การประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์โดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์

นายพงศ์ภัทร อุไรวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PERFORMANCE EVALUATION OF ERGONOMIC KEYBOARD USE BASED ON FITTS' LAW CONCEPT

Mr. Pongpat Uraiwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์โดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์
โดย	นายพงศ์ภัทร อุไรวงค์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกล ธีระวรัญญู)

พงศ์ภัทร อุไรวงค์: การประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์โดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์. (PERFORMANCE EVALUATION OF ERGONOMIC KEYBOARD USE BASED ON FITTS' LAW CONCEPT) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 94 หน้า.

ในปัจจุบันปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์มีเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะ ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของผู้ใช้ที่มักเกิดขึ้นบริเวณมือและข้อมือเนื่องมาจากท่าทางการใช้แป้นพิมพ์ (keyboard) ที่ไม่เหมาะสมติดต่อเป็นเวลานาน เช่น ปัญหาโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome; CTS) จึงมีการออกแบบแป้นพิมพ์การยศาสตร์มาเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว แต่แป้นพิมพ์การยศาสตร์มีรูปร่างที่ซับซ้อนกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้ต้องมีการทำความคุ้นเคยการใช้งานกับแป้นพิมพ์ซึ่งส่งผลต่อสมรรถนะการทำงาน ที่ผ่านมาการประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์จะวัดความเร็วโดยรวมของงานพิมพ์ตามแบบพิมพ์ทั่วไป โดยไม่คำนึงถึงระดับความยากของแบบพิมพ์ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประเมินสมรรถนะโดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์ (Fitts' law) เพื่อเปรียบเทียบค่าสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ 2 แบบ กับแป้นพิมพ์มาตรฐาน โดยทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 10 คน ที่สามารถพิมพ์สัมผัสได้และไม่เคยใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์มาก่อน การออกแบบระดับความยากของงานพิมพ์ (Index of difficulty) อาศัยการเรียงลำดับเวลาเฉลี่ยที่ใช้การพิมพ์แต่ละอักขระเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบ แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.99 และระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยของแป้นพิมพ์การยศาสตร์ทั้งสองแบบเร็วกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานอย่างมีนัยสัญ และค่าสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ทั้งสองแบบสูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555

5171504121: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : FITTS' LAW / INDEX OF DIFFICULTY / KEYBOARD PERFORMANCE EVALUATION / ERGONOMIC KEYBOARD

PONGPAT URAIWONG: PERFORMANCE EVALUATION OF ERGONOMIC KEYBOARD USE BASED ON FITTS' LAW CONCEPT.

ADVISOR: PHAIROAT LADAVICHITKUL, 94 pp.

The health problems of computer users have been increasing, especially the hand and wrist problem causing non-neutral posture while using keyboard for long period, such as the Carpal Tunnel Syndrome (CTS). In order to reduce this problem, ergonomic keyboards have been developed for reducing awkward arm and wrist posture. Although ergonomic keyboards are considered to reduce CTS, the complex shape of them may affect user's familiarity and their typing performance. Typing performance evaluations are usually based on total typing speed without considering of the difficulty of manuscript which may affect the typing speed.

In this study, Fitts' law concept was applied to compare typing performances of two ergonomic keyboards and a conventional keyboard. 10 volunteer participants with touch-typing ability who never used ergonomic keyboard were recruited. The indices of difficulty of typing was developed by sampling alphabets by their average typing time with linear regression, with R^2=0.99, the alphabet keys were divided into 7 groups. There was significant difference in learning curve between ergonomic keyboard and conventional keyboard. The typing performance of both ergonomic keyboards is also higher than the conventional keyboard.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012 .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ข้อแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกล ธีระวรัญญู กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ร่วมเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป..... ญ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... 7
บทที่ 2 ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8
2.1 ประวัติเครื่องพิมพ์ดีด 8
2.2 ประวัติการออกแบบและจัดวางแป้นพิมพ์ดีดภาษาไทย..... 9
2.3 ประวัติการฝึกหัดพิมพ์ดีด..... 11
2.4 แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์..... 12
2.5 แป้นพิมพ์การยศาสตร์..... 15
2.6 ลักษณะโครสร้างและการเคลื่อนไหวร่างกายในช่วงแขนและมือ..... 17
2.7 ผลกระทบต่อสุขภาพจากท่าทางการใช้แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์..... 23
2.8 การประยุกต์ใช้การยศาสตร์ในงานคอมพิวเตอร์..... 26
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 29
2.10 การประเมินสมรรถนะโดยอาศัยกฎของฟิตส์..... 31

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 34
3.1 ผู้เข้าร่วมทดลอง 34
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 35
3.3 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ในการทดสอบ..... 37
3.4 การฝึกปฏิบัติ..... 38
3.5 การประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย..... 38
3.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพิมพ์..... 39
3.7 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพิมพ์..... 39
3.8 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าสมรรถนะ..... 40
บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง..... 41
4.1 การประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย..... 41
4.2 การประเมินสมรรถนะการทำงาน..... 43
4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 53
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 53
5.2 ปัญหาในการดำเนินการ..... 53
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 54
รายการอ้างอิง..... 55
ภาคผนวก..... 60
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ราคาแป้นพิมพ์การยศาสตร์และแป้นพิมพ์ทั่วไป……..	4
2.1	ข้อแนะนำระดับแสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงานและบริเวณโดยรอบถัดไป.....	29
3.1	ข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ…….....	34
3.2	ลักษณะทางกายภาพแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	37
4.1	ผลจำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์ของผู้เข้าร่วมทดสอบจนเข้าสู่สภาวะสมดุล.....	42
4.2	กลุ่มระดับความยากจัดเรียงลำดับจากเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละกลุ่มอักขระใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ในการจัดแบ่งกลุ่ม.....	45
4.3	สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยาก (ID) และค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ (IP).....	47
4.4	ค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์แต่ละแบบจากข้อมูลผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน.....	49

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ท่าทางที่ไม่ปกติในการพิมพ์แป้นพิมพ์มาตรฐาน.....	2
2.1	เครื่องพิมพ์ดีดเชิงพาณิชย์เป็นเครื่องแรก.....	8
2.2	ลักษณะตำแหน่งตัวอักษรบนแป้นพิมพ์แบบ QWERTY	9
2.3	เครื่องพิมพ์ดีดไทย Smith Premier.....	9
2.4	แป้นพิมพ์แบบ “เกษมณี”	10
2.5	แป้นพิมพ์แบบ “ปัตตะโชติ”.....	11
2.6	แป้นพิมพ์มาตรฐาน.....	13
2.7	แป้นพิมพ์ติดตั้งภายใน	14
2.8	แป้นพิมพ์เสมือน	14
2.9	แป้นพิมพ์การยศาสตร์.....	15
2.10	ลักษณะแป้นพิมพ์แยกออกเป็นสองส่วนบริเวณกึ่งกลางแป้นพิมพ์.....	16
2.11	ลักษณะแป้นพิมพ์ลาดเอียงด้านข้าง	16
2.12	ลักษณะแป้นพิมพ์ลาดเอียงแนวระนาบ	16
2.13	ตัวอย่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์	17
2.14	ส่วนของกล้ามเนื้อและกระดูก	17
2.15	ส่วนของระบบประสาท	18
2.16	โครงสร้างฝ่ามือ.....	19
2.17	ลักษณะการวางมือในท่าทางสภาวะปกติ.....	19
2.18	ลักษณะการเคลื่อนไหวข้อมือที่ควรหลีกเลี่ยง.....	20
2.19	ท่าทางหัวไหล่และท่อนแขนในสภาวะปกติ.....	22
2.20	ลักษณะการเคลื่อนไหวหัวไหล่และท่อนแขนที่ควรหลีกเลี่ยง.....	22
2.21	โครงสร้างและเส้นประสาทบริเวณข้อมือ.....	24
2.22	บริเวณอาการปวด ชา ที่เกิดขึ้นจากข้อมือจนถึงปลายนิ้ว.....	25
2.23	การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์.....	26
2.24	การจัดวางนิ้วมือในการพิมพ์สัมผัสบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน.....	32
3.1	แป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	36

รูปที่		หน้า
3.2	สถานีงานคอมพิวเตอร์ในการทดสอบ.....	37
3.3	หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ.....	38
4.1	ผลจำนวนการใช้แป้นพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดของผู้เข้าร่วมทดสอบคนที่ 1.....	42
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยแต่ละรูปแบบกับจำนวนรูปแบบทั้ง 16 รูปแบบ.....	44
4.3	ตำแหน่งอักขระบนแป้นพิมพ์ตามกลุ่มระดับความยาก.....	44
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์มาตรฐาน.....	46
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์ Comfort curve 2000..	46
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์ Natural Elite.....	47
4.7	กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นของแป้นพิมพ์แต่ละชนิดจากข้อมูลผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน.....	50

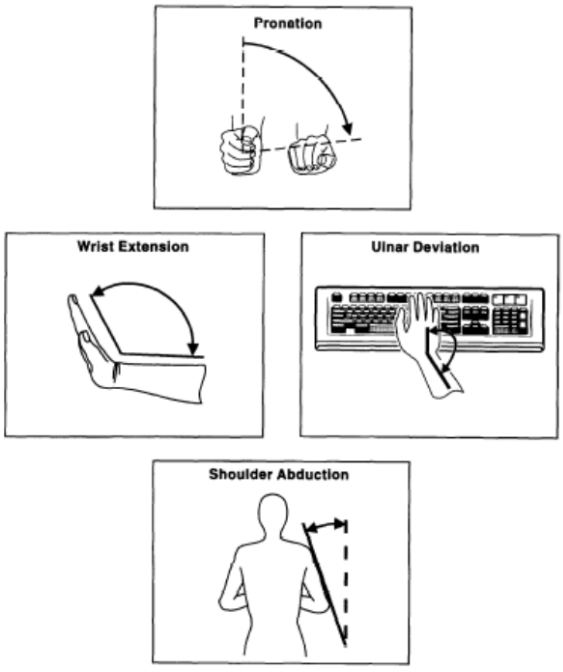
บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น เป็นเครื่องมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกสบาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการทำงาน การเรียนรู้และให้ความบันเทิง ทำให้มีการใช้คอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลายทั้งในสถานที่ทำงานและในที่พักอาศัย แต่การใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเป็นประจำส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน ได้แก่ ผลกระทบทางตา ผลกระทบจากท่าทางในการใช้งาน ผลกระทบจากการเคลื่อนไหวซ้ำซาก เป็นต้น โดยปรากฏเป็นกลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการ เรียกว่ากลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการที่เกิดจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ (CS: computer syndrome) (แพทย์ศักดิ์ชัย ถิรวิทยาคม, 2552 : ออนไลน์) การใช้งานคอมพิวเตอร์นั้นผู้ใช้จะนำเข้าข้อมูลผ่านอุปกรณ์นำเข้าเพื่อส่งต่อไปยังส่วนประมวลผลเพื่อตอบสนองกับผู้ใช้ แป้นพิมพ์ (keyboard) และเมาส์ (mouse) เป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้กันมากและพบเห็นในการใช้งานทั่วไป การใช้มือและแขนจากการใช้แป้นพิมพ์และการใช้เมาส์ของคอมพิวเตอร์นานๆ จะนำไปสู่การเพิ่มความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกิดบริเวณรยางค์ส่วนบน (Upper Extremity Work-related Musculoskeletal Disorders, Upper Extremity-WRMSDs) (Fagarasanu et al., 2005) ซึ่งมักเกิดขึ้นที่บริเวณมือและข้อมือรวมทั้งไหล่และข้อศอก การพิมพ์งานและใช้เมาส์ซ้ำๆ เป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกายอย่างช้าๆ เรียกภาวะนี้ว่าความผิดปกติจากการบาดเจ็บสะสม (CTD: cumulative trauma disorder) (เนสินี ไชยเอีย และคณะ, 2548) หนึ่งในกลุ่มโรคนี้ คือ โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome; CTS) มีสาเหตุมาจากการพิมพ์แป้นพิมพ์ เนื่องจากรูปทรงแป้นพิมพ์นำไปสู่ความเสี่ยงต่อความผิดปกติระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (WRMSDs) ช่วงระหว่างปี 1988 และ1993 พบว่ามีจำนวนผู้มีอาการบาดเจ็บสะสม (CTD) เพิ่มขึ้น1000% ในกลุ่มพนักงานออฟฟิต 21% ของผู้มีอาการอุโมงค์ข้อมือ (CTS) มาจากการพิมพ์แป้นพิมพ์ เนื่องจากรูปทรงแป้นพิมพ์นำไปสู่ความเสี่ยงต่อความผิดปกติระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง(WRMSDs) (Mircea et al., 2005) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญและทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลและพักรักษาตัว ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาออกแบบแป้นพิมพ์เพื่อลดอัตราการเกิดอาการบาดเจ็บสะสม (Fagarasanu et al., 2005) โดยการออกแบบคำนึงถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก เรียกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ (Ergonomic keyboard)

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการใช้คอมพิวเตอร์ ท่าทางของข้อมือและแขนท่อนล่างจะอยู่ในท่าทางที่เหมาะสม ขึ้นกับปัจจัยเหล่านี้ คือ งานที่ทำ เก้าอี้ที่นั่ง สถานีงาน และรูปร่างของแป้นพิมพ์ และเมื่อกำหนดให้ปัจจัยต่างๆดังที่ได้กล่าวมาคงที่ยกเว้นแป้นพิมพ์ พบว่าท่าทางข้อมือและแขนท่อนล่างจะอยู่ในท่าทางที่เหมาะสมจะขึ้นกับรูปทรงแป้นพิมพ์เป็นหลัก (Rempel et al.,2007) ท่าทางที่เกิดขึ้นระหว่างการพิมพ์บนแป้นพิมพ์มาตรฐานทำให้แขนมีลักษณะกางออก (abduction) การพลิกคว่ำแขนท่อนล่าง (pronation) การเหยียดของข้อมือกลับมาทางด้านหลัง (wrist extension) การหักข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (ulnar deviation) ดังรูปที่1.1 ซึ่งเป็นท่าทางที่ไม่ปกติ (awkward work posture) ในส่วนที่เกี่ยวกับแขนและข้อมือ ทำให้เกิดความไม่สบายในการใช้งาน ผลจากท่าทางดังกล่าวทำให้ ความดันในอุโมงค์ข้อมือเพิ่มขึ้น ประกอบกับการพิมพ์งานมีลักษณะเป็นงานซ้ำซาก จึงนำไปสู่การบาดเจ็บสะสมได้ (Fagarasanu et al., 2005)



รูปที่ 1.1 ท่าทางที่ไม่ปกติในการพิมพ์แป้นพิมพ์มาตรฐาน (Sawanson et al.,1997)

ได้มีการศึกษาและพัฒนาออกแบบแป้นพิมพ์เพื่อลดท่าทางที่เบี่ยงเบนจากท่าปกติของข้อมือและแขนท่อนล่างในขณะพิมพ์แป้นพิมพ์มาตรฐานที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งานมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบโดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับการแบ่งครึ่งแป้นพิมพ์ออกเป็น 2 ส่วน และปรับแต่งความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ส่วน เพื่อช่วยลดการพลิกคว่ำแขนท่อนล่าง การเหยียดของข้อมือ การหัก

ข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย การใช้แป้นพิมพ์ที่ออกแบบในลักษณะรูปทรงตามหลักการยศาสตร์ช่วยลดหรือป้องกันมือและแขนจากความเจ็บปวดและความไม่ปกติได้ (Rempel et al.,2007) งานวิจัยที่ผ่านมาทำการศึกษาท่าทางการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขนท่อนล่างจากการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์โดยใช้เครื่องโกนิโอมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic goniometer) (Honan et al., 1995; Zecevic et al., 2000; Fagarasanu et al., 2005) ระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis system) (Rempel et al., 2007) การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) แรงที่ใช้ในการกดแป้นพิมพ์ (Fagarasanu et al., 2005) และแบบสอบถามความล้าที่เกิดขึ้น (Sawanson et al., 1997)

ปัจจุบันเริ่มมีการจำหน่ายแป้นพิมพ์การยศาสตร์ในท้องตลาดประเทศไทย เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค แต่ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลการศึกษาหรือวิจัยการใช้งานแป้นพิมพ์ชนิดนี้โดยตรงแตกต่างกับต่างประเทศที่มีการศึกษาและวิจัยแป้นพิมพ์เหล่านี้มานาน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคเพื่อใช้ข้อมูลเหล่านั้นในการตัดสินใจเลือกซื้อแป้นพิมพ์ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำการสำรวจความคิดเห็นแนวโน้มการใช้งานแป้นพิมพ์การยศาสตร์ โดยทำการสำรวจในบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพฯ จำนวน 20 คน ผลการสำรวจความคิดเห็นแนวโน้มการใช้งานแป้นพิมพ์โดยใช้แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นพนักงานในบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง เป็นเพศชาย 13 คน (65%) เพศหญิง 7 คน (35%) อายุเฉลี่ย 31 ปี (24-45 ปี) มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ มากกว่า 6 ชั่วโมง 16 คน (80%) มีการใช้งานคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ 9 คน (45%) มีการใช้แป้นพิมพ์พิมพ์งานติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง 3 คน (15%) 2-4 ชั่วโมง 5 คน (25%) 4-6 ชั่วโมง 8 คน (40%) และมากกว่า 6 ชั่วโมง 4 คน (20%) มีผู้ที่เคยมีอาการกล้ามเนื้ออักเสบและปวดเมื่อยตามบริเวณอวัยวะต่างๆ เช่น หลัง ไหล่ บ่า แขน หรือ ข้อมือจากการใช้แป้นพิมพ์ 10 คน (50%) มีผู้มีความสามารถพิมพ์แบบพิมพ์สัมผัส 10 คน (50%) ความเร็วในการพิมพ์เฉลี่ยจำนวน 34.5 คำต่อนาที (30-40 คำต่อนาที) จำนวนผู้ไม่รู้จักแป้นพิมพ์การยศาสตร์ 19 คน (95%) และหลังจากแนะนำให้ผู้ตอบแบบสอบถามรู้จักแป้นพิมพ์การยศาสตร์จึงสอบถามแนวโน้มการใช้งานจะมีการเปลี่ยนมาใช้งานบ้างหรือไม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม 14 คน (70%) ไม่คิดที่จะลองเปลี่ยนมาใช้โดยให้เหตุผลในเรื่องของ ราคาที่สูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน ความคุ้มค่ากับการใช้งานเมื่อเทียบกับราคา การทำความคุ้นเคยกับแป้นพิมพ์ที่มีลักษณะเปลี่ยนไปจากแป้นพิมพ์มาตรฐาน ความสวยงาม และไม่ทราบแหล่งที่จัดจำหน่าย ถึงแม้ว่าจะมีรายงานจากการศึกษาแล้วว่าเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งเสริมระดับความปลอดภัยของผู้ใช้งาน แต่กลับพบว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์กลับไม่ได้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หรือกำหนดให้เป็น

อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจมีปัจจัยของเรื่องราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง จากการสำรวจราคาแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานที่จำหน่ายในปัจจุบันในเวปไซด์ www.amazon.com เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2554 แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่1.1 ราคาแป้นพิมพ์การยศาสตร์และแป้นพิมพ์ทั่วไป

แป้นพิมพ์การยศาสตร์		**ราคา ($)**
Microsoft Comfort Curve Keyboard 2000		14.99
Microsoft Natural Elite		28.99
Microsoft Comfort Curve Keyboard 4000		34.31
Kinesis Corporation Kb500usb-blk		269.00
แป้นพิมพ์มาตรฐาน		**ราคา ($)**
Standard USB Keyboard, Black		8.99
Microsoft Wired Keyboard 600 (Black)		12.00
Logitech Keyboard K120		14.99
Microsoft Wireless Desktop 3000		26.38

จากตารางที่ 1.1 พบว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ที่มีการเชื่อมต่อด้วยสายสัญาณมีราคาสูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไปที่มีการเชื่อมต่อแบบเดียวกันมาก และมีราคาใกล้เคียงกับแป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดไร้สาย การใช้งานแป้นพิมพ์นอกจากผลทางด้านความปลอดภัยแล้วสิ่งที่ต้องคำนึงตามมาก็คือ ประสิทธิภาพในการพิมพ์ (Efficiency) จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะทำการวัดจากความเร็วและความถูกต้องในการพิมพ์ โดยรวมจากการพิมพ์งาน/ชั่วโมง และ อัตราการผิดพลาดต่อชั่วโมง และทำการการศึกษาระยะเวลาการเรียนรู้การใช้งาน (Learning curve) (Swanson et al., 1997) หรือวัดจากคำที่พิมพ์ได้ทั้งหมดหักลบด้วยคำที่พิมพ์ผิด/นาที (word per minute : WPM) (Fagarasanu et al.,2005; Rempel et al., 2007) โดยความเร็วการพิมพ์แป้นพิมพ์การยศาสตร์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไป (McLoo et at., 2005; Rempel et al.,2007) และพบว่าประสิทธิภาพในการพิมพ์จะลดลงในช่วงแรกและจะเพิ่มหลังจากใช้งานไป 2 วัน โดยที่ความล้าและความไม่สบายจากการใช้งานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Swanson et al., 1997) แต่ในบางงานวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างในเรื่องประสิทธิภาพในการพิมพ์ระหว่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน (Smith et al.,1998) และได้มีการศึกษาถึงผลของการฝึกอบรมการใช้งานแป้นพิมพ์การยศาสตร์ก่อนการใช้งานจริง พบว่าหลังจากทำการฝึก 8 ชม. ช่วยทำให้ลดแรงในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน (คำ/นาที และ ลดจำนวนคำผิด) และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ก็ยังคงสามารถลดอาการเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างถึงแม้จะต้องใช้เวลาในการฝึกอบรมการใช้งานที่นานขึ้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (Fagarasanu et al., 2005)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในการทดสอบประสิทธิภาพในการพิมพ์ จะกำหนดให้ผู้เข้ารับการทดลองพิมพ์ข้อความที่ผู้วิจัยทำการคัดเลือกมาให้และกำหนดเวลาในการพิมพ์ข้อความที่เตรียมไว้ 5-15 นาที (McLoo et at., 2005; Honan et al., 1995; Rempel et al.,2007) หรือให้ผู้ทดสอบนำแป้นพิมพ์การยศาสตร์ไปใช้งานเป็นระยะเวลาติดต่อกันตามที่กำหนด(Sawanson et al., 1997) ซึ่งใช้เวลามากน้อยแตกต่างกันไปและข้อความที่นำมาใช้ในการทดลองไม่มีการแบ่งระดับความยากง่ายในการพิมพ์ของข้อความที่นำมาให้พิมพ์ ซึ่งระดับความยากง่ายในการพิมพ์นั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการพิมพ์ ยิ่งมีระดับความยากมากก็ยิ่งส่งผลให้ความเร็วในการพิมพ์ลดลง ในภาษาอังกฤษมีการแบ่งระดับความยากของแบบพิมพ์ เช่น ค่าความหนาแน่นของพยางค์ (Syllable Intensity: SI), ค่าของคำที่พบบ่อย (High Frequency Words: HFW) และ ค่าความยาวเฉลี่ยต่อคำ (Average Word Length: AWL) ส่วนความยากง่ายของแบบพิมพ์ภาษาไทยยังไม่มีการกำหนด แต่อาจคาดเดาได้วิธีหนึ่งคือปริมาณอักษรบน(อักษรที่ต้องกด

ปุ่ม shift) ถ้าแบบพิมพ์ใดมีอักษรบนมาก แบบพิมพ์นั้นอาจพิมพ์ได้ยากกว่าแบบพิมพ์ที่มีอักษรบนน้อยกว่า (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554) และความสามารถในการใช้งานนิ้วมือในแต่ละนิ้วที่แตกต่างกันเมื่อต้องใช้นิ้วมือต่างๆในการเคลื่อนไหวที่ต่างกัน นำไปสู่ความสนใจในการวัดสมรรถนะในการพิมพ์ โดยจำแนกตามความยากของงาน

การเลือกแป้นพิมพ์การยศาตร์นอกจากจะคำนึงถึงผลลัพธ์ทางด้านความปลอดภัยแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ราคาที่เหมาะสมกับงบประมาณที่ตั้งไว้ ความเร็วในการพิมพ์ ความถูกต้องของการพิมพ์หรือการแก้ไข และ ระยะเวลาในการเรียนรู้เพื่อใช้งานซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะในการทำงานในช่วงแรก ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถจะรู้ได้จนกว่าจะได้ใช้งานไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการประเมินสมรรถนะและระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยในการพิมพ์งานในแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานโดยอาศัยหลักกการกฎของฟิตส์ (Fitts' law) เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินความคุ้มค่าในการลงซื้ออุปกรณ์การยศาสตร์เพื่อใช้ในการทำงานในระดับองค์กรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ประเมินสมรรถนะในการพิมพ์ (performances) ด้วยแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานโดยอาศัยกฎของฟิตส์ (Fitts' law)
2. ศึกษาระยะเวลาการเรียนรู้การใช้งาน (Learning Curve) ของแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้เฉพาะตัวอักษรภาษาอังกฤษในการพิมพ์แบบทดสอบ
2. ใช้แป้นพิมพ์ตามที่กำหนดในการทดสอบ ประกอบด้วย แป้นพิมพ์มาตรฐาน Acer รุ่น KU-0355 แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Microsoft Comfort Curve 2000 และ Microsoft Natural Elite
3. ทำการทดลองในสถานที่และสภาวะแวดล้อมที่กำหนดโดยอ้างอิงการจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์และสภาวะแวดล้อมตามหลักการยศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับองค์กรในการตัดสินใจลงทุนซื้ออุปกรณ์การยศาสตร์เพื่อใช้ในการทำงาน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการแบ่งระดับความยากง่ายในงานพิมพ์บนแป้นพิมพ์
3. ประเมินความยากของงานที่พิมพ์และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทำนายเวลาที่ใช้ในการทำงานโดยสมการจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะแป้นพิมพ์
2. กำหนดลักษณะแป้นพิมพ์และสภาพแวดล้อมสถานีการทำงานที่ใช้ในการทดลอง
3. ออกแบบและกำหนดปัจจัยการทดลองเพื่อใช้ในการกำหนดดัชนีความยาก
4. ทำการทดลองตามแบบพิมพ์ที่กำหนดและเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการกดแต่ละอักขระ
5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาสมรรถนะในการพิมพ์และเส้นโค้งการเรียนรู้
6. สรุปผลปัจจัยลักษณะทางกายภาพของแป้นพิมพ์กับสมรรถนะในการพิมพ์และระยะเวลาการเรียนรู้การใช้งาน
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงานวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

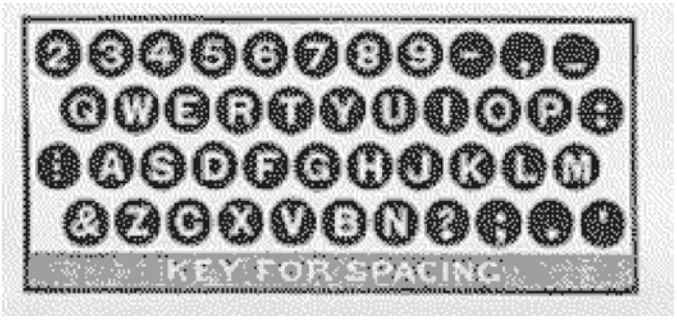
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีของแป้นพิมพ์ กลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน ลักษณะของแป้นพิมพ์การยศาสตร์ การจัดสถานีการทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์และกฎของฟิตส์ ในการวัดสมรรถนะและแบ่งระดับความยากของงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ประวัติเครื่องพิมพ์ดีด

ปี ค.ศ.1867 (พ.ศ.2410) Christopher Latham Sholes, Carlos Glidden และ Samuel W. Soule ชาวสหรัฐอเมริกา ได้ร่วมกันประดิษฐ์เครื่องพิมพ์ดีดที่สามารถใช้งานได้จริงและจำหน่ายได้ในเชิงพาณิชย์เป็นเครื่องแรก โดยเรียกว่า Type-Writer ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 เครื่องพิมพ์ดีดเชิงพาณิชย์เครื่องแรก (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

แป้นพิมพ์มีลักษณะเป็นแบบ 4 แถว พิมพ์โดยการเคาะแป้นอักษรลงไป แต่ผู้พิมพ์ยังไม่สามารถมองเห็นตัวอักษรที่พิมพ์ลงบนกระดาษได้ เพราะใช้ระบบแบบดีดแป้นอักษรขึ้น (up - strike) จึงมีผู้เรียกพิมพ์ดีดของเขาว่า Blind-Writer และได้ออกแบบการจัดวางตำแหน่งแป้นอักษรไปพร้อมกับการสร้างเครื่องพิมพ์ดีด โดยมีผู้เรียกแป้นอักษรของเขาว่าแป้นแบบ Universal มีลักษณะคล้ายกับที่ใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนมาเรียกว่าแป้นแบบ QWERTY และกลายเป็นแป้นพิมพ์มาตรฐานที่ใช้กันทุกวัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะตำแหน่งตัวอักษรบนแป้นพิมพ์แบบ QWERTY (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

หลังจากนั้นก็มีผู้ผลิตเครื่องพิมพ์ดีดออกวางจำหน่ายตามมาอีกหลายยี่ห้อจนนำไปสู่การลิตเครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้าและด้วยคุณภาพการผลิตรวมกับความสามารถทางการตลาดของ IBM (International Business Machine) ทำให้เครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้า IBM เป็นที่ยอมรับในวงการสำนักงานอย่างกว้างขวางไปทั่วโลก ในส่วนของประเทศไทยนั้นในปี พ.ศ.2435 Mr. Macfarland ได้นำเครื่องพิมพ์ดีดภาษาไทยเครื่องแรกยี่ห้อ Smith Premier เข้ามาถวายรัชกาลที่ 5 ลักษณะเครื่องพิมพ์ดีดไทย Smith Premier นั้น เป็นแบบแคร่ตาย (แคร่พิมพ์ไม่เลื่อน) และมีแป้นพิมพ์ 7 แถว ไม่มีแป้นยกอักษรบน (Shift key) จึงยังไม่สามารถพิมพ์โดยวิธีพิมพ์สัมผัสได้ (Touch Typing) ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 เครื่องพิมพ์ดีดไทย Smith Premier (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

2.2 ประวัติการออกแบบและจัดวางแป้นพิมพ์ดีดภาษาไทย

Dr.George Macfarland ได้นำเครื่องพิมพ์ดีดรุ่นใหม่ที่สามารถพิมพ์สัมผัสสิบนิ้วได้ ผลิตโดยบริษัท Remington เป็นแป้นแบบ 4 แถว เข้ามาเผยแพร่ในประเทศไทยจนได้รับความนิยมแทนที่เครื่อง Smith Premier ต่อมา Dr.George Macfarland ได้ร่วมกับพนักงานในห้างของท่าน 2 คน ทำการออกแบบและจัดวางแป้นอักษรเสียใหม่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการพิมพ์ที่ยังขัดกับวิธีการ

เขียนภาษาไทยที่มีอยู่โดยมีนายสวัสดิ์ มากประยูร เป็นช่างประดิษฐ์ก้านอักษร และนายสุวรรณ ประเสริฐ เกษมณี (นายกิมเฮง) เป็นผู้ออกแบบการวางตำแหน่งแป้นอักษร โดยทำการจัดวางตัวอักษรที่มีสถิติใช้บ่อยในตำแหน่งที่พิมพ์ได้ง่าย เรียกแป้นชนิดนี้ว่าแป้นแบบ “เกษมณี” ตามชื่อผู้ออกแบบ จนกลายเป็นแป้นแบบมาตรฐานถึงปัจจุบัน แป้นแบบเกษมณีมีตำแหน่งแป้นเหย้าเป็น ฟ ห ก ด ' า ส ว ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แป้นพิมพ์แบบ “เกษมณี” (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

ต่อมานายสฤษดิ์ ปัตตะโชติ ได้ศึกษาพบว่าแป้นพิมพ์แบบเกษมณียังมีข้อบกพร่อง คือ ขาดความสมดุลในการวางตำแหน่งแป้นอักษรระหว่างมือซ้ายและขวา โดยมือขวาต้องทำงานถึง 70% ในขณะที่มือซ้ายทำงานเพียง 30% เท่านั้น และนิ้วก้อยมือขวาซึ่งเป็นนิ้วที่อ่อนแอกลับต้องทำงานมากกว่านิ้วชี้มือซ้ายซึ่งแข็งแรงกว่า ส่งผลให้การพิมพ์ดีดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยการสนับสนุนจากสภาวิจัยแห่งชาติ นายสฤษดิ์ ปัตตะโชติ ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อออกแบบตำแหน่งแป้นอักษรใหม่ที่มีประสิทธิภาพกว่าเดิม โดยการสุ่มเลือกหนังสือหลากหลายสาขารวม 50 เล่ม แต่ละเล่มสุ่มออกมา 1000 ตัวอักษร รวม 50000 ตัวอักษร แล้วสำรวจว่าใน 1000 ตัวอักษรนั้นมีอักษรตัวใดใช้พิมพ์มากน้อยเพียงใดลดหลั่นกันลงมาตามลำดับ แล้วจึงนำตัวอักษรที่เก็บสถิติไว้นี้มาใช้เป็นแนวทางจัดวางแป้นพิมพ์ดีดใหม่ โดยถือหลักว่าอักษรที่ใช้บ่อยให้อยู่ในตำแหน่งนิ้วที่แข็งแรงไม่เกิน 3 แถวล่างตามลำดับโดยมีแถวที่สองเป็นศูนย์กลาง จากการทดลองและปรับปรุงจนในที่สุดก็ได้แป้นภาษาไทยแบบใหม่เรียกชื่อว่าแป้นแบบ “ปัตตะโชติ” ตามสกุลของผู้ออกแบบในปีพ.ศ.2509 ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 แป้นพิมพ์แบบ “ปัตตะโชติ” (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

ผลจากการทดลองเปรียบเทียบการสอนพิมพ์ดีดด้วยเครื่องแบบปัตตะโชติกับแบบเกษมณี จากกลุ่มตัวอย่าง100 คน ที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ใช้เวลาฝึกหัด 100 ชั่วโมง (8 เดือน) ปรากฏว่ากลุ่มที่เรียนแบบปัตตะโชติสามารถพิมพ์ได้เร็วกว่าถึง 26.8 % แต่เนื่องจากมีผู้รู้หลายคนออกมาวิจารณ์เกี่ยวกับจุดอ่อนและความไม่เหมาะสมบางประการของแป้นแบบปัตตะโชติ ประกอบกับคนไทยส่วนใหญ่เคยชินกับการพิมพ์ด้วยแป้นเกษมณีแล้ว จึงทำให้แป้นแบบปัตตะโชติไม่ได้รับความนิยมจนหายไปในที่สุด (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

2.3 ประวัติการฝึกหัดพิมพ์ดีด

ในยุคแรกการพิมพ์ดีดไม่มีรูปแบบที่แน่นอนอาศัยการฝึกหัดพิมพ์จากข้อความในหนังสือจนกระทั่งมีการนำเสนอวิธีการพิมพ์แบบสัมผัส(Touch Method) โดย Frank McGurrin ในปี ค.ศ.1876 โดยการใช้นิ้วทั้ง 8 นิ้วและไม่มองแป้นอักษร ต่อมาได้มีผู้นำเสนอแบบเรียนวิธีการพิมพ์ดีดแบบสัมผัสซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นไปที่เนื้อหาที่จะพิมพ์มากกว่าเน้นที่วิธีการพิมพ์แต่ก็ยังไม่มีรูปแบบแน่นอนในการฝึกฝน จนในปี ค.ศ.1889 Bates Torrey ได้ตีพิมพ์แบบเรียนพิมพ์ดีดแบบสัมผัสออกเผยแพร่ชื่อว่า Manual for Practical Typing แต่ยังมีจุดอ่อนที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งการวางนิ้วและการเคาะแป้นที่แน่นอนของแต่ละนิ้วไว้ ต่อมา Cuspus Van Sant นักศึกษาด้านจิตวิทยาและเป็นครูสอนพิมพ์ดีดเชื่อว่าสมองจะทำงานได้ดีถ้ากฎเกณฑ์การเรียนรู้มีความชัดเจน โดยกำหนดตำแหน่งการวางนิ้วและการเคาะแป้นที่แน่นอนบนแป้นพิมพ์ดีดและถือหลักว่าแต่ละนิ้วต้องเคาะได้มากกว่า 1 แป้น และนิ้วชี้ซึ่งแข็งแรงที่สุดจะต้องรับภาระเป็น 2 เท่าของนิ้วอื่น อันเป็นแบบแผนที่ใช้กันมาถึงทุกวันนี้ ในการพิมพ์ตัวอักษรเราจะใช้ปุ่มอักขระ ซึ่งเรียงตัวแบบเดียวกับในเครื่องพิมพ์ดีดทั่วไป ซึ่งเราเรียกว่า QWERTY ซึ่งเป็นตัวอักษรในแถวบน 6 ตัวนั่นเอง การเรียงตัวแบบนี้เพื่อทำให้ความเร็วในการพิมพ์ของนักพิมพ์ดีดลดลง เนื่องจากเครื่องพิมพ์ดีดเมื่อพิมพ์เร็วเกินไปจะทำให้ก้านตัวอักษรมาทับกันได้ จึงกลายมาเป็นรูปแบบที่ใช้กันมายาวนานจนเป็น

มาตรฐานและผู้ใช้เริ่มคุ้นเคย บริษัทที่ผลิตแป้นพิมพ์ก็เลยผลิตแป้นพิมพ์สำหรับคอมพิวเตอร์ในแบบเดียวกัน ถึงแม้ว่าจะไม่มีปัญหาเรื่องการทับกันของก้านตัวอักษรก็ตาม สำหรับในประเทศไทย จากข้อมูลที่ค้นพบโรงเรียนสอนพิมพ์ดีดของเอกชนแห่งแรกเปิดขึ้นที่ตึก 3 ชั้น ของห้างแมคฟาร์แลนด์ มุมถนนสุริวงศ์ ซึ่งเป็นห้างขายเครื่องพิมพ์ดีด Remington เมื่อปี พ.ศ.2470 (สมบูรณ์ แซ่เจ็ง, 2554)

2.4 แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์

แป้นพิมพ์เป็นอุปกรณ์รับเข้าพื้นฐานที่ต้องมีในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง จะรับข้อมูลจากการกดแป้นแล้วทำการเปลี่ยนเป็นรหัสเพื่อส่งต่อไปให้กับคอมพิวเตอร์ การทำงานของแป้นพิมพ์จะเกิดจากการเปลี่ยนกลไกการกดปุ่ม ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งให้คอมพิวเตอร์ โดยสัญญาณดังกล่าวจะบอกให้คอมพิวเตอร์ทราบว่ามีการกดปุ่มอะไร การทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ขนาดเล็กที่บรรจุในคีย์บอร์ด และสัญญาณต่างๆ จะส่งผ่านสายสัญญาณผ่านทางขั้วต่อของแป้นพิมพ์ ระบบรับรหัสตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ในทางคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นรหัส 7 หรือ 8 บิต เมื่อมีการกดแป้นพิมพ์ แผงแป้นอักขระจะส่งรหัสขนาด 7 หรือ 8 บิต นี้เข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์ และการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์แป้นพิมพ์สู่เครื่องคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อผ่านระบบสายสัญญาณโดยมีขั้วต่อที่พบเห็นได้ในปัจจุบัน คือ แบบ 6-pin IBM PS/2 mini-DIN connector เป็นขั้วต่อขนาดเล็ก แบบ 4-pin USB (Universal Serial Bus) connector เป็นขั้วต่อรุ่นใหม่ และแบบ internal connector เป็นขั้วต่อแบบภายใน พบได้ในคอมพิวเตอร์พกพา (น้ำทิพย์ รัตนาวงษ์ไชยยา และคณะ, 2552) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการเชื่อมต่อแป้นพิมพ์แบบไร้สายเพื่อความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์มีลักษณะการทำงานคล้ายแป้นพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ดีด แต่ได้เพิ่มปุ่มควบคุมเฉพาะสำหรับคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์ที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจะมีจำนวนตั้งแต่ 50 แป้นขึ้นไป ลักษณะการจัดวางตำแหน่งแผงอักขระและแผงตัวเลขจะมีการแยกออกจากกัน เพื่อทำให้การป้อนข้อมูลตัวเลขทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น การวางตำแหน่งแป้นอักขระ จะเป็นไปตามมาตรฐานของระบบพิมพ์สัมผัสของเครื่องพิมพ์ดีด ที่มีการใช้แป้นยกแคร่ (shift) เพื่อทำให้สามารถใช้พิมพ์ได้ทั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก เมื่อนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้งานพิมพ์ภาษาไทยจึงต้องมีการดัดแปลงแผงแป้นอักขระให้สามารถใช้งานได้ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย กลุ่มแป้นที่ใช้พิมพ์ตัวอักษรภาษาไทยจะเป็นกลุ่มแป้นเดียวกับภาษาอังกฤษ แต่จะใช้แป้นพิเศษแป้นหนึ่งทำหน้าที่สลับเปลี่ยนการพิมพ์ภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษภายใต้การควบคุมของซอฟต์แวร์อีกชั้นหนึ่ง แผง

แป้นพิมพ์โดยปกติจะมี 101 ปุ่ม ซึ่งบางรุ่นอาจจะมีน้อยหรือมากกว่าก็ได้ (วศิน เพิ่มทรัพย์และวิโรจน์ ชัย, 2548) ปัจจุบันอาจพบเห็นคีย์บอร์ดประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.4.1 **แป้นพิมพ์มาตรฐาน (Standard keyboard)** นิยมใช้กันโดยทั่วไป มีลักษณะคล้ายกับแป้นพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ดีดมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 โดยปกติจะประกอบด้วยกลุ่มของแป้นพิมพ์หลัก ๆ ดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.6 แป้นพิมพ์มาตรฐาน (Computer keyboard, 2011)

แป้นพิมพ์ตัวอักขระ (alphabetic key) ประกอบด้วยแผงอักขระสำหรับการป้อนข้อมูลที่มีทั้งตัวอักษร ตัวเลขและอักขระแบบพิเศษทั่วไป แป้นสำหรับควบคุมทิศทาง (cursor-movement key) เป็นกลุ่มของแป้นพิมพ์สำหรับควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์และเปลี่ยนจุดหรือบริเวณการทำงาน แป้นฟังก์ชัน (function key) เป็นกลุ่มของแป้นพิมพ์สำหรับการเลือกคำสั่งลัดที่มีอยู่ในบางประเภท แป้นเหล่านี้จะอยู่บนแถวแรกสุดของคีย์บอร์ด แป้นควบคุม (control key) เป็นกลุ่มของแป้นพิมพ์สำหรับสั่งการบางอย่างร่วมกับปุ่มอื่น ๆ บางครั้งนิยมเรียกว่า modifier keys เช่น Ctrl, Alt, Shift เป็นต้น แป้นป้อนข้อมูลตัวเลข (numeric keypad) เป็นกลุ่มของแป้นพิมพ์สำหรับการป้อนค่าข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อช่วยในการบันทึกข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น การป้อนข้อมูลเพื่อคำนวณหรือหาผลลัพธ์ทางบัญชี

2.4.2 **แป้นพิมพ์ติดตั้งภายใน (Built-in keyboard)** เป็นแป้นพิมพ์ที่ปรับขนาดให้เล็กลง พบเห็นในการใช้งานกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ประเภทพกพา ซึ่งมีพื้นที่ในการใช้งานค่อนข้างจำกัด แป้นพิมพ์จะถูกติดตั้งมาพร้อมกับการผลิตเครื่องดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 แป้นพิมพ์ติดตั้งภายใน (วศิน เพิ่มทรัพย์และ วิโรจน์ ชัย, 2548)

2.4.3 **แป้นพิมพ์เสมือน** (Virtual keyboard) เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ร่วมกับเครื่องพีดีเอเช่นเดียวกันกับแป้นพิมพ์แบบพกพา ต่างกันตรงที่มีการจำลองภาพให้เป็นเสมือนคีย์บอร์ดจริง โดยอาศัยการทำงานของแสงเลเซอร์ยิงลงไปบนโต๊ะหรืออุปกรณ์รองรับสัญญาณที่เป็นพื้นผิวเรียบ เมื่อต้องการใช้งานก็สามารถพิมพ์หรือป้อนข้อมูลที่เห็นเป็นภาพเหมือนแผงแป้นพิมพ์นั้นเข้าไปได้เลย ตัวรับแสงในอุปกรณ์จะตรวจจับได้เองว่าผู้ใช้วางนิ้วไหนไปกดตรงตัวอักษรใด ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 แป้นพิมพ์เสมือน (วศิน เพิ่มทรัพย์และ วิโรจน์ ชัย,2548)

2.4.4 **แป้นพิมพ์การยศาสตร์** (Ergonomic keyboard) การออกแบบแป้นพิมพ์คำนึงถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก เนื่องจากการป้อนข้อมูลเป็นเวลานาน ๆ อาจจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าจากการพิมพ์จนเกิดการบาดเจ็บเนื่องจากเส้นอักเสบได้ จึงมีการออกแบบแป้นพิมพ์ใหม่ เช่น เพิ่มอุปกรณ์สำหรับการวางมือและออกแบบทิศทางสำหรับการจัดวางแป้นพิมพ์ใหม่ให้สัมพันธ์กับสรีระของมนุษย์มากขึ้น ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 แป้นพิมพ์การยศาสตร์ (Computer keyboard, 2011)

2.5 **แป้นพิมพ์การยศาสตร์** (Ergonomic keyboard)

ปัจจุบันการออกแบบแป้นพิมพ์มีแนวโน้มเพื่อเพิ่มความสบายในการใช้งาน แต่อาจส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์ ความถูกต้องของการพิมพ์หรือการแก้ไข สิ่งที่ต้องพิจารณาในแง่ประสิทธิภาพ คือ ควรจะปรับปรุงทั้งความสบายและผลผลิตที่ได้รับ หลักการออกแบบที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางมีดังนี้

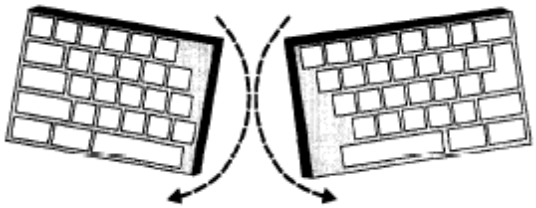
- รักษาท่าทางในตำแหน่งปกติ (Neutral Posture)
- หลีกเลี่ยงท่าทางตำแหน่งที่เบี่ยงเบนจากท่าปกติ (awkward posture)
- หลีกเลี่ยงการใช้แรงโดยไม่จำเป็น การสั่นสะเทือน การทำซ้ำๆ
- ใช้เวลาในการทำความเคยชินกับการใช้งานให้น้อยที่สุด
- สามารถปรับใช้งานได้ง่าย
- การผ่อนคลายแขนท่อนล่างและการไหลเวียนเลือดดี

แป้นพิมพ์การยศาสตร์ที่ดีทั่วไปจะต้องผ่อนคลายกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะผ่อนคลายกล้ามเนื้อแขนท่อนล่าง ขณะทำงานกล้ามเนื้อจะมีการเกร็งทำให้เลือดไหลเวียนไม่ดี การผ่อนคลายกล้ามเนื้อแขนส่วนล่างโดยการยกให้หัวแม่มืออยู่ในแนวตรงกลางแป้นพิมพ์ มุมบริเวณแนวกลางของแป้นพิมพ์ที่มีลักษณะมุมแหลมมีทั้งแบบปรับเปลี่ยนได้และแบบตายตัว โดยมุมที่ช่วยในการผ่อนคลายอยู่ในช่วง 10-20 องศา (Zip et al, 1983)

2.5.1 **ลักษณะการออกแบบแป้นพิมพ์การยศาสตร์**

การออกแบบแป้นพิมพ์แบ่งเป็น 3 ลักษณะใหญ่ คือ

- แป้นพิมพ์แยกออกเป็นสองส่วนบริเวณกึ่งกลางแป้นพิมพ์ และเอียงแยกออกจากกันโดยกางเป็นมุม 10-15 องศา ทั้งด้านซ้ายและขวาเพื่อลดการหักข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (ulnar deviation) ดังรูปที่ 2.10

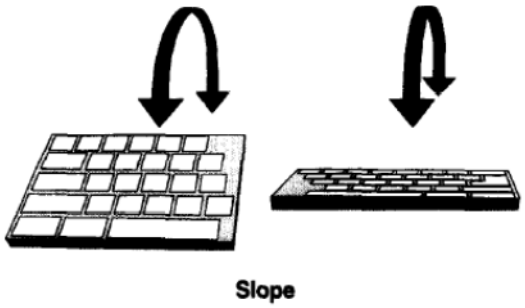


รูปที่ 2.10 ลักษณะแป้นพิมพ์แยกออกเป็นสองส่วนบริเวณกึ่งกลางแป้นพิมพ์ (Sawanson et al., 1997)

- เอียงแป้นพิมพ์ด้านข้าง 20-50 องศาในแต่ข้างเพื่อลดการพลิกคว่ำแขนท่อนล่าง (forearm pronation) และการกางออกของแขนท่อนบน (abduction upper arm) ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 ลักษณะแป้นพิมพ์ลาดเอียงด้านข้าง (Sawanson et al., 1997)

- ปรับองศาลาดเอียงในแนวระนาบเพื่อลดการเหยียดของข้อมือกลับมาทางด้านหลัง (wrist extension) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ลักษณะแป้นพิมพ์ลาดเอียงแนวระนาบ (Sawanson et al., 1997)

การพัฒนาแป้นพิมพ์การยศาตร์ในเวลาต่อมาจะอ้างอิงรูปแบบการออกแบบแป้นพิมพ์จากการศึกษาดังกล่าว (Sawanson et al., 1997) ตัวอย่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์ในปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 2.13

(a) Split keyboard

(b) The Kinesis keyboard

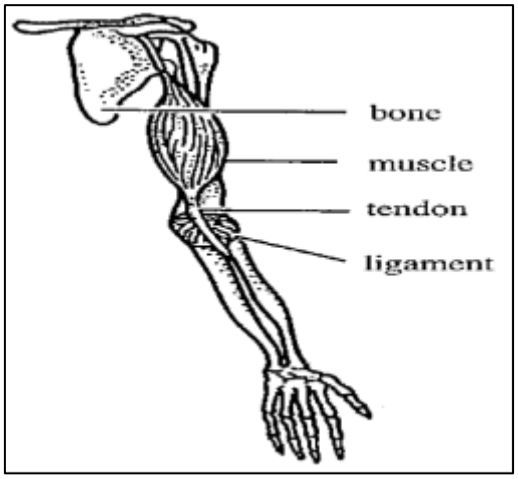
(c) Klockenburg keyboard

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์ (Wikipedia, 2011)

2.6 ลักษณะโครสร้างและการเคลื่อนไหวร่างกายในช่วงแขนและมือ

โครงสร้างร่างกายในช่วงแขนและมือประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนของกล้ามเนื้อและกระดูก (musculoskeletal) และส่วนของระบบประสาท

2.6.1 **กล้ามเนื้อและกระดูก** เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องใช้เป็นแกนหลักในการทำกิจกรรมต่างๆ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ส่วนของกล้ามเนื้อและกระดูก (จรัญ, 2539)

ประกอบด้วย

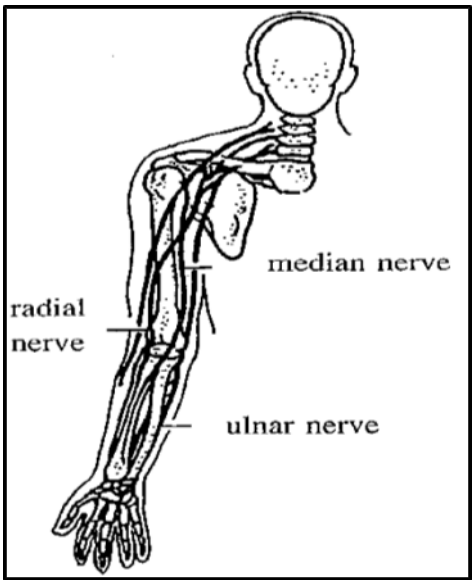
- กระดูก (bones) เป็นโครงสร้างหลักที่เชื่อมโยงชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน เป็นส่วนที่กล้ามเนื้อ และเอ็นยึดติดอยู่

- กล้ามเนื้อ (muscles) เป็นส่วนที่ใช้ออกแรงเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหว และทำให้ส่วนของ ร่างกายทรงตัวอยู่ได้ในท่าทางต่างๆ

- เอ็นยึด (ligaments) ทำหน้าที่ยึดกระดูก 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน

- เอ็น (tendons) ทำหน้าที่ยึดกล้ามเนื้อกับกระดูกเข้าด้วยกัน

2.6.2 **ระบบประสาท** เป็นโครงสร้างที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะในส่วนต่างๆกันออกไปดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ส่วนของระบบประสาท (จรัญ, 2539)

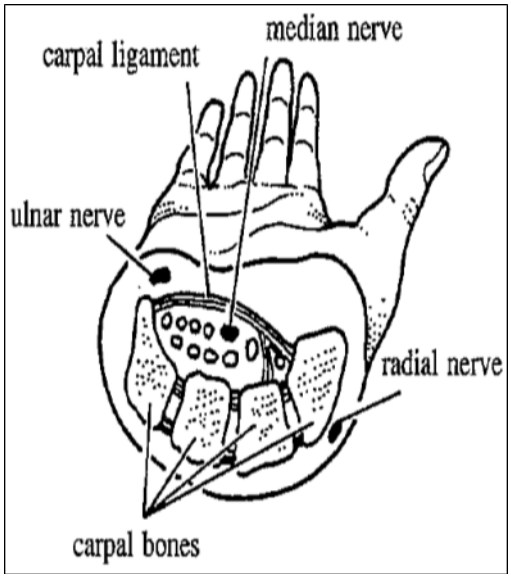
ประกอบด้วย

- ควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วก้อยและครึ่งหนึ่งของนิ้วนาง (Ulnar nerve)

- ควบคุมการงอ พับ หรือม้วนนิ้วมือ 3 นิ้ว ได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และอีกครึ่งหนึ่งของนิ้วนาง (Median nerve)

- ควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วหัวแม่มือ (Radial nerve)

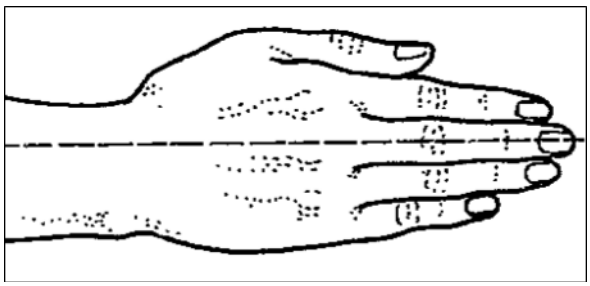
ระบบประสาท 3 ระบบ ควบคุมการทำงานของนิ้วต่างๆ ทั้ง 5 นิ้ว และโครงสร้างของกระดูกและเอ็นที่จัดการทำงานของมือคือกระดูกข้อมือ (carpal bone) และเอ็นยึดข้อมือ (carpal ligament) ซึ่งยึดส่วนของกระดูกบนฝ่ามือเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างฝ่ามือ (จรัญ, 2539)

ตำแหน่งและการเคลื่อนไหว

ลักษณะการวางมือในท่าทางสภาวะปกติ (Neutral posture) จะอยู่ในแนวราบเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.17 การจัดวางมือในขณะทำงานให้อยู่ในท่าดังกล่าวถือว่าเป็นท่าปกติที่ควรทำไว้ตลอดเวลา



รูปที่ 2.17 ลักษณะการวางมือในท่าทางสภาวะปกติ (Neutral posture) (จรัญ, 2539)

ลักษณะการวางมือในตำแหน่งและการเคลื่อนไหวในขณะทำงานที่ไม่ควรเกิดขึ้นบ่อยครั้งจนทำให้เกิดภาวะเครียดและเกร็งล้าต่อเอ็น (Tendon) และเส้นประสาท (Nerve) ในมือ ข้อมือ

แขน ทำให้ความดันในอุโมงค์ข้อมือเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เกิดการบวม หรือการตีบแคบลงของอุโมงค์ในข้อมือได้ ดังรูปที่ 2.18

(a) การเหยียดมือและนิ้วย้อนกลับมาทางด้านหลังของมือ (Extension)

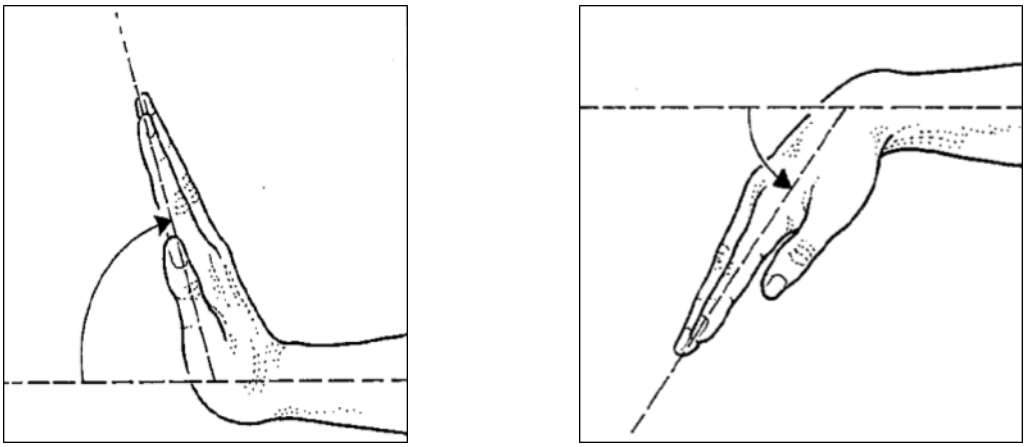
(b) การงอมือและหิ้วห้อยลงด้านหน้า (Flexion)

(c) การหักข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วหัวแม่มือ (Radial deviation)

(d) การหักข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar deviation)

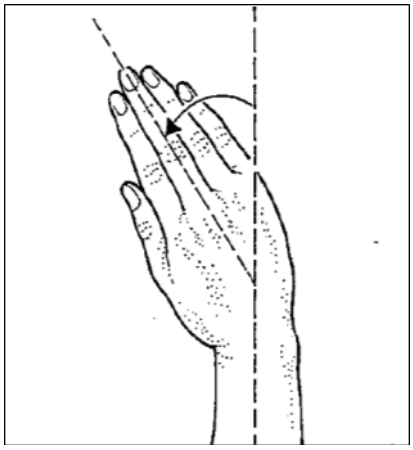
(e) การหมุนมือและแขนแบบหมุนออกทางด้านนิ้วก้อย (Pronation)

(f) การหมุนมือและแขนแบบหมุนเข้าทางด้านนิ้วก้อย (Supination)

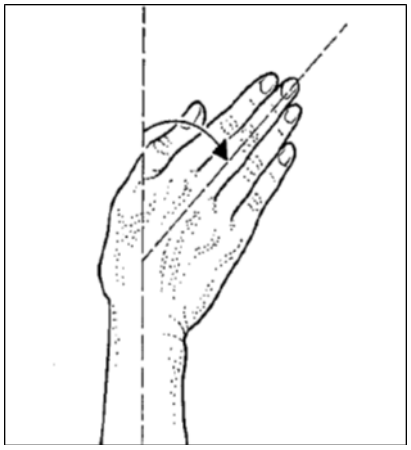


(a) Extension (b) (Flexion)

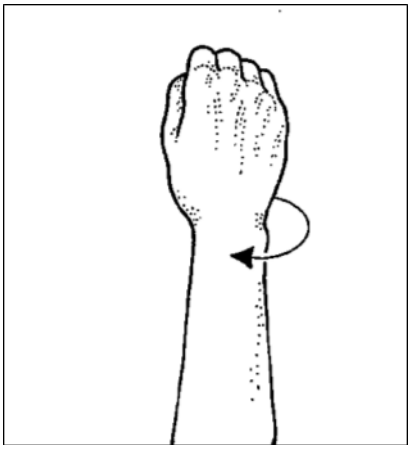
รูปที่ 2.18 ลักษณะการเคลื่อนไหวข้อมือที่ควรหลีกเลี่ยง (จรัญ, 2539)



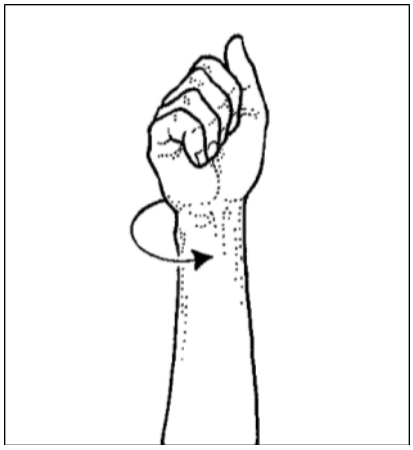
(c) Radial deviation



(d) Ulnar deviation



(e) Pronation



(f) Supination

รูปที่ 2.18 (ต่อ) ลักษณะการเคลื่อนไหวข้อมือที่ควรหลีกเลี่ยง (จรัญ, 2539)

2.2.3 **แขนและไหล่** ทำหน้าที่ประสานงานกับส่วนมือและข้อมืออยู่ โครงสร้างของมือและข้อมือ ช่วงไหล่และแขนท่อนบนเป็นส่วนที่ต้องทำงานหนักในแต่ละวัน เนื่องจากเป็นส่วนที่กล้ามเนื้อต้องถูกใช้งานออกแรงดำเนินการมาก เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ร่างกายรู้สึกอ่อนล้าและเคร่งเครียด

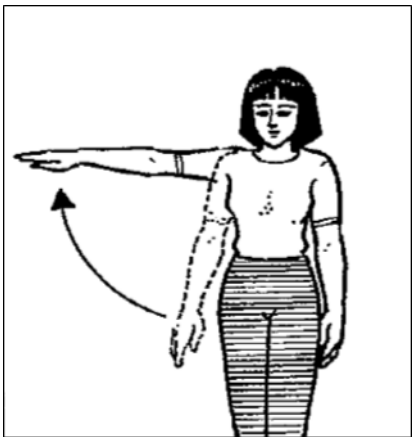
ตำแหน่งและการเคลื่อนไหว

ลักษณะและระดับของหัวไหล่และท่อนแขนในขณะทำงานควรจะระนาบและตั้งฉากกับลำตัว คือท่าทางในสภาวะปกติ (Neutral) ดังรูปที่ 2.19 จะทำให้ไม่เกิดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อและกดเส้นประสาทภายใน

รูปที่ 2.19 ท่าทางหัวไหล่และท่อนแขนในสภาวะปกติ (Neutral) (จรัญ, 2539)

ลักษณะการเคลื่อนไหวไหล่และท่อนแขนอาจเกิดขึ้นได้ใน ลักษณะ ดังรูปที่ 2.20 ซึ่งควรเป็นท่าที่หลีกเลี่ยงในการทำงานเพราะจะส่งผลให้เกิดภาวะอ่อนล้าได้ (จรัญ, 2539)

- เหยียดแขนตรงออกไปด้านข้างของลำตัว (Abduction)



รูปที่ 2.20 ลักษณะการเคลื่อนไหวหัวไหล่และท่อนแขนที่ควรหลีกเลี่ยง (จรัญ, 2539)

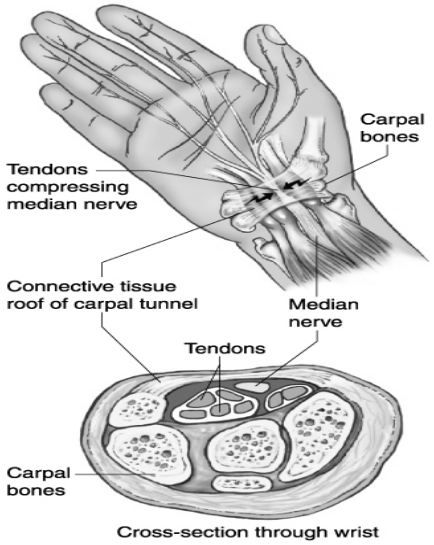
2.7 ผลกระทบต่อสุขภาพจากท่าทางการใช้แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์

Visual (Video) Display Terminals (VDTs) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดการประมวลผลและแสดงข้อมูลต่างๆ ประกอบไปด้วย จอคอมพิวเตอร์ (display) แป้นพิมพ์ (keyboard) แผงวงจรไฟฟ้าและแหล่งป้อนกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้อาจรวมอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลอื่นๆ เช่น เมาส์ (mouse) หรืออุปกรณ์ในการชี้ตำแหน่ง (pointing device) และอุปกรณ์นำออกข้อมูล เช่น เครื่องพิมพ์ หรือเสียงตอบสนองต่าง ๆ ที่ดังออกมา ทั้งนี้ VDTs อาจเป็นคอมพิวเตอร์ระบบใหญ่หรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลก็ได้ ตัวอย่างงานที่เกี่ยวข้องกับ VDTs ได้แก่ งานป้อนข้อมูล งานต่อสายโทรศัพท์ งานในห้องควบคุม งานหนังสือพิมพ์ งานเขียนโปรแกรม และงานออกแบบหรือควบคุมการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยจากการทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลานานๆ ประกอบด้วย การแผ่รังสี (Radiation) จากคอมพิวเตอร์ ความผิดปกติของกล้ามเนื้อ ความล้าตา และความเครียดจากการทำงาน และตามข้อกำหนดOSHA (Occupation Safety and Health Administration) กำหนดให้โรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกิดในสถานที่ทำงานโดยมีปัยจัยเสี่ยง คือ การเคลื่อนไหวซ้ำซาก (repetitive motion) การใช้แรงมาก ท่าทางไม่ปกติ (awkward postures) ความเค้นจากแรงสัมผัส (contact stress) และการสั่นสะเทือน (vibration) โดยกำหนดส่วนของร่างกายที่มักจะพบปัญหาของ MSDs เกิดขึ้นเมื่อต้องรับปัจจัยเสี่ยงข้างต้น คือ บริเวณ คอ ไหล่ ข้อศอก แขน ข้อมือ เนื้อเยื่อช่องท้อง (บริเวณไส้เลื่อน) หลัง เข่า ข้อเท้า และเท้า ซึ่ง OSHA กำหนดให้ส่วนของร่างกายที่สัมพนธ์กับ MSDs บริเวณ คอ/ไหล่ มือ/ข้อมือ/แขน การซ้ำซาก เมื่อใช้เครื่องมือ เช่น แป้นพิมพ์ และเมาส์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่า 4 ชั่วโมง (กิตติ, 2548) ปัญหา MSDs ในการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์อาจมีสาเหตุมาจากการจัดสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ความสูงของจอคอมพิวเตอร์ เก้าอี้ และแป้นพิมพ์ ไม่เหมาะกับขนาดร่างกายของผู้ใช้ ทำให้ท่าทางการทำงานไม่ถูกสุขลักษณะ รวมถึงการทำงานติดต่อกันในระยะเวลานาน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหานี้ด้วย เช่น การกดแป้นพิมพ์เป็นเวลานาน ๆ ในงานป้อนข้อมูลด้วยลักษณะท่าทางของข้อมือที่ไม่เป็นธรรมชาติ ก็อาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บสะสมเรื้อรังที่ข้อมือและนิ้วมือได้ มีผลทำให้เกิด อาการปวดหรือบวมได้ เรียก โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome; CTS) มีสาเหตุมาจากเส้นใยประสาทที่ข้อมือบริเวณอุโมงค์ข้อมือ (carpal tunnel) ถูกกดหรือกระตุ้นเป็นระยะเวลานาน ๆ นอกจากนี้การนั่งในท่าที่ไม่เหมาะสม หรือการนั่งในท่าที่เหมาะแต่ด้วยระยะเวลานาน ๆ โดยไม่มีการ สับเปลี่ยนท่าทาง ส่งผลให้การหมุนเวียนโลหิตไม่สะดวก

ออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เพียงพอ ทำให้เกิดปัญหาปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ หรือความล้า (fatigue) โดยเฉพาะช่วงไหล่ หลัง หรือเอวได้

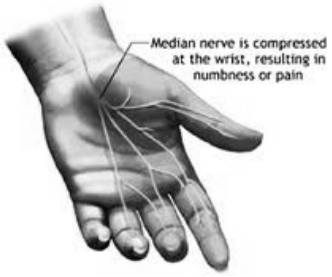
2.7.1 **โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ** (Carpal Tunnel Syndrome; CTS)

เกิดจากเส้นประสาท Median Nerve ซึ่งเป็นเส้นประสาทที่เลี้ยงกล้ามเนื้อบริเวณแขนและมือ และรับความรู้สึก บริเวณฝ่ามือ นิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง และครึ่งหนึ่งของนิ้วนาง เส้นประสาทนี้จะเดินทางตั้งแต่บริเวณต้นคอจนถึงปลายนิ้วมือ โดยลอดช่องอุโมงค์ที่ข้อมือเรียกว่า Carpal Tunnel ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 โครงสร้างและเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (carpal-tunnel-syndrome, 2011)

การแคบลงอุโมงค์อาจมาจากสาเหตุต่างๆ เช่นการอักเสบ การบวมน้ำ หรือมีสิ่งอื่นมากดทับ ก็จะเป็นผลให้เส้นประสาท Median nerve ถูกกดทับ ผู้ป่วยจะมีอาการปวด ชา ตั้งแต่บริเวณข้อมือจนถึงปลายนิ้ว มักมีอาการมากบริเวณนิ้วโป้ง นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 บริเวณอาการปวดชาที่เกิดขึ้นจากข้อมือจนถึงปลายนิ้ว

(How to treat carpal tunnel, 2011)

ในบางรายอาจมีอาการได้ทั้งฝ่ามือ ถ้าเส้นประสาทถูกกดทับมากขึ้น จะทำให้อาการอ่อนแรงของมือ หยิบจับของลำบาก หรือถือของหล่นบ่อยๆ และทำให้กล้ามเนื้อบริเวณฝ่ามือลีบลง อาการส่วนมากมักเป็นเวลากลางคืนหลังจากนอนหลับสักพักบางครั้งผู้ป่วยอาจตื่นขึ้นมาเนื่องจากอาการปวด แต่เมื่อสะบัดมือแล้วอาการจะดีขึ้นชั่วคราว การวินิจฉัยโรคนั้นแพทย์จะทำการตรวจกล้ามเนื้อบริเวณมือที่เลี้ยงด้วยเส้นประสาทมีเดียน เมื่อใช้นิ้วมือเคาะบริเวณข้อมือจะมีอาการคล้ายไฟช็อตไปตามนิ้วมือ นอกจากนี้การตรวจด้วย คลื่นไฟฟ้าวินิจฉัยไฟฟ้าวินิจฉัย (Electro diagnosis) ซึ่งเป็นการตรวจที่สามารถยืนยันการวินิจฉัยและใช้แยกโรคบางอย่างที่มีอาการคล้ายๆ กันออกไป (แพทย์ พีรพัศฆ์ รุจิวิชชญ์, 2554)

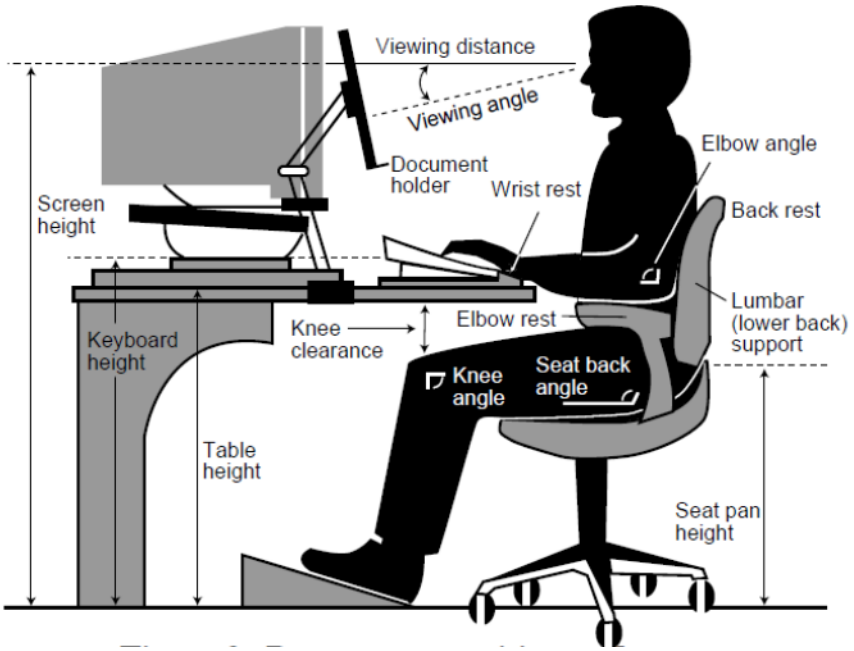
การรักษา

1. หลีกเลี่ยงท่าทางการกระดกข้อมือขึ้นลงในกิจวัตรประจำวัน โดยการเปลี่ยนมาใช้ข้อศอกหรือข้อไหล่ใน การทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อลดอาการอักเสบบริเวณข้อมือ
2. การทำกายภาพบำบัด หรือ การบริหารมือ ซึ่งจะได้ผลดีในผู้ที่เริ่มต้นมีอาการไม่มาก
3. การใส่เครื่องช่วยพยุงมือในเวลากลางคืน ซึ่งจะช่วยจัดท่าของข้อมือให้อยู่ในท่าที่ดีที่สุดเวลานอน เพื่อช่วยลดอาการปวด เมื่อผู้ป่วยอาการดีขึ้นก็สามารถหยุดการใส่ได้
4. ยาในกลุ่มยาลดการอักเสบ (NSAID) สามารถลดอาการอย่างได้ผล แต่ในผู้ที่รับประทานยาติดต่อกันนานๆ อาจมีผลข้างเคียงคือ ปวดท้อง และความสามารถในการแข็งตัวของเลือดลดลง
5. การผ่าตัด มักจะพิจารณาในผู้ที่มีอาการค่อนข้างมาก ซึ่งได้ผลดีในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว หลังจากที่แผลหายดีควรจะมีการฝึกการบริหารมือและ ข้อมือ เพื่อให้เส้นเอ็นและเส้นประสาทของมือเคลื่อนไหวได้สะดวก (แพทย์ พีรพัศฆ์ รุจิวิชชญ์, 2554)

2.8 การประยุกต์ใช้การยศาสตร์ในงานคอมพิวเตอร์

2.8.1 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์

การใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ใช้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการจัดสภาพงานที่ไม่เหมาะสมหรือการจัดวางท่าทางการใช้งานที่ไม่เหมาะสม หรือมาจากท่าทางการใช้อุปกรณ์ซึ่งเกิดจากรูปร่างของอุปกรณ์ส่งผลต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นการนำเอาการยศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงและจัดสภาพงานให้เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงการเกิดผลกระทบกับสุขภาพผู้ใช้งานและปรับปรุงประสิธิภาพการทำงาน เช่น การจัดท่าทางสำหรับการนั่งที่โต๊ะทำงานเนื่องจาก ท่าทางที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลต่อการเกิดความผิดปกติทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อและนำไปสู่อาการ เจ็บปวดเรื้อรัง ฉะนั้นท่าทางการทำงานที่ถูกต้องและเหมาะสมจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวและส่งผลให้ การทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสมดังนี้ (การประยุกต์การยศาสตร์ในสำนักงานและโรงพยาบาล, 2551) ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ (OSHA3092, 1997)

1. โต๊ะทำงาน ควรมีความสูงพอเหมาะ และขนาดใหญ่พอที่จะจัดวางเอกสารต่างๆรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ โดยจัดวาง อย่างเหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน ความสูงของโต๊ะควรมากพอที่จะให้มีพื้นที่สำหรับขาและ หัวเข่า (Leg room) เคลื่อนไหวได้สะดวกผิวโต๊ะทำด้วยวัสดุที่ไม่สะท้อนแสงรบกวน การทำงาน หากเป็นโต๊ะที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะควร มีถาดรองคีบอร์ดและเมาท์ เพื่อให้หน้าจอคอมพิวเตอร์ใกล้ระดับสายตา และสามารถพิมพ์งานโดยใช้คีย์บอร์ดและเมาท์ได้นาน โดยไม่ต้องยกไหล่

2. เก้าอี้ สามารถปรับระดับความสูงได้ควรปรับให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลโดยปรับให้อยู่ในระดับที่ทำให้เท้าวางราบได้กับพื้น ขณะนั่ง สะโพก เข่า ข้อเท้า ทำมุม 90 องศา ให้ต้นขาขนานพื้นอยู่ระดับเดียวกับ สะโพก หรือมี ความสูงอยู่ในระดับเดียวกับหัวเข่า หากเก้าอี้สูงเกินไป ควรมีที่วางเท้าเสริมให้พอดี หากเก้าอี้เตี้ยเกินไปให้เสริมด้วยเบาะ ช่วยลดแรงอัดที่บริเวณหลังส่วนล่างได้ ควรมีพนักพิงหลังส่วนล่างอย่างเหมาะสม ปรับให้สัมผัสรองรับความโค้ง แอ่นของบั้นเอวของแต่ละบุคคลพอดี ถ้าหากไม่พอดีควรมีหมอนเล็กหนุนที่บั้นเอวเพื่อรักษาความโค้งปกติ อาจมีที่ท้าวแขนหรือไม่มีก็ได้ แต่ควรนั่งแล้วให้แขนอยู่ข้างลำตัวมากที่สุด เบาะที่รองนั่ง ควรทำด้วยวัสดุที่ระบายอากาศได้ดี เก้าอี้ควรมีฐานมั่นคงแข็งแรงไม่ล้ม

3. จอคอมพิวเตอร์ จอภาพควรอยู่ในตำแหน่งตรงด้านหน้าของผู้ใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อเลี่ยงการหมุนคอที่มากเกินไป มีระยะห่างจากตาประมาณ 50 – 70 ซม. ด้านบนสุดของจอภาพควรอยู่ระดับเดียวกันหรือต่ำกว่าระดับสายตาเป็นมุม 10 – 20 องศา สามารถปรับความสูงของจอภาพได้โดยใช้แท่นวาง และสามารถปรับมุมเงยของจอภาพได้ เพื่อให้แนวสายตาตั้งฉากกับจอภาพเพื่อลดการก้มคอ

4. แป้นพิมพ์และถาดวาง ตำแหน่งของคีย์บอร์ดควรอยู่ในระดับเดียวกันและมีระยะห่างที่เหมาะสมเช่นเดียวกันควรจัดวางเม้าส์ลงบนถาดวางแป้นพิมพ์โดยให้อยู่ใกล้แป้นพิมพ์มากที่สุดเพื่อลดระยะเอื้อมถึงขณะทำงานแขนของผู้ใช้ขนานกับพื้น ข้อศอกทำมุม 90 องศา หรือน้อยกว่าเล็กน้อยและไม่บิดข้อมือเกินไป ขนาดไม่เล็กเกินไปเพื่อให้สามารถวางเม้าส์ได้สบาย แป้นพิมพ์ควรเป็นชนิดแยกออกจากจอภาพ มีมุมเอียงระหว่าง 5 – 15 องศา ความสูงของ แป้นพิมพ์อยู่ในช่วง 3 ซม. มีที่พักข้อมือหรือฝ่ามือ เมื่อวางนิ้วมือลงบนแถวกลาง (Home row) ของ แป้นพิมพ์แล้ว ควรให้ข้อศอกเป็นมุมฉากหรือมากกว่าเล็กน้อย โดยข้อศอกแนบอยู่ใกล้ลำตัว

5. ที่วางเอกสาร ควรตั้งวางอยู่ด้านข้างของจอซ้ายหรือขวา แล้วแต่ความถนัดของผู้ใช้ โดยให้อยู่ในแนวเดียวกับจอภาพ และสามารถปรับความสูงได้อย่างสะดวก ปรับมุมเอียงได้ ในช่วง 15 – 75

องศา นอกจากนี้ ควรจัดให้ระยะห่างระหว่างตากับเอกสาร แป้นพิมพ์ และจอภาพ อยู่ในระยะที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อลดภาระของตาในการปรับโฟกัสภาพ

6. ที่วางเท้า จะมีในกรณีที่เมื่อเราปรับเก้าอี้ให้สูงพอเหมาะกับคีย์บอร์ด อาจทำให้เท้าลอยจากพื้น ดังนั้นควรมีการเสริมที่วางเท้าให้ข้อเท้าทำมุม 90 องศา ขนาดของที่วางเท้า ควรมีขนาดกว้างเพียงพอที่จะรองรับฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง โดยมีพื้นผิวที่กว้างประมาณ 30 – 40 ซม. และมีความยาวเพียงพอที่จะให้เท้าเหยียบได้อย่างสบาย และควรออกแบบให้มีมุมเอียง เล็กน้อย ไม่ควรเกิน 15 องศา ควรมีขนาดพอเหมาะเพื่อให้วางเท้าสบาย

2.8.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน

การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสมนำไปสู่ความปลอดภัยของผู้ทำงานและความสบาย (Comfort) และเกิดความพึงพอใจในการทำงานและนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต (productivity) การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานสำนักงานมีหลักการดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทยแนะนำระดับที่เหมาะสม คือ 24 องศาเซลเซียส หรือปรับให้อยู่ในช่วง 23 – 26 องศาเซลเซียส

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ที่เหมาะสมควรอยู่ ในช่วงร้อยละ 30–70

3. แสงสว่าง กระทรวงแรงงาน ประเทศไทยได้ออกกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและ การจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 หมวด 2 เรื่องแสงสว่าง ความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน โดยในส่วนของงานสำนักงาน กำหนดให้ค่าความเข้มของ แสงสว่างในห้องคอมพิวเตอร์ สำหรับงานบันทึกข้อมูล และบริเวณที่แสดงข้อมูล (จอภาพและ เครื่องพิมพ์) มีค่าไม่ต่ำกว่า 600 ลักซ์ และแสงสว่างในห้องธุรการ สำหรับงานพิมพ์ดีด การเขียน การอ่าน และการจัดเก็บเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีค่าไม่ต่ำกว่า 400 ลักซ์ และควรจัดให้แสงสว่างโดยรอบพื้นที่ปฏิบัติงานมีค่าที่เหมาะสมเพื่อลดความล้าทางสายตาที่อาจจะเกิดขึ้นโดยแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อแนะนำระดับแสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงานและบริเวณโดยรอบถัดไป (การประยุกต์การยศาสตร์ในสำนักงานและโรงพยาบาล, 2551)

แสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงาน (ลักซ์)	แสงสว่างโดยรอบ (ลักซ์)
$\geq$ 750	500
500	300
300	200
$\leq$ 200	$\leq$ 200

4. เสียงรบกวน เสียงที่ดังเกินไปส่งผลกระทบต่อการทำงานโดยการรบกวนการสื่อสารและส่งผลต่อความล้าและความเครียดได้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rempel et al., 2007 ทำการศึกษาในกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลองจำนวน 100 คน โดยทำการประเมินท่าทางความแตกต่างของข้อมือและแขนท่อนล่างในขณะกำลังพิมพ์งานด้วยแป้นพิมพ์ที่ต่างกัน 6 แบบ ประกอบด้วย แป้นพิมพ์มาตรฐาน แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์พกพา แป้นพิมพ์การยศาสตร์ รุ่น Microsoft Comfort Curve 2000, รุ่น Microsoft Natural Elite และ Microsoft Natural Ergonomic Keyboard 4000 โดยใช้ระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) ขณะพิมพ์ข้อความที่กำหนดให้ ทำการทดลองพิมพ์แป้นพิมพ์แบบสุ่ม ข้อความที่ใช้พิมพ์ประกอบด้วยตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ ข้อความจะแสดงบนหน้าจอให้ผู้เข้าร่วมทดสอบพิมพ์ตามข้อความที่ปรากฏบนหน้าจอ ในการทดสอบจะให้ผู้ทำการทดสอบทดลองพิมพ์บนแป้นพิมพ์การยศาสตร์ 10-20 นาที ซึ่งผู้ทำการทดสอบต้องพิมพ์ได้อย่างน้อย 40 คำ/นาที เวลาในการพิมพ์จริงประมาณ 5 นาที และทำการวัดความเร็วในการพิมพ์ โดยวัดจากจำนวนคำทั้งหมดที่พิมพ์ได้ลบด้วยคำที่พิพม์ผิด หลังจากพิมพ์เสร็จทำการตอบแบบสอบถามความล้าและความชื่นชอบการใช้งานแป้นพิมพ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการพลิกคว่ำแขนท่อนล่าง (pronation) การเหยียดของข้อมือ(wrist extension) การหักข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (ulnar deviation)ระหว่างแป้นพิมพ์ และในแป้นพิมพ์ที่มีการแยกออกบริเวณกึ่งกลาง 12 องศา ลาดเอียงด้านข้างทำมุม 14 องศา ความชัน 0 องศา ช่วยทำให้เกิดท่าในตำแหน่งปกติมากที่สุดเมื่อเทียบกับแป้นพิมพ์ทั้ง 6 แบบที่ใช้ในการทดลอง และผู้เข้าร่วมการทดลองให้คะแนนความชื่นชอบในการใช้งานสำหรับแป้นพิมพ์ชนิดนี้มากที่สุดและใกล้เคียงกับแป้นพิมพ์ที่เอียงด้านข้างทำ

มุม 8 องศา และแป้นพิมพ์ที่ได้รับความชื่นชอบน้อยที่สุดคือแป้นพิมพ์แบบมาตรฐาน และพบความแตกต่างความเร็วในการพิมพ์ โดยแป้นพิมพ์มาตรฐานสามารถพิมพ์ได้เร็วที่สุด ตามด้วยแป้นพิมพ์การยศาสตร์ รุ่น Microsoft Comfort Curve 2000, รุ่น Microsoft Natural Elite, Microsoft Natural Ergonomic Keyboard 4000 และแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์พกพา ตามลำดับ

Fagarasanu et al., 2005 ศึกษาผลกระทบจากการฝึกพิมพ์ในการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ 2 แบบทำการทดลองในกลุ่มผู้ทดลองจำนวนท 30 คนโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการอบรมการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ก่อนการทดสอบจำนวน 20 คน และกลุ่มที่สองจำนวน 10 คนไม่ได้รับการอบรม ทำการทดสอบโดยการพิมพ์ข้อความมาตรฐานในแต่ละแป้นพิมพ์ ทำการวัด การเคลื่อนไหวของข้อมือ แรงทั้งหมดที่ใช้การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) และประสิทธิภาพในการพิมพ์ผลการฝึกอบรมการใช้งานแป้นพิมพ์การยศาสตร์ 8 ชม.ช่วยทำให้ลดแรงในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน(คำ/นาที และจำนวนคำผิด) และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ก็ยังคงสามารถลดอาการเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างถึงแม้จะต้องใช้เวลาในการฝึกอบรมการใช้งานที่นานขึ้นเพื่อให้ได้สมรรถนะเพิ่มขึ้น

Sawanson et al., 1997 ทำการศึกษาความมีประสิทธิภาพของการใช้แป้นพิมพ์ที่ทำการออกแบบใหม่ เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์ปกติ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน โดยให้ผู้ร่วมทดลองใช้แป้นพิมพ์ปกติพิมพ์งาน 1 วัน และใช้แป้นพิมพ์ที่ออกแบบใหม่พิมพ์งาน 2 วัน ทำการวัดความไม่สบาย ความล้า และประสิทธิภาพในการพิมพ์ พบว่าประสิทธิภาพในการพิมพ์จะลดลงในช่วงแรกและจะเพิ่มหลังจากใช้งานไป 2 วัน ความล้าและความไม่สบายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยที่ผ่านมาทำการศึกษาผลการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ เน้นที่ท่าทางและความล้าที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน และในส่วนประสิทธิภาพการใช้งานแป้นพิมพ์นั้น ศึกษาจากความเร็วและเปอร์เซ็นความผิดพลาดในการพิมพ์งานจริงด้วยแบบทดสอบที่นำมาจากบทความในหนังสือ พบว่าการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์พิมพ์ได้ช้ากว่าเนื่องจากต้องทำความคุ้นเคยกับการใช้งานแป้นพิมพ์ที่มีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป แต่ก็ยังไม่พบงานวิจัยใดที่กำหนดรูปแบบทดสอบที่ใช้ในการทดสอบให้มีระดับความยากที่เท่ากัน เพื่อลดความแตกต่างความยากของแบบทดสอบที่ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนได้รับ

2.10 การประเมินสมรรถนะโดยอาศัยกฎของฟิตส์

ฟิตส์ได้นำเสนอทฤษฎีการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์โดยพัฒนาจากทฤษฎีข่าวสารของแชนนอน (Shannon's Theorems 17, communications model) กฎของฟิตส์ใช้ในการประเมินการเคลื่อนที่ส่วนของร่างกายจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน เนื่องจาก Fitts law มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในหลากหลายสาขา เช่น ทางด้านการเคลื่อนไหวของร่างกาย (kinematic) ปัจจัยที่เกี่ยวกับมนุษย์ (human factor) และการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interface: HCI) โดย Card, English และ Burr (1978) เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่ได้นำ Fitts'law มาใช้ในงานวิจัยด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์โดยการศึกษาหาดัชนีวัดสมรรถนะการทำงาน (IP) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่แตกต่างกัน (MacKenzie, 1992) โดยฟิสต์ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับระยะทางและขนาดของเป้าหมายเคลื่อนที่ใน 1 มิติ หากระยะทางมากขึ้นแล้วเป้าหมายมีขนาดเล็กลงเวลาที่ใช้ในการทำงานจะเพิ่มขึ้น การทดลองของฟิตส์แสดงให้เห็นว่าอัตราประสิทธิภาพการทำงานของผู้เข้าร่วมทำการทดลองจะปรับไปตามลักษณะงานที่แตกต่างกันไปจึงนำไปสู่สมการการประเมินการเคลื่อนที่ส่วนของร่างกายโดยเรียกว่ากฎของฟิตส์ (Fitts' Law) ดังสมการที่ 1 (Phipps, 2003)

$$IP = ID / MT \qquad (1)$$

IP = ดัชนีสมรรถนะการทำงาน (Index of performance)

MT = เวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่จนงานสำเร็จ (Movement Time)

ID = ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty)

ซึ่งค่าดัชนีความยากของงานมีความเกี่ยวข้องกับ 2 ตัวแปรคือ ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงจุดศูนย์กลางเป้าหมาย (Amplitude) และขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width) ดังสมการที่ 2

$$ID = \mathrm{Log}_2 \left(\frac{2A}{W}\right) \qquad (2)$$

A = ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงจุดศูนย์กลางเป้าหมาย (Amplitude)

W = ขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width)

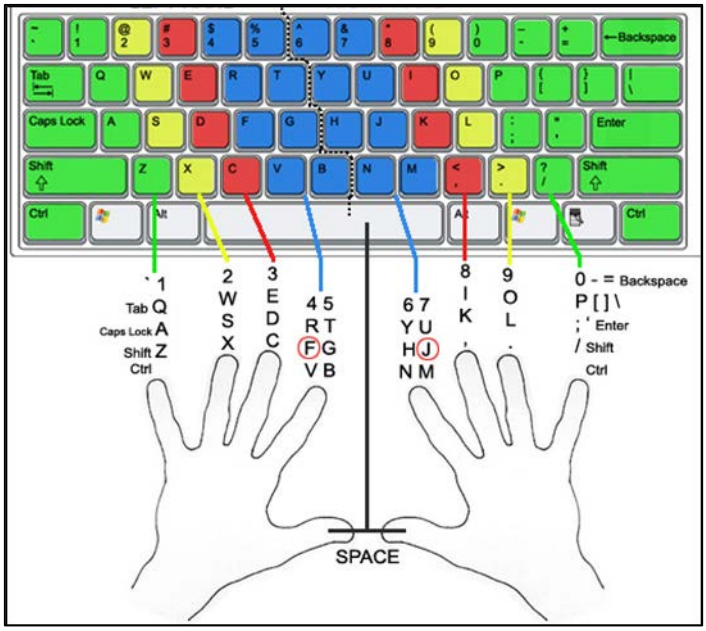
นอกจากดัชนีสมรรถนะสามารถหาได้จากสมการที่ 1 แล้วยังสามารถหาได้จากการหาการถดถอยของ MT เทียบ ID ซึ่งจะได้เป็นสมการถดถอยเชิงเส้นดังสมการที่ 3

Movement Time = a + b*ID (3)

a,b = regression coefficient

a และ b เป็นค่าคงที่ถดถอย และส่วนกลับ ของความชันสามารถเทียบได้กับ IP ในสมการที่ 1

การรับส่งข้อมูลสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านช่องทางการใช้แป้นพิมพ์ โดยการพิมพ์นั้นเป็นงานที่มุ่งเน้นถึงคุณภาพของผลลัพธ์ ที่ออกมาว่ามีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด ลักษณะงานที่สนใจคือเวลาในการเคลื่อนที่ของนิ้วเพื่อกดปุ่มอักขระที่ต้องพิมพ์บนแป้นพิมพ์ที่ การเคลื่อนที่ของนิ้วมือในแต่ละนิ้วไปยังตำแหน่งเป้าหมาย ที่ต้องอาศัยทักษะความชำนาญและสมาธิในการพิมพ์ลงบนแป้นพิมพ์ ซึ่งโดยทั่วไปได้มีการกำหนดรูปแบบการจัดวางนิ้วมือในการพิมพ์สัมผัสบนแป้นพิมพ์มาตรฐานแสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 การจัดวางนิ้วมือในการพิมพ์สัมผัสบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน

(The secret to be a typing master, 2011)

ในการพิจารณาสมรรถนะแป้นพิมพ์โดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์ ต้องพิจารณาความสามารถในการเคลื่อนที่นิ้วแต่ละนิ้วบนแป้นพิมพ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไปตามการออกแบบ ซึ่งจะต้องวางรูปแบบการพิมพ์ที่เป็นมาตรฐาน เพื่อนามาคำนวณดัชนีความยาก

และกำหนดกลุ่มข้อมูลของค่าต่างๆ พร้อมกับดัชนีความยากของคำเหล่านั้นขึ้นมา เก็บไว้เป็นฐานข้อมูล (database) สำหรับโปรแกรมทดสอบให้เรียกขึ้นมาแสดงให้ผู้ทดสอบพิมพ์คำเหล่านั้นเพื่อจับเวลาการเคลื่อนที่ของนิ้วมือในแต่ละนิ้วไปยังตำแหน่งเป้าหมาย และสามารถนำไปคำนวณหาสมรรถนะในการพิมพ์งานบนแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ ซึ่งการทดสอบโดยอาศัยหลักการกฎของฟิสต์มาประยุกต์ในการกำหนดระดับความยากแบบทดสอบที่ใช้ในการพิมพ์ อีกทั้งยังสามารถทดสอบได้รวดเร็ว จากการศึกษาก็ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการประเมินสมรรถนะการใช้งานของแป้นพิมพ์การยศาสตร์ในประเทศไทยเลย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงาน (Performance) และระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย (Learning curve) โดยทดลองภายใต้สถานที่และสภาพแวล้อมตามหลักการยศาสตร์ โดยให้ผู้เข้าทดสอบจำนวน 10 คน พิมพ์อักขระตามแบบพิมพ์ที่มีการกำหนดดัชนีความยากผ่านโปรมแกรมบันทึกเวลาที่มีการพัฒนาขึ้นเองเปรียบเทียบระหว่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์กับแป้นพิมพ์มาตรฐานที่กำหนดให้ในการทดลอง

3.1 ผู้เข้าร่วมทดลอง

คัดเลือกผู้ทดสอบโดยผู้ทดสอบทั้งชายและหญิงจะต้องไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณแขน มือ และข้อมือทั้งสองข้าง สามารถพิมพ์สัมผัสภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ ไม่เคยมีประสบการณ์ใช้แป้นพิมพ์การยศสาตร์มาก่อน จำนวน 10 คน เป็นเพศชายจำนวน 1 คน และเพศหญิงจำนวน 9 คน โดยมีอายุระหว่าง 23 – 32 ปี ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ในการทดลองเก็บเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ใช้ในการพิมพ์งานตามแบบที่ให้แก่ผู้ทดสอบก่อนการปฏิบัติจริงผู้ทดสอบจะได้รับคำอธิบายการใช้โปรแกรมเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจการทำงานของโปรแกรมและการบันทึกเวลาที่ใช้ในการพิมพ์รวมถึงมีการฝึกปฏิบัติ (Training) ตามที่กำหนด

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

ผู้เข้าทดสอบ	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	ขนาดมือ			
					มือซ้าย		มือขวา	
					ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)
1	หญิง	26	52	152	7.3	16	7.3	16
2	หญิง	26	57	158	8	15.5	8	15.5
3	ชาย	28	68	178	8.3	19.2	8.3	19.2
4	หญิง	32	52	159	7.5	17.5	7.5	17.5

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบ

ผู้เข้าทดสอบ	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	ขนาดมือ			
					มือซ้าย		มือขวา	
					ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)
5	หญิง	32	53	158	7.5	18	7.5	18
6	หญิง	32	53	157	7.5	17	7.5	17
7	หญิง	32	52	160	7.5	18.5	7.5	18.5
8	หญิง	21	46	157	8	16.3	8	16.9
9	หญิง	28	56	164	7.5	18	7.5	18.5
10	หญิง	32	52	157	7.5	17.5	7.5	17.5

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาเพื่อประเมินสมรรถนะการทำงาน (Performance) และระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย (Learning curve) จากลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของแป้นพิมพ์ซึ่งทำให้ท่าทางในการวางมือและข้อมือแตกต่างไปจากการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไป ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- แป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย แป้นพิมพ์มาตรฐาน Acer รุ่น KU-0355 (A) แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Microsoft Comfort Curve 2000 (B) และ Microsoft Natural Elite (C) โดยแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันโดยแป้นพิมพ์ Microsoft Comfort Curve 2000 (B) จะมีมุมกางกึ่งกลางแป้นพิมพ์ 6 องศา และ แป้นพิมพ์ Microsoft Natural Elite (C) มีมุมกางกึ่งกลางแป้นพิมพ์ 12 องศา และมีมุมลาดเอียงด้านข้าง 8 องศา แสดงดังรูปที่ 3.1 และลักษณะทางกายภาพของแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบสรุปดังตารางที่ 3.2

แป้นพิมพ์มาตรฐาน Acer รุ่น KU-0355 (A)

แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Microsoft Comfort Curve 2000 (B)

Microsoft Natural Elite (C)

รูปที่ 3.1 แป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ

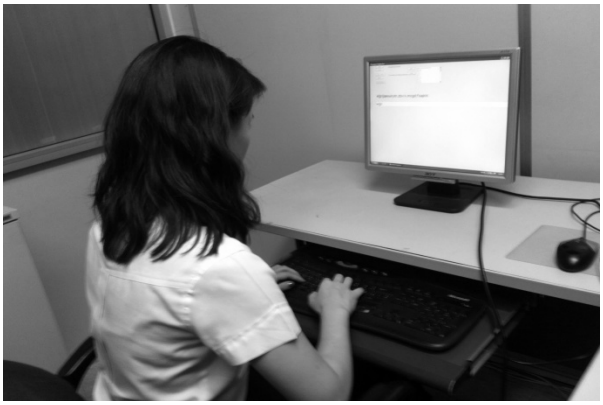
ตารางที่ 3.2 ลักษณะทางกายภาพแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ลักษณะ	แป้นพิมพ์		
	A	B	C
มุมกางกึ่งกลาง (องศา)	0	6	12
มุมลาดเอียงด้านข้าง(องศา)	0	0	8

- เครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Acer AL1716 ขนาดหน้าจอ 17 นิ้ว โดยกำหนดให้โปรมแกรมที่ใช้ทดสอบแสดงผลขนาดเต็มหน้าจอ

3.3 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ในการทดสอบ

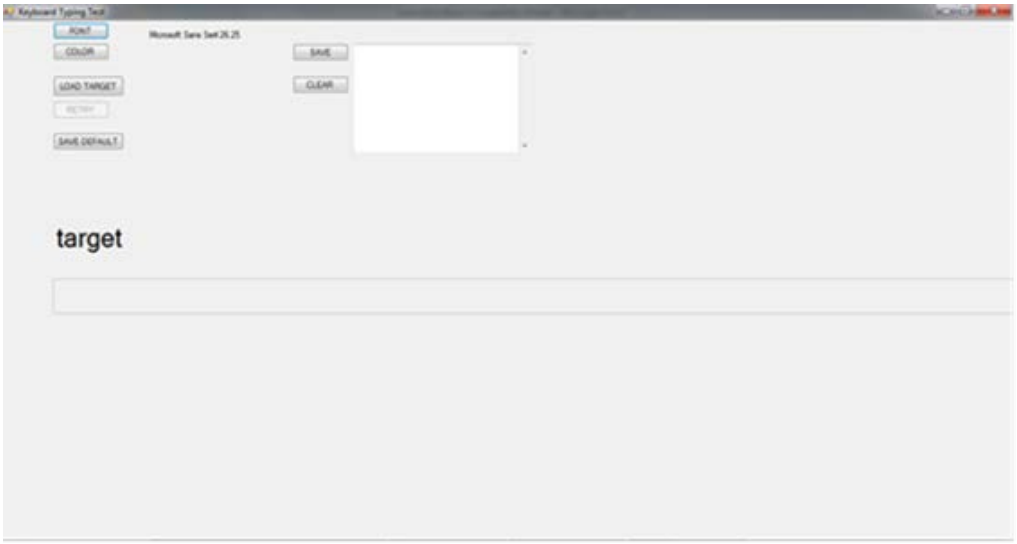
เพื่อลดผลกระทบจากความล้าที่เกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและสถานีงานที่ใช้ในการทดลองจึงทำการกำหนดสถานที่และสภาพแวล้อมตามหลักการยศาสตร์ โดยใช้ห้องปฏิบัติการทางการยศาสตร์เป็นห้องทดลอง มีการจัดสถานีงานดังนี้ คือ มีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส มีความส่องสว่าง 600 ลักซ์ โต๊ะทำงานสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร เก้าอี้มีพนักผิงปรับความสูงได้แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สถานีงานคอมพิวเตอร์ในการทดสอบ

3.4 การฝึกปฏิบัติ

แนะนำท่านั่งและท่าทางการวางมือ ข้อมือ และ แขนที่ถูกต้องกับผู้เข้าร่วมการทดลอง ผู้เข้าร่วมทดลองทั้งหมดจะได้รับการฝึกให้พิมพ์อักขระบนแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ใช้ในการทดลอง โดยพิมพ์อักขระตามแบบที่ปรากฏบนหน้าจอโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น key_test version 1.0 ซึ่งสามารถบันทึกเวลาที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระ โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง จะแสดงอักขระบนหน้าจอให้ผู้เข้าร่วมทดลองได้พิมพ์ตามและจะบันทึกเวลาที่ใช้ในการกดแต่ละตัวอักขระไว้ในรูปไฟล์ .CSV แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ

3.5 การประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย

การประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย (Learning curve) จากลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของแป้นพิมพ์โดยการฝึกให้ผู้ทดสอบเกิดความชำนาญในการพิมพ์แป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบ ทำการประเมินจากจำนวนครั้งที่ผู้ทดสอบใช้แป้นพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดแบบสุ่มพิมพ์แบบพิมพ์ที่กำหนดให้ครั้งละ 34 อักขระแบบสุ่ม จนอัตราความเร็วเฉลี่ยในการพิมพ์มีค่าคงที่เข้าสู่ภาวะสมดุล (steady stage) โดยการนำเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและจำนวนครั้งที่ใช้แป้นพิมพ์ และเมื่อเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันติดต่อกันอย่างน้อย 2 ครั้ง และทดสอบทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองครั้งที่ติดต่อกันว่าแตกต่างกันหรือไม่ (paired sample t-t test) และในแต่ละครั้งที่ทำการพิมพ์กำหนดให้มีความผิดพลาด (error) ได้ไม่เกิน 5% ของอักขระทั้งหมดที่พิมพ์ ถ้าหากครั้งใดมีความผิดพลาดเกิน 5%

จะทำการตัดข้อมูลครั้งนั้นทิ้งไป กำหนดให้ผู้ทดสอบได้พักระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที หรือจนกว่าจะพอใจ

3.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพิมพ์

ในการกำหนดดัชนีระดับความยากของแบบพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองนั้นผู้วิจัยทำการศึกษาและทำการทดลองเบื้องต้นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะภาพการพิมพ์ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ นิ้วมือที่ใช้ในการกดอักขระบนแป้นพิมพ์และแถวบนแป้นพิมพ์ โดยทดสอบกับอาสาสมัครทั้งชายและหญิงที่สามารถพิมพ์สัมผัสภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ จำนวน 7 คน เป็นเพศชายจำนวน 1 คน และเพศหญิงจำนวน 6 คน มีอายุระหว่าง 24 – 34 ปี ซึ่งเป็นคนละกลุ่มกับที่ทำการทดสอบหาสมรรถนะแป้นพิมพ์ ทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมทดสอบได้รับการอธิบายและฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมจนคุ้นเคย หลังจากนั้นจึงให้พิมพ์อักขระตามแบบพิมพ์ที่กำหนดบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน และกำหนดให้มีความผิดพลาด (error) ได้ไม่เกิน 5% แบบพิมพ์ที่กำหนดให้มีจำนวน 2 ชุด ชุดแรกประกอบด้วยอักขระจำนวน 46 ตัว เพื่อศึกษาปัจจัยแถวบนแป้นพิมพ์ ชุดที่ 2 มีอักขระจำนวน 61 ตัว แสดงดังภาคผนวก ค เพื่อศึกษาปัจจัยของนิ้วมือที่ใช้ในการกดอักขระบนแป้นพิมพ์ อักขระที่ใช้เป็นภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดและการจัดเลียงลำดับเป็นแบบสุ่ม โปรแกรมจะบันทึกเวลาที่ใช้ในการกดแต่ละอักขระไว้และทำการวิเคราะห์ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้คือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กดแต่ละอักขระของนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยไม่แตกต่างกัน และเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กดแต่ละอักขระของแถวอักขระบนแป้นพิมพ์ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แถว โดยให้แถวบนสุดเป็นแถวที่ 1 เรียงลำดับจากด้านบนลงมาซึ่งในแถวที่ 3 เป็นแป้นเหย้า ไม่แตกต่างกัน

3.7 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพิมพ์

ปัจจัยของนิ้วมือที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อกดบนปุ่มอักขระ ได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ส่วนนิ้วโป้งไม่มีการเคลื่อนที่จึงไม่นำมาพิจารณา และอีกปัจจัยคือ แถวอักขระบนแป้นพิมพ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แถว โดยให้แถวบนสุดเป็นแถวที่ 1 เรียงลำดับจากด้านบนลงมาซึ่งในแถวที่ 3 เป็นแป้นเหย้า ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบแบบพหุคูณของปัจจัยนิ้วที่ใช้ในการพิมพ์ทั้ง 4 นิ้ว ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) พบว่า นิ้วชี้ กับนิ้วก้อย($p = 0.000$), นิ้วกลาง กับ นิ้วก้อย($p = 0.000$) และ นิ้วนาง กับ นิ้วก้อย($p = 0.001$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบแบบพหุคูณของปัจจัยแถวที่ใช้ในการพิมพ์ทั้ง 4 แถว ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า

แถวที่ 1 (แถวบนสุด) กับ แถวที่ 3 (แป้นเหย้า) (p = 0.000), แถวที่ 1 (แถวบนสุด) กับ แถวที่ 4 (แถวล่างสุด)) (p = 0.002) และ แถวที่ 2 กับ แถวที่ 3 (แป้นเหย้า)) (p = 0.003), แถวที่ 2 กับ แถวที่ 4 (แถวล่างสุด)) (p = 0.025) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ข

3.8 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าสมรรถนะ

1. ผู้ทดสอบพิมพ์งานก่อนเริ่มการทดลองจริง (warm up) ในแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบ จนอัตราความเร็วเฉลี่ยในการพิมพ์มีค่าคงที่เข้าสู่ภาวะสมดุล (steady stage) โดยการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันติดต่อกันอย่างน้อย 2 ครั้ง และทดสอบทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองครั้งที่ติดต่อกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. ผู้ทดสอบพิมพ์งานตามเงื่อนไขที่ออกแบบในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยอักขระจำนวน 16 ตัว (อักขระที่ใช้ทดสอบเป็นตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด) แสดงดังภาคผนวก ค โดยปัยจัยที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบสุ่มรวมถึงแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ กำหนดให้ผู้ทดสอบได้พักระหว่างการทดสอบแต่ละสถานการณ์เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที หรือจนกว่าจะพอใจ ทำการทดลองซ้ำจนครบทั้ง 3 แป้นพิมพ์ เมื่อทำการทดลองแป้นพิมพ์ครบทั้ง 3 แบบ ให้ผู้ทดสอบพัก 5 นาที

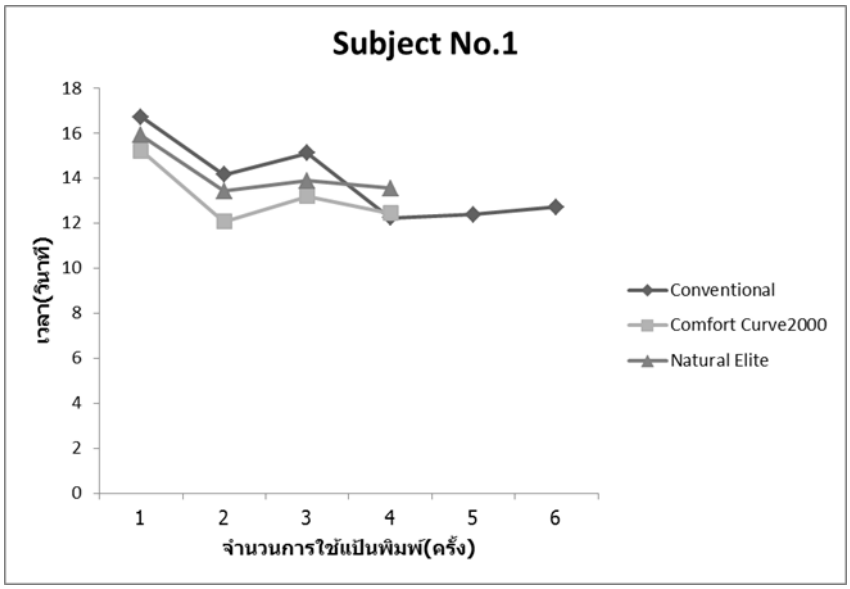
บทที่ 4

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงการประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยเมื่อลักษณะทางกายภาพของแป้นพิมพ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากจำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์จนเข้าสู่สภาวะสมดุล (steady stage) และการออกแบบและกำหนดระดับความยากของแบบพิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ จำแนกรูปแบบความยากตามลำดับเวลาเฉลี่ยในแต่ละปัจจัย จากเวลาน้อยไปเวลามาก ประเมินดัชนีสมรรถนะการทำงานจากส่วนกลับค่าความชันในสมการพยากรณ์เชิงเส้นของแต่ละแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1 การประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย

จากลักษณะทางกายภาพของแป้นพิมพ์ที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการฝึกให้ผู้ทดสอบเกิดความชำนาญในการพิมพ์แป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบ และทำการประเมินจากจำนวนครั้งที่ผู้ทดสอบพิมพ์แบบพิมพ์ที่กำหนดซึ่งมีลักษณะเป็นตัวอักขระแบบสุ่มจนอัตราความเร็วเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละอักขระมีค่าคงที่เข้าสู่ภาวะสมดุล (steady stage) โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์กับเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งดังตัวอย่างรูปที่ 4.1 รายละเอียดการทดสอบค่าเฉลี่ยของสองครั้งที่ติดต่อกันว่าแตกต่างกันหรือไม่ (paired sample t-t test) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งและเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน แสดงในภาคผนวก ง นำผลจำนวนครั้งที่เริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุลของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน มาเปรียบเทียบกันในแต่ละแป้นพิมพ์ที่ทำการทดลองแสดง ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลจำนวนการใช้แป้นพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดของผู้เข้าร่วมทดสอบคนที่ 1

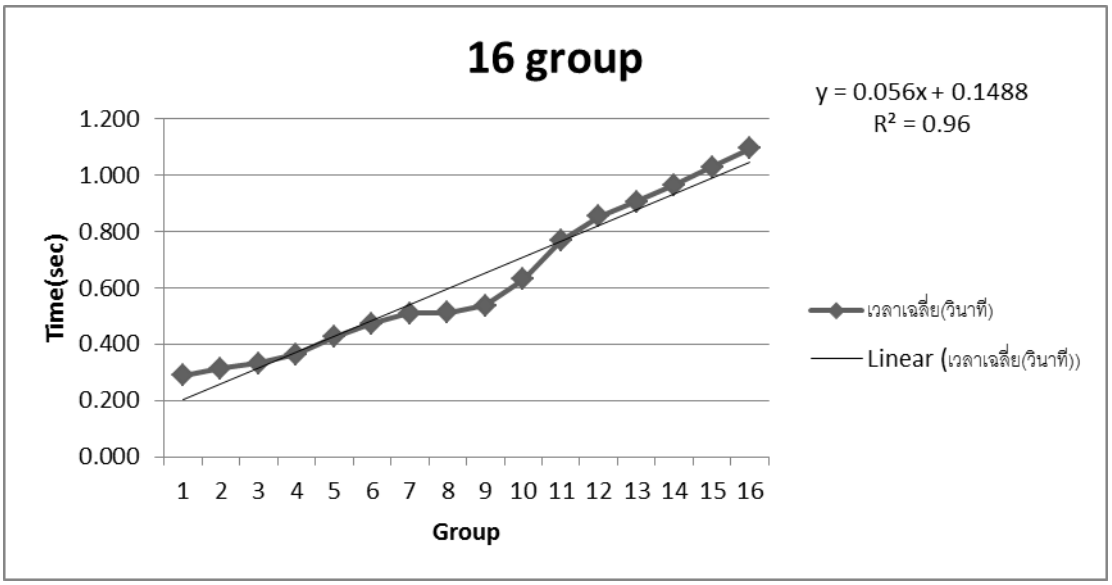
ตารางที่ 4.1 ผลจำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์ของผู้เข้าร่วมทดสอบจนเข้าสู่สภาวะสมดุล

ลำดับผู้ทดสอบ	แป้นพิมพ์มาตรฐาน (ครั้ง)	Comfort Curve2000 (ครั้ง)	Natural Elite (ครั้ง)
1	4	2	2
2	14	7	8
3	3	5	11
4	18	6	6
5	11	3	5
6	5	3	4
7	8	5	8
8	10	3	10
9	9	7	10
10	8	4	3
Min.	3	2	2
Max.	18	7	11
Avg.	9	5	7

จากผลจำนวนครั้งมากที่สุด (Max.) การใช้งานแป้นพิมพ์แต่ละชนิดในการพิมพ์งานจนเข้าสู่สภาวะสมดุลพบว่าแป้นพิมพ์การศาสตร์ Comfort curve 2000 มีค่าน้อยที่สุดคือ 7 ครั้ง แป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite มีค่า 11 ครั้ง และแป้นพิมพ์มาตรฐานมีค่ามากที่สุด 18 ครั้ง และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบพหุคุณของจำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์ทั้ง 3 ชนิด ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) พบว่า จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแป้นพิมพ์การศาสตร์ Comfort curve 2000 ($p = 0.006$) แป้นพิมพ์การศาสตร์ Comfort curve 2000 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite ($p = 0.157$) และ แป้นพิมพ์มาตรฐานไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite ($p = 0.140$)

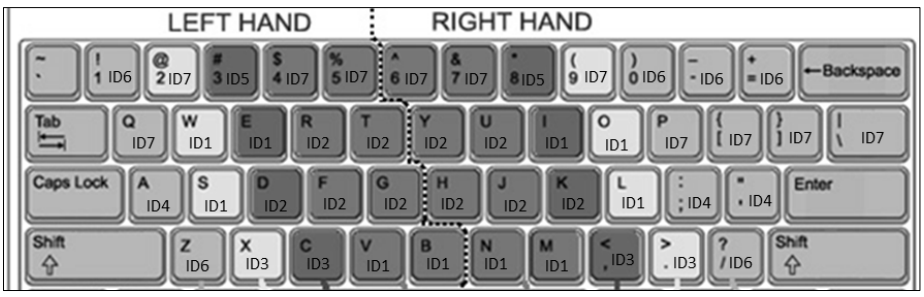
4.2 การประเมินสมรรถนะการทำงาน

จากผลการวิเคาระห์พบว่าปัจจัยนิ้วที่ใช้ในการพิมพ์และแถวบนแป้นพิมพ์ส่งผลต่อค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระ แต่ผลจากการทดลองพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการกดแต่ละอักขระไม่เป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้ว่าที่รูปแบบดัชนีความยากน้อยจะใช้เวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละอักขระน้อย ได้แก่ นิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง ในแถวที่ 3 (แป้นเหย้า) กลับไม่ได้ใช้เวลาน้อยสุด ซึ่งในการทดลองสามารถแบ่งรูปแบบการใช้นิ้วกดลงบนปุ่มอักขระในแต่ละแถวบนแป้นพิมพ์ได้เป็น 16 รูปแบบ(ไม่คิดแยกมือซ้ายและมือขวา) คือ นิ้วชี้แถวที่ 1 (แถวบนสุด) มี อักขระจำนวน 4 ตัว นิ้วชี้แถวที่ 2 มีอักขระจำนวน 4 ตัวนิ้วชี้แถวที่ 3 (แป้นเหย้า) มีอักขระจำนวน 4 ตัว นิ้วชี้แถวที่ 4 มีอักขระจำนวน 4 ตัว นิ้วกลางแถวที่ 1 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วกลางแถวที่ 2 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วกลางแถวที่ 3 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วกลางแถวที่ 4 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วนางแถวที่ 1 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วนางแถวที่ 2 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วนางแถวที่ 3 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วนางแถวที่ 4 มีอักขระจำนวน 2 ตัว นิ้วก้อยแถวที่ 1 มีอักขระจำนวน 4 ตัว นิ้วก้อยแถวที่ 2 มีอักขระจำนวน 5 ตัว นิ้วก้อยแถวที่ 3 มีอักขระจำนวน 3 ตัว นิ้วก้อยแถวที่ 4 มีอักขระจำนวน 2 ตัว และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละรูปแบบของผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน และนำมาจัดเรียงลำดับจากเวลาน้อยไปเวลามากและสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยแต่ละรูปแบบกับจำนวนรูปแบบ ซึ่งที่ระดับความยากยิ่งมากยิ่งพิมพ์ได้ช้าโดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ในการจัดแบ่งกลุ่ม แสดงดังภาคผนวก ง พบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้น และทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.96 ($R^2 = 0.96$)



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยแต่ละรูปแบบกับจำนวนรูปแบบทั้ง 16 รูปแบบ

จากนั้นทำการทดลองจัดกลุ่มรูปแบบและหาค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละรูปแบบ แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นโดยทดลองแบ่งเป็น 8, 7, 6, 5 และ 4 กลุ่ม ตามลำดับ พบว่าการแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม และ 4 กลุ่ม ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากที่สุด คือ $R^2 = 0.99$ แสดงดังภาคผนวก ง แต่เมื่อทำการทดลองสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละกลุ่มอักขระกับรูปแบบที่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม พบว่าสมการพยากรณ์เชิงเส้นที่ได้ของผู้เข้าทดสอบบางคนมีค่าคงที่จุดตัดแกน y เป็นลบ ซึ่งไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่จุดตัดแกน y ต้องมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงเลือกการแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม และกำหนดให้ดัชนีความยากมี 7 ระดับ โดยเรียงลำดับจากระดับความยากน้อยไปความยากมาก (ID1-ID7) ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยกลุ่มอักขระแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยมีตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 4.3



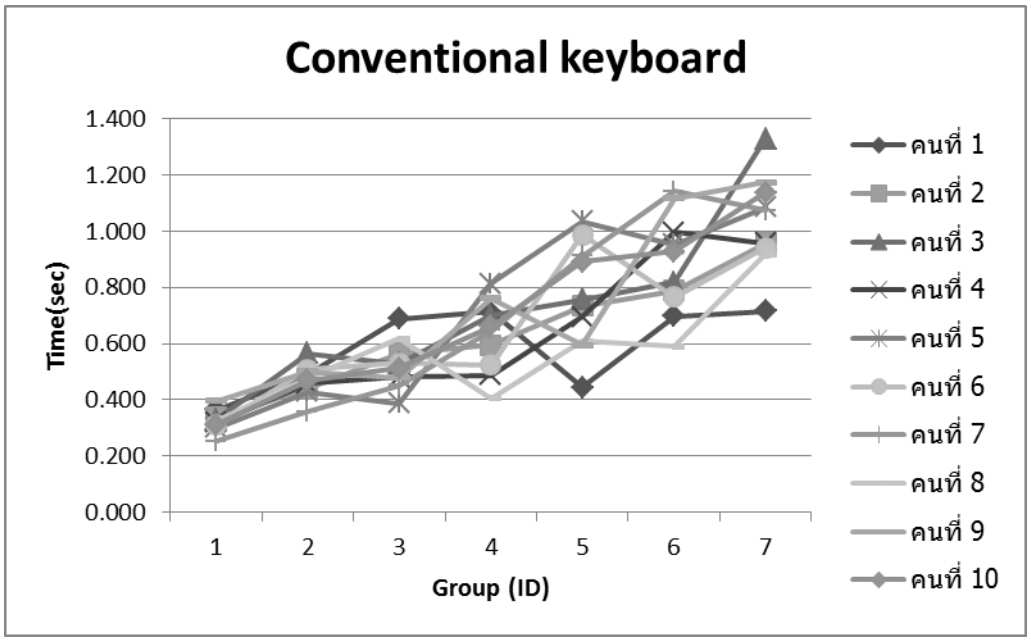
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งอักขระบนแป้นพิมพ์ตามกลุ่มระดับความยาก

ตารางที่ 4.2 กลุ่มระดับความยากจัดเรียงลำดับจากเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละกลุ่มอักขระใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ในการจัดแบ่งกลุ่ม

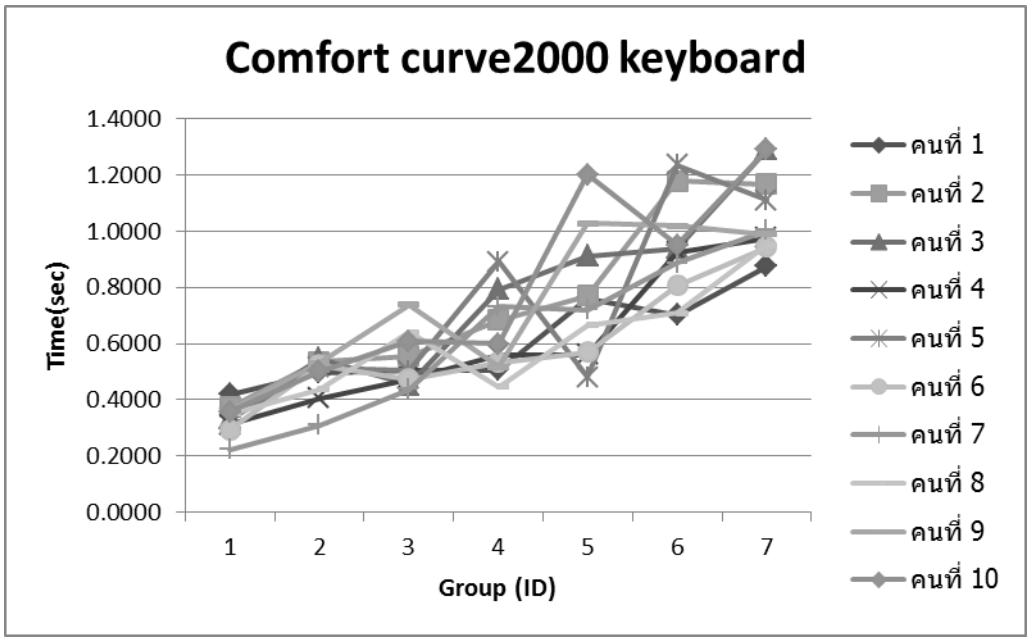
ID	นิ้ว/แถว	กลุ่มอักขระ	จำนวนอักขระ	เวลาเฉลี่ย(วินาที)
1	กลาง/2	e i	10	0.324
	ชี้/4	v b n m		
	นาง/2	w o		
	นาง/3	s l		
2	กลาง/3	d k	10	0.469
	ชี้/2	r t y u		
	ชี้/3	f g h j		
3	กลาง/4	c ,	4	0.524
	นาง/4	x .		
4	ก้อย/3	a ; '	3	0.631
5	กลาง/1	3 8	2	0.766
6	ก้อย/1	1 0 - =	6	0.879
	ก้อย/4	Z /		
7	ก้อย/2	q p [ ] \	11	1.029
	ชี้/1	4 5 6 7		
	นาง/1	2 9		

ข้อมูลเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละกลุ่มอักขระของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละกลุ่มอักขระกับกลุ่มระดับความยากทั้ง 7 กลุ่ม (ID) ในแป้นพิมพ์แต่ละชนิด พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นเมื่อกลุ่มระดับความยากมากขึ้นแสดงดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 และสามารถหาความสัมพันธ์ของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากมีลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้น และทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression) เพื่อหาค่าคงที่ a และ b ตามสมการการหาดัชนีสมรรถนะของฟิตส์ Movement Time = a + b*ID โดยค่าดัชนีสมรรถนะหาได้จากส่วนกลับของค่าความชัน (1/b) ผลการหาสมการและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แสดงดังตารางที่ 4.5

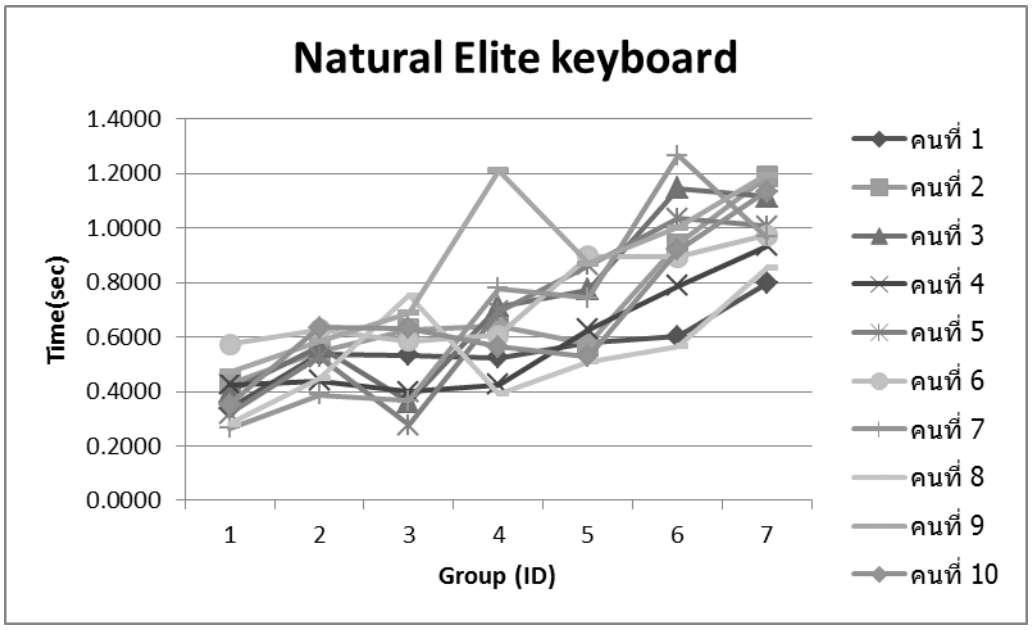
และกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์กับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนทั้ง 10 คนแสดงไว้ในภาคผนวก ค



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์มาตรฐาน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์ Comfort curve 2000



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยากที่ออกแบบไว้ของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ในแป้นพิมพ์ Natural Elite

ตารางที่ 4.3 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยาก (ID) และค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ (IP)

Subject	Conventional keyboard		
	Linear regression	R^2	IP
No.1	y = 0.0438x + 0.4124	R² = 0.40	22.83
No.2	y = 0.0974x + 0.2407	R² = 0.98	10.27
No.3	y = 0.1333x + 0.1848	R² = 0.84	7.50
No.4	y = 0.1147x + 0.1688	R² = 0.89	8.72
No.5	y = 0.1448x + 0.1351	R² = 0.88	6.91
No.6	y = 0.1024x + 0.2421	R² = 0.78	9.77
No.7	y = 0.1606x + 0.0481	R² = 0.95	6.23
No.8	y = 0.0712x + 0.2790	R² = 0.64	14.04
No.9	y = 0.1316x + 0.1907	R² = 0.82	7.60
No.10	y = 0.1347x + 0.1624	R² = 0.98	7.42

ตารางที่ 4.3 **(ต่อ)** สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับรูปแบบความยาก (ID) และค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ (IP)

Subject	Comfort Curve2000		
	Linear regression	R^2	IP
No.1	y = 0.0727x + 0.3184	R² = 0.86	13.76
No.2	y = 0.1387x + 0.1970	R² = 0.92	7.21
No.3	y = 0.1472x + 0.1636	R² = 0.92	6.79
No.4	y = 0.1112x + 0.1565	R² = 0.90	8.99
No.5	y = 0.1339x + 0.1887	R² = 0.68	7.47
No.6	y = 0.048x + 0.4608	R² = 0.35	20.83
No.7	y = 0.1347x + 0.0770	R² = 0.97	7.42
No.8	y = 0.0846x + 0.2611	R² = 0.79	11.82
No.9	y = 0.1121x + 0.2925	R² = 0.77	8.92
No.10	y = 0.1531x + 0.1743	R² = 0.84	6.53
Subject	Natural Elite		
	Linear regression	R^2	IP
No.1	y = 0.0556x + 0.3360	R² = 0.78	17.99
No.2	y = 0.1077x + 0.2756	R² = 0.78	9.29
No.3	y = 0.1330x + 0.1922	R² = 0.83	7.52
No.4	y = 0.0874x + 0.2271	R² = 0.79	11.44
No.5	y = 0.1310x + 0.1502	R² = 0.83	7.63
No.6	y = 0.0731x + 0.4437	R² = 0.81	13.68
No.7	y = 0.1512x + 0.0770	R² = 0.81	6.61
No.8	y = 0.0611x + 0.2989	R² = 0.43	16.37
No.9	y = 0.1137x + 0.4058	R² = 0.71	8.80
No.10	y = 0.1006x + 0.2779	R² = 0.69	9.94

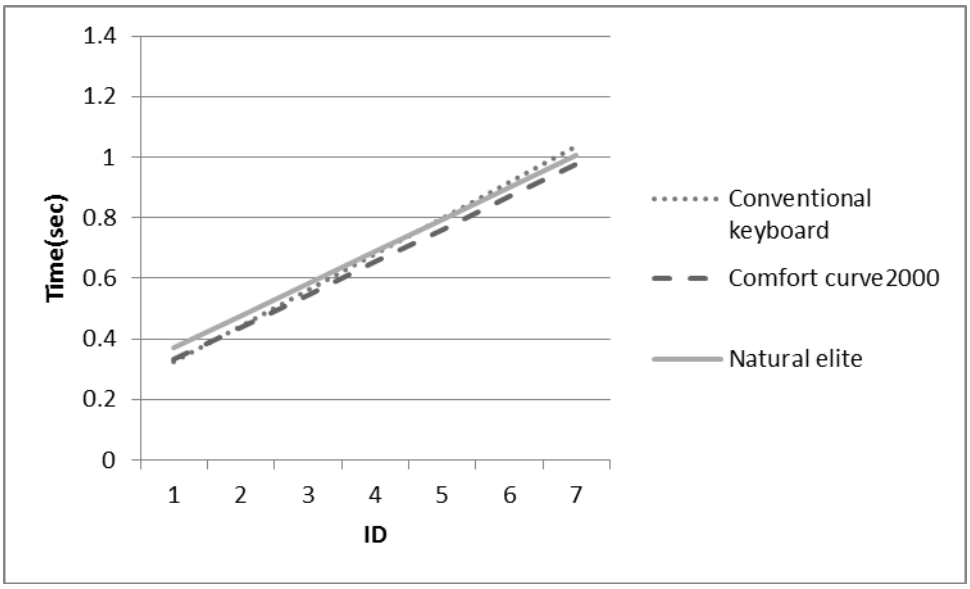
รูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้น คือ Movement Time = b*ID + a โดยที่ IP = 1/b

จากตารางที่ 4.3 ดัชนีสมรรถนะการทำงาน (Index of Performance: IP) หาได้จากส่วนกลับของความชันสมการถดถอยเชิงเส้นของเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่จนงานสำเร็จ (Movement Time: MT) เทียบ ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty: ID) ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.5 และเมื่อนำข้อมูลเวลาของผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน มาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับดัชนีความยากและหาค่าสมรรถะของแป้นพิมพ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง พบว่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite มีค่าสูงสุด และสมรรถนะแป้นพิมพ์มาตรฐานต่ำที่สุด แสดงดังตารางที่ 4.4 และสามารถนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 4.7 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของแต่ละแป้นพิมพ์พบว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve 2000 สูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานคิดเป็น 10.03% ของแป้นพิมพ์มาตรฐาน แป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite มีค่าสมรรถนะสูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานคิดเป็น 12.11% ของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และแป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite มีค่าสมรรถนะสูงกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve 2000 คิดเป็น 1.89% ของแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve 2000 อาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์การศาสตร์ Natural Elite

ตารางที่ 4.4 ค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์แต่ละแบบจากข้อมูลผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน

ชนิดแป้นพิมพ์	Linear regression	R^2	a	b	IP=1/b
Conventional keyboard	y = 0.1185x + 0.2052	R^2 = 0.85	0.2052	0.1185	8.44
Comfort curve 2000	y = 0.1077x + 0.2239	R^2 = 0.83	0.2239	0.1077	9.29
Natural Elite	y = 0.1057x + 0.2655	R^2 = 0.80	0.2655	0.1057	9.46

รูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้น คือ Movement Time = b*ID + a โดยที่ IP = 1/b



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นของแป้นพิมพ์แต่ละชนิด
จากข้อมูลผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน

การทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยสมรรถนะของแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ใช้ในการทดลองโดยใช้การเปรียบเทียบแบบพหุคูณที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) พบว่าค่าเฉลี่ยสมรรถนะแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.878$)

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

จาการทดลองระยะเวลาการเรียนรู้การใช้งานแป้นพิมพ์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานพบว่าเวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้งที่ผู้เข้าร่วมทดสอบใช้แป้นพิมพ์พิมพ์อักขระตามรูปแบบที่กำหนด ใช้เวลาไม่เกิน 1 นาทีต่อครั้ง และผู้เข้าทดสอบแต่ละคนใช้เวลาโดยรวมของการทดสอบในแป้นพิมพ์แต่ละแบบไม่เกิน 20 นาที ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาที่ผ่านมาที่กำหนดเวลาในการพิมพ์งานตามข้อความที่กำหนดให้ (Rempel et al.,2007; Sawanson et al., 1997) และใช้ระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยเร็วกว่าเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Fagarasanu และคณะ ที่ใช้เวลาในการฝึกใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ 8 ชั่วโมง (Fagarasanu et al., 2005)

การประเมินประสิทธิภาพในการพิมพ์ในการศึกษาที่ผ่านมานั้น จะใช้วิธีการให้ผู้ทดสอบพิมพ์งานตามแบบพิมพ์ที่มีลักษณะเป็นข้อความที่นำมาจากหนังสือหรือบทความ (Rempel et al., 2007; Sawanson et al., 1997) ข้อความที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์และส่งผลต่อระยะเวลาในการประเมินเนื่องจากต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากและต้องอาศัยการวิเคราะห์

ทางสถิติ จากหลักการของ Fitts' law ข้อความที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์ เนื่องจากระดับความยากของข้อความที่เปลี่ยนแปลงเพราะคำแต่ละคำมีระดับความยากที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการควบคุมระดับความยากของแบบพิมพ์เป็นปัจจัยสำคัญ แบบพิมพ์ที่ใช้ควรมีจำแนกระดับความยากดังนั้นในการทดลองนี้ได้จำแนกระดับความยากของงานพิมพ์ตามปัจจัยของนิ้วมือ กับตำแหน่งแถวของอักขระและเปลี่ยนรูปแบบจากการพิมพ์ข้อความตามแบบเป็นการพิมพ์อักขระหรือมีลักษณะเหมือนการใส่ข้อมูล (data-entry) โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งระดับความยากออกเป็น 7 กลุ่ม ซึ่งได้นำไปใช้เป็นรูปแบบในการประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์เทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน ปัจจัยที่นำมาใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความยากของงานนั้นมีลักษณะรูปแบบแยกกันโดยสิ้นเชิง (discrete) ไม่สามารถนำไปสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเช่น สมการของ Fitts' Law ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยเรื่องกล้ามเนื้อ ซึ่งงานพิมพ์ดีดนี้เป็นงานที่ซับซ้อน เป็นงานที่ต้องอาศัยนิ้วมือทั้ง 8 นิ้ว ซึ่งมีกล้ามเนื้อจำนวน 8 ชุด แต่ละนิ้วก็ใช้กล้ามเนื้อเฉพาะเป็นอิสระจากกัน ความแข็งแกร่งไม่เท่ากัน ความยาวไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความหลากหลาย และซับซ้อนในการทำงานมากกว่างานพื้นฐานในแบบของ Fitts' Law ซึ่งเป็นสมการที่สร้างจากการเคลื่อนที่อย่างง่ายและใช้กล้ามเนื้อเพียงชุดเดียว

จากผลการทดลองพบว่าที่ตำแหน่งเริ่ม (Home position) ของแต่ละนิ้วซึ่งควรจะเป็นแถวที่ 3 กลับเปลี่ยนไป โดยดูได้จากระดับความยากที่ 1 (ID1) ที่พิมพ์งานได้เร็วที่สุดนั้นกลับไม่ได้ระบุเป็นแถวที่ 3 ของทุกนิ้ว แต่เป็นนิ้วนางในแถวที่ 2 และแถวที่ 3 นิ้วกลางในแถวที่ 2 และนิ้วชี้ในแถวที่ 4 ซึ่งอาจเกิดจาก 3 ปัจจัย คือ 1. รูปร่างของมือที่มีความยาวนิ้วมือที่แตกต่างกันในแต่ละนิ้วและมีลักษณะการโค้งงอของข้อมือ 2. วัตถุประสงค์ในการพิมพ์งานในการทดสอบครั้งนี้คือ การพิมพ์ให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ ดังนั้นผู้เข้าร่วมทดสอบจึงไม่มีเวลาในการพักวางมือในตำแหน่งเริ่มตำแหน่งของนิ้วมือจะลอยอยู่ในอากาศแล้วกดลงไปอย่างต่อเนื่อง 3. แป้นพิมพ์ในปัจจุบันนั้นแตกต่างจากแป้นพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ดีดในสมัยก่อน ทั้งความชันของแป้นพิมพ์ที่น้อยกว่าจึงไม่มีอุปสรรคในการขยับนิ้วมือเพื่อไปยังตำแหน่งแถวด้านบน ความสูงของปุ่มกดและแรงที่ใช้กดที่ลดลง ทั้ง 3 ปัจจัยอาจช่วยลดการหักงอข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar deviation) ลงได้

จากผลการศึกษาของ Rempel et al., 2007 พบว่าความเร็วในการพิมพ์โดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเร็วกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 เร็วกว่า แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite และเปรียบจากผลการทดลองมีลักษณะสอดคล้องกัน จากค่าจุดตัดแกน y ในสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้จากข้อมูลผู้เข้าทดสอบ

ทั้ง 10 คน ของแป้นพิมพ์แต่ละแบบแสดงถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่งานมีระดับความยากเป็นศูนย์ หรือ ID 0 คือ เวลาในการทำงานถึงแม้ไม่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วมือ หรือคือการกดปุ่มที่ตำแหน่งเดิมๆ โดยค่าจุดตัดแกน y แป้นพิมพ์มาตรฐาน แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite มีค่าตามลำดับดังนี้ 0.2052, 0.2233 และ 0.2655 ซึ่งมีลำดับความเร็วจากน้อยไปมากเช่นเดียวกับการศึกษาของ Rempel et al., 2007 และทำการทดสอบโดยการวัดเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการกดอักขระตัวเดิมซ้ำกันโดยไม่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วมือเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการกดของผู้เข้าทดสอบคนที่ 6 พบว่าที่แป้นพิมพ์มาตรฐานให้ค่าจุดตัดแกน y เท่ากับ 0.241 ใกล้เคียงกันกับค่าจุดตัดแกน y ที่ได้จากการหาสมการเชิงเส้น คือ 0.220

ผู้เข้าร่วมทดสอบส่วนใหญ่จะมีค่าสมรรถนะในแป้นพิมพ์การศาสตร์มากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานโดยแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่มเรียงตามลำดับค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ ประกอบด้วย กลุ่มแรกแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite มีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์ Comfort curve2000 จำนวน 3 คน กลุ่มที่สองแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 มีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite จำนวน 2 คน กลุ่มที่ 3 แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite มีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 และแป้นพิมพ์มาตรฐาน จำนวน 3 คน กลุ่มที่ 4 แป้นพิมพ์มาตรฐานมีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite และแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 จำนวน 2 คน เนื่องจากแป้นพิมพ์ การยศาสตร์ออกแบบให้มีลักษณะรูปทรงที่เหมาะสมกับท่าทางการวางมือในขณะพิมพ์ ทำให้ช่วยลดการหักงอข้อมือให้เบี่ยงออกไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar deviation) (Rempel et al.,2007) ค่ามุมกางกึ่งกลางและมุมองศาลาดเอียงของแป้นพิมพ์ส่งผลต่อค่าสมรรถนะในการพิมพ์ ซึ่งในแป้นพิมพ์ การยศาสตร์ Natural elite มีค่ามุมกางกึ่งกลางและมุมองศาลาดเอียงมากกว่าแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 และแป้นพิมพ์มาตรฐาน และจากขนาดมือผู้เข้าทดสอบพบว่าขนาดมือที่สั้นมีแน้วโน้ม IP สูงกว่ามือที่ยาวผลแสดงดังภาคผนวก ง

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่จะส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์ เช่นแรงในการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์(Fagarasanu et al., 2005) แป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะปุ่มกดที่แตกต่างกัน คือ แป้นพิมพ์การยศาสตร์ Comfort curve2000 เป็นปุ่มกดแบบใหม่ที่ใช้ยางเป็นวัสดุในการรับแรงซึ่งแตกต่างกับแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Natural elite ที่เป็นแบบเก่าจะใช้สปริงในการเป็นวัสดุรับแรง ซึ่งทำให้น้ำหนักหรือแรงที่กดลงไปแตกต่างกันได้ ส่งผลต่อความเร็วในการพิมพ์ ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคตถึงผลของแรงที่ใช้กดกับความเร็วในการพิมพ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการประเมินระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยและสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ใช้ในการทดลองโดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์ (Fitts' law) ในการประเมินสมรรถนะแป้นพิมพ์โดยทำการออกแบบระดับความยากของงานพิมพ์แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ที่ระดับความยากยิ่งมากยิ่งพิมพ์ได้ช้าโดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ในการจัดแบ่งกลุ่ม ซึ่งผลการประเมินที่ได้จะเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อแป้นพิมพ์การยศาสตร์ โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากสมรรถนะที่ได้กับระดับความปลอดภัยและราคาที่เพิ่มขึ้น

5.1 สรุปผลการวิจัย

การตัดสินใจเลือกใช้แป้นพิมพ์นั้นขึ้นอยู่กับงบประมาณที่ตั้งไว้และความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งในท้องตลาดมีแป้นพิมพ์หลากหลายประเภทให้ผู้บริโภคเลือกใช้งาน แป้นพิมพ์การยศาสตร์เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยส่งเสริมระดับความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานแต่ยังขาดข้อมูลเพื่อใช้ในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่จะได้รับกับความคุ้มค่าที่จะต้องลงทุนในการซื้อเนื่องจากแป้นพิมพ์การศาสตร์จะมีราคาแพงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานรวมถึงระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยกับแป้นพิมพ์และสมรรถนะในการพิมพ์ที่จะได้รับ จากการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการทำความคุ้นเคยของแป้นพิมพ์การยศาสตร์เร็วกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานอย่างมีนัยสัญในแป้นพิมพ์การยศาสตร์ comfort curve2000 และค่าสมรรถนะในการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์ทั้งสองแบบมีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานแต่อย่างไม่มีนัยสำคัญ ข้อมูลเหล่านี้น่าจะเป็นประโยชน์ช่วยให้ผู้ที่สนใจใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้แป้นพิมพ์การศาสตร์ได้

5.2 ปัญหาในการดำเนินการ

ผู้ทดสอบบางคนไม่เคยชินกับรูปแบบการพิมพ์สัมผัสในบางตำแหน่งอักขระ จึงอาจมีการใช้นิ้วที่แตกต่างไปจากรูปแบบที่กำหนดบ้างในบางอักขระ วิธีการแก้ปัญหา คือ อธิบายให้ผู้ทดสอบเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและใช้นิ้วให้ถูกต้องตามรูปแบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นยังคงมีการขยายตัวมากขึ้นเรื่อยๆ และงานพิมพ์หรือป้อนข้อมูลด้วยแป้นพิมพ์ จะยังคงเป็นงานที่คงอยู่ต่อไปอีกนานจนกว่าจะมีเทคโนโลยีการป้อนข้อมูลที่ซับซ้อนและเชื่อถือได้ในระดับที่สูงกว่ามาทดแทน ดังนั้นการพัฒนาแป้นพิมพ์ นอกจากรูปลักษณ์ภายนอก และความปลอดภัยในการใช้งานแล้ว ในอนาคตการพัฒนาด้านสมรรถนะจะเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มความโดดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการหาดัชนีสมรรถนะของอุปกรณ์การยศาสตร์อื่นๆ จึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจและสามารถนำไปต่อยอดได้ในอีกหลายแนวทาง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ อินทรานนท์. การยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1.บริษัทแอคทิฟ พริ้นท์ จำกัด: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

จรัญ ภาสุระ, เออร์กอนอมิกส์ (Ergonomic) ศาสตร์เพื่อการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวัน. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.

ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ. การประยุกต์การยศาสตร์ในสำนักงานและโรงพยาบาล.[ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: http://www.safetystou.com/UserFiles/File/master%2054109%20unit%2015.pdf. [2554, ตุลาคม 10]

น้ำทิพย์ รัตนาวงษ์ไชยยา, สุมาลี โสน้ำเที่ยง, ธรรมนูญ ดิษเจริญ. คอมพิวเตอร์น่ารู้ แป้นพิมพ์ (keyboard). [ออนไลน์]. 2552 แหล่งที่มา: http://www3.ipst.ac.th/research/assets/web/mahidol/computer(10)/system/keyboard.htm.[2554, ตุลาคม 13]

แพทย์พีรพัศฆ์ รุจิวิชชญ์. Carpal Tunnel Syndrome – ผังผืดทับเส้นประสาทข้อมือ. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.samitivejhospitals.com/healthblog/Srinakarin/blogdetail.php?id=39. [2554, ตุลาคม 10]

แพทย์ศักดิ์ชัย ถิรวิทยาคม. เอกสารประกอบการบรรยายโรคที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: www.thnic.or.th/old_activities/project04/project04-seminar.doc.[2554, ตุลาคม 4]

เนสินี ไชยเอีย, อรวรรณ บุราณรักษ์, สมเดช พินิจสุนทร, มลิวรรณ บุญมา, ศิริพร ลีลาธนาพิพัฒน์, ชายตา สุจินพรหม, ปิยะ ดุรงคเดช, สหชาติ ลีลามโนธรรม, กิตติพัทธ์ มูลทวี. ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้คอมพิวเตอร์ของพนักงานธนาคารพานิชย์ไทย ใน อ.เมือง จ. ขอนแก่น. [ออนไลน์]. 2548. แหล่งที่มา: http://www.smj.ejnal.com/e-journal/showdetail/?show_detail=T&art_id=109. [2554, ตุลาคม 10]

สมบูรณ์ แซ่เจ็ง. เอกสารความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนพิมพ์ดีดและแป้นพิมพ์ เรื่อง วิธีสอนพิมพ์ดีดและแป้นพิมพ์ . [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.gotoknow.org/media/files/678492. [2554, ตุลาคม 10]

สมบูรณ์ แซ่เจ็ง. เอกสารความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนพิมพ์ดีดและแป้นพิมพ์ เรื่อง ประวัติเครื่องพิมพ์ดีดและการฝึกพิมพ์ดีด . [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.gotoknow.org/media/files/678485. [2554, ตุลาคม 10]

ภาษาอังกฤษ

Amazon, Computer Keyboard. 107-Key Windows Keyboard (Black) (USB). [Online]. 2011. Available from: http://www.amazon.com/s/ref=sr_nr_scat_12879431_ln?rh=n%3A12879431%2Ck%3Akeyboard&keywords=keyboard&ie=UTF8&qid=1321689430&scn=12879431&h=5a5011fbf21749f389cc3fdfadbd94d878018fd9. [2011, October 15]

Amazon, Computer Keyboard. Logitech Wireless Illuminated Keyboard K800. [Online]. 2011. Available from: http://www.amazon.com/s/ref=sr_nr_scat_12879431_ln?rh=n%3A12879431%2Ck%3Akeyboard&keywords=keyboard&ie=UTF8&qid=1321689430&scn=12879431&h=5a5011fbf21749f389cc3fdfadbd94d878018fd9. [2011, October 15]

Amazon, Computer Keyboard. Microsoft Natural Keyboard Elite - Black. [Online]. 2011. Available from: http://www.amazon.com/s/ref=sr_nr_scat_12879431_ln?rh=n%3A12879431%2Ck%3Akeyboard&keywords=keyboard&ie=UTF8&qid=1321689430&scn=12879431&h=5a5011fbf21749f389cc3fdfadbd94d878018fd9. [2011, October 15]

Ergonomic Repetitive Strain Injury. [Online]. 2011. Available from: http://www.cs.brown.edu/system/ergo/. [2012, January 12]

Fagarasanu, M., Kumar, S., Narayan, Y. The training effect on typing on two alternative keyboards. International Journal of Industrial Ergonomics, 35(2005): 509-516

Honan, M., Serina, E., Tal R., Rempel D. Wrist postures while typing on a standard and split keyboard. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting. (1995): 366–368.

I. Scott MacKenzie, Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human-Computer Interaction. Human-Computer Interaction, 7, pp.91-139. University of Toronto : Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1992

McLoone, H., Hegg, C., Johnson and P.W. Evaluation of Microsoft's Comfort Curve keyboard. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting. (2005): 1359–1363

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 3092. Working Safely with Video Display Terminals. U.S. Department of Labor. 1997

Phipps, C.A. A metric to measure whole keyboard index of difficulty based on Fitts' law. [Online]. 2011. Available from: http://chadphipps.net/Documnets/Phipps_Dissertation.pdf [2011, October 15]

Rempel, D., Barr, A., Brafman, D., Young, E. The effect of six keyboard designs on wrist and forearm postures. Applied Ergonomics, 38(2007): 293-298

Smith, M.J., Karsh, B.T., Conway, F.T., Cohen, W.J., James,C.A., Morgan, J.J., Sanders, K., Zehel, D.J. Effects of a split keyboard design and wrist rest on performance,posture, and comfort. Human Factor. 40(1998): 324–336.

Swanson, N.G., Galinsky, T.L., Cole, L.L., Pan, C.S., Sauter, S.L. The impact of keyboard design on comfort and productivity in a text entry task. Appl. Ergonom. 28(1997): 9–16

The secret to be a typing master. [Online]. 2011. Available from: http://blog.danigunawan.com/tips-and-trick/the-secret-to-be-a-typing-master/ [2011, October 15]

Wikipedia. Ergonomic keyboard. [Online]. 2011. Available from:
http://en.wikipedia.org/wiki/Ergonomic_keyboard. [2011, October 15]

Zecevic, A.,Miller, D.I., Harburn, K. An evalution of the ergonomics of three computer keyboards. Ergonomics, 43(2000): 55-72

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามแนวโน้มการใช้งานแป้นพิมพ์การยศาสตร์

แบบสอบถาม

เรื่อง *ทัศนคติและแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์(Ergonomic Keyboard)* โดยแบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยใคร่ขอความร่วมมือท่านในการตอบแบบสอบถามตามความจริง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คำชี้แจง: กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ในช่อง ( ) หน้าข้อความและเติมคำที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน (กรุณาทำทุกข้อ)

<u>ส่วนที่1</u> ลักษณะทางประชากรศาสตร์

1.เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2.อายุ _____ ปี

3.การศึกษาสูงสุด

( ) มัธยมศึกษาตอนต้น หรือ ต่ำกว่า ( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.

( ) อนุปริญญา / ปวส. ( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

4.อาชีพ

( ) กำลังศึกษา ( ) รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) พ่อบ้าน/แม่บ้าน/เกษียณอายุ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

<u>ส่วนที่2</u> ทัศนะคติและพฤติกรรมการใช้งานแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ของท่านในปัจจุบัน

5.ท่านใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์กี่ชั่วโมงต่อวัน

( ) 1-2 ชม. ( ) 2-4 ชม.

( ) 4-6 ชม. ( ) มากกว่า 6 ชม.

6.เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นแบบใด

( ) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop Computer)

( ) คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Note Book/Laptop)

7.ท่านใช้แป้นพิมพ์ในการพิมพ์งานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเท่าไร

( ) 1-2 ชม. ( ) 2-4 ชม.

( ) 4-6 ชม. ( ) มากกว่า 6 ชม.

8.ท่านเคยมีประวัติอาการกล้ามเนื้ออักเสบและปวดเมื่อยตามบริเวณอวัยวะต่างๆ อาทิ หลัง ไหล่ บ่า แขน หรือข้อมือ จากการใช้แป้นพิมพ์หรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

9.ท่านสามารถพิมพ์แป้นพิมพ์โดยวิธีการพิมพ์สัมผัสได้หรือไม่

( ) ได้ จำนวน..... คำ/นาที ( ) ไม่ได้

10.ท่านรู้จักแป้นพิมพ์การยศาสตร์ (Ergonomic keyboard) หรือไม่ ถ้า **ไม่ กรุณาข้ามไปทำข้อ 14**

( ) รู้จัก ( ) ไม่รู้จัก

11.แป้นพิมพ์การยศาสตร์ที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันคือยี่ห้อ/รุ่นใด

( ) Microsoft natural ergonomic keyboard 4000

( ) Microsoft comfort curve keyboard 2000

( ) Microsoft natural Elite

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

12. ปัจจัยในการตัดสินในเลือกซื้อแป้นพิมพ์การยศาสตร์ของท่าน แต่ละข้อมีอิทธิพลมากหรือน้อยเพียงใด

ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
(1) ราคา					
(2) รูปทรง ความสวยงาม					
(3) ยี่ห้อชั้นนำและเป็นที่รู้จัก					
(4) การรับประกันหลังการขายจากผู้ผลิต					
(5) บทวิจารณ์ของผู้ใช้งานแล้ว					
(6) น้ำหนักที่ใช้ในการกดแป้นพิมพ์					
(7) การลดความเมื่อยล้า					
(8) คำแนะนำของผู้ขาย					

14. จากข้อ11 **กรุณาอ่านรายละเอียดก่อนตอบคำถาม**

แป้นพิมพ์การยศาสตร์ (Ergonomic keyboard) เป็นแป้นพิมพ์ที่มีการออกแบบโดยคำนึงถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการพิมพ์และช่วยลดปัญหาในเรื่องการบาดเจ็บของข้อมือ โดยส่วนใหญ่แป้นพิมพ์การยศาสตร์ มีราคาสูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานมาก

หมายเหตุ เนื่องจากแป้นพิมพ์การยศาสตร์ และลักษณะท่าทางในการจัดวางมือแตกต่างจากแป้นพิมพ์มาตรฐานส่งผลให้ต้องใช้เวลาทำความคุ้นเคยกับแป้นพิมพ์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการพิมพ์

รูปตัวอย่างแป้นพิมพ์การยศาสตร์

หลังจากที่ได้อ่านข้อมูลเกี่ยวกับแป้นพิมพ์การยศาสตร์เบื้องต้นแล้ว ท่านคาดว่าจะเปลี่ยนไปใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์หรือไม่

( ) เปลี่ยน เพราะ(โปรดระบุ).....

( ) ไม่เปลี่ยน เพราะ(โปรดระบุ).....

(ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถามในครั้งนี้)

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์เชิงสถิติสำหรับการทดสอบปัจจัยนิ้วมือที่ใช้ในการพิมพ์และแถวบนแป้นพิมพ์เพื่อกำหนดระดับความยาก

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยสำหรับปัจจัยนิ้วที่ใช้ในการพิมพ์เพื่อกำหนดระดับความยาก

1.การทดสอบความแปรปรวน

กำหนดให้ 1= นิ้วชี้, 2= กลาง, 3=นาง,4=ก้อย

H_0: ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละชุด***ไม่***แตกต่างกัน

H_1: มีอย่างน้อย 2 ชุดที่ข้อมูลในแตกต่างกัน

Test of Homogeneity of Variances

time

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.011	3	416	.001

ANOVA

Time

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.885	3	7.295	13.760	.000
Within Groups	220.550	416	.530		
Total	242.435	419			

Robust Tests of Equality of Means

time

	Statistic[a]	df1	df2	Sig.
Welch	8.732	3	219.441	.000

a. Asymptotically F distributed.

จากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดต่างกัน ดังนั้นสถิติของ One-way ANOVA ที่ต้องพิจารณาคือ Welch ซึ่งพบว่าน้อยกว่า0.05 แสดงว่า มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ **ค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละนิ้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ**

การเปรียบเทียบพหุคูณของนิ้วมือแต่ละนิ้วที่ใช้ในการพิมพ์อักขระบนแป้นพิมพ์

H_0: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาแตกต่างกัน

Multiple Comparisons

time

Tamhane

(I) finger	(J) finger	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	.04607	.08302	.994	-.1745	.2666
	3.00	-.05765	.08273	.982	-.2775	.1622
	4.00	-.54935*	.11504	.000	-.8567	-.2421
2.00	1.00	-.04607	.08302	.994	-.2666	.1745
	3.00	-.10373	.09320	.845	-.3512	.1438
	4.00	-.59543*	.12278	.000	-.9226	-.2683
3.00	1.00	.05765	.08273	.982	-.1622	.2775
	2.00	.10373	.09320	.845	-.1438	.3512
	4.00	-.49170*	.12258	.001	-.8184	-.1650
4.00	1.00	.54935*	.11504	.000	.2421	.8567
	2.00	.59543*	.12278	.000	.2683	.9226
	3.00	.49170*	.12258	.001	.1650	.8184

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยพบว่าที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่

1. นิ้วชี้ กับ นิ้วก้อย
2. นิ้วกลาง กับ นิ้วก้อย
3. นิ้วนาง กับ นิ้วก้อย

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยสำหรับปัจจัยแถวที่ใช้ในการพิมพ์เพื่อกำหนดระดับความยาก

กำหนดให้

row1= แถวบนสุด

row 2= แถวที่สองจากด้านบน

row 3 = แป้นเหย้า

row 4= แถวล่างสุด

H_0: ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละชุด***ไม่***แตกต่างกัน

H_1: มีอย่างน้อย 2 ชุดที่ข้อมูลในแต่ละชุดแตกต่างกัน

Test of Homogeneity of Variances

time

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14.710	3	321	.000

ANOVA

time

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.378	3	3.126	8.524	.000
Within Groups	117.722	321	.367		
Total	127.099	324			

Robust Tests of Equality of Means

time

	Statistic[a]	df1	df2	Sig.
Welch	10.751	3	175.691	.000

a. Asymptotically F distributed.

จากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดต่างกัน ดังนั้นสถิติของ One-way ANOVA ที่ต้องพิจารณาคือ Welch ซึ่งพบว่า

น้อยกว่า0.05 แสดงว่า มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ **ค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละแถวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ**

การเปรียบเทียบพหุคูณของนิ้วมือแต่ละนิ้วที่ใช้ในการพิมพ์อักขระบนแป้นพิมพ์

H_0: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาแตกต่างกัน

Multiple Comparisons

time

Tamhane

					95% Confidence Interval	
(I) row	(J) row	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.04655	.11374	.999	-.3504	.2573
	3.00	.34585*	.07063	.000	.1576	.5341
	4.00	.27901*	.07545	.002	.0780	.4800
2.00	1.00	.04655	.11374	.999	-.2573	.3504
	3.00	.39240*	.10835	.003	.1023	.6825
	4.00	.32555*	.11155	.025	.0273	.6238
3.00	1.00	-.34585*	.07063	.000	-.5341	-.1576
	2.00	-.39240*	.10835	.003	-.6825	-.1023
	4.00	-.06685	.06705	.901	-.2456	.1119
4.00	1.00	-.27901*	.07545	.002	-.4800	-.0780
	2.00	-.32555*	.11155	.025	-.6238	-.0273
	3.00	.06685	.06705	.901	-.1119	.2456

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยพบว่าที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่

1. row1 กับ row3
2. row1 กับ row4
3. row2 กับ row3
4. row2 กับ row4

ภาคผนวก ค
ชุดอักขระที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ ค.1 รูปแบบอักขระที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยนิ้วและแถว

ปัจจัยแถว

แถวที่	รูปแบบอักขระ
1 (บนสุด)	2967405=1-83
2	w]p\[qeouiryt
3 (แป้นเหย้า)	gd;f'sajkhl
4	n.zbv/x,mc

ปัจจัยนิ้วมือ

นิ้ว	รูปแบบอักขระ
ชี้	tnv7h5ygu4jb6mfr
กลาง	c3edk8,icki8,3ed
นาง	xls9.2ow9wls2.ox
ก้อย	;/0p'-1z]\aq[

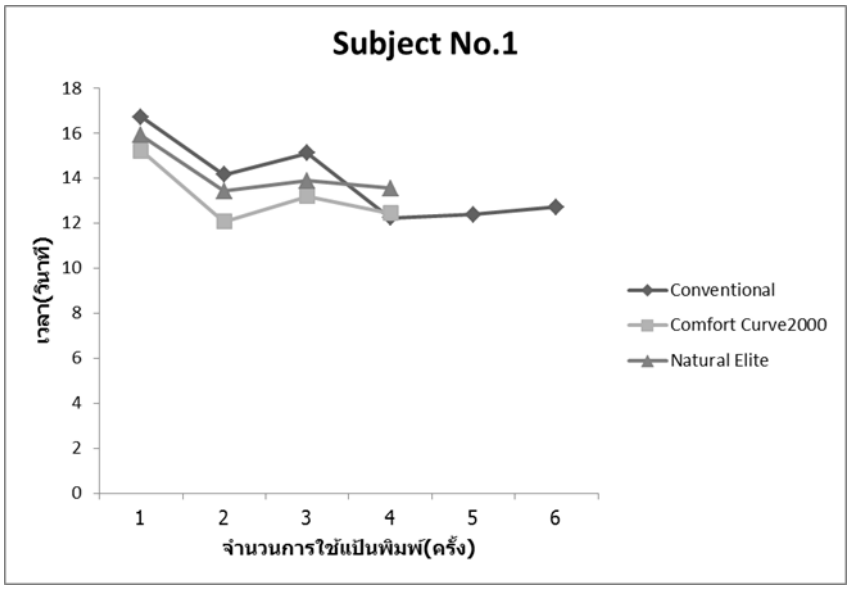
ค.1 การกำหนดรูปแบบอักขระในการทดสอบระยะเวลาในการทำความคุ้นเคย

gd;f'sajkhln.zbv/x,mcw]p\[qeouiryt

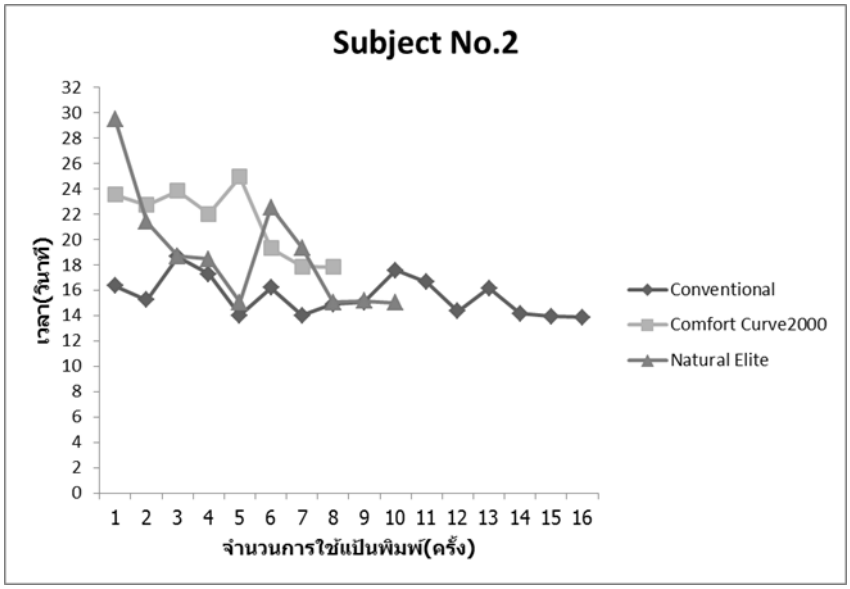
ตารางที่ ค.2 รูปแบบอักขระที่ใช้ในการทดสอบค่าสมรรถนะ

สถานการณ์	รูปแบบอักขระ
1	4367985239742685
2	owuyterieuwtyior
3	bgvmnsfdcx.kj,hl
4	10-=-10=0=-1-=01
5	]\q[pp\q[][pq\]p
6	;za/'/z;a'a;/za'

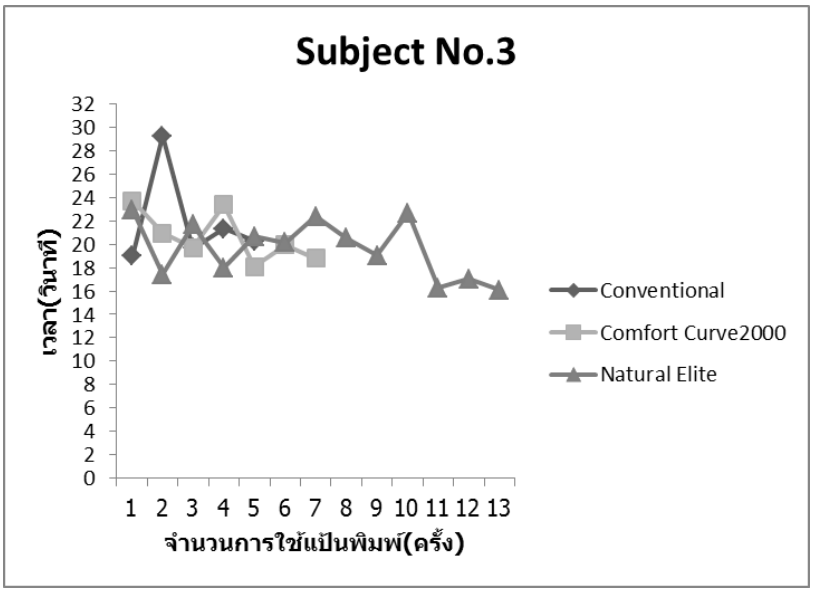
ภาคผนวก ง
ข้อมูลการทดลอง



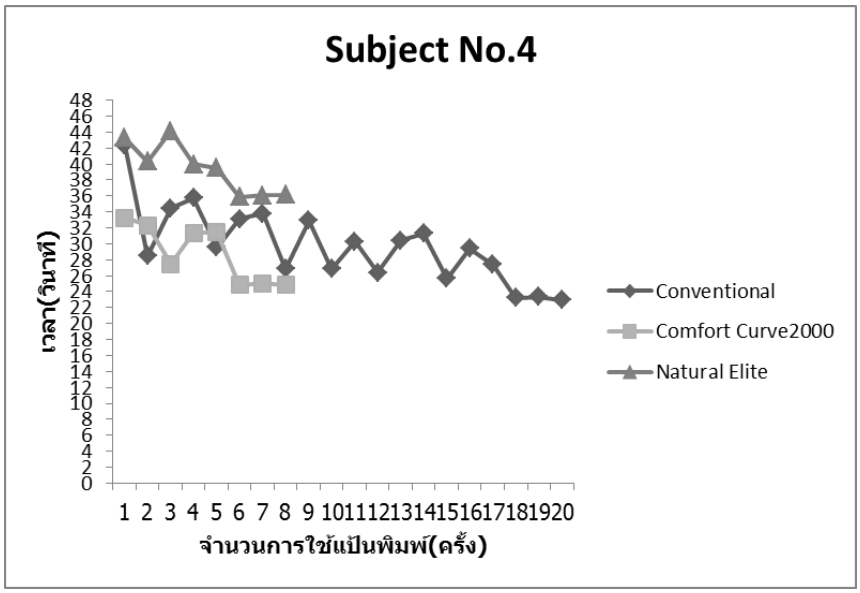
รูปที่ ง.1 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 1



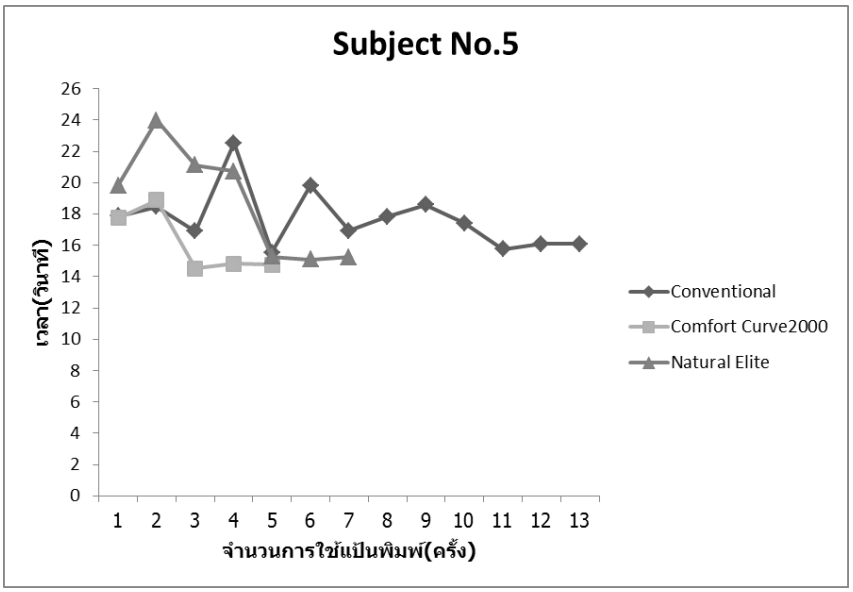
รูปที่ ง.2 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 2



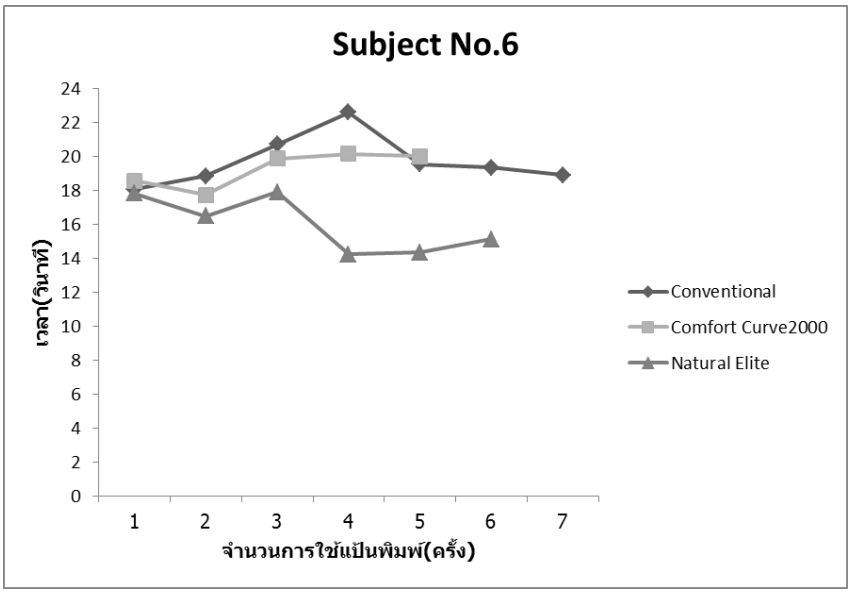
รูปที่ ง.3 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 3



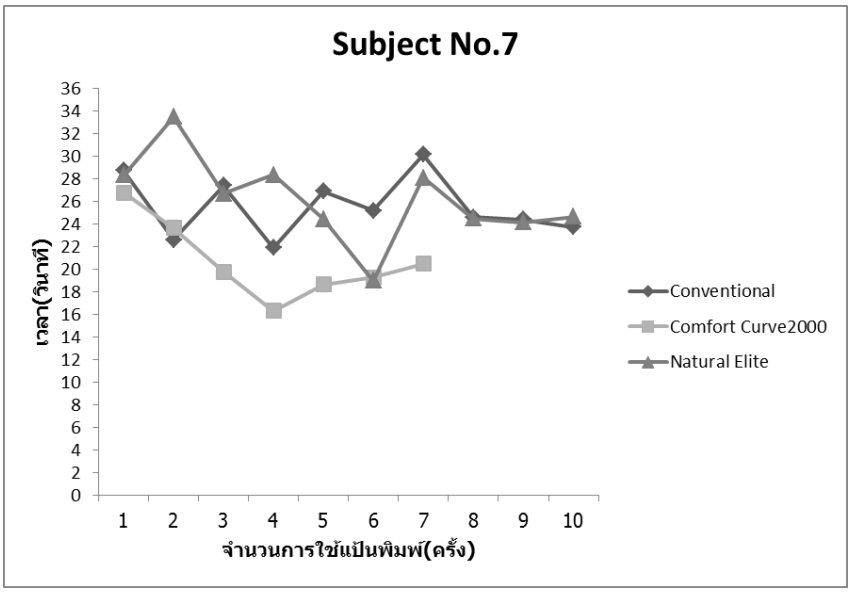
รูปที่ ง.4 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 4



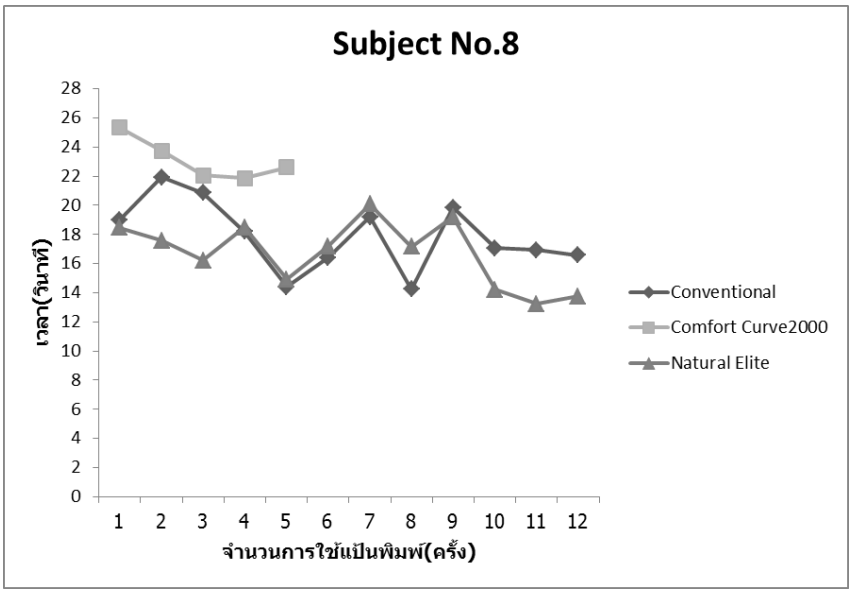
รูปที่ ง.5 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 5



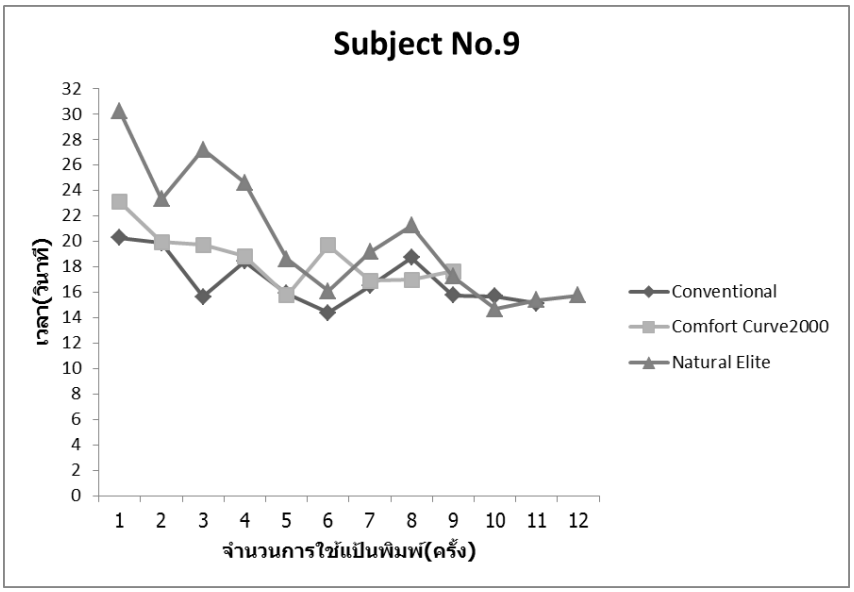
รูปที่ ง.6 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 6



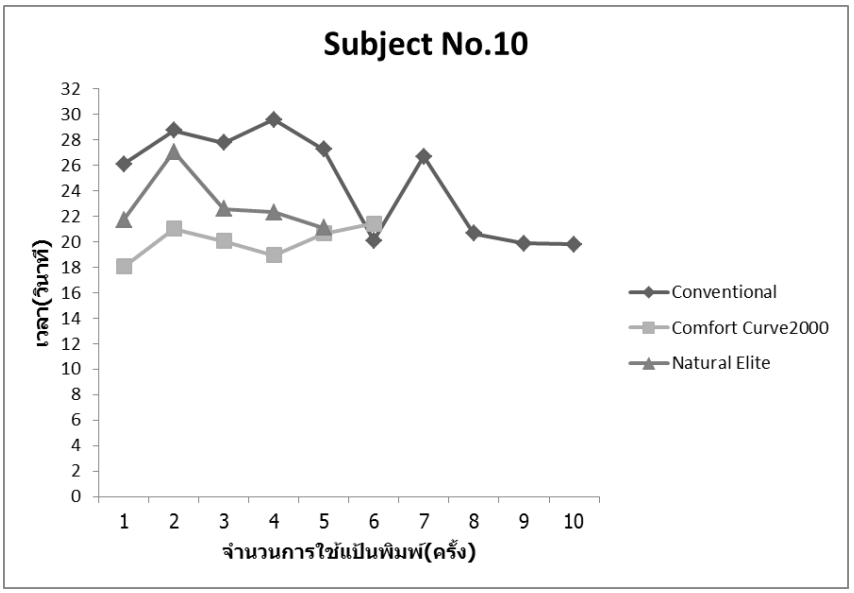
รูปที่ ง.7 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 7



รูปที่ ง.8 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 8



รูปที่ ง.9 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 9



รูปที่ ง.10 จำนวนครั้งการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบจนเข้าสู่สภาวะสมดุลผู้เข้าทดสอบคนที่ 10

ตารางที่ ง.1 การทดสอบการเข้าสู่สภาวะสมดุลของแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบ (paired sample t-t test)

ผู้เข้าทดสอบ	Conventional		Comfort curve		Natural elite	
	p-value	ครั้งที่เปรียบเทียบ	p-value	ครั้งที่เปรียบเทียบ	p-value	ครั้งที่เปรียบเทียบ
1	0.947	4 - 5	0.682	2 - 3	0.859	2 - 3
2	0.967	14 - 15	0.995	7 - 8	0.951	8 - 9
3	0.756	3 - 4	0.553	5 - 11	0.671	11 - 12
4	0.974	18 - 19	0.972	6 - 7	0.959	6 - 7
5	0.805	11 - 12	0.928	3 - 4	0.962	5 - 6
6	0.969	5 - 6	0.944	3 - 4	0.964	4 - 5
7	0.956	8 - 9	0.888	5 - 6	0.957	8 - 9
8	0.955	10 - 11	0.964	3 - 4	0.672	10 - 11
9	0.97	9 - 10	0.983	7 - 8	0.705	10 - 11
10	0.817	8 - 9	0.709	4 - 5	0.687	3 - 4

ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์จนเข้าสู่สภาวะสมดุล

กำหนดให้

1= แป้นพิมพ์มาตรฐาน

2= Comfort curve2000

3 = Natural Elite

H_0: ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละชุด***ไม่***แตกต่างกัน

H_1: มีอย่างน้อย 2 ชุดที่ข้อมูลในแต่ละชุดแตกต่างกัน

Test of Homogeneity of Variances

trial

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.554	2	27	.096

ANOVA

trial

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	101.267	2	50.633	4.430	.022
Within Groups	308.600	27	11.430		
Total	409.867	29			

จากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value> 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสถิติของ One-way ANOVA ที่ต้องพิจารณาคือ Welch ซึ่งพบว่า น้อยกว่า0.05 แสดงว่า มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ **ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งการใช้ในแต่ละแป้นพิมพ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ**

การเปรียบเทียบพหุคูณของแป้นพิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ใช้ในการทดลอง

H_0: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าเฉลี่ยเวลาของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่กำลังพิจารณาแตกต่างกัน

Multiple Comparisons

trial

LSD

(I) Keyboard	(J) Keyboard	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	4.50000*	1.51193	.006	1.3978	7.6022
	3.00	2.30000	1.51193	.140	-.8022	5.4022
2.00	1.00	-4.50000*	1.51193	.006	-7.6022	-1.3978
	3.00	-2.20000	1.51193	.157	-5.3022	.9022
3.00	1.00	-2.30000	1.51193	.140	-5.4022	.8022
	2.00	2.20000	1.51193	.157	-.9022	5.3022

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยพบว่า**ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ** 0.05 **คือ แป้นพิมพ์มาตรฐาน กับ** Comfort curve2000

ตารางที่ ง.3 ลำดับเวลาเฉลี่ยของรูปแบบนิ้วและแถวแต่ละรูปแบบของผู้เข้าทดสอบทั้ง 10 คน

รูปแบบ	นิ้ว/แถว	เวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละอักขระแป้นพิมพ์มาตรฐาน (วินาที)										เวลาเฉลี่ย (วินาที)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	
1	กลาง/1	0.445	0.734	0.758	0.694	1.034	0.988	0.911	0.609	0.594	0.891	0.766
2	กลาง/2	0.391	0.288	0.333	0.326	0.209	0.279	0.219	0.360	0.535	0.380	0.332
3	กลาง/3	0.463	0.425	0.463	0.358	0.323	0.373	0.405	0.545	0.443	0.453	0.425
4	กลาง/4	0.560	0.688	0.635	0.480	0.295	0.535	0.588	0.558	0.548	0.475	0.536
5	ก้อย/1	0.761	0.853	0.920	0.932	0.864	0.726	1.044	0.711	1.335	0.915	0.906
6	ก้อย/2	0.771	0.989	1.223	1.023	1.135	0.908	1.043	0.936	1.098	1.154	1.028
7	ก้อย/3	0.713	0.594	0.699	0.488	0.815	0.524	0.646	0.406	0.761	0.662	0.631
8	ก้อย/4	0.632	0.724	0.715	1.061	1.042	0.805	1.241	0.468	0.898	0.938	0.852
9	ชี้/1	0.626	1.173	1.208	0.978	0.929	0.754	0.994	0.809	1.223	0.953	0.965
10	ชี้/2	0.444	0.419	0.470	0.581	0.379	0.635	0.301	0.510	0.511	0.474	0.473
11	ชี้/3	0.564	0.471	0.763	0.433	0.579	0.513	0.364	0.383	0.546	0.480	0.509
12	ชี้/4	0.341	0.379	0.344	0.348	0.391	0.465	0.244	0.414	0.333	0.379	0.364
13	นาง/1	0.751	0.708	1.560	0.873	1.193	1.158	1.184	1.013	1.200	1.304	1.094
14	นาง/2	0.398	0.394	0.379	0.246	0.220	0.205	0.293	0.261	0.279	0.205	0.288
15	นาง/3	0.328	0.288	0.268	0.353	0.383	0.288	0.253	0.268	0.438	0.283	0.315
16	นาง/4	0.815	0.443	0.420	0.483	0.478	0.525	0.315	0.678	0.408	0.548	0.511

ตารางที่ ง.4 การจัดแบ่งกลุ่มระดับความยาก

นิ้ว/แถว	16 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	8 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	7 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	6 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	5 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	4 กลุ่ม	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
นาง/2	1	0.288										
นาง/3	2	0.315	1	0.301								
กลาง/2	3	0.332										
ชี้/4	4	0.364	2	0.348	1	0.324	1	0.324	1	0.324	1	0.324
กลาง/3	5	0.425										
ชี้/2	6	0.473	3	0.449								
ชี้/3	7	0.509			2	0.469	2	0.469	2	0.469		
นาง/4	8	0.511	4	0.510								
กลาง/4	9	0.536			3	0.524	3	0.524	3	0.524	2	0.491
ก้อย/3	10	0.631	5	0.583	4	0.631						
กลาง/1	11	0.766			5	0.766	4	0.698				
ก้อย/4	12	0.852	6	0.809							3	0.750
ก้อย/1	13	0.906			6	0.879	5	0.879	4	0.789		
ชี้/1	14	0.965	7	0.935								
ก้อย/2	15	1.028										
นาง/1	16	1.094	8	1.061	7	1.029	6	1.029	5	1.029	4	0.998
R^2	$R^2 = 0.9593$		$R^2 = 0.96$		$R^2 = 0.99$		$R^2 = 0.98$		$R^2 = 0.95$		$R^2 = 0.99$	

ตารางที่ ง.5 เวลาเฉลี่ย (วินาที) ในการพิมพ์แต่ละอักขระของแต่ละกลุ่มความยากที่ใช้ในการพิมพ์อักขระในแป้นพิมพ์มาตรฐาน

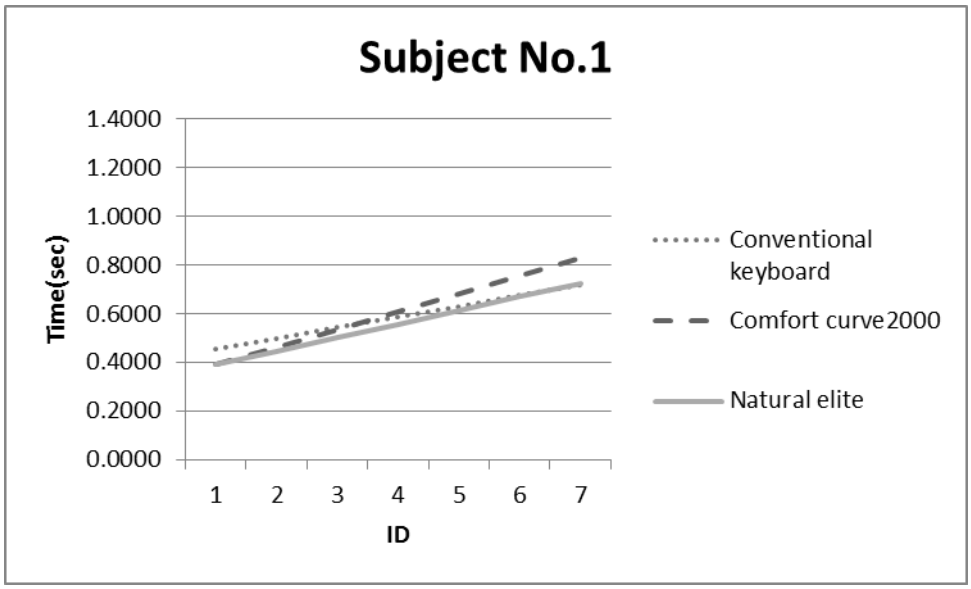
ผู้เข้าร่วมทดสอบคนที่	กลุ่มระดับความยาก (ID)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.364	0.490	0.688	0.713	0.445	0.696	0.716
2	0.337	0.438	0.565	0.594	0.734	0.789	0.956
3	0.331	0.565	0.528	0.699	0.758	0.818	1.330
4	0.318	0.457	0.481	0.488	0.694	0.996	0.958
5	0.301	0.427	0.386	0.815	1.034	0.953	1.086
6	0.309	0.507	0.530	0.524	0.988	0.765	0.940
7	0.252	0.357	0.451	0.646	0.911	1.142	1.073
8	0.326	0.479	0.618	0.406	0.609	0.590	0.919
9	0.396	0.500	0.478	0.761	0.594	1.117	1.174
10	0.312	0.469	0.511	0.662	0.891	0.927	1.137

ตารางที่ ง.6 เวลาเฉลี่ย (วินาที) ในการพิมพ์แต่ละอักขระของแต่ละกลุ่มความยากที่ใช้ในการพิมพ์อักขระในแป้นพิมพ์การยศาสตร์ Microsoft Comfort Curve2000

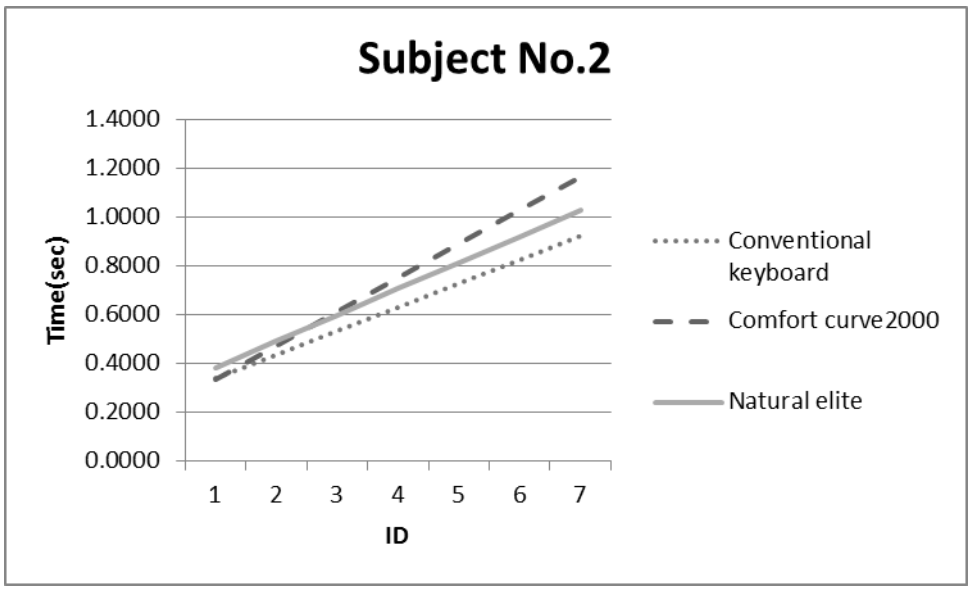
ผู้เข้าร่วมทดสอบคนที่	กลุ่มระดับความยาก (ID)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.419	0.496	0.505	0.507	0.760	0.702	0.875
2	0.372	0.535	0.556	0.685	0.770	1.178	1.167
3	0.332	0.546	0.454	0.792	0.913	0.939	1.291
4	0.312	0.406	0.473	0.560	0.560	0.924	0.975
5	0.333	0.516	0.504	0.892	0.481	1.235	1.111
6	0.717	0.525	0.473	0.533	0.570	0.807	0.944
7	0.224	0.309	0.438	0.732	0.720	0.886	1.002
8	0.350	0.436	0.640	0.447	0.665	0.709	0.950
9	0.363	0.532	0.739	0.518	1.028	1.018	0.988
10	0.358	0.501	0.608	0.598	1.201	0.950	1.289

ตารางที่ ง.7 เวลาเฉลี่ย (วินาที) ในการพิมพ์แต่ละอักขระของแต่ละกลุ่มความยากที่ใช้ในการพิมพ์อักขระในแป้นพิมพ์มาตรฐาน Microsoft Natural Elite

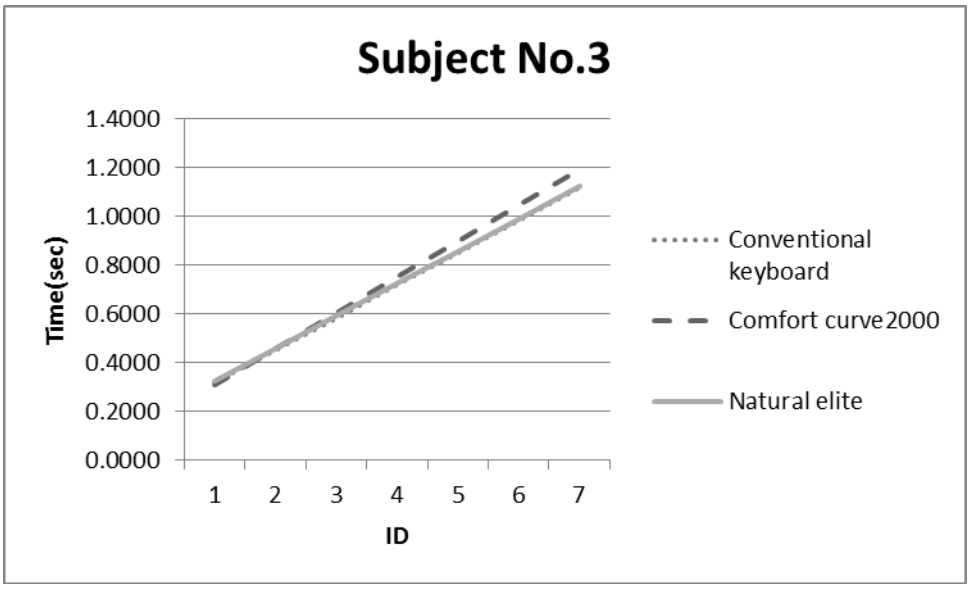
ผู้เข้าร่วมทดสอบคนที่	กลุ่มระดับความยาก (ID)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.337	0.536	0.534	0.524	0.580	0.601	0.797
2	0.428	0.546	0.626	0.641	0.573	0.941	1.188
3	0.399	0.563	0.361	0.713	0.774	1.144	1.115
4	0.426	0.439	0.399	0.426	0.626	0.788	0.933
5	0.318	0.526	0.278	0.694	0.863	1.035	1.007
6	0.573	0.626	0.585	0.607	0.895	0.893	0.974
7	0.265	0.388	0.366	0.779	0.744	1.265	0.966
8	0.282	0.448	0.753	0.392	0.510	0.567	0.853
9	0.473	0.584	0.689	1.212	0.869	1.002	1.196
10	0.351	0.634	0.631	0.564	0.529	0.920	1.134



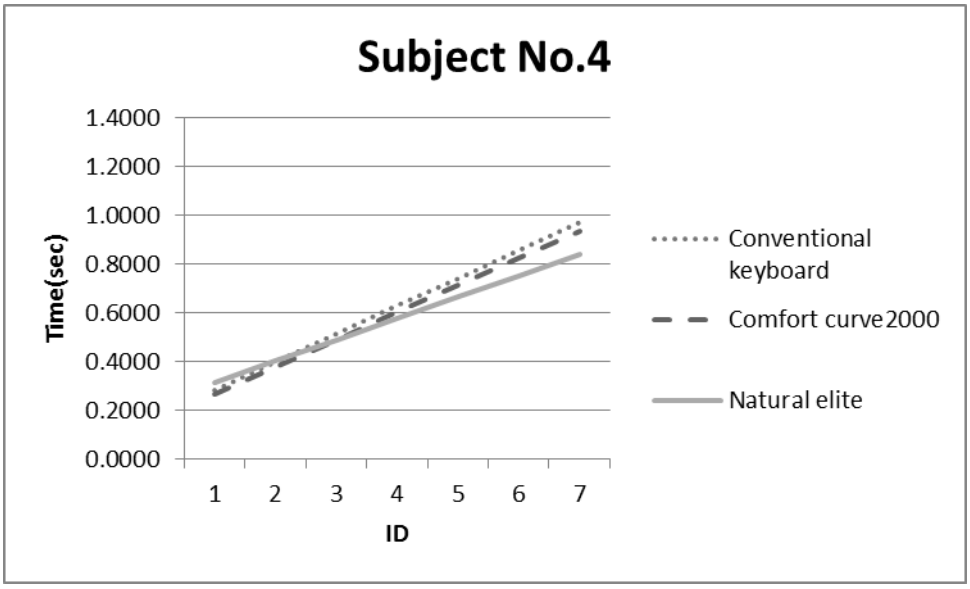
รูปที่ ง.11 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 1



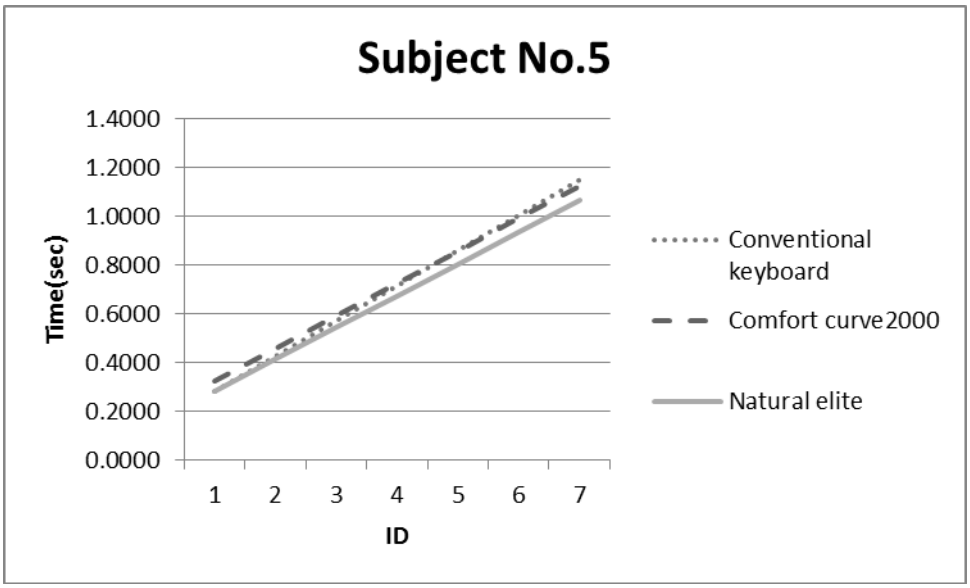
รูปที่ ง.12 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 2



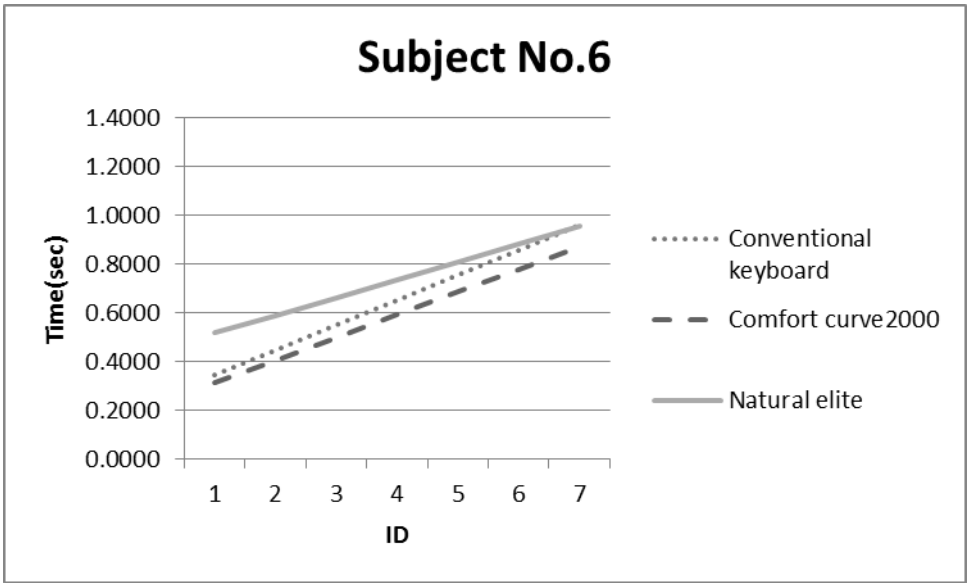
รูปที่ ง.13 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 3



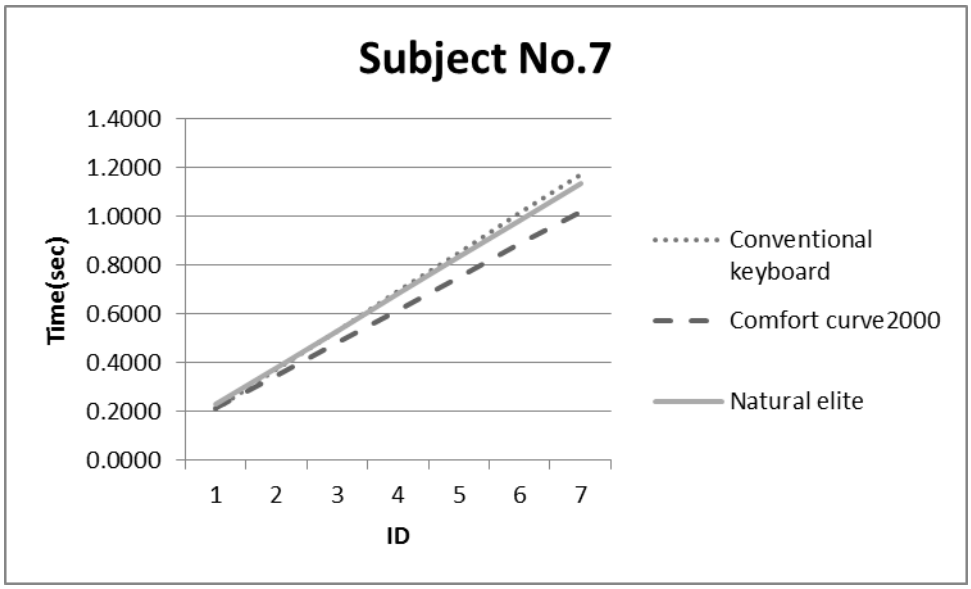
รูปที่ ง.14 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 4



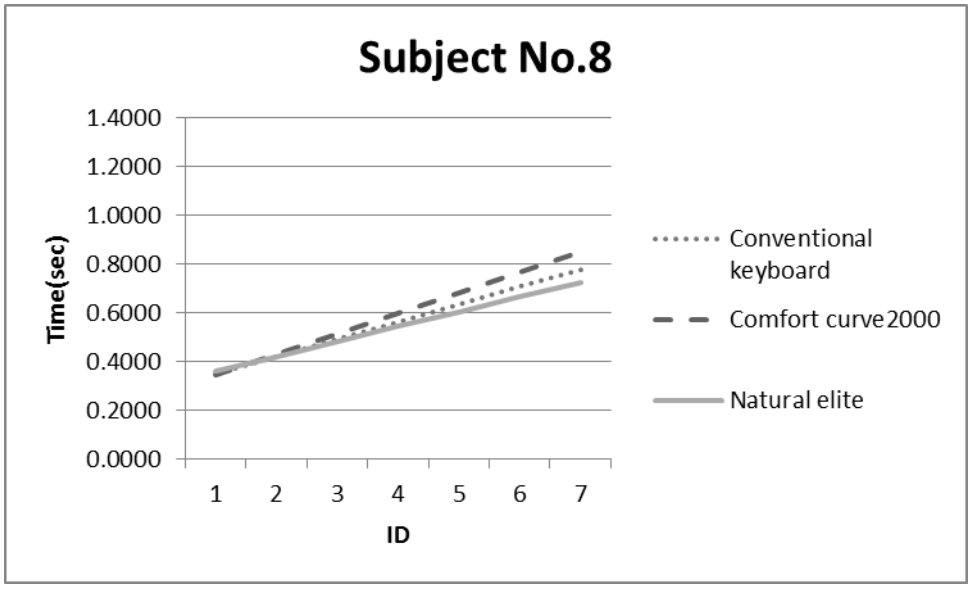
รูปที่ ง.15 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 5



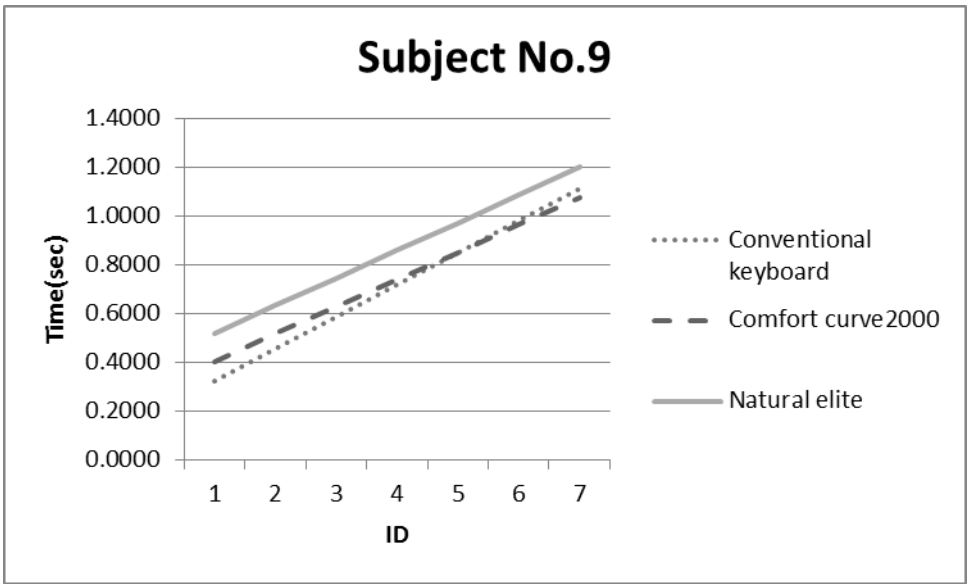
รูปที่ ง.16 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 6



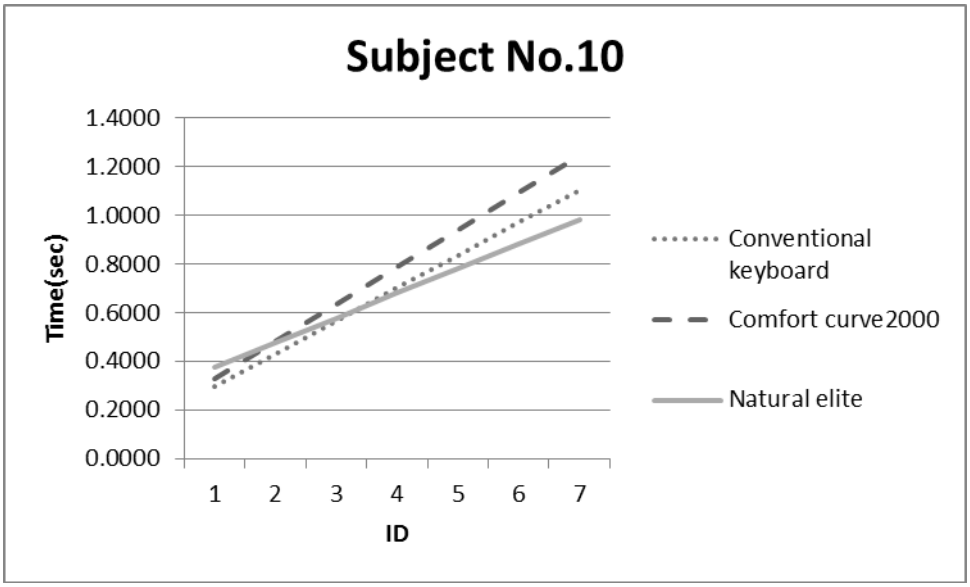
รูปที่ ง.17 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 7



รูปที่ ง.18 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 8



รูปที่ ง.19 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 9



รูปที่ ง.20 กราฟความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละอักขระกับระดับความยากของผู้เข้าทดสอบคนที่ 10

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์แต่ละแบบ

กำหนดให้

1= แป้นพิมพ์มาตรฐาน

2= Comfort curve2000

3 = Natural Elite

H_0: ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละชุด***ไม่***แตกต่างกัน

H_1: มีอย่างน้อย 2 ชุดที่ข้อมูลในแต่ละชุดแตกต่างกัน

Test of Homogeneity of Variances

IP

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.013	2	27	.988

ANOVA

IP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.230	2	2.615	.130	.878
Within Groups	541.708	27	20.063		
Total	546.938	29			

จากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value> 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสถิติของ One-way ANOVA ที่ต้องพิจารณาคือ Welch ซึ่งพบว่ามากกว่า0.05 แสดงว่า ไม่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ **ไม่มีค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งการใช้ในแต่ละแป้นพิมพ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ**

ตารางที่ ง.9 ผลค่าสมรรถนะแป้นพิมพ์กับขนาดมือผู้เข้าทดสอบ

ลำดับผู้ทดสอบ	ขนาดมือ				IP		
	มือซ้าย		มือขวา				
	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	Conventional	Comfort curve	Natural Elite
1	7.3	16	7.3	16	22.83	13.76	17.99
2	8	15.5	8	15.5	10.27	7.21	9.29
3	8.1	18.7	8.1	18.7	7.50	6.79	7.52
4	7.5	17.5	7.5	17.5	8.72	8.99	11.44
5	7.5	18	7.5	18	6.91	7.47	7.63
6	7.5	17	7.5	17	9.77	20.83	13.68
7	7.5	18.5	7.5	18.5	6.23	7.42	6.61
8	8	16.3	8	16.9	14.04	11.82	16.37
9	7.5	18	7.5	18.5	7.60	8.92	8.80
10	7.5	17.5	7.5	17.5	7.42	6.53	9.94

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงศ์ภัทร อุไรวงค์ เกิดเมื่อวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ.2523 ที่ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาปิโตรเคมี และวัสดุฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ศิลปากร ในปี พ.ศ.2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551