สัญญาเลขที่ R2562B013

อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและแผนการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน

An Assessment Computer Application and an Improvement Plan for School Desks and Chairs

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 3 มีค. 2565
เลขทะเบียน 104204
เลขเรียกหนังสือ ว TA 167 ส782ร 2563

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กันยายน 2563

สัญญาเลขที่ R2562B013

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและแผนการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน

An Assessment Computer Application and an Improvement Plan for School Desks and Chairs

ผู้วิจัย สังกัด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดย

งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ 2562

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพและเด็กนักเรียนมีศักยภาพมากขึ้น หากในสถานศึกษาจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนซึ่งต้องใช้เวลานานในการนั่งเรียนในแต่ละวันก็จะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่น เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ หลังตอนล่าง ไหล่ และศีรษะ ซึ่งทำให้เด็กต้องมีการเคลื่อนไหวและขยับร่างกายบ่อยครั้ง (Milanese and Grimmer 2004; Murphy, Buckle et al. 2004) ส่งผลกระทบต่อสมาธิในการเรียนของผู้เรียนได้ (Hira 1980) อีกทั้งด้วยความที่โครงสร้างกระดูกของเด็กยังอยู่ในช่วงเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากเด็กนั่งเรียนในท่าที่ไม่ถูกต้องก็จะส่งผลให้ลักษณะโครงกระดูกผิดเพี้ยนไป เช่น ถ้าหากเด็กนั่งโต๊ะที่สูงเกินไป ในขณะที่เขียนหนังสือ เด็กจะต้องยกและกางหัวไหล่ด้านที่ใช้เขียนหนังสือให้สูงขึ้น จะส่งผลให้โครงสร้างกระดูกสันหลังไม่เท่ากัน (asymmetrical spinal posture) และเมื่อเด็กเข้าสู่วัยกลางคนก็จะเกิดปัญหาปวดหลังเรื้อรัง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัย "การพยากรณ์ขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สัดส่วนร่างกาย" แต่เนื่องจากการเผยแพร่องค์ความรู้ของโครงการวิจัยมีเพียงการตีพิมพ์เผยแพร่ระดับชาติและนานาชาติเท่านั้น แต่ยังไม่มีการนำไปเผยแพร่ในสถานศึกษาต่าง ๆ อีกทั้ง พบว่า คงมีความเป็นไปได้ยากถ้าหากสถานศึกษาต่าง ๆ ต้องเปลี่ยนโต๊และเก้าอี้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจำนวนมาก เพราะจากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า โรงเรียนส่วนมากใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีความสูง 180 เซ็นติเมตร เพราะฉนั้น โต๊ะและเก้าอี้จึงมีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับสัดส่วนของเด็กมัธยมในโรงเรียนกรณีศึกษา อีกทั้ง แท่นวางเท้าที่ปรับระดับได้มีต้นทุนสูงและมีลักษณะที่ยังไม่คงทนและมีน้ำหนักมาก ไม่เหมาะสำหรับในการใช้งานกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเด็ก

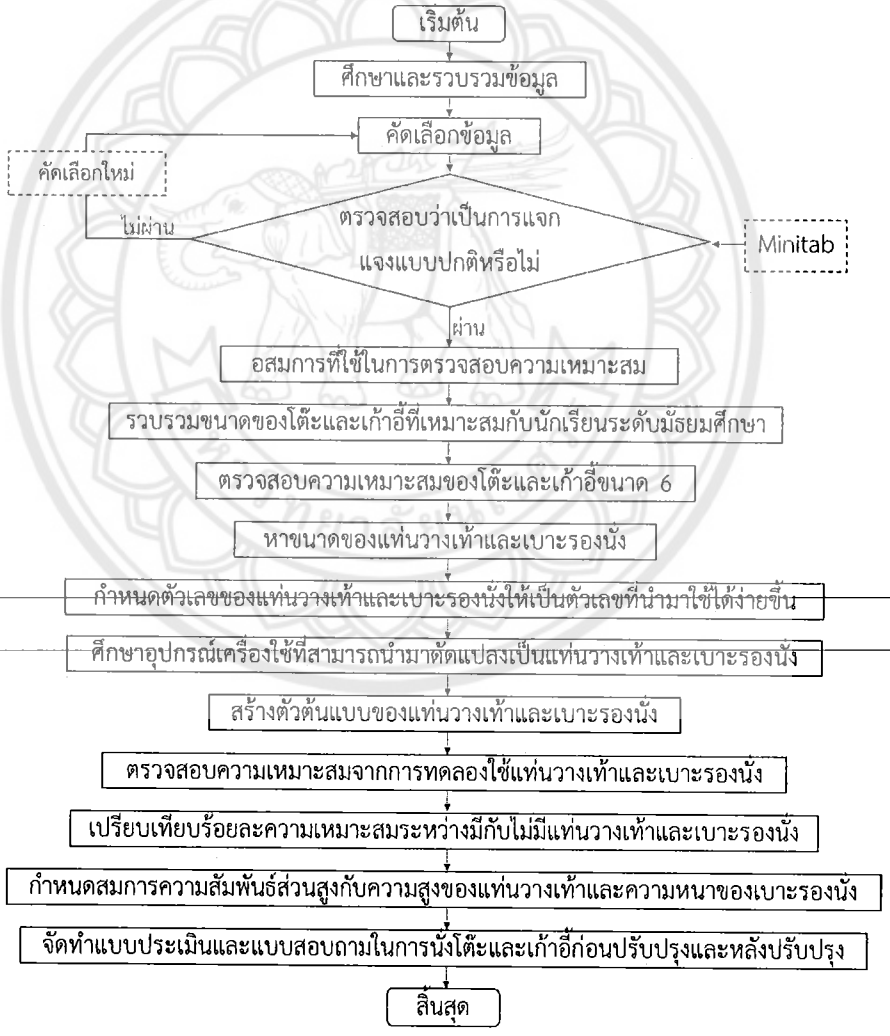
ดังนั้น โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักที่จะบูรณาการองค์ความรู้ที่ได้จากการโครงการวิจัย "การพยากรณ์ขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สัดส่วนร่างกาย" โดยสร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและช่วยในการจัดซื้อขนาดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับสถานศึกษาต่าง ๆ นำเสนอแผนการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน แท่นวางเท้าขนาดต่าง ๆ เบาะรองนั่ง แนวทางการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในปัจจุบันให้สามารถปรับระดับได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

สร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและช่วยในการจัดซื้อขนาดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับสถานศึกษาต่าง ๆ และนำเสนอแผนการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็นแท่นวางเท้าขนาดต่าง ๆ เบาะรองนั่ง และแนวทางการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในปัจจุบันให้สามารถปรับระดับได้

การดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ในการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้า เบาะรองนั่ง และโต๊ะเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน สามารถแสดงผังขั้นตอนการดำเนินงาน



ผลการวิจัย

การตรวจสอบความเหมาะสมโดยใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่ได้คำนวณจากอสมการและขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลข จะเห็นได้ว่ามีร้อยละความเหมาะสมรวมต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงเลือกใช้ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ของการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และความเหมาะสมรวมทั้งหมดของการกำหนดขนาดเพียง 1-2 ขนาด โดยวิธีใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลขค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 96.23 และร้อยละ 98.78 ตามลำดับ และขนาดของอุปกรณ์เสริม 1-2 ขนาด ถือว่าเพียงพอแล้วสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

งานวิจัยนี้จึงขอแนะนำขนาดของอุปกรณ์เสริมสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คือ ใช้ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลข 1-2ขนาด ได้แก่ ขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่ง ของการแบ่งขนาด 1 ขนาด คือ 18 เซนติเมตร และ 6.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และการแบ่งขนาด 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดที่ 1 คือ 18 และ 6.5 เซนติเมตร และขนาดที่ 2 คือ 11.5 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่ได้จากการทดลองนั่งจริงทำให้สามารถกำหนดขนาดความหนาของเบาะรองนั่งซ้อนกันหลายใบให้ได้ขนาดตามที่แนะนำ นอกจากนี้ยังนำเสนอการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น เพื่อกำหนดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งตามความสูงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ ดัดแปลงมาจากโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ซึ่งเป็นขนาดที่นักเรียนระดับมัธยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีการใช้น็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมในการปรับช่วงความสูงต่ำ โดยน็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมมีทั้งหมด 8 ชุด ราคาต้นทุนไม่เกิน 200 บาท ทำให้สามารถปรับช่วงระดับความสูงต่ำของโต๊ะและเก้าอี้ให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ทำให้สามารถนั่งได้อย่างถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

บทสรุป

คงมีความเป็นไปได้ยากถ้าหากสถานศึกษาต่าง ๆ ต้องเปลี่ยนโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจำนวนมาก เพราะจากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า โรงเรียนส่วนมากใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีความสูง 173 เซ็นติเมตร เพราะฉนั้น โต๊ะและเก้าอี้จึงมีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับสัดส่วนของเด็กมัธยมในโรงเรียนกรณีศึกษา ซึ่งอุปกรณ์เสริมที่แนะนำในงานวิจัยนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เลย เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้กับสัดส่วนของนักเรียน

บทคัดย่อ

ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ส่วนใหญ่ที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทยจะใช้โต๊ะและเก้าอี้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 (ขนาดที่ 6) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เก้าอี้และโต๊ะสูง 46 เซนติเมตร และ 76 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจากผลการตรวจสอบความเหมาะสม พบว่า มีร้อยละความเหมาะสมที่สูงเกินไป ร้อยละ 100 ซึ่งสูงเกินไปสำหรับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เนื่องจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาไทยต้องอยู่ในห้องเรียนและใช้เวลาส่วนใหญ่ในการนั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่เป็นอันตรายทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ถ้าเป็นไปได้การที่เปลี่ยนโต๊ะและเก้าอี้ใหม่ทั้งหมดจะใช้ระยะเวลานาน แต่เด็กนักเรียนต้องใช้ปฏิบัติงานทุกวัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอการแก้ไขปัญหาแบบเร่งด่วนด้วยการใช้อุปกรณ์เสริม และแนวทางการปรับเปลี่ยนให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง ได้แก่ การแบ่งขนาด 1 ขนาด คือ 15 เซนติเมตร และ 5.5 เซนติเมตร ตามลำดับ มีร้อยละความเหมาะสม 96.23 การแบ่งขนาด 2 ขนาด คือ ขนาดที่ 1 คือ 18 และ 6.5 เซนติเมตร และขนาดที่ 2 คือ 11.5 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ มีร้อยละความเหมาะสม 98.78 และการปรับเปลี่ยนให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้นั้น ช่วงความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ สามารถปรับระดับได้ตั้งแต่ 58.5-68 และ 35-44.5 เซนติเมตรตามลำดับ ผลการประเมินร้อยละความเหมาะสมรวมทั้งหมดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้คือ 99.76 นอกจากนี้ยังนำเสนอสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อกำหนดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งตามความสูงของนักเรียน และสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อกำหนดความสูงโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ตามความสูงของนักเรียน

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน โต๊ะและเก้าอี้ การยศาสตร์ เบาะรองนั่ง แท่นวางเท้า

ABSTRACT

Mostly, desks and chairs used in secondary schools in Thailand are the Thai Industrial Standards Institute (TISI) Size 6. The chair and desk heights are 46 centimeters and 76 centimeters respectively. These heights are evaluated and the result shows 100 percent of mismatch which is being too high for all samples. Because Thai secondary school students have to be in the classroom and spent most of their time on their desks and chairs, if the desks and chairs are not appropriate to their anthropometries, it will lead to harmful health effects in both the short- and long-term. It is impossible to change desks and chairs in all schools in Thailand quickly. Thus, this study suggests immediate solutions that are using cushions and footrests where the cushion thicknesses and footrest heights are the outputs. Also, the way to modify the size 6 desk and chair to become adjustable desk and chair that appropriate for students.

The 1 size of cushion and footrest are (5.5,15) centimeters with 96.23 match percent. The 2 sizes of cushion and footrest are (4.5,11) and (6.5,18) centimeters, respectively with 98.78 match percent. Additionally, linear regression models for predicting the cushion thickness, footrest height the adjustable desk and chair heights according to student's height are presented.

Keywords: School Furniture, Desk and Chair, Ergonomics, Cushion, Footrest

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
	ขอบเขตของงานวิจัย	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	การยศาสตร์หรือการยศาสตร์ (Ergonomics)	4
	วิธีการทางเทคนิคในการออกแบบเก้าอี้นั่ง (Technical Method of Seat Design)	8
	หลักการวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry)	10
	ประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกายในเชิงวิศวกรรม	11
	หลักการเบื้องต้นทางสถิติ	13
	การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยเทคนิควิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)	18
	การเลือกตัวแบบที่เหมาะสม	19
	การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ	20
3	**วิธีดำเนินงานวิจัย**	25
	การศึกษาและรวบรวมข้อมูล	26
	การคัดเลือกข้อมูล	26
	การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล	28
	อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม	28
	การรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6	29
	การกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้	29
	ผลการกำหนดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ให้เป็นตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น	29
	การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง	29
	การสร้างตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง	30
	การตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้จากการทดลองใช้แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง	30
	การเปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยวิธีการทดสอบต่าง ๆ	30
	การกำหนดขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต	30
	การสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้แบบปรับระดับได้	31
	การจัดทำแบบประเมินท่าทางในการนั่งเรียน	31
4	ผลการดำเนินงานวิจัย	34
	ผลการศึกษาและการรวบรวมข้อมูล	34
	การคัดเลือกสัดส่วน	35
	ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล	35
	อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม	37
	ผลการรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา	39
	ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ผลการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้.....	44
	ผลการศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง.....	46
	ผลการสร้างตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง.....	46
	ผลการทดลองตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้กับขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดจริงจากการทดลอง.....	46
	การหาสมการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง.....	48
	รูปแบบการประเมินท่าทางในการนั่งเขียนหนังสือ.....	49
	ผลจากการทำแบบประเมินการนั่งโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6.....	50
	ผลการสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้.....	52
5	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**.....	55
	ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.).....	55
	ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ที่แนะนำ...	55
	การสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้...	58
	ข้อเสนอแนะ.....	59
บรรณานุกรม.....		60
ภาคผนวก.....		
ประวัติผู้วิจัย.....		

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงมาตรฐานการวัดสัดส่วนของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริการะหว่างท่านั่งและท่ายืน..... 1

2 แสดงระดับคะแนนความเสี่ยงโดยการประเมินด้วย REBA..... 33

3 แสดงผลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง..... 35

4 แสดงผลการรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้โดยวิธีการต่าง ๆ..... 39

5 แสดงผลการตรวจสอบความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6..... 43

6 แสดงผลสรุปความเหมาะสมรวมทั้งหมดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งจากขนาดโต๊ะ และเก้าอี้ที่นำมาพิจารณา..... 44

7 แสดงผลสรุปความเหมาะสมรวมทั้งหมดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาด เป็นตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น..... 47

8 แสดงสมการความสัมพันธ์สัดส่วนท่านั่งจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น..... 48

9 แสดงสรุปผลคะแนนความเสี่ยงรวมของการนั่งเรียนในวิธี REBA..... 52

10 แสดงขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาดโดยใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตโดยวิธีทดสอบแบบต่าง ๆ 56

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระและค่า R_p^2	21
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระกับค่า MSE(p)	22
3	แสดงผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
4	แสดงสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	26
5	แสดงมิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	27
6	แสดงแบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA	32
7	แสดงกราฟฮิสโตแกรมแสดงการกระจายตัวข้อมูลส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง	36
8	แสดงกราฟเส้นแสดงการกระจายตัวข้อมูลส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง	37
9	แสดงตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่นำมาทดลองกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6	46
10	แสดงกราฟสมการความสัมพันธ์ความสูงกับอุปกรณ์เสริม	49
11	แสดงตัวอย่างแบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA	50
12	แสดงตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้	53
13	แสดงน็อตติดที่โครงขาเหล็กหลายจุด	53
14	แสดงน็อตที่ใช้ยึดขาเหล็ก	54

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เด็กในวัยเรียนใช้ชีวิตส่วนใหญ่ในโรงเรียน และเด็ก ๆ ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับท่านั่ง การนั่งเรียนหนังสือในชั้นเรียนของนักเรียนในแต่ละวันโดยเฉลี่ยแล้วใช้เวลาประมาณวันละ 5-6 ชั่วโมง นับว่าเป็นเวลาที่ยาวนานมาก ซึ่งเด็กในวัยเรียนถือว่าเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่จะต้องเติบโตเป็นกำลังแรงงานและสมองของชาติในอนาคต จึงควรต้องเอาใจใส่ดูแลในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านร่างกาย สุขภาพและจิตใจอย่างต่อเนื่อง โต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนมีประสิทธิภาพและเด็กนักเรียนมีศักยภาพมากขึ้น หากในสถานศึกษาจัดโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนซึ่งต้องใช้เวลานานในการนั่งเรียนในแต่ละวันก็จะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่น เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ หลังตอนล่าง ไหล่ และศีรษะ ซึ่งทำให้เด็กต้องมีการเคลื่อนไหวและขยับร่างกายบ่อยครั้ง (Milanese and Grimmer 2004; Murphy, Buckle et al. 2004) ส่งผลกระทบต่อสมาธิในการเรียนของผู้เรียนได้ (Hira 1980) อีกทั้งด้วยความที่โครงสร้างกระดูกของเด็กยังอยู่ในช่วงเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากเด็กนั่งเรียนในท่าที่ไม่ถูกต้องก็จะส่งผลให้ลักษณะโครงกระดูกผิดเพี้ยนไป เช่น ถ้าหากเด็กนั่งโต๊ะที่สูงเกินไป ในขณะที่เขียนหนังสือ เด็กจะต้องยกและกางหัวไหล่ด้านที่ใช้เขียนหนังสือให้สูงขึ้น จะส่งผลให้โครงสร้างกระดูกสันหลังไม่เท่ากัน (asymmetrical spinal posture) และเมื่อเด็กเข้าสู่วัยกลางคนก็จะเกิดปัญหาปวดหลังเรื้อรัง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัย "การพยากรณ์ขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สัดส่วนร่างกาย" ผลการวิจัยที่ได้คือ 1) สมการพยากรณ์ที่เปลี่ยนค่าความสูงและน้ำหนักให้เป็นสัดส่วนท่านั่ง ที่ใช้สำหรับตรวจสอบความเหมาะสมกับโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ 2) แนวทางการเลือกใช้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ตามมาตรฐาน มอก. ให้เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียนในโรงเรียนนั้น ๆ และ 3) แท่นวางเท้าที่ปรับระดับได้ ซึ่งนำไปใช้สำหรับนักเรียนที่ใช้เก้าอี้ที่สูงเกินไปสำหรับสัดส่วนของเด็กเอง เนื่องจาก การเผยแพร่องค์ความรู้ของโครงการวิจัยมีเพียงการตีพิมพ์เผยแพร่ระดับชาติและนานาชาติเท่านั้น แต่ยังไม่มีการนำไปเผยแพร่ในสถานศึกษาต่าง ๆ อีกทั้ง พบว่าคงมีความเป็นไปได้ยากถ้าหากสถานศึกษาต่าง ๆ ต้องเปลี่ยนโต๊และเก้าอี้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจำนวน

มาก เพราะจากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า โรงเรียนส่วนมากใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีความสูง 180 เซ็นติเมตร เพราะฉนั้น โต๊ะและเก้าอี้จึงมีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับสัดส่วนของเด็กมัธยมในโรงเรียนกรณีศึกษา อีกทั้ง แท่นวางเท้าที่ปรับระดับได้มีต้นทุนสูง และมีลักษณะที่ยังไม่คงทนและมีน้ำหนักมาก ไม่เหมาะสำหรับในการใช้งานกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเด็ก

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักที่จะบูรณาการองค์ความรู้ที่ได้จากการโครงการวิจัย "การพยากรณ์ขนาดที่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สัดส่วนร่างกาย" ดังนี้

1. สร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและช่วยในการจัดซื้อขนาดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับสถานศึกษาต่าง ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในการใช้โปรแกรมมากและง่ายต่อการเผยแพร่สู่สถานศึกษาต่าง ๆ

2. นำเสนอแผนการแก้ไขอย่างเร่งด่วน (Immediate Change) เพื่อปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน โดยมีเหตุผลและแนวปฏิบัติ ดังนี้

2.1 แท่นวางเท้า เนื่องจาก แท่นวางเท้าที่นำเสนอในโครงการวิจัยเดิม เป็นแท่นวางเท้าที่ปรับระดับได้ แต่การปรับระดับได้ทำให้มีข้อเสียหลายอย่าง คือ ค่าใช้จ่ายสูง และมีน้ำหนักมาก ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จะนำเสนอ แท่นวางเท้า 1 ขนาดหรือ 2 ขนาด ที่มีน้ำหนักเบาและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่ำ

2.2 เบาะรองนั่ง เนื่องจาก แผ่นรองนั่งของเก้าอี้ที่ใช้ในปัจจุบันทำด้วยวัสดุไม้ เมื่อนั่งนาน ๆ จะส่งผลให้เกิดการกดทับบริเวณกระดูกก้นกบ ทำให้ปวดเมื่อยบริเวณก้นและสะโพก ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จะนำเสนอเบาะรองนั่ง ที่นั่งสบายและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเบาะรองนั่งต่ำ เหมาะสำหรับการใช้งานกับนักเรียน

2.3 การพัฒนาปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่มีอยู่ให้สามารถปรับระดับความสูงได้ เนื่องจากเป็นไปได้ยากถ้าหากสถานศึกษาต่าง ๆ ต้องเปลี่ยนโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจำนวนมากและทันทีทันใด หากมีแนวทางในการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่มีอยู่ ก็จะช่วยให้ค่าใช้จ่ายลดน้อยลง และนักเรียนได้ใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีความสูงเหมาะสมกับสัดส่วน ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ จะนำเสนอแนวทางการพัฒนาปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่มีอยู่ให้ปรับระดับความสูงได้

เมื่อโปรแกรมช่วยสำเร็จและใช้งานได้ จะถูกนำไปเผยแพร่ตามสถานศึกษาต่าง ๆในรูปแบบ CD และ Website ที่สามารถใช้โปรแกรมได้เลย ส่วนแผนการปรับปรุง หลังจากพัฒนาแผนต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในโรงเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. สร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมและช่วยในการจัดซื้อขนาดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับสถานศึกษาต่าง ๆ

2. นำเสนอแผนการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียน

2.1 แท่นวางเท้าขนาดต่าง ๆ

2.2 เบาะรองนั่ง

2.3 แนวทางการปรับปรุงโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในปัจจุบันให้สามารถปรับระดับได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. การตรวจสอบความเหมาะสมของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ทำการตรวจสอบและออกแบบเฉพาะขนาด (Dimensions) โดยที่ไม่พิจารณาถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ของเก้าอี้ เช่น มุมเอียงต่าง ๆ วัสดุที่ใช้ ความนุ่มของเบาะ เป็นต้น ซึ่งขนาดที่ศึกษาประกอบไปด้วย ความสูงของแผ่นรองเขียน ความสูงของที่นั่ง ความกว้างของที่นั่ง ความลึกของที่นั่ง และความสูงของพนักพิง

2. โครงการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะการใช้งานของโต๊ะและเก้าอี้ในกิจกรรมการนั่งเขียน การจดบรรยาย การทำข้อสอบ และการอ่านหนังสือ

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) ดังนั้น เมื่อรวมคำสองคำแล้ว Ergonomics หมายถึง การศึกษากฎเกณฑ์ในการทำงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงงานหรือสภาวะงานให้เข้ากับแต่ละบุคคล โดยคำนึงถึงทางด้านร่างกายและจิตใจ ในสหรัฐอเมริกาใช้คำที่มีความหมายใกล้เคียงกับคำนี้ คือ Human Factors หรือ มนุษย์ปัจจัย (ศัพท์บัญญัติ) และคำว่า Human Factors Engineering หรือวิศวกรรมมนุษย์ (กิตติ อินทรานนท์, 2548) แต่ปัจจุบันนี้คำว่า การยศาสตร์ (Ergonomics) เป็นศัพท์เฉพาะที่ค่อนข้างใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นการศึกษาวิธีการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวันของมนุษย์ทั้งของภาครัฐ ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้โดยการจัดสภาพงานให้มีความเหมาะสมกับคน

ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบการทำงาน จะก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่สะดวกสบาย รวดเร็ว ปลอดภัย และดำรงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีในการทำงาน

สุทธ์ ศรีบูรพา (2540a) ให้ความหมายของคำว่า Ergonomics หมายถึง วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย (Human Factors Engineering) ซึ่งมีความหมายว่า ศาสตร์ที่ว่าด้วยการออกแบบสถานที่ทำงาน อุปกรณ์ เครื่องจักรกล เครื่องมือ ผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม และระบบ โดยการนำเอาเรื่องของความสามารถของมนุษย์ในแง่มุมของลักษณะทางกายภาพ สรีรวิทยา กลศาสตร์ชีวภาพ และจิตวิทยามาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาออกแบบเพื่อผลในการเพิ่มประสิทธิภาพและสิทธิผลในระบบงาน ในขณะเดียวกันการออกแบบนั้นก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยสุขภาพอนามัย และความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ปฏิบัติงานในระบบงานนั้น ๆ 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 ความเมื่อยล้า ความเสื่อถอยของสุขภาพ แต่ในทางตรงกันข้ามหากการออกแบบวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำงานได้คำนึงถึงข้อจำกัด และความต้องการของบุคคลที่ต้องทำงานในลักษณะของการปรับงานให้เหมาะสมกับคน (fitting the task to the man) โดยเห็นความสำคัญของการแตกต่างกันของบุคคลก็จะเป็นการลดอัตราความเสี่ยงของการเกิดความเสียหายและความไม่ปลอดภัยในการทำงาน แต่ยังช่วยเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้กับหน่วยงานได้ ข้อดีของการออกแบบงานให้เหมาะสมกับคน มีดังนี้ (จันทร์จารี เกตุมาโร, 2553)

1. ช่วยลดความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการปฏิบัติงาน
2. ช่วยลดอุบัติเหตุและความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงาน

3. ช่วยลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากการสูญเสียลดลงและวัตถุดิบน้อยลง

4. ช่วยลดระยะเวลาและงบประมาณในการควบคุมงานและฝึกอบรม

5. เพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

6. ช่วยให้ขั้นตอนการทำงานลดลงและสามารถตัดสินใจในการทำงานดีขึ้น

การนำเอาความรู้ด้านการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการทำงานจะต้องศึกษาถึงสาเหตุเพื่อการแก้ไขปัญหาโดยคำนึงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ลักษณะของงาน คนปฏิบัติงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งโดยเฉพาะคนถือเป็นส่วนสำคัญที่สุดขององค์กร โครงสร้างหลักของร่างกายที่ถูกนำมาใช้งานตลอดเวลา ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้คือ มือและข้อมือ แขนและไหล่ คอและหลัง เข่าและขา และสุดท้ายคือดวงตา (จรัณ ภาสุระ, 2540) ส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ถูกใช้งานหนักเบาไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับอาชีพและกิจกรรมประจำวันของแต่ละคน แต่อย่างไรก็ตามอวัยวะทุกส่วนจำเป็นต้องทำงานร่วมกัน หากส่วนใดบาดเจ็บอาจจะส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นก็ย่อมได้ ในการดำเนินชีวิตประจำวันหรือการทำงานจึงจำเป็นต้องจัดสถานีงานให้มีความเหมาะสมต่อการทำงานอวัยวะร่างกายต่าง ๆ ให้ทำงานได้ถูกต้องตรงกับหน้าที่การใช้งานนั้น ๆ ซึ่งสำหรับสถานภาพของนักเรียนก็เช่นกันไม่ได้ปฏิบัติประจำในตำแหน่งพนักงานขององค์กรแต่การดำเนินชีวิตส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในโรงเรียนและนั่งในห้องเรียนเป็นเวลานาน ๆ ในแต่ละวัน ดังนั้นเฟอร์นิเจอร์ของโรงเรียนที่ใช้ การจัดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในโรงเรียนและในห้องเรียน ก็เป็นสิ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญและจัดให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนใน การนั่งเรียนระหว่างวันควรมีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งานตามหลักการยศาสตร์ เพื่อความปลอดภัย และความสะดวกสบายต่อร่างกายในระยะยาว

1.2 การยศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเฟอร์นิเจอร์โรงเรียน: ด้านโต๊ะและเก้าอี้เรียน

เมื่อพิจารณาถึงสถานศึกษาต่าง ๆ ควรมีการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการศึกษาและเรียนรู้ของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเสียง แสงสว่าง อุณหภูมิ สิ่งอำนวยต่อการเรียนการสอนต่าง ๆ และโต๊ะกับเก้าอี้เรียนถือเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งสำหรับการเรียนการสอน ซึ่งผู้บริหารหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงและให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หากโต๊ะและเก้าอี้เรียนมีขนาดไม่เหมาะสมต่อการใช้งานจะส่งผลกระทบต่ออาการปวดเมื่อยของนักเรียนได้ โดยงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีต่อ

สัดส่วนร่างกายของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งหากขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนนั้นมีความไม่เหมาะสม (MisMatch) กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนแล้วจะส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าในขณะนั่งเรียน และส่งผลให้เสียสมาธิในการเรียน อีกทั้งยังส่งผลต่อโครงสร้างของร่างกายอาจเกิดความผิดเพี้ยนไปและนำไปสู่อาการบาดเจ็บในระยะยาวได้ มีรายงานผลการวิจัยต่าง ๆ พบว่า การนั่งเป็นเวลานาน ๆ 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) พบว่า เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนจะสนับสนุนนักเรียนในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนหรือการเขียนบนโต๊ะ และช่วยเพิ่มความสบายและทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Knight and Noyes, 1999) จากผลการศึกษาที่เกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อของเด็กนักเรียนที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ส่งผลให้การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ต้องคำนึงถึงขนาดสัดส่วนมาตรฐานของนักเรียน ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการนำหลักการการยศาสตร์เบื้องต้นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว

ดังนั้น ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ถูกออกแบบมาตามหลักการยศาสตร์ ต้องพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้

1. มีขนาดรูปทรงเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนหรือไม่
2. มีความรู้สึกสบายเมื่อนั่งไปนาน ๆ 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)

การออกแบบงานและสถานที่ทำงานที่เหมาะสมนั้นย่อมทำให้คนทำงานมีความสุข ทั้งกายและใจ ปราศจากความเครียดและความเมื่อยล้าขณะทำงาน เช่นเดียวกับนักเรียนที่นั่งเรียนในห้องเรียนด้วยการใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนที่มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนของตนเองจะช่วยให้นักเรียนมีสมาธิในการนั่งเรียนและปราศจากความเมื่อยล้าที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากนั่งเป็นเวลานาน ๆ

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการออกแบบเก้าอี้ตามหลักการยศาสตร์มี 3 ประการ คือ เพื่อความสะดวกสบาย เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน และเพื่อตอบสนองต่อหน้าที่และลักษณะการใช้งานได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสำหรับเก้าอี้นั่งมีหลักการออกแบบตามขนาดมิติต่าง ๆ 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 คือ ออกแบบมาเพื่อให้ผู้นั่งที่มีขนาดความสูงของขาพับมากกว่าความสูงของเก้าอี้จำนวน 90-95 เปอร์เซ็นต์สามารถนั่งได้ ความสูงอยู่ประมาณ 38-52 เซนติเมตร ดังนั้นทำให้นักวิจัยหลายท่านได้ทำการตรวจสอบและแนะนำ ว่าค่า 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 ซึ่งจากหลักการข้างต้น ได้แนะนำขนาดการออกแบบความลึกของเก้าอี้ที่เหมาะสมควรอยู่ที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ของกลุ่มการใช้งาน

2.3 ความกว้างของแผ่นรองนั่ง (Seat Width)

การออกแบบความกว้างของแผ่นรองนั่งตามหลักการควรออกแบบให้เหมาะสมกับคนรูปร่างสูงใหญ่ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95) ความกว้างเก้าอี้จึงควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร เพราะถ้าเก้าอี้แคบเกินไปจะส่งให้ผลให้ผู้นั่งรู้สึกอึดอัด ไม่สะดวกสบายและเกร็งตัวเวลานั่งได้ หลายงานวิจัยจึงแนะนำว่าความกว้างของที่นั่งควรมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับผู้ใช้ที่มีความกว้างสะโพกที่ใหญ่ที่สุดหรือค่าความกว้างของที่นั่งควรมากกว่าค่าความกว้างของสะโพกของคนส่วนใหญ่ 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 และเพื่อลดแรงกระทำที่เกิดขึ้นจากการยกแขนนั้นผู้เรียนจึงวางท่อนแขนด้านล่างไว้บนโต๊ะซึ่งจากการศึกษาของ Chaffin and Andersson (1991) พบว่าแขนสามารถกางออกทำมุมกับหัวไหล่ 15-20 องศา และงอออกทำมุมกับหัวไหล่ 25 องศาหรือน้อยกว่า 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 การวัดร่างกายมนุษย์ตามหลักวิทยาศาสตร์โดยวัดสัดส่วนต่าง ๆ อันประกอบด้วยส่วนสูง น้ำหนัก ความหนาไขมันใต้ผิวหนัง เส้นรอบวงของร่างกาย ความกว้างและความยาวของกระดูก การวัดสัดส่วนร่างกายมีความสำคัญในการใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับออกแบบและปรับปรุงสภาพงาน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อม หากในการทำงานให้สอดคล้องกับสรีระร่างกายของผู้ปฏิบัติงานซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นผู้ปฏิบัติงานมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีความปลอดภัยและพึงพอใจในการทำงาน

สัดส่วนร่างกาย (Anthropometric) หมายถึง ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอันประกอบด้วย ส่วนสูง 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 (ชมรมอาชีว อนามัยและความปลอดภัย มสธ., 2558)

4. ประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกายในเชิงวิศวกรรม

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

4.1 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่หรือ Static (physical) anthropometry

เป็นวิธีที่ทำการวัดมิติขนาดร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในท่านิ่งหรือสภาพสมดุล (Static body measurement) ไม่มีการเคลื่อนไหวมาเกี่ยวข้อง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เพราะสะดวกและง่ายต่อการวัดเก็บข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ค่ามาตรฐานที่วัดของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริกา ดังตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐานการวัดสัดส่วนของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริการะหว่างท่านั่งและท่ายืน

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)

4.2 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายเคลื่อนไหวทำงาน หรือ dynamic (functional) anthropometry

เป็นการศึกษาการวัดขนาดมิติสัดส่วนร่างกายในขณะเคลื่อนไหวทำงาน (dynamic body dimension) เช่น การประกาอบชิ้นส่วน การเอื้อมมือไปหยิบของในกระบะ การควบคุมคันบังคับ เป็นต้น วิธีการวัดแบบนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน ไม่ค่อยเป็นที่นิยมกันเพราะมีปัจจัยแทรกซ้อนมาก

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ต้องมีการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายไม่ว่าจะเก็บไปเพื่อออกแบบสถานีงานประเภทต่าง ๆ เช่น วัยชัย แหล่มหลักสกุล (2551) ศึกษาเรื่องการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกบไผ่โดยใช้หลักการการยศาสตร์ (วันชัย แหลมหลักสกุล, 2551; ประภัสสร คลังสิน, 2550) ศึกษา

เรื่อง การปรับปรุงทางกายศาสตร์เพื่อลดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับงาน โดยใช้เทคนิค 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

5. **หลักการเบื้องต้นทางสถิติ**

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

ประเภทของสถิติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) คือวิธีการทางสถิติที่ใช้พรรณนาลักษณะ สิ่งต้องการศึกษาให้ อยู่ในรูปของตารางข้อมูลสรุป การนำเสนอแบบต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจถึงข้อมูลที่รวบรวมมาได้ แต่ไม่สามารถคาดคะเนนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) วิธีการทางสถิติที่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการอนุมาน ลักษณะของประชากรจากข้อมูลของตัวอย่างเช่นการศึกษาโรคขาดสารอาหารในเด็กวัยก่อนเรียนในภาคอีสาน ส่วนใหญ่จะสุ่มจากเด็กวัยก่อนเรียนมาบางส่วนเพื่อประเมินหาอัตราการขาดสารอาหาร เป็นต้น

5.1 สถิติที่ใช้ในการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency)

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

5.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้กันมากที่สุด จะแทนด้วย μ (มิว) เมื่อคำนวณจากข้อมูลทั้งประชากร และแทนด้วย เมื่อคำนวณจากข้อมูลตัวอย่าง การ คำนวณหาได้จากผลรวมของข้อมูลทุกค่าแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติของค่าเฉลี่ย

1) เป็นตัวแทนข้อมูล ที่ใช้ข้อมูลทุกค่ามาท าการคำนวณหาขนาดของค่าเฉลี่ย

2) เนื่องจากมีการน าข้อมูลทุกค่ามาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์จึงสามารถใช้ในการ วิเคราะห์สถิติขั้นสูงได้

3) เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลทุกค่ามาคำนวณ ดังนั้น หากมีข้อมูลบางตัวที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ หรือเล็กมาก ๆ ผิดปกติจะมีผลต่อการคำนวณขนาดของค่าเฉลี่ยด้วย

4) ข้อมูลที่มีมาตรวัดเป็นนามบัญญัติ (nominal scale) และเรียงอันดับ (ordinal scale) ไม่ สามารถใช้คำนวณค่าเฉลี่ยได้

5.1.2 ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นค่าที่บอกภาพรวมของข้อมูล โดยพิจารณาจากตำแหน่งกลางของข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนั้น บางครั้งอาจจะเรียกค่านี้ว่า "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

5.1.3 ฐานนิยม (mode) เป็นค่าที่มีความถี่สูงสุดในข้อมูลชุดหนึ่ง ฐานนิยมอาจมีค่าเดียวในชุดข้อมูลนั้นได้

คุณสมบัติของฐานนิยม

1) สามารถคำนวณได้ง่าย รวดเร็ว

2) ใช้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดนามบัญญัติ (norminal scale)

3) ข้อมูลที่มีค่ามากหรือน้อยผิดปกติจะไม่มีผลกระทบต่อค่าฐานนิยม และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบางตัวในกลุ่มจะไม่มีผลกระทบต่อค่าฐานนิยม หรือมีน้อยมาก

5.2 สถิติที่ใช้ในการแบ่งข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น นอกจากการศึกษาค่ากลางของข้อมูลแล้วยังอาจต้องศึกษาตำแหน่งของค่าที่สังเกตใด ๆ ในข้อมูล โดยเปรียบเทียบกับค่าสังเกตทั้งหมดในข้อมูลนั้น หรือศึกษาค่าของข้อมูลตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งก็สามารถทำได้ โดยเรียกวิธีเหล่านี้ว่าเป็นวิธีการแบ่งข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

5.2.1 มัธยฐาน (Median) คือ แบ่งความถี่ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน นั่นคือมีข้อมูลที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่านี้อยู่ครึ่งหนึ่ง และสูงกว่าค่านี้อยู่ครึ่งหนึ่ง

5.2.2 ควอไทล์ (Quartiles = Q) คือ ค่าที่แบ่งความถี่ของข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ 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

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

5.2.4 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 ซึ่งค่าสัดส่วนในท่านั่งเป็นค่าที่วัดได้ยากและมีความจำเป็นสำหรับ การออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงหาวิธีการสร้างสมการพยากรณ์ค่าสัดส่วนท่านั่งด้วยสัดส่วนในท่ายืนที่ง่ายต่อการวัดขนาดมากกว่าและประเมินค่าความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ด้วยวิธีทางสถิติ

6. วิธีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเชิงปริมาณ

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

6.1 การตรวจสอบโดยใช้กราฟ

6.1.1 ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แกนนอนแสดงตัวแปร (ข้อมูล) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงมีความยาวเท่ากัน ส่วนแกนตั้งแสดงจำนวน case ที่มีค่าในช่วงความถี่ของแต่ละช่วง

6.1.2 แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf) เป็นวิธีการตรวจสอบที่ให้รายละเอียดมากกว่า Histogram เนื่องจากแสดงค่าข้อมูลจริงให้เห็นทุกค่า

6.1.3 Boxplot เป็นเทคนิคการแทนค่าของข้อมูลเหมือนสองวิธีข้างต้น แต่จะให้รายละเอียดของค่าสถิติเพื่อตรวจสอบการแจกแจง และแสดงค่าที่สูงมากและต่ำมากจากค่ากลาง คือ ค่า outlier นั่นเอง

6.1.4 Normal Probability Plot เป็นกราฟที่พล็อตค่าของข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นกับค่าที่คาดไว้ (Expected Value) โดยค่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติแล้วค่าที่คาดไว้จะเป็นเส้นตรง ดังนั้นถ้าข้อมูลมีการแจกแจงปกติค่าจริงจะต้องอยู่รอบ ๆ เส้นตรงนั้นอย่างสุ่ม

6.1.5 Detrended Normal Plot เป็นกราฟที่แสดงค่าเบี่ยงเบนหรือค่าแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่คาดไว้ภายใต้การแจกแจงปกติ โดยถ้าค่าจริงกับค่าที่คาดไว้จากการแจกแจงปกติเท่ากันค่าแตกต่างจะเป็นศูนย์

6.2 การทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ

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

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

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยวิธีใช้กราฟ Normal Probability Plot ซึ่งหากพบว่าข้อมูลอยู่เหนือและใต้เส้นเล็กน้อย ก็พอจะสรุปได้ว่าตัวแปรที่ต้องการวัดการแจกแจงของข้อมูลมีการแจกแจงใกล้หรือเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) หรือค่อนข้างสมมาตรนั่นเอง

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

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของการทำนาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคนี้เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัดส่วนร่างกายในขณะยืนกับขนาดสัดส่วนร่ายกายในขณะนั่ง

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ด้วยกลุ่มของตัวแปรพยากรณ์ 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 หากมีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแต่ตัวแปรตามเพียงตัวแปรเดียวเรียก การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) หากมีตัวแปรตามมากกว่า 1 ตัวแล้วเรียกการวิเคราะห์การถดถอยนั้นว่า multivariate regression analysis สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย (X) กับสัดส่วน

ร่างกายในขณะนั่ง (Y) เพื่อนำไปออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนและตรวจสอบความเหมาะสมของสัดส่วนร่างกายที่มีต่อโต๊ะและเก้าอี้เรียนในโรงเรียนต่อไป

8. การเลือกตัวแบบที่เหมาะสม (พรสิน สุภาวาลย์, 2556)

การเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยในหัวข้อที่ผ่านนั้น มี 2 ขั้นตอนหลัก คือ 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 (สมบรูณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน

ถ้าค่า r = -1 เป็นสหสัมพันธ์ลบและมีความสัมพันธ์กันมาก (สมบรูณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกัน

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

สรุป ถ้าค่า r ยิ่งห่างไกล จาก 0 มากเท่าใดแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ส่วนเครื่องหมายจะเป็นตัวบอกถึงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

ถ้านำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มายกกำลังสองจะเรียบว่า “สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด หรือประสิทธิภาพการพยากรณ์ (Coefficeint of determination: R^2) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2555)

การประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย

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

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

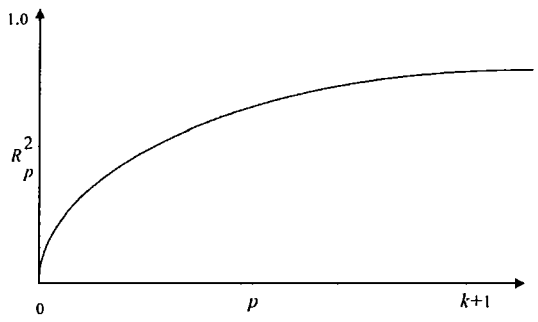
ถ้าค่า SEE = 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ไม่มีความคลาดเคลื่อนเลย แต่ถ้าค่า SEE ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนยิ่งมีค่าสูง

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2)

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ค่า R^2 เป็นการวัดความสามารถในการอธิบายความ แปรผันของตัวแปรตามโดยตัวแปรอิสระในสมการถดถอย ในที่นี้ให้ R_p^2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจสำหรับสมการถดถอยที่มีจานวนพจน์ p พจน์หรือมีตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีตัวแปรอิสระจำนวน p - 1 ตัวและb_0 อยู่ในสมการ R_p^2 สามารถคำนวณได้ ดังนี้

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

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 จะเพิ่มขึ้นไม่มากเมื่อถึงจุดหนึ่ง ดังภาพ 1



ภาพ 1 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

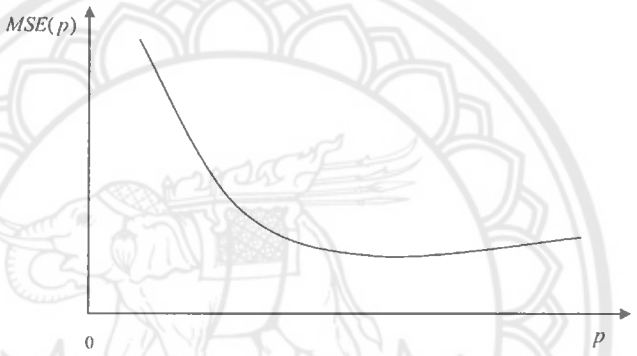
ค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน (mean square error) หรือ MSE(p) ที่ได้จากตัวแบบที่มีตัวแปร p ตัวสามารถคำนวณได้ ดังนี้

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

หรือ

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

ข้อเสียของ MSE(p) คือ เมื่อจำนวนพจน์ในตัวแบบเพิ่มขึ้นค่า MSE(p) จะลดลงเรื่อย ๆ จากนั้นจะคงที่แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ดังภาพ 2 (Montgomery and Peck, 1991, pp.270-271)



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรอิสระกับค่า MSE(p)

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

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

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

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 สามารถเขียนสมการ**ถดถอยได้ ดังนี้**

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

จากตัวแบบข้างต้นจะได้ค่า SSE_p และ Mallows C_p หรือ C_p สามารถ**คำนวณได้ดังนี้**

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

โดย MSE เป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองคลาดเคลื่อนของตัวแบบเต็มรูป

ค่าเฉลี่ยกำลังสองคลาดเคลื่อน (MSE) ของตัวแบบเต็มรูปเป็นตัว**ประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง**ของ σ^2 แต่หากในตัวแบบเต็มภาพมีตัวแปรอิสระบางตัวที่ไม่มีความจำเป็น**ในการพยากรณ์แล้ว** ค่า MSE จะให้ค่าประมาณที่ให้ ค่าประมาณที่สูงเกินจริงส่งผลให้ค่า C_p ต่ำเกิน**ความเป็นจริง** 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 เป็นสถิติที่ดีสำหรับใช้ในการเลือกตัวแบบ เนื่องจากจะป้องกันการเกิด 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 จาก

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

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

โดย $h_{ii} = x_i'(X'X)^{-1}x_i$

เช่นเดียวกับ SSE ตัวแบบที่เหมาะสมเป็นตัวแบบที่มีค่า $PRESS_p$ ต่ำที่สุดเนื่องจาก ค่า $PRESS_p$ เป็นความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์หาก $PRESS_p$ มีค่าน้อยแสดงว่าการพยากรณ์มีความถูกต้องสูง

9. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ

สมการตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยที่ได้จากงานวิจัยจะให้มีความถูกต้องสูงและ มีอำนาจการทดสอบสูงได้นั้น ตัวแบบจำเป็นต้องเป็นไปตามข้อตกลง (assumption) ที่กำหนดไว้ 5 ข้อของ (Montgomery and Peck, 1992, p.7) ดังนี้

9.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x แ ละ Y เป็นเส้นตรงหรือมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง

9.2 ความคลาดเคลื่อน (e) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0

9.3 ความคลาดเคลื่อน มีความแปรปรวนคงที่เท่ากับ s^2

9.4 ความคลาดเคลื่อนแต่ละค่าเป็นอิสระต่อกัน

9.5 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ดังนั้น หากตัวแบบไม่เป็นไปตามข้อตกลงดังกล่าวอาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนคือส่วนเหลือ (residual หรือ e) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

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

หากตัวแบบการถดถอยที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อตกลงแล้ว จะพบว่าส่วนที่เหลือจะเบี่ยงเบนไปจากข้อตกลง ดังนั้น การวิเคราะห์ส่วนเหลือจึงเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบที่ง่ายและ มีประโยชน์อย่างมาก

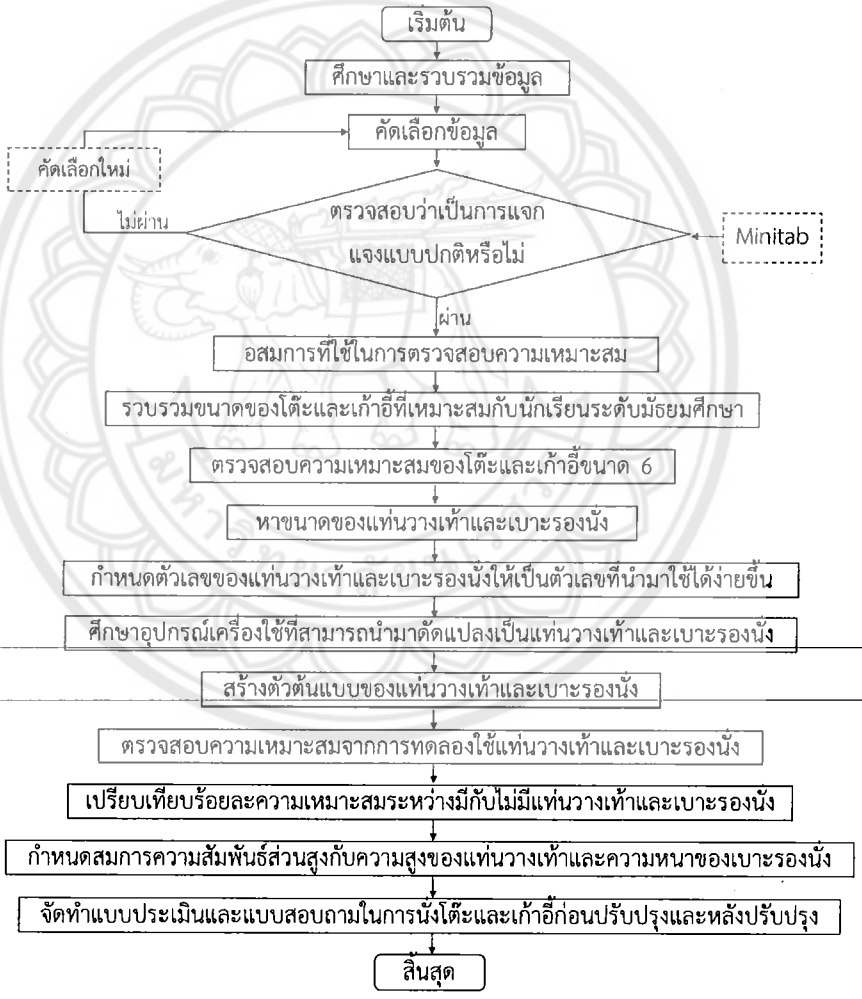
167
ส๓๒ร
2563
104204

สำนักหอสมุด
- 3 มี.ค. 2565

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ในการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้า เบาะรองนั่ง และโต๊ะเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน สามารถแสดงผังขั้นตอนการดำเนินงาน ดังภาพ 3



ภาพ 3 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

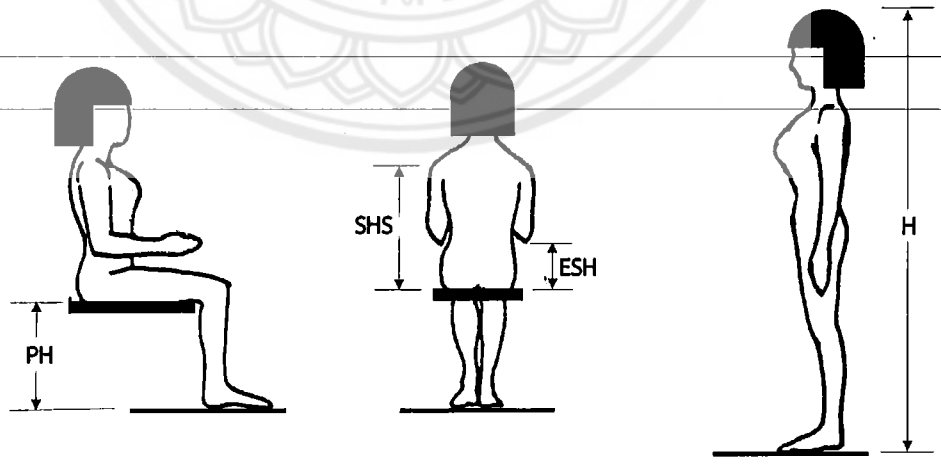
การศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ให้มีสัดส่วนเหมาะสมกับผู้ใช้งาน เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการศึกษาได้อย่างถูกต้อง และเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งให้มีความสอดคล้องกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

3.2 การคัดเลือกข้อมูล

การคัดเลือกขนาดของข้อมูล จะใช้ทฤษฎีการคำนวณ หรือสูตรคำนวณ สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มจำนวนประชากรตัวอย่างขึ้น ซึ่งทฤษฎีคำนวณของทาโร่ ยามาเน่ จะเหมาะสำหรับงานวิจัยที่สนใจประชากรจำนวนมาก และทราบจำนวนประชากรทั้งหมดที่ต้องการศึกษา โดยที่ความคลาดเคลื่อน ±5 ทำให้ต้องเก็บข้อมูลจำนวน 400 คนขึ้นไป เพื่อให้ครอบคลุมต่อสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งประเทศ ซึ่งสิ่งที่นำมากำหนดเป็นมิติขนาดที่มีความสำคัญกับการนั่งมากที่สุดและมีความสัมพันธ์กับความสูง มาเป็นตัวกำหนดสิ่งที่จะศึกษาในงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

3.2.1 ขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

สัดส่วนร่างกายจะพิจารณาในท่าที่อยู่นิ่งอิริยาบถมาตรฐาน มีขนาดแน่นอนทั้งในท่ายืนและท่านั่ง ที่มีความสอดคล้องกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ต้องการศึกษา แสดงดังภาพ 4



ภาพ 4 สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.2.1.1 ความสูงของข้อพับเข่า (Popliteal Height: PH) วัดจากพื้นหรือที่วางเท้าถึงขาพับด้านใน โดยลักษณะการนั่งขาจะต้องตั้งฉากกับพื้น

3.2.1.2 ความสูงของไหล่ขณะนั่ง (Shoulder Height Sitting: SHS) วัดในแนวดิ่งจากพื้นที่นั่งจนถึงไหล่ขณะนั่ง

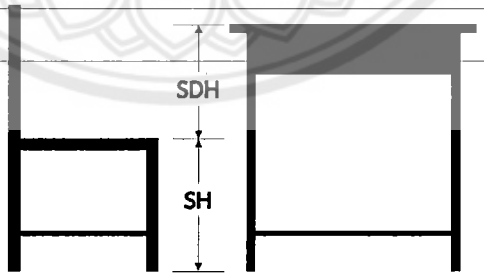
3.2.1.3 ความสูงของข้อศอกขณะนั่ง (Elbow Height Sitting: EHS) วัดจากแนวดิ่งจากผิวด้านบนของพื้นที่นั่งจนถึงข้อศอกในขณะนั่ง

3.2.1.4 ความสูงขณะยืน (Height: H) วัดในแนวดิ่งจากพื้นถึงเท้าขณะยืน

3.2.2 ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะใช้โต๊ะและเก้าอี้ ขนาดที่ 4 และขนาดที่ 5 ตามลำดับ แต่เนื่องจากเพื่อประหยัดงบประมาณ และใช้หลักการเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 และการบาดเจ็บทางร่างกายของคนตัวสูงที่นั่งโต๊ะและเก้าอี้ขนาดใหญ่มีน้อยกว่าคนตัวเล็ก ดังนั้น โต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่จึงเป็นโต๊ะและเก้าอี้ขนาดที่ 6 เป็นขนาดที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้

พิจารณาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน และสอดคล้องกับการออกแบบแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง รูปแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ทำการศึกษา เป็นโต๊ะเก้าอี้แบบแยกส่วน การคัดเลือกขนาดของโต๊ะและเก้าอี้จะเลือกโต๊ะเก้าอี้ที่มีสภาพสมบูรณ์ที่สุด และมีส่วนต่างๆ ครบถ้วน การคัดเลือกสัดส่วนของโต๊ะและเก้าอี้ แสดงดังภาพ 5



ภาพ 5 มิติขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.2.2.1 ความสูงของที่นั่ง (Seat Height: SH) วัดระยะในแนวตั้งฉากจากพื้นไปถึงขอบบนของพื้นที่นั่ง

3.2.2.2 ความสูงของพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ (Seat to Desk Height : SDH) วัดจากระยะในแนวตั้งจากพื้นผิวด้านบนของพื้นที่นั่งถึงผิวด้านบนของโต๊ะ

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในส่วนของการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นการตรวจสอบการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ถ้าข้อมูลนั้นยังไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ให้ทำการคัดข้อมูลของตัวอย่างนั้นออก จากนั้นทำการคัดข้อมูลเข้ามาใหม่ จนสามารถตรวจสอบได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งข้อมูลที่ได้ต้องสามารถอนุมานผลของกลุ่มตัวอย่างเป็นผลของประชากรเป้าหมายได้

3.4 อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม

อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เฉพาะอสมการที่มีความสอดคล้องกับการกำหนดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และสามารถนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปหาความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายได้ ความเหมาะสมที่ได้ต้องเป็นค่านับที่มีความเหมาะสมทั้งสองมิติ คือ มิติขนาดความสูงของโต๊ะและมิติขนาดความสูงของเก้าอี้

3.5 การรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

การศึกษารวบรวมข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยงานวิจัยนี้ได้รวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้สำหรับโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาที่แนะนำ โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means (ธัญญารัตน์ และศมล- วรรณ, 2561) และหลักการจัดกลุ่ม K-Means (กอบกาญจน์ และณัฐวรา, 2561)

3.6 การตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6

การตรวจสอบความเหมาะสมโดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6 ซึ่งการผลิตโต๊ะและเก้าอี้เรียนในปัจจุบันเป็นการผลิตแบบจำนวนมาก และจำเป็นต้องเลือกโต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียวสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้สามารถใช้งานกับนักเรียนส่วนมากได้ ทำให้โรงเรียนส่วนใหญ่ใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดใหญ่เพียงขนาดเดียว คือ ขนาด 6 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

3.7 การกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้

การตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างกับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 โดยมีการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1 ขนาด โดยใช้วิธีกำหนดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยใช้ค่าเฉลี่ยและขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต การกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 2 ขนาด 3 ขนาดและ 4 ขนาด โดยใช้วิธีการกำหนดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธี Fuzzy C-Means และขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต

3.8 ผลการกำหนดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ให้เป็นตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแก้ไขปัญหาแบบเร่งด่วนด้วยการใช้อุปกรณ์เสริมที่จะช่วยให้นักเรียนนั่งได้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ดังนั้นจึงนำขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง โดยเลือกใช้วิธีการทดสอบที่มีความเหมาะสมรวมมากที่สุด มาทำการปัดตัวเลขใหม่ เพื่อได้ขนาดที่สามารถผลิตได้ง่าย หรือสามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย หาซื้อได้ทั่วไป เป็นอุปกรณ์เสริมที่มีลักษณะที่สามารถทำเป็นแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งแทนได้ และใช้งานได้ทันที

3.9 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

ทำการศึกษาอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งของเหลือใช้หรืออุปกรณ์ที่หาซื้อได้ทั่วไป ที่สามารถนำมาดัดแปลงหรือแทนแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งได้ เพื่อแก้ไขปัญหาแบบเร่งด่วน

ด้วยการใช้อุปกรณ์เสริมที่จะช่วยให้นั่งโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ได้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์มากขึ้น

3.10 การสร้างตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

ดัดแปลงอุปกรณ์เพื่อทำตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง จากนั้นนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสูงใกล้เคียงกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พร้อมทั้งสำรวจความเมื่อยล้าของผู้ใช้งาน

3.11 การตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้จากการทดลองใช้แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

การทดลองโดยการวัดขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ที่นำมาทำการทดลอง โดยโต๊ะสูง 76.5 เซนติเมตร และเก้าอี้สูง 45.5 เซนติเมตร จากนั้นหาอุปกรณ์เสริมสำหรับทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งให้มีขนาดตามที่แนะนำ

3.12 การเปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยวิธีการทดสอบต่าง ๆ

เมื่อได้ขนาดของอุปกรณ์เสริม คือ แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งแล้ว นำไปเปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมระหว่างโต๊ะเก้าอี้ที่มีอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ กับโต๊ะเก้าอี้ที่ไม่มีอุปกรณ์เสริม จากนั้นทำการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีกับการทดลองนั่งจริงว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่

3.13 การกำหนดขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต

หาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของผู้ใช้งานกับความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่ง โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต (Growth Chart) ในการกำหนดส่วนสูงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จากนั้นกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่มีความเหมาะสมกับส่วนสูงที่สามารถใช้งานได้จริง โดยการหาสมการความสัมพันธ์ส่วนสูงกับความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง

3.14 การสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้แบบปรับระดับได้

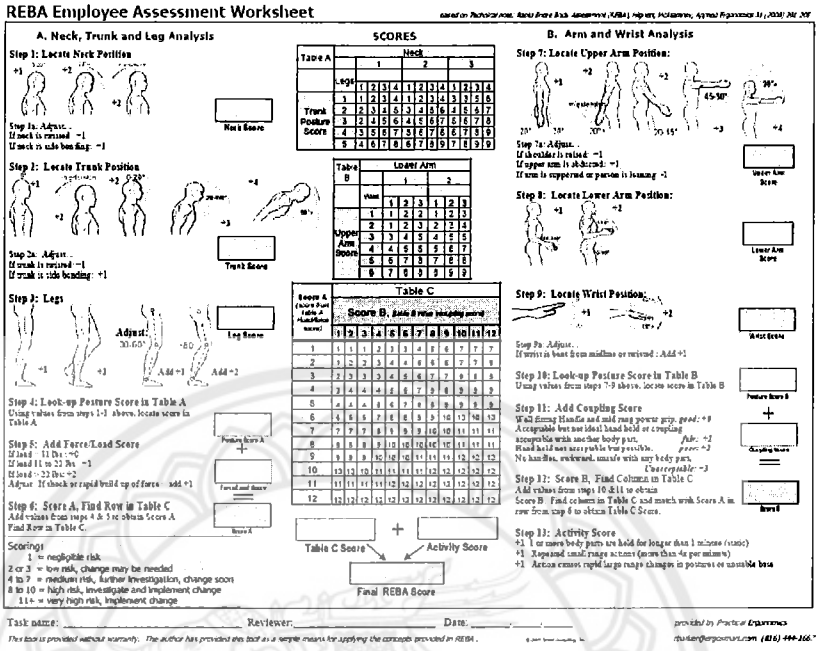
การสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ ทำได้โดยการศึกษาวัสดุที่ใช้ในการสร้างตัวต้นแบบ และให้กลุ่มตัวอย่างที่มีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกับความสูงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษามาทดลองใช้ เพื่อเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าจากการใช้งานโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 กับโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

3.15 การจัดทำแบบประเมินท่าทางในการนั่งเรียน

3.15.1 การประเมินท่าทางด้วยวิธี REBA

การประเมินด้วย REBA เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อท่าทางการทำงาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบปัจจัยเสี่ยงของการบาดเจ็บของโรคระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการนั่งเรียน สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการประเมินท่าทางในขณะนั่งเรียนโดยการถ่ายภาพนิ่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่อไป

1) รูปแบบการประเมิน การประเมินด้วย REBA ได้มีการจัดทำเป็นรูปแบบการประเมินที่ให้ง่ายต่อผู้ประเมินในการประเมินในพื้นที่ปฏิบัติงาน ที่พัฒนาขึ้นโดย ดร.เลน แมคเอเทมเน่ย์ และ ดร.ไนเกลคอร์เลท จากสถาบันการยศาสตร์ในการทำงานแห่งมหาวิทยาลัยน็อตติ่งแฮม ประเทศอังกฤษ โดยมีรูปแบบการประเมินตาม ภาพ 6



ภาพ 6 แบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA

ที่มา : (Hignett & McAtamney, 2000)

2) ขั้นตอนการประเมิน ทำการประเมิน REBA ตามรูปแบบการประเมินดังภาพ 6 โดยใช้วิธีการให้คะแนนแต่ละส่วนของร่างกาย โดยแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ตาราง คือ ตาราง A ตาราง B และ ตาราง C โดยจะทำการพิจารณาสัดส่วนของร่างกายออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่ม A ประกอบด้วยการประเมินคอ ลำตัว และขา จากนั้นทำการให้คะแนนโดยเทียบจากตาราง A และบวกเพิ่มคะแนนที่ได้จากการประเมินแรงที่ใช้หรือภาระงานร่วมด้วย และกลุ่ม B ประกอบด้วยการประเมินส่วนแขนท่อนบน แขนท่อนล่าง และข้อมือ จากนั้นทำการให้คะแนนโดยเทียบจากตาราง B และบวกเพิ่มคะแนนที่ได้จากการประเมินการจับยึดวัตถุร่วมด้วย จากนั้นนำคะแนนของทั้งสองกลุ่มมาเทียบกับค่าในตารางคะแนนความเสี่ยง จากตาราง C และบวกเพิ่มด้วยคะแนนที่ได้จากกิจกรรมการทำงาน ได้คะแนนรวมเป็นระดับความเสี่ยง ดังนี้

ตาราง 2 แสดงระดับคะแนนความเสี่ยงโดยการประเมินด้วย REBA

คะแนน	ระดับความเสี่ยง	ความหมาย
1	เล็กน้อยจนละทิ้งได้	ท่าทางการทำงานนั้นยอมรับได้
2-3	น้อย	ท่าทางการทำงานนั้นยังต้องมีการปรับปรุง
4-7	ปานกลาง	ท่าทางการทำงานนั้นควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
8-10	สูง	ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว
≥11	สูงมาก	ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที

3.16 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

สรุปผลการเปรียบเทียบร้อยละความเหมาะสมระหว่างมีอุปกรณ์เสริมกับไม่มีอุปกรณ์เสริม คือ แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง เมื่อนำไปเสริมกับโต๊ะและเก้าอี้แล้วมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษามากที่สุด และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงในขณะนั่งเรียนด้วยวิธี REBA ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เมื่อการใช้อุปกรณ์เสริมแล้วความเสี่ยงต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูกลดน้อยลง พร้อมจัดทำรูปเล่มงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลของการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 3 ได้ทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสัดส่วนอสมการ ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีต่าง ๆ และข้อมูลจากแบบสอบถามที่ทำการสำรวจและประเมินระดับความไม่สบายตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ที่จะมาใช้วิเคราะห์หาขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง โดยพิจารณาทั้งสองขนาดมิติ คือ มิติขนาดความสูงของโต๊ะและมิติขนาดของความสูงเก้าอี้ขนาด 6

4.1 ผลการศึกษาและการรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานวิจัย ทฤษฎี และบทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ เพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถนั่งเรียนด้วยท่าทางที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งเมื่อใช้อุปกรณ์เสริม คือ แท่นวางเท้าจะต้องทำให้นักเรียนสามารถนั่งขาตั้งฉากกับพื้น เท้าระนาบกับพื้น และหลังตรง ส่วนเบาะรองนั่งจะต้องทำให้ความสูงของโต๊ะอยู่ในระดับเดียวกันกับความสูงของข้อศอกในขณะนั่ง

4.1.2 อสมการที่ใช้ตรวจสอบความเหมาะสมและใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เสริม จะคัดเลือกใช้เฉพาะอสมการที่มีความสอดคล้องกับการกำหนดความสูงของโต๊ะและความสูงของเก้าอี้ และเป็นอสมการจากงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ อสมการที่ใช้ตรวจสอบความเหมาะสมความสูงของที่นั่ง และอสมการที่ใช้ตรวจสอบความเหมาะสมความสูงจากพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ

4.1.3 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางกำหนดขนาดตัวอย่างสำเร็จรูปของทาโร่ ยามาเน่ ที่มีร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน ±1 ถึง ±10 จึงควรเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง 400 คนขึ้นไป งานวิจัยนี้จึงคัดเลือกข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 822 คน เพื่อให้สามารถอนุมานเป็นสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งหมดในประเทศไทยได้

4.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลที่ต้องการมีความถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือ จึงจะใช้โปรแกรมต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม Minitab มาช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

4.2 การคัดเลือกสัดส่วน

การคัดเลือกสัดส่วนร่างกาย ใช้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาจากคลังข้อมูล มีการเก็บรวบรวมขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 400 คนขึ้นไป เพื่อให้ครอบคลุมอัตราส่วนของประชากรในประเทศไทย ตามตารางกำหนดขนาดของ ทาโร่ ยามาเน่ โดยเลือกระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกข้อมูลสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 822 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 334 คน และเป็นเพศหญิง 488 คน การเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมากจะทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนน้อย และเพื่อให้สามารถอนุมานเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งประเทศได้ โดยมีข้อมูลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่างดังตาราง 3 ดังนี้

ตาราง 3 ผลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง

สัดส่วนร่างกาย (ซม.)	ค่าน้อยสุด (ซม.)	ค่ามากสุด (ซม.)	ค่าเฉลี่ย (ซม.)
ความสูงขณะยืน(ซม.)	137	184	162.28
ความสูงของขาพับด้านใน (PH)	33.9	45.8	39.97
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงข้อศอก (EHS)	20.3	24.2	22.42
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงบ่า (SHS)	47.9	65.1	56.37

4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความสูงของกลุ่มตัวอย่าง ต้องนำมาตรวจสอบว่าข้อมูลด้านสัดส่วนว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยข้อมูลที่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติเพื่อนำไปอนุมานเป็นประชากรทั้งหมดของประเทศไทยหากข้อมูลความสูงมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว โดยจะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้านส่วนสูงขณะยืนกับความยาวของสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ความสูงของพื้นที่นั่งถึงบ่า (SHS) ความสูงของข้อพับเข่าด้านใน (PH)

และความสูงจากพื้นที่นั่งจนถึงข้อศอก (EHS) ซึ่งสัดส่วนด้านความยาวมีความสัมพันธ์กับความสูง แสดงผลการตรวจสอบ ดังสมการที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

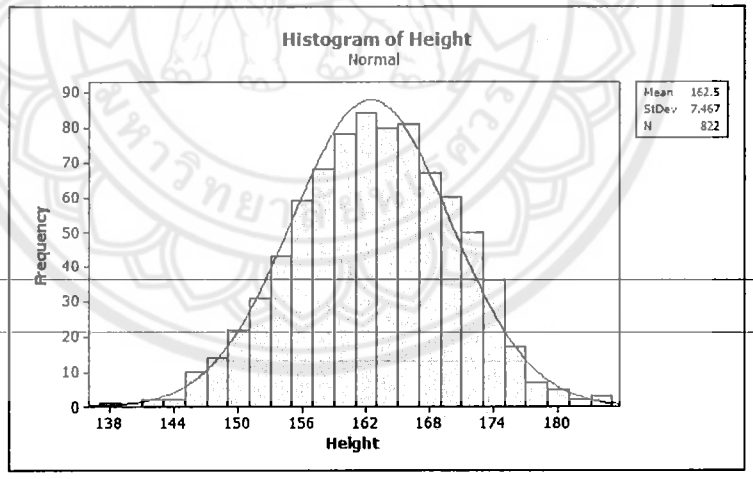
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงป่า SHS = 0.3263H + 3.4187 (4.1)

ความสูงของข้อพับเข่าด้านใน PH = 0.2136H + 5.3084 (4.2)

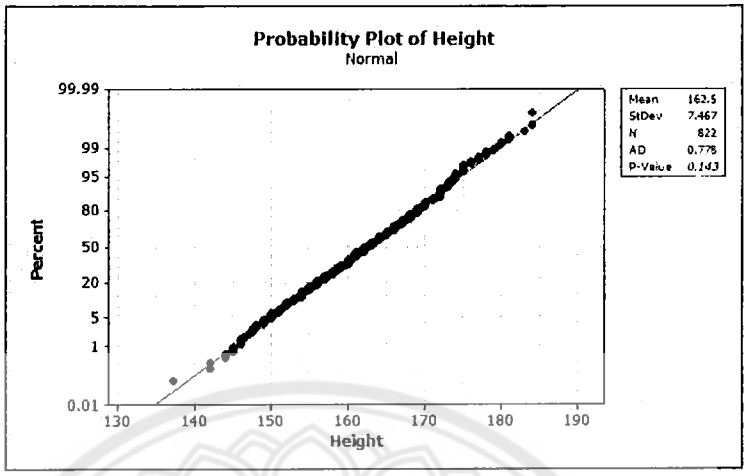
ความสูงจากพื้นที่นั่งจนถึงข้อศอก EHS = 0.0790H + 9.5929 (4.3)

จากสมการที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7242, 0.7093 และ 0.7232 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ดังนั้น เมื่อข้อมูลสัดส่วนด้านความยาวมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนด้านความสูง จึงสามารถตรวจสอบการกระจายตัวข้อมูลด้านความสูงของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบ แสดงผลดังภาพ 7 และ 8



ภาพ 7 กราฟฮิสโตแกรมแสดงการกระจายตัวข้อมูลส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง



ภาพ 8 กราฟเส้นแสดงการกระจายตัวข้อมูลส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง

ภาพ 7 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ มีลักษณะของเส้นโค้งปกติเป็นรูประฆังคว่ำ ค่าเฉลี่ยส่วนมากจะอยู่ตรงกลาง โดยส่วนโค้งทางด้านซ้ายและทางด้านขวาจะมีลักษณะเท่าๆ กัน ในภาพ 8 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากข้อมูลมีการเรียงตัวกันอยู่ในแนวเส้นตรง และค่า P-value ทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.143 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างสามารถอนุมานเป็นประชากรทั้งหมดของประเทศไทยได้

4.4 อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม

อสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เฉพาะอสมการที่มีความสอดคล้องกับการกำหนดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และสามารถนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปหาความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายได้ ความเหมาะสมที่ได้ต้องเป็นค่านับที่มีความเหมาะสมทั้งสองมิติ คือ มิติขนาดความสูงของโต๊ะและมิติขนาดความสูงของเก้าอี้ โดยอสมการที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสม มีดังนี้

4.4.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของความสูงพื้นที่นั่งกับสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของที่นั่ง (SH) มีความสัมพันธ์กับความสูงของข้อพับ (PH) ซึ่งความสูงของที่นั่งจะต้องต่ำกว่าข้อพับเข่าด้านใน เพื่อให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และขาท่อนล่างสามารถทำมุม 5-30 องศากับพื้นได้ ในขณะที่นั่งอาจมีการสวมรองเท้าจึงต้องมีการคำนึงถึงความสูงของพื้นรองเท้า (SC) ร่วมด้วย ดังอสมการที่ 4.4 (Gouvali and Boudolos, 2006)

$$(PH + SC)\cos 30^\circ \leq SH \leq (PH+SC)\cos 5^\circ \qquad (4.4)$$

โดยที่ SH คือ ความสูงของเก้าอี้

PH คือ ความสูงของข้อพับเข่าด้านใน

SC คือ ความสูงของแท่นวางเท้า

4.4.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของความสูงจากพื้นที่นั่งถึงโต๊ะกับสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อศอกควรอยู่ในระดับความสูงเดียวกันกับโต๊ะนักเรียน คือ ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงข้อศอก (EHS) โดยมุมกางศอกและมุมงอแขนที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุด คือ มุม 20 องศา และ 25 องศา ตามลำดับ ดังอสมการที่ 4.5 (Chaffin and Anderson, 1991)

$$EHS \leq SDH \leq 0.8517ESH + 0.14855SHS \qquad (4.5)$$

โดยที่ ESH คือ ความสูงจากพื้นที่นั่งจนถึงโต๊ะ

SDH คือ ความสูงจากแผ่นรองนั่งจนถึงโต๊ะ

SHS คือ ความสูงของพื้นที่นั่งถึงป่า

4.5 ผลการรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

การศึกษารวบรวมข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายค่อนข้างมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้รวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่แนะนำโดยใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means (ธัญญารัตน์ และศมลวรรณ, 2561)และหลักการจัดกลุ่ม K-Means (กอบกาญจน์ และณัฐวรา, 2561) โดยเลือกขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-4 ขนาด ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1-4 ขนาด โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต และขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1 ขนาด โดยใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนดขนาด สามารถสรุปผลการกำหนดขนาดและผลการตรวจสอบความเหมาะสมรวม ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการรวบรวมขนาดของโต๊ะและเก้าอี้โดยวิธีการต่าง ๆ

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ความสูงเก้าอี้ (ซม.)	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ (ซม.)	ความสูงโต๊ะ (ซม.)	ความเหมาะสมรวม (คน)	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด (คน)
วิธีใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนด 1 ขนาด	ขนาด 1	37.2	24.9	62.1	707	707 (86.01%)
วิธีจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means 2 ขนาด	ขนาด 1	36.3	24.4	60.7	460	798 (97.08%)
	ขนาด 2	38.4	25.6	64	338	
วิธีจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means 3 ขนาด	ขนาด 1	35.7	24	59.7	261	812 (98.78%)
	ขนาด 2	37.2	25.1	62.3	356	
	ขนาด 3	39.2	25.8	65	195	

ตาราง 4 (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ความสูงเก้าอี้ (ซม.)	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ (ซม.)	ความสูงโต๊ะ (ซม.)	ความเหมาะสมรวม (คน)	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด (คน)
วิธีจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means 4 ขนาด	ขนาด 1	35.4	23.9	59.3	210	819 (99.64%)
	ขนาด 2	37.1	25.4	62.5	227	
	ขนาด 3	37.4	24.9	62.3	230	
	ขนาด 4	39.7	25.9	65.6	152	
วิธีจัดกลุ่ม K-Means 2 ขนาด	ขนาด 1	36.3	24.4	60.7	474	798 (97.08%)
	ขนาด 2	38.4	25.6	64	324	
วิธีจัดกลุ่ม K-Means 3 ขนาด	ขนาด 1	35.7	24	59.7	255	812 (98.78%)
	ขนาด 2	37.3	25.1	62.3	365	
	ขนาด 3	39.1	25.8	64.9	192	
วิธีจัดกลุ่ม K-Means 4 ขนาด	ขนาด 1	35.4	24	59.4	231	818 (99.51%)
	ขนาด 2	36.9	25.3	62.2	227	
	ขนาด 3	37.8	24.9	62.7	204	
	ขนาด 4	39.6	25.9	65.5	156	
วิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 1 ขนาด	ขนาด 1	36.6	24.6	61.2	694	694 (84.43%)

ตาราง 4 (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ความสูงเก้าอี้ (ซม.)	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ (ซม.)	ความสูงโต๊ะ (ซม.)	ความเหมาะสมรวม (คน)	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด (คน)
วิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 2 ขนาด	ขนาด 1	34.4	23.5	57.9	399	812 (98.78%)
	ขนาด 2	38.7	25.7	64.4	553	
วิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 3 ขนาด	ขนาด 1	33.6	23.2	56.8	234	812 (99.88%)
	ขนาด 2	36.6	24.6	61.2	694	
	ขนาด 3	39.5	26	65.5	437	
วิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 4 ขนาด	ขนาด 1	33.3	23	56.3	187	822 (100%)
	ขนาด 2	35.5	24.1	59.6	575	
	ขนาด 3	37.7	25.1	62.8	690	
	ขนาด 4	39.8	26.2	66	374	

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต มีร้อยละความเหมาะสมรวมสูงกว่าวิธีใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means และหลักการจัดกลุ่ม K-Means แต่สำหรับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1 ขนาด โดยใช้ค่าเฉลี่ยมีความเหมาะสมรวมมากกว่าขนาดของโต๊ะและเก้าอี้โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 1 ขนาด และขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-3 ขนาด โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means มีร้อยละความเหมาะสมรวมทั้งหมดเท่ากับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-3 ขนาด โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม K-Means แต่สำหรับขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 4 ขนาด โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means มีความเหมาะสมรวมมากกว่าขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 4 ขนาด โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม K-Means ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกพิจารณาขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-4 ขนาด โดยใช้หลักการจักกลุ่ม Fuzzy C-

Means และการกำหนดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1-4 ขนาด โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต ซึ่งจะนำขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1 ขนาด โดยใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนดขนาดมาพิจารณาร่วมด้วย

4.6 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมโดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด (โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6) กับกลุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งการผลิตโต๊ะและเก้าอี้เรียนในปัจจุบันเป็นการผลิตแบบจำนวนมาก และเป็นการเลือกโต๊ะและเก้าอี้ขนาดเดียวสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้สามารถใช้งานกับนักเรียนส่วนมากได้ ทำให้โรงเรียนส่วนใหญ่ใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่มีขนาดใหญ่เพียงขนาดเดียว คือ ขนาด 6 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เนื่องจากผลกระทบต่อร่างกายของคนตัวสูงที่ใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดเล็กมีมากกว่าคนตัวเล็กที่ใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาดใหญ่ โดยได้ผลการตรวจสอบความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้โดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 6

ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดขนาดโดยตรวจสอบกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 (P95)	
กลุ่มตัวอย่าง	822 คน
ความสูงของโต๊ะ	76 ซม.
ความสูงของเก้าอี้	46 ซม.
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงโต๊ะ	30 ซม.
เก้าอี้	**ความเหมาะสมรวมทั้งหมด**
สูงเกินไป (คน)	822 (100%)
ต่ำเกินไป (คน)	0
เหมาะสม (คน)	0
โต๊ะ	
สูงเกินไป (คน)	821 (99.88%)
ต่ำเกินไป (คน)	0
เหมาะสม (คน)	1 (0.12%)
โต๊ะและเก้าอี้	
ความเหมาะสมรวม (คน)	0

ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 822 คน พบว่าความเหมาะสมรวม เท่ากับ 0 จะเห็นได้ว่าขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ไม่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง

4.7 ผลการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้

4.7.1 สรุปผลความเหมาะสมรวมทั้งหมดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

ใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-4 ขนาดที่แนะนำ โดยใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means และข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1-4 ขนาดที่แนะนำ โดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต ซึ่งจะนำขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1 ขนาดที่แนะนำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนดขนาดมาพิจารณาร่วมด้วย จากนั้นนำขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งที่ได้ไปตรวจสอบความเหมาะสมสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 822 คน สามารถสรุปผลได้ ดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลสรุปความเหมาะสมรวมทั้งหมดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งจากขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่นำมาพิจารณา

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ขนาดที่	ความสูงแท่นวางเท้า	ความหนาเบาะรองนั่ง	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด
ใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนด	1 ขนาด	1	13.9	5.1	762 (92.70%)
	2 ขนาด	1	15.3	5.6	800 (97.32%)
		2	12	4.4	
ใช้หลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means ในการกำหนดขนาด	3 ขนาด	1	16.3	6	815 (99.15%)
		2	13.7	4.9	
		3	11	4.2	
	4 ขนาด	1	16.7	6.1	818 (99.51%)
		2	13.5	4.6	
		3	13.7	5.1	
		4	10.4	4.1	

ตาราง 6 (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ขนาดที่	ความสูงแท่นวางเท้า	ความหนาเบาะรองนั่ง	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด
ใช้กราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตในการกำหนดขนาด	1 ขนาด	1	14.8	5.4	786 (95.62%)
	2 ขนาด	1	18.1	6.5	812 (98.78%)
		2	11.6	4.3	
	3 ขนาด	1	19.2	6.8	821 (99.88%)
		2	14.8	5.4	
		3	10.5	4	
	4 ขนาด	1	19.7	7	822 (100%)
		2	16.4	5.9	
		3	13.2	4.9	
		4	10	3.8	

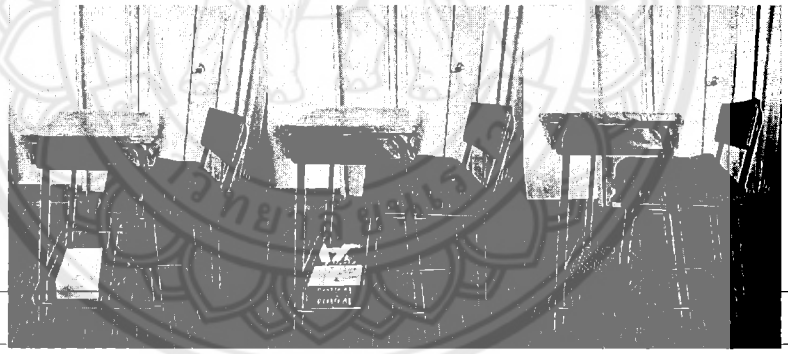
ตาราง 6 แสดงให้เห็นว่า เมื่อจำนวนของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งมีหลายขนาดจะส่งผลให้ความเหมาะสมรวมทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมรวมทั้งหมดจากวิธีการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง พบว่า วิธีใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 1 ขนาด มีความเหมาะสมรวมมากว่าวิธีใช้ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 1 ขนาดที่แนะนำโดยใช้ค่าเฉลี่ยในการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง คือ ร้อยละ 92.70 และร้อยละ 96.23 ตามลำดับ และวิธีการใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ 2-4 ขนาดที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตมีความเหมาะสมรวมมากกว่าใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยหลักการจัดกลุ่ม Fuzzy C-Means โดยวิธีการใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโต 4 ขนาด มีร้อยละความเหมาะสมรวมทั้งหมด เท่ากับ 100 คือ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้ง 822 คน สามารถนั่งโต๊ะและเก้าอี้ได้อย่างเหมาะสม

4.8 ผลการศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

เนื่องจาก งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแก้ไขปัญหาแบบเร่งด่วนด้วยการใช้อุปกรณ์เสริมที่จะช่วยให้นักเรียนนั่งได้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์มากขึ้น ดังนั้น วัสดุที่ใช้ในการทำแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับงานวิจัยนี้ จะเลือกวัสดุที่เหลือใช้หรือหาซื้อได้ง่ายทั่วไป เป็นวัสดุที่มีลักษณะที่สามารถทำเป็นแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งแทนได้ โดยใช้งานได้ทันที

4.9 ผลการสร้างตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง

ตัวต้นแบบของอุปกรณ์เสริมของงานวิจัยนี้ โดยแท่นวางเท้าจะใช้ กล่องกระดาษเหลือใช้ กระดาษรีมที่ใช้แล้ว เก้าอี้ซักผ้า ราคา 39 บาท และเบาะรองนั่ง ราคา 50 บาท ซึ่งขนาดความหนาของเบาะ 1 ใบ เมื่อยุบตัวแล้วมีความหนาเฉลี่ย 2.5 เซนติเมตร ทั้งนี้ความหนาของเบาะเมื่อนั่งลงแล้วจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของแต่ละบุคคล โดยบุคคลที่มีน้ำหนักเบาก็จะยุบตัวน้อย ส่วนบุคคลที่มีน้ำหนักมากจะทำให้ยุบตัวมากขึ้นไปด้วย อุปกรณ์เสริมที่ใช้เป็นตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ที่นำมาทดลอง แสดงดังภาพ 9



ภาพ 9 ตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่นำมาทดลองกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6

4.10 ผลการทดลองตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้กับขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดจริงจากการทดลอง

ผลการทดลองโดยการวัดขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ที่นำมาทำการทดลอง โดยโต๊ะสูง 76.5 เซนติเมตร และเก้าอี้สูง 45.5 เซนติเมตร จากนั้นหาอุปกรณ์สำหรับทำแท่นวางเท้าให้มีขนาดตามที่แนะนำในตาราง 7 และกำหนดขนาดของเบาะรองนั่งที่มีขนาดความหนาขนาดเดียว โดยเบาะ

รองนั่งที่ใช้ทดลอง เบาะ 1 ใบ มีความหนาของเฉลี่ย 2.5 เซนติเมตร โดยสามารถใช้เบาะหลายใบซ้อนกันให้ได้ความหนาใกล้เคียงตามที่แนะนำในตาราง 7 จากนั้นตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ ดังนี้

ตาราง 7 ผลสรุปความเหมาะสมรวมทั้งหมดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาด เป็นตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น

การแบ่งขนาด	ขนาดที่	ความสูงแท่นวางเท้า	ความสูงเบาะรองนั่ง	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด
1 ขนาด	1	15	5.5	791 (96.23%)
2 ขนาด	1	18	6.5	812 (98.78%)
	2	11.5	4.5	
3 ขนาด	1	19	7	820 (99.76%)
	2	15	5.5	
	3	10.5	4	
4 ขนาด	1	19.5	7	822 (100%)
	2	16.5	6	
	3	13	5	
	4	10	4	

ตาราง 7 แสดงให้เห็นว่า ความเหมาะสมรวมทั้งหมดค่อนข้างสูง โดยการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาด คือ ร้อยละ 96.23 ร้อยละ 98.78 ร้อยละ 99.76 และร้อยละ 100 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่สามารถผลิตหรือหาได้ง่าย และเหมาะสมกับเด็กระดับมัธยมศึกษา

4.11 การหาสมการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง

การออกแบบแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายขณะนั่งมากที่สุด โดยสัดส่วนร่างขณะนั่งที่นำมาพิจารณาในการกำหนดขนาด ได้แก่ ความสูงของขาพับด้านใน (PH) ความสูงของพื้นที่นั่งถึงศอก (EHS) และความสูงของพื้นที่นั่งถึงบ่า (SHS) ในการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งโดยใช้ส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติมโต ซึ่งเป็นส่วนสูงขณะยืน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงใช้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เป็นการกำหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงกับสัดส่วนร่างกาย ซึ่งตัวแปรอิสระ ความสูงขณะยืน (H) ดังตาราง 8

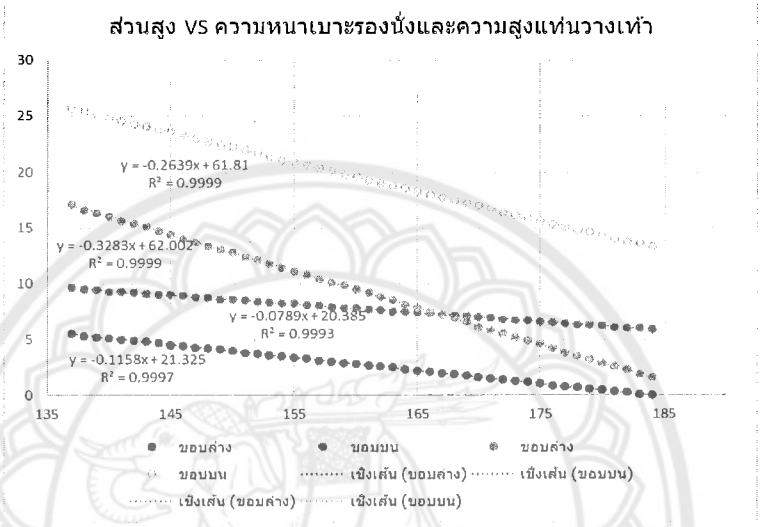
ตาราง 8 สมการความสัมพันธ์สัดส่วนท่านั่งจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

สัดส่วน	สมการความสัมพันธ์	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงบ่า (SHS)	SHS = 0.3263H + 3.4187	0.7242
ความสูงของขาพับด้านใน (PH)	PH = 0.2136H + 5.3084	0.7093
ความสูงของพื้นที่นั่งถึงศอก (EHS)	EHS = 0.079H + 9.5929	0.7232

การกำหนดขนาดโดยใช้ข้อมูลส่วนสูงจากกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตในการ กำหนดขนาดแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อให้ครอบคลุมสัดส่วนร่างกายของนักเรียน อายุ 13-18 ปี ได้ทั่วประเทศ พบว่า ในอายุ 13 ปี ที่ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ความสูงของเพศชายและเพศหญิง คือ 137 และ 140 เซนติเมตร ตามลำดับ และที่ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ความสูงของเพศชายและเพศหญิง คือ 181 และ 168 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น ใช้ส่วนสูงของเพศชายในการดำเนินงาน คือ ส่วนสูงระหว่าง 137-181 เซนติเมตร

วิธีการกำหนดขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งตามความสูง นำส่วนสูงระหว่าง 137-181 เซนติเมตรมาแปลงเป็นค่าสัดส่วนโดยใช้สมการพยากรณ์ ดังตาราง 8 จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่ได้มากำหนดขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสม โดยใช้สมการตรวจสอบความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ ดังสมการ ที่ 4.4 และ 4.5 นำขนาดโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายไปหา

ผลต่างกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ได้ความหนาของเบาะรองนั่งจากผลต่างของเก้าอี้ และความสูงของแท่นวางเท้าจากผลต่างของความสูงจากพื้นที่นั่งจนถึงโต๊ะบวกเพิ่มกับขนาดของเบาะรองนั่ง แสดงความสัมพันธ์ ดังภาพ 10

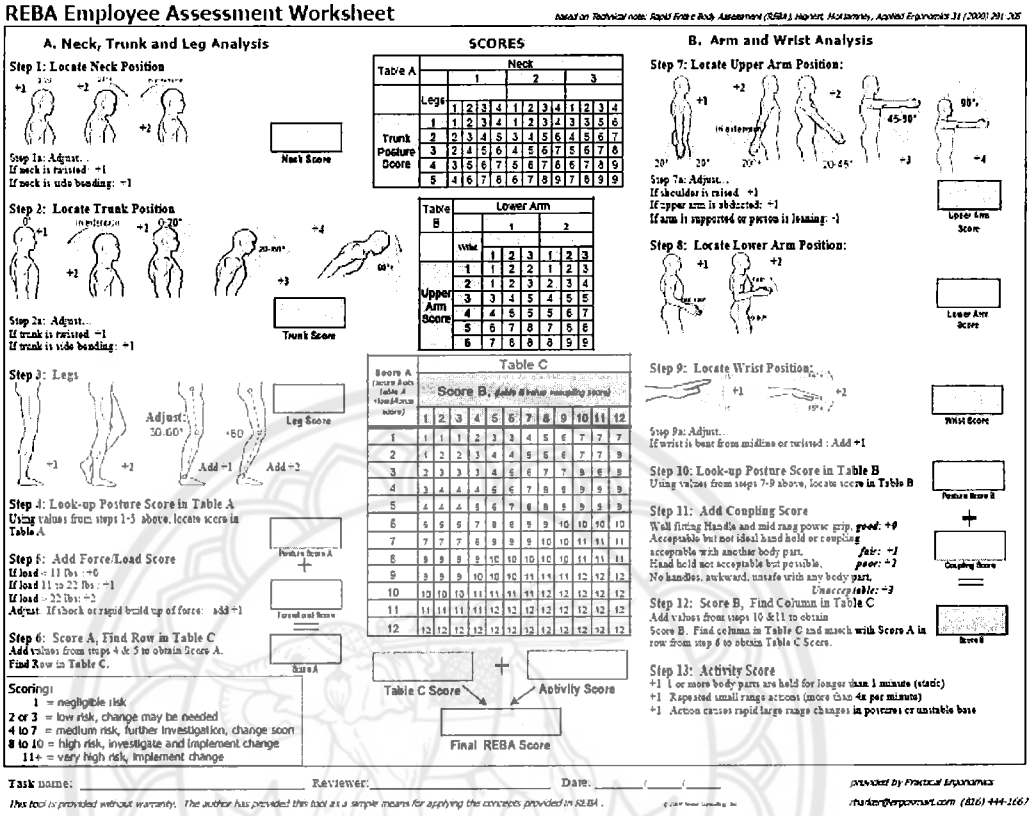


ภาพ 10 กราฟสมการความสัมพันธ์ความสูงกับอุปกรณ์เสริม

จากภาพ 10 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลมีการเรียงตัวอยู่ในแนวเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่ง

4.12 รูปแบบการประเมินท่าทางในการนั่งเขียนหนังสือ

การถ่ายภาพนิ่งด้านข้างของกลุ่มตัวอย่างขณะนั่งเขียนหนังสือ เพื่อทำการประเมินความเสี่ยงจากการนั่งเรียนด้วยวิธี REBA จากการนั่งโต๊ะและเก้าอี้ทั้งหมด 4 แบบ คือ ขณะนั่งเรียนโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ที่ไม่มีอุปกรณ์เสริม และกรณีมีอุปกรณ์เสริม 1 ขนาด กรณีมีอุปกรณ์เสริม 2 ขนาด และกรณีมีอุปกรณ์เสริม 3 ขนาด จากนั้นประเมินความเสี่ยงตามรูปแบบการประเมิน REBA ดังภาพ 11



ภาพ 11 ตัวอย่างแบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA

ที่มา : (Hignett & McAtamney, 2000)

4.13 ผลจากการทำแบบประเมินการนั่งโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6

ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบสอบถามความเมื่อยล้า การประเมินพฤติกรรมการนั่ง และแบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA เพื่อนำไปเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากอสมการกับผลที่ได้จากแบบสอบถามและแบบประเมิน และเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุง โดยมีท่าทางในการนั่งโต๊ะและเก้าอี้ที่มีอุปกรณ์เสริม คือ แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง เพื่อปรับเปลี่ยนท่าทางในการนั่งเรียนและลดโอกาสการเกิดอาการปวดเมื่อยจากการนั่งเรียน โดยนำขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่ได้จากการวัดขนาดจริง 1-3 ขนาด มาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6 คน แบ่งเป็นเพศหญิงจำนวน 4 คน และเพศชายจำนวน 2 คน ทำการวัดสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง โดยนำส่วนสูงของแต่ละคนแทนลงในสมการความสัมพันธ์ส่วนสูงกับขอบ

บนและขอบล่างของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง เพื่อเปรียบเทียบว่าขนาดของอุปกรณ์เสริมที่แนะนำจากการวัดขนาดจริงอยู่ในช่วงที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ ซึ่งโต๊ะ (DH) ที่นำมาทดสอบมีความสูง 76.5 เซนติเมตร และเก้าอี้ (SH) มีความสูง 45.5 เซนติเมตร ได้ผล ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1 เพศหญิง ส่วนสูง 150 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 13.3 ถึง 22.8 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 5 ถึง 9.6 เซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 2 เพศหญิง ส่วนสูง 157 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 10.9 ถึง 20.9 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 4.1 ถึง 9 เซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 3 เพศหญิง ส่วนสูง 160 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 10 ถึง 20.1 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 3.8 ถึง 8.8 เซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 4 เพศหญิง ส่วนสูง 166 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 8 ถึง 18.5 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 3.1 ถึง 8.3 เซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 5 เพศชาย ส่วนสูง 168 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 7.4 ถึง 17.9 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 2.9 ถึง 8.1 เซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างคนที่ 6 เพศชาย ส่วนสูง 178 เซนติเมตร มีช่วงขนาดความสูงของแท่นวางเท้า คือ 4 ถึง 15.3 เซนติเมตร และความหนาของเบาะรองนั่ง คือ 1.7 ถึง 7.3 เซนติเมตร

ผลการประเมินท่าทางในการนั่งเขียนหนังสือด้วยวิธี REBA จากการใช้โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงโดยใช้อุปกรณ์เสริม 1-3 ขนาด จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6 คน สามารถสรุปคะแนนความเสี่ยงรวม ดังตาราง 9

ตาราง 9 สรุปผลคะแนนความเสี่ยงรวมของการนั่งเรียนในวิธี REBA

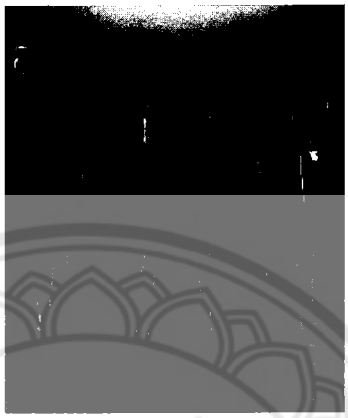
คนที่	ส่วนสูง (ซม.)	คะแนนความเสี่ยงรวม			
		ไม่มีอุปกรณ์เสริม	อุปกรณ์เสริม 1 ขนาด	อุปกรณ์เสริม 2 ขนาด	อุปกรณ์เสริม 3 ขนาด
1	150	6	2	3	3
2	157	7	2	3	2
3	160	6	2	2	2
4	166	3	2	2	2
5	168	5	3	3	2
6	178	2	ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม		

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า หลังจากใช้อุปกรณ์เสริมแล้วกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1-5 มีคะแนนความเสี่ยงลดลงหลังจากปรับปรุง ส่วนคนที่ 6 มีคะแนนความเสี่ยงเพิ่มขึ้นหลังจากปรับปรุง แสดงว่ามีสัดส่วนที่เหมาะสมกับโต๊ะและเก้าอี้ที่นำมาทดลองแล้ว ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม ดังนั้น การทดลองใช้อุปกรณ์เสริมสำหรับงานวิจัยนี้ ทำให้คะแนนการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA (Rapid Entire Body Assessment) ท่าทางขณะนั่งเขียนหนังสือหลังปรับปรุงดีกว่าก่อนปรับปรุง สำหรับคนที่ตัวเล็กที่ไม่เหมาะกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6

4.14 ผลการสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

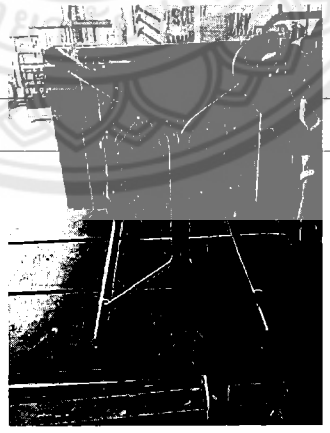
ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ ดัดแปลงมาจากโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ซึ่งเป็นขนาดที่นักเรียนระดับมัธยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีการใช้น็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมในการปรับช่วงความสูงต่ำโดยน็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมมีทั้งหมด 8 ชุด ราคาต้นทุนไม่เกิน 200 บาท ทำให้สามารถปรับช่วง

ระดับความสูงต่ำของโต๊ะและเก้าอี้ให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ทำให้สามารถนั่งได้อย่างถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ แสดงดังภาพ 12



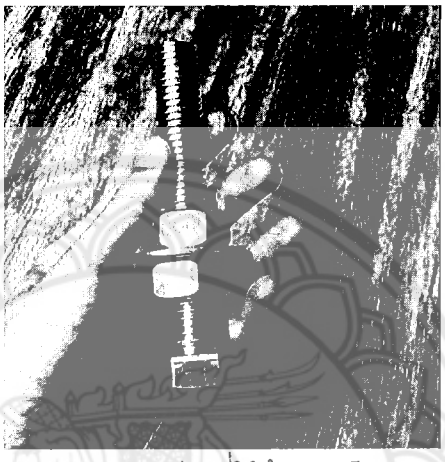
ภาพ 12 ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

ด้านความแข็งแรงของตัวต้นแบบ กลุ่มตัวอย่างสามารถทดลองใช้โต๊ะเก้าอี้แบบปรับระดับได้ ถึงแม้ว่าหลังตัดขาจะไม่ใส่ที่โค้งด้านล่างกลับเข้ามาเหมือนเดิม แต่โต๊ะเก้าอี้ยังแข็งแรงอยู่ และขาโต๊ะเก้าอี้จะไม่งอเข้าด้านใน เนื่องจากใต้โต๊ะและเก้าอี้มีน็อตที่ใช้ยึดโครงขาเหล็กหลายจุด ดังภาพ 13



ภาพ 13 น็อตติดที่โครงขาเหล็กหลายจุด

น็อตที่ใช้ในการเพิ่มขาต่อเพื่อปรับช่วงสูงต่ำของโต๊ะเก้าอี้ และยึดขาเหล็กเป็นเหล็กตัน โดยใช้น็อต $\frac{3}{4}$ นิ้ว (6 หุน) เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร (ไม่รวมหัว) ซึ่งจะแข็งแรงกว่าเหล็กกลวงที่เป็นขาตั้งของโต๊ะเก้าอี้แบบเดิม ดังภาพ 14



ภาพ 14 น็อตที่ใช้ยึดขาเหล็ก

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน เพื่อกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ดังต่อไปนี้

5.1 ขนาดโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทยจะใช้โต๊ะและเก้าอี้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ดังนั้น โต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในระดับมัธยมศึกษาจึงเป็นโต๊ะและเก้าอี้ขนาดที่ 6 เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบความเหมาะสมรวมทั้งหมด จะเห็นได้ว่า ร้อยละความเหมาะสมต่ำมาก หรือไม่มีสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 เพื่อให้โต๊ะและเก้าอี้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้า 1-3 ขนาด และขนาดของเบาะรองนั่งโดยมีความหนาขนาดเดียว

5.2 ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ที่แนะนำ

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา เนื่องจากผลการตรวจสอบความเหมาะสมโดยกำหนดให้ใช้ขนาดใหญ่ที่สุด (โต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6) พบว่า โต๊ะและเก้าอี้มีขนาดไม่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงขอแนะนำการใช้อุปกรณ์เสริมข้างต้น จะใช้การตรวจสอบความเหมาะสมขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ 3 วิธี ได้แก่ ตรวจสอบตามขนาดที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี (ข้อมูลตามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ตรวจสอบตามขนาดที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีที่แนะนำใหม่ (นำมาปัดตัวเลข) และตรวจสอบตามขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ขนาดจริง โดยจะนำขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาดของทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกัน

การกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาด โดยใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตในการกำหนดขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง เนื่องจากผลการตรวจสอบมีร้อยละความเหมาะสมรวมทั้งหมดค่อนข้างสูง เพื่อให้โต๊ะและเก้าอี้นักเรียนมีร้อยละความเหมาะสมรวมเพิ่มมากขึ้น สามารถสรุปผลการกำหนดขนาดและผลการตรวจสอบความเหมาะสมรวม ดังตาราง 5.1

ตาราง 10 ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง 1-4 ขนาดโดยใช้ข้อมูลขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่แนะนำโดยวิธีกราฟมาตรฐานการเจริญเติบโตโดยวิธีทดสอบแบบต่าง ๆ

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ขนาดที่	ความสูงแท่นวางเท้า	ความสูงเบาะรองนั่ง	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด
ใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่คำนวณจากอสมการ	1 ขนาด	1	14.8	5.4	786 (95.62%)
	2 ขนาด	1	18.1	6.5	812 (98.78%)
		2	11.6	4.3	
	3 ขนาด	1	19.2	6.8	821 (99.88%)
		2	14.8	5.4	
		3	10.5	4	
	4 ขนาด	1	19.7	7	822 (100%)
		2	16.4	5.9	
		3	13.2	4.9	
		4	10	3.8	
ใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่ (ปัดตัวเลข)	1 ขนาด	1	15	5.5	791 (96.23%)
	2 ขนาด	1	18	6.5	812 (98.78%)
		2	11.5	4.5	

ตาราง 10 (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การแบ่งขนาด	ขนาดที่	ความสูงแท่นวางเท้า	ความสูงเบาะรองนั่ง	ความเหมาะสมรวมทั้งหมด
ใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่ (ปัดตัวเลข)	3 ขนาด	1	19	7	820 (99.76%)
		2	15	5.5	
		3	10.5	4	
	4 ขนาด	1	19.5	7	822 (100%)
		2	16.5	6	
		3	13	5	
		4	10	4	
ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งตามวิธีการตรวจสอบขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ขนาดจริง	1 ขนาด	1	15	5	699 (85.04%)
	2 ขนาด	1	18	7.5	810 (98.54%)
		2	11.5	5	
	3 ขนาด	1	19	7.5	808 (98.30%)
		2	15	5	
		3	10.5	5	
	4 ขนาด	1	19.5	7.5	806 (98.05%)
		2	16.5	5	
		3	13	5	
		4	10	5	

ตาราง 10 แสดงให้เห็นว่า ตรวจสอบความเหมาะสมโดยใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่ได้คำนวณจากอสมการและขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลข จะเห็นได้ว่ามีร้อยละ

ความเหมาะสมรวมต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงเลือกใช้ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลขที่นำมาใช้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ของการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และความเหมาะสมรวมทั้งหมดของการกำหนดขนาดเพียง 1-2 ขนาด โดยวิธีใช้ข้อมูลขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลขค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 96.23 และร้อยละ 98.78 ตามลำดับ และขนาดของอุปกรณ์เสริม 1-2 ขนาด ถือว่าเพียงพอแล้วสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

งานวิจัยนี้จึงขอแนะนำขนาดของอุปกรณ์เสริมสำหรับโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คือ ใช้ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งขนาดที่แนะนำใหม่จากการปัดตัวเลข 1-2 ขนาด ได้แก่ ขนาดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่ง ของการแบ่งขนาด 1 ขนาด คือ 18 เซนติเมตร และ 6.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และการแบ่งขนาด 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดที่ 1 คือ 18 และ 6.5 เซนติเมตร และขนาดที่ 2 คือ 11.5 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่ได้จากการทดลองนั่งจริงทำให้สามารถกำหนดขนาดความหนาของเบาะรองนั่งซ้อนกันหลายใบให้ได้ขนาดตามที่แนะนำ นอกจากนี้ยังนำเสนอการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น เพื่อกำหนดความสูงของแท่นวางเท้าและความหนาของเบาะรองนั่งตามความสูงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

5.3 การสร้างตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ให้เป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้ ดัดแปลงมาจากโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6 ซึ่งเป็นขนาดที่นักเรียนระดับมัธยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีการใช้น็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมในการปรับช่วงความสูงต่ำ โดยน็อตและสกรูหัวหกเหลี่ยมมีทั้งหมด 8 ชุด ราคาต้นทุนไม่เกิน 200 บาท ทำให้สามารถปรับช่วงระดับความสูงต่ำของโต๊ะและเก้าอี้ให้เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักเรียน ทำให้สามารถนั่งได้อย่างถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ตัวต้นแบบโต๊ะและเก้าอี้ที่ปรับระดับได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 จากผลการหาขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง เพื่อนำไปใช้เป็นอุปกรณ์เสริมให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษานั่งได้ตามหลักการยศาสตร์เพิ่มขึ้น เพราะขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ในปัจจุบันไม่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียน เนื่องจากการนั่งเรียนต้องนั่งวันละ 6-8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพในการเรียน และอาจส่งผลต่อระบบกระดูกและระบบกล้ามเนื้อได้

5.4.2 ขนาดของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่แนะนำในงานวิจัยนี้ สามารถนำวัสดุเหลือใช้ หรือวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่แนะนำมาใช้แทนได้ เพื่อให้นักเรียนสามารถนั่งโต๊ะและเก้าอี้ได้เหมาะสมมากขึ้น

5.4.3 การปรับเปลี่ยนโต๊ะและเก้าอี้ทั้งหมดทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงควรมีแนวทางในการปรับปรุงด้วยการนำเอาอุปกรณ์เสริม คือ แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งมาใช้

5.4.4 การใช้แท่นวางเท้าและเบาะรองนั่ง ควรเลือกใช้ขนาดที่เหมาะสมกับสัดส่วนของแต่ละคน เพื่อให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุด และยังสามารถเปลี่ยนอิริยาบถได้ตลอด ในการนั่งเรียน

5.4.5 กรณีที่ไม่สามารถหาอุปกรณ์เสริมที่มีขนาดเท่ากับขนาดที่แนะนำ สามารถหาอุปกรณ์ที่มีขนาดอยู่ในช่วงที่แนะนำแทนได้

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). **การวิเคราห์ข้อมูลหลายตัวแปร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี 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). **การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาปาล์มน้ำมันโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีฟังก์ชันพหุนามและโครงข่ายประสาทเทียม.** ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

จรัณ ภาสุระ. (2540). **การยศาสตร์** (Ergonomics) **ศาสตร์เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวัน.** 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 และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับการเลือกตัวแทนที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 21(2), 78-95.

ธนาวุฒิ ประกอบผล. (2554). การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการถดถอยพหุคูณจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. วาร**สารมฉก.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. วารสารวิทยา**ลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี**, 16(1),18-27.

พยุง มีสัจ. (2555). **ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี. (2555). การออกแบบโต๊ะเรียนให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อลดความเมื่อยบ้ากล้ามเนื้อ. ใน **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 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 แสงช้าย. (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 **ประชุมวิชาการระดับชาติ**

ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ 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.

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

Songklanakarin J. Sci. Technol.
41 (1), 89-95, Jan. – Feb. 2019

SJST
http://www.sjst.psu.ac.th

Original Article

School furniture ergonomic assessment via simplified measurements and regression models

Thidarat Wutthisrisatienkul and Sutanit Puttapanom*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Naresuan University, Mueang, Phitsanulok, 65000 Thailand

Received: 29 March 2016; Revised: 23 August 2017; Accepted: 2 October 2017

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 in both the 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 the relevant anthropometric values. The models were used to examine possible incompatibility between student body dimensions and the dimensions of school furniture. The results obtained by the proposed method were confirmed by repeating the furniture assessment using actual anthropometry data from the population which yielded 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. In particular, the high degree of competition for entry to reputed schools forces many students in Thailand to take extra classes and as a result it increases the time spent in the classroom. If an education institute provides inappropriate desks and chairs that are not the correct sizes for students who spend a long time in the classroom each day, the students may suffer from body pains such as neck, lower back, shoulder, or head pains (Milanese & Grimmer, 2004; Murphy *et al.*, 2004). As a result of such discomfort, students may move frequently while sitting which results 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 & 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 (Klamklay *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2004; Sampei *et al.*, 2003; Widyanti *et al.*, 2015; Yap *et al.*, 2001). Thus, an assessment of school furniture relative to the student population can help determine the suitability of the furniture and ultimately help prevent short- and long-term body pain.

However, a comprehensive anthropometric assessment is complicated, time-consuming, and possibly expensive for any substantial population. Additionally, the measurement tools will directly touch the bodies of the students in the measurement process, raising privacy and health concerns which can be amplified for young Thai people. Consequently, the dimensions of suitable desks and chairs 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 the weights and heights of the students to predict six sitting posture values that may be used to assess desk and chair sizes.

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

1.1 Mismatch between school furniture and the anthropometry of students

Past research found that most furniture used in the classroom did not fit the bodies of students (Castellucci *et al.*, 2010; Evans *et al.*, 1988; Gouvali & Boudolos, 2006; Panagio topoulou *et al.*, 2004; Parcells *et al.*, 1999). 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 were found to be the main cause of low back pain (Troussier *et al.*, 1994). School furniture plays a very important role in the maintenance of good sitting posture. Moreover, bad sitting habits that develop 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 & 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, the Thai Industrial Standards Institute (TISI) for desks and chairs for educational institutions (TISI 1494-1495).

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

2. Materials and Methods

2.1 Anthropometric measurements

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

All anthropometric measurements were taken with the students wearing the student uniform 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 on an adjustable footrest. The measurement procedure was developed from the recommendations of Pheasant and Haslegrave (2005). Accuracy and repeatability of the measurements were achieved by practice prior to the data collection sessions. The following anthropometric measurements were considered and collected in this study (Figure 1).

Standing measurement

1. Stature (S): The vertical distance from the floor to the top of the head, measured by 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 a 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.

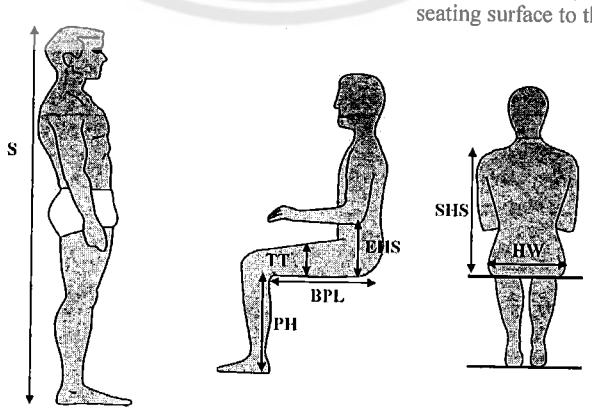


Figure 1. Anthropometric measurements.

2.2 Criteria equations for mismatch of school furniture

School furniture dimensions can be assessed by considering their degree of mismatch between the information of the student's body and the furniture measurements. 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 (Figure 2).

Castellucci *et al.* (2014) reviewed 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 PH (Parcells *et al.*, 1999). Gouvali and Boudolos (2006) have further proposed that the seat height needs to be lower than popliteal height to allow the lower legs to form angles of 5°-30° vertically. Because wearing shoes enhances height to popliteal while sitting, the shoe correction (SC) was added to the match criteria as described in Equation 1.

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

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 EHS. Occhipinti *et al.* (1985) showed that having arms on the desk significantly reduces the burden on the spine. Parcells *et al.* (1999) additionally proposed that the minimum 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 SHS.

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

Seat depth (SD) should be correlated with 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 much 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.

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

SW should be larger than 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.

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

The 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) suggested that the bottom and the top levels of the scapula are estimated right around 60%-80% of SHS. This match interval is shown in Equation 5.

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

UDH should be high enough to allow space for leg movement once the chair is pushed under the desk. Thus, Castellucci *et al.* (2010) suggested that UDH should be greater than TT by at least 2 centimeters. The match interval is presented in Equation 6.

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

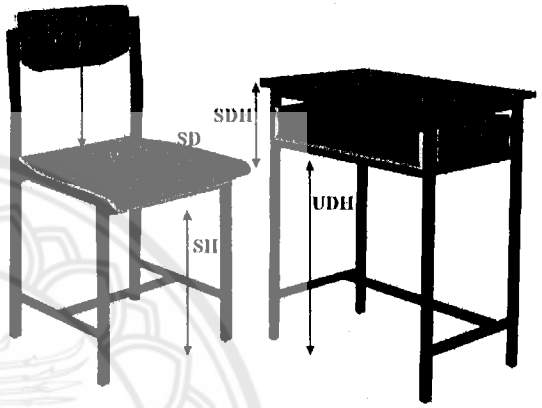


Figure 2. School furniture dimensions; UEB=upper edge of backrest; SW=seat width: SD=seat depth; SH=seat height; SDH=seat to desk height; UDH=underneath desk height.

2.3 Data sample and analysis

The sample included 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 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 20 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 were 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 student volunteers of this study attended a school which used the desk and 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).

2.4 Statistical analysis

The 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 measurements 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 the mean and standard deviation. After that the developed models were used to assess unsuitability between the student anthropometric data and school furniture as seen in Equations 1 through 6.

3. Results and Discussion

3.1 Anthropometry distribution

The results of the investigation of the distribution anthropometry found that all sitting anthropometry dimensions were normally distributed using the Shapiro-Wilk test. The significant levels are presented in Table 1 which shows that all sitting anthropometric measurements had significant values more than 0.05. Thus, the data are normal distributed.

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

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

PH=popliteal height; BPL=buttock-popliteal length; HW=hip width; SHS=shoulder height sitting; EHS=elbow height sitting; TT=thigh thickness.

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 20 students, the predictive models were obtained as shown in Equations 7 through 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 were 92.7% and 92.4%, respectively. Overall, the values of R^2adj for the rest of the predictive models were very good because the values were higher than 80% and the variances were low (Table 2). Thus, they were good equations to predict sitting anthropometric measurements (Table 3).

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

Sitting anthropometric measurements	S	R^2(adj)
PH	0.665	0.924
BPL	0.642	0.911
HW	0.532	0.881
SHS	0.923	0.927
EHS	0.477	0.910
TT	0.731	0.803

PH=popliteal height; BPL=buttock-popliteal length; HW=hip width; SHS=shoulder height sitting; EHS=elbow height sitting; TT=thigh thickness.

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

Variable	Predicted		Actual	
	Mean	SD	Mean	SD
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

SD=standard deviation; PH=popliteal height; BPL=buttock-popliteal length; HW=hip width; SHS=shoulder height sitting; EHS=elbow height sitting; TT=thigh thickness.

3.3 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. All sitting anthropometric measurements had insignificant differences between the predicted and actual values (Table 4).

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

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

PH=popliteal height; BPL=buttock-popliteal length; HW=hip width; SHS=shoulder height sitting; EHS=elbow height sitting; TT=thigh thickness.

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.

A comparison of the two sets of assessments revealed a strong correlation between the 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 SH and 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. Those assessment results were consistent with results obtained using data from the full student population. In particular, both assessments found that the TISI Size 6 furniture was mismatched to the student population in the critical dimensions of 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 UEB dimension which is not a critical dimension for student health and comfort.

The proposed method focused on furniture assessment and not on the related task of selecting appropriately sized furniture for a given population which is a problem that was previously treated (Wutthisrisatienkul & 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, ethnicity, sex, age, and geography. The developed models can be used when the mean of height and weight are not 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.

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

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%)

TISI=Thai Industrial Standards Institute; SH=seat height; SDH=seat to desk height; SD=seat depth; SW=seat width; UEB=upper edge of backrest; UDH=underneath desk height.

Acknowledgements

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

Hänninen, O., & 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*, 24-29.

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

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

Knight, G., & 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., & 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., & Akerstedt, K. (1994). The effects of ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour. *Applied Ergonomics, 25*(5), 299-304.

Milanese, S., & 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., & 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. Chihester, England: John Wiley and Sons.

Oyewole, S. A., Haight, J. M., & 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., & Mandroukas, K. (2004). Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. *Applied Ergonomics, 35*(2), 121-128.

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

Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2005). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work.* Boca Raton, FL: CRC Press.

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

Sampei, M. A., Novo, N. F., Juliano, Y., Colugnati, F. A. B., & 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., & 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., & 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., & 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., & Puttapanom, S. (2017). Selection ergonomically-sized school desk and chair base on predictive models. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities and Social Sciences, 18*(1), 83-92.

Yap, W. S., Chan, C. C., Chan, S. P., & 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.

Appendix

Equations of average and standard deviation

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

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

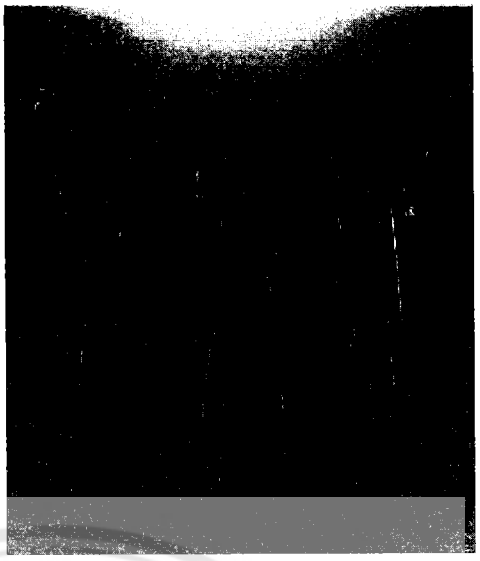
Where X_i is the sitting anthropometric measurements

$\bar{X}$ is mean of X_i

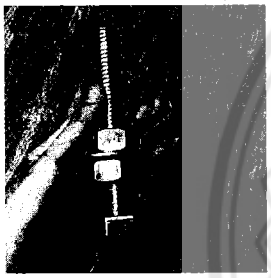
SD is standard deviation of X_i

เก้าอี้ปรับระดับได้

ก่อนปรับ



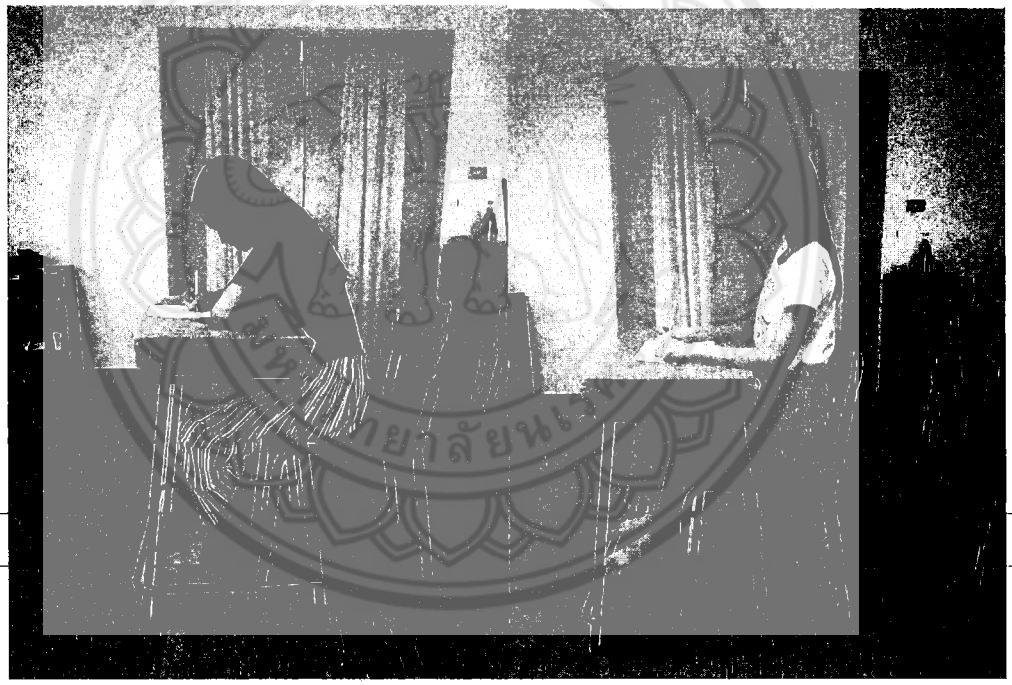
หลังปรับ



น็อตที่ใช้ทำขาเหล็กปรับระดับได้

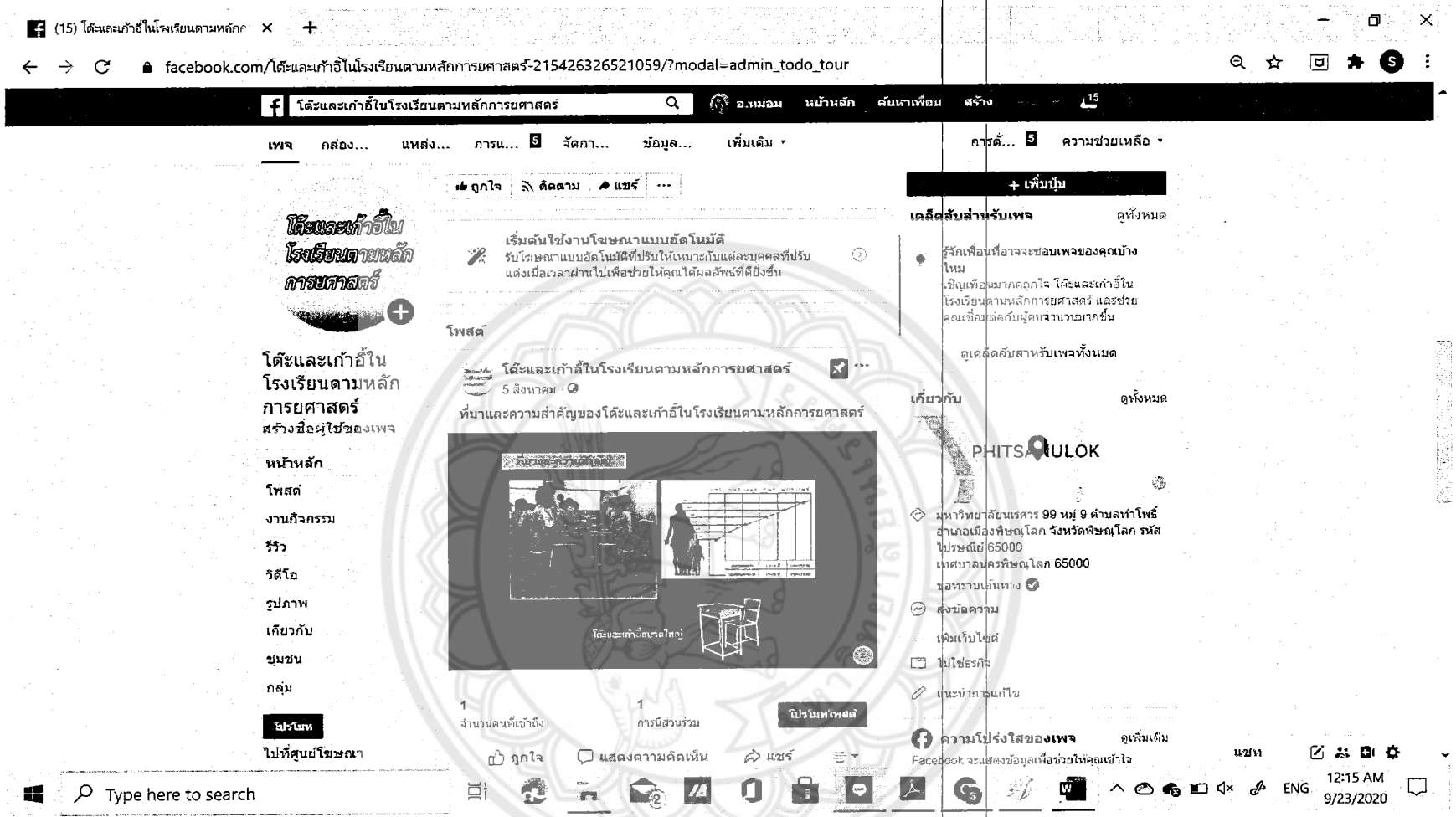
อุปกรณ์เสริม เบาะรองนั่ง และแท่นวางเท้า

ตัวต้นแบบของแท่นวางเท้าและเบาะรองนั่งที่นำมาทดลองกับโต๊ะและเก้าอี้ขนาด 6



ไม่ใช้อุปกรณ์เสริม

ใช้อุปกรณ์เสริม


(15) โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักก
facebook.com/โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์-215426326521059/?modal=admin_todo_tour
โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์
อ.หม่อม
หน้าหลัก
ค้นหาเพื่อน
สร้าง
เพจ
กล่อง...
แหล่ง...
การแ...
จัดกา...
ข้อมูล...
เพิ่มเติม
การตั...
ความช่วยเหลือ
ถูกใจ
ติดตาม
แชร์
โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์
โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์
สร้างชื่อผู้ใช้ของเพจ
หน้าหลัก
โพสต์
งานกิจกรรม
รีวิว
วิดีโอ
รูปภาพ
เกี่ยวกับ
ชุมชน
กลุ่ม
โปรโมท
ไปที่ศูนย์โฆษณา
เริ่มต้นใช้งานโฆษณาแบบอัตโนมัติ
รับโฆษณาแบบอัตโนมัติที่ปรับให้เหมาะกับแต่ละบุคคลที่ปรับแต่งเมื่อเวลาผ่านไปเพื่อช่วยให้คุณได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น
โพสต์
โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์
5 สิงหาคม
ที่มาและความสำคัญของโต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์
โต๊ะและเก้าอี้ขนาดใหญ่
1
จำนวนคนที่เข้าถึง
1
การมีส่วนร่วม
โปรโมทโพสต์
ถูกใจ
แสดงความคิดเห็น
แชร์
+ เพิ่มปุ่ม
เคล็ดลับสำหรับเพจ
ดูทั้งหมด
รู้จักเพื่อนที่อาจจะชอบเพจของคุณบ้างไหม
เชิญเพื่อนมากดถูกใจ โต๊ะและเก้าอี้ในโรงเรียนตามหลักการยศาสตร์ และช่วยคุณเชื่อมต่อกับผู้คนจากวงกว้างขึ้น
ดูเคล็ดลับสำหรับเพจทั้งหมด
เกี่ยวกับ
ดูทั้งหมด
PHITSANULOK
มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
เทศบาลนครพิษณุโลก 65000
ขอหรายเส้นทาง
ส่งข้อความ
เพิ่มเว็บไซต์
ไม่ใช่ธุรกิจ
แนะนำการแก้ไข
ความโปร่งใสของเพจ
ดูเพิ่มเติม
Facebook จะแสดงข้อมูลเพื่อช่วยให้คุณเข้าใจ
แชท
Type here to search
ENG
12:15 AM
9/23/2020