สัญญาเลขที่ R2562B015

สำนักหอสมุด

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

อภินันทนาการ

การออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนตามหลักการยศาสตร์เพื่อส่งเสริมสุขภาพของนักศึกษาผู้ใช้งาน

Ergonomic Design of Chairs with Mounted Desktop to Promote User Health

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สังกัด

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 3 มี.ค. 2565
เลขทะเบียน 1049798
เลขเรียกหนังสือ ว NK 2266 ส792ร 2562

สนับสนุนโดย

งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ 2562

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนหรือที่ทั่วไปเรียกกันว่าเก้าอี้เลคเชอร์ (Chairs with Mounted Desktop) ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นสถานศึกษาต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในประเทศ เนื่องด้วย เก้าอี้ชนิดนี้มีลักษณะเด่นที่ใช้พื้นที่น้อย ราคาไม่สูง และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย แต่การออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนโดยคำนึงถึงหลักการยศาสตร์นั้นยังมีน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ จึงส่งผลเสียต่อผู้ใช้งานหากต้องนั่งเป็นเวลานาน เพราะการนั่งบนเก้าอี้ที่ทำให้อยู่ในท่านั่งที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ ของร่างกาย ความไม่สะดวกสบายในการเคลื่อนไหว และผลกระทบเหล่านี้เป็นปัญหาสำคัญในการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา และส่งผลกระทบในด้านสุขภาพอาจนำไปสู่ความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders : MSDs (Corlett, 1999; Lis et al., 2007) ในอนาคต ดังนั้น การออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการนั่งที่เหมาะสม โดยต้องคำนึงว่าควรออกแบบอย่างไรเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวกสบายในการนั่งใช้งาน และขนาดต่าง ๆในการออกแบบจะต้องมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายผู้ใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ต้องอาศัยหลักการทางการยศาสตร์ เข้ามาช่วยในการพิจารณาการออกแบบเพื่อให้เกิดการนั่งทำงานในลักษณะที่นั่งหลังตรงติดกับพนักพิง ในขณะที่ต้นขาหรือขาท่อนบนวางขนานกับพื้นที่นั่ง ส่วนขาท่อนล่างจะต้องวางตั้งฉากกับพื้น และเท้าวางชิดติดกับพื้นได้พอดี ถึงจะเป็นลักษณะที่ถูกต้องเพื่อรองรับท่านั่งที่ดีและเกิดความเหมาะสมที่สุด

นักวิจัยหลาย ๆ คนได้นำหลักการยศาสตร์มาใช้ในการกำหนดหลักเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ และประเมินความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้กับขนาดสัดส่วนร่างกายในรูปแบบของอสมการความไม่เหมาะสม (Mismatch) (Castellucci et al., 2010; Chaffin, 2006; Gouvali and Boudolos, 2006; Panagiotopoulou et al., 2004; Parcells et al., 1999) แต่เนื่องจากคุณลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนและโต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆไป ที่มีความแตกต่างกัน เช่น แผ่นรองเขียนกับตัวเก้าอี้ที่มีการยึดติดกันอยู่จึงไม่สามารถที่จะเลื่อนหรือปรับเข้า-ออกได้ ดังนั้น หลักเกณฑ์ในบางมิติขนาด ยังไม่ได้ถูกกำหนดขึ้นมา เช่น ระยะจากแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง ความยาวของแผ่นรองเขียน เป็นต้น

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จะทำการนำเสนอการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษามหาวิทยาลัยไทย ตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งวิธีการกำหนดขนาดแบบใหม่นี้จะส่งผลให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักศึกษามากกว่าวิธีเดิม ๆ ที่ผ่านมา และจะทำการนำเสนอการกำหนดหลักเกณฑ์ในมิติขนาดที่ยังไม่มี พร้อมทั้งนำเสนอคุณลักษณะเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. กำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่เหมาะสมกับนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยของประเทศไทย

2. กำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน 2 ขนาด (ขนาดเล็กและขนาดใหญ่)

3. กำหนดคุณลักษณะเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

4. กำหนดหลักเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนและสัดส่วนผู้ใช้งาน

การดำเนินงาน

การดำเนินเริ่มด้วยการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เพราะเนื่องจากต้องไปเก็บข้อมูล ณ. สถานศึกษาระดับอุดมศึกษาต่างๆ จากนั้นจึงเริ่มเก็บข้อมูลวัดสัดส่วน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย 2 แห่งในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยเก็บข้อมูลจำนวน 402 คน หลังจากรวบรวมข้อมูลข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ทำการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างจากเกณฑ์ในการคัดออกของกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมตามที่กำหนดไว้ จำนวน 402 คน

2. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาทั้งข้อมูลของแบบสอบถามและข้อมูลที่ได้จากการวัดสัดส่วนร่างกาย ด้วยโปรแกรม Minitab เพราะจะช่วยอธิบายลักษณะของข้อมูลที่ได้มาชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีและมีความเหมาะสมต่อการตรวจสอบมากที่สุด

3. วิเคราะห์หาความสอดคล้องของผลจากอสมการที่มีอยู่โดยการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการวัดและผลที่ได้จากแบบสอบถาม เพื่อทำการตรวจสอบว่าอสมการใดที่สามารถนำมาใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์อสมการและผลของความสอดคล้อง

4. ทำการปรับปรุง แก้ไข อสมการที่มีผลของความไม่สอดคล้องด้วยหลักที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ และเพิ่มข้อกำหนดหรืออสมการสำหรับขนาดบางขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรอง

เขียนที่ควรจะต้องพิจารณา โดยสร้างหลักเกณฑ์ที่เป็นอสมการที่มีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

5. ทำการวิเคราะห์หาความสอดคล้องอีกครั้ง (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดลดลงกว่าเดิม เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าชุดอสมการที่ผ่านการตรวจสอบรวมถึงอสมการความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา สามารถที่จะนำไปใช้ประเมินความไม่เหมาะระหว่างสัดส่วนร่างกายของกลุ่มนักศึกษาต่าง ๆ กับขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในลักษณะใดก็ได้

6. นำหลักการจากอสมการที่ผ่านการตรวจสอบและที่สร้างหรือปรับปรุง มาใช้ในการกำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เพื่อให้มีความเหมาะสมกับนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้วิธี วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse) ครอบคลุมแผนภาพการกระจายของข้อมูล (Scatter Plot) ของความสัมพันธ์ 2 ตัวแปร โดยกำหนดวงรีล้อมรอบร้อยละ 90 ของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างที่อยู่ภายในวงรี โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ใกล้เส้นรอบวงรีนี้ เนื่องจากว่ากลุ่มตัวอย่างเหล่านี้เมื่อถูกเลือกนำมาพิจารณาในการออกแบบ ถ้าทำการตรวจสอบผลที่ได้มีความเหมาะสมแล้วแสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่อยู่ในวงรีก็จะให้ผลของความเหมาะสมด้วยเช่นกัน ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้จะเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดีและสามารถครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างของประชากรส่วนใหญ่ได้

ผลการวิจัย

สรุปกฎเกณฑ์หรือหลักการทั้งหมดที่นำมาใช้พิจารณาในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละขนาด ดังในตาราง

Dimensions	Anthropometric Measurements	Design Dimensions	Determinants	Match Total (%)
ความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	-ความสูงข้อศอกนั่ง -ความสูงไหล่นั่ง -ความสูงตานั่ง	28.20	- Bi-Variance Error Ellipse - อสมการที่นำเสนอ	29.85
ความสูงของเก้าอี้	-ความสูงขาพับ	41.00	- Bi-Variance Error Ellipse - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม(SC = 2)	
ความลึกของเก้าอี้	-ความยาวสะโพก-ขาพับ	38.47	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความกว้างของเก้าอี้	-ความกว้างสะโพก	46.20	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95	

Dimensions	Anthropometric Measurements	Design Dimensions	Determinants	Match Total (%)
			- อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความสูงของพนักพิง	-ความสูงไหล่นั่ง	37.92	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความยาวของแผ่นรองเขียน	-ความยาวแขนท่อนบน -ความยาวแขนท่อนล่าง	60.43	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 - อสมการที่นำเสนอ	
ระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง	-ความหนาเอว	26.50	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - หลักการที่นำเสนอ	
ความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน	-ความหนาเอว	10.00	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - หลักการที่นำเสนอ	

บทสรุป

จากการศึกษาในงานวิจัยพบว่า ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับนักศึกษาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของความเมื่อยล้าเมื่อเกิดการนั่งใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่เป็นระยะเวลานาน ซึ่งจากการทำการตรวจสอบในงานวิจัยพบว่า เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่ได้ถูกออกแบบในลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน และเมื่ออสมการที่ปรับปรุงถูกใช้ทดสอบในการประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายของกลุ่มนักศึกษากับขนาดเก้าอี้ที่มีการใช้งานอยู่ พบว่ามีความไม่เหมาะสมที่ยังไม่สามารถยอมรับได้โดยเฉพาะขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนและความสูงของที่นั่ง ดังนั้นจึงใช้วิธี Bi-Variance Error Ellipse เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ ทำการประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับขนาดสัดส่วนร่างกาย เพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมสำหรับนิสิตในระดับมหาวิทยาลัยนเรศวร งานวิจัยนี้ได้เลือกอสมการที่ใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ทั่วๆ ไป มาทำการตรวจสอบเพื่อประยุกต์ใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ผลการศึกษาระบุว่าอสมการที่ใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้สามารถนำมาใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนได้ยกเว้นอสมการความสูงของโต๊ะจากพื้นที่นั่ง (Seat to desk height: SDH) ระยะโฟกัสของสายตาในการอ่านและการเขียนถูกนำมาพิจารณา เพื่อปรับเปลี่ยนอสมการ SDH ให้มีความเหมาะสมกับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

จากการนำอสมการมาใช้ประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่ พบว่า มีจำนวนร้อยละของความไม่เหมาะสมสูงของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน วิธีวงรีความคลาดเคลื่อนสองตัวแปร (Bi-Variance Error Ellipse) และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ถูกนำมาใช้ในการกำหนดขนาดที่เหมาะสมสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ซึ่งให้ขนาดที่เหมาะสมของความสูงที่นั่ง (SH) เท่ากับ 41 เซนติเมตร, ความลึกของที่นั่ง (SD) เท่ากับ 38.47 เซนติเมตร, ความกว้างของที่นั่ง (SD) เท่ากับ 46.20 เซนติเมตร, ความสูงของพนักพิง (UEB) เท่ากับ 37.92 เซนติเมตร และความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง (SDH) เท่ากับ 28.20 เซนติเมตร และผลที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของขนาดความสูงของที่นั่ง, ความลึกของที่นั่ง, ความกว้างของที่นั่ง, ความสูงของพนักพิงและความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง เท่ากับร้อยละ 0.83, 0.84, 0.98, 0.96 และ 0.35 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน การยศาสตร์ มหาวิทยาลัย อสมการความไม่เหมาะสม การวัดสัดส่วนร่างกาย

ABSTRACT

The primary purposes of this research were to investigate the evaluation of the mismatch between the dimensions of chairs with mounted desktop and anthropometric characteristics and also to identify what are the best dimensions for Naresuan University students. The selected criteria equations for evaluating regular school desks and chairs were studied to determine whether or not these equations could be applied to evaluate chairs with mounted desktop. The study results indicated that most criteria equations except Seat to desk height (SDH) equation could be used. The eye focus distance for reading and writing was used to augment SDH to provide an improved equation for evaluation of chairs with mounted desktop.

Application of the criteria equations to students and the existing mounted desktop chairs, showed a high percentage of mismatch in all of the dimensions considered. Then bi-variance error ellipses and percentiles were used to define new dimensions for the chair. The suggested dimensions were Seat height (SH) = 41 cm., Seat depth (SD) = 38.47 cm., Seat width (SW) = 46.20 cm., Upper edge of backrest (UEB) = 37.92 cm. and Seat to desk height (SDH) = 28.20 cm. Evaluation of the suggested dimensions showed a significant increase in the percentages of matches: SH = 83.83%, SD = 84.33%, SW = 98.51%, UEB = 96.02% and SDH = 35.07%.

Keywords: Classroom Furniture, Chairs with Mounted Desktop, Ergonomic, University, Mismatch Equations, Anthropometric Measurements

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
	ขอบเขตของงานวิจัย	2
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการยศาสตร์ (Ergonomics)	4
	หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry)	5
	ประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกาย	7
	เครื่องมือที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer)	9
	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวัดสัดส่วน	11
	หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับท่านั่ง	12
	วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse)	12
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
	งานวิจัยในประเทศไทย	15
	งานวิจัยในต่างประเทศ	15
3	**วิธีดำเนินงานวิจัย**	17
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	17
	เครื่องมือในการวัดสัดส่วนร่างกาย	18
	การวัดสัดส่วนร่างกาย	19
	การวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	21
	การวิเคราะห์ข้อมูล	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	**ผลการวิจัย**	23
	การประเมินความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่แผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่	23
	การกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	25
	การกำหนดขนาดโดยใช้หลักการของอสมการของความไม่เหมาะสม	25
	การกำหนดขนาดความลึกของที่นั่ง	34
	การกำหนดขนาดความกว้างของที่นั่ง	35
	การกำหนดขนาดความสูงของพนักพิง	36
	การกำหนดขนาดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์	38
	การกำหนดขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน	38
	การกำหนดขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง	39
	การกำหนดขนาดความกว้างของแผ่นรองแขน ณ บริเวณที่พักแขน	40
	สรุปการประเมินความเหมาะสมของการกำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	41
	สรุปผลการเปรียบเทียบขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบ	42
	สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	46
5	**บทสรุป**	47
	สรุปผลการวิจัย	47
	นำเสนออสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	47
	การกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	48
	การกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	49
	สรุปหลักการที่ใช้ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนตามหลักการยศาสตร์	53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
สรุปขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบและร้อยละความเหมาะสมของนักศึกษาทั้งหมด	54
สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน	54
ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก	
ประวัติผู้วิจัย	

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดสัดส่วนประชากรไทย.....	6
2	แสดงการวัดสัดส่วนร่างกายในลักษณะต่าง ๆ.....	8
3	แสดงการวัดสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในงานวิจัย.....	20
4	แสดงการวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ใช้ในงานวิจัย.....	21
5	แสดง การประเมินความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน.....	24
6	แสดงขนาดความสูงขาพับและความสูงข้อศอกสำหรับในการเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด.....	27
7	แสดงผลการวิเคราะห์ความสูงขาพับและความสูงข้อศอกขณะนั่งแต่ละกรณีสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด.....	28
8	แสดงผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมจากกลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือก.....	30
9	แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความลึกของที่นั่ง.....	33
10	แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความลึกของที่นั่ง.....	34
11	แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความกว้างของที่นั่ง.....	36
12	แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความสูงพนักพิง.....	37
13	แสดงผลการประเมินสมการเพื่อกำหนดขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน.....	39
14	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขนาดต่าง ๆ ของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน.....	41
15	แสดงผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับนักศึกษาทั้งหมด.....	42
16	แสดงผลสรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน.....	46
17	แสดงขนาดที่แนะนำของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน.....	53
18	แดงขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบที่แนะนำและร้อยละความเหมาะสมของนักศึกษาทั้งหมด.....	54
19	แสดงสรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน.....	55

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 ตัวอย่างมาตรฐานการวัดสัดส่วนร่างกาย..... 7
2 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer)..... 10
3 ตัวอย่างการวัดความยาวจากข้อศอกถึงหัวไหล่..... 10
4 ตัวอย่างการใช้สายวัด วัดรอบอก..... 10
5 กราฟการวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยวิธี Youden's..... 13
6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย..... 18
7 การวัดสัดส่วนร่างกาย..... 19
8 การวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน (โต๊ะเลคเชอร์)..... 21
9 รูปแบบของเก้าอี้ที่นำมาใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสม..... 24
10 Bi-Variance Error Ellipse ของความสูงขาพับกับความสูงข้อศอกในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด..... 26
11 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด..... 55
12 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาชาย..... 56
13 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาหญิง..... 56

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนหรือที่ทั่วไปเรียกกันว่าเก้าอี้เลคเชอร์ (Chairs with Mounted Desktop) ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นสถานศึกษาต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในประเทศ เนื่องด้วย เก้าอี้ชนิดนี้มีลักษณะเด่นที่ใช้พื้นที่น้อย ราคาไม่สูง และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย แต่การออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนโดยคำนึงถึงหลักการยศาสตร์นั้นยังมีน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ จึงส่งผลเสียต่อผู้ใช้งานหากต้องนั่งเป็นเวลานาน เพราะการนั่งบนเก้าอี้ที่ทำให้อยู่ในท่านั่งที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ ของร่างกาย ความไม่สะดวกสบายในการเคลื่อนไหว และผลกระทบเหล่านี้เป็นปัญหาสำคัญในการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา และส่งผลกระทบในด้านสุขภาพอาจนำไปสู่ความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders : MSDs (Corlett, 1999; Lis et al., 2007) ในอนาคต ดังนั้น การออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการนั่งที่เหมาะสม โดยต้องคำนึงว่าควรออกแบบอย่างไรเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวกสบายในการนั่งใช้งาน และขนาดต่าง ๆในการออกแบบจะต้องมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายผู้ใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ต้องอาศัยหลักการทางการยศาสตร์ เข้ามาช่วยในการพิจารณาการออกแบบเพื่อให้เกิดการนั่งทำงานในลักษณะที่นั่งหลังตรงติดกับพนักพิง ในขณะที่ต้นขาหรือขาท่อนบนวางขนานกับพื้นที่นั่ง ส่วนขาท่อนล่างจะต้องวางตั้งฉากกับพื้น และเท้าวางชิดติดกับพื้นได้พอดี ถึงจะเป็นลักษณะที่ถูกต้องเพื่อรองรับท่านั่งที่ดีและเกิดความเหมาะสมที่สุด

นักวิจัยหลาย ๆ คนได้นำหลักการยศาสตร์มาใช้ในการกำหนดหลักเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ และประเมินความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดโต๊ะและเก้าอี้กับขนาดสัดส่วนร่างกายในรูปแบบของอสมการความไม่เหมาะสม (Mismatch) (Castellucci et al., 2010; Chaffin, 2006; Gouvali and Boudolos, 2006; Panagiotopoulou et al., 2004; Parcells et al., 1999) แต่เนื่องจากคุณลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนและโต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆไป ที่มีความแตกต่างกัน เช่น แผ่นรองเขียนกับตัวเก้าอี้ที่มีการยึดติดกันอยู่จึงไม่สามารถที่จะเลื่อนหรือปรับเข้า-ออกได้ ดังนั้น หลักเกณฑ์ในบางมิติขนาด ยังไม่ได้ถูกกำหนดขึ้นมา เช่น ระยะจากแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง ความยาวของแผ่นรองเขียน เป็นต้น

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จะทำการนำเสนอการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษามหาวิทยาลัยไทย ตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งวิธีการกำหนดขนาดแบบใหม่นี้จะส่งผลให้มีความเหมาะสมกับสัดส่วนนักศึกษามากกว่าวิธีเดิม ๆ ที่ผ่านมา และจะทำการนำเสนอการกำหนดหลักเกณฑ์ในมิติขนาดที่ยังไม่มี พร้อมทั้งนำเสนอคุณลักษณะเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

ผลของโครงการวิจัยนี้จะถูกนำไปเผยแพร่ให้กับกลุ่มคน 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มผู้ผลิต คือ บริษัทที่ผลิตเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เพื่อผลักดันให้บริษัทเหล่านั้นผลิตเก้าอี้ที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ และกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ คือ มหาวิทยาลัยต่าง ๆ เพื่อช่วยให้มีหลักเกณฑ์ในการจัดซื้อเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน มากกว่านั้น หากการผลักดันเป็นผลสำเร็จ ประโยชน์สูงสุดจะตกสู่นักศึกษาซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีสุขภาวะและสุขภาพที่ดี หากมองถึงระดับความพร้อมและเสถียรภาพของเทคโนโลยีตามบริบทการใช้งาน (Technology Readiness Level (TRL)) เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัย ผลที่ได้น่าจะอยู่ระดับที่ 4 (องค์ประกอบสำคัญได้ถูกสาธิตในระดับห้องปฏิบัติการแล้ว) และคาดว่าถ้าหากมีการร่วมมือกับบริษัทผลิตเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแล้ว ผลงานอาจต่อยอดต่อไปได้ถึงระดับที่ 9 หรือขั้นตอนนำไปใช้ได้เลย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. กำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่เหมาะสมกับนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยของประเทศไทย
2. กำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน 2 ขนาด (ขนาดเล็กและขนาดใหญ่)
3. กำหนดคุณลักษณะเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์
4. กำหนดหลักเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนและสัดส่วนผู้ใช้งาน

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในโครงการวิจัย ทำการศึกษาเฉพาะขนาด (Dimensions) โดยที่ไม่พิจารณาถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ของเก้าอี้ เช่น มุมเอียงต่าง ๆ วัสดุที่ใช้ ความนุ่มของเบาะ เป็นต้น ซึ่งขนาดที่ศึกษาประกอบไปด้วย ความสูงของแผ่นรองเขียน ความสูงของที่นั่ง ความกว้างของที่นั่ง ความลึกของที่นั่ง ความสูงของพนักพิง ความยาวของแผ่นรองเขียน ความกว้าง (ระยะ) จากแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง และความกว้างของแผ่นรองเขียนบริเวณที่พักแขน

2. โครงการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะการใช้งานของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในกิจกรรมการนั่งเขียน การจดบรรยาย การทำข้อสอบและการอ่านหนังสือ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการยศาสตร์ (Ergonomics)

Ergonomics เป็นรากศัพท์ที่มาจากภาษากรีกประกอบด้วยคำ 2 คำคือ "ergon" ที่หมายถึงงาน (work) และ "nomos" ที่หมายถึง กฎ (Law) ซึ่งเมื่อนำมารวมกันแล้วจะได้คำว่า Ergonomics หรือ "Laws of Work" โดย หมายถึง การศึกษากฎเกณฑ์ในการทำงานโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะปรับปรุงงานหรือสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลคำว่า Ergonomics นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรป ส่วนในสหรัฐอเมริกานิยมใช้คำว่า "Human Factors Engineering" หรือ "วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย" ซึ่งมีความหมายว่าศาสตร์ที่ว่าด้วยการออกแบบสถานที่ทำงาน, อุปกรณ์, เครื่องมือเครื่องจักร, ผลิตภัณฑ์, สิ่งแวะล้อมและระบบ โดยการนำเอาเรื่องของความสามารถมนุษย์ในแง่มุมของลักษณะทางกายภาพ, สรีรวิทยา, กลศาสตร์ชีวภาพและจิตวิทยา มาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาออกแบบเพื่อผลในการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในระบบงาน และคำนึงถึงความปลอดภัย สุขภาพอนามัยและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ปฏิบัติงานในระบบงานนั้น ๆ (ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540)

การยศาสตร์ถูกบัญญัติขึ้นโดยพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.๒๕๔๒ ได้ให้ความหมายของคำว่า "การย์ (การย)" หมายถึงหน้าที่กิจธุระงานและคำว่า "ศาสตร์" หมายถึงระบบวิชาความรู้" ซึ่งจากความหมายดังกล่าวมักจะกล่าวถึงงานและระบบต่าง ๆ โดยที่มีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง โดยการพยายามใช้หลักการความรู้ต่างในการวิเคราะห์ ดังนั้นคำว่าการยศาสตร์จึงมีความหมายถึงศาสตร์ระบบความรู้ที่เกี่ยวกับหรือมีความสัมพันธ์กับงานหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ

อาชีวอนามัยและความปลอดภัย ให้ความหมายของคำว่า เออร์กอนอมิคส์ คือการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างคนและสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีสุขภาพดี

สมาคมการยศาสตร์นานาชาติ (International Ergonomics Association:IEA) ได้ให้ความหมายของคำว่า การยศาสตร์ คือ "Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods

to design in order to optimize human well-being and overall system performance." ซึ่งหมายความว่า ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และส่วนต่าง ๆ ของระบบและความเชี่ยวชาญในการประยุกต์ใช้ทฤษฎี หลักการ ข้อมูลและวิธีการในการออกแบบเพื่อทำให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่ดีและระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กายศาสตร์เกิดขึ้นจากการประยุกต์มาจากศาสตร์ต่าง ๆ หลากหลายแขนงซึ่งจะมีองค์ประกอบหลักๆ 3 ประการ คือ (ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540)

1. กลศาสตร์ชีวภาพ ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของร่างกายหรือที่เรียกว่า กายวิภาคศาสตร์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกาย การวัดสัดส่วนร่างกายเพื่อใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความพันธ์ระหว่างงานกับผู้ที่ปฏิบัติงาน

2. สรีรวิทยาการทำงาน ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการปฏิบัติงานและข้อจำกัดต่าง ๆของผู้ปฏิบัติงานนั่นก็คือ หน้าที่การทำงานของร่างกายที่ได้รับผลกระทบจากการทำงาน

3. จิตวิทยาวิศวกรรม ศึกษาถึงความสามารถในการรับรู้ข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การประเมินผลเพื่อนำผลที่ศึกษามาใช้ประโยชน์

สรุปได้ว่า การยศาสตร์เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องระหว่างความสัมพันธ์ของการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานรวมไปถึงการออกแบบ โดยพิจารณาว่าสถานที่ทำงานมีการออกแบบหรือปรับปรุงอย่างไรให้มีความเหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงาน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและป้องกันการเกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความไม่สะดวกสบาย ความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการทำงาน ลดความเสี่ยงหรืออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

2. หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry)

การวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) เป็นรากศัพท์ที่มาจากภาษากรีก 2 คำรวมกัน คือ Anthropo (Human) ที่หมายถึงมนุษย์ และ Metricos (Measurement) ที่หมายถึงการวัด เมื่อนำมารวมกันจึงมีความหมายว่า "การวัดร่างกายมนุษย์" โดยการประยุกต์หลักวิชาความรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ในการวัดร่างกายและการเก็บข้อมูล เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนา แก้ไข ปรับปรุง และออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ สภาพแวดล้อมในการทำงาน ให้มีความสอดคล้องกับสรีระร่างกายของผู้ปฏิบัติงานรวมไปถึงการกำหนดเป็นมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เป้าหมายในการวัดสัดส่วน เพื่อศึกษาคุณลักษณะ ขนาดและทิศทางของ

ร่างกายมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เนื้อที่ การเคลื่อนไหวในการทำงาน (ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2540)

ในปัจจุบันก็มีการเก็บข้อมูลของการวัดสัดส่วนร่างกายกันอย่างแพร่หลายในทั่วโลก ยกตัวอย่างในประเทศไทย กิตติ อินทรานนท์ (2548) แสดงข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของประชากรไทย ดังตารางที่ 1 ในการนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายมาใช้กับลักษณะงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนนำมาใช้ และจะต้องมีการปรับปรุงตามช่วงระยะเวลานั้น เนื่องจากว่าร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามวัยการเจริญเติบโต เพื่อสามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์และเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากที่สุด

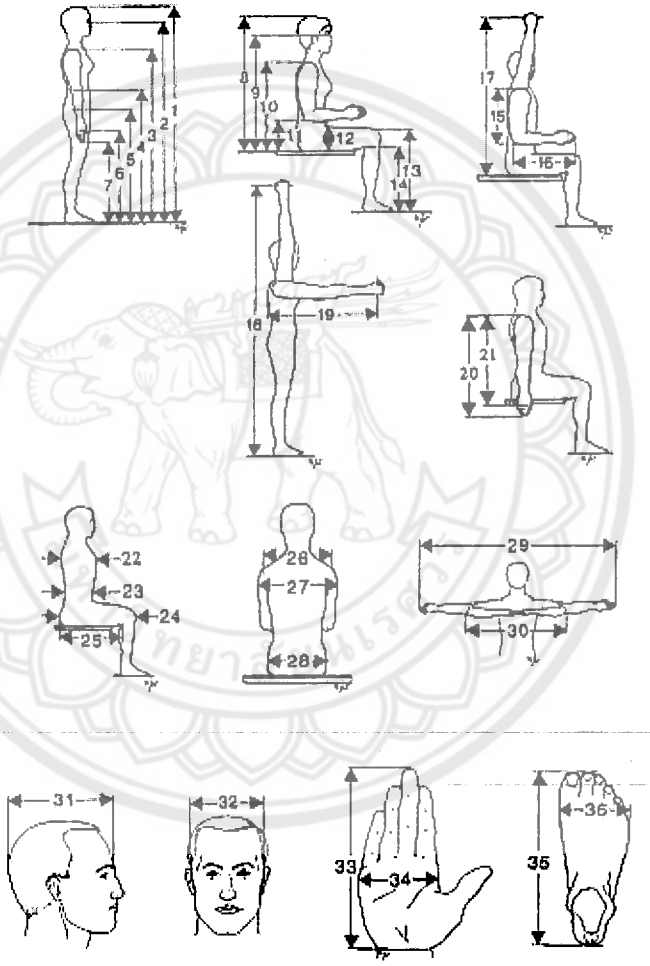
ตาราง 1 ข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขนาดสัดส่วนประชากรไทย

รายการมิติวัด	สถาบันแรงงาน 2530		โกวิท ศตวุฒิ 2532		กิตติ และคณะ 2531		กิตติ และคณะ 2536	
ซม.	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ความสูงยืน	165.4	154.0	165.4	152.9	160.7	151.2	163.3	153.4
	(5.9)	(5.0)	(5.5)	(4.7)	(5.7)	(4.8)	(6.0)	(5.7)
ความสูงนั่ง	87.2	81.7	-	-	83.3	78.8	83.4	79.7
	(3.2)	(2.7)			(3.4)	(3.2)	(3.8)	(6.3)
ความสูงไหล่	137.4	127.1	135.3	125.4	132.4	124.7	135.2	127.1
	(5.3)	(4.7)	(5.2)	(4.3)	(5.6)	(4.9)	(6.0)	(5.4)
ความสูงรอบเอว	-	-	-	-	99.1	92.7	97.5	95.0
					(5.4)	(4.9)	(4.9)	(5.8)
รอบเอว	-	-	-	-	69.7	73.2	76.5	74.8
					(7.3)	(10.4)	(9.6)	(9.9)
ระยะเข่า-ก้น	55.9	53.4	-	-	52.7	51.6	53.3	52.5
	(2.5)	(2.4)			(2.8)	(2.8)	(3.3)	(3.4)
ความยาวมือ	-	-	-	-	17.6	16.9	18.3	17.2
					(1.0)	(3.3)	(0.8)	(1.1)
รอบศีรษะ	-	-	-	-	53.9	52.9	54.3	52.9
					(3.1)	(2.3)	(2.8)	(3.9)

สถาบันแรงงาน : ช่วงอายุชาย 20-50 ปี จำนวน 1,478 คน ช่วงอายุหญิง 20-50 ปี จำนวน 711คน
โกวิท ศตวุฒิ: ช่วงอายุชาย 15-72 ปี จำนวน 1,260 คน ช่วงอายุหญิง 14-59 ปี จำนวน 855คน
กิตติ และคณะ: ช่วงอายุชาย 17-55 ปี จำนวน 250 คน ช่วงอายุหญิง 17-55 ปี จำนวน 250คน
กิตติ และคณะ: ช่วงอายุชาย 17-60 ปี จำนวน 147 คน ช่วงอายุหญิง 16-60 ปี จำนวน 96คน
ที่มา: กิตติ อินทรานนท์ (2548)

2.1 ประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกาย

2.1.1 การวัดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่ (Static Dimensions) เป็นวิธีการวัดขนาดร่างกายที่อยู่ในท่านิ่ง หรือสภาพที่สมดุล ไม่มีการเคลื่อนไหวใด ๆ ไม่ว่าจะเป็นท่ายืนหรือท่านั่ง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมที่ใช้กันมากที่สุดในการวัดสัดส่วนร่างกาย เพราะมีความสะดวกและง่ายต่อการวัดและเก็บข้อมูล โดยมีการกำหนดจุดหรือตำแหน่งที่แน่นอนในการวัด ซึ่งการวัดสัดส่วนร่างกายสามารถวัดได้ละเอียดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้งาน ตัวอย่างการวัดสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังภาพ 1 และตาราง 2



ภาพ 1 ตัวอย่างมาตรฐานการวัดสัดส่วนร่างกาย

ที่มา : Kroemer et al. (1997)

ตาราง 2 การวัดสัดส่วนร่างกายในลักษณะต่าง ๆ

มิติขนาดร่างกาย	รายละเอียด
1.ความสูงยืน (Stature)	วัดจากส่วนบนสุดของศีรษะถึงพื้นในท่ายืน
2.ความสูงตา/ท่ายืน (Eye Height)	วัดจากระดับสายตา (หางตา) ถึงพื้นในท่ายืน
3.ความสูงไหล่/ท่ายืน (Shoulder Height)	วัดจากตรงกลางไหล่ถึงพื้นในท่ายืน
4.ความสูงข้อศอก/ท่ายืน (Elbow Height)	วัดจากระดับข้อศอก (แขนพับ) ถึงพื้นในท่ายืน
5.ความสูงสะโพก (Buttock Height)	วัดจากสะโพก (ส่วนที่นูนออกมามากที่สุด) ถึงพื้นท่ายืน
6.ความสูงข้อมือ (Buttock Height)	วัดจากระดับข้อมือถึงพื้นในท่ายืน
7.ความสูงปลายนิ้วมือ (Fingertip Height)	วัดจากระดับปลายนิ้วมือถึงพื้นในท่ายืน
8.ความสูง/ท่านั่ง (Sitting Stature)	วัดจากส่วนบนสุดของศีรษะถึงที่นั่ง
9.ความสูงตา/ท่านั่ง (Sitting Eye Height)	วัดจากระดับสายตา (หางตา) ถึงที่นั่ง
10.ความสูงไหล่/ท่านั่ง (Sitting Shoulder Height)	วัดจากตรงกลางไหล่ถึงที่นั่ง
11.ความสูงข้อศอก/ท่านั่ง (Sitting Elbow Height)	วัดจากข้อศอก (ข้อศอกตั้งฉากกับลำตัว) ถึงที่นั่ง
12.ระยะต้นขาถึงพื้นที่นั่ง (Thigh Thickness)	วัดจากตอนบนของตนขาถึงพื้นในท่านั่ง
13.ความสูงเข่า/ท่านั่ง (Sitting Knee Height)	วัดจากหัวเข่าถึงพื้นในท่านั่ง
14.ความสูงขาพับ/ท่านั่ง (Sitting Popliteal Height)	วัดจากขาพับถึงพื้นในท่านั่ง
15.ระยะจากไหล่ถึงข้อศอก (Shoulder Elbow Length)	วัดจากส่วนบนสุดของหัวไหล่ไปถึงศอก
16.ระยะจากศอกถึงนิ้วมือ (Elbow-Fingertip Length)	วัดจากปลายศอกถึงปลายนิ้วนาง
17.ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง (Vertical Grip Reach/ Sitting)	วัดจากส่วนบนสุดของมือที่กำไว้ถึงพื้นในท่านั่ง
18.ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่ายืน (Vertical Grip Reach/Standing)	วัดจากส่วนบนสุดของมือที่กำไว้ถึงพื้นในท่ายืน
19.ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า (Forward Grip Reach)	วัดจากปลายนิ้วหัวแม่มือไปถึงด้านหลัง
20.ระยะจากต้นแขนถึงปลายนิ้วมือ (Upperlimb Length)	วัดจากต้นแขนถึงปลายนิ้วนาง
21.ระยะจากไหล่ถึงมือ (Shoulder-Grip Length)	วัดจากไหล่ถึงปลายนิ้วหัวแม่มือ
22.ความลึกของอก (Chest Depth)	วัดจากส่วนที่นูนที่สุดกลางอกถึงด้านหลัง
23.ความลึกของท้อง (Abdominal Depth)	วัดจากหน้าท้องไปถึงเอว
24.ระยะจากสะโพกถึงหัวเข่า (Buttock-Knee Length)	วัดจากสะโพกถึงเข่า
25.ระยะจากสะโพกถึงขาพับ (Buttock-Popliteal Length)	วัดจากสะโพกถึงขาพับ
26.ความกว้างของไหล่ (Shoulder Breadth;Bicromial)	วัดจากส่วนบนสุดของหัวไหล่ทั้งสองข้าง
27.ความกว้างของไหล่ (Shoulder Breadth;Bideltoid)	วัดจากกล้ามเนื้อต้นแขนทั้งสองข้าง
28.ความกว้างของสะโพก (Hip Breadth)	วัดจากส่วนกว้างสุดของสะโพก

ตาราง 2 (ต่อ)

มิติขนาดร่างกาย	รายละเอียด
29.ระยะกางแขน (Span)	วัดจากปลายนิ้วนางข้างซ้ายไปขวา
30.ระยะกางศอก (Elbow Span)	วัดจากปลายข้อศอกข้างซ้ายไปขวา
31.ความยาวของศีรษะ (Head Length)	วัดจากหน้าผากถึงท้ายทอย
32.ความกว้างของศีรษะ (Head Breadth)	วัดจากขมับซ้ายไปขวา
33.ความยาวของมือ (Hand Length)	วัดจากข้อมือถึงปลายนิ้วกลาง
34.ความกว้างของมือ (Hand Breadth)	วัดจากด้านนอกสุดของฝ่ามือ
35.ความยาวของเท้า (Foot Length)	วัดจากส้นเท้าถึงปลายหัวแม่เท้า
36.ความกว้างของเท้า (Foot Breadth)	วัดจากด้านนอกสุดของนิ้วหัวแม่เท้ากับนิ้วก้อย
37.น้ำหนัก (Weight)	น้ำหนักมวลรวมของร่างกาย

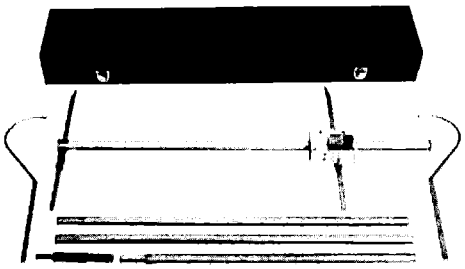
2.1.2 การวัดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายเคลื่อนไหว (Dynamic Dimensions) เป็นการวัดสัดส่วนร่างกายในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว เช่น การหยิบชิ้นส่วน ระยะการก้าวเดิน การเอื้อมหยิบของ เป็นต้น ซึ่งวิธีการวัดแบบนี้ค่อนข้างที่จะยุ่งยากซับซ้อนและกระทำได้ยาก เพราะมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้การวัดขนาดร่างกายไม่มีตำแหน่งที่แน่นอน วิธีนี้จะไม่ค่อยเป็นที่นิยมกันเพราะมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.2 เครื่องมือที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer)

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ส่วนใหญ่มักจะอาศัยขนาดสัดส่วนของร่างกายมาเป็นข้อมูลในการออกแบบ การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจะทำการวัดโดยเครื่องมือที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer) โดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

2.2.1 วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง เครื่องมือวัดโดยตรงภาพ 2 เป็นการใช้เครื่องมือวัดในการวัดขนาดของระยะระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย อาจจะเป็นการวัดในแนวเส้นตรง (linear dimension) ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดสัดส่วนที่เป็นความยาวของกระดูก เช่น ความยาวของแขนท่อนบน ดังภาพ 3 รวมถึงความกว้างและความลึกของส่วนต่าง ๆของร่างกาย ซึ่งในการวัดจะต้องกำหนดระยะของตำแหน่งที่ต้องการวัดให้แน่ชัดหรือจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของอวัยวะส่วนนั้น ๆ (land mark) ส่วนการวัดในแนวเส้นโค้งหรือที่เรียกว่ามิติเส้นรอบ (circumferential dimensions)

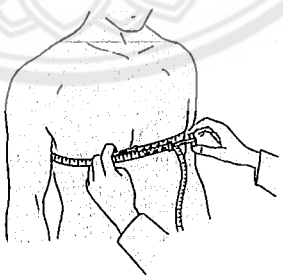
จะเป็นการวัดระยะตามพื้นผิวของร่างกายและสิ้นสุดที่จุดจุดเดียวกันโดยมีลักษณะเป็นรอบเส้นโค้ง เช่น การวัดรอบอก รอบต้นแขน ดังภาพ 4



ภาพ 2 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer)

ภาพ 3 ตัวอย่างการวัดความยาวจากข้อศอกถึงหัวไหล่

ที่มา : กิตติ อินทรานนท์ (2548)



ภาพ 4 ตัวอย่างการใช้สายวัด วัดรอบอก

ที่มา : กิตติ อินทรานนท์ (2548)

2.2.2 วิธีการทางภาพถ่าย คือ การใช้เทคนิคภาพถ่ายเพื่อให้ได้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายทั้งในแนวตรง แนวเส้นโค้งและในแนวลึก โดยอาศัยเทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้าช่วย ในงานวิจัยในประเทศไทยก็ได้มีงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลของสัดส่วนร่างกายจากการวัดภาพถ่ายแบบ 2 มิติ (ณัฐพล พุฒยางกูร, 2552; สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์, 2554) เข้ามาช่วย เพื่อลดขั้นตอนในการออกแบบ เนื่องจากการเก็บข้อมูลจากการวัดโดยตรงอาจทำให้เกิดการเสียเวลาในส่วนนั้น แต่อาจจะมีข้อเสีย คือสัดส่วนที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากสัดส่วนจริง

ในงานวิจัยจะเลือกใช้เครื่องมือวัดโดยตรง เนื่องจาก ต้องการทราบค่าที่แน่นอนและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และสามารถทำให้ได้ข้อมูลทุกสัดส่วนที่ต้องการ ถึงแม้ว่าจะเสียเวลามากกว่าวิธีการทางภาพถ่าย ก็เพื่อให้ได้มาซึ่งความละเอียดของข้อมูล แต่วิธีการทางภาพถ่ายนอกจากจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงแล้ว ในการวัดแต่ละครั้งจะต้องมีการตั้งค่าที่ถูกต้องทุกอย่าง เช่น มุมในการถ่าย แสง ระนาบต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ ในขณะเดียวกันผู้ที่ถูกวัดจะต้องสวมใส่เสื้อผ้าที่รัดรูปแนบชิดกับลำตัวให้มากที่สุดเพื่อในการหาขนาดที่ถูกต้อง จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้งานวิจัยนี้เลือกวิธีการวัดจากเครื่องมือวัดสัดส่วนโดยตรง

2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวัดสัดส่วน

2.3.1 ขนาดของร่างกาย ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นเพศ ช่วงอายุ ดังนั้น ข้อมูลของขนาดร่างกายควรมีการปรับปรุงให้มีความเป็นปัจจุบันอยู่เสมอหรืออาจจะมีการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

2.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ มีความแม่นยำในการวัด

2.3.3 เสื้อผ้าที่สวมใส่ในขณะทำการวัด ตามหลักทฤษฎีแล้วการวัดที่ถูกต้อง ผู้วัดจะต้องอยู่ในสภาพที่เปลือยกายแต่ความเป็นจริงแล้วไม่สามารถทำได้ เพราะเนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของจริยธรรม พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ดังนั้น ในการวัดที่สามารถทำได้ โดยสามารถให้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุดโดยการสวมเสื้อผ้าที่รัดรูป หรือเสื้อแขนสั้น กางเกงขาสั้น ไม่ใส่รองเท้า ไม่มีเครื่องประดับใด ๆ ติดตัวที่มีผลต่อการวัด เป็นต้น

2.3.4 เทคนิคในการวัดที่ถูกต้องและได้มาตรฐาน การวัดในแต่ละตำแหน่งต้องระบุรายละเอียดที่ชัดเจนตามหลักของกายวิภาคศาสตร์ เพื่อเป็นมาตรฐานในการกำหนดจุดในการวัดของแต่ละตำแหน่ง

3. หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับท่านั่ง

ท่านั่งเป็นลักษณะท่าทางที่ได้รับการผ่อนคลายได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับท่ายืน เพราะสามารถที่จะช่วยลดภาระการโหลดของน้ำหนักที่กระทำต่อกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ช่วยลดอัตราการไหลเวียนของโลหิตได้ดีกว่าในขณะที่ยืน แต่ในทางตรงกันข้ามกันท่านั่งก็สามารถส่งผลเสียตามมาด้วย เช่น ท่านั่งในลักษณะที่ไม่ถูกต้องและนั่งเป็นระยะเวลานาน ๆ จะส่งผลกระทบหรือเกิดปัญหาทางด้านสุขภาพโดยเฉพาะในเรื่องของกระดูกสันหลังและกล้ามเนื้อ ดังนั้น ท่านั่งที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์นั้นจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การยศาสตร์ว่าด้วยท่านั่ง เป็นการศึกษาลักษณะท่านั่งที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ท่านั่งที่ดีควรนั่งให้สภาพของกระดูกสันหลังเป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุดโดยทำให้ท่านั่งของกระดูกสันหลังส่วนเอวเป็นแบบลอร์โดซิส (Lumbar Lordosis) หรือแนวสันหลังรูปตัว S จากที่กล่าวในเนื้อหาข้างต้นในเรื่องของกระดูกสันหลัง เพราะหลังจากที่นั่งไประยะหนึ่งแล้วอุ้งเชิงกรานจะไม่สามารถที่จะรับน้ำหนักตัวและรักษาสภาพร่างกายท่อนบนหรือกระดูกสันหลังให้ตั้งตรงได้เหมือนเดิม ทำให้เกิดความโค้งงอของกระดูกสันหลังโดยที่กระดูกสันหลังช่วงเอวโค้งงอนูนออกมาเป็นแบบไคโฟซิส (Lumbar Kyphosis) หรือแนวสันหลังเป็นรูปตัว C (C-shape curvature) ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเค้นกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังและกล้ามเนื้อหลังช่วงเอวสูงถึง 10 เท่าของปริมาณแรงกดในท่าปกติ (ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา, 2544)

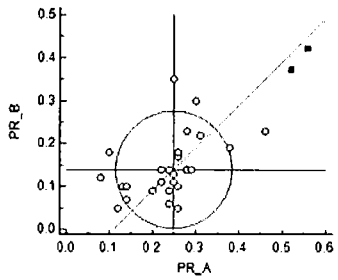
4. วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse)

วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse) คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปร (Bivariate Analysis) ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อ พิจารณาหาความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง โดยจะแสดงการกระจายของข้อมูล (Scatter Plot) ทั้งสองตัวแปรลงในแผนภาพ และใช้วงรีเพื่อช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการสร้างวงรีล้อมรอบร้อยละ 90-95 ของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเพื่อให้ครอบคลุมจำนวนกลุ่มตัวอย่างส่วนมาก และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป

บางงานวิจัยใช้วงรีหรือแผนภาพสี่เหลี่ยมในการประเมินคุณภาพการทดสอบทางห้องปฏิบัติการหรือเรียกว่า External Quality Assessment (EQA) จะใช้ Youden's Plot ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 2 ค่า เพื่อบ่งบอกถึงแนวโน้มของการเกิดความผิดพลาดที่ได้มาจากการวัด และสามารถนำไปสู่แนวทางการควบคุมสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดต่าง ๆ เหล่านั้น (Guo Bin Wu and Huang., 1996; Qi

Zhou et al., 2015; Youden W.J., 1959; รัชดา เหมปฐวี และคณะ, 2547; วิไล เฉลิมจันทร์, 2547; สุกัลยา พลเดช, 2548) ซึ่งการใช้ Youden's Plot เริ่มจาก Youden W.J. (1959) ได้ทำการประเมินผลของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม จากการ Plot บนแกน X และแกน Y ของผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ และหาค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ตัวอย่าง 2 กลุ่ม จากนั้นลากเส้น $\bar{x}$– และ $\bar{y}$– ที่ขนาดกับแกน X และแกน Y ตามลำดับของกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง โดยจะกำหนดเส้นตัดของแกน X และแกน Y นั้นเป็นจุดศูนย์กลางของข้อมูล เพื่อ ทำวงกลมล้อมรอบข้อมูลร้อยละ 90-99 (ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ของข้อผิดพลาดที่ต้องการตัดออก) และกำหนดเส้นอ้างอิง (Diagonal line) ลากผ่านจุดตัด 45จากภาพ 5 และวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบนี้ จุดที่อยู่ห่างจากเส้นอ้างอิงจะบ่งชี้ถึงความผิดพลาดแบบสุ่ม (random error) จะเป็นความคลาดเคลื่อนที่ทำให้ข้อมูลกระจายรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย และจุดที่อยู่ใกล้เส้นอ้างอิงจะเป็นความผิดพลาดเชิงระบบ (systematic error) จะเป็นความคลาดเคลื่อนที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างจากค่าจริงหรือค่าที่จะยอมรับได้ แผนภาพ Youden's Plot ที่พบมากที่สุดมักจะเป็นแผนภาพการกระจายของข้อมูลแต่บางครั้งอาจจะถูกแทนที่วงกลมด้วยสี่เหลี่ยมขนาดต่าง ๆ

Robinette M.K. and Hudson A.J. (2006) ได้นำ Youden's Plot มาใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปรในการวัดค่าสัดส่วนต่าง ๆ และทำการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ สามารถช่วยในการประหยัดเวลา จากการที่ต้องพิจารณาจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดีที่สุดขึ้นมาแทน เนื่องจากมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมาก ในงานวิจัยนี้ จึงนำวิธีการดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในการออกแบบขนาดที่เหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับขนาดสัดส่วนร่างกาย เนื่องจากว่าสามารถใช้ในออกแบบที่เหมาะสมกับกลุ่มคนส่วนใหญ่เพราะทราบได้ว่าความถี่ของข้อมูลอยู่ในช่วงไหน แทนที่จะต้องพิจารณาที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ไม่ทราบว่าในเปอร์เซ็นต์ไทล์เหล่านั้นมีจำนวนของกลุ่มประชากรอยู่ที่เท่าไหร่ เช่น ในการออกแบบความสูงของเก้าอี้ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 แต่ในประชากรกลุ่มนั้นอาจจะมีจำนวนของประชากรที่น้อยมาก จะทำให้เกิดความไม่เหมาะสมต่อกลุ่มประชากรส่วนมาก



ภาพ 5 กราฟการวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยวิธี Youden's

ที่มา: Youden W.J. (1959)

สำหรับวงรีความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในงานวิจัย จะเป็นการกำหนดพื้นที่ของความน่าเชื่อถือ ของข้อมูลทั้งสองตัวแปร โดยจะครอบคลุมร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมด เพื่อให้ข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ของวงรีนั้นเป็นตัวแทนที่ดีในการออกแบบและสามารถนำไปวิเคราะห์ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวได้ว่าในการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายกับขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน จะต้องมีความรู้และความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องของการยศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับร่างกาย ไม่ว่าจะกลไกในการทำงานของร่างกาย ระบบการเคลื่อนไหว และสุดท้ายการออกแบบเพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของผู้ใช้งานก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญ มีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่พยายามตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่า เฟอร์นิเจอร์ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นมีความเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของผู้ใช้งานหรือไม่ จึงสร้างอสมการขึ้นมาเพื่อตรวจสอบในสิ่งที่ต้องการศึกษา ส่วนใหญ่แล้วจะศึกษาในเรื่องของลักษณะของโต๊ะและเก้าอี้กับสัดส่วนของร่างกายของผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็น โต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในสำนักงาน โต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์ และโต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้ในการเรียน เป็นต้น ซึ่งได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและหลาย ๆ ประเทศ ในงานวิจัยนี้นี้ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียน โดยได้แบ่งกลุ่มประเภทของโต๊ะและเก้าอี้ออกเป็น โต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆ ไปและเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน จากนั้นรวบรวมอสมการทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ความไม่เหมาะสมของขนาดโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนกับขนาดสัดส่วนร่างกาย และผลกระทบที่เกิดจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาว่าของงานวิจัยนี้ต่อไป

1. **งานวิจัยในประเทศไทย**

โต๊ะและเก้าอี้ในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นโต๊ะและเก้าอี้ที่สามารถรองรับนิสิตได้จำนวนมากต่อหนึ่งห้องเรียน เนื่องจากว่าในมหาวิทยาลัยมีจำนวนนิสิตที่ค่อนข้างมาก โต๊ะและเก้าอี้ที่มีอยู่นั้นจะต้องสามารถรองรับกับจำนวนนิสิตได้เช่นกัน ดังนั้น หากมหาวิทยาลัยต้องใช้โต๊ะและเก้าอี้ทุกตัวในห้องเรียน โต๊ะและเก้าอี้นั้นจะต้องมีจำนวนมากพอ และมีพื้นที่เพียงพอที่สามารถรองรับนักเรียนได้เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดของขนาดพื้นที่ในห้องเรียน ทำให้ต้องเลือกใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่นอกจากมีคุณสมบัติที่สามารถนั่งฟัง นั่งเขียน และนั่งสอบได้แล้ว ยังสามารถช่วยในการประหยัดพื้นที่ได้ดีด้วย ด้วยลักษณะเหล่านี้ทำให้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนถูก

นำมาใช้ให้ในมหาวิทยาลัยกันอย่างแพร่หลายรวมทั้งในระดับอุดมศึกษาด้วย ที่สำคัญยัง พบว่าผู้ใช้งานรู้สึกไม่สบาย และอึดอัดในการใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนย้ายที่ไม่สะดวกสบาย (Chanda Nelofer Khanam et al., 2006) แต่ก็ยังมีงานวิจัยส่วนน้อยที่จะศึกษาและให้ความสำคัญเกี่ยวกับเก้าอี้ดังกล่าวนี้

งานวิจัยในประเทศไทยได้ทำการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนและประเมินความเหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ถูกใช้อยู่ในปัจจุบัน โดย บุตรี กาเด็น (2554) ได้ศึกษาในกลุ่มนิสิตของมหาวิทยาลัยนอร์ท – เชียงใหม่ และ พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี (2555) ศึกษาในกลุ่มนิสิตของมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โดยการจัดทำแบบสอบถามประเมินภาวะความไม่สบาย และความเมื่อยล้าในการใช้งาน จากนั้นประเมินความเหมาะสมของท่าทางการทำงานโดยวิธี RULA (Rapid Upper Limb Assessment) พบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่มีความพึงพอใจในการใช้เก้าอี้ดังกล่าวนี้ และค่าการประเมินของ RULA อยู่ในระดับที่ควรตรวจสอบ ซึ่งการศึกษาได้ใช้ผลจากการประเมินรวมถึงการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายไปทำการวิเคราะห์ตามหลักการยศาสตร์และทำการปรับปรุงออกแบบเก้าอี้โดยพิจารณาตามหลักเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5-95 และประเมินผลอีกครั้ง จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากเก้าอี้ที่มีอยู่กับเก้าอี้ที่มีการปรับปรุง ผลสรุปพบว่ามีระดับความพึงพอใจเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลต่อความปวดเมื่อย และความรู้สึกไม่สบายลดน้อยลง ระดับคะแนนในการประเมินโดยวิธี RULA มีค่าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และในส่วนผลของการวัดกล้ามเนื้อด้วยคลื่นไฟฟ้าก็มีค่าลดลงด้วยเช่นกัน (บุตรี กาเด็น, 2554)

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

Mohamed Thariq et al. (2010) ได้ศึกษาเก้าอี้ดังกล่าวนี้ในมหาวิทยาลัยศรีลังกา พบว่า เก้าอี้ที่มีการใช้อยู่ในห้องบรรยายของมหาวิทยาลัยศรีลังกาไม่มีความเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายนิสิต และได้แนะนำขนาดในการออกแบบของเก้าอี้ในส่วนต่าง ๆ ซึ่งได้มาจากการอ้างอิงอสมการที่มีอยู่ของโต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆ ไป และนำไปประเมินกับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนพร้อมกับให้เหตุผลว่า การออกแบบเก้าอี้ที่ประหยัดพื้นที่จะสามารถสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ภายในห้องเรียนได้และสะดวกต่อการเคลื่อนไหว ถึงแม้ว่าเก้าอี้ดังกล่าวนี้จะไม่สนับสนุนต่อการเตรียมความพร้อมในการเรียน เช่น การวางกระเป๋าหรืออุปกรณ์ในการเรียนต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์ แต่ลักษณะเด่นของเก้าอี้ดังกล่าวนี้ในส่วนของงานวิจัยที่ศึกษา เป็นเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนยื่นไปทางด้านข้างของลำตัว ซึ่งพบว่า เก้าอี้ในลักษณะนี้จะส่งผลให้เกิดท่านั่งที่เอนไปข้างหลังมากขึ้น เพราะเชื่อว่าถ้ามีโต๊ะวางอยู่ด้านหน้าทำให้เป็นสาเหตุให้ลักษณะท่านั่งที่เอนตัวไปข้างหน้ามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Storr-Paulsen and Aagaard-Hensen

(1994) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมของการนั่งเรียน พบว่า นิสิตในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ใช้เวลาประมาณร้อยละ 43 ในท่านั่งเอนไปข้างหลัง และร้อยละ 57 ในการเอนไปข้างหน้า

Hoque et al. (2014) ได้ศึกษาถึงการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ห้องเรียนทั้ง 2 ประเภท คือ โต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆ ไปและเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดสัดส่วนของนิสิตปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยบังคลาเทศ จำนวน 500 คน ในอสมการความสัมพันธ์ของโต๊ะและเก้าอี้ทั่ว ๆ และนำเสนอขนาดของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมที่ผ่านการประเมินแล้วในรูปแบบ Match/Mismatch Percentage สำหรับเก้าอี้ทั้งสองประเภทเพื่อนำมาเปรียบเทียบ โดยพบขนาดที่ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนนิสิตซึ่งอาจนำไปสู่อาการปวดเมื่อยและความรู้สึกไม่สบายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้ควรขึ้นอยู่กับขนาดสัดส่วนของร่างกาย และสิ่งที่สำคัญในงานวิจัยนี้แนะนำว่า จากการวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะมีการกำหนดและใช้อสมการที่เกี่ยวกับความสูงของโต๊ะ แต่ยังไม่มีงานวิจัยใด ๆ ที่ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับที่พักแขนของโต๊ะและเก้าอี้ รวมทั้งเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจเนื่องจากว่ามีนักวิจัยที่ให้ความสำคัญของที่พักแขนว่าสามารถทำให้เกิดลักษณะท่านั่งที่ดีขึ้น เพราะสามารถช่วยลดในการโหลดน้ำหนักของ หลัง คอ ไหล่และแขน และยังช่วยลดการกระจายของน้ำหนักบนที่นั่งด้วย (Nag et al., 2008; Rani Lueder and Allie., 1999)

จะเห็นว่างานวิจัยของต่างประเทศ ได้ศึกษาโดยใช้อสมการที่มีอยู่ของโต๊ะและเก้าอี้ทั่วไปในการประเมินความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ทำให้ไม่สามารถชี้ได้แน่ชัดว่า อสมการที่ใช้อยู่นั้นสามารถนำมาใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนได้จริงหรือไม่ ส่วนใหญ่จะศึกษาเฉพาะในส่วนของความสูงแผ่นรองเขียนโดยมิได้คำนึงถึงองค์ประกอบที่อยู่ในส่วนนั้น เช่น ที่พักแขน ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยนั้นได้ประเมินความไม่เหมาะสมโดยวิธีการออกแบบสอบถามและประเมินผลด้วยวิธี RULA และใช้วิธีการออกแบบเก้าอี้ที่เหมาะสมด้วยหลักเปอร์เซ็นต์ไทล์ ดังนั้นจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้ทำการรวบรวมอสมการต่าง ๆ ก็ยังไม่สามารถสนับสนุนอสมการที่มีอยู่หรือนำมาเป็นกฎเกณฑ์สำหรับการออกแบบของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นกับขนาดสัดส่วนร่างกายกับขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เนื่องจากว่ายังไม่มีอสมการใด ๆ ที่ใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสมนี้ ทำให้งานวิจัยจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบความไม่เหมาะสมจากอสมการที่มีการใช้อยู่ในโต๊ะ-เก้าอี้ทั่ว ๆ เพื่อให้เป็นผลที่ชี้ชัดว่า อสมการที่มีอยู่สามารถนำมาใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนได้หรือไม่ เนื่องจากว่ามีคุณลักษณะทางโครงสร้างที่แตกต่างกันกับโต๊ะ-เก้าอี้ทั่ว ๆไป ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องดำเนินงานวิจัยตามหัวข้อต่าง ๆ เหล่านี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนและสามารถที่จะนำเสนออสมการที่ใช้ในการตรวจสอบได้ รวมทั้งใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการออกแบบขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2558 มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก ทั้งหมด 21,947 คน จากข้อมูลสถิติสินิตประจำปีการศึกษา 2558 (ข้อมูล ณ วันที่ 1 ตุลาคม 2558)

กลุ่มตัวอย่าง

ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากจำนวนประชากร โดยวิธีกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการใช้ตารางสำเร็จรูปของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% จะได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 392 คน โดยงานวิจัยจะทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเริ่มแรกทั้งหมด 450 คน และทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะทำให้ผลของการศึกษาเบี่ยงเบนออกไป (Exclusion criteria) ซึ่งมีเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

- กลุ่มตัวอย่างที่มีความผิดปกติของร่างกาย เช่น ความผิดปกติของกล้ามเนื้อ กระดูก หรืออาจจะเกิดอุบัติเหตุ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเจ็บปวดหรือความเมื่อยล้า ความไม่

สะดวกสบาย ก่อนทำการวิจัย เนื่องจากว่า กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้จะเกิดการสับสนจากแบบสอบถามในกรณีที่ถามเรื่องความไม่สะดวกสบายที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน

- กลุ่มตัวอย่างที่มีความถนัดซ้ายจากการใช้งาน เนื่องจากว่า เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนจะถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมกับคนส่วนใหญ่ที่ถนัดขวา

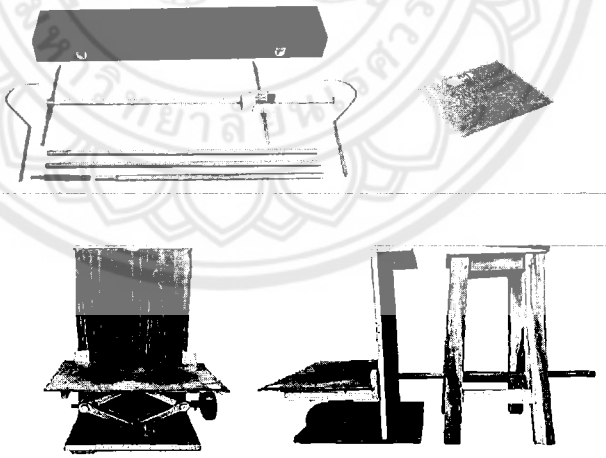
- กลุ่มตัวอย่างที่มีความผิดปกติของสายตา โดยที่ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ที่ช่วยให้ความมองเห็นกลับมาเป็นปกติ

จากนั้นได้กลุ่มตัวอย่างที่ได้ผ่านเกณฑ์การคัดกรองทั้งหมด 402 คน เป็นเพศชาย 208 คน คิดเป็นร้อยละ 51.74 เพศหญิง 194 คน คิดเป็นร้อยละ 48.26

2. เครื่องมือในการวัดสัดส่วนร่างกาย

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย ดังภาพ 6 จะประกอบไปด้วย

- เครื่องวัด Anthropometer เป็นเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานตามหลักการยศาสตร์
- เก้าอี้ที่ใช้ในการวัดสามารถรองรับท่านั่งที่ถูกต้อง โดยเป็นเก้าอี้ที่มีการปรับระดับได้เพื่อให้ได้ท่านั่งที่เหมาะสมที่สุด
- เครื่องชั่งน้ำหนักและใบบันทึกข้อมูล



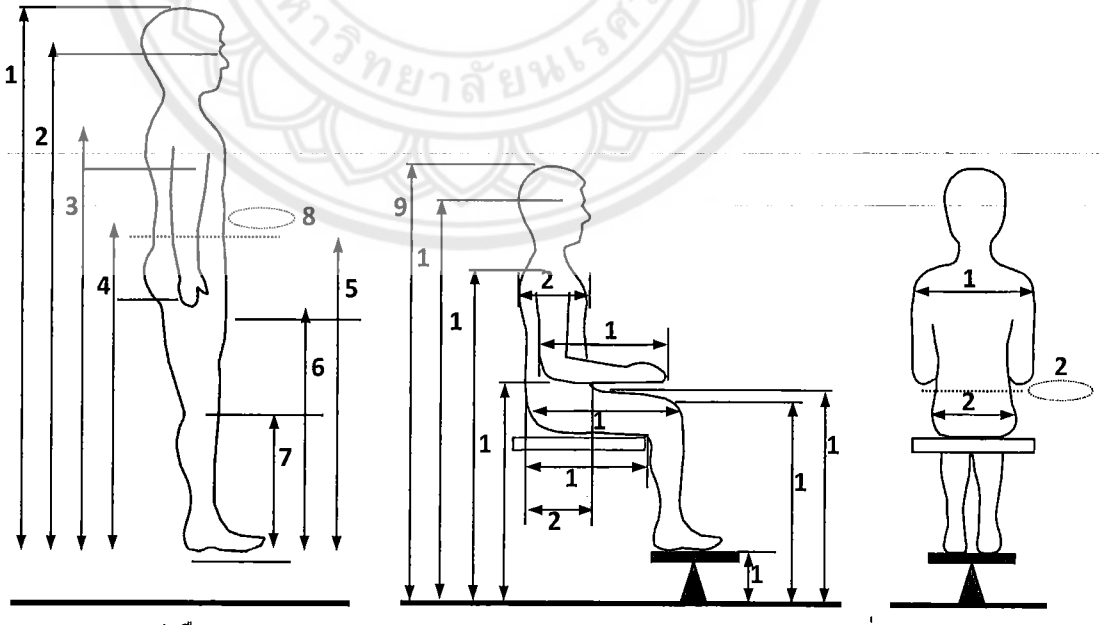
ภาพ 6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย

3. การวัดสัดส่วนร่างกาย

หลังจากกลุ่มตัวอย่างได้ทำขั้นตอนในการตอบแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายตามหลัก Antropometry ในท่ายืน 8 รายการ ท่านั่ง 15 รายการและน้ำหนัก รวมทั้งหมด 24 รายการ โดยนักศึกษาแต่ละคนจะต้องถอดรองเท้า ไม่สวมเสื้อคลุม หรือมีอุปกรณ์ใด ๆ อยู่ในกระเป๋ากางเกง หรือกระเป๋าเสื้อ เพื่อสะดวกและง่ายต่อการวัด การวัดสัดส่วนร่างกายจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Antropometer ในการวัด โดยที่ไม่ทำให้ผู้วัดและผู้ถูกวัดมีการสัมผัสร่างกายกันโดยตรง ในลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้หญิงทางงานวิจัยก็จะกำหนดให้มีการวัดโดยผู้ช่วยงานวิจัยที่เป็นผู้หญิงเช่นเดียวกัน

ในท่ายืน นักศึกษาจะต้องยืนตัวตรงในท่ามาตรฐานทางกายวิภาค (Anatomical Position) เพื่อให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ดังภาพ 7 (ท่ายืน)

ในท่านั่ง นักศึกษาจะต้องนั่งตัวตรงบนเก้าอี้นั่งวัดสัดส่วนที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบไว้ โดยการนั่งหลังตรงและเอาเท้าวางลงบนแผ่นรองเท้า จากนั้นผู้วัดทำการปรับระดับของเก้าอี้ โดยให้ผู้นั่ง นั่งให้เต็มเก้าอี้ และเลื่อนฐานล่างของเก้าอี้ให้มาชิดขาท่อนล่าง (น่อง) เพื่อปรับระยะของความลึกเก้าอี้ให้มีความเหมาะสม จากนั้นทำการปรับแผ่นรองพื้นโดยทำการเลื่อน ขึ้น-ลง เพื่อให้มีความสูงของเก้าอี้ที่เหมาะสมสำหรับในการนั่ง โดยที่ขาท่อนลากทำมุมตั้งฉาก 90 องศา กับขาท่อนบน โดยให้เท้าทั้งสองแนบชิดติดกัน และวางบนแผ่นรองพื้นพอดี ดังภาพ 7 (ท่านั่ง)



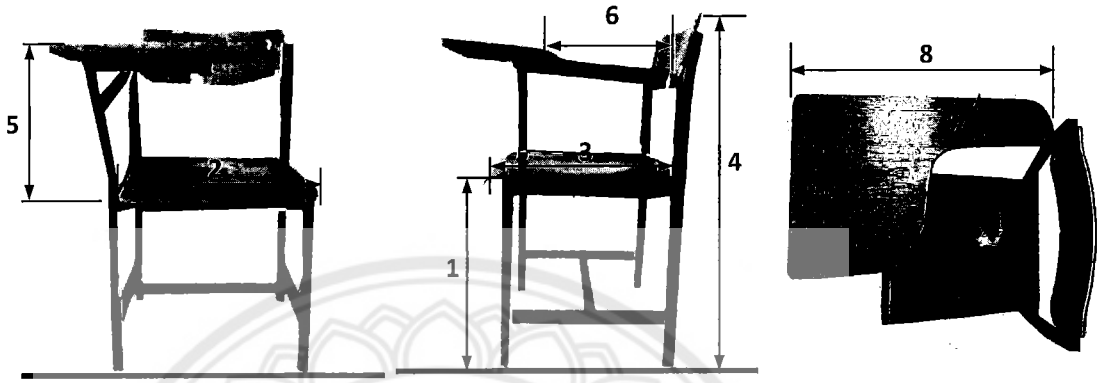
ภาพ 7 การวัดสัดส่วนร่างกาย

ตาราง 3 การวัดสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในงานวิจัย

Posture	Anthropometric measurements	Detail
ท่ายืน	1. ความสูง	วัดจากส่วนบนสุดของศีรษะถึงพื้นในท่ายืน
	2. ความสูงตา	วัดจากระดับสายตา(หางตา)ถึงพื้นในท่ายืน
	3. ความสูงไหล่	วัดจากตรงกลางไหล่ถึงพื้นในท่ายืน
	4. ความสูงข้อศอก	วัดจากข้อศอก (แขนพับ)ถึงพื้นในท่ายืน
	5. ความสูงเอว	วัดจากเอว(สะดือ)ถึงพื้นในท่ายืน
	6. ความสูงปลายนิ้ว	วัดจากปลายนิ้วกลางถึงพื้นในท่ายืน
	7. ความสูงขาพับ	วัดจากเส้นกลางขาพับถึงพื้นในท่ายืน
	8. รอบเอว	วัดรอบเอว(สะดือ)ในท่ายืน
ท่านั่ง	9. ความสูงขณะนั่ง	วัดจากส่วนบนสุดของศีรษะถึงพื้นในท่านั่ง
	10. ความสูงตา	วัดจากระดับสายตา(หางตา)ถึงพื้นในท่านั่ง
	11. ความสูงไหล่	วัดจากตรงกลางไหล่ถึงพื้นในท่านั่ง
	12. ความสูงข้อศอก	วัดจากข้อศอก (ข้อศอกตั้งฉากกับลำตัว)ถึงพื้นในท่านั่ง
	13. ความสูงหน้าขา	วัดจากตอนบนของต้นขาถึงพื้นในท่านั่ง
	14. ความสูงเข่า	วัดจากหัวเข่าถึงพื้นในท่านั่ง
	15. ความสูงแท่นวางเท้า	วัดจากแท่นพักเท้าถึงพื้นในท่านั่ง
	16. ความยาวข้อศอก - ปลายนิ้ว	วัดจากข้อศอก ถึงปลายนิ้วกลางในท่านั่ง
	17. ความยาวสะโพก - เข่า	วัดจากสะโพกถึงหัวเข่าในท่านั่ง
	18. ความยาวสะโพก - ขาพับ	วัดจากสะโพกถึงขาพับในท่านั่ง
	19. ความกว้างไหล่	วัดความกว้างจากต้นแขนทั้งสองข้างในท่านั่ง
	20. ความกว้างสะโพก	วัดจากส่วนกว้างสุดของสะโพกในท่านั่ง
	21. รอบเอว	วัดรอบเอว(สะดือ)ในท่านั่ง
	22. ความหนา (ลึก)อก	วัดจากส่วนที่นูนที่สุดของหน้าอกไปถึงด้านหลังในท่านั่ง
	23. ความหนา (ลึก)เอว	วัดจากหน้าท้อง(สะดือ)ไปถึงเอวในท่านั่ง
	24. น้ำหนัก	ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งแบบดิจิตอล

4. **การวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน**

เก้าอี้ที่นำมาประเมินจะต้องมีสภาพที่สมบูรณ์ ไม่สึกหรอ เป็นเก้าอี้ที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกับหลักการยศาสตร์ก็คือ มีพนักพิงหลังตรงและที่นั่งแบบราบไม่มีส่วนโค้ง



ภาพ 8 การวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน (โต๊ะเลคเชอร์)

ตาราง 4 การวัดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ใช้ในงานวิจัย

Furniture Measurement	Detail
1. ความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	วัดความสูงจากพื้นที่นั่งถึงแผ่นรองเขียนด้านบน
2. ความสูงของเก้าอี้	วัดความสูงจากพื้นถึงด้านบนเก้าอี้
3. ความกว้างของเก้าอี้	วัดความกว้างของเก้าอี้
4. ความลึกของเก้าอี้	วัดความลึกจากด้านหน้าถึงด้านหลังของเก้าอี้
5. ความสูงของพนักพิง	วัดความสูงจากพื้นถึงด้านบนพนักพิง
6. ความยาวแผ่นรองเขียน	วัดความยาวของแผ่นรองเขียน
7. ความกว้าง(ระยะ) จากแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง	วัดระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง
8. ความกว้างที่พักแขน	วัดความกว้างของที่พักแขน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างจากเกณฑ์ในการคัดออกของกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมตามที่กำหนดไว้ จำนวน 402 คน

2. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาทั้งข้อมูลของแบบสอบถามและข้อมูลที่ได้จากการวัดสัดส่วนร่างกาย ด้วยโปรแกรม Minitab เพราะจะช่วยอธิบายลักษณะของข้อมูลที่ได้มาชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีและมีความเหมาะสมต่อการตรวจสอบมากที่สุด

3. วิเคราะห์หาความสอดคล้องของผลจากอสมการที่มีอยู่โดยการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการวัดและผลที่ได้จากแบบสอบถาม เพื่อทำการตรวจสอบว่าอสมการใดที่สามารถนำมาใช้กับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์อสมการและผลของความสอดคล้อง

4. ทำการปรับปรุง แก้ไข อสมการที่มีผลของความไม่สอดคล้องด้วยหลักที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ และเพิ่มข้อกำหนดหรืออสมการสำหรับขนาดบางขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ควรจะต้องพิจารณา โดยสร้างหลักเกณฑ์ที่เป็นอสมการที่มีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

5. ทำการวิเคราะห์หาความสอดคล้องอีกครั้ง (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดลดลงกว่าเดิม เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าชุดอสมการที่ผ่านการตรวจสอบรวมถึงอสมการความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา สามารถที่จะนำไปใช้ประเมินความไม่เหมาะระหว่างสัดส่วนร่างกายของกลุ่มนักศึกษาต่าง ๆ กับขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในลักษณะใดก็ได้

6. นำหลักการจากอสมการที่ผ่านการตรวจสอบและที่สร้างหรือปรับปรุง มาใช้ในการกำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เพื่อให้มีความเหมาะสมกับนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้วิธี วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse) ครอบคลุมแผนภาพการกระจายของข้อมูล (Scatter Plot) ของความสัมพันธ์ 2 ตัวแปร โดยกำหนดวงรีล้อมรอบร้อยละ 90 ของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างที่อยู่ภายในวงรี โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ใกล้เส้นรอบวงรีนี้ เนื่องจากว่ากลุ่มตัวอย่างเหล่านี้เมื่อถูกเลือกนำมาพิจารณาในการออกแบบ ถ้าทำการตรวจสอบผลที่ได้มีความเหมาะสมแล้วแสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่อยู่ในวงรีก็จะให้ผลของความเหมาะสมด้วยเช่นกัน ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้จะเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดีและสามารถครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างของประชากรส่วนใหญ่ได้

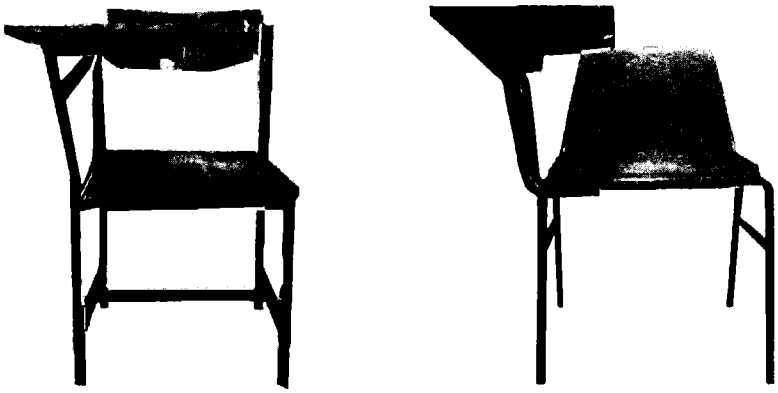
บทที่ 4

ผลการวิจัย

การออกแบบขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนให้มีความเหมาะสมสำหรับกลุ่มประชากรนั้น จำเป็นที่จะต้องมีหลักการหรือกฎเกณฑ์ในการประเมินความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นระหว่างสัดส่วนของร่างกายผู้ใช้งานกับขนาดของเก้าอี้ที่ได้มีการออกแบบไว้ในรูปแบบของอสมการในการประเมินความไม่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสม ความสบายของผู้ใช้งาน และรองรับท่านั่งที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ งานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาในการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายกับขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน และทำการออกแบบขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนให้มีความเหมาะสมด้วยวิธี วงรีความคลาดเคลื่อน (Bi-Variance Error Ellipse) ในการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของความสูงเก้าอี้และความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง และหลักการเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 50 และ 95 เพื่อหาขนาดของเก้าอี้ในส่วนที่เหลือ โดยจะนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ของผลการวิจัย ดังนี้

การประเมินความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่แผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่

เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดสัดส่วนร่างกายของกลุ่มนักศึกษาตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมและถูกต้องของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว งานวิจัยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเพื่อตรวจสอบว่าขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวรหรือไม่ โดยการนำขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่ ในงานวิจัยจะเลือกใช้ขนาดของเก้าอี้ 2 รูปแบบ ดังภาพ 9 มาทำการประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายนักศึกษากับอสมการของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ให้ผล ดังตาราง 5



รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2

ภาพ 9 รูปแบบของเก้าอี้ที่นำมาใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสม

ตาราง 5 การประเมินความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

	Type 1			Type 2		
Furniture Measurement	Dimensions (cm.)	Match (%)	Mismatch (%)	Dimensions (cm.)	Match (%)	Mismatch (%)
1. ความสูงของที่นั่ง	45.00	25.87	74.13	42.0	71.89	28.11
2. ความลึกของที่นั่ง	44.00	32.09	67.91	44.0	32.09	67.91
3. ความกว้างของที่นั่ง	38.50	79.35	20.65	42.0	93.53	6.47
4. ความสูงของพนักพิง	35.00	53.73	46.27	35.0	53.73	46.27
5. ความสูงของแผ่นรองเขียน จากพื้นที่นั่ง	28.00	32.84	67.16	31.0	9.45	90.55

ในแต่ละค่าสัดส่วนของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้อยู่ภายในมหาวิทยาลัย ได้ถูกนำมาประเมินความไม่เหมาะสมกับขนาดของสัดส่วนร่างกายในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษา โดยใช้อสมการสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในการประเมิน ยังพบว่ามีค่าร้อยละของความไม่เหมาะสม

1049198
- 3 มี.ค. 2565
สำนักหอสมุด

สูงในหลายๆขนาด เนื่องจากว่าเก้าอี้ที่มีการใช้งานอยู่ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังนั้น งานวิจัยจึงต้องทำการศึกษาเพื่อกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีความเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรนักศึกษา

การกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

การกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน จะกำหนดขนาดโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การกำหนดขนาดโดยใช้หลักการของอสมการของความไม่เหมาะสม และการกำหนดขนาดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ซึ่งในแต่ละส่วนจะนำเสนอหลักการหรือกฎเกณฑ์ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน และวิธีในการนำมาใช้เพื่อให้ได้ซึ่งขนาดที่เหมาะสมที่สุด ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดขนาดโดยใช้หลักการของอสมการของความไม่เหมาะสม

การกำหนดขนาดโดยใช้อสมการของความไม่เหมาะสมก็จะประกอบไปด้วย ขนาดความสูงของที่นั่ง ขนาดความสูงของแผ่นรองเขียน ขนาดความลึกของเก้าอี้ ขนาดความกว้างของเก้าอี้ และขนาดความสูงของพนักพิง โดยขนาดทั้งหมดนี้จะใช้อสมการในการวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมในแต่ละขนาด และทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในอสมการนั้น ๆ

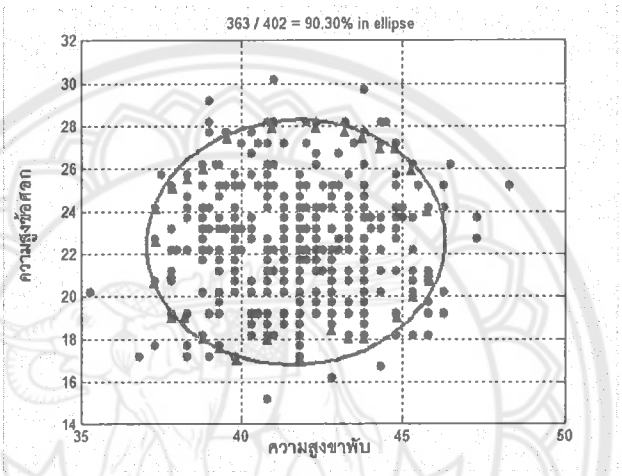
1.1 การกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งและขนาดความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง

เนื่องจากลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนจะถูกยึดติดในส่วนของที่นั่งและแผ่นรองเขียนเข้าด้วยกันซึ่งแตกต่างจากโต๊ะเก้าอี้ทั่วไป ทำให้ในการออกแบบขนาดความสูงของที่นั่งและขนาดความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งจะต้องทำการพิจารณาไปพร้อมกัน โดยในงานวิจัยจะใช้หลักการวงรีความคลาดเคลื่อนสองตัวแปร (Bi-Variance Error Ellipse) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงขาพับขณะนั่งไปกับความสูงข้อศอกขณะนั่ง เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งและขนาดความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง ที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มนักศึกษาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

วงรีความคลาดเคลื่อนสองตัวแปร (Bi-Variance Error Ellipse) จากที่กล่าวในทฤษฎีบทที่ 2 จะทำการวิเคราะห์ค่าของสองตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไปพร้อม ๆ กัน โดยข้อมูลของทั้งสอง

ตัวแปรจะถูกแสดงลงในแผนภาพ Scatter Plot จากนั้นใช้โปรแกรม Mathlab เข้ามาช่วยสำหรับสร้างวงรีล้อมรอบข้อมูลเพื่อช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยในงานวิจัยจะสร้างวงรีล้อมรอบร้อยละ 90 ของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดและแบ่งแยกเป็นกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาหญิง โดยจะใช้ทฤษฎี Bi-Variance Error Ellipse ในการหาความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งและความสูงของที่นั่ง

ก. กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด ดังภาพ 10



ภาพ 10 Bi-Variance Error Ellipse ของความสูงขาพับกับความสูงข้อศอก**ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด**

จากภาพ 10 จะได้วงรีล้อมรอบร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด โดยจะครอบคลุมข้อมูล 363 กลุ่มตัวอย่าง จาก 402 กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด จากนั้นจะทำการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างที่อยู่บริเวณใกล้กับเส้นขอบวงรีทั้งหมด 30 กรณี แสดงดังตาราง 6 มาวิเคราะห์หาความสูงที่นั่งและความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะถ้าหากกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้เป็นกลุ่มที่มีความเหมาะสมแล้ว กลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่อยู่ภายในวงรีก็จะเกิดความเหมาะสมด้วยเช่นกัน

ตาราง 6 ขนาดความสูงขาพับและความสูงข้อศอกสำหรับในการเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

	Case									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PH(cm)	45.3	43.2	42.8	44.8	45.8	45.8	39.8	43.3	44.8	39.3
EHS(cm)	26.2	28.2	18.7	19.2	20.7	24.2	17.2	18.2	27.2	17.7
	Case									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PH(cm)	37.3	38.8	40.8	38.3	37.8	40.8	37.8	38.3	37.8	44.3
EHS(cm)	24.2	18.2	28.2	25.7	19.2	18.2	21.2	19.2	25.2	27.2
	Case									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PH(cm)	45.8	37.3	41.8	45.3	38.8	37.3	43.8	39.5	43.8	41
EHS(cm)	21.2	22.7	17.2	20.2	26.2	20.7	18.2	27.7	27.7	28.2

จากตาราง 6 แสดงสัดส่วนความสูงขาพับและความสูงข้อศอกขณะนั่งของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมดที่ถูกเลือกจากวงรีล้อมรอบร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมด จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของความสูงที่นั่งและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมดของแต่ละ case โดยทำการประเมินอสมการความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งกับสัดส่วนความสูงข้อศอกขณะนั่ง จากอสมการ (6) และความสูงของที่นั่งกับสัดส่วนความสูงของขาพับ จากอสมการ (2) ซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความสูงขาพับและความสูงข้อศอกขณะนั่งแต่ละกรณีสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

Case	Investigation the Mismatch (%)									Case	Investigation the Mismatch (%)								
	PH	Match	Mismatch		EHS	Match	Mismatch		Total		PH	Match	Mismatch		EHS	Match	Mismatch		Total
			Low	High			Low	High	Match				Low	High			Low	High	Match
1	45.3	21.39	0.00	78.61	26.2	47.26	25.87	26.87	5.22	16	40.8	83.58	6.22	10.20	18.2	0.50	99.50	0.00	0.00
2	43.2	52.49	0.25	47.26	28.2	35.07	10.70	54.23	17.41	17	37.8	47.01	52.74	0.25	21.2	10.70	89.30	0.00	8.21
3	42.8	60.95	0.25	38.81	18.7	0.75	99.25	0.00	0.00	18	38.3	57.71	42.04	0.25	19.2	1.74	98.26	0.00	1.74
4	44.8	27.11	0.00	72.89	19.2	1.74	98.26	0.00	0.00	19	37.8	47.01	52.74	0.25	25.2	49.00	37.31	13.68	28.11
5	45.8	13.68	0.00	86.32	20.7	6.22	93.78	0.00	0.00	20	44.3	36.82	0.00	63.18	27.2	43.53	18.41	38.06	13.18
6	45.8	13.68	0.00	86.32	24.2	43.53	50.25	6.22	1.24	21	45.8	13.68	0.00	86.32	21.2	10.70	89.30	0.00	0.25
7	39.8	82.59	13.68	3.73	17.2	0.25	99.75	0.00	0.00	22	37.3	41.04	58.71	0.25	22.7	25.12	73.63	1.24	16.17
8	43.3	52.49	0.25	47.26	18.2	0.50	99.50	0.00	0.00	23	41.8	72.89	1.99	25.12	17.2	0.25	99.75	0.00	0.00
9	44.8	27.11	0.00	72.89	27.2	43.53	18.41	38.06	8.21	24	45.3	21.39	0.00	78.61	20.2	4.73	95.27	0.00	0.00
10	39.3	77.11	21.39	1.49	17.7	0.50	99.50	0.00	0.00	25	38.8	72.39	27.11	0.50	26.2	47.26	25.87	26.87	39.80
11	37.3	41.04	58.71	0.25	24.2	43.53	50.25	6.22	23.38	26	37.3	41.04	58.71	0.25	20.7	6.22	93.78	0.00	4.48
12	38.8	72.39	27.11	0.50	18.2	0.50	99.50	0.00	0.25	27	43.8	44.28	0.00	55.72	18.2	0.50	99.50	0.00	0.00
13	40.8	83.58	6.22	10.20	28.2	35.07	10.70	54.23	29.60	28	39.5	77.11	21.14	1.74	27.7	36.82	15.92	47.26	30.85
14	38.3	57.71	42.04	0.25	25.7	47.26	32.84	19.90	32.84	29	43.8	44.28	0.00	55.72	27.7	36.82	15.92	47.26	14.18
15	37.8	47.01	52.74	0.25	19.2	1.74	98.26	0.00	1.74	30	41.0	83.83	3.98	12.19	28.2	35.07	10.70	54.23	29.85

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของความสูงที่นั่งกับสัดส่วนของขาพับและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งกับสัดส่วนความสูงข้อศอกขณะนั่งกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าทุกกรณีมีจำนวนความเหมาะสมที่แตกต่างกันไป ดังนั้น จึงทำการตรวจสอบเพื่อเลือกกลุ่มตัวอย่างที่คิดว่ามีขนาดที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ โดยพิจารณาที่ค่าร้อยละของความเหมาะสมรวม (Total Match) มากที่สุดก่อน เนื่องจากลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่แตกต่างจากโต๊ะเก้าอี้ทั่ว ๆไป คือลักษณะของแผ่นรองเขียนที่ถูกยึดติดกับเก้าอี้ ทำให้จะต้องพิจารณาที่ความเหมาะสมทั้งความสูงที่นั่งกับสัดส่วนของขาพับและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งกับสัดส่วนความสูงข้อศอกขณะนั่งพร้อมกัน หรือให้ผลที่มีความเหมาะสมที่เหมือนกันทั้งสองด้าน โดยได้ทำการเลือก case ที่ 25, 14, 28, 30, 13 และ 19 ที่มีผลของความเหมาะสมรวมสูงตามลำดับ นอกจากนี้ยังพิจารณาเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าร้อยละความเหมาะสมของของแต่ละด้านหรือมีค่าที่อยู่ใกล้ขอบเขตที่ยอมรับได้ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ถูกการคัดเลือกทั้งหมด 10 กรณีมาทำการวิเคราะห์อีกครั้งเพื่อพิจารณาหาขนาดที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายนักศึกษาทั้งหมด ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์จากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด 10 กรณี

	Case																			
	25		14		28		30		13		19		2		29		20		9	
Total Match	160	39.80	132	32.84	124	30.85	120	29.85	119	29.60	113	28.11	70	17.41	57	14.18	53	13.18	33	8.21
PH(cm)	38.8		38.3		39.5		41.0		40.8		37.8		43.2		43.8		44.3		44.8	
Match	291	72.39	232	57.71	310	77.11	337	83.83	336	83.58	189	47.01	211	52.49	178	44.28	148	36.82	109	27.11
Lower Acceptable	109	27.11	169	42.04	85	21.14	16	3.98	25	6.22	212	52.74	1	0.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0-1 cm	54	49.54	83	49.11	45	52.94	12	75.00	17	68.00	103	48.58	1	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
1-2 cm	30	27.52	46	27.22	32	37.65	3	18.75	7	28.00	54	25.47	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2-3 cm	17	15.60	25	14.79	5	5.88	1	6.25	1	4.00	30	14.15	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3-4 cm	7	6.42	12	7.10	2	2.35	0	0.00	0	0.00	17	8.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
>4 cm	1	0.92	3	1.78	1	1.18	0	0.00	0	0.00	8	3.77	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Average	1.36		1.32		0.94		0.82		0.71		1.48		0.36		0.00		0.00		0.00	
Max	4.76		5.26		4.06		2.56		2.76		5.76		0.36		0.00		0.00		0.00	
Over Acceptable	2	0.50	1	0.25	7	1.74	49	12.19	41	10.20	1	0.25	190	47.26	224	55.72	254	63.18	293	72.89
0-1 cm	1	50.00	0	0.00	6	85.71	32	65.31	26	63.41	1	100.00	69	36.32	68	30.36	64	25.20	69	23.55
1-2 cm	1	50.00	1	100.00	0	0.00	15	30.61	13	31.71	0	0.00	50	26.32	55	24.55	69	27.17	68	23.21
2-3 cm	0	0.00	0	0.00	1	14.29	1	2.04	1	2.44	0	0.00	45	23.68	60	26.79	50	19.69	55	18.77
3-4 cm	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	2.04	1	2.44	0	0.00	20	10.53	26	11.61	45	17.72	60	20.48
>4 cm	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	3.16	15	6.70	26	10.24	41	13.99
Average	0.90		1.15		0.68		0.88		0.82		0.65		1.55		1.85		2.11		2.29	
Max	1.65		1.15		2.35		3.85		3.65		0.65		6.05		6.65		7.15		7.65	

ตาราง 8 (ต่อ)

	Case																			
	25		14		28		30		13		19		2		29		20		9	
EHS(cm)	26.2		25.7		27.7		28.2		28.2		25.2		28.2		27.7		27.2		27.2	
Match	190	47.26	190	47.26	148	36.82	141	35.07	141	35.07	197	49.00	141	35.07	148	36.82	175	43.53	175	43.53
Lower Acceptable	104	25.87	132	32.84	64	15.92	43	10.70	43	10.70	150	37.31	43	10.70	64	15.92	74	18.41	74	18.41
0-1 cm	30	28.85	33	25.00	27	42.19	16	37.21	16	37.21	46	30.67	16	37.21	27	42.19	31	41.89	31	41.89
1-2 cm	31	29.81	35	26.52	12	18.75	18	41.86	18	41.86	30	20.00	18	41.86	12	18.75	16	21.62	16	21.62
2-3 cm	16	15.38	27	20.45	17	26.56	5	11.63	5	11.63	31	20.67	5	11.63	17	26.56	18	24.32	18	24.32
3-4 cm	18	17.31	12	9.09	5	7.81	4	9.30	4	9.30	16	10.67	4	9.30	5	7.81	5	6.76	5	6.76
>4 cm	9	8.65	25	18.94	3	4.69	0	0.00	0	0.00	27	18.00	0	0.00	3	4.69	4	5.41	4	5.41
Average	2.36		2.35		1.69		1.78		1.78		2.57		1.78		1.69		1.96		1.96	
Max	6.00		6.50		4.50		4.00		4.00		7.00		4.00		4.50		5.00		5.00	
Over Acceptable	108	26.87	80	19.90	190	47.26	218	54.23	218	54.23	55	13.68	218	54.23	190	47.26	153	38.06	153	38.06
0-1 cm	53	49.07	39	48.75	62	32.63	65	29.82	65	29.82	30	54.55	65	29.82	62	32.63	45	29.41	45	29.41
1-2 cm	30	27.78	28	35.00	48	25.26	45	20.64	45	20.64	15	27.27	45	20.64	48	25.26	53	34.64	53	34.64
2-3 cm	15	13.89	8	10.00	39	20.53	53	24.31	53	24.31	9	16.36	53	24.31	39	20.53	30	19.61	30	19.61
3-4 cm	9	8.33	4	5.00	28	14.74	30	13.76	30	13.76	1	1.82	30	13.76	28	14.74	15	9.80	15	9.80
>4 cm	1	0.93	1	1.25	13	6.84	25	11.47	25	11.47	0	0.00	25	11.47	13	6.84	10	6.54	10	6.54
Average	1.31		1.18		1.89		2.11		2.11		1.10		2.11		1.89		1.78		1.78	
Max	4.85		4.35		6.35		6.85		6.85		3.85		6.85		6.35		5.85		5.85	

การวิเคราะห์จากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด 10 case เมื่อพิจารณาที่ความเหมาะสมรวมมากที่สุด พบว่า case 25 และ case 14 มีเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมรวมมากที่สุดจึงถูกนำมาพิจารณา แต่เมื่อทำการพิจารณาดูในส่วนของความไม่เหมาะสมที่ความสูงของที่นั่งต่ำกว่าสัดส่วนของร่างกายใน case 14 จะมีค่าที่ค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับ case 19 ที่มีค่าความไม่เหมาะสมต่ำถึง 212 คน โดยคิดเป็น 52.74 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และยังมีค่าความสูงของที่นั่งต่ำถึง 5.76 ซม. ดังนั้น case ต่าง ๆ เหล่านี้ ถึงแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมรวมที่สูงแต่ก็ยังทำให้เกิดปัญหาในกรณีที่ค่าความสูงของที่นั่งต่ำมาก ๆ เนื่องจากว่า ความสูงของเก้าอี้มีค่าต่ำเกินไป จะทำให้กระดูกสะโพกรับน้ำหนักมากเกินไป ทำให้เกิดแรงกดและการบีบอัดบริเวณนี้ (Evans et al., 1988) มีผลของความรุนแรงมากกว่าความสูงของเก้าอี้ที่สูงเกินไปซึ่งอาจจะหลีกเลี่ยงได้โดยการวางเท้าในระดับที่สูงขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงแรงกดบริเวณขาพับ Case 28, case 30 และ case 13 ได้ถูกพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมรวมและเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมความสูงที่นั่งกับสัดส่วนของขาพับที่มากถึง 77.11, 83.83 และ 83.58 ตามลำดับ แต่เนื่องจาก case 30 และ case 13 ที่มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากจึงถูกเลือกพิจารณาที่ค่าใดค่าหนึ่ง และทำให้ Case 28 และ case 30 ถูกเลือกเพื่อหาค่าที่เหมาะสมมากที่สุด ส่วน case 2, case 29, case 20 และ case 9 พบเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมรวมค่อนข้างน้อย และไม่มีเปอร์เซ็นต์ความไม่เหมาะสมของความสูงที่นั่งที่ต่ำกว่าหรือพบแค่เพียง 1 คนเท่านั้น แต่จะมีผลของความสูงที่นั่งที่สูงเกินไปมาก ทำให้ถ้าเก้าอี้ที่สูงมาก ๆ ก็จะส่งผลต่อความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบริเวณขาพับ

ดังนั้น จากการวิเคราะห์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด 10 case พบว่ามี case 25, case 28 และ case 30 ถูกนำมาพิจารณาให้เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบความสูงที่นั่งของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด และจะเลือกเพียง 1 case เท่านั้น ที่จะสามารถให้ค่าของความเหมาะสมที่ดีที่สุด ดังนั้น case 28 และ case 25 ที่ถูกเลือกให้มีความเหมาะสมรวมที่มากที่สุด แต่ก็ยังจะส่งผลกระทบต่อค่าความไม่เหมาะสมของที่นั่งที่ต่ำเกินไป และเช่นเดียวกันถ้าพิจารณาในด้านของความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นกับค่าความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งก็ยังพบความไม่เหมาะสมของแผ่นรองเขียนที่ต่ำเกินไป ซึ่งมีค่าที่สูงกว่า case 30 ทำให้ความไม่เหมาะสมเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะท่านั่งของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะเกิดลักษณะการก้มคอที่จะส่งผลกระทบต่อบริเวณคอและหลังส่วนบน แต่ใน case ที่ 30 ถึงแม้ว่าจะมีความเหมาะสมรวมไม่สูงที่สุด เมื่อทำการพิจารณาในส่วนของความไม่เหมาะสมที่เกิด

ขึ้นกับค่าความสูงของที่นั่ง พบว่า เมื่อ case นี้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบจะทำให้ความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่า case อื่น ๆ โดยเฉพาะ ความไม่เหมาะสมของที่นั่งที่เตี้ยเกินไป และเช่นเดียวกันถ้าพิจารณาในด้านของความไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นกับค่าความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งก็ยังพบความไม่เหมาะสมของแผ่นรองเขียนที่ต่ำเกินไปมีค่าน้อย ทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเกิดลักษณะการก้มคอที่จะส่งผลกระทบต่อบริเวณคอและหลังส่วนบน ในงานวิจัยจึงทำการพิจารณา ที่ case 30 ที่มีค่าความสูงขาพับเท่ากับ 41.0 เซนติเมตร และความสูงข้อศอกขณะนั่ง 28.2 เซนติเมตร มาใช้ในการพิจารณาให้เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบของความสูงที่นั่งกับความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

จากนั้น จะนำค่าของทั้ง 3 case เบื้องต้น มาทำการพิจารณาในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมจากกลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือก

กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด				กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชาย				กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาหญิง			
Case	25	28	30	Case	25	28	30	Case	25	28	30
Total Match	39.80	30.85	29.85	Total Match	25.00	21.63	30.77	Total Match	55.67	40.72	28.87
PH(cm)	38.8	39.5	41.0	PH(cm)	38.8	39.5	41.0	PH(cm)	38.8	39.5	41.0
Match	72.39	77.11	83.83	Match	53.37	63.46	89.42	Match	92.78	91.75	77.84
Low				Low				Low			
Mismatch	27.11	21.14	3.98	Mismatch	46.63	36.54	6.73	Mismatch	6.19	4.64	1.03
Average	1.36	0.94	0.82	Average	1.38	0.95	0.88	Average	1.19	0.81	0.39
Max	4.76	4.06	2.56	Max	4.76	4.06	2.56	Max	2.59	1.89	0.39
High				High				High			
Mismatch	0.50	1.74	12.19	Mismatch	0.00	0.00	3.85	Mismatch	1.03	3.61	21.13
Average	0.90	0.68	0.88	Average	0.00	0.00	0.41	Average	0.90	0.68	0.97
Max	1.65	2.35	3.85	Max	0.00	0.00	0.86	Max	1.65	2.35	3.85
EHS(cm)	26.2	27.7	28.2	EHS(cm)	26.2	27.7	28.2	EHS(cm)	26.2	27.7	28.2
Match	47.26	36.82	35.07	Match	37.02	30.29	33.65	Match	58.25	43.81	36.60
Low				Low				Low			
Mismatch	25.87	15.92	10.70	Mismatch	42.31	28.37	19.71	Mismatch	8.25	2.58	1.03
Average	2.36	1.69	1.78	Average	2.52	1.76	1.81	Average	1.53	0.92	1.25
Max	6.00	4.50	4.00	Max	6.00	4.50	4.00	Max	4.00	2.50	2.00
High				High				High			
Mismatch	26.87	47.26	54.23	Mismatch	20.67	41.35	46.63	Mismatch	33.51	53.61	62.37
Average	1.31	1.89	2.11	Average	1.19	1.70	1.98	Average	1.38	2.04	2.22
Max	4.85	6.35	6.85	Max	3.99	5.49	5.99	Max	4.85	6.35	6.85

จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการคัดเลือกของนักศึกษาทั้งหมด 3 case มาทำการพิจารณาในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง จะเห็นว่า 3 อันดับที่ดีที่สุดหรือที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบของความสูงที่นั่งกับความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด ถ้านำมาใช้พิจารณาการออกแบบในขนาดกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง จะเห็นได้ว่า มีค่าความไม่เหมาะสมที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาชาย ที่มีความไม่เหมาะสมเนื่องจากเก้าอี้ที่เตี้ยจนเกินไปถึง 46.63% ดังนั้น ขนาดที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด ไม่สามารถทำให้ได้ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายหรือหญิงได้ เนื่องจากว่าชายและหญิงมีสัดส่วนที่ค่อนข้างจะแตกต่างกันไป

1.2 การกำหนดขนาดความลึกของที่นั่ง

ขนาดความลึกของที่นั่ง โดยสามารถวัดจากปลายขอบเก้าอี้ด้านหน้าไป จะพิจารณาที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกจนถึงขาพับ(BPL) เพื่อหลีกเลี่ยงการนั่งเก้าอี้ที่ลึกเกินไปสำหรับกลุ่มผู้ใช้งานที่มีขนาดความยาวของสะโพกถึงขาพับน้อย ซึ่งจะเกิดการบีบอัดของพื้นผิวที่นั่งกับบริเวณข้อพับ และที่สำคัญเมื่อมีการใช้งานบริเวณส่วนหลังจะต้องสัมผัสหรือติดกับพนักพิงให้มากที่สุดเพื่อพนักพิงสามารถที่จะรองรับและสนับสนุนกระดูกสันหลังส่วนเอว ดังนั้น อสมการ (3) ถูกนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับความลึกของที่นั่ง โดยแสดงผลถึงค่าที่มีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบความลึกของที่นั่ง ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความลึกของที่นั่ง

เพศ	ความยาวสะโพกถึงขาพับ (cm)	อสมการ	ค่าที่เหมาะสม (cm)	ค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบ (cm)
ชายและหญิง	40.50	$0.80(40.50) \leq SD \leq 0.95(40.50)$	32.40 – 38.47	38.47
ชาย	41.18	$0.80(41.18) \leq SD \leq 0.95(41.18)$	32.94 – 39.12	39.12
หญิง	40.00	$0.80(40.00) \leq SD \leq 0.95(40.00)$	32.00 – 38.00	38.00

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของขนาดความลึกของที่นั่งโดยใช้สัดส่วนความยาวสะโพกถึงขาพับกับอสมการ ในตาราง 10 จะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกจนถึงขาพับในการตรวจสอบความไม่เหมาะสมกับอสมการความลึกของทีนั่ง พบว่าในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกจนถึงขาพับ เท่ากับ 40.50 เซนติเมตร และเมื่อนำมาทำการตรวจสอบในอสมการพบว่ามีค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 32.40-38.47 เซนติเมตร นั้นหมายความถึงถ้าขนาดความลึกของที่นั่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 32.40-38.47 เซนติเมตร แสดงว่า ความกว้างของที่นั่งที่ถูกออกแบบมานั้นมีความเหมาะสมกับสัดส่วนของร่างกายผู้ใช้งาน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะทำการพิจารณาการออกแบบขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับความลึกของที่นั่ง โดยกำหนดให้ขอบบนของอสมการเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากว่าได้เลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 มาพิจารณา ซึ่งถือได้ว่าเป็นค่าที่น้อย ถ้าทำการพิจารณาที่ขอบล่างของอสมการมาใช้ในการออกแบบจะทำให้ขนาดของความลึกของที่นั่งมีค่าที่น้อยมาก หรือมีค่าเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มผู้ใช้งานส่วนน้อย จึงทำให้เลือกขนาดขอบบนจากอสมการมาใช้ในการออกแบบโดยมีค่าเท่ากับ 38.47 เซนติเมตร ให้เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดขนาดความลึกของที่นั่งในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

จากนั้นทำการพิจารณาในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง ซึ่งโดยปกติแล้วเพศชายจะมีสัดส่วนที่มากกว่าเพศหญิง จึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของความยาวสะโพกถึงขาพับในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายมีค่ามากกว่าหญิง โดยกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายมีค่าปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระยะจากสะโพกจนถึงขาพับ เท่ากับ 41.18 เซนติเมตร และกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาหญิง เท่ากับ 40.00 เซนติเมตร ดังนั้น จึงทำการเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดขนาดความลึกของที่นั่งสำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง คือ 39.12 เซนติเมตร และ 38.00 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.3 การกำหนดขนาดความกว้างของที่นั่ง

ในการกำหนดความกว้างของที่นั่ง จะพิจารณาที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างสะโพกขณะนั่ง เพื่อที่จะให้ที่นั่งมีขนาดกว้างพอที่จะรองรับผู้ใช้งานที่มีความกว้างสะโพกมาก ได้โดยจะใช้อสมการ (4) ในการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับความกว้างของที่นั่ง และแสดงผล ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความกว้างของที่นั่ง

เพศ	ความกว้างสะโพก (cm)	อสมการ SW > HW	ค่าที่เหมาะสม (cm)	ค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบ (cm)
ชาย และหญิง	42.00	SW > 42.00	>42.00	46.20
ชาย	40.93	SW > 40.93	>40.93	45.02
หญิง	44.00	SW > 44.00	>44.00	48.40

จากการตรวจสอบความเหมาะสมความกว้างของสะโพก เพื่อหาความกว้างของที่นั่งให้เหมาะสมกับสัดส่วนผู้ใช้งาน โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างสะโพกในการตรวจสอบอสมการ ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 42.00 เซนติเมตร ดังนั้น ค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการกำหนดขนาดความกว้างของที่นั่งจะต้องมากกว่า 42.00 เซนติเมตร จึงจะถือได้ว่าเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมต่อกลุ่มผู้ใช้งานของนักศึกษาทั้งหมด โดยงานวิจัยได้พิจารณาว่า ถ้าการออกแบบอยู่ในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 จะทำให้กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความกว้างสะโพกที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์นี้เกิดการนั่งที่พอดีจนเกินไป ทำให้ไม่มีช่องว่างเผื่อสำหรับการเคลื่อนไหว และยังกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความกว้างสะโพกอยู่ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่มากกว่า 95 ก็จะเกิดการนั่งที่ไม่เหมาะสม จะเกิดความอึดอัด ไม่สะดวกสบาย ดังนั้น จึงให้ค่าที่แนะนำสำหรับการกำหนดขนาดความกว้างของเก้าอี้จากเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 0.1 เพื่อให้ที่นั่งมีขนาดกว้างพอที่จะรองรับกลุ่มผู้ใช้งานทั้งหมดได้โดยที่ไม่กว้างจนเกินไป ซึ่งจะเท่ากับ 46.20 เซนติเมตร ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด และเมื่อทำการแบ่งแยกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิง จะมีค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบขนาดความกว้างของเก้าอี้เท่ากับ 45.02 เซนติเมตร และ 48.40 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.4 การกำหนดขนาดความสูงของพนักพิง

ในการกำหนดความสูงพนักพิง จะทำการกำหนดขนาดจากพนิงพิงด้านบนสุดจนถึงด้านล่างสุดหรือพื้นที่นั่งของเก้าอี้ ความสูงพนักพิงจะต้องเพียงพอต่อการสนับสนุนและรองรับบริเวณส่วนหลังได้เป็นอย่างดี เพื่อช่วยในการส่งเสริมของลักษณะการนั่งที่ถูกต้อง ดังนั้น อสมการ (5) จึง

เหมาะสมในการออกแบบความสูงของพนักพิงสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยพิจารณาให้ความสูงของพนักพิงควรมีค่าที่ต่ำกว่าหรือเกือบจะเทากับกระดูกสะบัก ซึ่งจะประมาณค่าอยู่ที่ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในความสูงไหล่ผู้ใช้งาน เพื่อประเมินผลในการหาค่าที่เหมาะสมกับการออกแบบขนาดของความสูงพนักพิง ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินอสมการเพื่อกำหนดขนาดความสูงพนักพิง

เพศ	ความสูงไหล่ (cm)	อสมการ 0.60SHH ≤ UEB ≤ 0.80SHH	ค่าที่เหมาะสม (cm)	ค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบ (cm)
ชาย และหญิง	63.20	0.6(63.20) ≤ UEB ≤ 0.80(63.20)	37.92 – 50.56	37.92
ชาย	64.20	0.6(64.20) ≤ UEB ≤ 0.80(64.20)	38.52 – 51.36	38.52
หญิง	60.07	0.6(60.07) ≤ UEB ≤ 0.80(60.07)	36.04 – 48.06	36.04

จากการตรวจสอบความเหมาะสมระหว่างความสูงไหล่กับความสูงพนักพิงของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับอสมการ จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 จะได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบอยู่ระหว่าง 37.92-50.56 กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด งานวิจัยจึงทำการพิจารณาเลือกค่าที่ดีที่สุดสำหรับการกำหนดขนาดของความสูงพนักพิง โดยใช้ขอบล่างของอสมการเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากว่าสัดส่วนร่างกายได้ถูกออกแบบสำหรับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มผู้ใช้งาน ถ้าพิจารณาที่ขอบบนจะทำให้ค่าความสูงของพนักพิงสูงขึ้นไปจะส่งผลต่อกลุ่มผู้ใช้งานในขนาดสัดส่วนที่เล็กลงมา ดังนั้น จึงใช้ความสูงของพนักพิงที่ 37.92 เซนติเมตร ในการกำหนดค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด และในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชายและหญิงเท่ากับ 38.52 เซนติเมตร , 36.04 เซนติเมตร ตามลำดับ

2. การกำหนดขนาดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์

การกำหนดขนาดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ก็จะประกอบไปด้วย ขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน ขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงและขนาดความกว้างของแผ่นรองแขน ณ บริเวณที่พักแขน ขนาดทั้งหมดนี้งานวิจัยได้ทำการกำหนดขึ้นสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ในการพิจารณาหาค่าความเหมาะสมในแต่ละขนาด

2.1 การกำหนดขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน

เนื่องจากยังไม่มีหลักการใด ๆ ที่ใช้สำหรับการประเมินความไม่เหมาะสมในการกำหนดขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน โดยลักษณะของความยาวของแผ่นรองเขียนของเก้าอี้ชนิดนี้จะพิจารณาที่ระยะระหว่างขอบบนสุดของโต๊ะไปจนถึงขอบล่างสุดในส่วนที่เป็นที่พักแขน และเนื่องจากตำแหน่งของแผ่นรองเขียนจะอยู่บริเวณด้านหน้าผู้ใช้งาน เมื่อมีการนั่งใช้งานความยาวของแผ่นรองเขียนนี้จะต้องเพียงพอต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ บนพื้นที่เหล่านี้ด้วย ดังนั้น ถ้าความยาวของแผ่นรองเขียนอยู่ในระยะที่แขนของผู้ใช้งานสามารถเอื้อมถึง แสดงว่าความยาวของแผ่นรองเขียนนี้เพียงพอสำหรับการทำกิจกรรมต่าง ๆ และหากว่า ถ้าแผ่นรองเขียนมีลักษณะที่ยาวเกินออกไปก็จะทำให้เกิดการเอื้อมตัวไปมากขึ้นเท่านั้นซึ่งจะขัดกับคุณลักษณะของเก้าอี้ชนิดนี้ที่ต้องการประหยัดพื้นที่ หรือถ้าหากว่าสั้นจนเกินไปก็ไม่สามารถที่จะสนับสนุนส่วนแขนได้เต็มที่และส่งผลให้เกิดความอึดอัดในขณะที่มีการใช้งานอยู่

ดังนั้น ในงานวิจัยจึงทำการพิจารณาความเหมาะสมจากระยะระหว่างช่วงของแขน คือ แขนท่อนบนและแขนท่อนล่าง ในขณะที่มีการเหยียดแขนไปทางด้านหน้า ก็จะเกิดมุมงอของไหล่ในแขนท่อนบน ซึ่งก็จะนำหลักการและทฤษฎีเดียวกับChaffin and Andersson (1991) ที่กล่าวถึงมุมงอของไหล่ที่สามารถยอมรับได้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อความเมื่อยล้าและเกิดความสะดวกสบายในการใช้งานไม่เกิน 25 องศา มาใช้ในการพิจารณาการสร้างสมการ (7) โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ในการออกแบบความยาวแผ่นรองเขียนที่มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายนักศึกษา

$$DL = UA(\sin 25^{o}) + FA \quad (7)$$

เมื่อ DL = ความยาวของแผ่นรองเขียน

UA = ความยาวแขนท่อนบน (ระยะจากไหล่ถึงข้อศอก)

FA = ความยาวแขนท่อนล่าง (ระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้ว)

ดังนั้น จะทำการประเมินสมการ เพื่อกำหนดขนาดความยาวของแผ่นรองเขียน ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินสมการเพื่อกำหนดขนาดความยาวของแผ่**นรองเขียน**

เพศ	ความยาวแขน ท่อนบน : UA (cm)	ความยาวแขน ท่อนล่าง : FA (cm)	สมการ DL=UA(sin25°)+FA	**ค่าที่แนะนำสำหรับการออกแบบ (cm)**
ชาย และหญิง	36.50	45.00	DL=36.50(sin25°)+45.00	60.43
ชาย	37.50	47.00	DL=37.50(sin25°)+47.00	62.85
หญิง	35.00	43.00	DL=35.00(sin25°)+43.00	57.79

จากสมการที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบความยาวของแผ่นรอง**เขียน** จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของความยาวแขนท่อนบนโดยพิจารณาในส่วนของมุมที่เกิดขึ้น และความยาวแขนท่อนล่าง จะทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับการกำหนดขนาดของความยาวแผ่นรองเขียนอยู่ที่ 60.43 เซนติเมตร สำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด 62.85 เซนติเมตร ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชาย และ 57.79 เซนติเมตร ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาหญิง

2.2 การกำหนดขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง

การหาระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำการศึกษาในลักษณะของโต๊ะเก้าอี้ที่ถูกยึดติดเข้าด้วยกัน จึงทำให้ไม่สามารถเลื่อนเข้า-ออก เหมือนโต๊ะเก้าอี้ทั่วไปได้ ดังนั้น ระยะห่างจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมพอที่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถนั่งได้อย่างสะดวกสบายด้วย จึงได้มีการพิจารณาจาก บริเวณสัดส่วนร่างกายที่เกิดการสัมผัสหรือได้รับ

ผลกระทบจากระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงนี้ นั่นคือ ความหนาเอว เนื่องจากขณะที่นั่งใช้งาน บริเวณเอวจะเป็นส่วนที่หนาที่สุดของร่างกายสำหรับนักศึกษาชาย และบริเวณหน้าอกจะเป็นส่วนที่หนาสุดสำหรับนักศึกษาหญิงส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับของแผ่นรองเขียน ซึ่งจะอยู่ใกล้กับบริเวณเอวมากกว่า ดังนั้น ความหนาเอว จึงถูกนำมาพิจารณาในการกำหนดระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง เพื่อให้เกิดช่วงของการเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างสะดวกสบาย โดยจะยึดหลักเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความหนาเอว เพื่อให้ได้ขนาดที่มีความเหมาะสม ดังนี้

- ขนาดที่เหมาะสมในการกำหนดค่าของระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด คือ 26.50 เซนติเมตร

- ขนาดที่เหมาะสมในการกำหนดค่าของระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชาย คือ 27.40 เซนติเมตร

- ขนาดที่เหมาะสมในการกำหนดค่าของระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาหญิง คือ 24.50 เซนติเมตร

2.3 **การกำหนดขนาดความกว้างของแผ่นรองแขน ณ บริเวณที่พักแขน**

ที่พักแขนเป็นส่วนที่รองรับและสนับสนุนบริเวณข้อศอกและช่วงแขนท่อนล่าง เพื่อช่วยในการผ่อนแรง บรรเทากล้ามเนื้อโหลดที่บริเวณคอ ไหล่และแขน และลดการโหลดของน้ำหนักบนที่นั่ง (Nag et al., 2008) อย่างไรก็ตามข้อเสียของการออกแบบที่ไม่ดีหรือกีดขวางตำแหน่งการใช้งานผู้ใช้งานอาจจะเกิดความอึดอัด ไม่สะดวกสบาย จึงมีงานวิจัยของ Rani Lueder and Allie.(1999) ได้แนะนำว่าความกว้างของที่พักแขน ควรมีขนาดความกว้างประมาณ 4 นิ้ว (10 เซนติเมตร) โดยพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างที่มากที่สุดของแขนส่วนล่าง (Forearm) โดยใช้ผลจากการสำรวจข้อมูลจากประชากรชาวอเมริกา เนื่องจากว่าข้อมูลของประชากรที่ใช้มีค่าของขนาดสัดส่วนที่มากกว่ากลุ่มประชากรของงานวิจัย ดังนั้น ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มประชากรชาวอเมริกาก็สามารถที่จะนำมาใช้ในการกำหนดขนาดความกว้างของแผ่นรองเขียนในงานวิจัยนี้ได้เช่นกัน

สรุปการประเมินความเหมาะสมของการกำหนดขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

จากการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ไม่ว่าจะเป็นขนาดความสูงที่นั่งและความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งโดยใช้วิธี Bi-Variance Error Ellipse โดยใช้อสมการความสูงที่นั่งและอสมการความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง ส่วนขนาดความลึกของที่นั่ง ขนาดความกว้างของที่นั่งและขนาดความสูงของพนักพิง ถูกกำหนดขนาดจากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยใช้อสมการที่มีอยู่ เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถนำหลักการหรืออสมการซึ่งถูกยอบรับในหลายงานวิจัยที่ใช้ในการ ประเมินความไม่เหมาะสมสำหรับเก้าอี้ทั่ว ๆไป มาใช้ในการตรวจสอบความไม่เหมาะสมสำหรับขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนได้ โดยผ่านการตรวจสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการประเมินผลของความเหมาะสมที่เกิดขึ้น เพื่อพิสูจน์ได้ว่าในการกำหนดขนาดต่าง ๆ ของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในงานวิจัยนี้สามารถให้ผลของระดับความเหมาะสมที่สูงขึ้นดังตาราง 14 นอกจากนั้นในด้านของขนาดที่กำหนดไว้สำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน คือ ความยาวของแผ่นรองเขียน ระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง และความกว้างที่พักแขน ก็จะเป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาโดยอาศัยหลักการทางกายศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิจารณา

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมขนาดต่าง ๆ ของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

Furniture Measurement	Dimensions (cm.)	Match (%)	Match Total (%)
1. ความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	28.20	35.07	29.85
2. ความสูงของที่นั่ง	41.00	83.83	
3. ความลึกของที่นั่ง	38.47	84.33	
4. ความกว้างของที่นั่ง	46.20	98.51	
5. ความสูงของพนักพิง	37.92	96.02	
6. ความยาวแผ่นรองเขียน	60.43	-	
7. ความกว้าง(ระยะ) จากแผ่นรองเขียนถึงพนักพิง	26.50	-	
8. ความกว้างที่พักแขน	10.00	-	

สรุปผลการเปรียบเทียบขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบ

จากการกำหนดขนาดสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในงานวิจัย โดยผ่านกระบวนการตรวจสอบความสอดคล้อง การประเมินความไม่เหมาะสม วิธีการการวิเคราะห์หาค่าที่ดีที่สุด และการกำหนดหลักการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งขนาดที่มีความเหมาะสมที่ดีที่สุดสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบในแต่ละขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบ เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะพิสูจน์ได้ว่าหลักการที่ใช้ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนสามารถทำให้ผลที่ได้ของขนาดที่กำหนดขึ้นมีความเหมาะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนาดสัดส่วนของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้อยู่ ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับนักศึกษาทั้งหมด

S

Furniture Measurement	Type I			Type II			แบบแนะนำ		
	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match
1. SDH	28.00	32.84	5.97	31.00	9.45	6.97	28.20	35.07	29.85
2. SH	45.00	25.87		42.00	71.89		41.00	83.83	
3. SD	44.00	32.09		44.00	32.09		38.47	84.33	
4. SW	38.50	79.35		42.00	93.53		46.20	98.51	
5. UEB	35.00	53.73		35.00	53.73		37.92	96.02	
6. DL	54.00	-		59.00	-		60.43	-	
7. DDB	30.00	-		34.00	-		26.50	-	
8. RW	10.00	-		9.00	-		10.00	-	

ความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เมื่อทำการตรวจสอบความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งกับสัดส่วนของขาพับ โดยใช้อสมการของความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งมาวิเคราะห์ เพื่อบ่งบอกว่าในสัดส่วนขาพับของนักศึกษาแต่ละคนมีความเหมาะสมกับขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนที่มีอยู่หรือไม่ ซึ่งพบว่าในเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแบบที่ 1 (เก้าอี้ไม้) ที่ขนาดของความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง 28.00 เซนติเมตร มีความเหมาะสมคิดเป็น 32.08% ในขณะที่เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแบบที่ 2 (เก้าอี้สีฟ้า) มีความเหมาะสมที่น้อยมาก คิดเป็น 9.45% ซึ่งเนื่องมาจากลักษณะของความสูงแผ่นรองเขียนที่สูงเกินไปและต่ำเกินไป เมื่อความสูงแผ่นรองเขียนที่สูงเกินไปทำให้ในขณะที่มีการใช้งาน ในส่วนของแขนที่เกิดการสัมผัสบริเวณแผ่นรองเขียนมีลักษณะของการยกสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดความไม่สบายบริเวณแขนและไหล่ผู้ใช้งาน แต่ถ้าความสูงแผ่นรองเขียนที่ต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการก้มตัวลงไปเพื่อทำการเขียน การอ่าน ซึ่งลักษณะนี้จะส่งผลกระทบต่อบริเวณคอและหลังที่เกิดจากก้มคอหรือโน้มตัวลงมา เพื่อที่จะสามารถเห็นลักษณะของงานที่ทำได้อย่างชัดเจน ด้วยผลกระทบจากความไม่เหมาะสมของความสูงแผ่นรองเขียนข้างต้น ทางงานวิจัยจึงทำการกำหนดเพื่อหาขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนที่เหมาะสมกับสัดส่วนของนักศึกษามากที่สุดโดยการใช้วิธี Bi-Variance Error Ellipse ซึ่งจะได้ขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง เท่ากับ 28.20 เซนติเมตร และให้ค่าของความเหมาะสมเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 35.07%

ความสูงของที่นั่งจะทำการกำหนดขนาดและพิจารณาไปพร้อมกับความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งเนื่องจากเป็นขนาดที่จะต้องมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งจะใช้วิธีเดียวกับการกำหนดขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งเพื่อให้ได้ขนาดที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับหลุ่มตัวอย่างนักศึกษา จากขนาดความสูงของที่นั่งเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแบบที่ 1 (เก้าอี้ไม้) และ เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแบบที่ 2 (เก้าอี้สีฟ้า) จะให้ค่าความเหมาะสมเท่ากับ 25.81 เซนติเมตร และ 71.89 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วผลวิเคราะห์พบว่าจะมีลักษณะของความสูงที่ค่อนข้างสูงจนเกินไป ทำให้เกิดการกดทับบริเวณต้นขาด้านล่าง ดังนั้น ขนาดความสูงของที่นั่งไม่ควรจะให้เกินสัดส่วนความสูงของขาพับผู้ใช้งาน และสามารถกำหนดหาขนาดความสูงของที่นั่ง เท่ากับ 41.00 เซนติเมตร และให้ค่าของความเหมาะสมเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 83.83%

เมื่อทำการตรวจสอบทั้งสองขนาดพร้อมกัน จะแสดงให้เห็นว่าความเหมาะสมรวมที่เกิดขึ้นกับเก้าอี้ที่มีการใช้อยู่ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับขนาดที่ได้กำหนดขึ้นมาจากหลักการการประเมินต่าง ๆ ซึ่งมีค่าความเหมาะสมรวมอยู่ที่ 29.85 % เนื่องจากเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนมีลักษณะในด้านของเก้าอี้กับแผ่นรองเขียนที่ติดกัน ในงานวิจัยจึงทำการพิจารณาความเหมาะสมที่เกิดขึ้นกับทั้งสองขนาด เพราะว่าถ้าหากขนาดใดขนาดหนึ่งเกิดความไม่เหมาะสมก็จะทำให้ลักษณะในการใช้งานไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

ความลึกของที่นั่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนความยาวระหว่างสะโพกถึงขาพับจากการประเมินความเหมาะสมของขนาดความลึกของเก้าอี้ที่มีอยู่กับขนาดสัดส่วนของนักศึกษาทั้งหมดพบว่า ขนาดความลึกของเก้าอี้มีค่าเท่ากับ 44 เซนติเมตร โดยมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 32.09% และพบว่าส่วนใหญ่มีขนาดของความลึกของที่นั่งมีค่าที่มากเกินไปซึ่งจะส่งผลให้กับกลุ่มนักศึกษาที่มีขนาดสัดส่วนที่เล็ก นั่นคือกลุ่มนักศึกษาหญิง เนื่องจากสัดส่วนที่น้อยเกินไปของความยาวระหว่างสะโพกถึงขาพับเมื่อนั่งใช้งานในที่นั่งที่มีความลึกที่ลึกจะทำให้บริเวณส่วนหลังไม่สามารถติดกับพนักพิงของเก้าอี้ได้ทำให้เกิดอาการปวดหลังโดยเฉพาะหลังส่วนล่าง แต่ไม่พบร้อยละความไม่เหมาะสมของเก้าอี้ที่ตื้นเกินไปจากการใช้งานเลย ดังนั้นจะทำการกำหนดขนาดความลึกของที่นั่งเพื่อให้ได้ค่าที่มีขนาดความลึกของที่นั่งที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาทั้งหมด เท่ากับ 38.47 เซนติเมตร ซึ่งจะมีขนาดของความลึกที่ลดลงจากเก้าอี้ที่มีการใช้งายอยู่ โดยที่สามารถให้ค่าความเหมาะสมเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 84.33% สำหรับกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด

ความกว้างของที่นั่งที่มีการใช้งานอยู่ในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่โดยรวมแล้วจะมีขนาดที่รองรับสำหรับสัดส่วนนักศึกษา และพบความเหมาะสมที่ค่อนข้างสูงในขนาดความกว้างของที่นั่งกับความกว้างสะโพกของผู้ใช้งาน เนื่องจากใช้หลักการออกแบบอยู่ในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 แต่ก็ยังจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานที่มีขนาดความกว้างของสะโพกที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 หรือมากกว่า เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้งานเหล่านี้จะมีขนาดที่พอดีมากเกินไป ทำให้ให้เกิดการอึดอัด ไม่สะดวกสบาย เนื่องจากเกิดการกดทับของขอบเก้าอี้กับบริเวณต้นขาและไม่มีพื้นที่เผื่อสำหรับการเคลื่อนที่ ดังนั้นในงานวิจัย จึงทำการเพิ่มขนาดของความกว้างจากกลุ่มผู้ใช้งานที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ขึ้นเป็นร้อยละ 0.1 เพื่อที่จะสามารถรองรับกับกลุ่มผู้ใช้งานทั้งหมด ซึ่งจะเท่ากับ 46.20 เซนติเมตร โดยมีค่าความเหมาะสม มากที่สุดถึง 98.51%

ความสูงของพนักพิง จากการวิเคราะห์พบว่าเนื่องจากความสูงของพนักพิงที่ค่อนข้างอยู่ในระดับต่ำลงมาทำให้ไม่สามารถรองรับส่วนหลังได้ทั้งหมดโดยจะส่งผลกระทบต่ออาการปวดหลัง โดยเฉพาะนักศึกษาชาย แต่ถ้าหากความสูงของพนักพิงสูงเกินไปจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหวที่ไม่สะดวกสบาย จึงได้มีหลักการกำหนดขนาดของความสูงของพนักพิงให้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.6-0.8 ของความสูงไหล่ โดยใช้หลักการเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความสูงที่เหมาะสมที่สุด เท่ากับ 37.92 เซนติเมตร ซึ่งจะให้ค่าความเหมาะสมเพิ่มขึ้นสูงถึง 96.02% ในกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด

ความยาวของแผ่นรองเขียน เนื่องจากยังไม่มีหลักการที่ใช้ในการกำหนดขนาดสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ในงานวิจัยจึงทำการวิเคราะห์เพื่อให้เป็นหลักเกณฑ์ที่ควรพิจารณาในการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผนรองเขียนด้วย โดยทำการพิจารณาในส่วนของแขนท่อนบนและแขนท่อนล่าง เพื่อให้พื้นที่ของแผ่นรองเขียนสามารถที่จะรองรับกับส่วนของร่างกายที่มีการใช้งาน จึงทำการกำหนดขนาดของความยาวแผ่นรองเขียน เท่ากับ 60.43 เซนติเมตร เพื่อให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักศึกษาส่วนใหญ่

ระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง เป็นขนาดที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบ เนื่องจากว่าเมื่อเกิดการนั่งเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ในส่วนของแผ่นรองเขียนกับลำตัวผู้ใช้งาน จะเป็นระยะที่ทำให้เกิดความคับแคบในกลุ่มผู้ใช้งานที่มีขนาดสัดส่วนที่ใหญ่ หรือมีความหนาของลำตัวที่กว้างมาก ๆ ดังนั้น ในการกำหนดขนาดจะทำการพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มนักศึกษาที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความหนาเอวในการออกแบบ เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ในช่วงระยะของแผ่นรองเขียนกับพนักพิง โดยให้ค่าขนาดอยู่ที่ 26.50 เซนติเมตร เป็นขนาดที่เหมาะสมกับกลุ่มนักศึกษา

ความกว้างของที่พักแขน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในพื้นที่ของแผ่นรองเขียน เพื่อใช้ในการรองรับในส่วนของแขนในขณะที่มีการใช้งาน แต่เนื่องจากยังไม่มีหลักการใด ๆ ที่ใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของความกว้างที่พักแขนนี้ จึงต้องทำการพิจารณาจากขนาดสัดส่วนของแขนส่วนล่างที่กว้างที่สุด เพื่อที่จะทำให้แขนบริเวณนี้เกิดการรองรับได้มากที่สุด โดยจะอ้างอิงในงานวิจัยของ Rani Lueder and Allie. (1999) ที่ได้ทำการกำหนดขนาดความกว้างของที่พักแขน อยู่ที่ 4 นิ้ว หรือประมาณ 10 เซนติเมตร โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

การกำหนดขนาดที่เหมาะสมของนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยสามารถกำหนดขนาดที่ใช้สำหรับกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด กลุ่มนักศึกษาชายและกลุ่มนักศึกษาหญิง ได้ดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงผลสรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

Furniture Measurement	นักศึกษาทั้งหมด			นักศึกษาชาย			นักศึกษาหญิง		
	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match
1. SDH	28.20	35.07	29.85	28.20	33.65	31.73	27.20	50.52	43.81
2. SH	41.00	83.83		42.00	90.38		40.50	85.57	
3. SD	38.47	84.33		39.12	79.81		38.00	88.10	
4. SW	46.20	98.51		45.02	99.04		48.40	97.94	
5. UEB	37.92	96.02		38.52	97.12		36.04	94.85	
6. DL	60.43	-		62.85	-		57.79	-	
7. DDB	26.50	-		27.40	-		24.50	-	
8. RW	10.00	-		10.00	-		10.00	-	

จากการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ในแต่ละกลุ่มนักศึกษา จะสังเกตเห็นได้ว่าถ้าขนาดของกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะกลุ่มศึกษาหญิงที่มีขนาดสัดส่วนของร่ายกายที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมรวมในการพิจารณาความเหมาะสมของขนาดความสูงที่นั่งกับความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งมีค่าที่สูงเพิ่มมากขึ้นกว่าความเหมาะสมในกลุ่มนักศึกษาทั้งหมดและกลุ่มนักศึกษาชาย

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาในงานวิจัยพบว่า ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับนักศึกษาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของความเมื่อยล้าเมื่อเกิดการนั่งใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่เป็นระยะเวลานาน ซึ่งจากการทำการตรวจสอบในงานวิจัยพบว่า เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีการใช้งานอยู่ได้ถูกออกแบบในลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน และเมื่ออสมการที่ปรับปรุงถูกใช้ทดสอบในการประเมินความไม่เหมาะสมของขนาดสัดส่วนร่างกายของกลุ่มนักศึกษากับขนาดเก้าอี้ที่มีการใช้งานอยู่ พบว่ามีความไม่เหมาะสมที่ยังไม่สามารถยอมรับได้โดยเฉพาะขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนและความสูงของที่นั่ง ดังนั้นจึงใช้วิธี Bi-Variance Error Ellipse เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน

ดังนั้น ในบทนี้งานวิจัยได้นำเสนอการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของขนาดเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนกับขนาดสัดส่วนร่างกาย และทำการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีผลสรุปของแต่ละขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. นำเสนออสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง

เนื่องจากอสมการตรวจสอบความสูงโต๊ะ เป็นการศึกษาในลักษณะการทำงานของการนั่งพิมพ์ดีด จึงทำให้ ความสูงข้อศอกและระดับพื้นผิวการทำงาน จึงถูกกำหนดเป็นหลักเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาในการสร้างอสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสมของความสูงโต๊ะ (Chaffin and Andersson, 1991) แต่เนื่องจากกิจกรรมที่ทำในขณะที่ใช้งานของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน จะเป็นลักษณะของการอ่านและการเขียน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการใช้สายตา ถ้าหากว่าระยะระหว่างตากับจุดโฟกัส(แผ่นรองเขียน) ห่างกันเกิน ผู้ใช้งานจำเป็นจะต้องเกิดลักษณะของการก้มเพื่อให้การมองเห็นหรือเข้าใกล้จุดโฟกัสมากขึ้น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงนำระยะโฟกัสเข้ามาพิจารณาในการกำหนดขนาดความสูงของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ดังอสมการต่อไปนี้

$$Max(ESH, ESH-50) \le SDH \le Max(0.8517\,EHS + 0.1483\,SHH, ESH-50) \qquad (6)$$

2. การกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้ Bi-Variance Error Ellipse ในการกำหนดขนาดความสูงของที่นั่งและความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง แม้ว่าในงานวิจัย Mohamed Thariq et al. (2010) และ Robinette M.K. and Hudson A.J. (2006) ได้นำเสนอหลักการใช้ Bi-Variance Error Ellipse ในการกำหนดความสูงโต๊ะและความสูงที่นั่งโดยทำการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จากค่าที่ใกล้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่เลือกมาจะค่อนข้างน้อยและไม่ชัดเจนในการวิเคราะห์ผล แต่ในงานวิจัยนี้ใช้ Bi-Variance Error Ellipse ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะทดสอบ โดยใช้หลักการที่ว่า ข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ของวงรีนั้นเป็นตัวแทนที่ดีในการออกแบบและสามารถนำไปวิเคราะห์ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่บริเวณเส้นขอบวงรี และใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 402 คน ในการวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมในกลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือก หากกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้เป็นกลุ่มที่มีความเหมาะสมแล้ว กลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่อยู่ภายในวงรีก็จะเกิดความเหมาะสมด้วยเช่นกัน จากนั้นวิธีการที่ทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งขนาดที่เหมาะสมก็จะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง

ในงานวิจัยที่ทำการศึกษาความเหมาะสมของขนาดโต๊ะเก้าอี้กับขนาดสัดส่วนผู้ใช้งานต่าง ๆ ที่ผ่านมา และรวมทั้งงานวิจัยของ Mohamed Thariq et al. (2010) ที่ศึกษาความเหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในประเทศศรีลังกา ได้ทำการพิจารณาในแต่ละขนาดของความสูงเก้าอี้กับความสูงโต๊ะหรือแผ่นรองเขียนที่แยกจากกัน แต่เนื่องจากเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนมีลักษณะในด้านของเก้าอี้กับแผ่นรองเขียนที่ติดกัน ถ้าหากขนาดใดขนาดหนึ่งเกิดความไม่เหมาะสม ก็จะทำให้ลักษณะในการใช้งานไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ดังนั้น ในงานวิจัยจึงทำการตรวจสอบและพิจารณาขนาดทั้งสองค่านี้ไปพร้อม ๆ กัน

จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากวิธี Bi-Variance Error Ellipse และใช้อสมการในการตรวจสอบความสูงของที่นั่ง (2) และอสมการในการตรวจสอบความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขขึ้นมาใหม่ (6) จากนั้นทำการประเมินความเหมาะสมที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง และพิจารณาเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด โดยค่าความสูงที่นั่งเท่ากับ 41.0 เซนติเมตร และความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง 28.2 เซนติเมตร สำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

$$(PH + SC)\cos 30^{o} \le SH \le (PH + SC)\cos 5^{o} \quad (2)$$

$$Max(ESH, ESH - 50) \le SDH \le Max(0.8517EHS + 0.1483SHH, ESH - 50) \quad (6)$$

3. การกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน นอกจากขนาดของความสูงที่นั่งกับความสูงของแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่งแล้ว จะทำการพิจารณาที่ขนาดโดยใช้อสมการความไม่เหมาะสม ได้แก่ ขนาดความลึกของเก้าอี้ ขนาดความกว้างของเก้าอี้และขนาดความสูงของพนักพิง และขนาดที่ในงานวิจัยนี้กำหนดเป็นกฎเกณฑ์ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่มีความเหมาะสม ซึ่งได้แก่ ความยาวแผ่นรองเขียน ระยะระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงและความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน โดยจะนำเสนอหลักการในการกำหนดขนาด ดังนี้

3.1 **การกำหนดขนาดจากการใช้อสมการความไม่เหมาะสม**

3.1.1 ขนาดความลึกของที่นั่ง จะมีความสัมพันธ์กับระยะจากสะโพกจนถึงขาพับ เพื่อหลีกเลี่ยงการนั่งที่เกิดการกดทับบริเวณข้อพับหรือการบีบอัดของพื้นผิวที่นั่งกับบริเวณข้อพับ สำหรับกลุ่มใช้งานที่มีขนาดความยาวของสะโพกถึงขาพับน้อย และให้บริเวณส่วนหลังติดกับพนักพิงในการรองรับและสนับสนุนกระดูกสันหลังส่วนเอวได้ จึงใช้อสมการ (3) ในการตรวจสอบเพื่อให้ความลึกของเก้าอี้อยู่ระหว่าง ร้อยละ 80 ถึงร้อยละ 95 ของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระยะจากความยาวสะโพกถึงขาพับ

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

ได้ทำให้เลือกขนาดขอบบนของช่วงความเหมาะสมจากอสมการมาใช้ในการออกแบบโดยมีค่าเท่ากับ 38.47 เซนติเมตร ให้เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดขนาดความลึกของที่นั่งในกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด

3.1.2 ขนาดความกว้างของที่นั่ง จะมีความสัมพันธ์กับความกว้างของสะโพก ซึ่งควรจะมีขนาดที่กว้างกว่าความกว้างของสะโพกผู้ใช้งาน และเพียงพอที่จะสนับสนุนกระดูกบริเวณและมีพื้นที่พอสำหรับการเคลื่อนไหวได้ ทำให้เกิดการยอมรับว่า ค่าความกว้างของที่นั่งควรมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับผู้ใช้ที่มีความกว้างของสะโพกที่ใหญ่ที่สุด หรือค่าความกว้างของที่นั่งควรมากกว่าค่าความกว้างของสะโพกของกลุ่มคนส่วนใหญ่ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในการ

ตรวจสอบเพื่อหาช่วงขนาดที่เหมาะสมของความกว้างที่นั่ง ดังอสมการ (4) และเลือกทำการพิจารณาจากค่าที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1 ของค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เป็นค่าที่กำหนดความกว้างของเก้าอี้

$$HW < SW \tag{4}$$

ซึ่งจะได้ค่าที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 อยู่ที่ 42.00 เซนติเมตร และแนะนำสำหรับการออกแบบขนาดความกว้างของเก้าอี้เท่ากับ 46.20 เซนติเมตร ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด จากการพิจารณาค่าที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1

3.1.3 ขนาดความสูงของพนักพิง จะมีความสัมพันธ์กับความสูงไหล่และควรมีค่าน้อยกว่ากระดูกสะบัก (Scapula) แต่เนื่องจากตำแหน่งบริเวณกระดูกสะบักนี้ สามารถกำหนดได้ยาก โดยจะกำหนดได้จากความสูงไหล่ ซึ่งกระดูกสะบักนี้จะอยู่ระหว่างร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 80 ของความสูงไหล่ขณะนั่ง (Gouvali and Boudolos, 2006) ดังอสมการ (5) เพื่อหลีกเลี่ยงการบีบอัดของกระดูกบริเวณนี้ที่โผล่นูนออกมาจากด้านหลังและผลกระทบต่อการเคลื่อนไหวของลำตัว ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในการประเมินของอสมการในการตรวจสอบ

$$0.60SHH \leq UEB \leq 0.80SHH \tag{5}$$

จากการหาช่วงของขนาดความสูงของพนักพิงจากอสมการจะเลือกพิจารณาใช้ค่าขอบล่างของอสมการเป็นค่าที่กำหนดความสูงของพนักพิง โดยให้ค่าอยู่ที่ 37.92 เซนติเมตร

3.2 การกำหนดขนาดจากหลักเกณฑ์ที่สร้างขึ้นมาสำหรับเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนตามหลักการยศาสตร์

ในงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาถึงการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน (Hoque et al., 2014; Mohamed Thariq et al., 2010; บุตรี กาเด็น, 2554; สุมณฑา มีทรัพย์อนันต์, 2547) ยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่นำเสนอกฎเกณฑ์ในการกำหนดขนาดของความยาวแผ่นรองเขียน ระยะระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิงและความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน ดังนั้น ในงานวิจัย จึงขอเสนอหลักการการกำหนดขนาดทั้ง 3 ดังต่อไปนี้

3.2.1 ความยาวของแผ่นรองเขียน โดยลักษณะของความยาวของแผ่นรองเขียนของเก้าอี้ชนิดนี้จะพิจารณาที่ระยะระหว่างขอบบนสุดของโต๊ะไปจนถึงขอบล่างสุดในส่วนที่เป็นที่พักแขน ในการออกแบบความยาวของแผ่นรองเขียนนี้จะต้องเพียงพอต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ บนพื้นผิวการทำงาน แต่ถ้ายาวจนเกินไปจะส่งผลต่อศูนย์ถ่วงของแผ่นรองเขียน เนื่องจากว่าถ้าในกรณีที่วางของที่มีน้ำหนักมาก เช่น คอมพิวเตอร์ จะส่งผลต่อโอกาสที่จะเสี่ยงจากการล้มของเก้าอี้ได้ง่าย ดังนั้น ในงานวิจัยจึงทำการพิจารณาความเหมาะสมจาก ระยะระหว่างช่วงของแขน คือ แขนท่อนบนและแขนท่อนล่าง แต่ในขณะที่มีการเหยียดแขนไปทางด้านหน้า มุมที่จะเกิดขึ้นก็คือมุมงอของไหล่ของแขนท่อนบน ซึ่งก็จะนำหลักการและทฤษฎีเดียวกับ Chaffin and Andersson (1991) ที่พบว่ามุมงอของไหล่ที่สามารถยอมรับได้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อความเมื่อยล้าและเกิดความสะดวกสบายในการใช้งานไม่เกิน 25 องศา มาใช้ในการพิจารณาการสร้างสมการ (7) โดยใช้ขนาดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ในการกำหนดขนาด

$$DL = UA(\sin 25^{o}) + FA \qquad (7)$$

ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับการกำหนดขนาดของความยาวแผ่นรองเขียนอยู่ที่ 60.43 เซนติเมตร สำหรับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

3.2.2 ระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง จากลักษณะของโต๊ะเก้าอี้ที่ถูกยึดติดเข้าด้วยกัน จึงทำให้ไม่สามารถเลื่อนเข้า-ออก เหมือนโต๊ะเก้าอี้ทั่วไปได้ ดังนั้นระยะห่างจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมพอที่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถนั่งได้อย่างสะดวกสบายด้วย และได้มีการพิจารณาจาก สัดส่วน ความหนาเอว เนื่องจากขณะที่นั่งใช้งานบริเวณเอวจะเป็นส่วนที่สัมผัสหรือมีผลต่อระยะห่างนี้ ในการกำหนดขนาดจึงใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความหนาเอวเป็นเงื่อนไขในการกำหนดระยะระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง เพื่อให้เกิดช่องว่างในการเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งจะให้ค่าอยู่ที่ 26.50 เซนติเมตร ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาทั้งหมด

3.2.3 ความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน ที่พักแขนเป็นส่วนที่รองรับและสนับสนุนบริเวณข้อศอกและช่วงแขนท่อนล่าง เพื่อช่วยในการผ่อนแรง บรรเทากล้ามเนื้อโหลดที่บริเวณคอ ไหล่และแขน และลดการโหลดของน้ำหนักบนที่นั่ง (Nag et al., 2008) ซึ่งในงานวิจัยของ Rani Lueder and Allie. (1999) ได้แนะนำว่าความกว้างของที่พักแขน ควรมีขนาดความ

กว้างประมาณ 4 นิ้ว (10 เซนติเมตร) โดยพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างที่มากที่สุดของแขนส่วนล่าง (Forearm) ดังนั้น จึงใช้เกณฑ์ในการพิจารณานี้เป็นเงื่อนไขในการกำหนด 3 ความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน ที่มีค่าเท่ากับ 10 เซนติเมตร

4. สรุปหลักการที่ใช้ในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนตามหลักการยศาสตร์

จากหัวข้อก่อนหน้านี้ จะทำการสรุปกฎเกณฑ์หรือหลักการทั้งหมดที่นำมาใช้พิจารณาในการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละขนาด ดังตาราง 17

ตาราง 17 ขนาดที่แนะนำของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

Dimensions	Anthropometric Measurements	Design Dimensions	Determinants	Match Total (%)
ความสูงแผ่นรองเขียนจากพื้นที่นั่ง	-ความสูงข้อศอกนั่ง -ความสูงไหล่นั่ง -ความสูงตานั่ง	28.20	- Bi-Variance Error Ellipse - อสมการที่นำเสนอ	29.85
ความสูงของเก้าอี้	-ความสูงขาพับ	41.00	- Bi-Variance Error Ellipse - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม(SC = 2)	
ความลึกของเก้าอี้	-ความยาวสะโพก-ขาพับ	38.47	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความกว้างของเก้าอี้	-ความกว้างสะโพก	46.20	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความสูงของพนักพิง	-ความสูงไหล่นั่ง	37.92	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - อสมการตรวจสอบความไม่เหมาะสม	
ความยาวของแผ่นรองเขียน	-ความยาวแขนท่อนบน -ความยาวแขนท่อนล่าง	60.43	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 - อสมการที่นำเสนอ	
ระยะห่างระหว่างแผ่นรองเขียนกับพนักพิง	-ความหนาเอว	26.50	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - หลักการที่นำเสนอ	
ความกว้างของแผ่นรองเขียน ณ บริเวณที่พักแขน	-ความหนาเอว	10.00	- เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 - หลักการที่นำเสนอ	

5. สรุปขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบและร้อยละความเหมาะสมของนักศึกษาทั้งหมด

จากการพิจารณาในแต่ละขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละแบบ คือ เก้าอี้แบบที่ 1 จะเป็นลักษณะของเก้าอี้ไม้ เก้าอี้แบบที่ 2 จะเป็นลักษณะของเก้าอี้พลาสติกสีฟ้า และเก้าอี้แบบแนะนำ เป็นเก้าอี้ที่ผ่านการตรวจสอบและประเมินเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดกับขนาดสัดส่วนของร่างกายนักศึกษาในมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังตาราง 18

ตาราง 18 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนแต่ละแบบที่แนะนำและร้อยละความเหมาะสมของนักศึกษาทั้งหมด

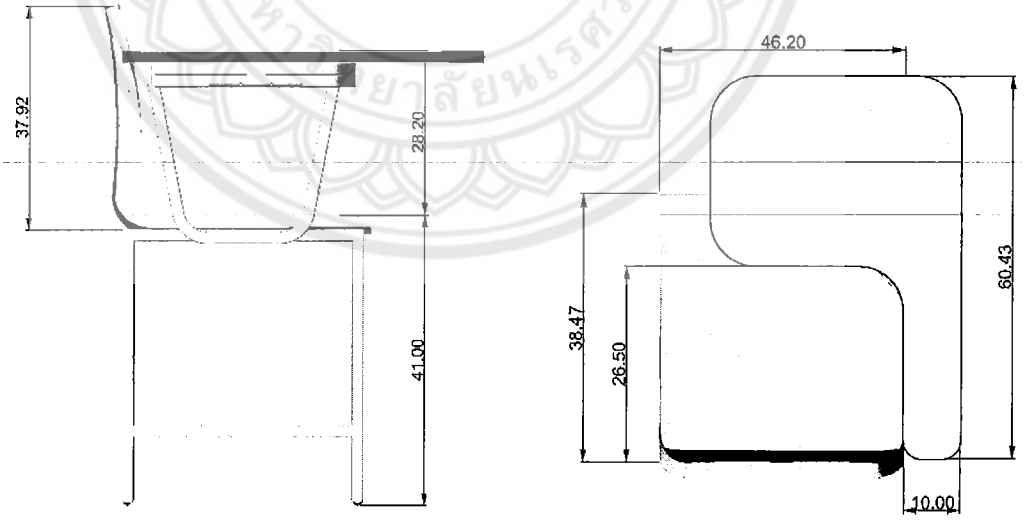
Furniture Measurement	Type I			Type II			แบบแนะนำ		
	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match
1. SDH	28.00	32.84	5.97	31.00	9.45	6.97	28.20	35.07	29.85
2. SH	45.00	25.87		42.00	71.89		41.00	83.83	
3. SD	44.00	32.09		44.00	32.09		38.47	84.33	
4. SW	38.50	79.35		42.00	93.53		46.20	98.51	
5. UEB	35.00	53.73		35.00	53.73		37.92	96.02	
6. DL	54.00	-		59.00	-		60.43	-	
7. DDB	30.00	-		34.00	-		26.50	-	
8. RW	10.00	-		9.00	-		10.00	-	

6. สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

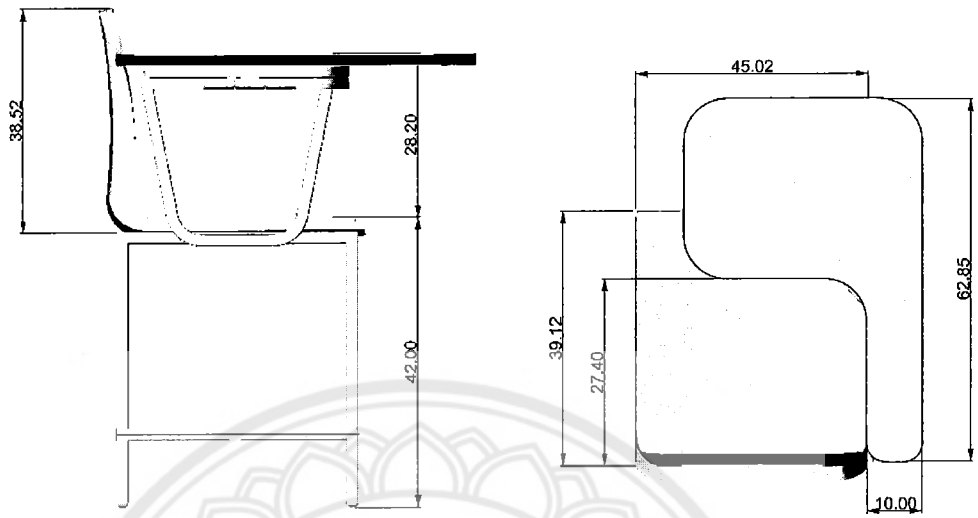
การกำหนดขนาดที่เหมาะสมของนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยสามารถกำหนดขนาดที่ใช้สำหรับกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด กลุ่มนักศึกษาชายและกลุ่มนักศึกษาหญิง ได้ดังตาราง 19 และแสดงขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละสัดส่วน ของกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด กลุ่มนักศึกษาชายและกลุ่มนักศึกษาหญิง ดังภาพ 11 ภาพ 12 และภาพ 13

ตาราง 19 สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

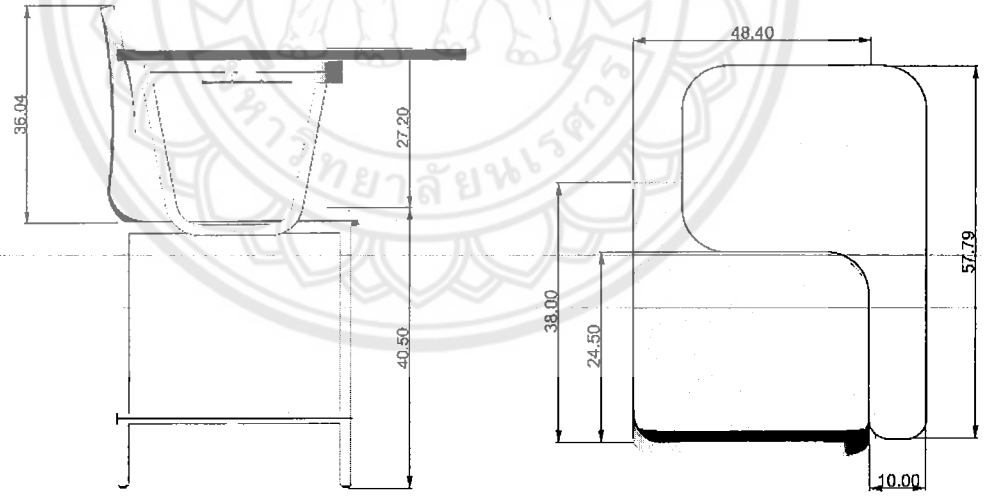
Furniture Measurement	นักศึกษาทั้งหมด			นักศึกษาชาย			นักศึกษาหญิง		
	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match
1. SDH	28.20	35.07	29.85	28.20	33.65	31.73	27.20	50.52	43.81
2. SH	41.00	83.83		42.00	90.38		40.50	85.57	
3. SD	38.47	84.33		39.12	79.81		38.00	88.10	
4. SW	46.20	98.51		45.02	99.04		48.40	97.94	
5. UEB	37.92	96.02		38.52	97.12		36.04	94.85	
6. DL	60.43	-		62.85	-		57.79	-	
7. DDB	26.50	-		27.40	-		24.50	-	
8. RW	10.00	-		10.00	-		10.00	-	



ภาพ 11 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด



ภาพ 12 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาชาย



ภาพ 13 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาหญิง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบลักษณะของเก้าอี้ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากถ้าลักษณะของเก้าอี้มีลักษณะที่ไม่ถูกต้องหรือการออกแบบที่ไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกาย ก็จะส่งผลกระทบในเชิงลบต่อผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก

2. อสมการที่ใช้ในการประเมินความไม่เหมาะสมระหว่างขนาดสัดส่วนของผู้ใช้งานกับขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ได้ในงานวิจัย สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกซื้อหรือออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนตามความเหมาะสมของสัดส่วนผู้ใช้งานได้

3. เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริงของลักษณะเก้าอี้ที่ไม่ถูกต้อง เพื่อรองรับความน่าเชื่อถือจากอสมการ ควรจะมีการตรวจสอบด้วยเครื่องมือที่ทันสมัยที่สามารถระบุถึงระดับความไม่สบายที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน เช่น เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)

บรรณานุกรม

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. **Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES), 2012 Southeast Asian**, 1-5.

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.

Andris Freivalds. (2004). **Biomechanics of the Upper Limbs: Mechanics, Modelling and Musculoskeletal Injuries**. CRC Press

Batistao, M. V., Sentanin, A. C., ShinoharaMoriguchi, C., Hansson, G. A., Coury, H., and Sato, T. D. (2012). Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. **Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation**, 41, 4817-4824.

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**, 34(4), 455-64.

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. (2015a). Equations for defining the mismatch between students and school furniture: A systematic review. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 48(0), 117-126.

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

บรรณานุกรม (ต่อ)

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.

Chaffin, D. B. (2006). **Occupational biomechanics**. Hoboken, N.J. :: Wiley-Interscience.

Chaffin, D. B., and Andersson, G. (1991). **Occupational Biomechanics**. Wiley.

Chanda Nelofer Khanam, Mahalakshmi. V. Reddy, and A. Mrunalini. (2006). Opinion of Students on Seating Furniture Used in Classroom. Journal of **human ecology**, 20(1), 15-20.

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

Corlett, E. N. (1999). Are you sitting comfortably. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 24, 7-12.

Corlett, E. N., and Clark, T. S. (2003). **The Ergonomics Of Workspaces And Machines: A Design Manual**. CRC Press.

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**, 18(3), 269-80.

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.

Domljan, D., Grbac, I., and Hadina, J. (2008). Classroom furniture design - Correlation of pupil and chair dimensions. **Collegium Antropologicum**, 32(1), 257-265.

Eric Schaffer. The Pragmatic Ergonomist. Retrived 2016 March 2, from http://humanfactors.com/newsletters/more_about_fonts.asp

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

บรรณานุกรม (ต่อ)

García-Acosta, G., and Lange-Morales, K. (2007). Definition of sizes for the design of school furniture for Bogotá schools based on anthropometric criteria. **Ergonomics**, 50(10), 1626-1642.

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

Grandjean, E. (1987). **Ergonomics in Computerized Offices**. Taylor \\& Francis, Inc.

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.

Guo Bin Wu, and Huang., M. (1996). Application and improvement of the Youden analysis in the intercomparison between flowmeter calibration facilities. **Flow Measurement and Instrumentation**, 7(1), 19-24.

Hagberg, M. (1981). Work load and fatigue in repetitive arm elevations. **Ergonomics**, 24(7), 543-555.

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.

Jayaratne, I. L., 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**, 34(4), 409-20.

Jayaratne, K. (2012). Inculcating the ergonomic culture in developing countries: national healthy schoolbag initiative in Sri Lanka. **Hum Factors**, 54(6), 908-24.

Keith L.Moore, Arthur F.Dalley, and M.R.Agur., A. (2010). **Clinically oriented anatomy**. Philadelphia, Pa. :: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins.

Khalil, T. M. (1993). **Ergonomics in Back Pain: A Guide to Prevention and Rehabilitation**. Van Nostrand Reinhold.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. J., and Kroemer-Elbert, K. E. (1997). **Engineering physiology: bases of human factors/ergonomics**. Van Nostrand Reinhold.

Lee, A., Tsang, C. K. K., Lee, S. H., and To, C. Y. (2001). Older school children are not necessarily healthier: analysis of medical consultation pattern of school children from a territory-wide School Health Surveillance. **Public Health**, 115(1), 30-37.

Lis, A. M., Black, K. M., Korn, H., and Nordin, M. (2007). Association between sitting and occupational LBP. **European Spine Journal**, 16(2), 283-298.

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

Mohamed, S. A. A. R. (2013). Incompatibility between Students' Body Measurements and School Chairs. **World Applied Sciences Journal**, 21(5), 689-695.

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 J.F.M, Kroon-Ramaekers Y.M.T, and Snijders C.J. (2003). Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture. **Ergonomics**, 46(7), 681-694.

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

Nag, P. K., Pal, S., Kotadiya, S. M., Nag, A., and Gosai, K. (2008). Human–seat interface analysis of upper and lower body weight distribution. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 38(5–6), 539-545.

Oborne, D. J. (1995). **Ergonomics at Work: Human Factors in Design and Development**. Wiley.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Occhipinti, E., Colombini, D., Molteni, G., and Grieco, A. (1993). Criteria for the ergonomic evaluation of work chairs. **Med Lav**, 84(4), 274-85.

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.

Qi Zhou, Jihong Hu, Xiaopeng Li, Shaonan Li, Zhenxiang Gao, Jianping Xu, and Wei Xie. (2015). Construction and application of the robust Youden plot in an EQA program. **Accreditation and Quality Assurance**, 20(3), 195-201.

Ramadan, M. Z. (2011). Does Saudi school furniture meet ergonomics requirements? Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation, 38(2), 93-101.

Rani Lueder, and Allie., P. (1999). Chairs with Armrests: Ergonomic Design Issues. **Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, 579-583.

Robinette M.K., and Hudson A.J. (2006). Anthropometry. Handbook of Human Factors and Ergonomics, John Wiley & Sons, Inc., 322-339.

Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E., and Thomson, W. G. (1975). **Engineering Anthropometry Methods**. Wiley.

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.

Sanders, M., and McCormick, E. (1993). **Human Factors In Engineering and Design**. McGraw-Hill Education.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Scott Openshaw, A., and Erin Taylor, A. (2006). **Ergonomics and Design A Reference Guide**. Allsteel.

Stephen Pheasant. (1991). **Ergonomics, Work and Health**. Aspen Pub.

Storr-Paulsen, A., and Aagaard-Hensen, J. (1994). The working positions of schoolchildren. **Applied Ergonomics**, 25(1), 63-64.

Trigueiro, M. J., Massada, L., and Garganta, R. (2013). Back pain in Portuguese schoolchildren: prevalence and risk factors. European Journal **of Public Health**, 23(3), 499-503.

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.

Youden W.J. (1959). Graphical diagnosis of interlaboratory test results. **Industrial Quality Control**, 15, 24-28.

กลางเดือน โพชนา. (2556). ความเหมาะสมของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องเรียนกับขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนชั้นประถาศึกษาปีที่ 1. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

ณัฐพล พุฒยางกูร. (2552). การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ. ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชานนท์ สิปปภากุล. (2553). การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล (Ergonomics). กรุงเทพฯ: วาดศิลป์.

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

บรรณานุกรม (ต่อ)

ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา. (2540). เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษยปัจจัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540.

ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา. (2544). เออร์กอนอมิกส์ (การยศาสตร์) ว่าด้วยการนั่งและเก้าอี้ กรุงเทพฯ ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี. (2555). การออกแบบโต๊ะเรียนให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ :: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชดา เหมปฐวี และคณะ. (2547). การทดสอบความชำนาญ การเลือกใช้สถิติและรูปแบบแสดงผลการประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการ. วารสารสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ.

วิไล เฉลิมจันทร์. (2547). การประเมินคุณภาพการตรวจเอชไอวีซีโรโลยีโดยองค์กรภายนอก. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 14(2).

สุกัลยา พลเดช. (2548). การใช้แผนภาพโยเดน (Youden Plot) แสดงการประเมินผลการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ วารสารสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์. (2554). การทำนายข้อมูลสัดส่วนร่างกายเพื่อการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนประถมศึกษา. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.

สุมณฑา มีทรัพย์อนันต์. (2547). การออกแบบ สร้าง และประเมิน โต๊ะ-เก้าอี้ ที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษา : กรณีศึกษา นักศึกษาปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.

สุวิมล ติรกานันท์. (2548). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องอาจ นัยพัฒน์ (2551). วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Quantitative and qualitative research methodologies in behavioral and social sciences). กรุงเทพฯ :: สามลดา.

การศึกษาระดับความไม่สบายในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยที่ใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

A Study on Discomfort Level among University Students using Chairs with Mounted Desktop

ณัฐธิดา แสนแก้ว[1*] และ สุธนิตย์ พุทธพนม[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: Nattida_Be@hotmail.com *

Nattida Sankaew [1*] and Sutanit Puttapanom [1]
[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Nerasuan University
E-mail: Nattida_Be@hotmail.com *

บทคัดย่อ

การประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่ายเป็นเหตุผลสำคัญ ที่ทำให้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน (เก้าอี้เลคเชอร์) ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในมหาวิทยาลัยในประเทศไทย หากแต่ว่าการให้ความสำคัญในการออกแบบเก้าอี้ชนิดนี้ตามหลักการยศาสตร์ยังคงมีน้อยมาก ซึ่งส่งผลให้เกิดความไม่สบายในกลุ่มนักศึกษาไทย เพื่อให้มีการตระหนักถึงการพัฒนาเก้าอี้ชนิดนี้ให้มีรูปแบบที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ ประเมินระดับความไม่สบายของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 350 คน ทำการตอบแบบสอบถาม โดยให้อธิบายและระบุความไม่สบายในแต่ละบริเวณของร่างกาย จากการนั่งใช้งานของเก้าอี้ชนิดนี้ ผลการศึกษาพบว่า บริเวณคอเป็นบริเวณที่นักศึกษารู้สึกถึงความไม่สบายมากที่สุด บริเวณหลังส่วนบนและไหล่คืออันดับที่สองและสามตามลำดับของความไม่สบายสูงสุด

คำหลัก เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน(เก้าอี้เลคเชอร์), การยศาสตร์, ความไม่สบาย, นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย

Abstract

Space and cost savings are primary reasons that chairs with mounted desktop are generally used in Thai Universities. However, little attention has been paid to ergonomic design for this kind of furniture, leading to discomfort among Thai students. To raise awareness for a better ergonomic design, the main purpose of this study is to evaluate the students' discomfort levels at the Engineering School of Naresuan University. The sample consisted of 350 subjects who responded to a questionnaire asking them to describe the discomfort level for each of several body areas. The results indicate that the neck area had the highest discomfort score. The upper back and the shoulder areas had the second and the third highest levels of rated discomfort.

Keywords: Chairs with Mounted Desktop, Ergonomic, Discomfort, University Students

1. บทนำ

เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่จะสนับสนุนกิจกรรมต่างๆในห้องเรียน และปัจจุบันพบว่าเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนหรือที่เรียกกันว่าเก้าอี้เลคเชอร์ (Chairs with Mounted Desktop) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยหลายๆประเทศ เนื่องจากลักษณะเด่นของเก้าอี้ชนิดนี้มีข้อได้เปรียบที่สามารถช่วยในการประหยัดพื้นที่, ค่าใช้จ่าย และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ถูกพิจารณาให้เลือกซื้อมาเป็นเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน แต่การให้ความสำคัญในการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนนี้ตามหลักการยศาสตร์ที่ถูกต้องยังคงมีน้อยมาก ซึ่งมักจะส่งผลต่อกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนั่งที่ใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน หากแต่การนั่งในท่านั่งที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ของร่างกาย ความไม่สะดวกสบายในการเคลื่อนไหว โดยผลกระทบเหล่านี้ถูกจัดให้เป็นปัญหาสำคัญในการเรียนรู้สำหรับนักเรียนนักศึกษา [1] และส่งผลกระทบในด้านสุขภาพอาจนำไปสู่ความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders:MSDs) [2, 3] ดังนั้นท่านั่งที่ถูกต้องจะช่วยรักษาเสถียรภาพในการสนับสนุนส่วนต่างๆของร่างกายให้คงสภาพที่สมดุลหรือเป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุดเพื่อป้องกันอาการปวดเมื่อยหรือความเมื่อยล้า ความอึดอัด ความไม่สะดวกสบายตามบริเวณต่างๆที่อาจเกิดจากกล้ามเนื้อทำงานหนักจนเกินไป [4]

การออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการนั่งที่เหมาะสม โดยที่จะต้องคำนึงว่าจะทำการออกแบบอย่างไรเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวกสบายในการนั่งใช้งาน และขนาดต่างๆในการออกแบบจะต้องมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายผู้ใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ต้องอาศัยหลักการทางกายศาตร์ เข้ามาช่วยในการพิจารณาการออกแบบเพื่อให้เกิดการนั่งทำงานในลักษณะที่นั่งหลังตรงติดกับพนักพิงในขณะที่ต้นขาหรือขาท่อนบนวางขนานกับพื้นที่นั่ง ส่วนขาท่อนล่างจะต้องวางตั้งฉากกับพื้นและเท้าวางชิดติดกับพื้นได้พอดี ถึงจะเป็นลักษณะที่ถูกต้องเพื่อรองรับท่านั่งที่ดีและเกิดความเหมาะสมที่สุด ทำให้การออกแบบที่ถูกต้องตามหลักกายศาตร์จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของความสัมพันธ์กันกับโครงสร้างทางกายภาพและชีวกลศาสตร์ของร่างกายกับหน้าที่การใช้งาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเพื่อให้เกิดการจัดสรรเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมตามหลักสรีรศาสตร์ และหลีกเลี่ยงปัญหาหรือผลกระทบเชิงลบที่อาจจะเกิดขึ้นตามมา

หลายงานวิจัยได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดจากการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนที่ไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายในลักษณะของโต๊ะเก้าอี้ทั่วๆไป ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของนักเรียนโดยเฉพาะความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ เป็นอาการที่ถูกพบอย่างแพร่หลายในปัจจุบันอาจจะเป็นปัจจัยเสี่ยงในการพัฒนาไปสู่ในวัยผู้ใหญ่หรือวัยทำงานได้ [5-7] และงานวิจัยในประเทศไทยได้ทำการออกแบบปรับปรุงเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA พบว่าการนำขนาดสัดส่วนร่างกายมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบจะช่วยลดปัญหาความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น[8] ในขณะที่งานวิจัยในต่างประเทศได้ระบุขนาดที่เหมาะสมของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนเนื่องจากสันนิฐานว่าขนาดของเก้าอี้ที่มีอยู่อาจนำไปสู่อาการปวดเมื่อยและความรู้สึกไม่สบายที่เพิ่มขึ้น [9, 10] แต่ยังไม่สามารถระบุได้ชัดเจนและชี้ชัดถึงความไม่สบายที่เกิดขึ้นกับบริเวณส่วนต่างๆของร่างกายจากการใช้เก้าอี้ชนิดนี้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ได้ถูกนำมาใช้กันเป็นอย่างมากในมหาวิทยาลัยและคิดว่าน่าจะมีโอกาสในการเกิดความไม่สบายสูงสุดเนื่องจากคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันจากโต๊ะ-เก้าอี้ทั่วไป เช่น แผ่นรองเขียนกับตัวเก้าอี้ที่มีการยึดติดกันอยู่จึงไม่สามารถที่จะเลื่อนหรือปรับเข้า-ออกได้ ทำให้ยากต่อการเคลื่อนไหวในขณะที่มีการใช้งาน โดยการใช้แผนภาพ Standard Nordic Questionnaire ในการสำรวจพฤติกรรมของความเมื่อยล้าหรือความไม่สบายที่เกิดขึ้น ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำแผนภาพนี้มาประยุกต์ใช้ในการประเมินความไม่สบายในการใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนจากแบบสอบถาม ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถระบุถึงลักษณะของความไม่สบายที่เกิดขึ้น ณ บริเวณส่วนต่างๆของร่างกายผู้ใช้งาน รวมถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการต่างๆเหล่านั้น จากการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนนี้

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

- ประเมินระดับความไม่สบายของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการนั่งใช้งานของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน
- เพื่อศึกษาถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน
- ตรวจสอบลักษณะ(Design) ของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ใช้ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

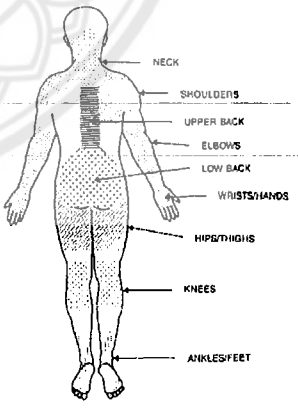
ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาจากนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากประชากรทั้งหมด 2,000 กว่าคน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% เท่ากับ 333 คน แต่ในงานวิจัยจะเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 350 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพที่ดี ไม่มีประวัติความเจ็บป่วยเกี่ยวกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ และผ่านเกณฑ์การคัดกรอง Exclusion Criteria เรียบร้อยแล้ว

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยจะประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญจากภาควิศวกรรมอุตสาหการที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านการออกแบบสถานีงาน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการยศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบโครงสร้างและกล้ามเนื้อ เพื่อทำการประเมินระดับความไม่สบายจากการใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนของนักเรียนนักศึกษา โดยการประยุกต์ใช้แบบสอบถามที่ใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก Standard Nordic Questionnaire [11] ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของแบบสอบถามลักษณะนี้คือ ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองปัญหาทางด้านการยศาตร์ที่เกี่ยวกับอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกจากการใช้งานของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นในส่วนของข้อมูลที่ทำการสำรวจข้อมูลทั่วไปหรือข้อมูลส่วนตัวรวมทั้งความผิดปกติของกล้ามเนื้อกระดูกของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่ตอบคำถาม เพื่อทำการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่จะทำให้ผลของการศึกษาเบี่ยงเบนออกไป (Diagnostic criteria) เช่น กลุ่มตัวอย่างที่มีความผิดปกติของร่างกาย เช่น กลุ่มตัวอย่างที่มีความผิดปกติของกล้ามเนื้อ กระดูกหรืออาจจะเกิดอุบัติเหตุ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเจ็บปวดหรือความเมื่อยล้า ความไม่สะดวกสบายก่อนทำการวิจัย เนื่องจากว่ากลุ่มตัวอย่างเหล่านี้จะเกิดความสับสนจากการทำแบบสอบถามระหว่างความไม่สบายที่เกิดขึ้นจากการใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนหรือความไม่สบายที่เกิดจากอาการเจ็บป่วยที่มีอยู่ก่อนหน้านี้ หรืออาจจะเกิดความรู้สึกไม่สบายที่มากกว่าปกติ ทำให้ผลที่ได้ในงานวิจัยมีค่าความไม่สบายที่สูงมากซึ่งไม่ได้มาจากการนั่งใช้งานจากเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่ให้ได้มาซึ่งผลของความไม่สบายที่เกิดจากการใช้งานของเก้าอี้ชนิดนี้โดยตรง

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามในส่วนระดับความไม่สบายในบริเวณอวัยวะต่างๆของร่างกาย 9 ส่วน ได้แก่ คอ ไหล่ หลังส่วนบน ข้อศอก หลังส่วนล่าง ข้อมือ/มือ สะโพก/ต้นขา เข่า และข้อเท้า/เท้า ตามแผนภาพ Standard Nordic Questionnaire โดยใช้รูปที่ 1 ในการระบุบริเวณที่เกิดความเมื่อยล้าหลังจากที่มีการใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็นเมื่อยมากที่สุด, เมื่อยมาก, เมื่อยปานกลาง, เมื่อยน้อยและไม่เมื่อยเลย



รูปที่ 1 แผนภาพ Standard Nordic Questionnaire ที่ใช้ในการระบุความเมื่อยล้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

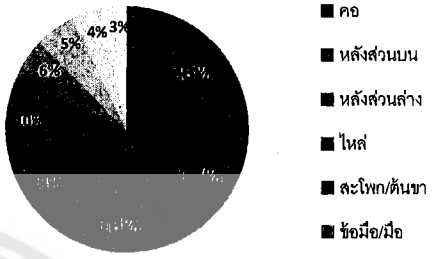
ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลของความไม่สบายที่เกิดขึ้นกับนักศึกษา โดยทำการประเมินแบบสอบถามหลังจากที่นักศึกษานั่งทำข้อสอบบนเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนเป็นระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการประเมินจากการใช้งานและเป็นช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะงานที่ทำบนเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการเขียน การอ่านข้อสอบ โดยที่ในการตอบแบบสอบถามนักศึกษาจะต้องคำนึงว่าหลังจากการนั่งใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในลักษณะของการนั่งสอบซึ่งเป็นระยะเวลานานแล้ว จะเกิดความรู้สึกปวดเมื่อยหรือความไม่สบายบริเวณใดบ้างและมีระดับความรุนแรงของบริเวณนั้นอยู่ในช่วงระดับเท่าไหร่ และทำการวิเคราะห์ผล โดยการแปรผลจากระดับความเมื่อยล้าที่เกิดจากการนั่งใช้งานเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนนเฉลี่ย ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแปรผลจากระดับความเมื่อยล้า

ระดับความเมื่อยล้า	ช่วงคะแนน
เมื่อยมากที่สุด	3.01-4.00
เมื่อยมาก	2.01-3.00
เมื่อยปานกลาง	1.01-2.00
เมื่อยน้อย	0.01-1.00
ไม่เมื่อยเลย	0

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

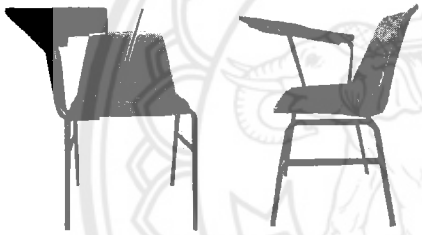
จากการสำรวจการประเมินระดับความไม่สบายของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 350 คน(ชาย 197 คน หญิง 153 คน) ณ บริเวณส่วนต่างๆของร่างกาย 9 จุด หลังจากการใช้งานของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน เป็นระยะเวลา 2-3 ชั่วโมงในการสอบ และทำการวิเคราะห์ผลคะแนนของความเมื่อยล้าจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า คะแนนรวม 3 ลำดับมากที่สุดของการประเมินระดับความไม่สบายคือ บริเวณคอ หลังส่วนบนและหลังส่วนล่าง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวมคิดเป็นร้อยละ 26 ร้อยละ 17 และร้อยละ 16 ตามลำดับ โดยที่บริเวณคอที่มีระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดที่ 2.39 คะแนน ซึ่งหมายความว่ามีระดับความเมื่อยล้ามาก และบริเวณหลังส่วนบนที่มีระดับคะแนนเฉลี่ยเป็นลำดับ 2 ที่ 1.59 คะแนน ซึ่งหมายความว่ามีระดับความเมื่อยล้าปานกลางในบริเวณนี้ และลำดับที่ 3 บริเวณหลังส่วนล่างมีระดับคะแนนเฉลี่ยที่ 1.45 คะแนน ซึ่งหมายความว่ามีระดับความเมื่อยล้าปานกลาง นอกจากนี้ก็ยังพบว่ามีระดับความไม่สบายเกิดขึ้นในทุกส่วนที่ได้ทำการสำรวจโดยมีระดับความรุนแรงของความเมื่อยล้าที่น้อยลง ซึ่งแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2



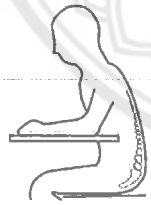
รูปที่ 2 กราฟแสดงความไม่สบาย ณ บริเวณส่วนต่างๆของร่างกาย

ในขณะที่ผู้ใช้งานมีการนั่งทำข้อสอบ มักจะมีลักษณะของการนั่งก้มคอมากขึ้นเพื่อทำการเขียนและอ่าน ซึ่งมีสาเหตุมาจากความสูงของแผ่นรองเขียนที่ต่ำเกินไป Chaffin and Andersson [12] พบว่าระยะโฟกัสของสายตา (Viewing Distance) มีผลกระทบต่อมุมในการก้มคอ เนื่องจากถ้าจุดโฟกัสอยู่ต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการก้มของคอมากขึ้น โดยในการก้มคอจะทำให้ศีรษะของผู้ใช้งานนั้นเกิดการแอนไปข้างหน้ามากขึ้นเพื่อจะทำให้เห็นลักษณะของงานที่ทำได้ชัดเจน และยังวัดค่า EMG จากลักษณะของการก้มคอพบว่า ในการก้มคอที่มุม 15° จะไม่มีผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน แต่ถ้าลักษณะของการก้มคอที่มีมุมมากกว่า 30° จะมีอัตราเพิ่มขึ้นของความเมื่อยล้าโดยมีสาเหตุมาจากการเอียงไปข้างหน้ามากขึ้นจะทำให้เกิดแรงกดของกระดูกสันหลังส่วนคอ ดังนั้นในงานวิจัยนี้พบว่าขนาดความสูงของแผ่นรองเขียนที่ต่ำเกินไป จะส่งผลกระทบต่อค่าความไม่สบายสูงโดยเฉพาะบริเวณคอและหลังส่วนบนมากกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากต้องมีการก้มคอเพื่อให้เห็นงานที่ทำได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความไม่สบายที่หลังส่วนบนซึ่งเกิดจากพนักพิงที่ถูกออกแบบโดยที่ไม่ตั้งฉากกับพื้นที่นั่ง ส่งผลให้ผู้ใช้งานเกิดการนั่งหลังไม่ตรงเพราะพนักพิงไม่สามารถมารองรับส่วนหลังได้

ทำให้มีพฤติกรรมโน้มตัวไปข้างหน้าในการก้มเขียนและก้มอ่าน ส่วนความไม่สบายที่เกิดขึ้น ณ บริเวณหลังส่วนบน เนื่องจากพบลักษณะการโค้งเว้าตรงบริเวณพนักพิงด้านล่าง ดังรูปที่ 3 เมื่อผู้ใช้งานนั่งเก้าอี้ชนิดนี้ ทำให้ลักษณะหรือสภาพของกระดูกสันหลังเป็นรูปตัว C หรือการนั่งที่ทำให้กระดูกสันหลังช่วงเอวโค้งงอนูนออกมาเป็นแบบไคโฟซิส ดังรูปที่ 4 เนื่องจากไม่มีส่วนของเก้าอี้ใดๆมารอบรับหรือสนับสนุนบริเวณหลังส่วนนี้ทำให้เกิดแรงเค้นที่บริเวณหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างซึ่งเป็นลักษณะการนั่งที่ผิดหลักการยศาสตร์ [1] โดยในธรรมชาติแล้วสภาพของกระดูกสันหลังของมนุษย์จะมีการจัดเรียงตัวต่อกันในลักษณะโค้งงอคล้ายๆตัว S เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายและสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการรองรับน้ำหนัก ดังนั้นในการนั่งเก้าอี้ชนิดนี้จึงทำให้หลังส่วนล่างได้รับผลกระทบ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการรับน้ำหนักที่มากเกินไปโดยที่ปราศจากการสนับสนุนหรือผ่อนแรงบริเวณนี้



รูปที่ 3 ลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน



รูปที่ 4 ท่านั่งที่ทำให้กระดูกสันหลังเป็นแบบไคโฟซิส

จากการตรวจสอบลักษณะของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนที่ใช้ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าลักษณะของเก้าอี้ที่มีการใช้งานอยู่ นอกจากจะมีลักษณะโค้งเว้าตรงบริเวณพนักพิงด้านล่างแล้ว ตรงพนักพิงด้านบนก็มีลักษณะที่โค้งไปด้านหลังโดยไม่ตั้งฉากกับพื้นที่นั่ง ซึ่งลักษณะของเก้าอี้ที่ไม่มีความเหมาะสมเหล่านี้ส่งผลให้เกิดท่านั่งที่ไม่ถูกต้อง ทำให้สังเกตได้ว่าเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนนี้น่าจะถูกออกแบบเพื่อนำมาใช้ในห้องบรรยายที่มีผู้บรรยายอยู่ด้านบนหรือต่างระดับกัน ในการใช้งานเก้าอี้ชนิดนี้จึงจำเป็นที่จะต้องนั่งในลักษณะแอนหลังเพื่อมองไปยังผู้บรรยายด้านหน้า แต่ในการใช้งานที่ทำการศึกษาอยู่จะเป็นลักษณะในการใช้งานในห้องเรียน ที่มีผู้ใช้งานกับผู้บรรยายอยู่ในระดับเดียวกันและกิจกรรมที่ทำจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการเขียนและการจดบรรยายมากกว่า ทำให้ในการเลือกใช้เก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนควรจะคำนึงถึงลักษณะของเก้าอี้กับการใช้งานด้วย

5. สรุป

จากความไม่สบายที่พบในกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาส่วนใหญ่ชี้ให้เห็นว่าระดับความไม่สบายหลักที่พบในระหว่างที่มีการนั่งใช้งานเป็นระยะเวลานาน มักจะอยู่ในบริเวณคอ หลังส่วนบนและหลังส่วนล่าง และมีระดับความรุนแรงลดน้อยลงในส่วนอื่นๆ โดยให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมร้อยละ 26 ของความไม่สบายที่คอ ร้อยละ 17 และร้อยละ 16 ของความไม่สบายที่หลังส่วนบนและหลังส่วนล่างตามลำดับ ซึ่งจะแสดงถึงขนาดที่ไม่เหมาะสมของเก้าอี้ รวมไปถึงการออกแบบลักษณะของเก้าอี้ ที่มีผลกระทบต่อความไม่สบายที่เกิดจากการนั่งเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้สามารถที่จะบ่งบอกได้ว่าสิ่งที่ควรจะพิจารณาในการออกแบบเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน ควรจะคำนึงถึง ขนาดของเก้าอี้ที่มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน รวมถึงลักษณะ รูปทรงของเก้าอี้ที่มีการใช้งาน เพื่อให้เกิดลักษณะท่านั่งที่เหมาะสมและหลีกเลี่ยงปัญหาหรือผลกระทบเชิงลบที่อาจจะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ถูกจัดให้เป็นปัญหาสำคัญในการเรียนรู้สำหรับนักเรียนนักศึกษา

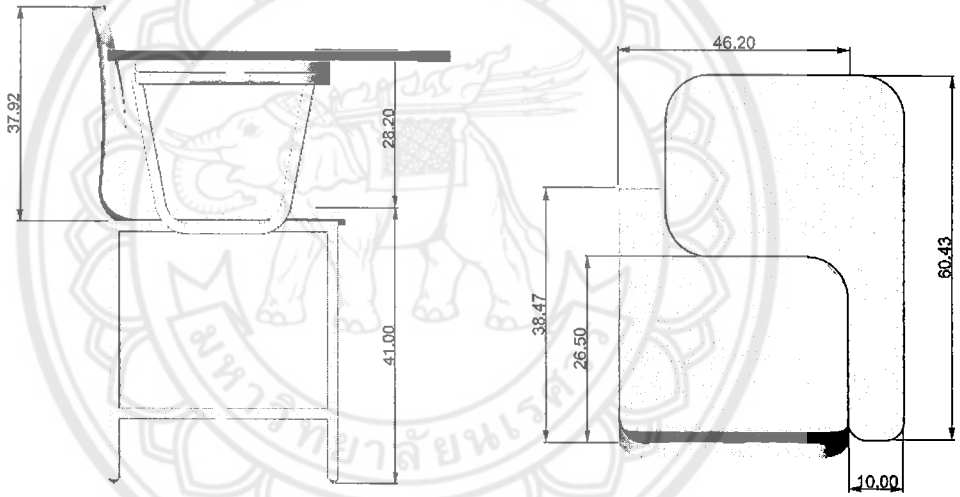
เอกสารอ้างอิง

1. ผศ.น.ท. สุทธิ์ ศรีบูรพา, เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษยปัจจัย. 2540: กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540.

2. Corlett, E.N., *Are you sitting comfortably.* International Journal of Industrial Ergonomics, 1999. 24: p. 7-12.
3. Lis, A.M., et al., *Association between sitting and occupational LBP.* European Spine Journal, 2007. 16(2): p. 283-298.
4. Evans, W.A., A.J. Courtney, and K.F. Fok, *The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study.* Applied Ergonomics, 1988. 19(2): p. 122-134.
5. Grimes, P. and S. Legg, *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, 2004. 7(1): p. 1-9.
6. Lee, A., et al., *Older school children are not necessarily healthier: analysis of medical consultation pattern of school children from a territory-wide School Health Surveillance.* Public Health, 2001. 115(1): p. 30-37.
7. Trigueiro, M.J., L. Massada, and R. Garganta, *Back pain in Portuguese schoolchildren: prevalence and risk factors.* European Journal of Public Health, 2013. 23(3): p. 499-503.
8. พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี, การออกแบบโต๊ะเรียนให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ, in การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. 2555: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
9. Mohamed Thariq, M.G., H.P. Munasinghe, and J.D. Abeysekara, *Designing chairs with mounted desktop for university students: Ergonomics and comfort.* International Journal of Industrial Ergonomics, 2010. 40(1): p. 8-18.
10. Hoque, A.S.M., et al., *Ergonomic design of classroom furniture for university students of Bangladesh.* Journal of Industrial and Production Engineering, 2014. 31(5): p. 239-252.
11. Kuorinka, I., et al., *Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms.* Applied Ergonomics, 1987. 18(3): p. 233-237.
12. Chaffin, D.B. and G. Andersson, *Occupational Biomechanics.* 1991: Wiley.

ตาราง 43 สรุปการกำหนดขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียน

Furniture Measurement	นักศึกษาทั้งหมด			นักศึกษาชาย			นักศึกษาหญิง		
	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match	Dimensions (cm.)	Match (%)	Total Match
1. SDH	28.20	35.07	29.85	28.20	33.65	31.73	27.20	50.52	43.81
2. SH	41.00	83.83		42.00	90.38		40.50	85.57	
3. SD	38.47	84.33		39.12	79.81		38.00	88.10	
4. SW	46.20	98.51		45.02	99.04		48.40	97.94	
5. UEB	37.92	96.02		38.52	97.12		36.04	94.85	
6. DL	60.43	-		62.85	-		57.79	-	
7. DDB	26.50	-		27.40	-		24.50	-	
8. RW	10.00	-		10.00	-		10.00	-	



ภาพ 29 ขนาดของเก้าอี้ที่มีแผ่นรองเขียนในแต่ละด้านของกลุ่มนักศึกษาทั้งหมด

WALAILAK JOURNAL
http://wjst.wu.ac.th Engineering

Simple Anthropometric Prediction to Design School Furniture with K-Means Clustering

Thidarat WUTTHISRISATIENKUL* and Sutanit PUTTAPANOM

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand
(*Corresponding author's e-mail: thidaratw@psru.ac.th)

Received: xxx, Revised: xxx, Accepted: xxx (Times New Roman, 10 pt, Italic)

Running title
Simple Anthropometric Prediction

Abstract

Obtaining anthropometric data, which is important for defining appropriate school furniture sizes, is a time consuming and challenging task. This paper proposes a methodology to obtain a sufficient approximation of the student's anthropometric data with only measurements of the student's stature and weight. Height and weight are used in combination with regression models to predict the sitting anthropometric metrics used in school furniture design. The data sample consisted of measurements from 670 secondary school Thai students, which were used for creating and verifying the predictive equations. This paper also suggests how to determine proper school furniture sizes for groups of students. Four sets of furniture dimensions. The first set is the Thai Industrial Standards Institute (TISI) recommendation. The second set is defined by using information from the Thai growth charts and the predictive equations. The third and the fourth set are 1-size and 2-size combination defined in this paper by using the K-Mean clustering technique. The mismatch between predicted anthropometric data and each set of furniture dimensions are used for evaluation. The results show that the 2-size combination dimensions set defined by the K-Means clustering technique yielded the highest percentage of matches.

Keywords: School furniture, Ergonomics, K-Mean Clustering, Anthropometry, Mismatch

Introduction

In Thailand, many secondary school students spend time sitting in their classroom for about 6-8 hours per day with only 5-10 minutes break every hour. If students sit on inappropriate desks and chairs, they will experience muscle fatigue or pain around their necks, backs, and heads [1-3]. As a result, students move their bodies and change position more frequently than normal which can lead to lost focus and concentration in study [4].

After a survey of some of the secondary schools in Thailand, it was found that the schools mostly use desks and chairs according to the standard of Thai Industrial Standards Institute. Standards TIS 1494-2541 and TIS 1495-2541 provide recommended dimensions for chairs and desks respectively. Ergonomically, if a desk and a chair are right for a student, the feet will be firmly rested on the floor, popliteal height will be a little bit higher than the seat, buttock and back will be close to the backrest, the buttocks will be fully supported by the seat, and both arms can be put on the table with shoulder flexion and shoulder abduction angle not more than 25 degrees and 20 degrees respectively. For cost reasons, many public schools have selected the largest desks and chairs as stated in Thai Industrial Standards Institute for their students without regard to their students' individual anthropometric measurements. One large furniture size for the whole school (7^{th}-12^{th} grades) can yield bad effects on many of the students.

Smaller students will suffer from pressure underneath their thigh while sitting because their feet are not resting on the floor. The blood circulation may be poor, leading to swelling in the legs and tired muscles [5]. Also, a high desk surface can force the students to abduct and flex their arms and to raise their shoulders, causing fatigue and ache in the shoulders, neck, and back [2, 3, 6-8]. If only one shoulder is raised, an asymmetrical spinal posture will occur [5]. On the other hand, students who have anthropometry appropriate for furniture larger than that provided will have to flex their knees because the chairs are too low, leading to increased pressure on the ischial tuberosities. Moreover, the low desk surface will force the students to bend their upper bodies forward, possibly causing kyphotic spinal positions and pain around their backs and necks.

Rahman (2013) studied the incompatibility between body measurements (popliteal height and buttock popliteal length) and chair dimensions (seat height and seat depth) finding that "most students are sitting with seats that are too low or too deep" [16]. Van Niekerk et al. (2013) used PH, BPL, and HW to determine computer workstation dimensions and compared the mismatch between anthropometric measurements and school furniture dimensions [].

Anthropometric measurement data can be obtained by a few primary methods. Data may be gathered from direct measurements (Hafezi, 2010, Baharampour, 2013) or by 3D surface anthropometry (Robinette, 1999, Deros, 2011); the latter method, while very accurate, is quite expensive. Some research has used regression analysis to estimate the anthropometric measurements (Oyewole 2010, You, Heecheon, and Taebeum Ryu). Agha et al. (2010) developed a multiple regression approach for predicting sitting anthropometric measurements and compared the mean between actual and predicted sitting anthropometric using the Two-Sample T-Test. Dursun Kaya et al. (2003) estimated anthropometric measurements using stepwise regression analysis []. Castellucci et al. (2015) found that popliteal height is a better cumulative fit than stature as a regressor variable for anthropometric measurements estimation [ ]. Agha and Alnahhal (2012) had shown that neural network techniques can provide high quality estimates.

To evaluate the suitability of students to their desks and chairs, there are many proposed criteria and subsequent modifications [9-11]. Castellucci et al. (2015) collected and reviewed 21 existing criteria equations, often called mismatch equations [12]. To assess furniture suitability, the sitting anthropometry of each student must be measured. There are at least six anthropometric dimensions needed for furniture mismatch evaluation and students need to sit properly while being measured, making it a difficult and inconvenient process. Consequently, most educational institutions have not examined whether their furniture are properly sized for their students.

Roebuck et al. (1975) stated that some of body lengths correlated with stature and Oyewole et al. (2010) extended the study, proposing that hip width correlated with Body Mass Index (BMI) [13, 14]. The current research makes use of these and similar findings to create predictive equations. These equations help to obtain approximate sitting anthropometric dimensions more easily than the typical approach.

Setting the proper school furniture dimensions for a given population may be considered as a separate though related problem. Designing a desk and a chair that fits each student may not be possible because of the range of anthropometric dimensions that must be accommodated. Typically, furniture is designed to fit the majority of people within a population, instead of individuals (Ashby 1978). One common approach is to divide the student population into two groups (e.g., 12-14 years and 15-17 years) (Agha, Ismaila 2011, Kafuku Johh, 2015) and specify a set of furniture dimensions for each group; this is the approach used in Thailand by TIS. Most of desk and chair dimensions were designed by using the percentile student proportion. Ismaila et al. (2015) collected sitting anthropometric measurements of 200 school students ranged of age from 5 to 14 years. They calculated 5^{th}, 10^{th}, 50^{th}, 75^{th}, 90^{th} and 95^{th} percentiles and used them for school furniture dimensions recommendation [15]. Oyewole et al. (2010) used height and weight from a standard growth chart (5^{th} – 95^{th} percentile) to determine the range of

school furniture sizes. However, a problem with this approach is that most students do not have the proportions in a given percentile. As a result, some students felt uncomfortable when sitting on the chairs and desks that are less appropriate.

In the current research, the technique of K-means clustering (Lloyd, 1982) is proposed as an approach to determination of desk and chair dimensions. The K-means techniques are used to group data with similar characteristics. Because the groups are derived directly from the anthropometric data, the it is likely that the resulting dimensions will be appropriate for a large percentage of the students.

According to Thai Industrial Standards recommendation, there are two suggested furniture sizes: one for 7^{th}-9^{th} grades and one for 10^{th}-12^{th} grades. The current research also includes an investigation of mismatch between students and the TIS recommended sizes. Moreover, three sets of furniture dimensions are proposed: one is defined by using information from the Thai growth charts and the predictive equations, and the others are defined by using the K-Mean clustering technique. The mismatch between predicted anthropometric data and each set of furniture dimensions is used for evaluation.

Materials and methods

The sample consisted of 670 students (415 females and 255 males) from a secondary school in Phitsanulok, Thailand. Their ages ranged between twelve and seventeen. There are at six anthropometric measurements needed for this study: Shoulder Height Sitting (SHS), Elbow Height Sitting (Habibi, Asaadi, & Hosseini), Popliteal Height (PHS), Buttock-Popliteal Length (BPL), Hip Width (HW), and Thigh Thickness (TT). Also, stature and weight of each student were measured. The measurement dimensions are shown in Figure 1. The measurements were taken following the instructions presented in Table 1.

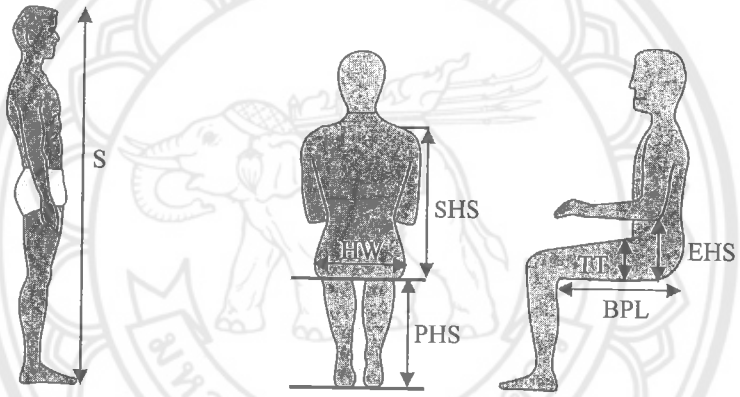


Figure 1 The measurement dimensions of standing and sitting posture.

Table 1 The Definitions of anthropometric measurements

Anthropometric mearurements	Symbol	Definition
Stature	S	The vertical distance from the floor surface to the top of of the head.
Popliteal Height, Sitting	PHS	The vertical distance from the floor surface to the underside of the thigh directly behind the knee with 90° knee flexion.
Sholder Height, Sitting	SHS	The vertical distance from the seat surface to the middle of sholder.
Elbow Height, Sitting	EHS	The vertical distance from the seat surface to the tip of the elbow with 90° elbow flexion.
Buttock Popliteal Length	BPL	The horizontal distance from the buttock to the back of

		knee where taken with 90° knee flexion.
Hip Width	HW	The maximum horizontal distance across the hips when sitting.
Thigh Thickness	TT	The vertical distance from the seating surface to the top of the thickest part of the thigh

Six furniture dimensions were considered ; Seat Height (SH), Seat Depth (SD), Seat Width (SW), Upper Edge of Backrest (UEB), Seat to Desk Height (SDH), and Underneath Desk Height (UDH). These dimensions are presented in Figure 2. Table 2 shows the anthropometric measurements required for defining each furniture dimension.

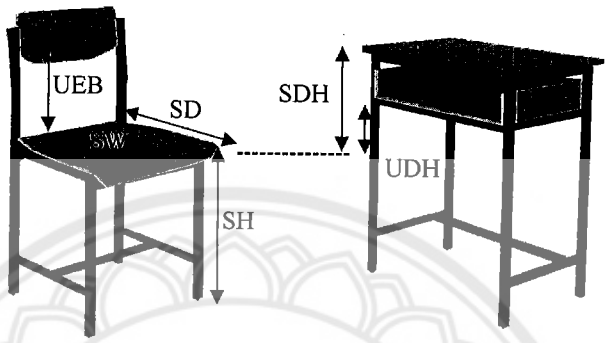


Figure 2 Desk and Chair dimensions

Table 2 Furniture dimensions and associated anthropometric measurements

Furniture Dimension	Anthropometric Data
Seat Height (SH)	Popliteal Height (PHS)
Seat Depth (SD)	Buttock Popliteal Length (BPL)
Seat Width (SW)	Hip Width (HW)
Upper Edge of Backrest (UEB)	Shoulder Height Sitting (SHS)
Seat to Desk Height (SDH)	Elbow Height Sitting (Habibi et al.) , Shoulder Height Sitting (SHS)
Underneath Desk Height (UDH)	Thigh Thickness (TT)

2.1 Simple Linear Regression for Predictive Equations

Seventy percent of the total sample set (i.e., data from 465 students) were randomly chosen to be a basis for the predictive model. Anthropometric data (PHS, BPL, HW, SHS, EHS, TT) including statures and weights of these students were used to create regression models. Then, the measurement data of the remaining 205 students were used as a test data set to verify the suitability of the regression models. The actual and predicted means of the anthropometric data for the test data were found to have no significant differences.

2.2 Defining Furniture Dimensions using K-Means Clustering Technique

After obtaining anthropometric data which can be from direct measurements or from predictive equations, the k-means clustering technique was applied to partition the data into two groups. For each group, the means of the anthropometric measurements can be used to define furniture dimensions.

2.3 Defining Furniture Dimensions using Growth Charts

Oyewole et al. (2010) proposed a methodology to define computer workstation dimensions to accommodate first grade students across the United States of America by using the USA Growth Chart [14]. A similar methodology was applied in this research. First, from the Thai Growth Chart, statures at 10th and 90th percentiles and weight at 90th percentile were transferred to anthropometric measurements using the predictive equations. The furniture dimensions were defined according to the transferred anthropometric measurements.

2.4 Criteria Equations

Ergonomically, school furniture dimensions should be calculated by considering their degree of mismatch for the students' anthropometric measurements. Many studies have presented varying candidate mismatch equations. Castellucci et al. (2015) provided a review of the criteria equations, finding undesirable features in some. Based on that review, the following mismatch equations were considered in this research.

Seat height (SH) is associated with popliteal height (Parcells et al., 1999). Gouvali and Boudolos (2006) have further proposed that seat height needs to be lower than popliteal height, allowing the lower legs to form angles of 5° - 30° relative to vertical. Because shoes adds to the popliteal height while sitting, a shoe correction (SC) is added to the matching criterion (1).

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

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

Seat depth (SD) is associated with Buttock Popliteal Length (BPL). To allow the backrest to support the lumbar, SD should be a little less than BPL, but SD should not be too small 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 criterion (2).

$$0.80BPL \leq SD \leq 0.95BPL \quad (2)$$

Seat Width (SW) is associated with Hip width (HW). Gouvali and Boudolos (2006) have recommend that SW should be at least 110% of HW to provide full support. However, to avoid wasting space unnecessarily, SW should not be more than 130% of HW. This match interval is shown in criterion (3).

$$1.1HW \leq SW \leq 1.3HW \quad (3)$$

Upper edge of backrest (UEB) is associated with Shoulder Height Sitting (SHS). UEB should be lower than the scapula (Orborne, 1996) to avoid compression and increase flexibility for the arms and trunk. However, it is not easy to locate one's scapula; Gouvali and Boudolos (2006) have suggested that the bottom and the top levels of the scapula can be estimated as 60% and 80% of SHS. This match interval is shown in equation (4).

$$0.6SHS \leq UEB \leq 0.8SHS \quad (4)$$

Seat to Desk Height (SDH) is associated with elbow height sitting (EHS) (Sanders and McCormick, 1993). Occhipinti et al.(1985) has shown that having arms on the desk significantly reduces the burden on the spine. Parcells et al. (1999) proposed that the minimum of the SDH (i.e. the vertical distance from the seat surface to the desk surface) should be EHS level and that the maximum should be

the point at which the shoulder flexion and shoulder abduction obtain angles of 25° and 20° respectively; corresponding to EHS*0.8517+SHS*0.1483. The match interval is presented in criterion (5).

$$EHS \leq SDH \leq EHS*0.8517+SHS*0.1483 \quad (5)$$

Underneath desk height (UDH) is associated with Thigh Thickness (TT). UDF should be large enough so there is sufficient space for comfortable leg movement when the student is sitting in the chair with legs under the desk. Various studies (Floyd and Roberts, 1958; Garcia-Acosta and Lange-Morales, 2007; Molenbroek et al., 2003) have suggested that UDH should be greater than TT by at least 2 centimeters. The match interval is presented in criterion (6).

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

These 6 mismatch equations were used not only for defining furniture dimensions but also for evaluation each set of furniture dimensions. Since most of the criteria involve acceptable intervals, rounded mean values of the intervals were used when setting furniture dimensions according to anthropometric data. For example, if the K-mean clustering technique yielded PH = 40 cm., according to equation (1) the range of SH would be [34.64, 39.84]. The recommended seat height would be 37 cm. For underneath desk height, the approach was to set UDH = round(TT) + 2.

2.5 Comparison between Mismatches of Three Set of Furniture Dimensions

Mismatches between students and each set of furniture were calculated using the mismatch criteria presented in the previous section. The anthropometric measurements of 670 students were estimated from their statures and weights using the predictive equations. The best set of dimensions would be the one with the best percentage of matches.

Results and discussion

3.1 Predictive Equations

Based on Roebuck et al. (1975), stature was selected to be the predictor for the PH, BPL, SHS, and EHS. However, body width metrics are not related to stature. Oyewole et al. (2010) suggested that Hip Width (HW) is correlated with Body Mass Index (BMI), defined as the weight divided by the square of the stature. Because the purpose of the BMI is to quantify the amount of tissue mass in the body, in this research, BMI was also used as the predictor for Thigh Thickness (TT). Simple regression techniques were applied to the sitting anthropometry measurements, statures, and weights from the model data set, yielding the predictive models shown in Table 2. The predictive equations have R^2-values ranging 0.767-0.890.

Table 2 The Predictive Equations for Anthropometric Measurements

Predictive Equation	R^2	MSE	Std. Estimate
PH = 0.309 Stature – 10.556	0.890	0.605	0.77777
SHS = 0.352 Stature + 0.025	0.886	0.818	0.90438
EHS = 0.176 Stature – 5.759	0.821	0.344	0.58651
BPL = 0.310 Stature – 4.954	0.826	1.040	1.01958
HWS = 0.587 BMI + 21.198	0.767	1.522	1.23355
TT = 0.378 BMI + 8.075	0.770	0.619	0.78686

The measurement data of the remaining 205 students were used as a test data set. The model and test data sets were first compared to verify that the students in these groups had similar builds. Mean values of stature and weight were compared using independent sample T-Test. Many studies have used statistical

methods to verify the mean of different values such as (Ismaila, Akanbi, & Oderinu, 2015)verified the measurements of the male and female pupils that were no different at 0.05 level of significance using Paired Samples T-Test []. The means of statures and weights of these two groups are 000 centimeters and 000 kilograms from the model data set and 000 centimeters and 000 kilograms from the test data set. The result of the comparison is presented in Table 3 which yields no significant difference at the 95% confidence (Sig >0.05).

Table 3 The comparison between the means of statures and weights from two groups of sample

		Levene's Test for Equality of Variances		T-Test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
weight	Equal variances assumed	.346	.556	-0.093	668	0.926
stature	Equal variances assumed	.001	.981	-0.115	668	0.909

To test the adequacy of the predictive equations, the actual and predicted means were compared. The results were not significantly different at the 95% confidence level as illustrated in table 4.

Table 4 P-values of Two Sample T-Test to define the differences between Predicted and Actual means of Anthropometric measurements

	T-Test for Equality of Means					
	PH	SHS	EHS	BPL	HWS	TT
Sig.	.682	.770	.700	.724	.686	.835

3.2 Specifying School Furniture Dimensions using K-means Clustering

The k-means clustering technique was applied to partition the anthropometric data into two groups for each of the six anthropometric measurements. The obtained anthropometric values were transferred to furniture dimensions according to the mismatch criteria. Table 5 illustrates the desk and chair dimensions acquired from this application of the K-means clustering technique.

Table 5 The desk and chair dimensions defined by the K-means clustering technique

School Furniture Dimension	Size (cm.)	
	Cluster 1 (Small Size)	Cluster 2 (Large Size)
SH	35	39
SD	38	42
SW	40	41
UEB	39	42
SDH	24	27
UDH	18	19

It is possible that there are some 7^{th} -9^{th} grade (younger) students in the big size clusters and vice versa. However, it is not practical for all of students to be able to use the furniture with the size of the groups that they belong to. Thus, two ways to make the use of furniture dimensions obtained by K-means clustering were investigated. The first way is to assign the small size for 7^{th} -9^{th} grades and the large size for 10^{th} -12^{th} grades. The second way is to assign a mix of the two sizes for each group: For 7^{th} -9^{th} grades, 80% and 20% of the furniture were small and large sizes respectively; for 10^{th} -12^{th} grades, 80%

and 20% of the furniture were large and small sizes respectively. In the mismatch evaluation below in section 3.4, "K-means" will be used to refer to the first method (one size for each group), and "2-size K-means" will be used to refer to the second method (two sizes for each group).

3.3 School Furniture Dimension using Growth Chart

The Thai Growth Chart used in this research was created in [redacted]. In this range ages, 12-17, boys are typically taller and heavier than girls, so only the boy Growth Chart is considered. Table 6 presents selected information from the Growth Chart. The age associated with each grade is the age that has the largest population within the grade. To accommodate a large group of students, 90th percentiles of statures and weights were used to define most of the furniture dimensions except SD. Since shallow seats are less harmful than deep seats, 10th percentile of statures were used to estimate BPLs for defining SD. For the first size of furniture, for 7th-9th grades, the statures and the weight of 14 year-old boys were used; for the second size of furniture, for 10th-12th grades, the statures and the weight of 17 year-old boys were used as presented in Table 7.

Table 6 Information from Thai Growth Chart

Grade	Age	Boy									
		Stature (cm)					Weight (kg)				
		P3	P10	P50	P90	P97	P3	P10	P50	P90	P97
7	12	134	136.5	147	158.5	160.5	26	28	36.5	50.5	53
8	13	139	142	154	165.5	168	29	31	41	55	57.5
9	14	145	148	161	171	173	33	35	47	59	61
10	15	152	155	166	175	176.5	27	39	51	62	64
11	16	157	159	168.5	177	178	41	43	53.5	64	66
12	17	159.5	161	170	178	179.5	44	45.5	55.5	66	68

Table 7 The Information from Thai Growth Chart

Data from Growth Chart	Age 14 years		Age 17 years	
	10th percentile	90th percentile	10th percentile	90th percentile
Stature (cm.)	148	171	161	178
Weight (kg.)	35	59	45.5	66

The predictive equations from section 3.1 were used to transfer statures and weights into anthropometric measurements. The furniture dimensions were defined according to the mismatch equations using these anthropometric measurements. Table 8 illustrates the desk and chair dimensions obtained based on the Thai Growth Chart.

Table 8 The desk and chair dimensions derived from the Growth Chart.

Furniture Dimension	Recommended Dimensions	
	7th -9th grades	10th -12th grades
SH	39	41
SDH	27	28
SD	36	39

SW	40	40
UEB	42	44
UDH	18	18

3.4 Comparison between mismatch results of each set of furniture dimensions

To evaluate the three sets of furniture dimensions developed above, the mismatches between predicted anthropometric data for the 670 sample data set and each set of furniture dimensions were calculated. Table 9 illustrates the results, and also includes a similar tabulation based on the TIS furniture dimensions.

Table 9 Percentages of students by match/mismatch level for the two-way criteria

Furniture Dimension	7^{th} -9^{th} grades				10^{th} -12^{th} grades			
	TIS	Growth Chart	K-means	2-size K-means	TIS	Growth Chart	K-means	2-size K-means
SH	38 cm.	37 cm.	35 cm.	(35, 39)*	42 cm.	39 cm.	39 cm.	(39, 35)*
Low	7%	8%	35%	15%	0%	1%	1%	1%
Match	62%	78%	65%	85%	19%	57%	57%	77%
High	31%	14%	0%	0%	81%	42%	42%	22%
SDH	29 cm.	27 cm.	24 cm.	(24, 27)*	30 cm.	26 cm.	27 cm.	(27, 24)*
Low	0%	0%	14%	0%	0%	1%	0%	0%
Match	30%	70%	86%	100%	13%	95%	74%	96%
High	70%	30%	0%	0%	87%	4%	26%	6%
SD	38 cm.	38 cm.	38 cm.	(38, 42)*	40 cm.	39 cm.	42 cm.	(42, 38)*
Shallow	20%	20%	20%	0%	4%	11%	0%	0%
Match	80%	80%	80%	100%	93%	88%	69%	89%
Deep	0%	0%	0%	0%	3%	1%	31%	11%
SW	36 cm.	40 cm.	40 cm.	(40, 41)*	36 cm.	40 cm.	41 cm.	(41, 40)*
Narrow	63%	15%	15%	11%	58%	12%	5%	6%
Match	37%	76%	76%	79%	42%	85%	85%	86%
Wide	0%	9%	9%	10%	0%	3%	10%	8%
UEB	35 cm.	42 cm.	39 cm.	(39, 42)*	39 cm.	44 cm.	42 cm.	(42, 39)*
Low	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Match	64%	99%	100%	100%	100%	82%	99%	100%
High	0%	1%	0%	0%	0%	18%	1%	0%
UDH	18 cm.	18 cm.	18 cm.	(18, 19)*	19 cm.	19 cm.	19 cm.	(19, 18)*
Less	48%	48%	48%	44%	20%	20%	20%	25%
Match	52%	52%	52%	56%	80%	80%	80%	75%

*(a, b) means 80 % of the furniture are a cm. and 20 % of the furniture are b cm.

Seat Height (SH) is the most important dimension of the chairs. From Table 9, the result reveals that with the TIS-recommended dimension of seat height, 62% of the students in the 7^{th} -9^{th} grades fit. However, only 19% of students in the 10^{th} -12^{th} grades fit with the TSI recommend dimension for seat height. Most of the mismatches showed the seats were too high for students. Thus, their feet were not

properly on the floor, and this can cause high tissue pressure on the posterior zone of the knees (Milanese and Grimmer, 2004). Moreover, a student would move forward on the seat when she needs to use the table, yielding a lack of back support and possible back pain.

For the 7th -9th grades, if the seat height were lower by one centimeter as suggested by the Growth Chart technique, the percentage of match would go up to 78%. If the seat height were lowered to 35 cm. as suggested by the K-means technique, the percentage of high mismatch would go down to 0%; however, the percentage of low mismatch would rise to 35%. The best result for seat height came from the 2-size K-means technique, where the percentage of match was up to 85%.

For the 10th -12th grades, the TSI seat height was high for many students; however, if the seat were lowered 3 cm. as recommended by both the Growth Chart technique and the K-means technique, the match was improved to 57%, though the percentage of high mismatch was still large at 42%. Once again, the best suggestion for seat height was 2-size combination from the K-means clustering technique, where the percentage of match was up to 77%.

While the 2-size K-means provided the best match to the data, the results suggest and additional 15% of the students in 7th -9th grades would benefit from the big size chairs and additional 22% of the students in 10th -12th grades would benefit from the small size chairs. If the K-means mix 2-size combination was changed from (80%, 20%) to (65%, 35%), the percentages of seat height match would increase to 100% and 92% for 7th -9th grades and 10th -12th grades students respectively.

Seat to Desk Height (SDH) is defines the working surface height. Ergonomically, the working surface height should be near elbow level, so a student does not have to raise her shoulder while working. Table 9 shows that with the currently used or the TSI recommend dimensions seat to desk height, only 30% of the students in the 7th -9th grades matched and only 13% of students in the 10th -12th grades matched. Most of the mismatches indicated the desk height was too high for students. Therefore, a lot of students would be working with a surface higher than elbow level, leading them to flex and abduct their shoulders and causing muscle work and possibly pain in the shoulder area (Garcia-Molina et al., 1992; Szeto et al., 2002).

For the 7th -9th grades, if the seat to desk height were lower 2 cm. as suggested by the Growth Chart technique, the percentage of match would go up to 70%, although the percentage of high mismatch would still be large. However, if the seat to desk height were lowered to 24 cm. as suggested by the K-means technique, the percentage of high mismatch would go down to 0% but the percentage of low mismatch would go up to 14%. The best results for seat to desk height was obtained from the 2-size K-means technique, for which the percentage of match was 100%.

For the 10th -12th grades, the TSI seat to desk height was high for the tested student population. If the desk were lower 4 cm. as recommended by the Growth Chart technique, the match would be improved to 95%. If the desk were lower 3 cm. as recommended by the K-means technique, the percentage of match would 74%, with the residual 26% obtaining a high mismatch. Again, the 2-size combination from the K-means clustering technique obtained the best results, improving the percentage of match to 96%. The results suggest that if the K-means mix 2-size combination were changed from (80%, 20%) to (76%, 24%), the percentages of seat to desk height match would increase to 100% for 10th -12th grades.

The TIS recommended Seat Depth (SD) yielded a match for 80% and 93% of the students in 7th -9th grades and 10th -12th grades respectively. For the 7th -9th grades, both the Growth Chart and K-means Clustering techniques recommended the same seat depth as the TIS. The 2-size combination from the K-

means clustering technique increased the match to 100%. For the 10th -12th grades, the TIS recommended size was the best seat depth. The Growth Chart and K-means clustering technique suggested shallower and deeper values respectively, but the resulting percentage of match was not better. The 2-size combination from the K-means clustering technique did not improve the match.

Seat Width (SW) suggested by the TSI was the same for all grades which was not practical since the hip widths vary considerably between young kids and teenagers. The recommended seat width fits only 37% and 42% of the students in 7th -9th grades and 10th -12th grades respectively and it was narrow for the rest of the students. A seat that is too narrow may raise pressure on the buttocks. For the 7th -9th grades, both the Growth Chart and K-means Clustering techniques proposed increasing SW by 4 cm. and raised the percentage of match to 76%. The 2-size combination from the K-means clustering technique was able to increase the match to 79%. For the 10th -12th grades, the Growth Chart and K-means Clustering techniques proposed increasing SW by 4 and 5 cm. respectively and both of the techniques raised the percentage of match to 85%. The 2-size combination from the K-means clustering technique improved the match to 86%. In this case, the 2-size combination from the K-means clustering technique did not improve the matches much because the two sizes were only one centimeter different.

Upper Edge of Backrest (UEB) proposed by the TSI was found to be suitable for 64% of the students in 7th -9th grades. The mismatch was because the upper edge of backrest was too low. The Growth Chart and K-means Clustering techniques suggested raising the upper edge of backrest by 7 cm. and 4 cm. and this leaded to improve the percentages of match to 99% and 100% respectively. The 2-size combination from the K-means clustering technique also increased the match to 100%. The upper edge of backrest proposed by TSI fit 100% of the students in 10th -12th grades. The recommendation coming from the Growth Chart technique was an increase of UEB by 5 cm., leading to 18% high mismatch. The K-means clustering technique also suggested raising the upper edge of backrest 3 cm. and this led to 1% high mismatch. The 2-size combination from the K-means clustering technique also yielded 100% of match.

Underneath Desk Height (UDH) proposed by the TSI was suitable for only 52% of the students in 7th -9th grades; 48% of the students did not have enough sufficient room underneath the desks. Both the Growth Chart and K-means Clustering techniques suggested the same UDH value as TSI. The 2-size combination from the K-means clustering technique was able to improve the percentage of match only to 56%. For the 10th -12th grades, the TSI recommended UDH value was found to be proper for 80% of the students. Both of the Growth Chart and K-means Clustering techniques suggested the same UDH values as TSI. The 2-size combination from the K-means clustering technique fit students less than the rest, and the percentage of match decreased to 75%.

The seat depth and the upper edge of backrest were the only dimensions recommend by TSI found to be wholly suitable for the students. The rest of the furniture dimensions had room for improvement, especially the important dimensions of seat height and seat to desk height; if these two dimensions were not proper to the students, there could be many bad effects ono the students both in the short and long runs. To overcome the mismatch in the seat height and the seat to desk height, the 2-size combination from the K-means clustering technique gave the best overall results.

The 2-size combination K-means clustering technique had the best overall furniture dimensions. The Growth Chart and K-mean clustering techniques had similar good performance. The reason that the dimensions suggested by TSI were too high for the students was because to accommodate all students in

Thailand, the 95th – 99th percentile of students' anthropometry data was always considered in designing school furniture. Economically, TSI seat width was the same and narrow for all grades which was not appropriate. The Growth Chart technique might provide better results if there were an investigation into the best percentile to use as done in (Ismaila et al., 2015). The K-means clustering technique determined the furniture dimensions according to the means of groups of similar build. However, if the small size was assigned for 7th -9th grades and the big size was assigned for 10th -12th grades, this would not take full advantage of the use of similar build clustering; it is possible that there are some 7th -9th grades students in the big size clusters and vice versa, that why the 2-size combination dimensions gave better matches than the one–size per group K-means technique.

Conclusions

Obtaining measurements for assessing the anthropometric mismatch between students and school furniture can be complicated, difficult, and time-consuming. This research proposed an anthropometric data estimation technique using predictive models based on stature and weight. The proposed predictive models can be applied to a school that has similar build statistics as the sample (i.e. has similar mean values of stature and weight). The 2-sample T-test can be used to compare the means of statures and weights between populations. The predictive models were found to yield good overall match with the separate test data set.

A similar challenge is the ergonomic design of school furniture. This research studied two proposed methodologies: the Growth Chart and K-means clustering techniques. The Growth Chart technique used the predictive equations to transfer information from the Thai Growth Chart to sitting anthropometric data which was in turn used to define the proper furniture dimensions according to criteria or mismatch relations. The K-means clustering technique was used to divide all of the students into two groups according to the similarity of their sitting anthropometric data; the mean values of each anthropometric measurement for each group were then used to define the appropriate furniture dimensions according to mismatch equations. Across the four sets of furniture dimensions, the 2-size K-means method provided the best percentage of matches.

Various further investigations could be done to improve this study. For example, predictive models for anthropometric dimensions not considered in this study could be generated and their overall utility assessed. The Growth Chart method for setting furniture sizes could be refined by investigating what percentiles of weight and height should be used for each furniture dimension. The 2-size K-means method could be improved through further study of what mixture of sizes, e.g. (90%, 10%) vs. (80%, 20%) vs. (50%, 50%) yields the best overall match for a given student population.

Acknowledgements

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

References

[1] Grimes, P., & Legg, S., 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*, 2004; **7(1)**, 1-9. doi: 10.1618/jhes.7.1.

[2] Milanese, S., & Grimmer, K., School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *ERGONOMICS.* 2004; **47(4)**.

[3] Murphy, S., Buckle, P., & Stubbs, D., Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren. *Applied Ergonomics.* 2004; **35(2),** 113-120. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2004.01.001.

[4] Hira, D. S., An ergonomic appraisal of educational desks. ERGONOMICS, 1980; 23(3), 213-221. doi: 10.1080/00140138008924735.

[5] Zacharkow, D., *Posture: sitting, standing, chair design, and exercise*, Charles C Thomas Pub Limited., 1988.

[6] Candy, E. A., Farewell, D., Jerosch-Herold, C., Shepstone, L., Watts, R. A., & Stephenson, R. C. . 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,* 2012; **98(4)**, 300-306. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2011.04.353.

[7] Murphy, S., Buckle, P., & Stubbs, D., A cross-sectional study of self-reported back and neck pain among English schoolchildren and associated physical and psychological risk factors. *Applied Ergonomics*, 2007; **38(6)**, 797-804. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2006.09.003.

[8] Geldhof, E., De Clercq, D., De Bourdeaudhuij, I., & Cardon, G., Classroom postures of 8–12 year old children. *ERGONOMICS*, 2007; **50(10)**, 1571-1581. doi: 10.1080/00140130701587251.

[9] Afzan, Z. Z., Hadi, S. A., Shamsul, B. T., Zailina, H., Nada, I., & Rahmah, A. R. S.. 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)*, 2012; 9-12 July 2012, Southeast Asian.

[10] Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Viviani, C. A., Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied Ergonomics,* 2010; **41(4)**, 563-568. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.001.

[11] Batistão, M. V., Sentanin, A. C., Moriguchi, C. S., Hansson, G. Å., Coury, H. J. C. G., & De Oliveira Sato, T., Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. *Work (Reading, Mass.),* 2012; **41**(SUPPL.1), 4817-4824. doi: 10.3233/wor-2012-0770-4817.

[12] Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M., . Equations for defining the mismatch between students and school furniture: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics,* 2015; **48**, 117-126. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.05.002

[13] Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E., & Thomson, W. G., *Engineering Anthropometry Methods*, Wiley, 1975.

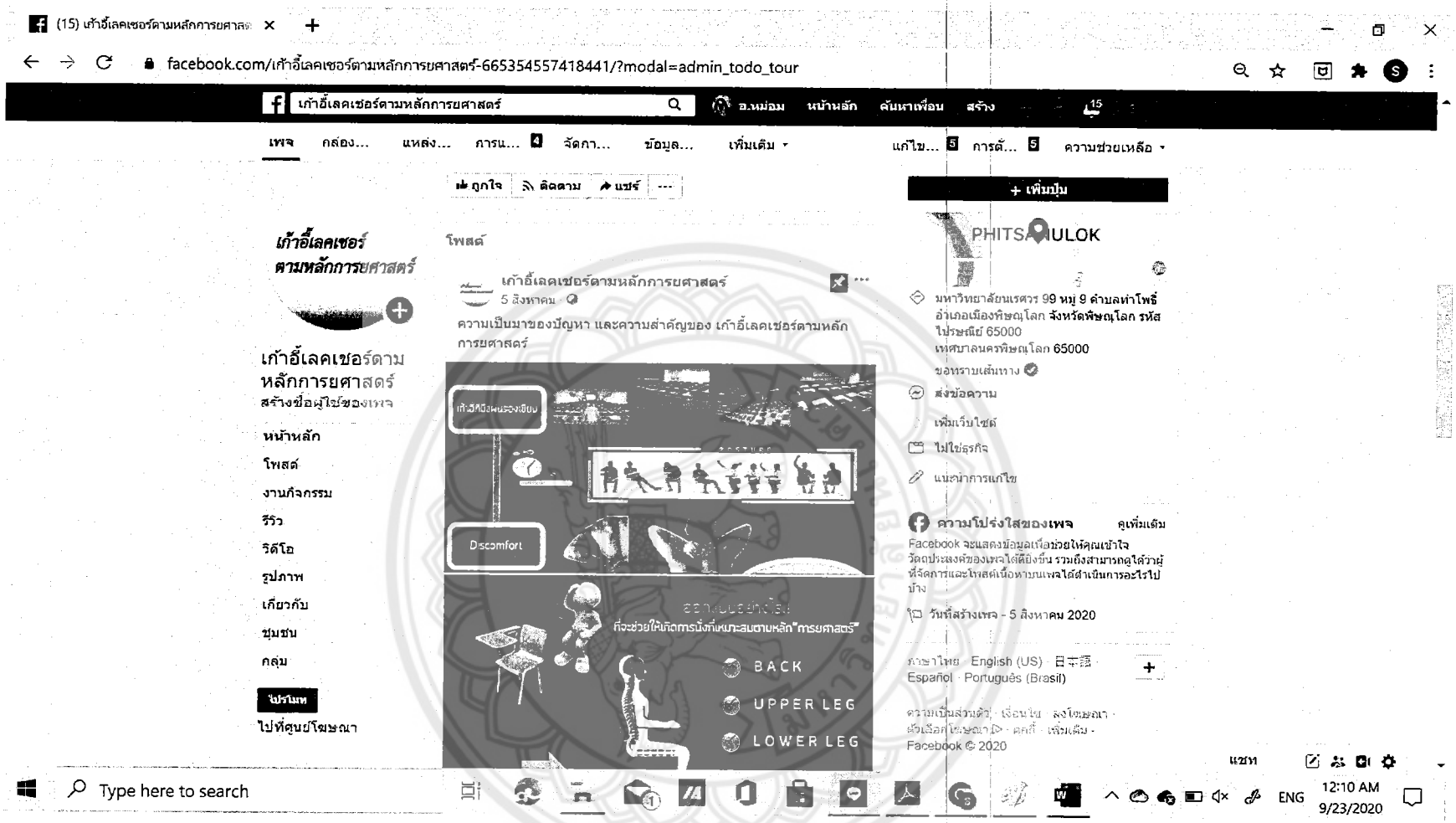
[14] Oyewole, S. A., Haight, J. M., & Freivalds, A., The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. *International Journal of Industrial Ergonomics,* 2010; **40(4)**, 437-447. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2010.02.002.

[15] Ismaila, S. O., Akambi, O. G., Ngassa, C. N., & Oriolowo, K. T., ERGO-ANALYSIS OF SCHOOL FURNITURE IN USE BY SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN SOUTH WESTERN NIGERIA. *Journal of Natural Sciences, Engineering and Technology*, 2011; **10(1)**, 136-146.

[15] Parcells, C., Stommel, M., & Hubbard, R. P., Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. *Journal of Adolescent Health,* 1999; **24(4)**, 265-273. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S1054-139X(98)00113-X.

[16] Rahman, S. a., Incompatibility between Students' Body Measurements and School Chairs. *World Applied Sciences*, 2013; **21(ISO 5970)**.

[1] W Pralomkarn, C Supakorn and D Boonsanit. Knowledge in goats in Thailand. *Walailak J. Sci. & Tech.* 2012; **9**, 93-105.


(15) เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์
facebook.com/เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์-665354557418441/?modal=admin_todo_tour
เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์
อ.หม่อม
หน้าหลัก
ค้นหาเพื่อน
สร้าง
เพจ
คลัง...
แหล่ง...
การแ...
จัดกา...
ข้อมูล...
เพิ่มเติม
แก้ไข...
การตั...
ความช่วยเหลือ
ถูกใจ
ติดตาม
แชร์
เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์
สร้างชื่อผู้ใช้ของเพจ
หน้าหลัก
โพสต์
งานกิจกรรม
รีวิว
วิดีโอ
รูปภาพ
เกี่ยวกับ
ชุมชน
กลุ่ม
โปรโมท
ไปที่ศูนย์โฆษณา
โพสต์
เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์
5 สิงหาคม
ความเป็นมาของปัญหา และความสำคัญของ เก้าอี้เลคเชอร์ตามหลักการยศาสตร์
Discomfort
BACK
UPPER LEG
LOWER LEG
+ เพิ่มปุ่ม
PHITSANULOK
มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
เทศบาลนครพิษณุโลก 65000
ขอทราบเส้นทาง
ส่งข้อความ
เพิ่มเว็บไซต์
ไม่ใช่ธุรกิจ
แนะนำการแก้ไข
ความโปร่งใสของเพจ
ดูเพิ่มเติม
Facebook จะแสดงข้อมูลเพื่อช่วยให้คุณเข้าใจวัตถุประสงค์ของเพจได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถดูได้ว่าผู้ที่จัดการและโพสต์เนื้อหาบนเพจได้ดำเนินการอะไรไปบ้าง
วันที่สร้างเพจ - 5 สิงหาคม 2020
ภาษาไทย · English (US) · 日本語
Español · Português (Brasil)
Facebook © 2020
แชท
Type here to search
ENG
12:10 AM
9/23/2020