G. & De Clercq, D. (2007). Effects of back posture education on elementary schoolchildren's back function. **European Spine Journal**, 16(6), 829-839.

Gouvali, M.K. & Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. **Applied Ergonomics**, 37(6), 765-773.

Grimes, P. & Legg, S. (2004). Musculoskeletal Disorders (MSD) in school students as a risk factor for adult MSD: A review of the multiple factors affecting posture, comfort and health in classroom environments. **Journal of the Human-Environment System**, 7(1), 1-9.

Habibi, E., Asaadi, Z. & Hosseini, S.M. (2011). Proportion of elementary school pupils' anthropometric characteristics with dimensions of classroom furniture in Isfahan, Iran. **Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences**, 16(1), 98-104.

Hafezi, R., Mirmohammadi, S., Mehrparvar, A. & Akbari, H. (2010). An analysis of anthropometric data on Iranian primary school children. **Iranian Journal of Public Health**, 39(4), 78-86.

Hoque, A.S. M., Parvez, M.S., Halder, P.K. & Szecsi, T. (2014). Ergonomic design of classroom furniture for university students of Bangladesh. **Journal of Industrial and Production Engineering**, 31(5), 239-252.

Kafuku Johh, A.J.A. (2015). Anthropometric data for tanzania's primary school furniture design. **Engineering and Applied Sciences**, 10(2), 890-895.

Macedo, A.C., Morais, A.V., Martins, H.F., Martins, J.C., Pais, S.M. & Mayan, O.S. (2015). Match between classroom dimensions and students' anthropometry: Re-equipment according to european educational furniture standard. **Human Factors**, 57(1), 48-60.

Mohamed Thariq, M.G., Munasinghe, H.P. & Abeysekara, J.D. (2010). Designing chairs with mounted desktop for university students: Ergonomics and comfort. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 40(1), 8-18.

Murphy, S., Buckle, P. & Stubbs, D. (2007). A cross-sectional study of self-reported back and neck pain among English schoolchildren and associated physical and psychological risk factors. **Applied Ergonomics**, 38(6), 797-804.

Occhipinti, E., Colombini, D., Frigo, C., Pedotti, A. & Grieco, A. (1985). Sitting posture: analysis of lumbar stresses with upper limbs supported. **Ergonomics**, 28(9), 1333-1346.

Oyewole, S.A., Haight, J.M. & Freivalds, A. (2010). Theergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 40(4), 437-447.

Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanckolaou, A. & Mandroukas, K. (2004). Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. Applied Ergonomics, 35(2), 121-128.

Parcells, C., Stommel, M. & Hubbard, R.P. (1999). Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. Journal of Adolescent **Health**, 24(4), 265-273.

Robinette, K. M., Daanen, H. & Paquet, E. (1999). The Caesar Project: A 3D Surface **Anthropometry Survey**. *In* B. Werner (Ed.). Proceedings of the second international conference on 3D digital imaging and modeling, 1,380-1,386.

Roebuck, J.A., Kroemer, K.H.E. & Thomson, W.G. (1975). Engineering Anthropo**metry Methods.** New York: Wiley.

Sanders, M.S. & McCormick, E.J. (1993). **Human Factors in Engineering and Design**. New York: McGraw-Hill.

Yeats, B. (1997). Factors that may influence the postural health of schoolchildren (K-12). Work: A **Journal** of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 9(1), 45-55.

ภาคผนวก A

ผลงานตีพิมพ์นานาชาติ

SJST SONGKLANAKARIN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

School Furniture Ergonomic Assessment via Simplified Measurements and Regression Models

Journal:	*Songklanakarin Journal of Science and Technology*
Manuscript ID	SJST-2016-0105.R2
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	23-Aug-2017
Complete List of Authors:	Wutthisrisatienkul, Thidarat; Naresuan University, Industrial Engineering; Pibulsongkram Rajabhat University, Bussiness Computer Puttapanom, Sutanit; Naresuan University, Industrial Engineering
Keyword:	Ergonomics, Simple Linear regression, Anthropometric Measurements, Furniture Mismatch, School Furniture

SCHOLARONE™
Manuscripts

Author's Response

Thank you very much for your review and comment.

The attached submission has a modification to address your comment, highlighted in green. A similar description of the reasoning behind the sampling was in a first draft of the paper; thank you to the reviewer for pointing out that it should be have been retained in the update.

มหาวิทยาลัยนเรศวร

Original Article

School Furniture Ergonomic Assessment via Simplified Measurements and Regression Models

Thidarat Wutthisrisatienkul[1] and Sutanit Puttapanom[1]*

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand

* Corresponding author, Email address: sutanitp@nu.ac.th

Abstract

The anthropometric measurements needed for school furniture assessment can be difficult, time-consuming, and expensive to obtain. However, assessment can be important since sitting in the wrong position too long on inappropriate school furniture may lead to negative health effects, both short- and long-term. Therefore, this paper proposes a relatively simple methodology to evaluate school furniture suitability using only height and weight measurements and simple linear regression models for relevant anthropometric values. The models were used to examine possible incompatibility between students' body dimensions and the dimensions of their school furniture. The results obtained by the proposed method were confirmed by repeating the furniture assessment using actual anthropometry data from the population, yielding mis-match differences of 8% or less.

Keywords: School Furniture, Ergonomics, Simple Linear Regression, Anthropometric Measurements, Furniture Mismatch.

1. Introduction

On average students spend roughly 5-8 hours per day sitting in the classroom. The high degree of competition for entry to reputed schools in particular forces many students in Thailand to take extra classes and as a result it increases time spent in the classroom for them. If an education institute provides inappropriate desks and chairs that are not the correct sizes for students who spend long time in the classroom each day, the students may suffer from body pains such as neck, lower back, shoulder, or head pains (Milanese and Grimmer, 2004; Murphy et al., 2004). As a result of such discomfort, students may move frequently while sitting resulting in lost concentration in the classroom (Hira, 1980). Sitting in the wrong position too long on inappropriate chairs can lead to lower back pains and aches (Genaidy and Karwowski, 1993). Therefore, the design of furniture with proper dimensions is critical to encourage appropriate postures (Straker et al., 2010). Correct standing and sitting posture is an important factor for the prevention of musculoskeletal symptoms (Cranz, 2000). As an additional factor, human anthropometry varies across the diversity of races, nationalities, and habitats (Yap et al., 2001; Sampei et al., 2003; Lin et al., 2004; Klamklay et al., 2008; Widyanti et al., 2015). Thus, assessment of school furniture relative to the student population can help determine the furniture suitability and ultimately help prevent short and long term body pain.

However, comprehensive anthropometric assessment is complicated, time-consuming, and possibly expensive for any substantial population. Additionally, the measurement tools will directly touch students' bodies in the measurement process, raising privacy and health concerns which can be amplified for Thai young people.

Consequently, the suitability of desk and chair dimensions for a given school population is rarely assessed.

This study proposes a new way to assess suitability of desk and chair dimensions for student anthropometry. It employs mathematic equations that collect only students' weight and height to predict another six sitting posture values that may be used to assess desk and chair sizes.

1.1 The mismatch between school furniture and the anthropometry of students

Past research has found that most furniture used in the classroom did not fit students' body (Evans et al., 1988; Parcells et al., 1999; Panagiotopoulou et al., 2004; Gouvali and Boudolos, 2006; Castellucci et al., 2010). Hänninen (2003) examined this issue and found that students who used unsuitable desks and chairs in school suffered from muscle aches, headaches, and neck and back pain.

1.2 School furniture design

Several research studies have shown that students often remain seated in the classroom for a considerable amount of time (Linton et al., 1994). Prolonged sitting and a static posture in a forward bending manner have been found to be the main cause of low back pain (Troussier et al., 1994). The school furniture plays a very important role in the maintenance of good sitting posture. Moreover, bad sitting habits developed during childhood are not easy to change in later years (Yeats, 1997).

1.3 Ergonomic furniture design

Furniture design and user anthropometry have become a major concern in designing ergonomically proper furniture (Pheasant and Haslegrave, 2005).

Appropriate furniture design helps to reduce user fatigue and discomfort. Various guidelines and design standards have been developed and recommended to improve school furniture, including European Standards for Classroom furniture (EN1729, Parts 1 and 2), the Standards for tables and chairs for educational institutions (ISO 5970-1979), and in Thailand, Thai Industrial Standards Institute for desks and chairs for educational institutions (TISI 1494-1495).

The ergonomic design defines the dimensions and characteristics for school furniture. Thus the anthropometric measurements are required to determine classroom furniture dimensions. The relevant anthropometric measurements include popliteal height, buttock popliteal length, knee height, and elbow height (Knight and Noyes, 1999; Parcells et al., 1999; Panagiotopoulou et al., 2004; Gouvali and Boudolos, 2006; Chung and Wong, 2007; Agha, 2010).

2. Materials and Methods

2.1 Anthropometric measurements

Before the beginning of the experiment, a consent form was signed by each student and his/her student. The consent forms contain the information about the investigation; title, objectives, the benefits of this study, procedures, time duration of the procedures, and the list of possible risks involving with the experiment.

All anthropometric measurements were taken with the student wearing student uniform and without shoes. They were sitting in a relaxed and erect posture on an adjustable chair with their legs flexed at a 90° angle and their feet flat on the floor or an adjustable footrest. The measurement procedure was developed from the

recommendations of Pheasant and Haslegrave (2005). Accuracy and repeatability of measurement was achieved by practice prior to the data collection sessions. The following anthropometric measurements (Figure 1) were considered and collected in this study:

Standing measurement

1. Stature (S): The vertical distance from the floor to the top of the head, measured with standing in a straight posture.
2. Weight (W): The body mass, measured by standing on a weighing scale.

Sitting measurement

1. Shoulder Height Sitting (SHS): The vertical distance from the seat surface to the level of the shoulder at the acromion process.
2. Elbow Height Sitting (EHS): The vertical distance from the seating surface to the lowest part of the tip of the elbows (olecranon) and it was measured with a 90° elbow flexion.
3. Popliteal Height (PH): The vertical distance from the footrest surface to the underside of the thigh directly behind the knee and it was measured with 90° knee flexion.
4. Buttock-Popliteal Length (BPL): The horizontal distance from the buttock to the popliteal surface and it was measured with a 90° knee flexion.
5. Hip Width (HW): The maximum horizontal distance across the hips while sitting.
6. Thigh Thickness (TT): The vertical distance from the seating surface to the highest point of the thigh.

2.3 Criteria Equations for Mismatch of School Furniture

School furniture dimensions can be assessed by considering their degree of mismatch for the student data. Several studies have shown that different mismatch equations can be considered. Most of the equations are intervals, thus the results for these cases will be match, high mismatch or low mismatch. Only the results of Seat Width (SW) and Underneath Desk Height (UDH) will be match or mismatch.

Castellucci et al. (2014) review the literature describing the criteria equations for defining the mismatch between students and school furniture. The following section presents the mismatch equations which allow assessment of furniture dimensions through the use of corresponding anthropometric measurements.

Seat Height (SH) should correspond to Popliteal Height (PH) (Parcells et al., 1999). Gouvali and Boudolos (2006) have further proposed that the seat height needs to be lower than popliteal height allowed the lower legs form angles of 5° - 30° vertically. Because wearing shoes enhances height to popliteal while sitting, therefore, the shoe correction (SC) was added to the match criteria as described in equation (1).

$$(PH+SC)\text{Cos } 30^\circ \leq SH \leq (PH+SC)\text{Cos } 5^\circ \quad (1)$$

The students in Thai public schools take off their shoes before entering the classroom. Thus, SC was set equal to zero.

Seat to Desk Height (SDH) (i.e., the vertical distance from the seat surface to the desk surface) typically corresponds to Elbow Height Sitting (EHS). Occhipinti et al. (1985) have shown that having arms on the desk significantly reduces the burden on the spine. Parcells et al. (1999) additionally proposed that the minimum of SDH should be

at EHS level and the maximum should be at where the shoulder flexion and shoulder abduction angles are 25° and 20°, respectively; this limit is presented in equation (2), based on Should Height Sitting (SHS).

$$EHS \leq SDH \leq EHS*0.8517 + SHS*0.1483 \quad (2)$$

Seat Depth (SD) should be correlated with Buttock Popliteal Length (BPL). To make the use of the backrest which helps to support the lumbar, SD should be a little bit less than BPL, but SD should not be too less or it will be insufficient to support the thigh. Parcells et al. (1999) have suggested that SD should lie between 80% and 95% of BPL as presented in equation (3).

$$0.80BPL \leq SD \leq 0.95BPL \quad (3)$$

Seat Width (SW) should be larger than Hip width (HW) to provide comfort and reduce pressure on the buttocks (Evans et al., 1988; Orborne, 1996; Oyewole et al., 2010) as shown in equation (4).

$$HW < SW \quad (4)$$

Upper edge of backrest (UEB) has to be lower than the scapula (Orborne, 1996) to avoid compression on it and increase flexibility for arm and truck. However, it is not easy to locate one's scapula, Gouvali and Boudolos (2006) have suggested that the bottom and the top levels of the scapula are estimated right around 60%-80% of Shoulder Height Sitting (SHS). This match interval is shown in equation (5).

$$0.6SHS \leq UEB \leq 0.8SHS \quad (5)$$

Underneath desk height (UDH) should be high enough so there is space for leg movement once the chair is pushed under the desk. Thus, Castellucci et al. (2010) suggested that UDH should be greater than Thigh Thickness (TT) by at least 2 centimeters. The match interval is presented in equation (6).

$$TT + 2 < UDH \quad (6)$$

2.4 Data Sample and Analysis

The sample is 349 volunteer students from a secondary school (grades 10-12) in the northern part of Thailand. This group of students was chosen because these grades are assigned the same size furniture, and also because in these grades the typical student growth rate is not very high (compared with, for example, grades 7-9). Following Oyewole et al. (2010), the data of twenty students were randomly selected for use as the basis of the prediction models. Anthropometric measurements (PH, BPL, HW, SSH, ESH, and TT) of these students was used to establish regression models. The regression models were used to convert the heights and weights of all students to their sitting anthropometric measurements. The regression models were partially evaluated against the anthropometric data of five students.

Two standard school furniture sizes were selected for assessment. The selected sizes were the TISI sizes 4 and 6, the minimum and maximum recommended sizes for the student ages considered in this study. The students volunteers of this study attended a school which used desk/chair furniture of size 6.

For each dimension of interest, the mismatch between the student population and the school furniture was evaluated based on both (A) the predicted anthropometric values obtained from the regression models and (B) the actual measured anthropometric

values. The model-based assessment methodology was evaluated by comparing the furniture assessments provided by results (A) and (B).

2.5 Statistical analysis

Statistical analysis was conducted using Minitab 14 and Microsoft Excel in order to determine whether the sitting anthropometric measurements were normally distributed. Linear regression techniques were used to develop predictive models of sitting anthropometry measurement based on stature and body mass index (BMI).

The sitting anthropometric measurements of five randomly selected students whose data were not used in the creation of the regression models were predicted by the developed models and compared with the actual measurements. The acquired values were calculated to find mean and standard deviation. After that the developed models were used to assess unsuitability between students' anthropometric and school furniture as seen in equations (1)-(6).

3. Results and Discussion

3.1 Anthropometry Distribution

The results of the investigating of the distribution anthropometry found that all sitting anthropometry dimensions were normally distributed by using Shapiro-Wilk test. The significant level is presented in table 1. Table 1 shows that all sitting anthropometric measurements have significant value more than 0.05. Thus, this data is normal distribution.

3.2 Linear Regression Model

Roebuck et al. (1975) proposed that some parts of the body can be expressed in terms of stature. Oyewole et al. (2010) stated that stature is a good predictor for PH, BPL, SSH, and EHS while the BMI (Body Mass Index) is a good predictor of HW and TT. The BMI was obtained by dividing the weight of each subject by the square of his/her respective stature. By using regression techniques and sitting anthropometry measurements from twenty students, the following predictive models were obtained as shown in equations (7)-(12).

PH (Popliteal Height) = 0.252(S) - 1.48 (7)

BPL (Buttock Popliteal Length) = 0. 224(S) + 9.12 (8)

HW (Hip Width) = 0.500(BMI) + 22.1 (9)

SHS (Shoulder Height Sitting) = 0.360(S) - 1.28 (10)

EHS (Elbow Height Sitting) = 0.166(S) - 4.21 (11)

TT (Thigh Thickness) = 0.323(BMI) + 9.513 (12)

The adjusted coefficient of determination (R^2adj) of the predictive models for PH and SHS are 92.7% and 92.4% respectively. Overall, the values of R^2adj for the rest of the predictive models are very good because the values is higher than 80% and the variances are low as show in Table 2. Thus, they are good equations for predicting sitting anthropometric measurements.

3.3 The comparison between predicted and actual sitting anthropometric measurements

After the predictive models were constructed, the anthropometric data of five different randomly selected students were used to check the accuracy of these equations. The means and standard deviations of predicted and actual sitting anthropometric

measurements were calculated, and as shown in Table 4, all sitting anthropometric measurements have insignificant differences between predicted and actual values.

3.4 Mismatch between Student Anthropometry and Classroom Furniture

The predictive models were used to convert heights and weights of all students (349 students) to their sitting anthropometry values. The two furniture sizes considered were assessed using both the predicted and actual anthropometry data. The results are presented in Table 5.

Comparing the two sets of assessments reveals a strong correlation between results obtained using the predicted anthropometric values and the measured data. Assessment results were within 8% across all dimensions considered, and within 7% in the critical dimensions of Seat Height (SH) and Seat Desk Height (SDH).

The results suggest that the proposed assessment methodology offers sufficient accuracy to evaluate the suitability of school furniture. Using full anthropometric measurements for only a small subset of the student population enabled a model-based assessment of the furniture, and those assessment results were consistent with results obtained using data from the full student population. In particular, both assessments found that TISI Size 6 furniture was mismatched to the student population in the critical dimensions of Seat Height (SH); whereas TISI size 4 was found to be a match for the majority of the population. The maximum disagreement of 8% between the two assessments occurred in the Upper Edge of Backrest (UEB) dimension, which is not a critical dimension for student health and comfort.

The proposed method is focused on furniture assessment and not on the related task of selecting appropriately sized furniture for a given population, a problem which has been treated previously (Wutthisrisatienkul and Puttapanom, 2017).

4. Conclusions

This study presented a new mismatch estimation technique using height and weight values to predict the sitting anthropometry measurements that are typically difficult and time-consuming to measure. Application of the developed statistical models to the student population and their school furniture suggested that most students use higher desks and chairs than they actually need, possibly leading to increased pressure on the surface behind the knee and an asymmetrical spinal posture. Use of the models was validated by comparing the assessment results against a similar assessment made using actual anthropometric data collected from the students.

The predictive equation models might not be applicable to all schools that have different mean values of height and weight. This difference may come from the basic features, such as people who live in different countries, ethnic, gender, age, geography and so on. The developed models can be used when the mean of height and weight are no different.

The statistical modeling method developed in this paper has the potential to be applied to more anthropometry metrics than those considered here. Additionally, improved modeling methods (e.g. more sophisticated modeling techniques) could be applied. Doing so could lead to improved results and more accurate findings with a broader range of applicability.

Acknowledgments

This work was financially granted by National Research Council of Thailand 2016.

References

Agha, S.R. 2010. School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. Ergonomics. 53 (3), 344-354.

Castellucci, H.I., Arezes, P.M. and Viviani, C.A. 2010. Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. Applied Ergonomics. 41 (4), 563-568.

Castellucci, H.I., Arezes, P.M. and Molenbroek, J.F.M. 2014. Applying different equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture. Applied Ergonomics. 45 (4), 1123-1132.

Chung, J.W.Y. and Wong, T.K.S. 2007. Anthropometric evaluation for primary school furniture design. Ergonomics. 50 (3), 323-334.

Cranz, G. 2000. The Alexander Technique in the world of design: posture and the common chair: Part I: the chair as health hazard. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 4 (2), 90-98.

Evans, W.A., Courtney, A.J. and Fok, K.F. 1988. The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study. Applied Ergonomics. 19 (2), 122-134.

Genaidy, A.M. and Karwowski, W. 1993. The effects of neutral posture deviations on perceived joint discomfort ratings in sitting and standing postures. Ergonomics. 36 (7), 785-792.

Gouvali, M.K. and Boudolos, K. 2006. Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. Applied Ergonomics. 37 (6), 765-773.

Hänninen, O. and Koskelo, R. 2003. Adjustable tables and chairs correct posture and lower muscle tension and pain in high school students. Proceedings of the 15th Triennial Congress of the International Ergonomics Association and The 7th Joint Conference of Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics Society., August, 2003, 24-29.

Hira, D.S. 1980. An ergonomic appraisal of educational desks. Ergonomics. 23 (3), 213-221.

Klamklay, J., Sungkhapong, A., Yodpijit, N. and Patterson, P.E. 2008. Anthropometry of the southern Thai population. International Journal of Industrial Ergonomics. 38 (1), 111-118.

Knight, G. and Noyes, J.A.N. 1999. Children's behaviour and the design of school furniture. Ergonomics. 42 (5), 747-760.

Lin, Y.-C., Wang, M.-J.J. and Wang, E.M. 2004. The comparisons of anthropometric characteristics among four peoples in East Asia. Applied Ergonomics. 35 (2), 173-178.

Linton, S.J., Hellsing, A.-L., Halme, T. and Akerstedt, K. 1994. The effects of ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. Applied Ergonomics. 25 (5), 299-304.

Milanese, S. and Grimmer, K. 2004. School furniture and the user population: an anthropometric perspective. Ergonomics. 47 (4), 416-426.

Murphy, S., Buckle, P., Stubbs, D. 2004. Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. Applied Ergonomics. 35(2), 113-120.

Occhipinti, E., Colombini, D., Frigo, C., Pedotti, A. and Grieco, A. 1985. Sitting posture: analysis of lumbar stresses with upper limbs supported. Ergonomics. 28(9), 1333-1346.

Orborne, D.J. 1996. Ergonomics at Work: Human Factors in Design and Development. John Wiley & Sons, Chihester.

Oyewole, S.A., Haight, J.M. and Freivalds, A. 2010. The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. International Journal of Industrial Ergonomics. 40(4), 437-447.

Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanckolaou, A. and Mandroukas, K. 2004. Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. Applied Ergonomics. 35(2), 121-128.

Parcells, C., Stommel, M. and Hubbard, R.P. 1999. Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. Journal of Adolescent Health. 24(4), 265-273.

Pheasant, S. and Haslegrave, C.M. 2005. Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work, CRC Press.

Roebuck, J.A., Kroemer, K.H.E. and Thomson, W.G. 1975. Engineering anthropometry methods (Vol. 3). New York: Wiley-Interscience.

Sampei, M.A., Novo, N.F., Juliano, Y., Colugnati, F.A.B. and Sigulem, D.M. 2003. Anthropometry and body composition in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls: Considerations on ethnicity and menarche. International Journal of Obesity. 27(9), 1114-1120.

Straker, L., Maslen, B., Burgess-Limerick, R., Johnson, P. and Dennerlein, J. 2010. Evidence-based guidelines for the wise use of computers by children: Physical development guidelines. Ergonomics. 53(4), 458-477.

Troussier, B., Davoine, P., Gaudemaris, R. de, Fauconnier, J. and Phelip, X. 1994. Back pain in school children. A study among 1178 pupils. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine. 26(3), 143-146.

Widyanti, A., Susanti, L., Sutalaksana, I.Z. and Muslim, K. 2015. Ethnic differences in Indonesian anthropometry data: Evidence from three different largest ethnics. International Journal of Industrial Ergonomics. 47(0), 72-78.

Wutthisrisatienku,T. and Puttapanom, S. 2017. Selection ergonomically-sized school desk and chair base on predictive models. Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences. 18(1), 83-92.

Yap, W.S., Chan, C.C., Chan, S.P. and Wang, Y.T. 2001. Ethnic differences in anthropometry among adult Singaporean Chinese, Malays and Indians, and their effects on lung volumes. Respiratory Medicine. 95(4), 297-304.

Yeats, B. 1997. Factors that may influence the postural health of schoolchildren (K-12). Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation. 9(1), 45-55.

Appendices

The Equations of Average and Standard Deviation

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Where X_i is the sitting anthropometric measurements

$\bar{X}$ is mean of X_i

SD is standard deviation of X_i

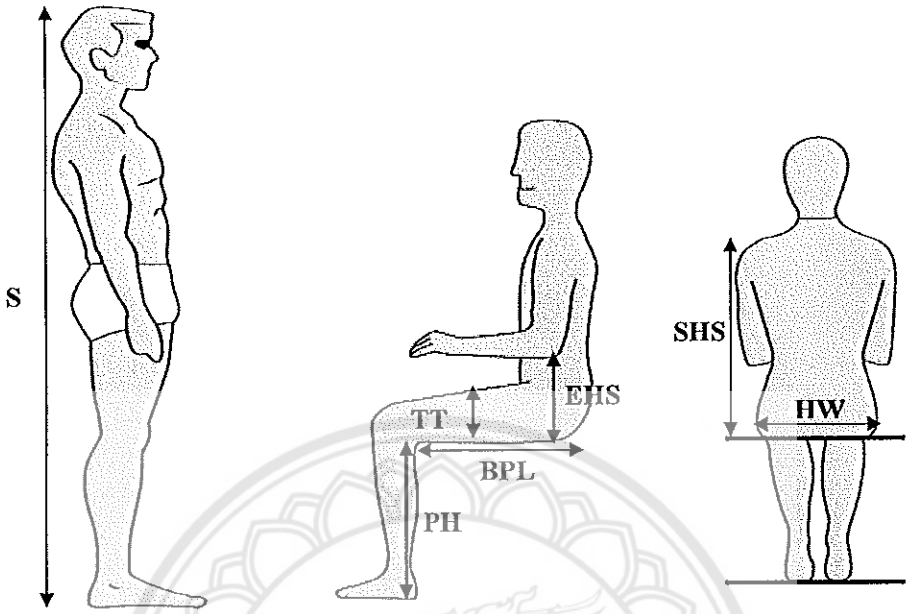


Figure 1 Anthropometric measurements.

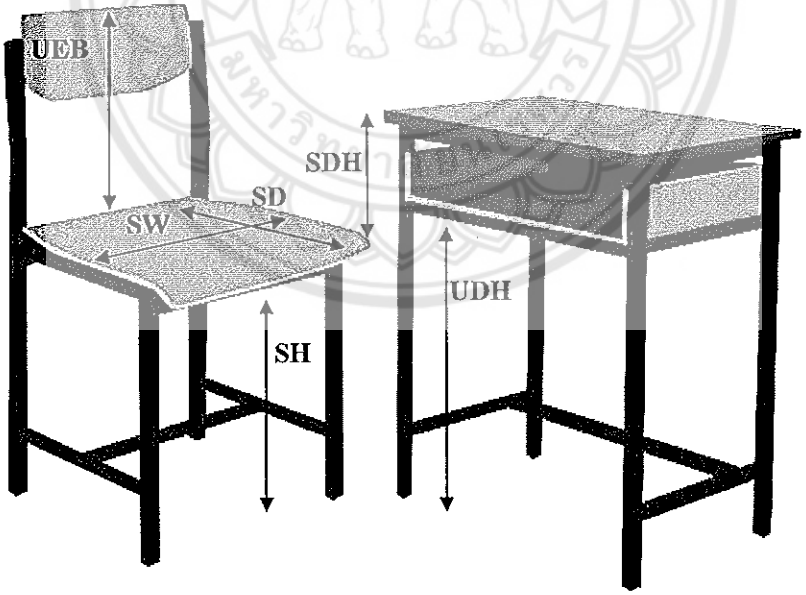


Figure 2 School furniture dimensions.

	PH	BPL	HW	SHS	EHS	TT
Sig.	.199	.259	.130	.197	.430	.229

Table 1 Significant levels of normal distribution data of sitting anthropometric measurements.

Sitting anthropometric measurements	S	R^2(adj)
PH (Popliteal Height)	0.665	0.924
BPL (Buttock Popliteal Length)	0.642	0.911
HW (Hip Width)	0.532	0.881
SHS (Shoulder Height Sitting)	0.923	0.927
EHS (Elbow Height Sitting)	0.477	0.910
TT (Thigh Thickness)	0.731	0.803

Table 2 Variance (S) and adjusted R^2s of predictive models.

Variable	Predicted		Actual	
	mean	StDev	mean	StDev
PH	40.22	1.79	39.62	2.27
BPL	46.19	1.59	46.60	2.88
HW	31.65	0.37	31.40	1.52
SHS	58.29	2.55	58.82	2.80
EHS	23.26	1.18	23.00	1.87
TT	16.29	1.19	16.36	1.49

Table 3 Predicted and actual means and standard deviations for all sitting anthropometric measurements.

	PH	BPL	HW	SHS	ESH	TT
P-Value	0.632	0.756	0.708	0.738	0.852	0.861

Table 4 P- values of two-sample t-test to compare the differences between actual and predicted mean of sitting anthropometric measurements.

Furniture Dimension	Size			
	TISI Size 6		TISI Size 4	
SH	45 cm.		38 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Too Low	0(0%)	0(0%)	10(3%)	32(9%)
Match	0(0%)	0(0%)	231(66%)	205(59%)
Too High	349(100%)	349(100%)	108(31%)	112(32%)
SDH	30 cm.		30 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Too Low	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Match	46(13%)	40(11%)	108(31%)	119(34%)
Too High	303(87%)	309(89%)	241(69%)	230(66%)
SD	40 cm.		38 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Too Shallow	0(0%)	8(2%)	61(17%)	85(24%)
Match	346(99%)	316(91%)	288(83%)	264(76%)
Too Deep	3(1%)	25(7%)	0(0%)	0(0%)
SW	38 cm.		38 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Too Narrow	5(1%)	15(4%)	5(1%)	15(4%)
Match	344(99%)	334(96%)	344(99%)	334(96%)
UEB	42 cm.		35 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Too Low	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Match	346(99%)	336(96%)	237(68%)	210(60%)
Too High	3(1%)	13(4%)	112(32%)	139(40%)
UDH	20 cm.		19 cm.	
	Predicted Data	Measured Data	Predicted Data	Measured Data
Less	25(7%)	15(4%)	65(19%)	58(17%)
Match	324(93%)	334(96%)	284(81%)	291(83%)

Table 5 Match/Mismatch results based on predicted and measured anthropometric data.