ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเมาส์และสมรรถนะการใช้งานของผู้ใช้

นางสาวภัทรพร เกียรติธรรม

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.

RELATIONSHIP BETWEEN MOUSE PHYSICAL CHARACTERISTICS

AND USER PERFORMANCE

Miss Pattharaporn Kiartidhama

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	ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเมาส์และสมรรถนะการใช้งานของผู้ใช้
โดย	นางสาวภัทรพร เกียรติธรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……………………………………………ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

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

……………………………………………กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน)

……………………………………………กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกล ธีระวรัญญู)

ภัทรพร เกียรติธรรม : ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเมาส์และสมรรถนะการใช้งานของผู้ใช้ . (RELATIONSHIP BETWEEN MOUSE PHYSICAL CHARACTERISTICS AND USER PERFORMANCE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หลัก: อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 135 หน้า.

เมาส์เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อชี้ตำแหน่งในการเลือกรายการใช้งานต่างๆ บนมอร์นิเตอร์ การใช้งานเมาส์เป็นเวลานานสามารถเกิดความเสี่ยงต่อความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกบริเวณข้อมือได้ จึงมีการพัฒนาเมาส์การยศาสตร์ (Ergonomic mouse) ซึ่งได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึ งหลักสรีรศาสตร์เป็นสำคัญ ด้วยเหตุนี้เมาส์การยศาสตร์จึงมีน้ำหนัก ขนาดและลักษณะการวางมือที่แตกต่างจากเมาส์ทั่วไป อย่างไรก็ตามเมาส์การยศาสตร์ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากราคาที่ค่อนข้างสูงกว่าเมาส์ทั่วไปและจากลักษณะพิเศษของเมาส์การยศาสตร์ดังกล่าวทำให้ผู้ ใช้ไม่เคยชินกับการใช้งาน จึงส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงาน ทำให้เกิดความคิดเห็นว่าการเลือกใช้เมาส์การยศาสตร์นั้นไม่คุ้มค่า

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเมาส์ปกติที่ใช้ในสำนักงานกับเมาส์ การยศาสตร์ใน 3 ลักษณะคือ น้ำหนัก ข นาด และองศาการวางมือ การทดสอบได้ประยุกต์ใช้แนวคิดในการทดลองของ Fitts'law และมาตรฐาน ISO 9241-9 เป็นแนวทางในการศึกษา โดยกำหนดลักษณะการทำงาน คือ การชี้ตำแหน่ง (pointing task) ใน 2 ทิศทาง ได้แก่ ทิศทางตามแนวแกนนอน (horizontal) หรือซ้าย-ขวา และแกนตั้ง (vertical) หรือบน-ล่าง โดยแบ่งระดับความยากของงานเป็น 3 ระดับ ขณะทดสอบได้กำหนดเป้าหมายของงานคือ ทำงานให้เร็วที่สุดโดยไม่ให้เกิดความผิดพลาดและชี้ตำแหน่งให้อยู่ภายในขอบเขตที่กำหนด

ผลการวิจัยพบว่าการใช้เมาส์การยศาสตร์ทั้ง 3 ลักษณะ คือ น้ำหนัก ขนาด และ องศาการวางมือในระหว่างการทดลองคงที่ ผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานเทียบเท่ากันการใช้งานของเมาส์ทั่วไป โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในแนวการทดสอบแกนนอนและแกนตั้ง และไม่พบความผิดพลาดของการใช้เมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไปที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการเปรียบเทียบรูปแบบดัชนีงานของฟิตส์ (Fitts) วอลฟอร์ด (Welford) และแชลนอล (Shannon) กับเวลาในการเคลื่อนที่ พบว่า แบบดัชนีงานของฟิตส์ให้ค่าจุดตัดแกนดิ่งใกล้เคียงจุดกำเนิดมากที่สุด และแบบดัชนีงานของแชลนอลให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีการทำงานมากที่สุด

ภาควิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต..
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก......…………
ปีการศึกษา 2555

5270791821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : ERGONOMIC MOUSE / FITTS'LAW / ISO 9241 PART 9 / SPEED AND ACCURACY / POINTING TASK

PATTHARAPORN KIARTIDHAMA : RELATIONSHIP BETWEEN MOUSE PHISICAL CHAREACTERISTIC AND USER PERFORMANCE. ADVISOR : PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., 135 pp.

The computer mouse becomes the standard pointing device. Using a mouse for a long time can cause the musculoskeletal disorder of the wrist. This is the cause of mouse development called the ergonomic mouse, with the special design aiming to reduce the abnormal wrist posture. However, the ergonomic mouse has not been widespread used, because of its price that is higher than the common mouse and its unfamiliar feature that can affect the work performance. Therefore such ergonomic mouse was considered a worthless device.

This research compared the work performance of a common mouse with an ergonomic mouse in three features including weight, size and degrees of hands. The experiment was based on the concept of Fitts'law and ISO 9241 part 9. The pointing task was set with two directions: the horizontal axis and the vertical axis. The task difficulty has 3 levels. While conducting the experiment, the task objectives had been set, including the movement of the mousse had to be as fast as possible without error and the pointing tasks had to be within the target area.

The results showed that the work performance of the ergonomic mouse with size, weight and hand-degree during the experiment was stable. The competence of the ergonomic mouse was equivalent to the common mouse in both directions and there were no error of using both types of mousse without significant difference. The comparisions of Fitts Welford and Shannon's index model with movement time were found : Fitts' index model provided the vertical intercept which was nearest the origin while Shannon's index model provided the greatest relative correlation with the movement time and the index of difficulty.

Department : Industrial Engineering	Student's Signature ....
Field of Study : Industrial Engineering	Advisor's Signature ....
Academic Year : 2012	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยให้คำแนะนำและการให้ความช่วยเหลือจาก ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งการให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้นจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบไปด้วย ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒนและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร . สกล ธีระวรัญญู ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมทดสอบทุกท่านที่เสียสละเวลาให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีจนกระทั้งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.. ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ
กิตติกรรมประกาศ.. ฉ
สารบัญ.. ช

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.. 2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.. 9
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.. 9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 9

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 เมาส์.. 10
2.1.1 กำเนิดของเมาส์.. 10
2.1.2 การทำงานของเมาส์.. 11
2.1.3 กลไกภายในของเมาส์.. 12
2.1.4 ประเภทของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง.. 14
2.1.5 การใช้เมาส์อย่างถูกวิธี.. 14
2.2 เมาส์การยศาสตร์.. 15
2.3 การประเมินผลตามหลักสรีรศาสตร์.. 19
2.3.1 ความล้าจากการทำงาน.. 20
2.3.2 ความล้าจากการใช้เมาส์ปกติกับการใช้เมาส์การยศาสตร์................................ 21
2.3.3 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างเนื่องจากการทำงาน........... 23
2.4 ลักษณะการทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์.. 25
2.4.1 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ (VDT workstation).. 25
2.4.2 การจัดสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในสำนักงาน....................................... 26
2.5 แนวคิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งาน.................................... 27

หน้า

2.6 การใช้แนวคิดของ Fitts'lawเพื่อประเมินสมรรถนะการทำงาน.. 28
2.7 มาตรฐานองค์กรระหว่างประเทศ 9241 ส่วนที่ 9.. 33
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 34

บทที่ 3 วิธีการดำเนินศึกษาการวิจัย
3.1 ผู้เข้าทดสอบ.. 37
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.. 38
3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล.. 42

บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 การวิเคราะห์ผลการฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมตามแนวคิดของ Fitts' law
ของผู้ทดสอบ.. 48
4.2 การวิเคราะห์เส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning Curve) และสมรรถนะการทำงาน
(Performance).. 54
การศึกษาสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้ของน้ำหนักเมาส์................ 56
การศึกษาสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้ขนาดของเมาส์.............. 62
การศึกษาสมรรถนะการทำงานขององศาการวางมือของเมาส์................................ 69
4.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของรูปแบบดัชนีความยากของงานกับเวลาในการ
เคลื่อนที่.. 75

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ... 82
รายการอ้างอิง.. 88
ภาคผนวก.. 92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 157

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สแกนเนอร์ 3 ลักษณะสำหรับการทดสอบสมรรถนะการทำงาน………………..	6
2.1	ผู้ประดิษฐ์เมาส์คนแรก ดักลัส เอนเกลบาท………………………………....	10
2.2	เมาส์คอมพิวเตอร์ตัวแรกโดยดักลัส………………………………………..	11
2.3	การทำงานล้อหมุนของเมาส์………………………………………………..	11
2.4	ลักษณะการทำงานของเมาส์……………………………………………….	12
2.5	ตัวอย่างลักษณะการทำงานของเมาส์กล(ซ้าย)……………………………....	13
2.5	ตัวอย่างลักษณะการทำงานขอเมาส์แบบใช้แสง(ขวา)……………………....	13
2.6	ตัวอย่างลักษณะการทำงานของเมาส์กลใช้แสง………………………….....	13
2.7	กล้ามเนื้อส่วนต่างๆที่ใช้ควบคุมเมาส์……………………………………....	16
2.8	ลักษณะการวางมือตามหลักสรีรศาสตร์…………………………………....	17
2.9	ลักษณะของมือด้านหน้าที่เป็นธรรมชาติ…………………………………..	17
2.10	ตัวอย่างลักษณะเมาส์การยศาสตร์กับองศาของมือที่เป็นธรรมชาติ…...................	17
2.11	ลักษณะของมือด้านข้างที่เป็นธรรมชาติ…………………………………	18
2.12	ลักษณะของท่อนแขนส่วนปลายที่เป็นธรรมชาติ…………………………..	18
2.13	ตัวอย่างลักษณะของเมาส์การยศาสตร์……………………………………..	19
2.14	กล้ามเนื้อเหยียดบริเวณมือเทียบกับข้อมือและแขนท่อนล่าง (ซ้าย)…………...	22
2.14	ค่า EMG จากการที่กล้ามเนื้อยืด (Extensor) ถูกรบกวน (ขวา)………….........	22
2.15	ลักษณะการจับของมือเมื่อใช้เมาส์ปกติ…………………………………….	22
2.16	ลักษณะมือเมื่อใช้เมาส์ทั่วไปและลักษณะมือเมื่อใช้เมาส์การยศาตร์…………….	23
2.17	มุมของข้อมือถูกยืดออก…………………………………………………	23
2.18	มุมมองลงจากแนวระนาบ 10 – 15 องศาในช่วงของการใช้สายตาที่สบาย………	26
2.19	แบบงานการทดสอบการเคาะบนเป้าหมายของฟิตส์…………………………...	30
2.20	แบบงานการเคลื่อนย้ายแผ่นวงแหวนของฟิตส์…………………………………	30
2.21	แบบการเคลื่อนย้านอุปกรณ์ตัวสลักของฟิตส์…………………………………...	31
3.1	เมาส์ไมโครซอพท์ รุ่น ไมโครซอพท์คอมฟอร์ท 3000…………………………..	38
3.2	เมาส์ยี่ห้อ ไมโครซอพท์ รุ่น คอมแพค 100 (ซ้าย) และคอมฟอร์ท 3000(ขวา).….	39

ภาพที่		หน้า
3.3	เมาส์ MD-TECH…………………………………………….…………………..	39
3.4	เมาส์การยศาสตร์สำหรับมือขวา………………………………………………	40
3.5	โปรแกรมการทดสอบแนวแกนอน………………..…………………………	41
3.6	โปรแกรมการทดสอบแนวแกนตั้ง ……………..…………………………….	41
4.1	เวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ยของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแกนนอน……...……….	50
4.2	เวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ยของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแกนตั้ง……......……….	51
4.3	ร้อยละของอัตราความผิดพลาดจากการฝึกปฏิบัติแนวทดสอบแกนนอน………..	52
4.4	ร้อยละของอัตราความผิดพลาดจากการฝึกปฏิบัติแนวทดสอบแกนตั้ง………....	53
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 1……………	56
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 2……………	57
4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 3…………..	57
4.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 4……………	58
4.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 5……………	58
4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 1……………	59
4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 2……………	59
4.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 3……………	60
4.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 4…………..	60
4.14	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมและ 78 กรัมของผู้ทดสอบคนที่ 5……………	61

ภาพที่		หน้า
4.15	ร้อยละของอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัมและ 135 กรัมในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่จากกาทดสอบในแนวการเคลื่อนที่แนวนอนและแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง……………………………..	62
4.16	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 1…………	63
4.17	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 2…………	63
4.18	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 3…………	64
4.19	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 4…………	64
4.20	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 5…………	65
4.21	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 1…………	65
4.22	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 2…………	66
4.23	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 3…………	66
4.24	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 4…………	67
4.25	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้ง จากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 ซม.และ 7.5 ซม. ของผู้ทดสอบคนที่ 5…………	67
4.26	อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กที่ยาว 7.5 เซนติเมตร (s) และเมาส์ขนาดใหญ่ที่ยาว 10.5 เซนติเมตร (L) ตามแนวการเคลื่อนที่แนวนอนและแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง…………………………………	68
4.27	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 1………………………………………………………………………	69

ภาพที่		หน้า
4.28	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 2……………………………………………………………………	70
4.29	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 3……………………………………………………………………	70
4.30	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 4……………………………………………………………………	71
4.31	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอน จากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 5……………………………………………………………………	71
4.32	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 1…	72
4.33	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 2…	72
4.34	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 3…	73
4.35	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 4…	73
4.36	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศามือการยศาสตร์และเมาส์องศามือทั่วไปของผู้ทดสอบคนที่ 5…	74
4.37	ร้อยละของอัตราความผิดพลาดเฉลี่ย ของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์องศาการวางมือดารยศาสตร์และเมาส์องศาการวางมือทั่วไปตามแนวการเคลื่อนที่แนวนอน และแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง…………………………………………	75
4.38	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของฟิตส์…………	78
4.39	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของวอลฟอร์ด……	78
4.40	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของแชลนอล……..	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ราคาเมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไปจากการสำรวจในเวปไซด์..................	3
1.2	เปอร์เซนต์ความคิดเห็นของผู้ใช้เมาส์การยศาสตร์..................................	4
1.3	เปอร์เซนต์ความคิดเห็นของผู้ใช้คนไทยที่ใช้เมาส์ทั่วไปหากใช้เมาส์การยศาสตร์	5
2.1	ท่าทางการทำงานโดยการหมุนข้อต่อส่วนบนของร่างกายในมุมที่ทำให้เกิดความล้า...	20
2.2	ข้อแนะนำระดับแสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงานและบริเวณโดยรอบถัดไป............	27
3.1	เงื่อนไขของดัชนีความยากของงานในแต่ละเหตุการณ์ (ID)........................	44
4.1	ข้อมูลพื้นฐานของผู้ทดสอบ..	47
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และค่าจุดตัดแนวดิ่งของการถดถอยเชิงเส้น ในแนวการทดสอบแกนนอนและแกนตั้ง..	73
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และจุดตัดแกนของการถดถอยเชิงเส้นจากการใช้ดัชนีงาน 3 รูปแบบ โดยใช้ผลการทดลองของฟิตส์	80

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการทำงานในสำนักงานต่างๆซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานอาจก่อให้เกิดโรคในสำนักงาน (Office Syndrome) ซึ่งเป็นกลุ่มอาการที่พบบ่อยในคนทำงานสำนักงานที่ถูกออกแบบมาอย่างไม่เหมาะสม เช่น การนั่งทำงานตลอดเวลาโดยไม่มีการเปลี่ยนอิริยาบถและปัญหาการใช้อุปกรณ์ และสถานีงานที่ไม่เป็นไปตามหลักการยศาสตร์เช่น เมาส์หรือแป้นพิมพ์ที่ต้องงอข้อมือ โต๊ะทำงานที่ไม่สะดวกต่อการหยิบสิ่งของ เก้าอี้ที่นั่งแล้วกระดูกสันหลังผิดรูป เป็นต้น (วลีพร จิตรพงษ์, 2551) อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและ กระดูกโครงร่างที่เกิดบริเวณรยางค์ส่วนบน (Upper Extremity Work-related Musculoskeletal Disorders, Upper Extremity-WMSDs) ซึ่งมักเกิดขึ้นที่บริเวณมือและข้อมือ รวมทั้ง ไหล่และข้อศอก โดยหนึ่งในกลุ่มโรคนี้ คือ โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome; CTS) ที่พบได้บ่อยกับผู้ใช้ที่ข้อมือในการทำงานลักษณะซ้ำๆ ในท่าที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน [2] (สำนักงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, 2552) ทั้งนี้สำหรับการทำงานกับคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะตอบสนองต่อผู้ใช้โดยการรับคำสั่งผ่านส่วนเชื่อมต่ อที่เป็นอุปกรณ์ป้อนคำสั่ง ต่างๆ หนึ่งในนั้นก็คืออุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ปัจจุบันอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งมีให้เลือกหลากหลายตามลักษณะการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่เป็นที่นิยมมากที่สุดได้แก่ เมาส์ ซึ่งปัจจุบันเป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับเครื่องคอมพิว เตอร์ใช้งานทั่วไป แต่ด้วยคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไปจึงทำให้ทำให้เมาส์มีน้ำหนัก รูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน ตามการใช้งานและความชื่นชอบของผู้ใช้ นอกจากนี้ยังมีเมาส์ที่ถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับลักษณะการวางมือ ที่เรียกว่า เมาส์การยศาสตร์ (Ergonomic mouse) โดยได้ออกแบบตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งเป็นหลักที่คำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงานและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวมได้ด้วย (รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร และสุดธิดา กรุงไกรวงศ์, 2554)

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การยศาสตร์ คือศาสตร์แห่งการศึกษาค้นคว้าเพื่อสุขภาพความปลอดภัย ความสะดวกสบาย และการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น โดยก่อให้เกิดผลดีที่สุดกับคนในสถานที่ทำงาน ซึ่งเมาส์การยศาสตร์รับการพัฒนาการออกแบบมาให้ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก โดยงานวิจัยต่างๆ อาทิ C.J. Snijders, 2010 ได้การประเมินความล้าของกล้ามเนื้อจากการใช้เมาส์ปกติเทียบกับการใช้เมาส์การยศาสตร์โดยศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อมือมัดต่างๆโดยใช้ การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) ซึ่งเป็นการตรวจจับคลื่นสัญญาณไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นจากการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle Contraction) เพื่อยืนยันในเรื่องของความปลอดภัยและการลดปัญหาสุขภาพจากการใช้เมาส์ ด้วยการใช้เมาส์การยศาสตร์ ซึ่งเมาส์การยศาสตร์จะคำนึงความเหมาะสมในท่าทางการวางมือและองศาของข้อมือในตำแหน่งปกติ (Neutral Posture) และพบว่าการใช้เมาส์ทั่วไปจะก่อให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อที่ใช้เหยียด ข้อมือ บริเวณมือและนิ้วมือ ผู้ใช้ต้องออกแรงจับหรือบีบเมาส์มากเกินความจำเป็น และมุมของการบิดแขนส่วนล่าง (forearm) จะทำให้ผู้ใช้เกิดความล้าจากการใช้งานเป็นเวลานาน J. Segalle, 2010 พบว่าการใช้เมาส์ที่ออกแบบถูกต้องตามหลักสรีรวิทยาของการวางมือจะช่วยรองรับการใช้งานของมือและนิ้วมือซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงการเกิด โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ จากการใช้งานของมือและข้อมือในลักษณะซ้ำๆเป็นเวลานาน เป็นต้น แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าเมาส์การยศาสตร์กลับไม่ได้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หรือกลายเป็นอุปกรณ์มาตรฐานของการใช้งานคอมพิวเตอร์ ทั้งๆ ที่ได้มีการพิสูจน์มาแล้วว่าเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งเสริมระดับความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณลักษณะของเมาส์การยศาตร์ ที่มีขนาด รูปร่างและน้ำหนักแตกต่างจากเมาส์ที่จำหน่ายทั่วไปกล่าวคือ มีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่และรูปร่างที่เข้ารูปกับมือ (Form fit) ทั้งนี้ผู้จัดทำได้ทำการสำรวจราคาเมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่1.1 ราคาเมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไปจากการสำรวจในเวปไซด์ www.amazon.com เมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2554

เมาส์การยศาสตร์	**ราคา ($)**
Hippus Ergomonic HandShoe Mouse Medium Right Hand Black by Hippus	$129.00
OrthoMouse by Othovia	$113.58
Logitech Wireless Performance Mouse MX for PC and Mac by Logitech	$99.99
ACP 0090-0030 Ergonomic Quill Mouse Right Hand White by ACP	$99.95
Evoluent VerticalMouse 4 Mouse laser 6 button(s) wired - USB by Evoluent	$99.00
Goldtouch Ergonomic Mouse Right Hand Bluetooth Ergoguys by Goldtouch	$89.00
Microsoft 69K-00001 Natural Wireless Laser Mouse 6000 by Microsoft	$79.95
เมาส์ที่จำหน่ายทั่วไป	**ราคา ($)**
New Verbatim Wireless Rechargeable Desktop Laser Mouse Laser usb	$74.99
Targus AMW55US Laser Wireless by Compact	$56.99
59018 Mouse - Laser Wireless by Compucessory	$52.99
Microsoft Wireless Laser Mouse 6000 V2.0 Mac/Windows USB by Microsoft	$49.99
Logitech V470 Bluetooth Cordless Laser Mouse by Logitech	$49.99
New Lifeworks Ih M180zb Wireless Laser Notebook Mouse Laser Usb Black 2.4 Ghz Wireless Frequency	$49.49
Logitech M305 Wireless Mouse (Silver) by Logitech	$39.99
KMW72334 - SlimBlade Wireless Mouse with Nano Receiver by Kensington	$36.16
Wireless Laser Travel Mouse by Micro Innovations	$35.99
Logitech V450 Nano Cordless Laser Mouse - Flamingo Pink by Logitech	$26.99

จากตารางการสำรวจราคาเมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไปในเวป ไซด์ www.amazon.com ซึ่งเป็นเวปไซด์จำหน่ายสินค้าออนไลน์ที่นิยม โดยสำรวจจากเมาส์ที่ใช้เทคโนโลยีการเคลื่อนที่แบบวายเลส (Wireless) และพบว่าเมาส์การยศาสตร์มีราคาสูงกว่าเมาส์ที่จำหน่ายทั่วไปและจากการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้เมาส์การยศาสตร์ของ 3 ยี่ห้อคือ 1) Microsoft รุ่น 69K-00001 แบบไร้สายเลเซอร์เมาส์- 6000 ที่มีเทคโนโลยีเลเซอร์ความละเอียดสูง การออกแบบตามหลักสรีรศาสตร์โดยโดยคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ที่สัมผัสและรักษามืออยู่ในตำแหน่งที่ผ่อนคลาย โดยลักษณะของมือที่มีการเอียงและการยกระดับ 2) Evoluent Vertical Mouse 4 Mouse laser โดยลักษณะเมาส์ออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงการบิดแขน รูปร่างของเมาส์รองรับกับมือและข้อมือผู้ใช้จึงไม่ต้องออกแรงเคลื่อนเมาส์มากอีกทั้งปุ่มสำหรับการคลิกง่ายต่อการเข้าถึงโปรแ กรม ใช้เทคโนโลยีเลเซอร์ทำให้การควบคุมความเร็วชี้มีความแม่นยำและเร็วได้ดีมากขึ้นและ 3) Logitech Wireless Performance Mouse MX for PC and Mac ซึ่งลักษณะของเมาส์ได้ออกแบบโดยคำนึงถึงสรีรศาสตร์ของมือ โดยศึกษาจำนวนความคิดเห็นทั้งหมด 136 ความคิดเห็นดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 เปอร์เซนต์ความคิดเห็นของผู้ใช้เมาส์การยศาสตร์ยี่ห้อไมโครซอฟท์ (Microsoft) อิโวลูเอน (Evoluent) และ โลจิ เทค (Logitech) ในเวปไซด์ www.amazon.com วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2554

	ความคิดเห็นของผู้ใช้	**เปอร์เซ็นต์ (%)**
1.	เมาส์การยศาสตร์มีราคาสูงกว่าเมาส์ทั่วไป	90
2.	รูปร่างของเมาส์การยศาสตร์ไม่เป็นไปตามธรรมชาติของการวางมือทำให้เกิดความเมื่อยล้าและรู้สึกเจ็บมือและข้อมือขณะใช้งาน	43
3.	ขนาดของเมาส์การยศาสตร์ใหญ่เกินไปสำหรับการใช้งาน	36.03
4.	น้ำหนักของเมาส์การยศาสตร์มีน้ำหนักมาก	11.03
5.	ปุ่มสำหรับคลิกของเมาส์การยศาสตร์คลิกไม่สะดวกและเมื่อยล้า ขณะใช้งานในช่วงเวลานาน	5.88

จากการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้เมาส์การยศาสตร์ในตารางที่ 1.2 พบว่าผู้ใช้เมาส์การยศาสตร์มีความเห็นว่าเมาส์การยศาสตร์มีราคาสูงกว่าเมาส์ทั่วไปและการใช้งานที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ผู้ใช้เกิดความเมื่อยล้าบริเวณมือและข้อมือ โดยอาจเนื่องมาจากรูปร่างที่

เฉพาะเจาะจงกับการวางมือ ขนาดของเมาส์ที่ใหญ่และมีน้ำหนักมาก ในข ณะเดียวกันผู้จัดทำได้ทำแบบสอบถามถึงความคุ้นชินจากผู้ใช้เมาส์ทั่วไปที่เป็นคนไทยหากใช้เมาส์การยศาสตร์ ด้วยวิธีการสุ่มโดยมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 21-28 ปี มีประวัติการใช้เมาส์คอมพิวเตอร์ตั้งแต่ ประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลสำรวจเป็นไปดังตารางที่ 1.3

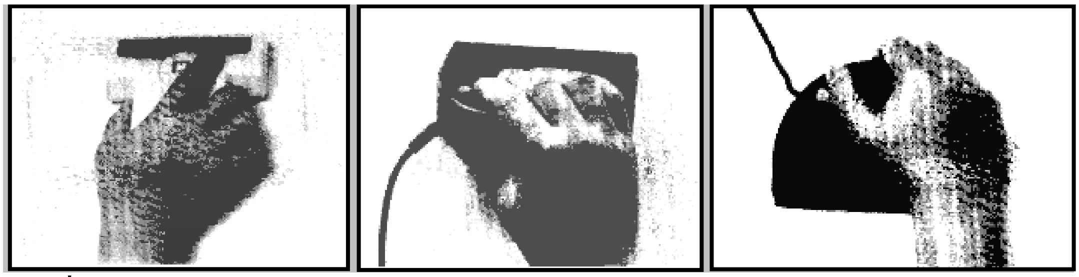
ตารางที่1.3 เปอร์เซนต์ความคิดเห็นของผู้ใช้คนไทยที่ใช้เมาส์ทั่วไปหากใช้เมาส์การยศาสตร์

หัวข้อ	ความคิดเห็นของผู้ใช้	เปอร์เซ็นต์ (%)
1.	เมาส์การยศาสตร์มีราคาสูงกว่าเมาส์ทั่วไป	83.25
2.	รูปร่างของเมาส์อาจมีผลกับสมรรถนะการทำงานและต้องใช้เวลาในการปรับตัว	73.26
3.	รูปร่างของเมาส์ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ของมือ	66.6
4.	น้ำหนักและรูปร่างของเมาส์การยศาสตร์ อาจทำให้เคลื่อนหรือลากเมาส์ยาก และลักษณะปุ่มกดของเมาส์การยศาสตร์คลิกยาก	60
5.	รูปร่างของเมาส์การยศาสตร์อาจทำให้รู้สึกเมื่อหรือล้าบริเวณมือและข้อมือหากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน	56.6

จากการทำแบบสอบถามถึงความคุ้นชินของผู้ใช้เมาส์ทั่วไปหากใช้เมาส์การยศาสตร์ในตารางที่ 1.3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากมีความเห็นว่าเมาส์การยศาสตร์มีราคาแพงก ว่าเมาส์ที่จำหน่ายโดยทั่วไปและหากพิจารณาถึงลักษณะของเมาส์การยศาสตร์จะพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นว่าเมาส์มีน้ำหนักมากและรูปร่างของเมาส์การยศาสตร์กับตำแหน่งองศาการบิดข้อมือมีความแตกต่างจากเมาส์โดยทั่วไป จึงอาจทำให้มีผลกับสมรรถนะการทำงาน โดยอาจต้องใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อให้เกิดความคุ้นชิน ทั้งนี้ผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์มีความเห็นตรงกันว่าเมาส์การยศาสตร์ที่ออกแบบมาถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์การวางมือ

การศึกษาทางการยศาสตร์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นอกจากจะคำนึงถึงประเด็นความปลอดภัยแล้ว ยังมีอีกประเด็นที่นักการยศาสตร์มุ่งให้ความสนใจ นั่นก็คือ ประเด็นของสมรรถนะการทำงาน (Performance) ซึ่งจากการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้และจากการทำแบบสอบถามข้างต้น พบว่า มีประเด็นที่ผู้ใช้ให้ความสนใจ 3 ประเด็น คือ น้ำหนัก รูปร่างและลักษณะของเมาส์ ซึ่งในประเด็นการศึกษาสมรรถนะการทำ งาน Lee et al., 1995 ทำการทดสอบความแตกต่างของท่าทางการใช้อุปกรณ์สแกนเนอร์ 3 ลักษณะเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานจาก โดยแบ่งเป็น

สแกนเนอร์ที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 ลักษณะ (สแกนเนอร์ A และ B) และสแกนเนอร์ที่ถูกพัฒนาออกแบบใหม่ที่คำนึงถึงหลักสรีรศาสตร์และท่าทางการใช้งานมากขึ้น (สแกนเนอร์ C) ดังภาพที่ 1.1 โดยสแกนเนอร์แบบเอ (A) ต้องใช้แรงกดที่ปุ่มนิ้วโป้งมากและต้องใช้การของบิดข้อมือในการใช้งาน สแกนเนอร์แบบบี (B) ใช้การบิดของข้อมือลดลงแต่ต้องใช้แรงกดจากนิ้วโป้งมากเหมือนแบบเอ สแกนเนอร์แบบซี (C) ออกแบบตามหลักการยศาสตร์ โดยมีลักษณะการวางของมือและนิ้วตรงข้ามกับสแกนเนอร์แบบบีและใช้แรงจากการกดของนิ้วมือน้อย ผลการทดสอบการประเมินสมรรถนะการใช้งานของอุปกรณ์ทั้ง 3 แบบพบว่า อุปกรณ์สแกนเนอร์ที่ถูกพัฒนาใหม่



ภาพที่ 1.1 สแกนเนอร์แบบเอ (A) สแกนเนอร์แบบบี (B) และสแกนเนอร์แบบซี (C): จากซ้าย-ขวา (Lee Y.H. et al., 1995)

มีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าสแกนเนอร์ทั่วไป 13 % มีการใช้เวลาในการทำงานสั้นลง 14 % และยังพบว่าความเครียดของกล้ามเนื้อแขนท่อนล่าง (forearm) น้อยกว่าสแกนเนอร์ที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด Swanson et al., 1998 ได้ศึกษา ผลกระทบของการออกแบบแป้นพิมพ์กับความสะดวกสบายและผลผลิตจากการป้อนข้อมูลของผู้ทดสอบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติการออกแบบแป้นพิมพ์ในลักษณะต่างๆเพื่อลดความไม่สบายและควา มล้าของกล้ามเนื้อจากการพิมพ์งาน โดยการศึกษาการเรียนรู้การทำงานของผู้ทดสอบ (Learning Curve) สมรรถนะการทำงาน (Performance) และอัตราความผิดพลาด (Error rate) จากการพิมพ์งานโดยใช้แป้นพิมพ์ที่มีระยะห่างของตัวอักษร H และ G แตกต่างกัน 5 ลักษณะและมีองศาการหมุนกับมุมของการเอียงข้างที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบได้เรียนรู้การทำงานของแป้นพิมพ์แต่ละแบบติดต่อกัน 3 วัน ผลการทดสอบพบว่า ในวันแรกผู้ทดสอบมีอัตราความผิดพลาดมากขึ้นจากการใช้แป้นพิมพ์ที่มีลักษณะแตกต่างจากแป้นพิมพ์มาตรฐาน แต่หลังจากผู้ทดสอบได้ใช้แป้นพิมพ์ผ่านไ ป 2 วันผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานดีขึ้น โดยไม่พบความแตกต่างของความเมื่อยล้าและความไม่สบายจากการใช้งานแป้นพิมพ์ที่รูปร่างลักษณะแตกต่างไปอย่างมีนัยสำคัญ Okunribido และ

Haslegrave,1999 ได้ศึกษาผลกระทบของการออกแบบที่จับบนถังรถเข็นโดยคำนึงถึงผลกระทบทางด้านชีวกลศาสตร์ โดยแบ่งองศาของการจับบนถังรถเข็นออกเป็น 3 ระดับ คือ 70 องศา 50 องศา และ 35 องศา และมีความยาวที่จับ 3 ระดับคือ 1.0 1.1 และ 1.2 เมตร กำหนดให้มีการเคลื่อนย้านวัตถุขนาด 19 และ 37 กิโลกรัม การวิเคราะห์ข้อมุลจะทำการวัดมุมของข้อมือ การงอของข้อศอก และแรงทีเท้ารับ โดยผู้ทดสอบจะให้คะแนนความสบายและสมรรถนะตามมุมของรถเข็นที่เปลี่ยนแปลงไปโดยมีการคำนวณภาระของงานบริเวณกระดูกสันหลังและข้อต่อแขนตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าการตั้งค่าที่มุมจากการศึกษาพบว่าการตั้งค่าที่มุม องศาและ 35 เป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับการดันรถเข็นไปข้างหน้าในช่วงเริ่มต้นที่ข้อศอกและเมตร 1.0 ความยาว ข้อมือมีการเบี่ยงเบนมากกว่าปกติ Yuana et al., 2005 ทำการศึกษาลักษณะรูปร่าง ขนาด และน้ำหนักของระเบิดมือเพื่อการออกแบบโดยแบ่งรูปร่างออกเป็น 3 แบบ คือ ทรงกลม (ball) ทรงรี (oval) และรูปร่างที่คล้ายกระป๋อง (can) โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 60 และ 65 มิลลิเมตร น้ำหนัก 300 400 และ 500 กรัม โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระยะห่างที่ขว้าง ระยะทางคลาเคลื่อน และความถูกต้องจากการขว้างมือระเบิดไปยังเป้าหมาย โดยกำหนดระยะห่างจากจุดขว้างปา 40 เมตร ซึ่งจากกา รทดสอบพบว่า ระเบิดมือขนาด 300 กรัม สามารถขว้างได้ไกลที่สุด (38.6±6.5 เมตร) และมีความถูกต้องมากที่สุด (6.9±3.9 เมตร) และพบว่ารูปร่างของระเบิดมือมีผลอย่างมีนัยสำคัญโดยขึ้นกับวัตถุประสงค์และขอบเขต ซึ่งพบว่ารูปร่างแบบทรงกลมเป็นลักษณะที่ดีที่สุด และจากการทดสอบข นาดเส้นผ่านศูนย์กลางของระเบิดมือจำลองในช่วงที่การทดสอบดังกล่าวพบว่าไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิจัยของ Isokoski และ Raisamo (2004) ในเรื่องของสมรรถนะการใช้เมาส์จากเมาส์ที่มีลักษณะสมมาตรและอสมมาตร และพบว่าเมาส์ที่ มีขนาดเล็กและรูปร่างสมมาตรมีสมรรถนะการทำงานที่ดีกว่าเมาส์ขนาดใหญ่และรูปร่างไม่สมมาตรตลอดจนเป็นการศึกษาสมรรถนะของเมาส์เทียบกับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งอื่นๆ

จากข้างต้นประเด็นการศึกษาสมรรถนะการทำงาน (Performance) และความเคยชิน (Learning curve) ของลักษณะเมาส์การยศาสตร์ในเชิงของน้ำหนัก ขนาดและตำแหน่งขององศาการบิดข้อมือยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นจึงเป็นมูลเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมาส์การยศาสตร์กับสมรรถนะการทำงาน ทั้งนี้ลักษณะของเมาส์ที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลกับการ

ปรับตัวให้เคยชินและการใช้งานที่ยากหรือไม่สะดวก โดยการปรับตัวสามารถใช้แนวทางการศึกษาจากเส้นโค้งแห่งการเรียนรู้ (Learning Curve) ที่จะช่วยประเมินระยะเวลาในการเรียนรู้การใช้เมาส์การยศาสตร์ เมื่อระยะปรับตัวซึ่งนานเกินไปอาจเป็นเพราะลักษณะของเมาส์หรือความไม่สะดวกที่ยากต่อการใช้งาน การศึกษาการวัดเส้น โค้งการเรียนรู้สามารถศึกษาได้จากการวัดสมรรถนะการทำงานเทียบกับเมาส์ทั่วไป ซึ่งการการศึกษาสมรรถนะการทำงาน (Performance) สามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินของการลงทุนซื้ออุปกรณ์สำนักงานในระยะยาวของผู้ประกอบการว่ามีความคุ้มค่าและควรแก่การลงทุนหรือไม่เมื่อเทียบกับสมรรถนะการทำงานที่ได้มา โดยคาดว่าเมาส์การยศาสตร์จะช่วยเพิ่มสมรรถนะการทำงาน การศึกษาในครั้งนี้จะมีประโยชน์กับการนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประเมินการตัดสินใจของผู้ซื้อ และหากการศึกษาบ่งชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดๆจะมีผลทำให้สมรรถนะการทำงานโดยรวมเพิ่มขึ้ น ก็จะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาการออกแบบเมาส์และส่งเสริมการใช้ในระดับองค์กรต่างๆให้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้อุปกรณ์การยศาสตร์มากขึ้น เพื่อเพิ่มระดับคุณภาพชีวิตโดยลดปัญหาการลงทุน ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจการวางแผนทางการเงินและการกำหนดภาระงานจากการใช้อุปกรณ์การยศาสตร์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำหนัก ความยาว และองศาของเมาส์ ที่มีผลต่อสมรรถนะการใช้งานของลักษณะเมาส์การยศาสตร์และเมาส์ทั่วไป

1.2.2 ศึกษาเส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning curve) โดยใช้สมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์การยศาสตร์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาจากหญิงและชายอายุระหว่าง 18-28 ปี ใช้เมาส์มือขวาและใช้เมาส์ในการทำงานมากกว่า 1 ปี เพื่อศึกษาเส้นโค้งการเรียนรู้และสมรรถนะการทำงานจากการทดลองเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมาส์โดยใช้แนวทางการวัดสมรรถนะการทำงานของ Fitts'law เป็นต้นแบบในการศึกษา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเมาส์การยศาสตร์

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินของในการลงทุนซื้ออุปกรณ์ เพื่อให้เกิดสมรรถนะการทำงานและความปลอกภัยในการทำงาน

บทที่ 2

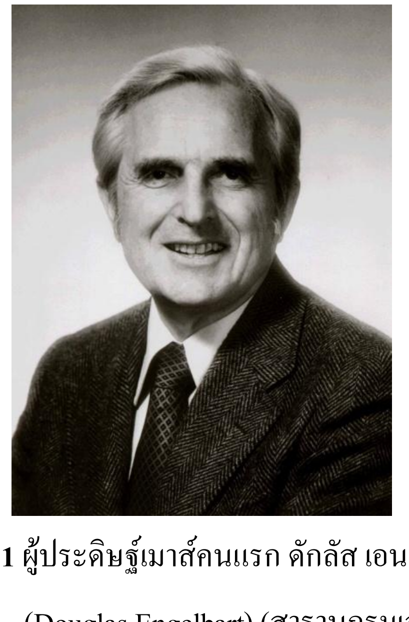
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงต้นกำเนิดและเทคโนโลยีในการของเมาส์แต่ละแบบของเมาส์ ลักษณะของเมาส์การยศาสตร์ ความล้าที่เกิดจากการใช้เมาส์ที่ไม่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ กลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากความล้าเรื้อรัง การจัดสถานีการทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์และแนวคิดการใช้ Speed - Accuracy Trade off จาก Fitts' law โดยมีรายละเอียดดังนี้

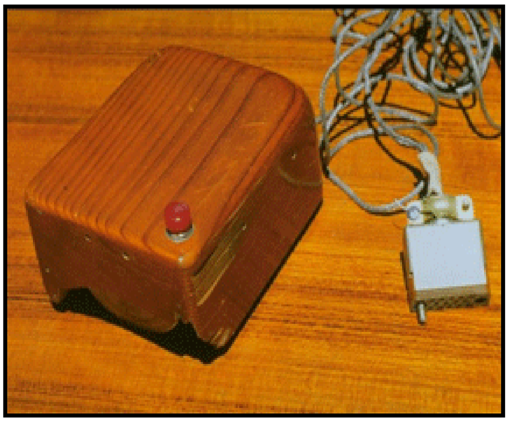
2.1 เมาส์

2.1.1 กำเนิดของเมาส์

เมาส์ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี 1963 โดยดักลัส เองเกลบาท (Douglas Engelbart) ในภาพที่ 2.1 ที่สถาบันวิจัยสแตนฟอร์ด (Stanford Research Institute) และในภาพที่ 2.2 คือเมาส์ที่ Douglas ประดิษฐ์ขึ้นโดยเป็นเมาส์ตัวแรก ซึ่งการเคลื่อนที่จะใช้เฟือง 2 ตัวซึ่งวางในลักษณะตั้งฉากกันและการหมุนของแต่ละเฟืองจะแปลเป็นการเคลื่อนที่ 2 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 2.3
(สารานุกรมเสรี, 2554)



ภาพที่ 2.1 ผู้ประดิษฐ์เมาส์คนแรก ดักลัส เอนเกลบาท (Douglas Engelbart) (สารานุกรมเสรี, 2554)



ภาพที่ 2.2 เมาส์คอมพิวเตอร์ตัวแรกโดยดักกลัส
(สารานุกรมเสรี, 2554)

ภาพที่ 2.3 การทำงานล้อหมุนของเมาส์
(สารานุกรมเสรี, 2554)

ในช่วงต้นทศวรรษที่ 1970 บริษัท ซีรอกซ์ (Xerox PARC) พัฒนาจากล้อหมุนเป็นลูกบอลซึ่งทำให้เมาส์สามารถเคลื่อนที่ได้ในทุกทิศทาง ปี ค .ศ. 1980 - 1990 มีการปรับปรุงภาพร่างลักษณะของเมาส์และเริ่มมีการใช้เมาส์ร่วมกับคีย์บอร์ด รวมถึงพัฒนาเมาส์ให้มีล้อเลื่อนขนาดใหญ่ที่เรียกว่าแทรกซ์บอล (Trackball) ช่วงปี 1995 – 1997 การพัฒนาเมาส์ได้คำนึงถึงความสะดวกสบายและคุณภาพในการใช้งานเช่นสะดวกกับการใช้งานอินเตอร์เน็ต มีตัวเลื่อนบนเมาส์เพื่อสะดวกในการเลื่อนหน้าจอ เป็นต้น และในช่วงดังกล่าวนี้คอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาให้เป็นคอมพิวเตอร์สำหรับพกพา (Laptop) จึงเริ่มมีการใช้ทัชแพด (Touch Pad) หรือทัชเมาส์ (Touch mouse) ในการใช้งาน

2.1.2 การทำงานของเมาส์

เมาส์จะมีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับตำแหน่งการเคลื่อนไหวของลูกกลิ้งหรืออุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแสงโดยตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณไปที่คอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลของตัวชี้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งการระบุทิศทางและตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน (แกน X - Y) ควบคุมโดยลูกบอลทรงกลมและลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 อัน วางตัวในแนว 90 องศา โดยการระบุทิศทางและระยะทางจะมีแผ่นวงกลมแบนและอุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photo detector) ซึ่งประกอบด้วยแอลอีดีและแผนควบคุมวงจรไมโครคอนโทลเลอร์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเพื่อแปลงเป็นข้อมูลสำ หรับอินเทอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 2.4 (สหัสญา บุญสวัสดิ์, 2543)

ภาพที่ 2.4 ลักษณะการทำงานของเมาส์แบบกล (สหัสญา บุญสวัสดิ์, 2543)

2.1.3 กลไกภายในของเมาส์

ปัจจุบันแบ่งได้ 4 แบบคือ 1) เมาส์แบบกล (Mechanical mouse)

2) เมาส์แบบใช้แสง (Optical mouse)

3) เมาส์แบบกลใช้แสง (Opto-mechanical mouse)

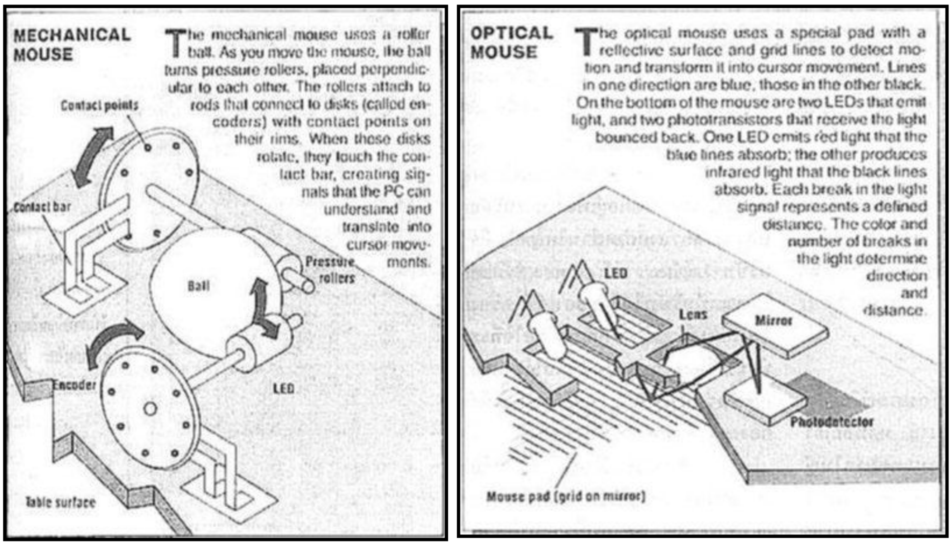
4) เมาส์แบบไร้สาย (Wireless mouse)

1) เมาส์แบบกล (Mechanical mouse)

หลักการการตรวจจับการเคลื่อนไหวของเมาส์แบบกลจะใช้จานที่เรียกว่า เอนโคเดอร์ (Encoder) มีลักษณะคล้ายกับจุดสัมผัสวางตัวตามแนวรัศมี ทำหน้าที่ทำหน้าที่แปลเป็นสัญญาณการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ โดยจำนวนของจุดสัมผัสขึ้นกับความละเอียดของเมาส์ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (ซ้าย)

2) เมาส์แบบใช้แสง (Optical mouse)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของเมาส์แบบใช้แสง ใช้หลักการของตัวส่งสัญญาณ (Sensor) ร่วมกับ แอลอีดี ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (ขวา) โดยการตรวจจับการเคลื่อนที่ของพื้นผิวคือการใช้แอลอีดีส่องไปที่พื้นผิวและมีการประมวณผลภาพเพื่อแปลงเป็นการเคลื่อนไหวในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนซึ่งประมวลผล 1512 เฟรมต่อวินาที แต่ละเฟรมมีขนาด 18×18 พิกเซล และแต่พิกเซลมีระดับความเข้มที่แตกต่างกันได้ถึง 64 เฉด

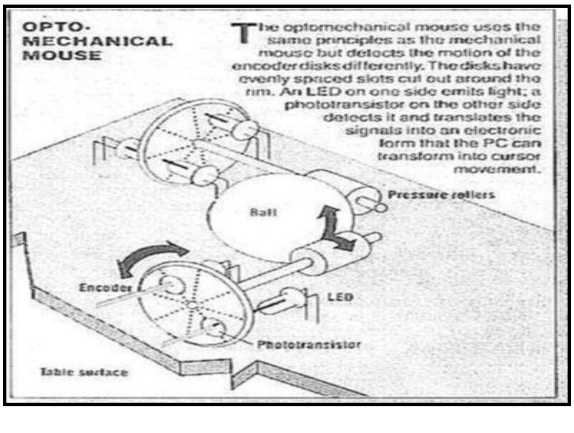


ภาพที่ 2.5 (ซ้าย) ตัวอย่างลักษณะการทำงานของเมาส์กล (Mushtaq, 2011)

(ขวา) ตัวอย่างลักษณะการทำงานขอเมาส์แบบใช้แสง(Mushtaq, 2011)

3) เมาส์แบบกลใช้แสง (Opto-mechanical mouse)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบเมาส์กลใช้แสงมีหลักการทำงานคล้ายกับเมาส์กลต่างกันที่การเคลื่อนที่ของเอนโคเดอร์เป็นแอลอีดี โดยด้านหนึ่งของจานมีรูสัมผัสเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสง อีกด้านหนึ่งจะมีหน้าที่ตรวจรับแสง ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างลักษณะการทำงานของเมาส์กลใช้แสง (สารานุกรมเสรี, 2554)

4) เมาส์แบบไร้สาย (Wireless mouse)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของเมาส์แบบไร้สาย มีได้ 2 แบบคือ กลไกแบบลูกกลิ้งและกลไกแบบแสงแบบผ่านตัวรับ โดยปัจจุบันใช้เทคโนโลยีคลื่นวิทยุแทนการใช้เทคนิคอินฟราเรด เพื่อแก้ไขข้อจำกัดการรับส่งสัญญาณและเพื่อให้เมาส์สามารถใช้งานได้ในรัศมีที่กว้างขึ้น

2.1.4 ประเภทของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งได้รับการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้มากขึ้นภายใต้ลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งเป็น 6 แบบดังนี้

1) Cordless คือเมาส์ที่ใช้คลื่นวิทยุแทนการใช้สายในการเชื่อมต่อ

2) Foot mouse คือเมาส์ที่ใช้เท้าควบคุมการสั่งการแทนการสั่งการโดยใช้นิ้วมือ

3) Glide point คือแผนควบคุมหน้าแป้นพิมพ์ มีลักษณะเป็นแผนสี่เหลี่ยมและใช้นิ้วควบคุมเพื่อเลื่อนตำแหน่งของตัวชี้ตำแหน่งบนจอภาพเช่นเดียวกับเมาส์

4) Wheel mouse คือเมาส์ที่ใช้ล้อหมุนสำหรับเลื่อน

5) Infrared Mouse คือเมาส์ไร้สายเชื่อมต่อ โดยใช้แสงอินฟาเรดสำหรับรับส่งสัญญาณ

6. Joystick คืออุปกรณ์ย้ายตำแหน่งของตัวชี้บนจอภาพ โดยมีแป้นกดสำหรับการสั่งงานที่เฉพาะเจาะจง

2.1.5 การใช้เมาส์อย่างถูกวิธี

ผู้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นประจำหรือจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานอาจเกิดอาการจากการทำอะไรสักอย่างซ้ำแล้วซ้ำเล่า หรือมีการเกร็งอวัยวะ ใดซ้ำ ๆ กัน หรือที่เรียกว่า Repetitive Strain Injury เช่นการเกร็งข้อมือเพื่อจับเมาส์ ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเจ็บที่โพรงกระดูกข้อมือ ดังนั้นการใช้เมาส์ให้ถูกวิธี จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อป้องกันสาเหตุของอาการดังกล่าวโดยมีข้อแนะนำดังต่อไปนี้ (การใช้เมาส์อย่างถูกวิธี, 2553)

1) ตำแหน่งของเมาส์ ควรวางเมาส์ให้ใกล้กับคีย์บอร์ดในระยะที่มือสามารถหยิบใช้ได้สะดวก เพื่อป้องกันการตึงบริเวณไหล่และคอ

2) ไม่ควรใช้งานเมาส์ติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยควรพักการใช้งานทุก 15-20 นาที เพื่อผ่อนคลายการเกร็งข้อมือ

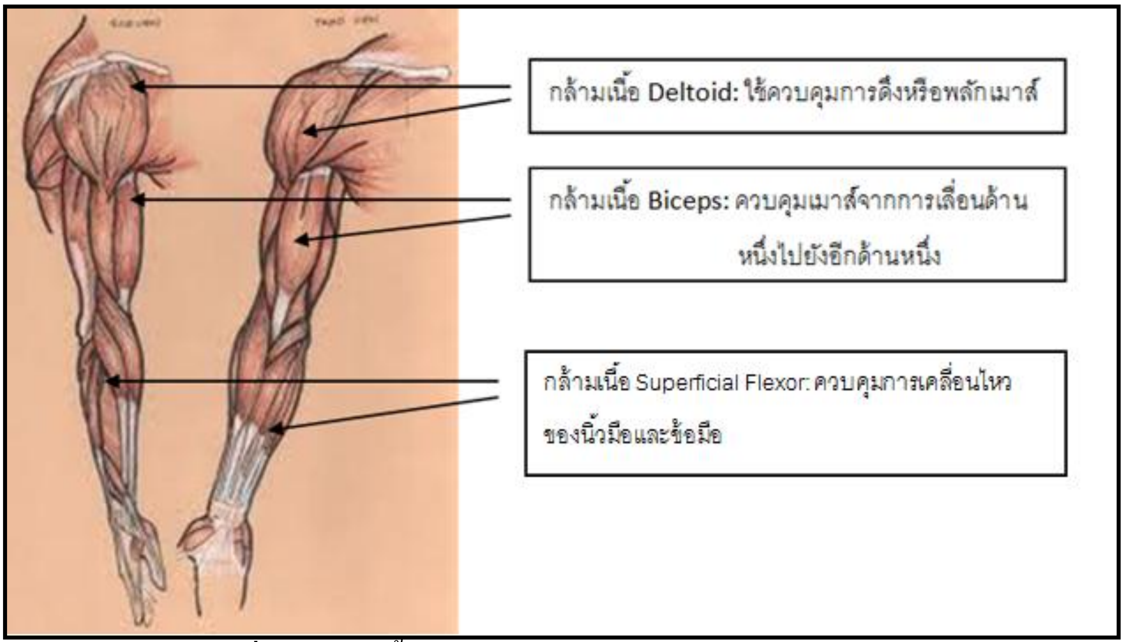
3) ควรทำความสะอาดเมาส์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการทำงานของแขนและข้อมือในการทำงานที่มากเกินความจำเป็น

นอกจากนี้ควรเปลี่ยนเมาส์หากเมาส์เสื่อมสภาพต่อการใช้งานซึ่งปัจจุบันเมาส์มีการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกสบายและลดอาการบาดเจ็บต่างๆ เช่นอาการชาหรือปวดบริเวณมือและข้อมือ เป็นต้น

2.2 เมาส์การยศาสตร์

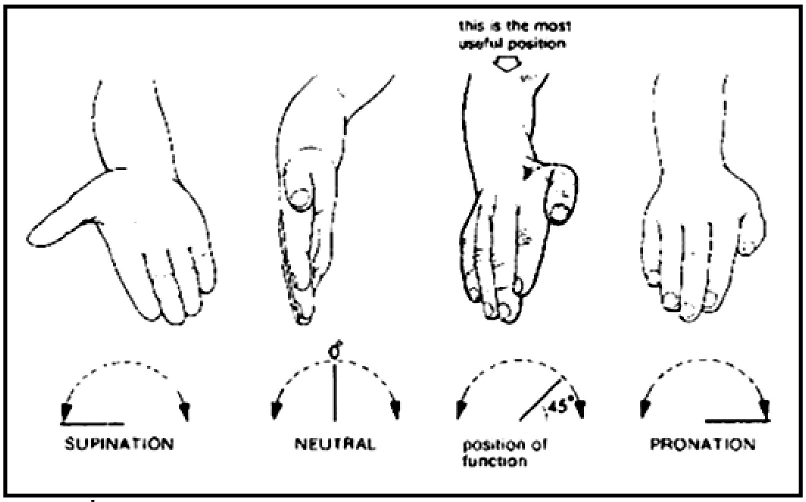
การออกแบบเมาส์การยศาสตร์ได้พิจารณาถึงโครงสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อแขนเพื่อให้มือของผู้ใช้สามารถจับเมาส์ให้อยู่ในท่าที่ผ่อนคลาย ไม่เกร็งหรืองอจนเกินไป ซึ่งการเคลื่อนที่ของเมาส์จะอาศัยกล้ามเนื้อ 3 ส่วนคือ กล้ามเนื้อบริเวณหัวไหล่และข้อศอกใช้สำหรับผลักและดันตัวเมาส์ กล้ามเนื้อเหนือท่อนแขนใช้สำหรับเลื่อนเมาส์ไปมาทางด้านข้าง และกล้ามเนื้อใต้ท่อนแขนใช้ในการควบคุมนิ้วมือและข้อมือดังภาพที่ 2.7 ซึ่งเมาส์ที่ออกแบบมาเพื่อรองรับความยืนหยุ่นของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆจะสามา รถใช้กล้ามเนื้อแขน และกล้ามเนื้อมือร่วมกันได้เป็นอย่างดี โดยกล้ามเนื้อแขนและข้อมือจะใช้สำหรับการเคลื่อนไหวในระยะทางมาก ใช้นิ้วมือสำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวของเมาส์ (ยืน ภู่วรวรรณ, 2552) เป็นต้น

เมาส์ตามหลักสรีรศาสตร์จะช่วยลดการบาดเจ็บจากความเครียดที่เกิดจากเมาส์คอมพิวเตอร์แบบเดิม ที่รู้สึกไม่สบายและบรรเทาความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการคว่ำฝ่ามือและข้อมือ การออกแบบจะทำให้นิ้วมือ กล้ามเนื้อแขน และข้อต่ออยู่ในลักษณะสมดุล คือ พื้นที่บริเวณหัวแม่มือจะมีขนาดใหญ่และเว้ามากขึ้น เพื่อรองรับแรงกด ปุ่มสำหรับการคลิกจะลาดเอียงเพื่อให้สามารถคลิกได้ด้วยแรงน้อยเพื่อให้ผู้ใช้ที่ขนาดมือแตกต่างกันสามารถใช้เมาส์ขนาดเดียวกันได้จึงสอดคล้องกับมือของผู้ใช้ที่จะรู้สึกผ่อนคลายบริเวณนิ้วมือและข้อมือเมื่อใช้เมาส์ในการทำงานเป็นเวลานาน การออกแบบได้คำนึงถึงลักษณะการวางของมือที่ถูกต้องตาม

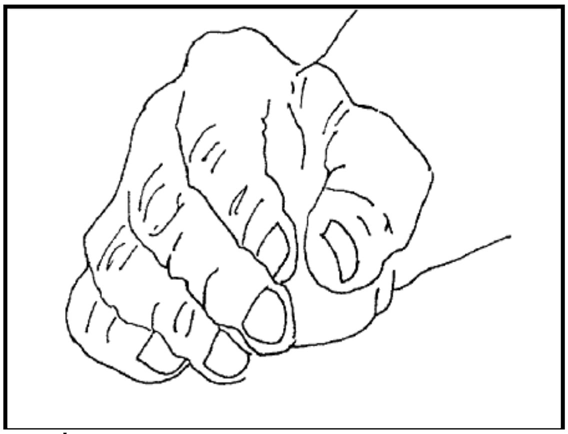


ภาพที่ 2.7 กล้ามเนื้อส่วนต่างๆที่ใช้ควบคุมเมาส์ (Youkong, 2009)

ตามหลักสรีรศาสตร์ (Neutral hand posture) โดยฝ่ามือและส่วนของกระดูกนิ้วมือ (Phalanx) จะทำมุม 35-75 องศากับแนวระนาบ (Horizontal plane) ของข้อมือดังภาพที่ 2.8 -2.10 เพื่อลดการบิดของข้อมือ (Pronation) ซึ่งช่วยลดการกดทับของเส้นประสาทบริเวณมือและข้อมือและทำให้ผู้ใช้ไม่เกิดการเมื่อยล้าจากการใช้งานติดต่อกัน บริเวณกระดูกท่อนแขนส่วนปลาย (Forearm) จะเบนออก 45 องศาจากแนวระนาบของข้อมือ มุมข้อมือมีขนาด 20-30 องศาและบริเวณท่อนแขน ด้านในจะมีมุม 10-15 องศา เป็นต้น (Segalle, 2011) ดังภาพที่ 2.11 โดยพบว่าหากฝ่ามือและส่วนของกระดูกนิ้วมือมีองศาการวางมือ 50-70 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับแนวระนาบของข้อมือจะเป็นองศาการวางมือที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้หากองศาการวางมืออยู่ระหว่าง 70-90 องศา ผู้ใช้จะไม่เกิดความล้าจากการใช้งานแต่ไม่เหมาะสมเท่ากับองศาการวางมือข้างต้น (Edward et al., 2002) ทั้งนี้เมาส์ทั่วไปจะมีองศาการวางมือของฝ่ามือและกระดูกนิ้วมือประมาณ 15-30 องศากับแนวระนาบ โดยพบว่าช่วงองศาการวางมือดังกล่าวจะมีการใช้มือและข้อมือที่ออกห่างจากตำ แหน่งที่เป็นธรรมชาติ และหากมีการเคลื่อนไหวซ้ำติดต่อกันเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดความล้าบริเวณข้อมือและอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndromes (CTS)) ดังภาพที่ 2.12

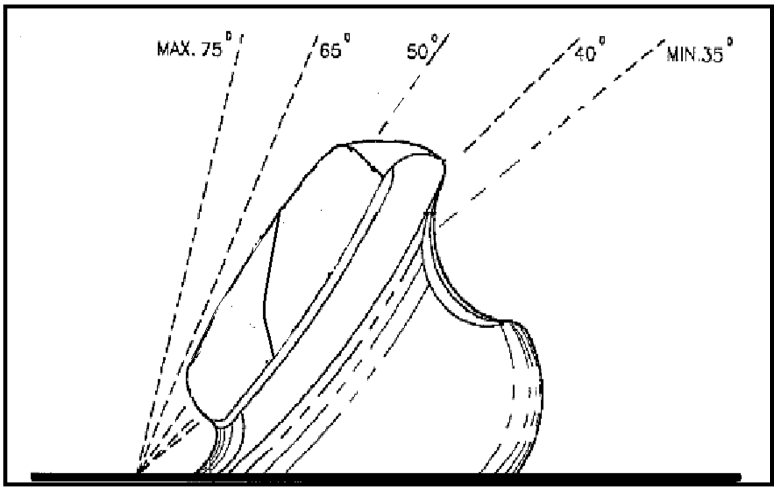


ภาพที่ 2.8 ลักษณะการวางมือตามหลักสรีรศาสตร์ (Stewart, 1984)



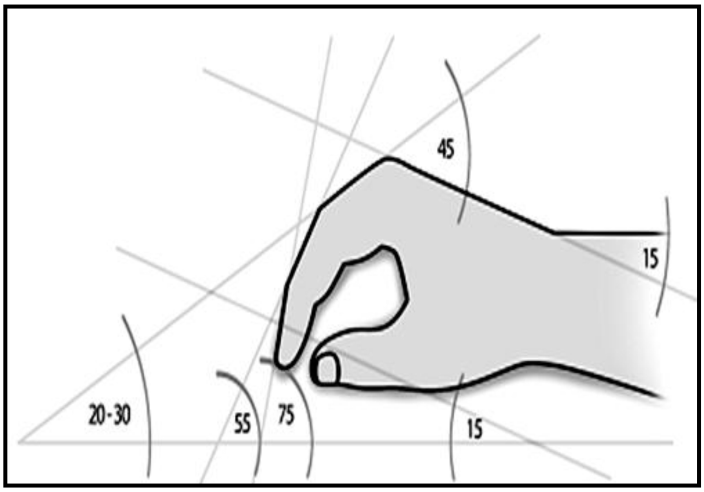
ภาพที่ 2.9 ลักษณะของมือด้านหน้าที่เป็นธรรมชาติ

(Neutral Hand Position: *(Front view))* (Edward et al., 2002)



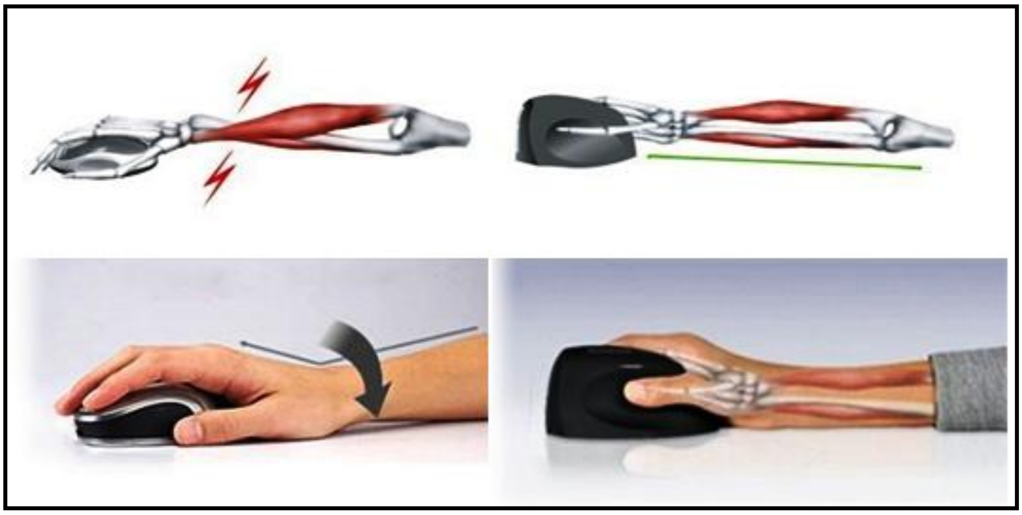
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างลักษณะเมาส์การยศาสตร์กับองศาของมือที่เป็นธรรมชาติ

(Neutral Hand Position: *(Front view))* (Edward et al., 2002)



ภาพที่ 2.11 ลักษณะของมือด้านข้างที่เป็นธรรมชาติ (Neutral Hand Position: *side view)*

(Segalle, 2011)



ภาพที่ 2.12 ลักษณะของท่อนแขนส่วนปลายที่เป็นธรรมชาติ (Neutral Forearm Position)

(Ergonomic design, 2009)

ซึ่งลักษณะของเมาส์ที่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ ทำให้เมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างจากเมาส์โดยทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยจะมีน้ำหนักมากขึ้น ขนาดที่ใหญ่ขึ้น และมีภาพร่างที่คำนึงถึงหลักสรีรศาสตร์มากกว่า เป็นต้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างลักษณะของเมาส์การยศาสตร์ (Ergodirectusa, 2011)

a) Evoluent Wireless Vertical Ergonomic Mouse 3 - Right Hand - Silver/Black

b) Microsoft 69K-00001 Natural Wireless Laser Mouse 6000 (Metallic Grey)

c) Logitech Wireless Performance Mouse MX for PC and Mac

d) Hippus HandShoe Mouse Medium Right Hand Black

e) KeyOvation Goldtouch Adjustable Ergonomic USB Mouse

f) OrthoMouse

2.3 การประเมินผลตามหลักสรีรศาสตร์

การประเมินความล้าจากการทำงานวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของผลการวัด และสามารถบอกระดับของการเกิดความล้าในแต่ละช่วงได้ โดยการประเมินสามารถกระทำได้หลายวิธี ทั้งจากการสอบถามความรู้สึก การวัดผลการปฏิบัติงานทั้งด้านคุณภาพและปริมาณหรือการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัดการประเมินความล้าในทางปฏิบัติมักกระทำ ก่อน ระหว่าง และหลังเสร็จงานทันที และเพื่อนให้การประเมินความล้ามีความน่าเชื่อถือควรใช้หลายวิธีประกอบกันสำหรับการดำเนินการป้องกันและควบคุมความล้าก่อนที่จะส่งผลต่อสมรรถนะในการทำงาน การขจัดความล้าจำเป็นต้องทดแทนความล้าด้วยการฟื้นตัว หรือ การฟื้นคืนสู่สภาวะปกติของร่างกาย ซึ่งทำได้โดยการจัดระยะเวลาพักให้ เหมาะสมกับงานที่ทำ

2.3.1 ความล้าจากการทำงาน

เป็นสภาวะที่ร่างกายรู้สึกเหนื่อยและอ่อนเพลีย ซึ่งเป็นกลไกป้องกันตนเองของร่างกายมนุษย์เพื่อไม่ให้ร่างกายทำงานหรือใช้พลังงานเกินขีดจำกัด การทำความเข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดความล้าจากการทำงานจะช่วยให้สามารถพิจารณาหาแนวทางการป้องกันและควบคุมความล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะที่ (Local muscular fatigue) อาจเกิดขึ้นได้แม้เป็นการออกแรงเพียงเล็กน้อยหรือในช่วงเวลาสั้นๆหากการออกแรงนั้นเป็นการทำงานใช้กล้ามเนื้อแบบสถิต และงานที่มีลักษณะเดียวกันหมด (Monotonous work) ก็มีแนวโน้มเกิดความล้าของกล้ามเนื้อ เช่น งานในสำนักงานต่างๆ ทั้งงานจากการพิมพ์และงานที่ใช้เมาส์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกิดความล้าของกล้ามเนื้อสามารถทราบได้จากอาการที่สังเกตได้ เช่น การเคลื่อนไหวช้าลง ความสามารถในการทำงานลดลง ความคง นิ่งของมือลดลง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ซึ่งจะเกิดกรดแลคติคและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกล้ามเนื้อที่มีสภาพเป็นกรดมากขึ้น แ ละปรากฏการณ์ทางสรีระไฟฟ้า เมื่อกล้ามเนื้อทำงานจนอ่อนล้า จะเกิดการกระตุ้นทางไฟฟ้าที่ผิวหนังซึ่งเป็นผลมาจากระบบประสาทส่วนกลางหรือคลื่นไฟฟ้าของหรือกล้ามเนื้อ (Electromyograms) ที่เปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อที่เกิดความล้า (รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร และสุดธิดา กรุงไกรวงศ์, 2554)

ตารางที่ 2.1 ท่าทางของข้อต่อส่วนบนของร่างกายในมุมที่ทำให้เกิดความล้า (รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร และสุดธิดา กรุงไกรวงศ์, 2554 อ้างถึง Chaffin, 1991)

ข้อต่อของร่างกาย	ท่าทางที่ทำให้เกิดความล้า
ไหล่	ยกไหล่ค้างไว้ กางศอกออกจากลำตัว > 45 องศา บิดแขนไปด้านหลัง
ข้อศอก	งอศอกทำมุมระหว่างต้นแขนกับปลายแขน < 80 องศา หรือ > 120 องศา
ปลายแขน	ออกแรงหมุนหรือบิดฝ่ามือคว่ำหรือหงาย
ข้อมือ	บิดข้อมือ > 45 องศา กระดกข้อมือลง > 30 องศา กระดกข้อมือขึ้น > 15 องศา
นิ้วมือ	กางนิ้วแยกห่างกัน > 1 นิ้ว เกร็งนิ้ว จับวัสดุแบบหนีบจับด้วยนิ้ว

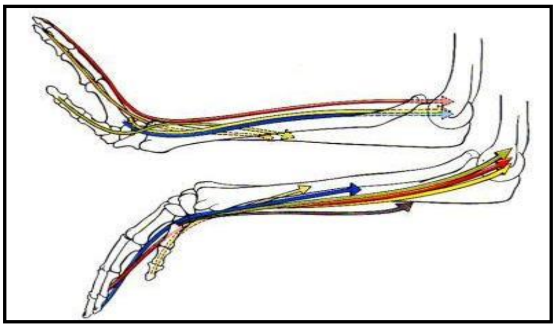
2.3.2 ความล้าจากการใช้เมาส์ปกติกับการใช้เมาส์การยศาสตร์

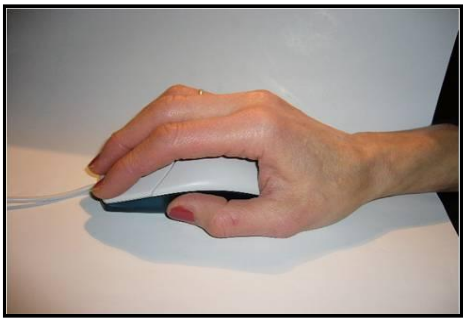
การประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อได้ใช้การวัด Electromyogram (EMG) วิธี EMG เป็นการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ขณะเกร็ง หรือหดตัว ซึ่งจะเกิดคลื่นไฟฟ้าบนกล้ามเนื้อนั้นและจะมีค่ามากขึ้นหากกล้ามเนื้อนั้นมีการเกร็งตัวมาก เทคนิคนี้จึงมีประโยชน์ในการศึกษาการออกแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆขณะทำงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสภาพการทำงานและสามารถนำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบการออกแรงกล้ามเนื้อในลักษณะการทำงานที่ต่างกันรวมไปถึงการศึกษาความล้าของกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงานด้วย การตรวจวัดแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในกิจกรรมของกล้ามเนื้อของมือและนิ้วมือเนื่องจากการจับและการจับ โดยแถบจะไม่ส่งสัญญาณเมื่อกล้ามเนื้อ ณ บริเวณดังกล่าวผ่อนคลาย แต่หากเกิดสัญญาณ ณ ช่วงเวลาใดๆจะแสดงว่ากล้ามเนื้อปบริเวณนั้นมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อจากการใช้เมาส์ทั่วไป สามารถแบ่งประเภทของความล้าทางกายภาพได้เป็น 5 ประเภท (Snijders, 2010) คือ

1. ความล้าของกล้ามเนื้อเหยียด (Extension muscle) บริเวณมือและนิ้วมือ
2. ผลของการออกแรงสถิต
3. การจับและการบีบ
4. มุมของการบิดแขน (Pronation)
5. การยืดของข้อมือ

ความล้าทางกายภาพประเภทที่ 1 เป็นความล้าที่เกิดบริเวณนิ้วมือที่สัมผัสกับปุ่มของเมาส์ โดยนิ้วมือจะถูกยกขึ้นเพื่อป้องกันการกดโดยไม่ตั้งใจ จึงเป็นผลให้กล้ามเนื้อยืดเกิดการอ่อนล้า ดังภาพที่ 2.14

ความล้าทางกายภาพประเภทที่ 2 เป็นการออกแรงสถิตมากเกินความจำเป็น เกิดจากความล้าและความตึงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อควบคุมแรงได้น้อยกว่าปกติ กล้ามเนื้ออ่อนแรงและล้าขณะควบคุมเมาส์ดังแสดงในภาพที่ 2.14



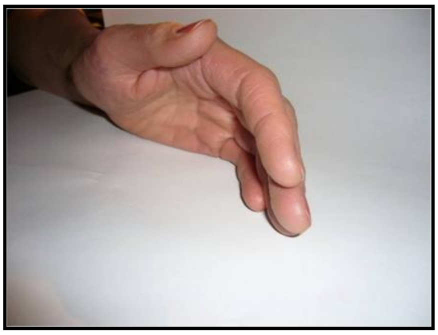


ภาพที่ 2.14 (ซ้าย) กล้ามเนื้อเหยียดบริเวณมือเทียบกับข้อมือและแขนท่อนล่าง (ภาพบน) **(ขวา)** ค่า EMG จากการที่กล้ามเนื้อยืด (Extensor) ถูกรบกวน (Snijders, 2010)

ความล้าทางกายภาพประเภทที่ 3 เป็นผลจากการจับและยึดวัตถุ ซึ่งส่วนมากเมาส์ทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของมือโดยเฉลี่ย จึงทำให้บริเวณกระดูก metacarpal และเส้นเอ็น ระหว่างหัวแม่มือ นิ้วนาง และนิ้วก้อยเกิดความล้าดังภาพที่ 2.15

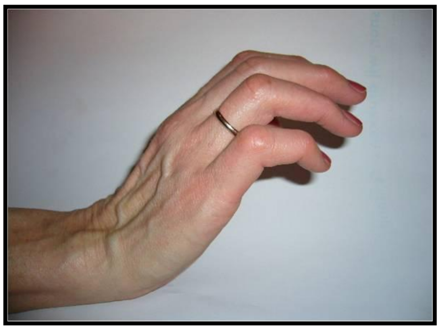
ภาพที่ 2.15 ลักษณะการจับของมือเมื่อใช้เมาส์ปกติ (Snijders, 2010)

ความล้าทางกายภาพประเภทที่ 4 เกิดจากการบิดของแขนเป็นมุมกว้าง เป็นผลให้แรงของวัตถุที่จับกระทำกับฝ่ามือ แขนท่อนล่างจึงเกิดความเครียดได้ดังภาพที่ 2.16 (ซ้าย) และจากการวัดกล้ามเนื้อพบว่าการวางแขนในตำแหน่งแนวตั้ง (Vertical) ทำให้กล้ามเนื้อออกแรงน้อยลง มุมของแขนท่อนด้านในบิดประมาณ 10-15 องศาดังภาพที่ 2.16 (ขวา)



ภาพที่ 2.16 ลักษณะมือเมื่อใช้เมาส์ทั่วไป (ซ้าย) ลักษณะมือเมื่อใช้เมาส์การยศาตร์ (ขวา) (Snijders, 2010)

ความล้าทางกายภาพประเภทที่ 5 มุมของข้อมือถูกยืดออก บริเวณของกระดูกแขนท่อนใน (Ulnar) จึงเบี่ยงเบนมาก เป็นผลให้มือและข้อมือทำงานมากกว่าปกติ ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 มุมของข้อมือถูกยืดออก (Snijders, 2010)

2.3.3 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างเนื่องจากการทำงาน (Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs)

การทำงานในสำนักงานในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออักเสบและปวดเมื่อยตามอวัยวะต่างๆ อาทิ หลัง ไหล่ บ่า แขน หรือข้อมือ จากการสำรวจพนักงานออฟฟิศในประเทศฝั่งยุโรป พบว่า ส่วนใหญ่ต้องปรึกษาแพทย์ด้วยอาการต่างๆ โดยไม่เพียงแต่อิริยาบถของการทำงานที่ไม่เหมาะสม สภาพโต๊ะทำงานยังเป็นปัจจัยสำคัญ ทั้งโต๊ะทำงานที่ไม่เป็นระเบียบไม่สะดวกต่อการหยิบสิ่งของ เก้าอี้ไม่เหมาะสม ไม่มีพนักพิงที่รองรับหลังอย่างมีระสิทธิภาพ รวมทั้งการใช้มือในท่าที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้เมาส์ที่ออกแบบไม่ถูกต้องตามหลัก

สรีรศาสตร์เป็นต้น (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ, 2552) ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างเนื่องจากการทำงาน (Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs) พบได้ในบริเวณกระดูก กล้ามเนื้อ ข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ และเอ็นกระดูก รวมถึง เส้นประสาท โดยมีสภาพการทำงานเป็นปัจจัย ที่ก่อให้เกิดความผิดปกตินั้น ปัญหานี้มักเกิดขึ้นแบบสะสมเรื้อรัง เช่น เกิดจากการออกแรงกระทำซ้ำๆหรือลักษณะท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เป็นสาเหตุให้ความสามารถในการทำงานลดน้อยลง

<u>กลุ่มโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndromes (CTS))</u>

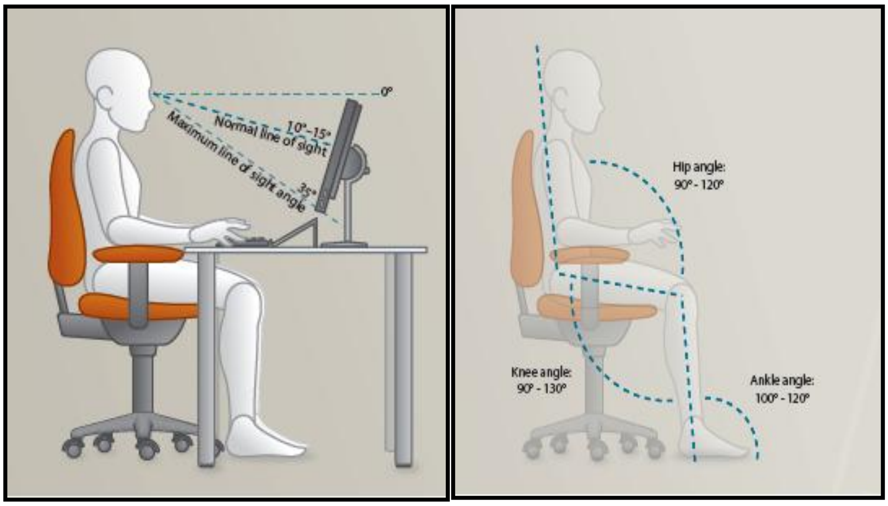
เป็นกลุ่มอาการเส้นประสาทมีเดียนถูกกดทับที่ช่องกระดูกข้อมือ เกิดจากเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและรับความรู้สึกที่บริเวณข้อมือถูกกดทับหรือบีบรัดจากเนื้อเยื่อรอบๆบริเวณที่เส้นมีชื่อว่า เส้นประสาทมีเดียน (Median nerve) ซึ่งหากเอ็นข้อมือแคบ เมื่อปริมาตรหรือความกว้างของเอ็นข้อมือลดลงส่งผลให้ความดันภายในเพิ่มขึ้น จึงเกิดแรงดันภายในซึ่งกดทับเนื้อเยื่อมากขึ้น เลือดไม่สามารถเข้าไปหล่อเลี้ยงเส้นประสาทเนื่องจากแรงดันภายในที่มากเกินไป ทำให้เกิดการตายของเซลล์เนื้อเยื่อ โดยเกิดได้บ่อยกับ ผู้ใช้ที่ข้อมือในการทำงานลักษณะซ้ำๆ ในท่าที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน เช่น การยืดข้อมือมากเกินไป การงอหรือบิดข้อมือ (Ulnar deviation) ขณะออกแรงหรือการใช้นิ้วมือในขณะที่งอข้อมือ การหยิบจับวัสดุแบบหนีบจับ (Pinch grip) โดยใช้แรงนิ้วมือเป็นต้น โดยอาการเริ่มต้นอาจมีอาการตึงที่บริเวณข้อมือหรือบริเวณปลายนิ้ว โป้ง ชี้ กลาง นางครึ่งนิ้ว จากนั้นจะเริ่มมีอาการชาที่บริเวณปลายนิ้ว และอาจเกิดการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อในฝ่ามือ (ศักดา อาจองค์, 2552) ซึ่งในการรักษาแบ่งได้เป็น 3 วิธีคือ 1. การรักษาทางยา ซึ่งเป็นก ารรักษาอาการเริ่มต้นโดยยาจะไปลดการอักเสบและการบวมของเนื้อเยื่อ 2. การรักษาทางการฉีดยา ได้แก่ กลุ่มยาประเภทเสตียรอยด์ซึ่งมีผลในการลดการอักเสบของเนื้อเยื่อเฉียบพลัน ทำให้ความเสียหายของเนื้อเยื่ออันจะเกิดจากการบวมลดลง 3. ทางการผ่าตัด โดยการเลาะเอาพังผืดที่กดทับเส้นประสาทโดยตรง ทำให้เลือดสามารถเข้าไปหล่อเลี้ยงเส้นประสาทให้ฟื้นฟูได้ใหม่ 4. การรักษาทางการกายภาพบำบัด เช่น การประคบร้อน -เย็น การใช้คลื่นใต้เสียงในการรักษา (ultrasound for treatment) เป็นต้น (อารีย์ เจริญชัยชนะ, 2553)

2.4 ลักษณะการทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

การประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์ในสำนักงาน ประกอบไปด้วย 1) การจัดสถานีงานที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ 2) การจัดสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในสำนักงาน ซึ่งช่วยป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน (ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, 2554)

2.4.1 การจัดสถานีงานคอมพิวเตอร์ (VDT workstation)

การยศาสตร์ในสำนักงาน (Office Ergonomic) หมายถึง การจัดสภาพการทำงานในสำนักงานให้เหมาะสมกับพนักงาน โดยการจัดวางตำแหน่ง และการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือเพื่อลดความเสี่ยงการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งการทำงานอยู่หน้าจอภาพคอมพิวเตอร์ การกดแป้นพิมพ์หรือการใช้เมาส์และการนั่งทำงานอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง ดังนั้นการป้องกันสามารถทำได้โดยการจัดหรือออกแบบสถานีงา นคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดร่างกายของแต่ละบุคคลดังตัวอย่างในภาพที่ 2.18 โดยชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย พ.ศ.2552 ได้แนะนำว่าควรมีลักษณะดังต่อไปนี้คือ โต๊ะหรือพื้นที่หน้างาน ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะจัดวางเอกสารต่างๆรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ถ้าเป็นโต๊ะที่ ปรับระดับไม่ได้ควรสูงจากพื้น 65 – 70 ซม. ถ้าเป็นโต๊ะที่ปรับระดับได้ควรสูงจากพื้น 60 – 75 ซม. เก้าอี้ที่มีพนักควรสามารถปรับระดับความสูงได้โดยให้อยู่ในระดับที่ทำให้เท้าวางราบได้กับพื้นหรือมีความสูงอยู่ในระดับเดียวกับหัวเข่าควรนั่งแล้วให้แขนอยู่ข้างลำตัวมากที่ สุด มีฐานมั่นคงแข็งแรงสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกโดยไม่ล้ม จอภาพมีระยะห่างจากตาประมาณ 50 – 70 ซม. ระดับเดียวกันหรือต่ำกว่าระดับสายตาเป็นมุม 10 – 20 องศา



ภาพที่ 2.18 มุมมองลงจากแนวระนาบ 10 – 5 องศา (Normal line of sight)
ซึ่งอยู่ในช่วงของการใช้สายตาที่สบาย (office ergonomic, 2010)

2.4.2 การจัดสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในสำนักงาน

ความสบายในการทำงานในสำนักงานเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆทั้งทางสภสพแวดล้อม รวมถึงความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในสำนักงาน โดยสภาพอากาศภายในอาคารที่เป็นปั จจัยกำหนดความรู้สึกสบายในสำนักงาน (ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย , 2552) ประกอบด้วยอุณหภูมิ ภายในสำนักงานควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมคือ 24 องศาเซลเซียส หรือปรับให้อยู่ในช่วง 23–26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงร้อยละ 30–70 เสียง ระดับเสียงที่แนะนำในสำนักงานคือ 55–65 dB(A) ระดับแสงสว่างที่เข้มหรือจ้าจะนำไปสู่ความล้าของสายตาหรืออาการปวดศีรษะจึงมีการกำหนดมาตรฐานในการจัดแสงสว่างสำหรับการทำงานกับคอมพิวเตอร์ โดยขอกล่าวตัวอย่างข้อแนะนำมาตรฐานประเทศออสเตรเลีย The Australian Standard AS 1680, Standard AS 1680.2.2 - 1994 Interior lighting Part 2.2: Office and screen-based tasks ซึ่งแนะนำให้ระดับแสงสว่างในสำนักงานที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นดังนี้คือ งานที่ใช้สายตาทั่วๆไปควรจัดแสงสว่างให้อยู่ในช่วง 300 – 400 ลักซ์ และงานที่ต้องใช้สายตามากควรจัดแสงสว่ างให้อยู่ในช่วง 400-600 ลักซ์ อีกทั้งผู้ทำงานสูงอายุควรได้รับการปรับปรุงแสงสว่างมากกว่าปกติทั้งนี้ได้มีข้อแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความสบายตาในการมอง (Visual comfort) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อแนะนำระดับแสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงานและบริเวณโดยรอบถัดไป

(อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ, 2552)

แสงสว่าง ณ จุดปฏิบัติงาน (ลักซ์)	แสงสว่างโดยรอบ (ลักซ์)
≥750	500
500	300
300	200
≤200	≤200

2.5 แนวคิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งาน (Human Computer Interaction)

แนวคิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งานมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงให้คอมพิวเตอร์ง่ายและเหมาะสมกับผู้ใช้งาน (User) โดย ACM หรือ The Association for Computer Machinery ได้ให้คำนิยามแนวคิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งานว่าคือ องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การประเมินผล และการนำไปใช้ของระบบคอมพิวเตอร์แบบมีปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ HCI ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ผู้ใช้ คอมพิวเตอร์ และวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (ศูนย์ข้อมูลการแพทย์ศิริราช , 2545) โดย **1. ผู้ใช้ (User)** หมายถึงผู้ใช้หนึ่งคนหรือกลุ่มผู้ใช้ที่ทำงานร่วมกัน ซึ่งจะนำเอาการรับรู้ของผู้ใช้เช่น การมอง การได้ยิน และการสัมผัส มาใช้ในควบคุมการส่งผ่านข่าวสารข้อมูลซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามความถนัดของผู้ใช้หรือตามหลักการข้อกำหนดของการใช้งานที่แตกต่างกัน หรือแตกต่างตามความสามารถในการเรียนรู้และองค์ความรู้ที่มีอยู่ รวมไปถึงความแตกต่างทางธรรมชาติและวัฒนธรรม **2.คอมพิวเตอร์** โดยในที่นี้หมายถึงระบบต่างๆ ที่มีขอบเขตอย่างกว้างขวาง รวมไปถึงเครื่องจักรกล และระบบอัตโนมัติต่างๆ **3.ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์ (Interactive)** เนื่องจากคน และเครื่องจักรกลมีความแตกต่างกันอย่างมาก HCI จึงเป็นสิ่งที่นำเข้ามาช่วยให้ทั้งสองสามารถทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการพัฒนา HCI ต้องสามารถรับรู้การกระตุ้นจากมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ใช้งานและสามารถที่จะส่งผ่านคำสั่งที่เป็นการสั่งใช้คอมพิวเตอร์ทำง านได้ตามความต้องการ ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์และผู้ใช้มีความเกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายด้านโดยเฉพาะด้าน

มนุษยปัจจัย (Human Factors หรือ Ergonomics) รวมถึงด้านอื่นๆได้แก่ จิตวิทยา มนุษยวิทยา สรีรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์เกิดขึ้นที่ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) ทั้งทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ (พิราวิชญ์ ภาคนนท์กุล , 2554) ตัวอย่างเช่น ตัวอักษรหรือวัตถุที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านซอฟต์แวร์ การรับข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านฮาร์ ดแวร์ที่เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์ เช่น คีย์บอร์ดและเมาส์ โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์และผู้ใช้ที่ดีควรลดความลำบากในระดับของกระบวนการทางสมองของผู้ใช้

2.6 การใช้แนวคิดของ Fitts'law เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงาน

การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์(Human Computer Interface: HCI) ได้ประยุกต์ใช้หลักของ Fitts'law เป็นพื้นฐานอย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านการพัฒนาโปรมแกรมสำนักงาน การออกแบบแถบเครื่องมือ (toolbars) การออกแบบหน้าเวปไซต์ เป็นต้น (Antoni and Moschini, 2007)

Fitts'law อธิบายระยะเวลาที่เคลื่อนที่ใน 1 มิติ ในเชิงของระยะทางและขนาดเป้าหมาย โดยพบว่า เวลาในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายเป็นฟังชั่นลองการิทึมของระยะทางเมื่อขนาดเป้าหมายคงที่ และเวลาในการเคลื่อนที่เป็นฟังชั่นลองการิทึมของขนาดเป้าหมายเมื่อระยะทางคงที่ โดยมีความสัมพันธ์เชิงสมการดังนี้

$$Movementtime(MT) = a + b(ID) \qquad \text{.................. (1)}$$

$$ID = \log_2\left(\frac{2A}{W}\right) \qquad \text{.................. (2)}$$

MT = เวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time)

a,b = regression coefficient

ID = ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty)

A = ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดศูนย์กลางเป้าหมาย (Amplitude)

W = ขนาดความกว้างของเป้าหมาย ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width)

จากสมการแสดงให้เห็นว่า หากต้องการปรับปรุงสมรรถนะก ารทำงานจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของ Fitts'law สามารถทำได้โดย 1. การลดขนาดของระยะทาง (A) เช่น การใช้เมนูวงกลม (Pie menus) หรือการจัดเป้าหมายใกล้กับตัวชี้ของเมาส์บนหน้าจอ 2การเพิ่มความกว้างขนาดเป้าหมาย (W) โดยการขยายขนาดของเป้าหมายให้กว้างขึ้นจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้ตัวชี้บนเป้าหมาย 3การลดขนาดและเพิ่มความกว้างของเป้าหมาย

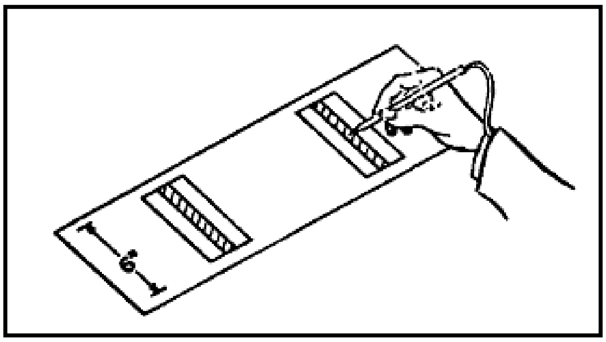
โดยดัชนีงานของฟิตส์ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสมการที่แตกต่างออกไป 2 สมการคือ รูปแบบดัชนีงานของวอลฟอร์ดและรูปแบบดัชนีงานของแชลนอล ซึ่งพบว่ารูปแบบการหาดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดแตกต่างจากสมการดัชนีงานของฟิตส์)Fitts'law) ซึ่งเป็นต้นแบบการศึกษาทางด้านพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมนุษย์ (Human Motor Behavior(ดังนี้

รูปแบบดัชนีงานของวอลฟอร์ด $ID = \log_2(\frac{A}{W} + 0.5W)$ .... *(3)*

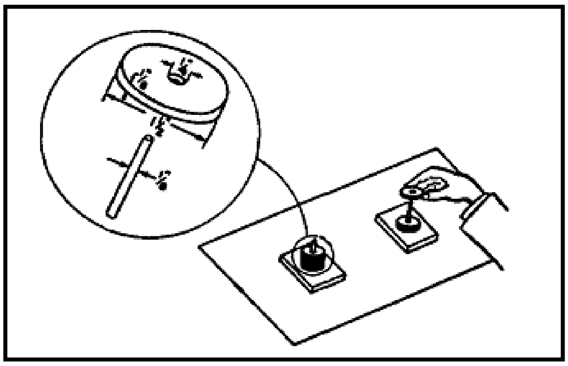
รูปแบบดัชนีงานของแชลนอล $ID = \log_2(\frac{A+W}{W})$ .... *(4)*

โดยสมการของแชลนอลได้มีการเปลี่ยนแปลงสมการดัชนีของงานไปจากดัชนีงานของฟิตส์ ซึ่งในบทความของ MacKenzie (1992) ซึ่งได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โดยใช้ทฤษฎีของฟิตส์ได้พบว่าในงานวิจัยของ W. Wade, Newell, และ Wallace (1978) และงานวิจัยของ Card et al. (1978) ซึ่งทำการศึกษาโดยทำการเปลี่ยนแปลงความกว้างและความยาวของเป้าหมายและพบว่าความกว้างของขนาดเป้าหมายจะมีผลกับเวลาในการเคลื่อนที่อย่างมีนัยสำคัญ แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวของเป้าหมายในการเคลื่อนที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงการกำหนดดัชนีงานในรูปแบบ สมการแชลนอลและวอลฟอร์ดอาจเนื่องมาจากรูปแบบดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดค่าที่ได้ในแต่ละดัชนีงานจะมีค่ามากกว่าศูนย์ในทุกดัชนีงาน โดยรูปแบบดัชนีงานของฟิตส์เมื่อระยะห่างระหว่างเป้าหมายน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของความกว้าง ($A \leq \frac{w}{2}$) ดัชนีงานจะมีค่าเท่ากับศูนย์หรือติดลบและการใช้รูปแบบดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดจะให้ค่าสัมประสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีความยากในการทำงานที่สูงขึ้น MacKenzie,(1989) ได้ทำการศึกษาโดยนำข้อมูลการทดลอง 3 การทดลองของฟิตส์ ได้แก่ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบสไตรัสที่มีน้ำหนักต่างกันคือ

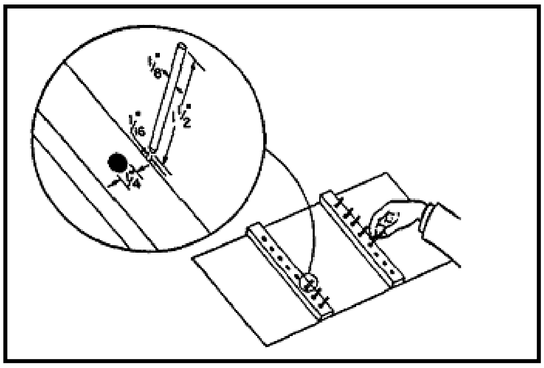
น้ำหนัก 1 ปอร์ดกับน้ำหนัก 1 ออนซ์ โดยใช้งานในการเคาะบนเป้าหมาย (Tapping task) 2) งานทดสอบการเคลื่อนย้ายแผ่นวงแหวน (Disc transfer) และ 3)งานทดสอบการเคลื่อนย้ายสลัก (Pin transfer) เพื่อเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับรูปแบบดัชนีงานและค่าจุดตัดแกนดิ่ง โดยลักษณะงานแสดงในภาพที่ 2.17-2.19



ภาพที่ 2.19 แบบงานการทดสอบการเคาะบนเป้าหมาย (Reciprocal tapping apparatus) คือ งานในการเคาะบนแผ่นเป้าหมายสลับกัน โดยความกว้างของเป้าหมาย 4 ระดับคือ 0.25 0.5 1 และ 2 นิ้ว ระยะห่างระหว่างเป้าหมาย 4 ระดับคือ 2 4 8 และ 16 นิ้ว และกำหนดความสูง ของเป้าหมายคงที่คือ 6 นิ้ว (Fitts, 1954)



ภาพที่ 2.20 แบบงานการเคลื่อนย้ายแผ่นวงแหวน (Disc transfer apparatus) คือการเคลื่อนย้ายแผ่นวงแหวนจากขวาไปซ้ายขา โดยขนาดของช่องวงแหวน (W) เท่ากับ 1/8 นิ้ว จำนวนของแผ่นวงแหวน (n) เท่ากับ 8 แผ่น (Fitts, 1954)



ภาพที่ 2.21 แบบการเคลื่อนย้านอุปกรณ์ตัวสลัก (Pin transfer apparatus) คือ งานการ เคลื่อนย้ายสลักจากขวาไปซ้าย โดยขนาดของตัวสลักและช่องทดสอบ (W) เท่ากับ 1/8 นิ้ว จำนวนของสลักทดสอบ (n) เท่ากับ 8 สลัก (Fitts, 1954)

สำหรับงานวิจัยทางด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ Fitts'law ได้ถูกนำไปใช้ใน 2 ทางคือ 1. เพื่อหารูปแบบการคาดการณ์ .2 เพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ โดยกรณีแรกจะเป็นการหาเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยที่ผู้ใช้เคลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งเป้าหมายแล้วคลิกบนเป้าหมายนั้น ทั้งนี้ยังสามารถใช้เพื่อประเมินสำหรับงานที่ซับซ้อนได้ด้วย โดยการทำงานจะแยกงานนั้นออกเป็นงานย่อยๆแล้วรวมเวลาของงานนั้น ในกรณีที่สองใช้ในการเปรียบเทียบและประเมินอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ต่างกัน แทนการคาดการณ์การเคลื่อนไหว โดยพิจารณาเวลาในการเคลื่อนที่บนสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์

การศึกษาด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์มีการประยุกต์ใช้ Fitts'law อย่างมาก และแพร่หลายในการศึกษาด้าน Psycho movement โดย Card, et al. (1987) เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่ได้นำ Fitts'law มาใช้ในงานวิจัยด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์โดยการศึกษาหาดัชนีวัดสมรรถนะการทำงาน (IP) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่แตกต่างกันซึ่ง Fitts'law สามารถนำมาใช้เป็นรูปแบบสำหรับงานการชี้ตำแหน่งหรือ การลากและวางวัตถุ และจากการศึกษาพบว่า Fitts'law สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยได้ภายใต้ความหลากหลายของเงื่อนไข เช่น สภาพแวดล้อม อวัยวะที่ควบคุมอุปกรณ์ (เช่น แขน ขา ศรีษะ ตา) รวมถึงกลุ่มผู้ทดสอบ เป็นต้น และเมื่อกรทำงานบทหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้เริ่มเข้ามามรบทบาท

Fitts'law ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการกำหนดตำแหน่งของเคอร์เซอร์บนเป้าหมายต่างๆที่หน้าจอ เช่น ปุ่มหรือเครื่องมืออื่นๆ

MacKenzie, 2004 ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ โดยร่วมกับนักวิจัยท่านอื่นในการกำหนดมาตรฐาน ISO 9241-9 โดยในบทความเรื่องการกำหนดมาตรฐานการประเมินของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ได้กล่าวถึงข้อแนะนำสำหรับการศึกษาทางด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Fitts'law เป็นโมเดลในการเปรียบเทียบสภาพเงื่อนไขการทดลองเพื่อสนับสนุนหรือเพิ่ มเติมในวิธีการทดลอง โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะในส่วนที่งานวิจัยฉบับนี้ได้นำมาปรับใช้ดังนี้

1. การกำหนดดัชนีความยากของงานในการทดสอบ ใช้รูปแบบการคำนวณของแชลนอล คือ $ID = \log_2(\frac{A+W}{W})$

2. ขอบเขตของดัชนีความยากของงาน มาจากระยะห่างในการเคลื่อนที่และความกว้างของเป้าหมาย มีค่าระหว่าง 2-8 และในแต่ละเงื่อนไขดัชนีความยากของงาน ข้อมูลที่ถูกเก็บจะต้องมีจำนวนระหว่าง 15-25 ข้อมูล

3. การวัดการกระจายของตำแหน่งเป้าหมาย สามารถหาได้จากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และ/หรือ อัตราความผิดพลาด

4. ค่า R^2 สามารถใช้หาจุดตัดแกนและความชันของงสมการฟิตส์ได้

5. การใช้ดัชนีความยากของงานและแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น สามารถใช้เพื่อคาดการณ์เวลาในการเคลื่อนที่ในการทดลองได้

6. สมรรถนะการทำงานเป็นการคำนวณที่พิจารณาทั้งความเร็วและความแม่นยำในการทำงาน

MacKenzie ได้แสดงให้เห็นว่ามาตรฐานของ ISO สอดคล้องและได้รับการยอมรับกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งผลลัพธ์ที่ได้จากมาตรฐานนี้ยังมีความถูกต้องในการคาดการณ์พฤติกรรมและการประเมินอุปกรณ์ ทั้งนี้ MacKenzie ได้ทำการศึกษาประเมินผลอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 2 ชนิดระหว่าง อุปกรณ์ชี้ที่เป็นรีโมทกับเมาส์มาตรฐาน โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ISO 9241-part

9 ในการประเมินความแม่นยำและสมรรถนะของอุปกรณ์ ซึ่งพบว่า เมาส์มาตรฐานมีสมรรถนะการทำงานดีกว่าอุปกรณ์ชี้ที่เป็นรีโมท

2.7 มาตรฐานองค์กรระหว่างประเทศ 9241 ส่วนที่ 9

มาตรฐาน 9241 เป็นมาตรฐานจากองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดการมาตรฐาน International Organization for Standardization (ISO) ได้กล่าวถึงหลากหลายส่วนที่ครอบคลุมด้านการยศาสตร์ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งแต่เดิมนั้นอยู่ในเรื่องของความเหมาะสมทางด้านการยศาสตร์สำหรับการทำงาน โดยแบ่งออกเป็นหลากหลายส่วน เช่น การสัมผัสและการปฏิสัมพันธ์ในการมองเห็น (haptic) เป็นต้น โดยในส่วนที่ 9 : (2000) ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ป้อนข้อมูลสำหรับผู้ที่ไม่ใช้แป้นพิมพ์ โดยส่วนนี้ได้ระบุข้อกำหนดซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับตัวแสดงภาพ (visual display terminal) นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะสำหรับการทดสอบสมรรถนะการทำงานของผู้ใช้ที่ใช้เป็นทางเลือกในการแสดงความสอดคล้องกับมาตรฐาน มาตรฐานจะครอบคลุมอุปกรณ์เช่น เมาส์ แทร็กบอล และอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งอื่น ๆ แต่จะไม่รวมถึงอุปกรณ์ป้อนข้อมูลผ่านทางเสียง โดยมาตรฐาน ISO เป็นมาตรฐานที่ช่วยให้เราสามารถเปรียบเทียบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งและเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานที่แตกต่างกันได้โดยใช้วิธีที่สอดคล้องกัน (Soukoreff and MacKenzie, 2004)

ISO 9241-9 ได้อธิบายการทดสอบเพื่อประเ มินสมรรถนะการทำงาน การทำงานที่สะดวกสบายรวมถึงความสามารถของผู้ใช้ในการใช้อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งนั้นๆ โดยมาตรฐานนี้สามารถช่วยในการเลือกลักษณะอุปกรณ์ที่ดีกว่าสำหรับการใช้งาน โดยผู้ใช้จะทำการทดลองตามลำดับของงานและวัดผลสำหรับนำไปวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานเพื่อเปรียบเที ยบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งต่อไป มาตรฐาน ISO 9241-9 นอกจากจะช่วยบ่งชี้สำหรับการทดสอบเชิงคุณภาพแล ผู้ทดลองจะต้องกรอกแบบสอบถามเกี่ยวกับความสะดวกสบายและความชอบในการใช้งานด้วย มาตรฐานนี้ได้นำไปใช้กับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ใช้มือเป็นตัวดำเนินการ ได้แก่ เมาส์ แทร็คบอล ปากกานำแสง สไตรัส จอยสติ๊ก ทัชแพด เป็นต้น ซึ่งการประเมินสมรรถนะการทำงานได้แบ่งงานออกเป็นงานย่อยคือ

1) งานการเคลื่อนที่ใน 1 ทิศทางตามแนวนอน (Horizontal)
2) งานการเคลื่อนที่หลายทิศทาง (Multidirectional)
3) งานในการลาก การวาด (Drawing)

4) งานในการเขียนภาพหรือตัวอักษร (Hand-written characters or pictures)

5) งานการจับหรือยึด (Homing device switching)

สำหรับการทดสอบจะขึ้นกับลักษณะของอุปกรณ์และจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยในงานวิจัยนี้ได้มุ่งตามมาตรฐานของ ISO 9241-9 ในเรื่องของวิธีการทดลองและการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานสำหรับการประเมินผลอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง คือ

1) การทดสอบเป็นแบบสองทิศทาง ตามแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal)

2) การคำนวณสมรรถนะการทำงานสำหรับงานในการชี้ตำแหน่งหรืองานในการลากวัตถุใช้รูปแบบการคำนวณดัชนีงานของแชลนอล ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานของ ISO 9241-9

รูปแบบการกำหนดดัชนีความยากของงาน : $$ID = \log_2\left(\frac{A+W}{W}\right) \quad \text{.....................} \; (5)$$

สมรรถนะการทำงานของแต่ละเงื่อนไขการทดสอบ : $$IP_i = \frac{ID_i}{MT_i} \quad \text{.....................} \; (6)$$

สมรรถนะการทำงานของการทกสอบเงื่อนไขทั้งหมด : $$IP = \overline{IP_i} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{ID_i}{MT_i} \quad \text{..............} \; (7)$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการของ Fitt’s Law ได้นำมาใช้เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานตามแนวคิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งาน (Human-computer Interaction: HCI) เพื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์รับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ชนิดต่างๆเช่น เมาส์ ทัชแพด แทร็คบอล สไตรัส จอยสติ๊ก เป็นต้น

Card et al., 1978 ทำการศึกษาถึงความสามารถในการใช้งานของอุปกรณ์ 4 ชนิดได้แก่ mouse joystick step keys และ text keys โดยงานที่ใช้ทดสอบคือการเลือกข้อความบนหน้าจอ CRT ผลการทดสอบพบว่า เมาส์ใช้เวลาในการทดสอบน้อยที่สุดและมีอัตราความผิดพลาดใช้น้อยที่สุด นอกจากนี้จากการหาความชันตามหลักการ Fitts’law พบว่าค่าคงที่ของความชันที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานที่ทดสอบด้วยตาและการทดสอบด้วยมือจึงสามารถสรุปได้ว่าเมาส์เป็นอุปก รณ์ชี้ตำแหน่งที่ใช้เวลาในการทดสอบน้อยที่สุดหรือกล่าวได้ว่า เมาส์เป็นอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ดีที่สุด

Robert et al., 1990 ได้ศึกษาวิธีการประเมินอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้เมาส์และอุปกรณ์ที่ใช้ศรีษะควบคุมและสั่งการ (Ultrasonic Head-Control) โดยใช้โมเดลตามหลักการของ Fitts’law ซึ่ง

Robert และคณะได้กำหนดการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete task) 8 ลักษณะการทำงาน โดยแบ่งเป็น 2 ระยะทาง คือ 24.4 และ 110.9 มิลลิเมตรในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเป้าหมาย 3 ขนาด คือ 2.7 8.1 และ 24.2 มิลลิเมตร เพื่อเก็บเวลาที่ ใช้ในการเคลื่อนที่ (MT) และเพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ ทดสอบกับผู้ทดสอบ 10 คน (ชาย 7 คน และหญิง 3 คน) ผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ที่ใช้ศรีษะควบคุมใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 306 วินาทีซึ่งมากกว่าการใช้เมาส์ในการเคลื่อนที่ 63% เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระ หว่างทิศทางและเวลาการเคลื่อนที่พบว่า ที่ทิศทาง 90 องศาและ 270 องศา เมาส์ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด เช่นเดียวกับอุปกรณ์ที่ใช้ศรีษะในการเงยและการก้ม (Head Extension & Flexion) ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุดเช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงระยะทางเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยกับ RMS ของระยะทาง พบว่าทิศทางการเคลื่อนที่ 0 90 180 และ 270 องศา ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด และงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบสมรรถนะกับบุคคลที่พิการทางสมอง (Cerebral palsy) โดยใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมโดยศรีษะและพบว่าสมรรถนะการทำงานด้วยอุปกรณ์ดังกล่ าวจะดีขึ้นเมื่อผู้ทดสอบใช้อุปกรณ์ช่วยพยุงหลัง (Lateral torso support)

MacKenzie et al.,1991 ได้ทำการเปรียบเทียบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 3 แบบคือ เมาส์ (mouse) แทรกส์บอล (trackball) และแท๊บเล็ต (tablet) ทดสอบกับผู้ทดสอบ 12 คนแบ่งเป็นชาย 11 คนและหญิง 1 คน โดยกำหนดการทำงาน 2 แบบ โดยใช้หลักการของฟิตส์ ได้แก่การทำงานที่ใช้การชี้ตำแหน่งเป้าหมาย (Pointing task) และการลากวัตถุ (Dragging task) ผลการทดสอบพบว่า งานในการชี้ตำแหน่งใช้เวลาการเคลื่อนที่และมีอัตราการผิดพลาดน้อยกว่างานในการลากวัตถุ ซึ่งส่งผลให้สมรรถนะ การทำงานแบบชี้ตำแหน่ง สูงกว่างานในการลากวัตถุในทุกอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานระหว่างอุปกรณ์และลักษณะงานที่ทดสอบ พบว่าแท๊บเล็ตมีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าเมาส์สำหรับการทำงานชี้ตำแหน่งเป้าหมายและแทร็คบอลมีสมรรถนะการทำงานน้อยที่สุดในการทำงานทั้งสองแบบ

Douglass et al.,1999 ทดสอบการใช้มาตรฐานสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ (ISO9241 part 9) โดยมีจุดประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานและความสะดวกสบายจากการใช้อุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง โดยการทดสอบกับอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 2 แบบคือ

จอยสติ๊ก (Joystick) และทัชแพด (Touchpad) โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองแบบคืองานในการชี้เป้าหมายและงานในการเลือกวัตถุและกำหนดลักษณะการทำงานออกเป็นสองแบบคือ การทำงานในทิศทางเดียวและการทำงานในหลายทิศทาง (Multi-directional task) ผลการทดสอบพบว่าสมรรถนะการทำงานในหลายทิศทางจากการใช้จอยสติ๊กสูงกว่าทัชแพดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทางทดสอบการทำงานในทิศทางเดียว หลังการทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งผู้เข้าร่วมได้ประเมินแบบทดสอบในเรื่องความล้าและความสะดวกสบายจากการใช้งานซึ่งผลจากการตอบแบบสอบถามโดยรวมไม่พบความแตกต่ างของสองอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งอย่างมีนัยสำคัญ

Isokoski และ Raisamo (2004) ได้ทำการศึกษาความเร็วและความแม่นยำของเมาส์ 6 แบบที่มีลักษณะสมมาตรและไม่สมมาตรขนาดแตกต่างกันออกไป โดยใช้การคำนวณสมรรถนะของเมาส์ตามาตรฐาน ISO 9241-part9 โดยมีดัชนีความยากของงานระหว่าง 1.58 ถึง 8 ทดสอบกับอาสาสมัคร 12 คน การทดลองได้แบ่งเมาส์ออกเป็น 3 คู่ คือ (A,B) (C,D) (E,F) ในแต่ละคู่เป็นเมาส์ยี่ห้อและมีลักษณะการส่งสัญญาณการเคลื่อนที่แบบเดียวกัน คือ เมาส์ A และ B ใช้การเคลื่อนที่แบบโดยแสง (optical mouse) เมาส์ (C,D) และ (E,F) ใช้การเคลื่อนที่ แบบกล (Mechanical mouse) ผลการศึกษาพบว่าสมรรถนะของเมาส์ทั้ง 6 แบบแตกต่างกันเล็กน้อย โดยเมาส์ที่มีขนาดเล็กกว่าและรูปร่างสมมาตรในแต่ละคู่ทดสอบ (A,C,E) มีสมรรถนะมากกว่าเมาส์ขนาดใหญ่และรูปร่างไม่สมมาตร (B,D,F) เมื่อพิจารณาเวลาโดยรวมในการชี้ตำแหน่งพบว่า เมาส์ A และ C ใช้เวลาน้อยกว่าเมาส์ B และ D ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างของการใช้เมาส์ E และ F และเมื่อพิจารณาอัตราความผิดพลาดของเมาส์ทั้ง 6 ตัว พบว่ามีความแปรผันตามความกว้างของขนาดเป้าหมาย โดยสำหรับความกว้างที่แคบที่สุดคือ 4 พิกเซล มีอัตราความผิดพลาดสูงถึง 28% ของการคลิกพลาดจากตำแหน่งเป้าหมาย และสำหรับขนาดเป้าหมาย พิกเซล 512 ไม่พบความผิดพลาดจากการคลิก ทั้งนี้พบว่าเมาส์ขนาดใหญ่มีอัตราความผิดพลาดน้อยกว่าเมาส์ขนาดเล็ก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินศึกษาการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ชี้ให้เห็นว่าการศึกษาเปรียบเทียบเมาส์การยศาสตร์กับเมาส์มาตรฐานโดยส่วนมากจะมุ่งไปในเรื่องของความปลอดภัยสำหรับการทำงาน แต่ยังมีอีกประเด็นสำคัญสำหรับการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นก็คือ สมรรถนะการทำงาน (Performance) ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงาน โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

3.1 ผู้เข้าทดสอบ

ผู้เข้าทดสอบ

ผู้เข้าทดสอบ เลือกจากอาสาสมัครอายุระหว่างอายุระหว่าง 22-26 ปี ทั้งชายและหญิง ถนัดมือขวา ไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณแขน มือ และข้อมือ มีประสบการณ์การใช้เมาส์คอมพิวเตอร์ โดยการทดสอบได้ควบคุมปัจจัยที่ส่งผลกับสมรรถนะการทำงานในการทดสอบตามทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ (Human factor theory) (Reason 1990) ดังนี้คือ

1) การควบคุมลักษณะของผู้ทดสอบ (Characteristic) ด้านความถนัด อายุ ประสบการณ์การใช้อุปกรณ์ เป็นต้น

2) การควบคุมสภาพแวดล้อมในห้ องปฏิบัติการ (Work station) ได้แก่ ความส่องสว่างบริเวณสถานีการทำงาน อุณหภูมิและสถานีงาน

3) การกำหนดแบบงานการทดสอบ ระยะเวลาขณะทำงานทดลองและระยะเวลาการพักก่อนและระหว่างการทดลอง ตามมาตรฐาน ISO 9241 ส่วนที่ 9 เพื่อลดความล้าและความเครียดของผู้ทดสอบ (Overload)

4) การ อธิบายการใช้โปรแกรม ข้อกำหนดในการทดสอบ หลักการทำงานและการเก็บข้อมูลการทดสอบรวมถึงกำหนดให้ผู้ทดสอบมีการฝึกปฏิบัติเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจการทำงานและสามารถทำการทดสอบได้อย่างถูกต้อง (Appropriate activities and response) รวมถึง การกำหนดการเคลื่อนไหว ได้กำหนดให้ผู้ทดสอบเคลื่อนไหวโดยใช้ข้อมือเพื่อชี้ตำแหน่งเป้าหมาย ในการทดสอบ

ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นซึ่งเป็นการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะการทำงานทั้งทางร่างกายและจิตใจ จึงทำให้การเก็บผลการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือและสามารถบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานได้อย่างถูกต้อง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาเพื่อประเมินการทำงานของมนุษย์จากลักษณะของเมาส์การยศาสตร์ในเรื่องปัจจัยทางกายภาพของเมาส์จากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ขนาดและองศาของเมาส์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1) เมาส์ที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงใช้เมาส์ชนิด optical mouse แบบมีสายต่อเชื่อม ยี่ห้อ ไมโครซอฟท์ รุ่น ไมโครซอฟท์คอมฟอร์ท 3000 ดังภาพที่ 3.1 โดยถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกัน 2 ระดับคือ 78 กรัม และ 135 กรัม ซึ่งค่าที่กำหนดเป็นค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมาส์ทั่วไปและน้ำหนักเมาส์การยศาสตร์ ตามลำดับ เนื่องจาก การศึกษาพบว่าเมาส์ทั่วไปน้ำหนักประมาณ 60-90 กรัม และเมาส์การยศาสตร์น้ำหนักประมาณ 120-150 กรัม

ภาพที่ 3.1 เมาส์ไมโครซอฟท์ รุ่น ไมโครซอฟท์คอมฟอร์ท 3000

2) เมาส์ที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับขนาดที่เปลี่ยนแปลง ใช้เมาส์ชนิด optical mouse แบบมีสายต่อเชื่อม ยี่ห้อ ไมโครซอฟท์ กำหนดโดยความยาว 10.5 เซนติเมตรและ 7.5 เซนติเมตรดังภาพที่ 3.2 มีน้ำหนักเท่ากันดังในภาคผนวก ก โดยความยาวที่กำหนดเพื่อเป็นการทดสอบถึงประสิทธิภาพการทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายกับการใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะกับคอมพิวเตอร์ แบบพกพาเปรียบเทียบกับการใช้ของเมาส์ขนาดใหญ่ซึ่งเป็นลักษณะของเมาส์การยศาสตร์

ภาพที่ 3.2 (ซ้าย) เมาส์ยี่ห้อ ไมโครซอฟท์ รุ่น คอมแพค 100

(ขวา) เมาส์ยี่ห้อ ไมโครซอฟท์ รุ่น คอมฟอร์ท 3000

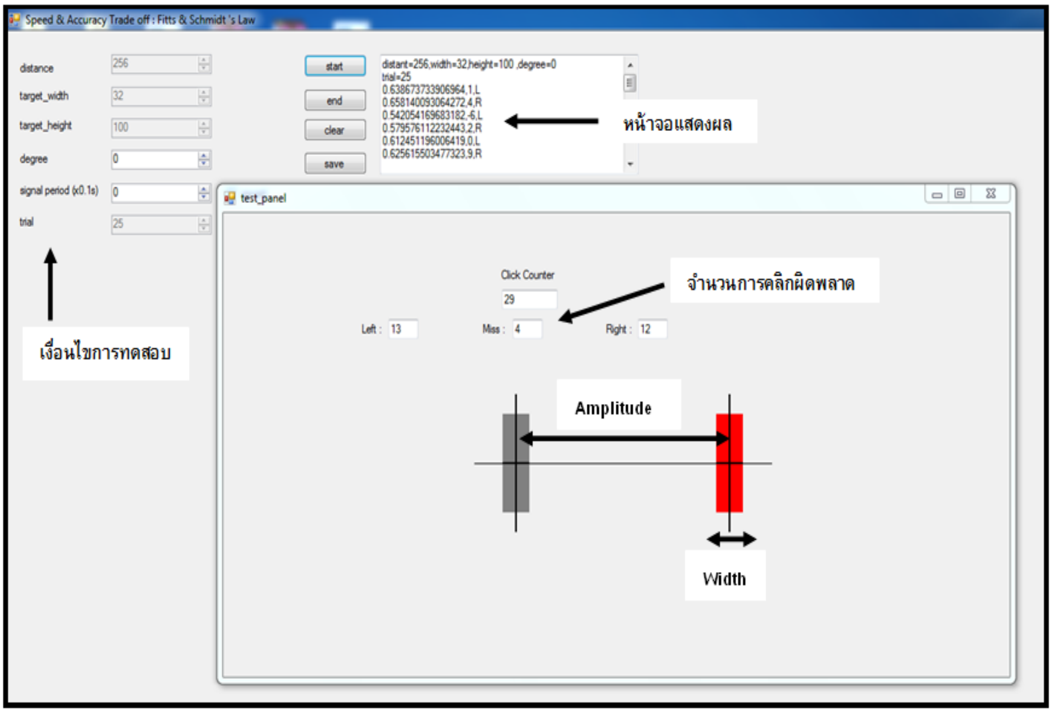
3) เมาส์ที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับองศาที่เปลี่ยนแปลงใช้เมาส์การยศาสตร์ยี่ห้อ Ezmouse รุ่น MSEZR สำหรับมือขวา (Vertical Right Hand Ergonomic USB) และเมาส์ MD tech รุ่น MD-BC8 USB แทนองศาการวางมือของเมาส์ทั่วไปที่จำหน่ายโดยมีน้ำหนักเท่ากัน

ภาพที่ 3.3 เมาส์ MD-TECH

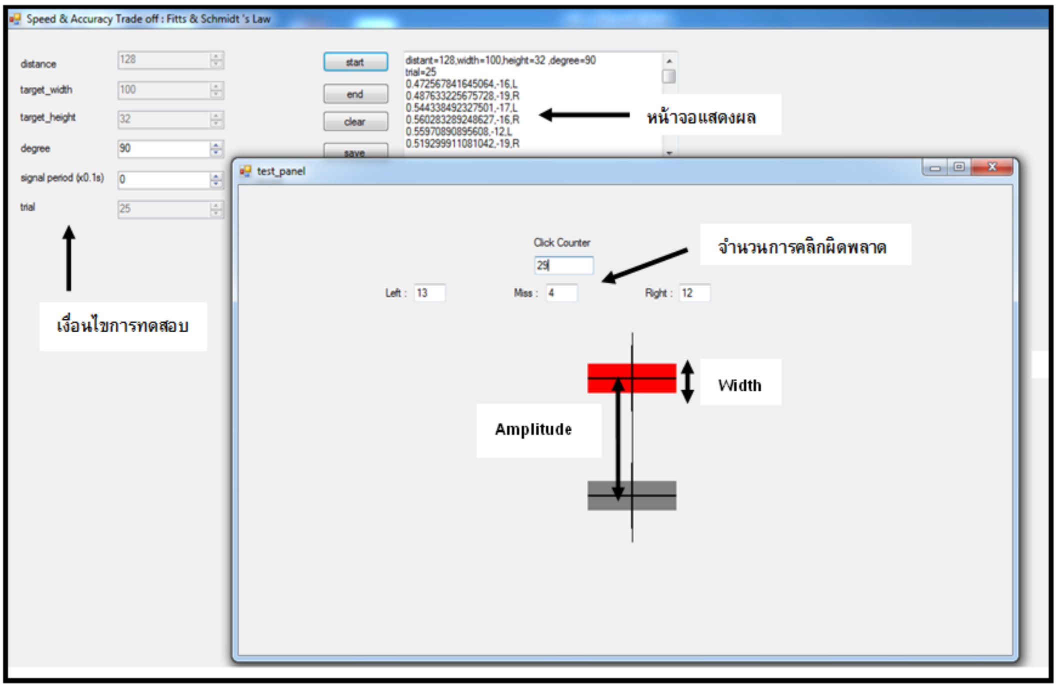
ภาพที่ 3.4 เมาส์การยศาสตร์สำหรับมือขวา

4) เครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Acer AL1716 ขนาดหน้าจอ 17 นิ้ว โดยกำหนดให้โปรมแกรมที่ใช้ทดสอบแสดงผลขนาดเต็มหน้าจอ โดยการตั้งค่าความเร็วของเมาส์ คือ 6 ช่อง (Default)

5) โปรแกรมวัดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวทางของ Fitts'law โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างเป้าหมาย: Amplitude (A) ขนาดความกว้างของเป้าหมาย : Width (W) และทิศทางการเคลื่อนที่ โดยการศึกษาได้กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่แนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) โปรแกรมสามารถบันทึกระยะเวลาในการคลิกและจำนวนการกดของแต่ละรอบการเคลื่อนที่ได้ดังภาพที่ 3.4 และ 3.5



ภาพที่ 3.5 โปรแกรมการทดสอบแนวแกนนอน (Horizontal) ในระยะห่าง 256 พิกเซล ความกว้างของวัตถุ 32 พิกเซล ความสูงของวัตถุ 100 พิกเซล



ภาพที่ 3.6 โปรแกรมการทดสอบแนวแกนตั้ง (Vertical) ในระยะห่าง 128 พิกเซล ความกว้างของวัตถุ 32 พิกเซล ความสูงของวัตถุ 100 พิกเซล

3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

1) การทดสอบใช้ห้องปฏิบัติการทางการยศาสตร์เป็นห้องทดลอง โดยมีการจัดสถานีงานดังนี้คือ มีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส มีความส่องสว่าง 400-500 ลักซ์ โต๊ะทำงานสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร เก้าอี้มีพนักพิงปรับความสูงได้และมีที่รองแขน แผ่นรองเมาส์ขนาด 21×18 เซนติเมตร

2) คัดเลือกผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบทั้งชายและหญิงจะต้องไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณแขน มือ และข้อมือด้านขวา มีประสบการณ์การใช้เมาส์ ถนัดขวา อายุระหว่าง 22-26 ปี

3) การกำหนดท่าทางการทดสอบ ได้กำหนดให้ผู้ทดสอบทำการทดลองในท่าทางที่สบายสำหรับผู้ทดสอบ โดยที่แขนส่วนบนไม่เหยียดออก (วางตามแนวลำตัว) ไหล่ไม่เกร็งและไม่ยกข้อมือไม่งอหรือกระดก รวมถึงกำหนดให้ผู้ทดสอบเคลื่อนเมาส์ระหว่างการทดสอบโดยใช้ข้อมือเท่านั้น

4) ทดลองเก็บเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal) ก่อนการปฏิบัติจริงผู้ทดสอบจะได้รับคำอธิบายการใช้โปรแกรมเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจการทำงานของโปรแกรม การบันทึกเวลาการคลิกเมาส์และการนับจำนวนคลิกในแต่ละรอบการทดสอบรวมถึงกำหนดให้ผู้ทดสอบเคลื่อนเมาส์ระหว่างการทดสอบโดยใช้ *ข้อมือ* เท่านั้น

5) ก่อนการทดสอบจริงกำหนดให้ผู้ทดสอบฝึกปฏิบัติ (Training) เพื่อให้เกิดความคุ้นชินกับการใช้โปรแกรมและสามารถใช้โปรแกรมการทดสอบได้อย่างคล่องแคล่ว เงื่อนไขการทดสอบในแต่ละชั่วโมงการทำงาน 20 เงื่อนไขแบ่งเป็นในแนวทดสอบแกนนอน 10 เงื่อนไข และแนวทดสอบแกนตั้ง 10 เงื่อนไข โดยกำหนดจำนวนการชี้ตำแหน่ งคือ 15 ครั้งต่อเงื่อนไข กำหนดเวลาพักระหว่างเงื่อนไข 1 นาทีและระหว่างชั่วโมงการทดสอบอย่างน้อย 15 นาที ผู้ทดสอบทำการฝึกปฏิบัติจำนวน 3 ชั่วโมงการทำงานเป็นเวลา 3 วันและในการเก็บการทดสอบจริงได้กำหนดการทำแบบฝึกหัดก่อนเก็บการทดสอบในแต่ละชั่วโมงการทดสอบ (Warm up)

6) เงื่อนไขการทดสอบตามระดับค่าความยากในการทำงาน (ID) ดังแสดงตารางที่ 3.1 โดยกำหนดระยะห่าง 4 ระดับ แสดงโดยตั วแปร A1 A2 A3 และ A4 ตามลำดับ และกำหนดขนาดของเป้าหมาย 4 ขนาด แสดงโดยตัวแปร W1 W2 W3 และ W4 ตามลำดับรวมแบบงานในการทดสอบ 16 เงื่อนไขและเนื่องจากความยาว 1024 พิกเซลในแนวแกนตั้งมีความยาวเกินความยาวของหน้าจอทดสอบรวมถึงพบว่าช่วงระยะห่างดังกล่าวมากเกินกว่าการทำงานด้วยข้อมือกล่าวคือการทดสอบ

ตั้งใช้ระยะเอื้อมของท่อนแขนส่วนบนร่วมด้วย ดังนั้นแบบงานในการทดสอบในแนวแกนตั้งจึงลดลงเหลือเพียง 12 เงื่อนไข

7) การเก็บการทดสอบจริง กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบเคลื่อนเมาส์และกดปุ่ม (คลิก) เพื่อชี้ตำแหน่งบนเป้าหมายจำนวน 25 ครั้งต่อเงื่อนไข โดยมีลำดับเงื่อนไขในการทดสอบแบบสุ่ม ผู้ทดสอบ ต้องทำการวอร์มอัพแต่ละครั้ง การทดสอบ เป็นจำนวน 10 เงื่อนไขและทำการเก็บการทดสอบจริง 20 เงื่อนไข รวมเงื่อนไขทดสอบแต่ละครั้ง 30 เงื่อนไข กำหนดให้ผู้ทดสอบได้พักระหว่างการทดสอบแต่ละเงื่อนไขเป็นเวลา 1 นาทีและพักระหว่างชั่วโมงการทำงานอย่างน้อย 15 นาที ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแต่ละครั้งได้ถูกบันทึกไว้ด้วยไฟล์ .CSV

8) ในแต่ละชั่วโมงการทดสอบผู้ทดสอบ ทดสอบเมาส์ทั้ง 2 ระดับ ของปัจจัยการทดสอบ โดยกำหนดให้ลำดับของเมาส์ในการทดสอบแต่ละปัจจัยแบบสุ่มและกำหนดให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบไม่เกิน 4 ชั่วโมงการทำงานในแต่ละวัน

9) ผู้ทดสอบทุกคนต้องทำการทดสอบเมาส์ทั้ง 3 ปัจจัย คือ น้ำหนักเมาส์ ขนาดเมาส์ และองศาการวางมือ โดยการเลือกใช้เมาส์ในแต่ละปัจจัยและแต่ละครั้งการทดสอบเป็นแบบสุ่ม

10) ทำการทดลองซ้ำโดยมีดัชนีความยากของเงื่อนไขและลำดับขั้นตอนตามข้อ 6 ถึง 7 โดยเปลี่ยนปัจจัยลักษณะของเมาส์จากน้ำหนักที่ทดสอบเป็นขนาดความยาวและองศาในการวางมือ ซึ่งสำหรับการทดสอบขนาดความยาวของเมาส์ มีการวัดขนาดมือของผู้เข้ าทดสอบด้วย โดยจำนวนครั้งการทดสอบในแต่ละปัจจัยในผู้ทดสอบแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ขึ้นกับการเรียนรู้และสมรรถนะการใช้เมาส์ของผู้ทดสอบแต่ละคน

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขของดัชนีความยากของงาน (ID) ในการทดสอบสมรรถนะการทำงาน

ระยะห่างระหว่างเป้าหมาย (Amplitude)	ความกว้างของเป้าหมาย (width)	ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty)
128	8	4.09
128	16	3.17
128	32	2.32
128	64	1.58
256	8	5.04
256	16	4.09
256	32	3.17
256	64	2.32
512	8	6.02
512	16	5.04
512	32	4.09
512	64	3.17
1024*	8	7.01
1024*	16	6.02
1024*	32	5.04
1024*	64	4.09
	min	1.58
	max	7.01

แผนผังขั้นตอนการทดลอง

กำหนดสถานีปฏิบัติการตามหลักการยศาสตร์

↓

กำหนดลักษณะงานคืองานในการชี้ตำแหน่ง โดยมีระดับดัชนีความยากของงานระหว่าง 1.58-7.01 รวมลักษณะเงื่อนไขการทดสอบ 16 เงื่อนไข

↓

คัดเลือกผู้ทดสอบที่มีคุณลักษณะตามขอบเขตที่กำหนด

↓

อธิบายการใช้โปรแกรมการทดสอบและกำหนดลักษณะการทำงานให้กับผู้ทดสอบ

↓

ผู้ทดสอบทำการฝึกปฏิบัติก่อนทำการทดสอบจริง 3 ชั่วโมงการทำงานเป็นเวลา 3 วัน

โดยกำหนด 1) เงื่อนไขการทดสอบแต่ละชั่วโมงการทำงานคือ 20 เงื่อนไขในแนวแกนตั้งและแกนนอน

2) จำนวนการชี้ตำแหน่งแต่ละเงื่อนไข 15 ครั้ง

3) รวมการชี้ตำแหน่งคือ 300 ครั้ง/ผู้ทดสอบ 1 คน/ชั่วโมงการทำงาน

↓

การทดสอบเก็บข้อมูลแต่ละชั่วโมงการทำงาน ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบรวม 30 เงื่อนไข

โดยกำหนด 1) แบบฝึกก่อนการทดสอบ 10 เงื่อนไข รวมจำนวนการชี้เป้าหมาย คือ 250 ครั้ง

2) แบบทำการทดสอบจริง 20 เงื่อนไข รวมจำนวนการชี้เป้าหมายคือ 500 ครั้ง

↓

ผู้ทดสอบพักอย่างน้อย 15 นาทีระหว่างชั่วโมงการทำงาน โดยผู้ทดสอบทำการทดสอบ ไม่เกิน 4 ชั่วโมงการทำงานต่อ 1 วัน

↓

ทำการทดสอบเมาส์ทั้ง 3 ปัจจัยคือ ขนาด น้ำหนัก และองศาการวางมือ

↓

การเลือกใช้เมาส์แต่ละปัจจัยและแต่ละครั้งการทดสอบเป็นแบบสุ่ม โดยจำนวนการทดสอบขึ้นกับการเรียนรู้ของผู้ทดสอบแต่ละคน

ตัวอย่างแบบงานก่อนการปฏิบัติ (Warm up)

กำหนดให้ ***คลิก 25 ครั้งต่อเหตุการณ์*** โดยแบ่งการฝึกปฏิบัติออกเป็น 2 แกน คือ

<u>แนวนอน (Horizontal)</u>

การทดลองครั้งที่	ระยะห่าง (พิกเซล)	ความกว้างวัตถุ (พิกเซล)	ความสูงของวัตถุ (พิกเซล)
1	128	16	100
2	128	8	100
3	128	32	100
4	1024	16	100
5	256	8	100

<u>แนวตั้ง (Vertical)</u>

การทดลองครั้งที่	ระยะห่าง (พิกเซล)	ความกว้างวัตถุ (พิกเซล)	ความสูงของวัตถุ (พิกเซล)
1	512	100	16
2	256	100	16
3	128	100	16
4	512	100	8
5	256	100	64

<u>การบันทึกไฟล์การทดลอง</u>

บันทึกผลทุกเหตุการณ์ด้วย <u>*ชื่อ*</u> ตามด้วย <u>*เลขครั้งที่ทำการทดสอบ*</u>

เช่น โบ๊ท1 แทน เหตุการณ์ที่ 1 ของนายโบ๊ท

โบ๊ท2 แทน เหตุการณ์ที่ 2 ของนายโบ๊ท เป็นต้น

เริ่มบันทึกเหตุการณ์ที่ 1 <u>ตั้งแต่</u>การฝึกปฏิบัติครั้งที่ 1

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดสอบผลกระทบของปัจจัยลักษณะของเมาส์ได้แก่ น้ำหนัก ขนาดและองศาการวางมือ อันเป็นลักษณะสำคัญของเมาส์การยศาสตร์ที่มีต่อช่วงเวลาปรับตัวและสมรรถนะการทำงาน โดยทำการทดสอบกับผู้ทดสอบจำนวน 5 คนในแต่ละลักษณะปัจจัย ผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 22-26 ปีทั้งเพศชายและหญิงมีประสบการณ์ใช้เมาส์ในการทำงาน 12-15 ปีและปัจจุบันใช้เมาส์ในการทำงาน ถนัดมือขวา มีขนาดมือความยาวมือ 17.4-19.3 เซนติเมตร ความกว้างมือ 7.5-8.7 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.1 สถานีงานสำหรับการทด สอบได้ออกแบบโดยคำนึงถึงหลักการยศาสตร์โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความส่องสว่าง ความสูงของโต๊ะทำงานและเครื่องคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ทดสอบ

ผู้ทดสอบ	**ความกว้างมือ (ซม.)**	**ความยาวมือ (ซม.)**	**น้ำหนัก (กก.)**	**ส่วนสูง (ซม.)**	**ประสบการณ์การใช้เมาส์ (ปี)**
คนที่ 1	8	16.5	53	163	12
คนที่ 2	7.5	17.5	51	162	12
คนที่ 3	8	18.5	80	174	15
คนที่ 4	8.7	18	48	160	12
คนที่ 5	8.7	17	64	162	12
ค่าเฉลี่ย	8.18	17.5	59.3	164.2	12.6
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.52	0.79	13.15	5.59	1.34

การยืนยันว่าอาสาสมัคร 5 คนสามารถเป็นตัวแทนการบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานได้จึงได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบเวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ยและสมรรถนะการทำงาน โดยเลือกใช้แบบงานที่มีดัชนีความยากของงานเดียวกันคือ 1.58 ซึ่งเป็นระดับงานพื้นฐานในการทำงาน การเปรียบเทียบได้ใช้ข้อมูลการทดสอบในดัชนีงานดังกล่าว 3 ครั้งของการฝึกปฏิบัติวันแรกจากอาสาสมัคร 5 คนที่เป็นผู้ทดสอบเปรียบเทียบกับอาสาสมัครเพิ่มเติมอีก 3 คนซึ่งเป็นชาย 2 คน หญิง 1 คน ถนัดขวามีประสบการณ์การใช้เมาส์ ขนาดมือและอายุอยู่ในช่วงเดียวกันกับผู้ทดสอบ กำหนดให้อาสาสมัค ร ทั้ง 8 คนทำงานทำงานภายใต้การทดสอ บเดียวกัน การทดสอบ ได้ใช้สถิติ Duncan’s Range test ที่

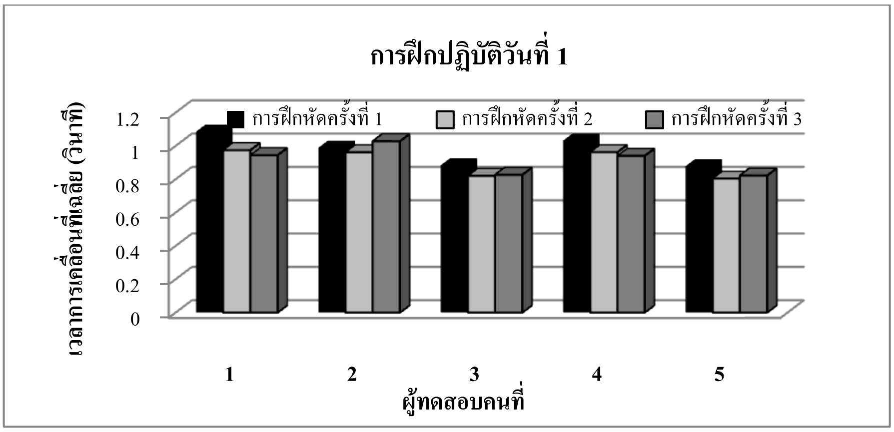
ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานว่า หากอาสาสมัครซึ่งเป็นผู้ทดสอบจำนวน 5 คนมีสมรรถนะการทำงานและเวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ยไม่แตกต่างจากอาสาสมัคร 8 คนในการทำงานดัชนีงานพื้นฐานเดียวกัน จำนวนผู้ทดสอบในงานวิจัย 5 คนสามารถเป็นตัวแทนบ่งชี้สมรรถนะการทำงานในงานวิจัยได้ ซึ่งจากผลการทดสอบ พบว่าอาสาสมัครทั้งหมดซึ่งแบ่งปีน ผู้ทดสอบ ในงานวิจัย 5 คนและผู้ทดสอบเพิ่มเติมอีก 3 คนมีสมรรถนะการทำงาน และเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยจากการทดสอบในดัชนีงานพื้นฐานเดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.1 การวิเคราะห์ผลการฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมตามแนวคิดของ Fitts' law ของผู้ทดสอบ

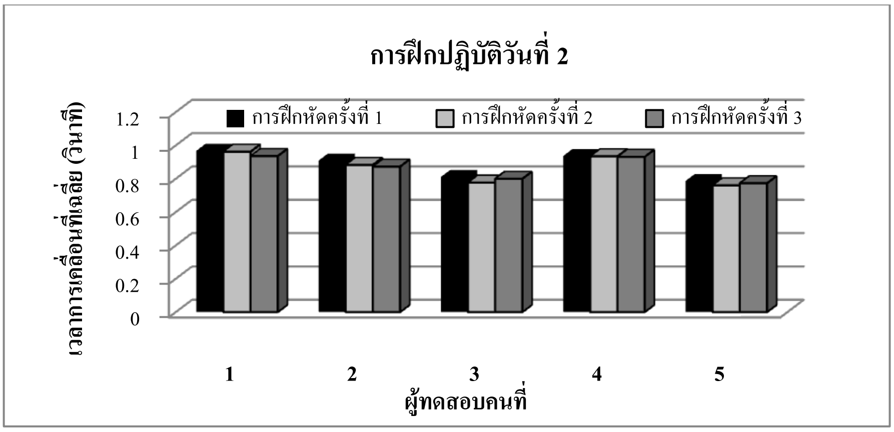
เนื่องจากการทดสอบได้เก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมตามแนวคิดของ Fitts'law การทดสอบว่าอาสาสมัครมีความเข้าใจการทำงานและสามารถใช้โปรแกรมได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องแล้วหรือไม่ จึงได้ทำการฝึกปฏิบัติกับผู้ทดสอบทุกคน โดยมีระยะเวลาการพักระหว่าง เงื่อนไขการทดสอบ 1 นาทีและระหว่างช่วงการทำงาน 15 นาที จำนวน 3 ช่วงการทำงาน เป็นเวลา 3 วัน การทดสอบได้กำหนดแบบงานที่มีเงื่อนไข เดียว กันในแต่ละช่วงการทำงาน โดยกำหนอัตราความผิดพลาด 4 เปอร์เซนต์ ซึ่งการวิเคราะห์ว่าผู้ทดสอบมีความคุ้นชินกับการใช้โปรแกรมแล้วหรือไม่ ได้วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Ducan's Range test ตามข้อแนะนำใน งานวิจัยของ Sena และ Moschini (2006) โดยมีสมมุติฐานว่า หากผู้ทดสอบมีคุ้นชินการใช้โปรแกรมการทดสอบ ผู้ทดสอบมีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานไม่แตกต่างกันในแต่ละชั่วโมงการทำงานของแต่ละวัน จากการทดสอบพบว่าเมื่อพิจารณาจาก เวลา การทำงาน 3 แบบงาน ฝึกปฏิบัติเป็นเวลา 3 วัน โดยการทดสอบพบว่าสมรรถนะการทำงานในวันที่ 2 และ 3 ของการฝึกการใช้โปรแกรมผู้ทดสอบมีความคุ้นชินกับการใช้โปรแกรมมากขึ้นดังภาพที่ 4.1-4.4 โดยสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานไม่แตกต่างกันในแต่ละชั่วโมงการฝึกปฏิบัติของแต่ละวัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังในภาคผนวก ข และในการทดสอบได้กำหนดให้ผู้ทดสอบทำแบบเงื่อนไขก่อนการทดสอบจำนวน 10 เงื่อนไข ซึ่งใช้เวลา 10-15 นาทีเพื่อ กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ (Activation) ก่อน การเก็บข้อมูลจริงในแต่ละ ครั้ง (Warm up) ซึ่งช่วงระยะเวลา การวอร์มอัพ ดังกล่าวจะทำ ให้ผู้ทดสอบสามารถควบคุมการใช้กล้ามเนื้อในการทำงานเพื่อบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานได้ดียิ่งขึ้นอีกทั้งยังเป็นการลดความเมื่อยล้าและอาการบาดเจ็บที่อาจ เกิดขึ้น (นิวัฒน์ บุญสม , 2549) ทั้งนี้จากการศึกษางานวิจัยการทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งอาทิ งานวิจัยของ Isokoki และ Raisomo (2002) ที่ทดสอบเมาส์สมมาตรและอสมมาตร งานวิจัยของ MacKenzie et al.,1991 ได้ทำการเปรียบเทียบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 3 แบบคือ เมาส์ แทรกส์บอล และแท๊บเล็ต งานวิจัยของ Robert et al., 1990 ได้ศึกษาวิธีการประเมินอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้เมาส์และอุปกรณ์ที่ใช้ศรีษะ ควบคุมและสั่งการ (Ultrasonic Head-Control) หรือ

งานวิจัยของ Card et al., (1978) ที่ศึกษาถึงความสามารถในการใช้งานของอุปกรณ์ 4 ชนิดโดย งานวิจัยที่กล่าวมานั้นได้กำหนดช่วงเวลาการวอร์มอัพก่อนการเก็บข้อมูล แต่ไม่ได้กล่าวถึงดัชนีชี้วัดหรือช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ไ ด้ทดสอบ การยืนยันว่าเวลาในการทำแบบเงื่อนไขก่อนการปฏิบัติ (Warm up) เพียงพอกับการปรับตัวก่อนการทดสอบ ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนของข้อมูลในแบบดัชนีงานเดียวกัน ในช่วงต้นและช่ วงปลายการทดสอบ โดยสุ่มการจากการทดสอบจำนวน 3 ครั้งจากผู้ทดสอบ 3 คน โดยมีสมมุติฐานว่า หากเวลาในการทำแบบทดสอบก่อนการปฏิบัติมีความเหมาะสมและไม่มีผลต่อข้อมูลการทดสอบในการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงาน ค่าความแปรปรวนจากการทำงานในดัชนีงานเดียวกันในช่วงต้นและช่วงปลายการทดสอบจะไม่แตกต่างกัน

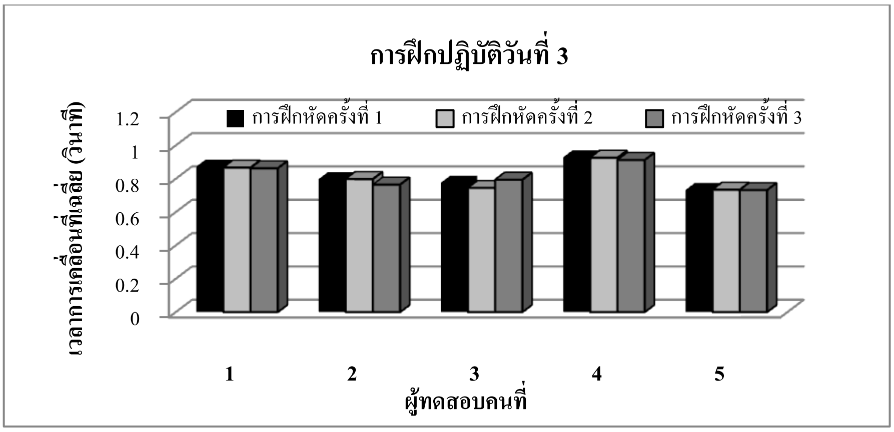
<u>**เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแนวแกนนอน**</u>



ภาพที่ 4.1 ก การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนนอนของการฝึกปฏิบัติวันที่ 1

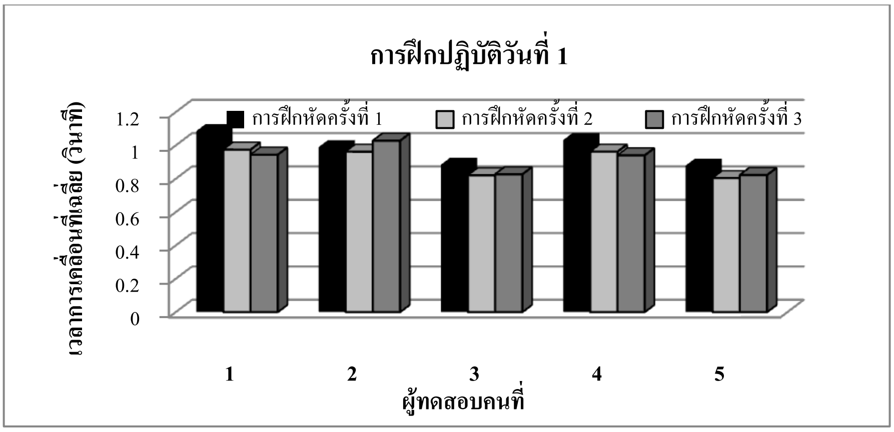


ภาพที่ 4.1 ข การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนนอนของการฝึกปฏิบัติวันที่ 2

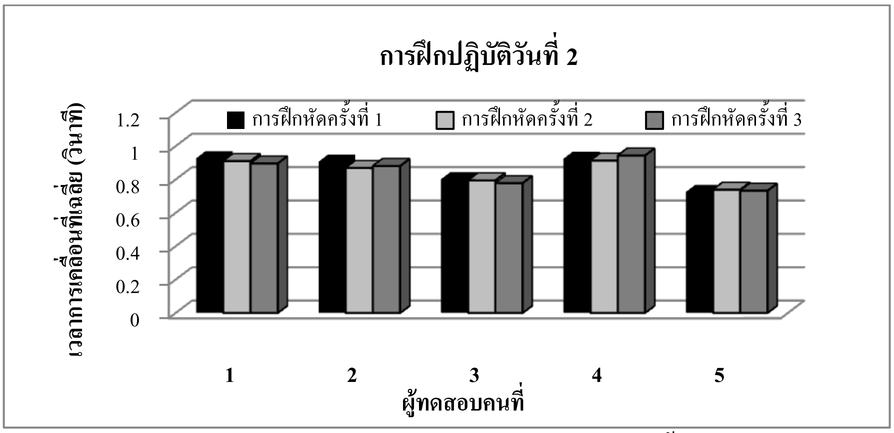


ภาพที่ 4.1 ค การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนนอนของการฝึกปฏิบัติวันที่ 3

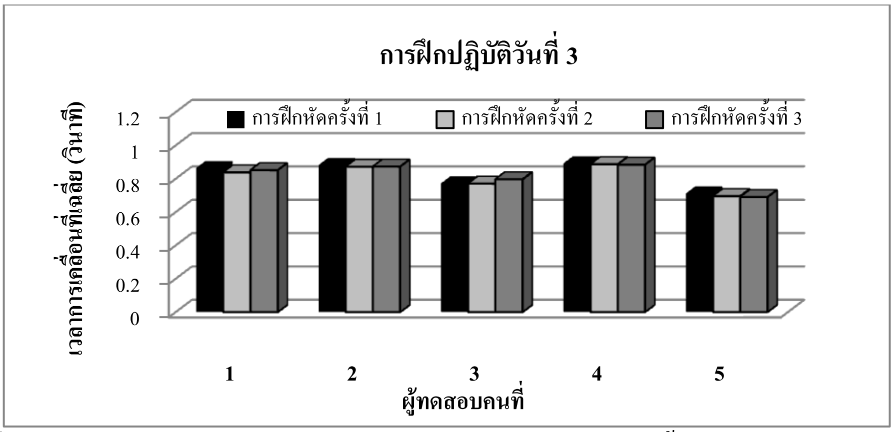
<u>**เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแนวแกนตั้ง**</u>



ภาพที่ 4.2 ก การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนตั้งของการฝึกปฏิบัติวันที่ 1

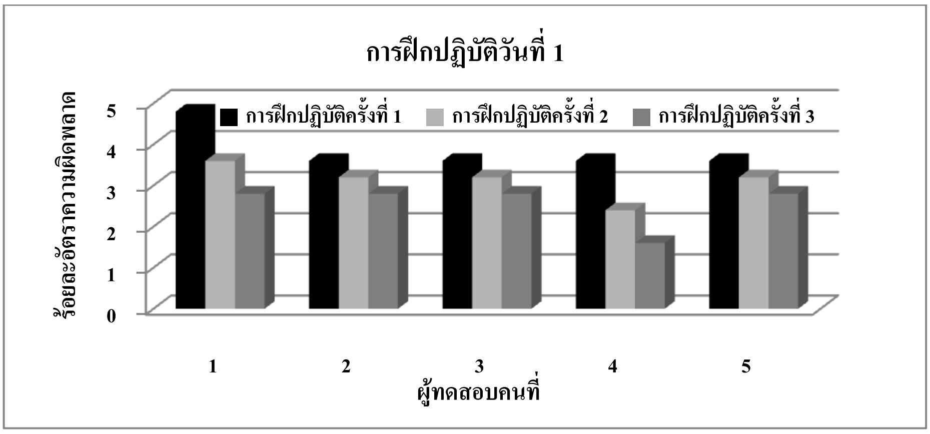


ภาพที่ 4.2 ข การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนตั้งของการฝึกปฏิบัติวันที่ 2

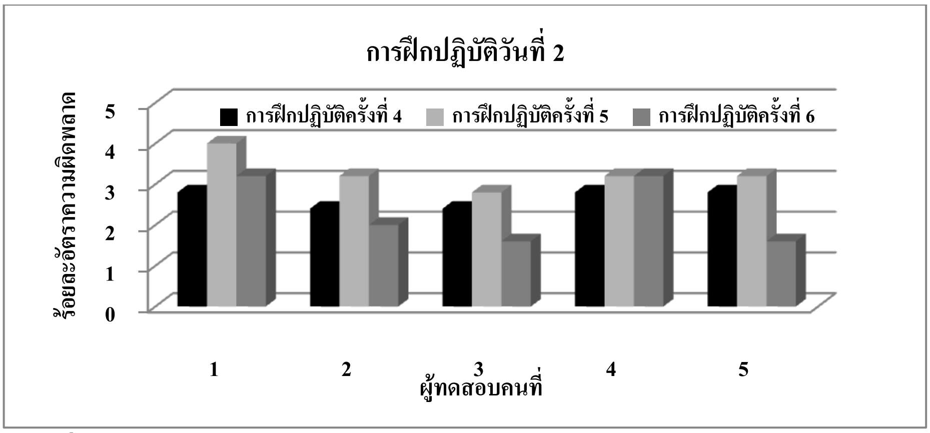


ภาพที่ 4.2 ค การฝึกปฏิบัติของผู้ทดสอบในการทดสอบแนวแกนตั้งของการฝึกปฏิบัติวันที่ 3

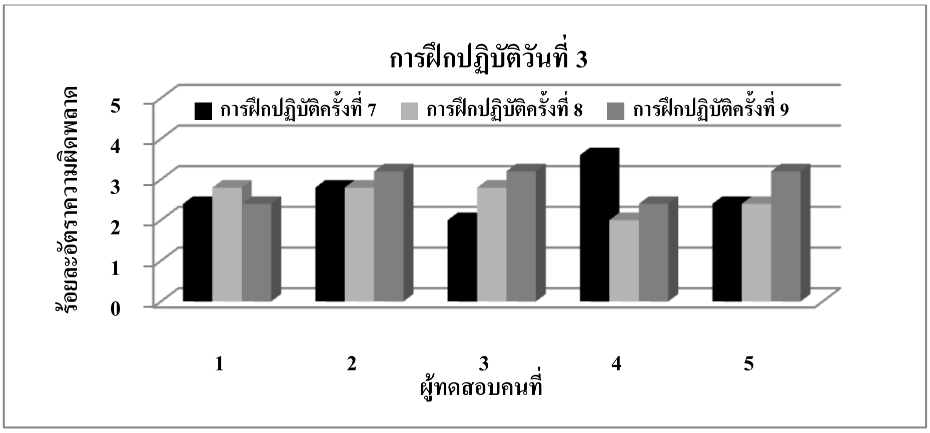
<u>อัตราความผิดพลาดของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแนวแกนนอน</u>



ภาพที่ 4.3 ก ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 1

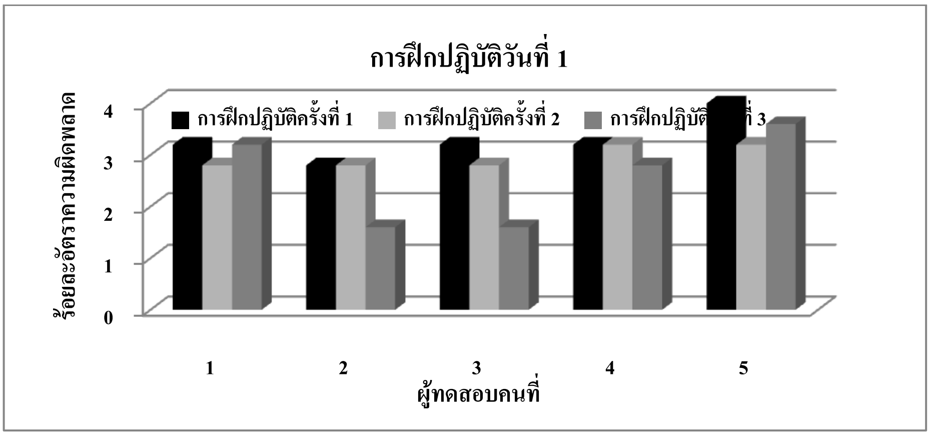


ภาพที่ 4.3 ข ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 2

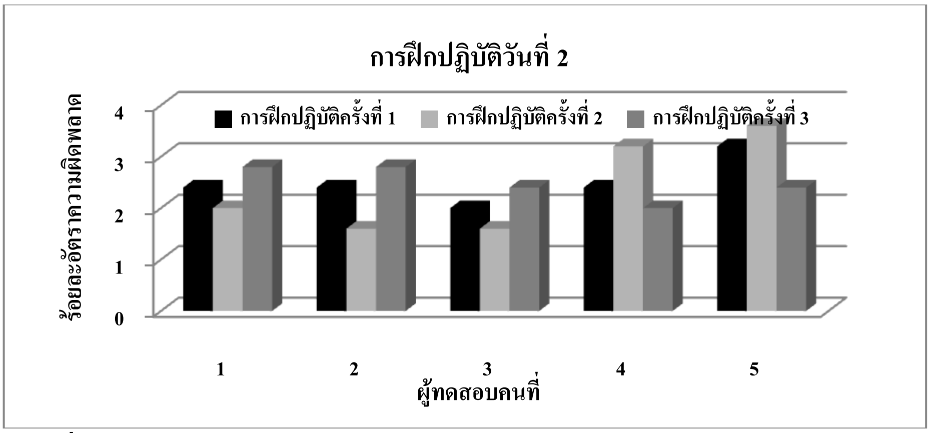


ภาพที่ 4.3 ค ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 3

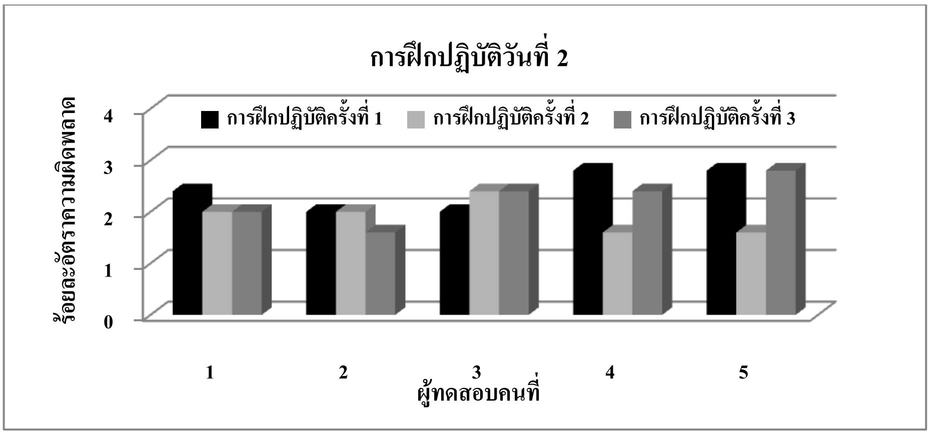
__อัตราความผิดพลาดของการฝึกปฏิบัติในการทดสอบแนวแกนตั้ง__



ภาพที่ 4.4 ก ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 1



ภาพที่ 4.4 ข ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 2



ภาพที่ 4.4 ค ร้อยละของอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการฝึกปฏิบัติวันที่ 3

4.2 การวิเคราะห์เส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning Curve) และสมรรถนะการทำงาน (Performance)

เนื่องจากลักษณะปัจจัยของเมาส์การยศาสตร์ออกแบบโดยคำนึงถึงความเหมาะสมตามหลักสรีรศาสตร์จึงอาจมีผลต่อความไม่คุ้นชินกับการทำงานคนบุคคลทั่วไป กล่าวคือมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากกว่าเมาส์ปกติ และมีองศาการวางมือที่บังคับให้ท่าทางการวางมืออยู่ในท่าปกติ ซึ่งการศึกษาเส้นโค้ งการเรียนรู้ของผู้ทดสอบได้พิจารณาถึงสมรรถนะการใช้งานของอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยความเร็วและความแม่นยำในการทำงานโดยแบ่งปัจจัยการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัยคือ น้ำหนัก ขนาด และองศาการวางมือ

การบ่งชี้ถึงช่วงการเรียนรู้ของผู้ทดสอบได้วิเคราะห์จากสมรรถนะการทำงาน ทั้งทางด้านความเร็วและความแม่นยำ โดยทางด้านความเร็วในการทำงานวิเคราะห์โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA เพื่อพิจารณาค่าสมรรถนะการทำงานในเชิงของเวลาที่คำนวณตามมาตรฐานของ ISO 9241-9 โดยมีสมมุติฐาน ว่า หากผู้ทดสอบมีการเรียนนรู้คงที่ผู้ทดสอบจะมี สมรรถนะการทำงานในช่วง 5 ครั้งการทดสอบ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการกำหนดจำนวนของช่วงการทดสอบ 5 ครั้ง เนื่องจากการทดสอบพบว่าการกำหนดการเรียนรู้คงที่ของการทดสอบสมรรถนะการทำงานที่ไม่แตกต่างกัน 3 ครั้งการทดสอบ เมื่อกำหนดให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบต่อเนื่องไปในครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 พบว่าผู้ทดสอบบางคนมีสมรรถนะการทำงานแตกต่างจากช่วงการเรียนรู้คงที่ในครั้งที่ 1 2 และ 3 ดังนั้นเพื่อให้การบ่งชี้ถึงช่วงการเรียนรู้คงที่ของผู้ทดสอบว่าสามารถเรียนรู้และฝึกฝนจนมรสมรรถนะการทำงานคงที่แล้วหรือไม่จึงกำหนดช่วงการเรียนรู้ 5 ชั่วโมงการ

ทดสอบ ด้านความแม่นยำในการทำงานได้คำนวณจากอัตราความผิดพลาดที่ผู้ทดสอบคลิกเมาส์ไม่ถูกต้องตามตำแหน่งเป้าหมายของเงื่อนไข โดยกำหนดเปอร์เซนต์การชี้ตำแหน่งของเป้าหมายผิดพลาดตามการศึกษาของ MacKenzie (1991) ซึ่งพบว่าอัตราความผิดพลาดที่เหมาะสมคือ 1 ครั้งต่อจำนวนการชี้เป้าหมาย 25 ครั้งและหากผู้ทดสอบชี้ตำแหน่งของเป้าหมายผิดพลาดมากกว่าข้อกำหนดเบื้องต้น ผู้ทดสอบต้องทดสอบการทำงานนั้นใหม่อีกครั้ง ทั้งนี้จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าการศึกษาของ Wobborck et al.,(2008) และงานวิจัยของ Isokoski และ Raisamo (2002) ได้ทำการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งโดยใช้หลักการของฟิตส์ได้กำหนดเปอร์เซนต์อัตราความผิดพลาดเท่ากับ 4 เปอร์เซนต์เช่นกัน การวิเคราะห์ได้แบ่งแนวการทดสอบออกเป็น 2 แนวแกนคือแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง โดยแต่ละเงื่อนไขการทำงานผู้ทดสอบต้องชี้ตำแหน่งเป้าหมายจำนวน 25 ครั้งต่อเงื่อนไขการทดสอบ เพื่อให้มีแนวโน้มของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบ (Central tendency) ในแต่ละเงื่อนไขการทดสอบนั้น (Soukoreff และ Makenzie, 2004) การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานสำหรับการชี้ตำแหน่งเป้าหมายได้เก็บเวลาการชี้ตำแหน่งทั้งหมด 15 ค่ากลางจากการทดสอบ 25 ค่าเพื่อลดความแปรผันในการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงาน ทั้งนี้จำนวนการชี้ตำแหน่งในแต่ละเงื่อนไขที่นำมาพิจารณาดังกล่าวยังคงมีความเหมาะสมตามมาตรฐานการทำงานที่ได้ระบุไว้ใน ISO 9241 ส่วนที่ 9 ที่ได้กำหนดจำนวนการชี้ตำแหน่ง 15-25 ครั้งต่อเงื่อนไขการทดสอบ

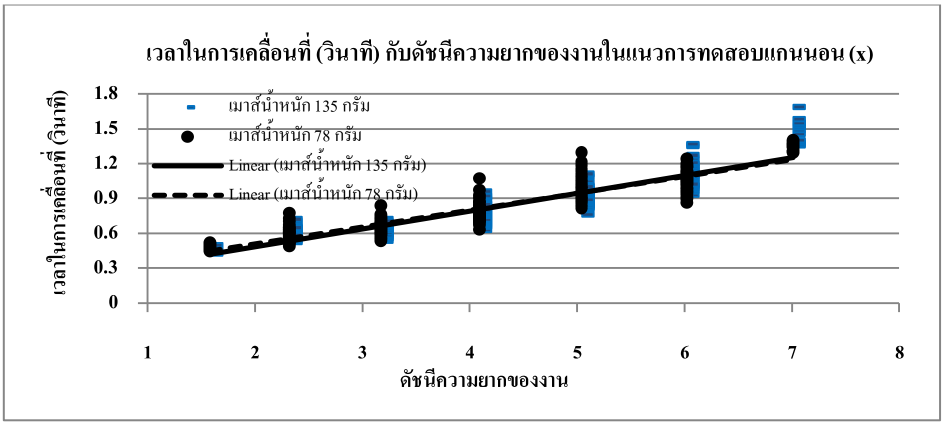
เหตุผลการใช้สมรรถนะการทำงานบ่งชี้เส้นโค้งการเรียนรู้แทนการใช้เวลาในการทดสอบเนื่องจากการทำงานเพื่อให้ครอบคลุมตามมาตรฐาน ISO 9241-9 ที่กำหนดให้ดัชนีความยากของเงื่อนไขการทดสอบอยู่ระหว่าง 2 – 8 บิตส์ กล่าวคือในช่วงดังกล่าวผู้ทดสอบจะได้ทำงานครอบคลุมทั้งลักษณะกา รทำงานที่ง่าย ปานกลาง และยาก ซึ่งทำให้มีดัชนีความยากของงานรวมทั้งสิ้น 7 ระดับความยากโดยมีลักษณะเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน 16 เงื่อนไข และจากข้อกำหนดใน ISO 9241 ส่วนที่ 9 ที่กำหนดเวลาการทดสอบแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง และจาก Isokoski และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงช่วงเวลาการทดสอบและพบว่าหากผู้ทดสอบทำงานติดต่อกันในแต่ละครั้งการทดสอบมากกว่า 1 ชั่วโมงผู้ทดสอบจะเกิดความอ่อนล้าซึ่งอาจมีผลกับ สมรรถนะ การทำงาน ดังนั้นการแบ่งเงื่อนไขการทดสอบจึงเป็นสิ่งจำเป็นและเพื่อให้การทดสอบแต่ละครั้งใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 1 ชั่วโมงผู้วิจัยจึงได้แบ่งแบบงานโดยมีเงื่อนไขการทำงาน

เป็นแบบสุ่ม (Random) โดยในแต่ละชั่วโมงการทดสอบอาสาสมัครจะทำการทดสอบทั้ง 2 เมาส์ในแต่ละปัจจัยโดยแบ่งเป็นในการเคลื่อนที่แนวแกนนอน (x) และแนวแกนตั้ง (y) รวมถึงกำหนดให้ผู้ทดสอบทำแบบฝึกปฏิบัติ (Warm up) ทุกครั้งก่อนการทดสอบจริง จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้แต่ละครั้งการทดสอบ อาสาสมัครได้รับเงื่อนไขการทดสอบและแบบงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นทั้งในเรื่องของดัชนีความยากของงาน ระยะเวลาการทดสอบ และลักษณะเงื่อนไขการทดสอบ จึงเป็นเหตุผลให้เลือกใช้สมรรถนะก ารทำงานในแต่ละคลิกของการทดสอบสำหรับการบ่งชี้ถึงการเรียนรู้ของผู้ทดสอบ

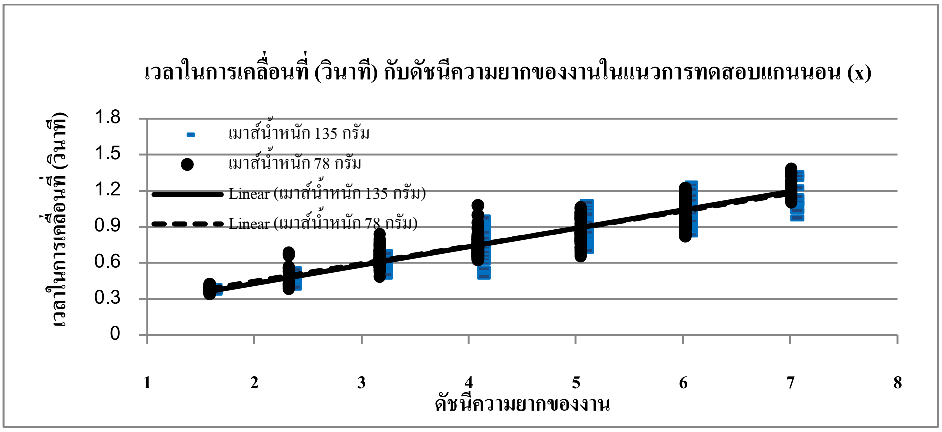
1) การศึกษาสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้ของน้ำหนักเมาส์

การวิเคราะห์ความเคยชินหรือเส้นโค้งการเรียนรู้ของผู้ทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมาส์ เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาในการปรับตัวของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกับน้ำหนักของเมาส์การยศาสตร์เปรียบเทียบกับสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับเมาส์ที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้เมาส์ที่แตกต่างกัน 2 ระดับน้ำหนักคือ 78 กรัมและ 135 กรัม ซึ่งเป็นตัวแทนน้ำหนักของเมาส์ทั่วไปและน้ำหนักเมาส์ของการยศาสตร์ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบสามารถเรียนรู้และสามารถปรับตัวให้คุ้นเคยจนมีสมรรถนะการทำงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) ในชั่วโมงการทำงาน (work period) ที่ 4-6 จากการทำงานในแนวแกนนอนและชั่วโมงการทำงานที่ 5-6 จากการทำงานในแนวแกนตั้ง

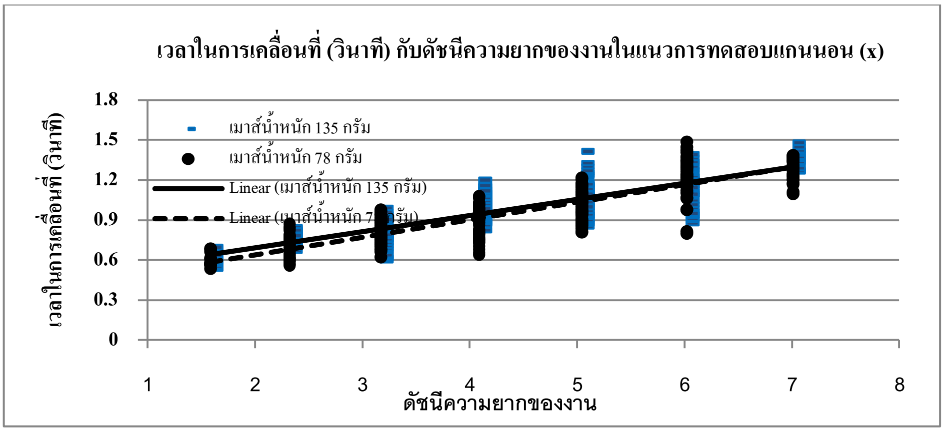
จากการพิจารณาการทำงานในแนวแกนนอน (horizontal) ดังภาพที่ 4.2-4.6 พบว่าผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานระหว่าง 4.24-5.39 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานพบว่าการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมซึ่งเป็นตัวแทนน้ำหนักของเมา ส์การยศาสตร์พบว่าผู้ทดสอบ 4 คนมีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม โดยมีสมรรถนะการทำงานเท่ากับ 5.00 5.24 5.26 และ 5.39 ซึ่งผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมมากกว่าเมาส์น้ำหนัก 78 กรัมอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05)



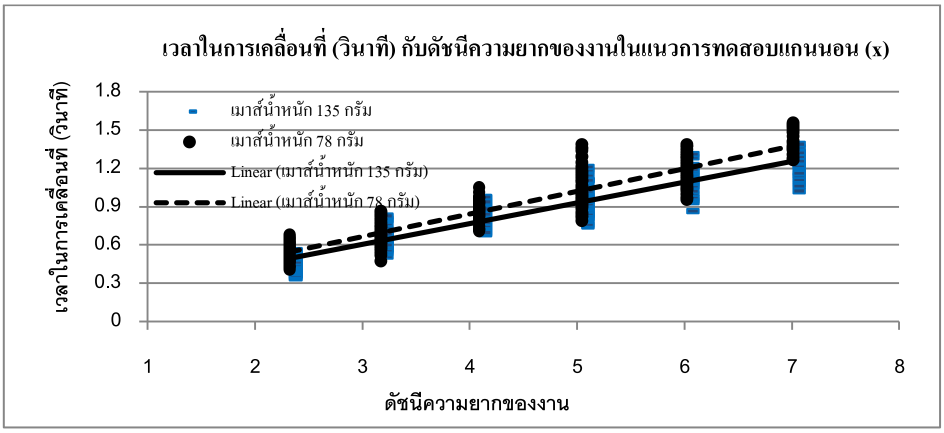
ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1533x + 0.1776 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8591 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1454x + 0.219 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8789



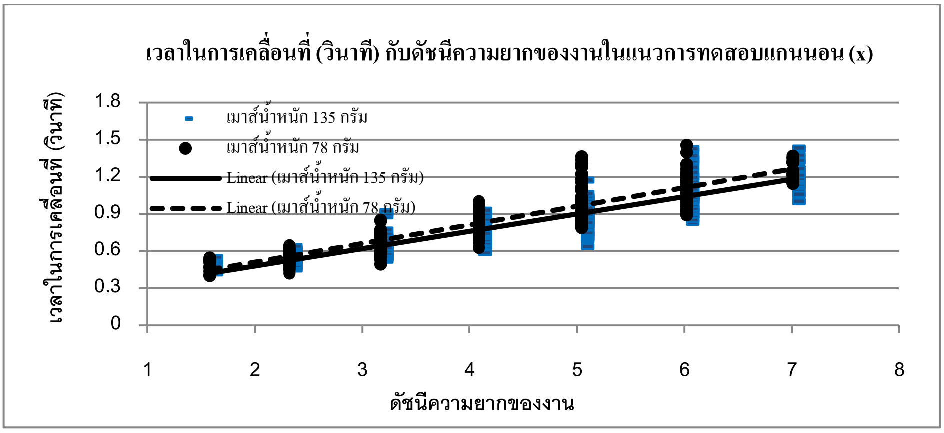
ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1525x + 0.1264 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8756 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1468x + 0.1524 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8624



ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1214x + 0.4482$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7384 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1318x + 0.3758$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7887

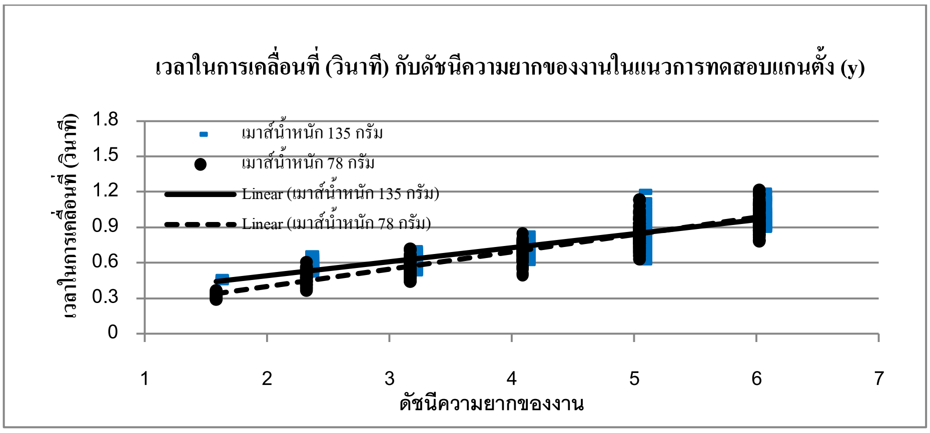


ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1624x + 0.1173$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8836 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.177x + 0.133$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8619

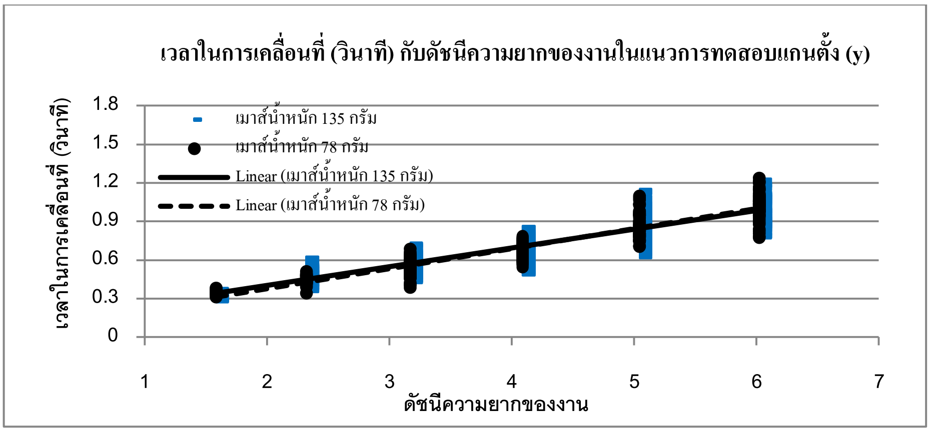


ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1401x + 0.2004 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8228 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1509x + 0.2088 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8442

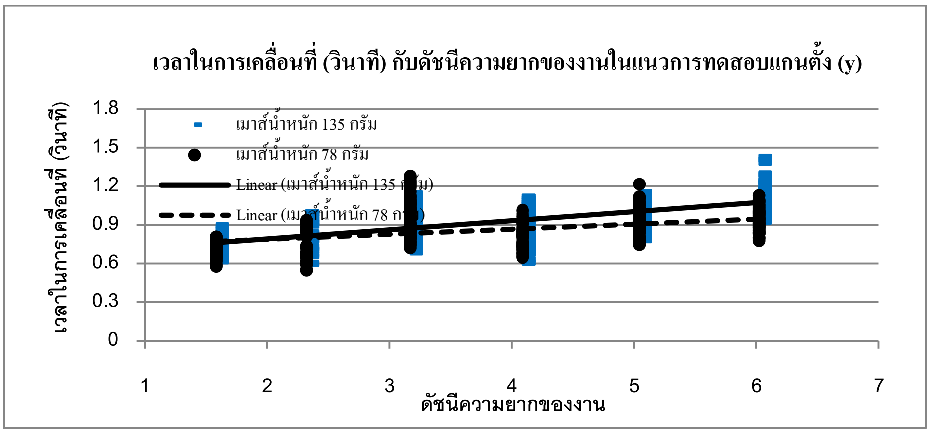
จากการพิจารณาการทำงานในแนวตั้ง (Vertical) ดังภาพที่ 4.7-4.11 พบว่า สมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบจากการใช้น้ำหนักเมาส์ 135 กรัมอยู่ในช่วงระหว่าง 4.28-5.75 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับน้ำหนักเมาส์เฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปพบว่า การใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัมผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานระหว่าง 4.63-5.77 โดยผู้ทดสอบ 3 คน มีสมรรถนะการทำงานจากการ ใช้น้ำหนักเมาส์ 135 กรัมสูงกว่าการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม และมีสมรรถนะการทำงานเท่ากับ 5.24 5.38 และ 5.47 ซึ่งมีผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมสูงกว่าการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05)



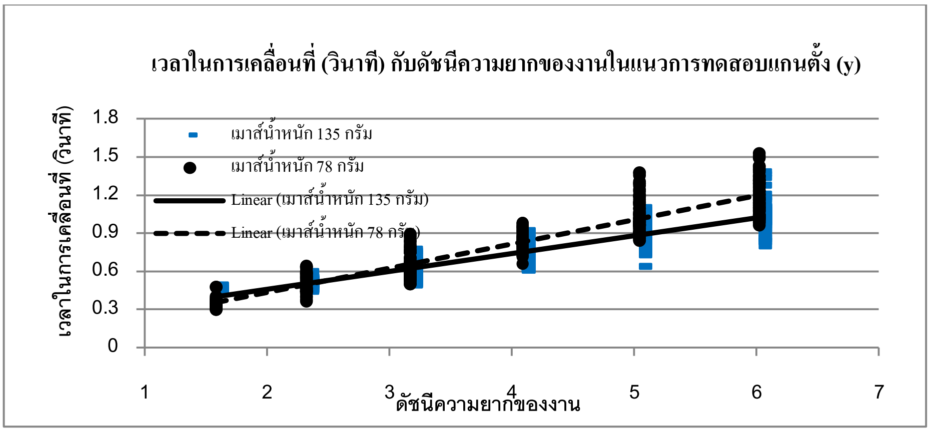
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1185x + 0.2532 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7758 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1462x + 0.1086 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8479



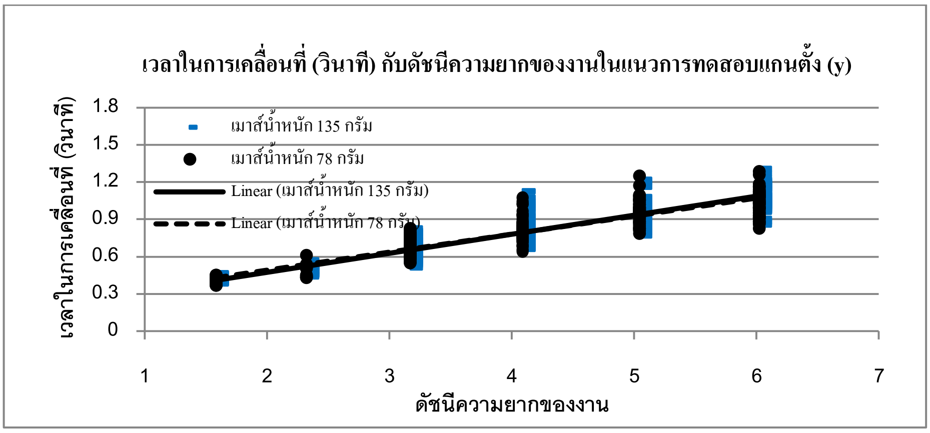
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1462x + 0.1086 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8479 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพัน ธ์คือ y = 0.1561x + 0.0659 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8991



ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.0705x + 0.6488 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.4089 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.0394x + 0.7101 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.1794



ภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1407x + 0.1762 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8427 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1912x + 0.0508 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8555

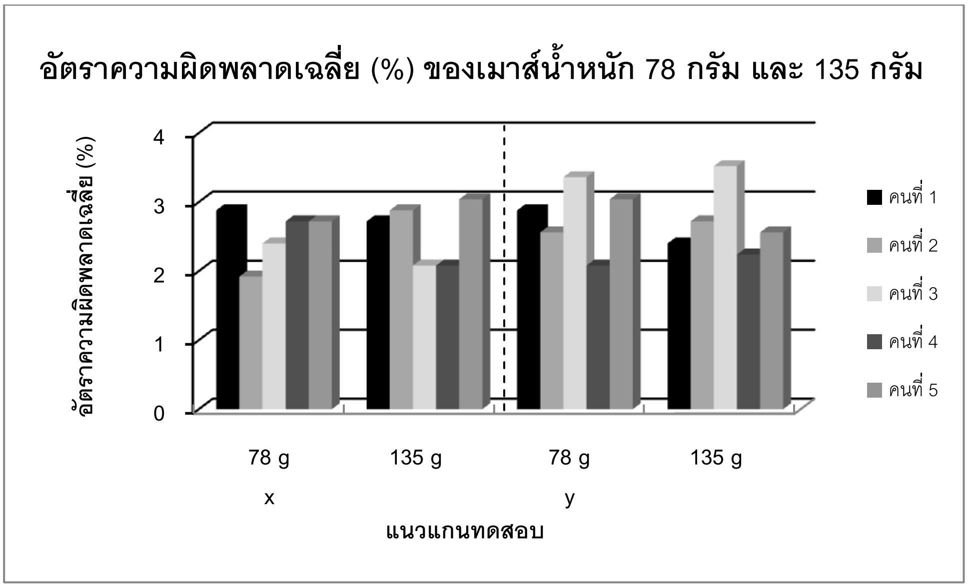


ภาพที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยเมาส์น้ำหนัก 135 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1527x + 0.171 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8664 และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัม สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1442x + 0.2043 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8732

อัตราการความผิดพลาดเฉลี่ยจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมาส์

เมื่อพิจารณาร้อยละของอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดในแนวการทดสอบแกนนอนและแนวการทดสอบแกนตั้งในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่ พบว่าการทำงานในแนวแกนนอน (x) ผู้

ทดสอบ 3 คนมีร้อยละอัตราการคลิกผิดพลาดจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมน้อยกว่าการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม โดยมีผู้ทดสอบ 2 คนมีร้อยละของอัตราความผิดพลาดเท่ากัน คือ 2.72 และ 2.08 ดังภาพที่ 4.12 การทำงานในแนวแกนตั้ง (y) พบว่าผู้ทดสอบ 3 คนมีร้อยละอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัมน้อยกว่าเมาส์น้ำหนัก 135 กรัมโดยมีร้อยละอัตราความผิดพลาดเท่ากับ 2.08 2.56 และ 3.36

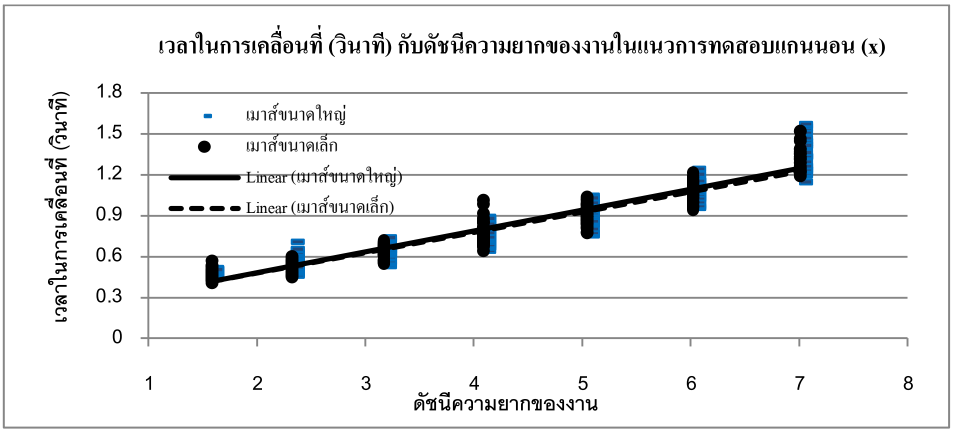


ภาพที่ 4.15 อัตราความผิดพลาดเฉลี่ย (Average error rate: %) ของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 78 กรัมและ 135 กรัมในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่จากการทดสอบในแนวการเคลื่อนที่แนวนอน (x) และแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง (y)

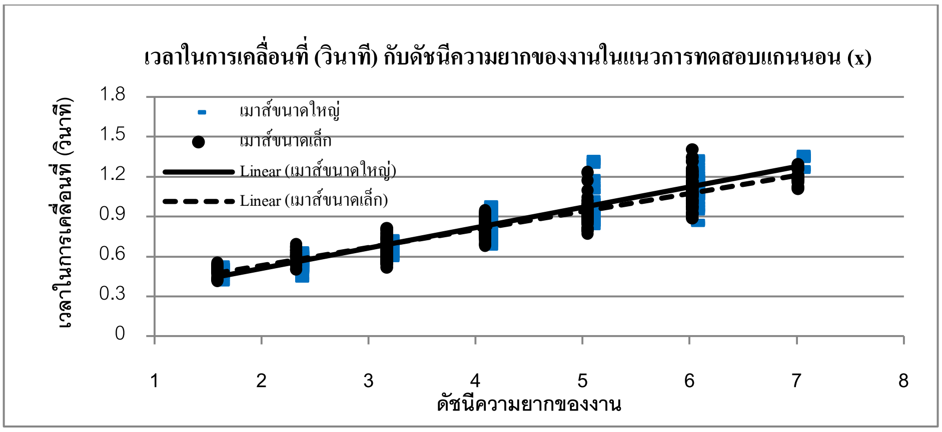
2) การศึกษาสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้ขนาดของเมาส์

การวิเคราะห์ความคุ้นชินจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของเมาส์โดยการศึกษาได้ใช้เมาส์ที่มีขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาดคือ 7.5 เซนติเมตรและ 10.5 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบสามารถปรับตัวให้มีสมรรถนะการทำงานเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการใช้เมาส์ขนาดเล็กได้ โดยมีสมรรถนะการทำงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) ในชั่วโมงการทำงานที่ 3-6 ทั้งการทำงานในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน

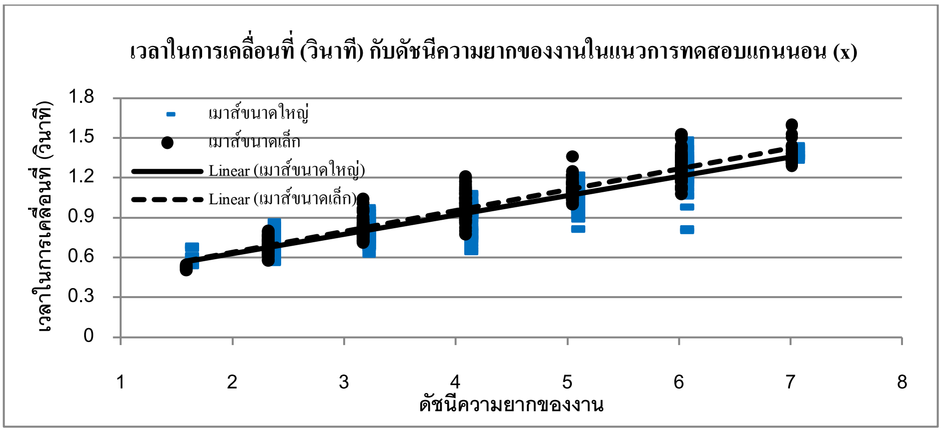
จากการพิจารณาสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนในช่วงการเรียนรู้ของผู้ทดสอบคงที่หรือไม่แตกต่ างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) พบว่าผู้ทดสอบ 5 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดใหญ่ความยาว 10.5 เซนติเมตรเท่ากับ 4.33 4.56 4.63 4.89 และ 5.06 ดังภาพที่ 4.13-4.17 เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับเมาส์ขนาดเล็กความยาว 7.5 เซนติเมตรพบว่ามีสมรรถนะ การทำงานอยู่ในช่วงระหว่าง 4.17 - 5.00 โดยสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบ 3 คนจากการใช้เมาส์ขนาด 10.5 เซนติเมตรสูงกว่าการใช้เมาส์ขนาด 7.5 เซนติเมตร ซึ่งมีผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดใหญ่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) แสดงให้ว่าผู้ทดสอบสามารถปรับตัวให้คุ้นเคยกับการใช้เมาส์ขนาดใหญ่ซึ่งเป็นลักษณะของเมาส์การยศาสตร์เห็นได้และมีสมรรถนะการรทำงานตามแนวแกนนอนใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับกับการใช้เมาส์ขนาดเล็ก



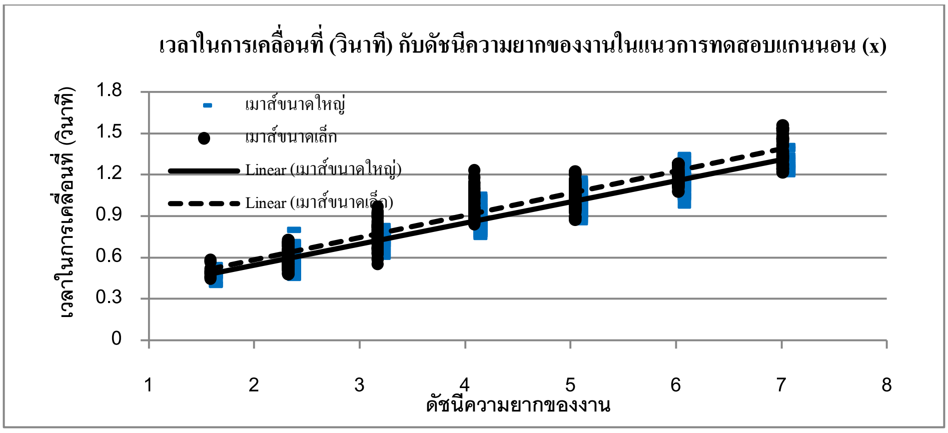
ภาพที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1525x + 0.1771$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9108 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1489x + 0.1812$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9233



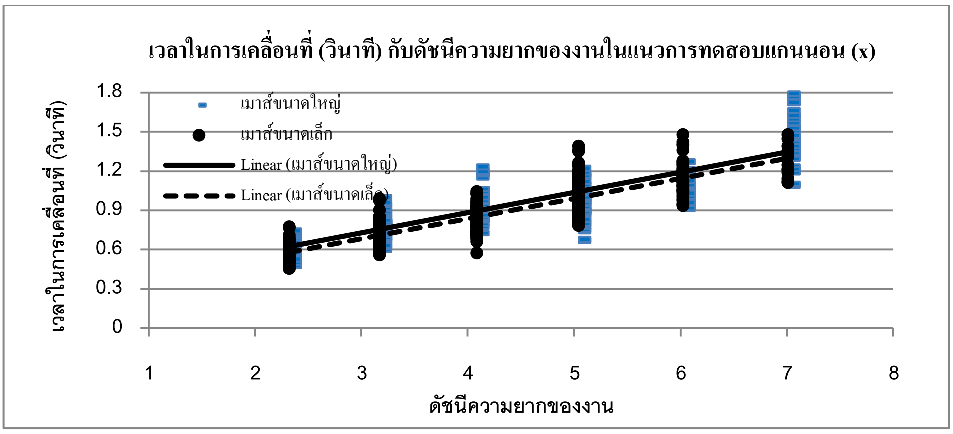
ภาพที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยโดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1535x + 0.2036 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8948 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1358x + 0.2592 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8651



ภาพที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.146x + 0.3347 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8349 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1566x + 0.3257 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8903



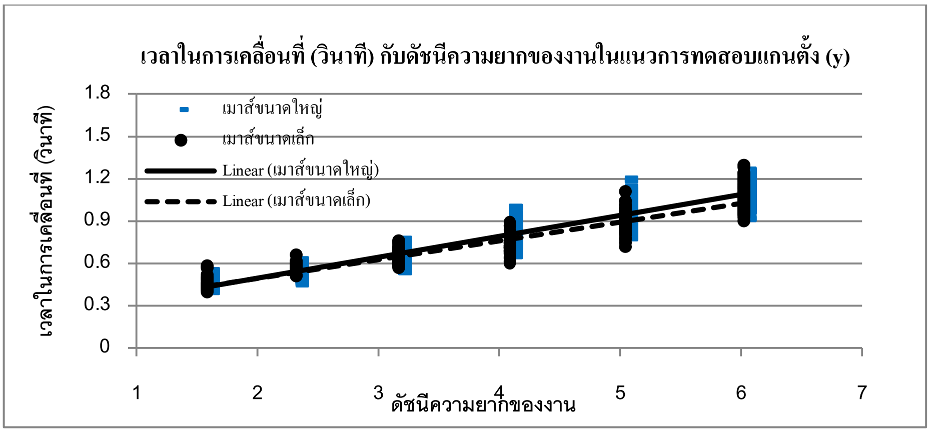
ภาพที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1526x + 0.2405$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9064 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1605x + 0.2652$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8776



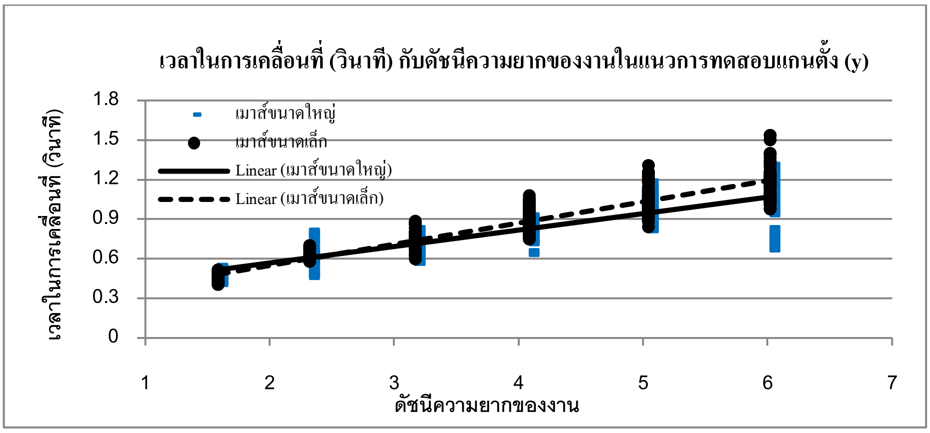
ภาพที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1536x + 0.2699$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7576 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1535x + 0.2229$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7932

จากการพิจารณาการทำงานในแนวตั้งดังภาพที่ 4.18-4.22 พบว่า สมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรอยู่ในช่วงระหว่าง 4.41 -4.95 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับการใช้เมาส์ขนาดเล็กพบว่าผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการ

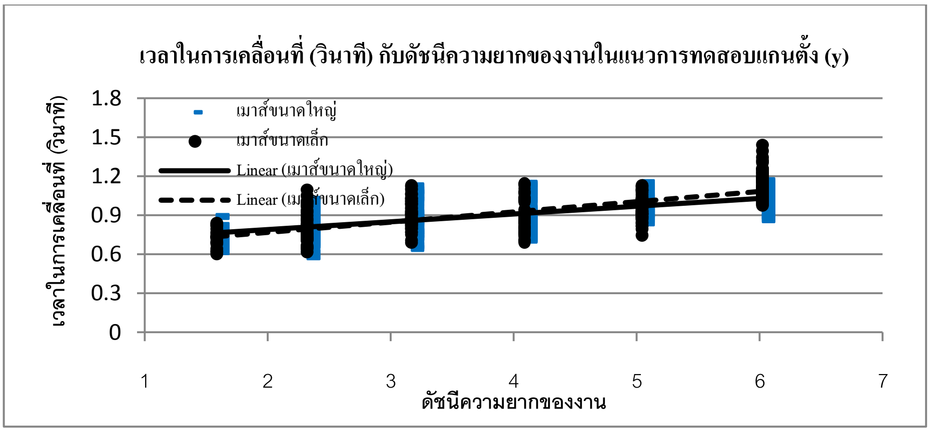
ทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดใหญ่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) ผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กอยู่ในช่วงระหว่าง 4.32-5.14



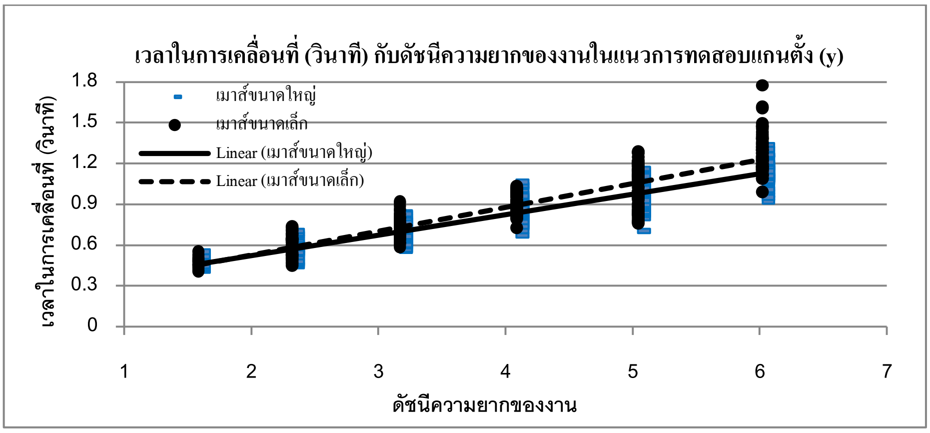
ภาพที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1477x + 0.2015$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8867 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1326x + 0.2299$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8796



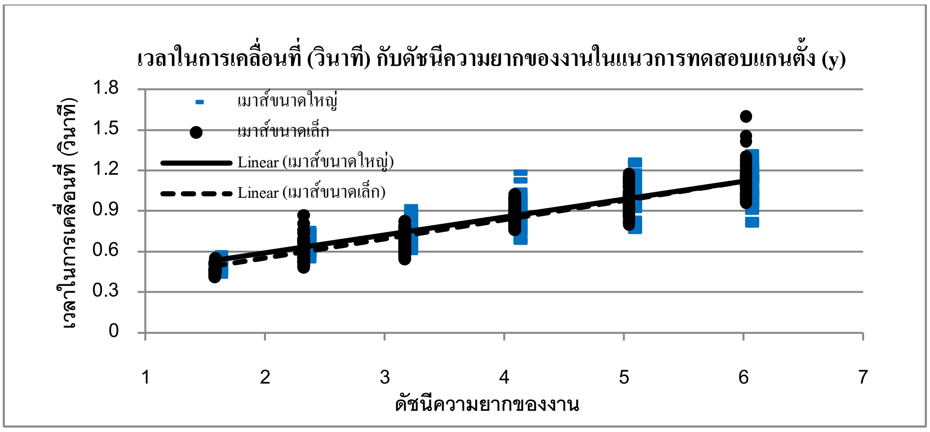
ภาพที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.125x + 0.3166$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7172 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1613x + 0.224$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8775



ภาพที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.0602x + 0.6665$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.3915 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์ $y = 0.0779x + 0.6128$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.4831



ภาพที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1508x + 0.2196$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8778 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์ $y = 0.1756x + 0.1757$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8401



ภาพที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1316x + 0.3282 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7829 และเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตร สมการความสัมพันธ์ y = 0.1417x + 0.2675 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8511

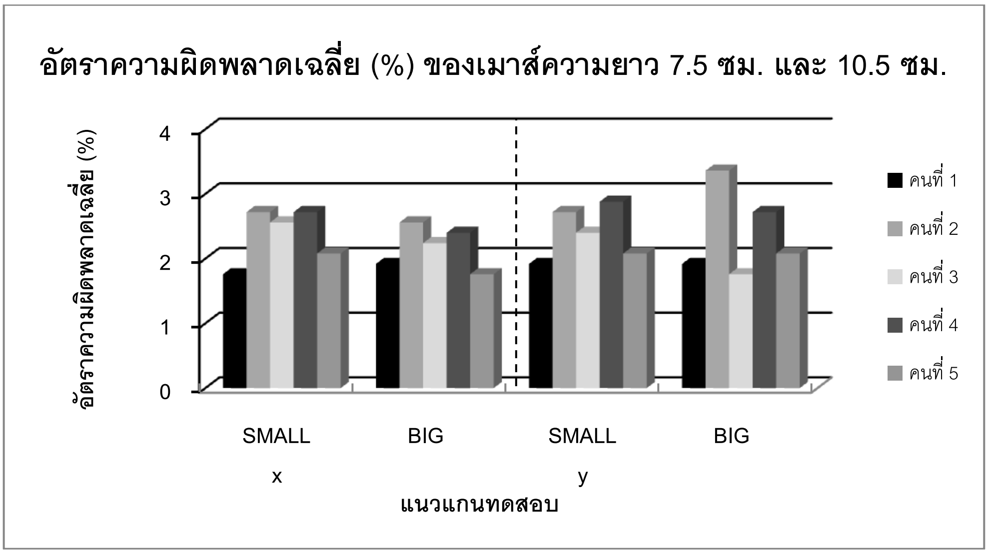
การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของมือและเมาส์กับสมรรถนะการทำงาน

จากการพิจารณาขนาดมือของผู้ทดสอบโดยการวัดความกว้างและความยาวของมือพบว่าผู้ทดสอบมีความกว้างมือเท่ากับ 7.5 ซม. 8 ซม. และ 8.7 ซม. และมีความยาวของมือเท่ากับ 16.5 ซม. 17 ซม. 17.5 ซม. 18 ซม. และ 18.5 ซม.ดังตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาความกว้างและความยาวของเมาส์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กพบว่า เมาส์ขนาดใหญ่มีความกว้าง 7 ซม. ความยาว 10.5 ซม. และเมาส์ขนาดเล็กมีความกว้าง 6 ซม. ความยาว 7.5 ซม. ซึ่งจากการพิจารณาสัดส่วนของขนาดมือและขนาดเมาส์กับสมรรถนะในการทำงานพบว่า ขนาดสัดส่วนของมือต่อขนาดสัดส่วนเมาส์เท่ากับ 2.93 และ 1.80 มีสมรรถนะการทำงานดีที่สุดทั้งในการทดสอบแนวแกนตั้งและแนวแกนทดสอบแนวนอน

อัตราการความผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของเมาส์

เมื่อพิจารณาร้อยละของอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่พบว่าแนวการทดสอบแกนนอน (x) ผู้ทดสอบ 4 คนมีร้อยละของอัตราการผิดพลาดจากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรน้อยกว่าการใช้เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรโดยมีร้อยละอัตราความผิดพลาดเท่ากับ 1.76 2.24 2.4 และ 2.56 ดังภาพที่ 4.23 เมื่อพิจารณาการทดสอบในแนวแกนตั้ง (y) พบว่าผู้ทดสอบ 2 คนมีร้อยละอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กคือ 7.5

เซนติเมตรมากกว่าการใช้เมาส์ขนาดใหญ่ซึ่งมีร้อยละอัตราความผิดพลาดเท่ากับ 1.72 และ 2.72 ซึ่งมีผู้ทดสอบ 2 คนมีร้อยละของอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดจากการใช้เมาส์ทั้ง 2 ขนาดเท่ากัน



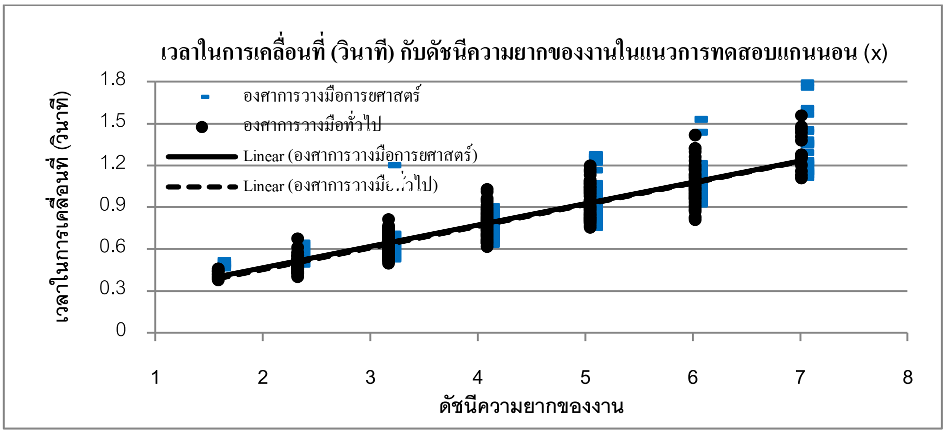
ภาพที่ 4.26 อัตราความผิดพลาดเฉลี่ย (Average error rate: %) ของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กที่ยาว 7.5 เซนติเมตร (s) และเมาส์ขนาดใหญ่ที่ยาว 10.5 เซนติเมตร (L) ในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่ ตามแนวการเคลื่อนที่แนวนอน (x) และแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง (y)

3) การศึกษาสมรรถนะการทำงานขององศาการวางมือของเมาส์

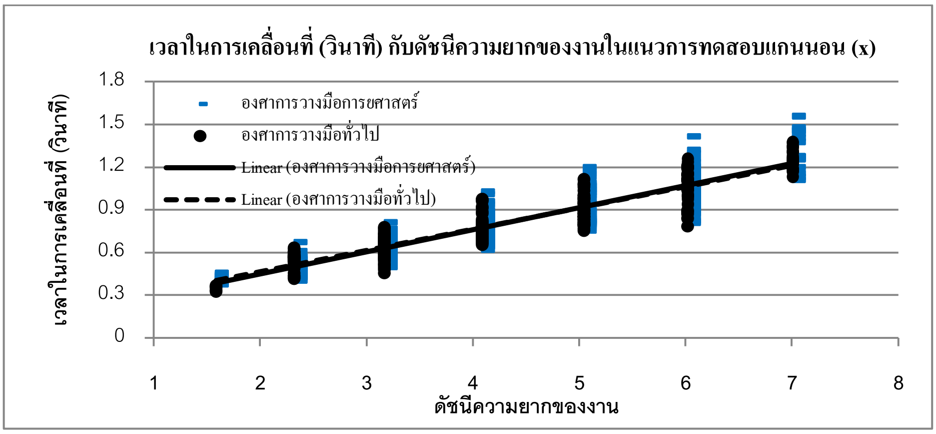
การวิเคราะห์ความคุ้นชินจากการเปลี่ยนแปลงขนาดขององศาการวางมือได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเมาส์องศาการวางมือของเมาส์ทั่วไปคือ 15-30 องศากับเมาส์องศาการวางมือตามหลักสรีรศาสตร์คือ 45 องศา จากการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบสามารถปรับตัวหรือเรียนรู้ให้มีสมรรถนะการทำงานเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือทั่วไป โดยมีสมรรถนะการทำงานในช่วงการเรียนรู้คงที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) ในชั่วโมงการทำงานที่ 8-16 ทั้งการทำงานในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน

จากการพิจารณาการทำงานในแนวแกนนอนดังภาพที่ 4.24-4.28 พบว่าผู้ทดสอบ 5 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ที่ให้องศาการวางมือตามหลักสรีรศาสตร์อยู่ในช่วง 4.27-5.24

เมื่อพิจารณาเปรียบ เทียบสมรรถนะการทำงานกับเมาส์ที่มีองศาการวางมือปกติคือ 15-30 องศา พบว่า ผู้ทดสอบ 4 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์องศาการวางมือตามหลักการยศาสตร สูงกว่าการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไป โดยมีสมรรถนะการทำงานเท่ากับ 4.27 4.87 5.01 และ 5.16 โดยผู้ทดสอบ 1 คนมีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) แสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้ทดสอบมีการฝึกปฏิบัติและเกิดการเรียนรู้ ผู้ทดสอบสามารถปรับตัวให้มีสมรรถนะการทำงานไม่แตกต่างจากการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไป

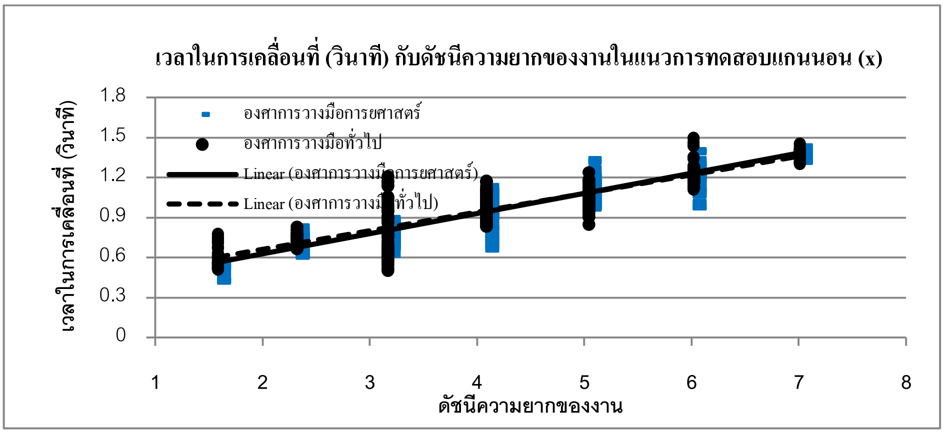


ภาพที่ 4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1535x + 0.1588 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8242 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1551x + 0.1415 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.838

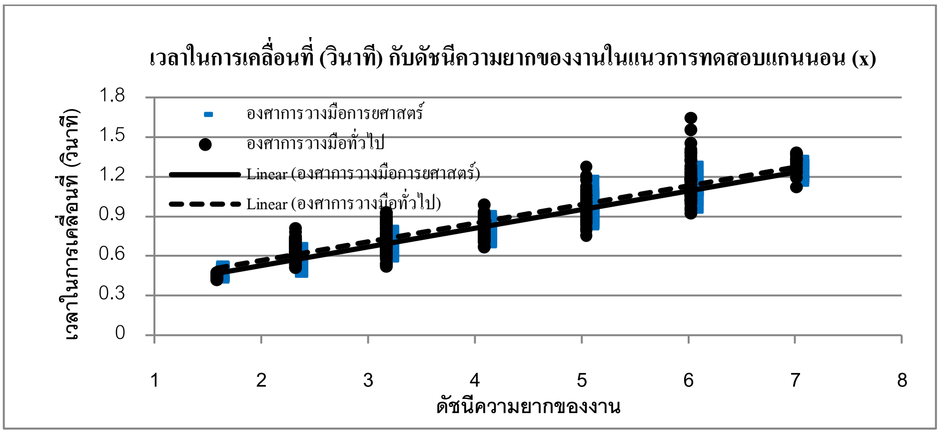


ภาพที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1551x + 0.1415

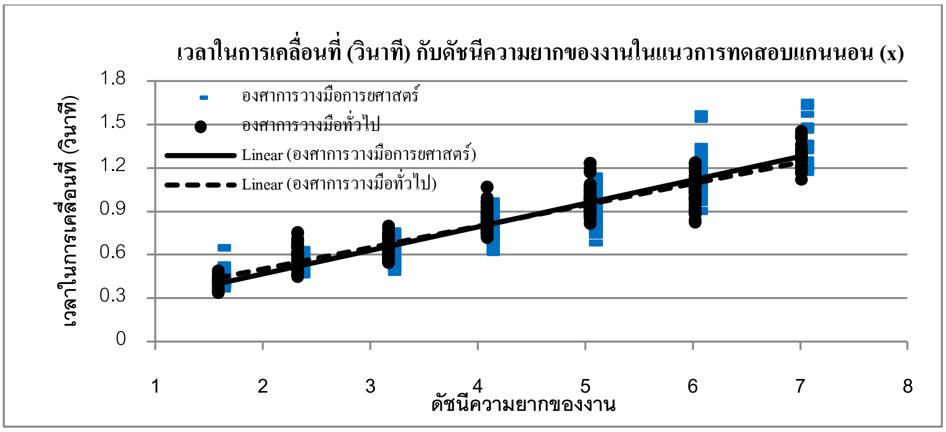
และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.838 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1499x + 0.1636 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8843



ภาพที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1517x + 0.3234 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8872 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1404x + 0.3796 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8018

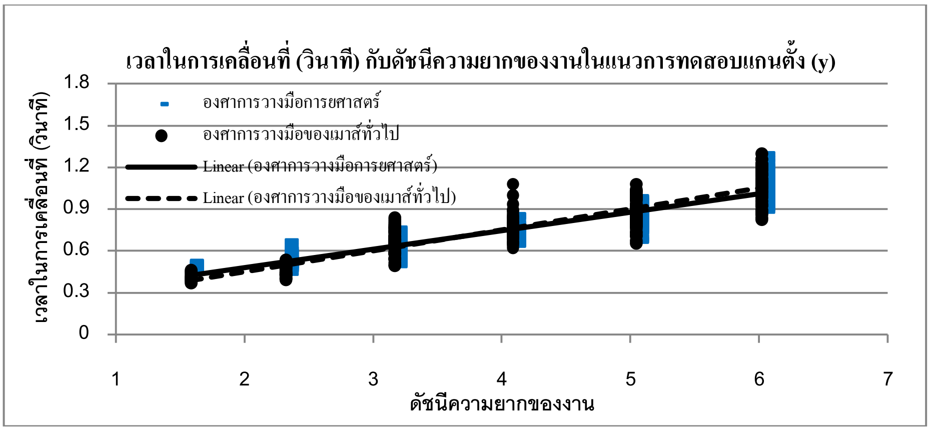


ภาพที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.142x + 0.2419 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9197 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1414x + 0.2808 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7995

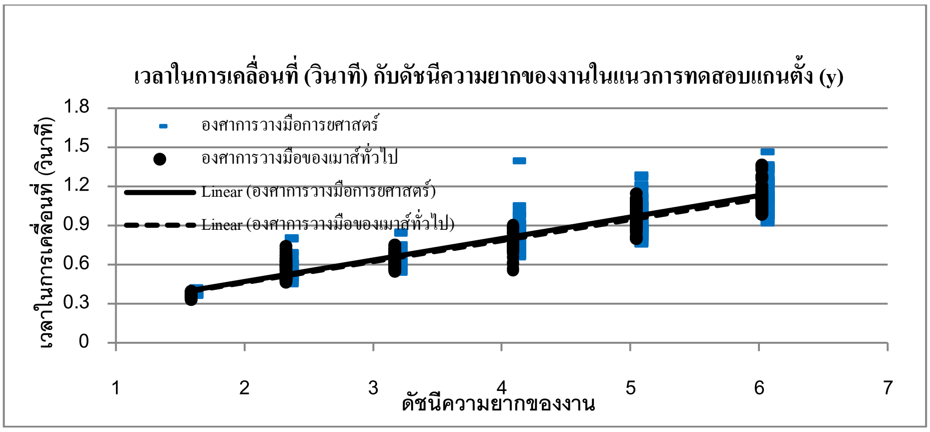


ภาพที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนนอนของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1621x + 0.1426$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8573 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ $y = 0.1472x + 0.2091$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8701

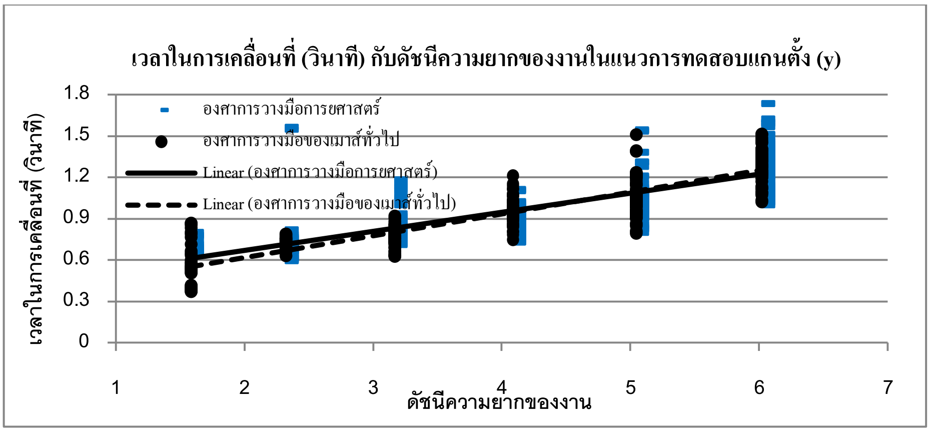
จากการพิจารณาการทำงานในแนวตั้งดังภาพที่ 4.29-4.33 พบว่า สมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์องศาการวางมือตามหลักการยศาตร์มีค่าเท่ากับ 4.24 4.70 4.95 5.15 และ 5.31 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไปพบว่าผู้ทดสอบ 3 มีคนสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์องศาการมือที่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์สูงกว่าการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือทั่วไปแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P-value > 0.05) โดยผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 4.21-5.28 แสดงให้เห็นว่า หากผู้ทดสอบมเรียนรู้และฝึกฝน ผู้ทดสอบจะสามารถใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือที่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ได้โดยมีสมรรถนะเทียบเท่ากับการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือทั่วไป



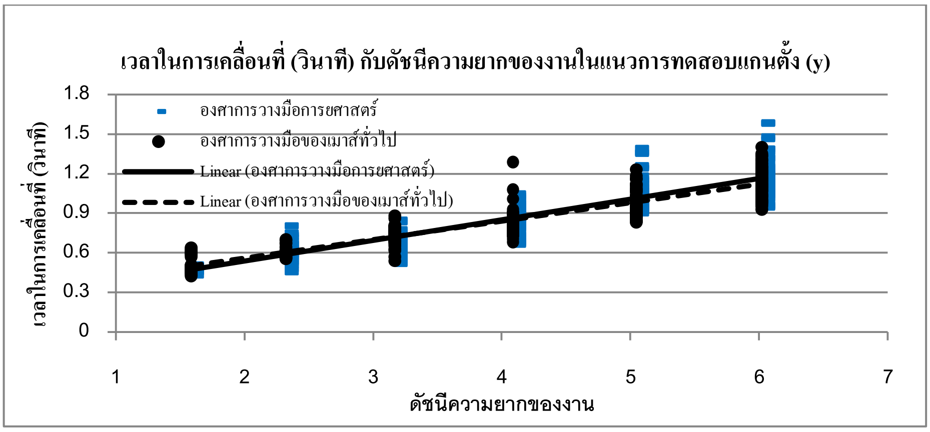
ภาพที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 1 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1321x + 0.217 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8465 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1501x + 0.1515 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8462



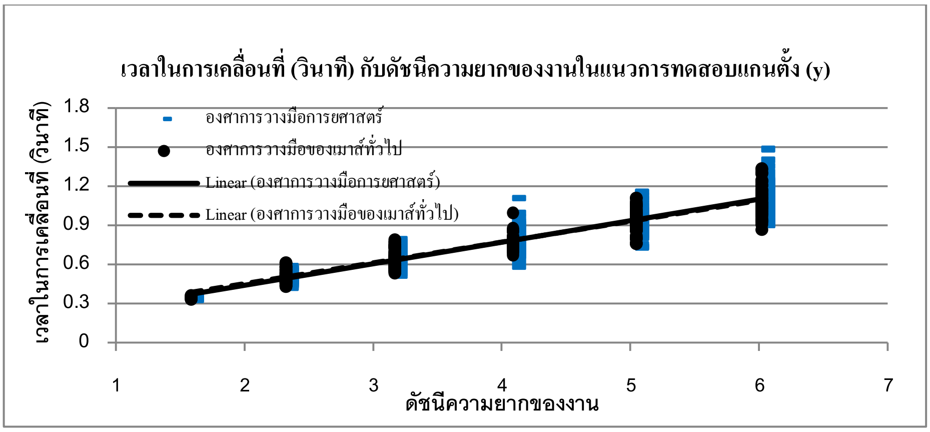
ภาพที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 2 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ y = 0.1647x + 0.1413 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8501 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ y = 0.1604x + 0.1427 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8981



ภาพที่ 4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 3 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1381x + 0.3929$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.5926 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ $y = 0.1581x + 0.3015$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8101



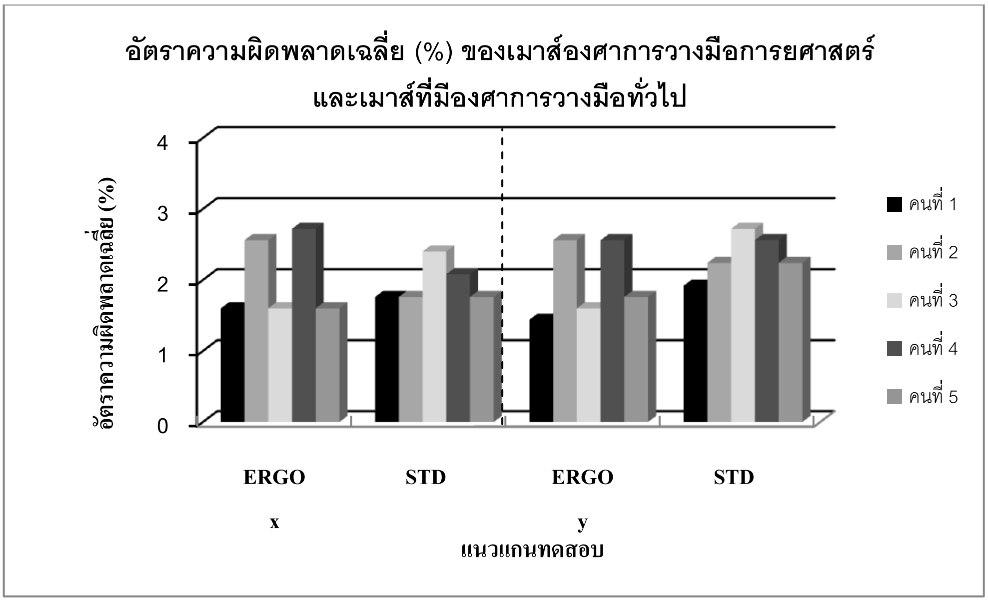
ภาพที่ 4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 4 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัม พันธ์คือ $y = 0.1575x + 0.2205$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8336 และเมาส์องศามือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ $y = 0.1405x + 0.2782$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.855



ภาพที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานในแนวแกนตั้งของผู้ทดสอบคนที่ 5 โดยองศาการวางมือการยศาสตร์ สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.1645x + 0.1119$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8712 และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป สมการความสัมพันธ์ $y = 0.1597x + 0.132$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9002

อัตราความผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงองศาการวางมือ

ร้อยละของอัตราการชี้เป้าหมายผิดพลาดในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่ดังแสดงในภาพที่ 4.34 โดยพบว่าผู้ทดสอบ 3 คนมีร้อยละของอัตราความผิดพลาดโดยเฉลี่ยจากการใช้เมาส์องศาการวางมือตามหลักการยศาสตร์ต่ำกว่าเมาส์องศาการวางมือทั่วไปซึ่งผู้ทดสอบทั้ง 3 คนมีร้อยละอัตราความผิดพลาดเท่ากันคือ 1.60 การทำงานในแนวแกนตั้ง (y) พบว่าอัตราความผิดพลาดจากการใช้เมาส์การยศาสตร์ของผู้ทดสอบ 3 คนต่ำกว่าการใช้เมาส์ทั่วไปโดยมีร้อยละของอัตราความผิดพลาดในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่เท่ากับ 1.40 1.60 และ 1.80 โดยผู้ทดสอบ 1 คนที่มีร้อยละของอัตราความผิดพลาดจากการใช้เมาส์ทั้งสอบแบบเท่ากันคือ 2.56



ภาพที่ 4.37 อัตราความผิดพลาดเฉลี่ย (Average error rate) ของผู้ทดสอบ 5 คนจากการใช้เมาส์การยศาสตร์องศาการวางมือ 45 องศา (Ergonomic) และเมาส์ทั่วไปองศาการวางมือ 15 องศา (Standard mouse: STD) ในช่วงสมรรถนะการทำงานคงที่ ตามแนวการเคลื่อนที่แนวนอน (x) และแนวการเคลื่อนที่แนวตั้ง (y)

4.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของรูปแบบดัชนีความยากของงานกับเวลาในการเคลื่อนที่

จากการคำนวณลักษณะงานและดัชนีความยากของงานเพื่อชี้วัดความแม่นยำในการทำงานของผู้ทดสอบ ได้ใช้ดัชนีความยากของงานอ้างอิงตามมาตรฐานของ International Organization for Standardization (ISO) ในส่วนที่ 9:(2000) ซึ่งได้กล่าวถึงข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์ป้อนข้อมูลที่ไม่ใช่แป้นพิมพ์โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทดสอบกับงานในการชี้ตำแหน่ง (pointing) ในแนวทดสอบแกนนอนและแนวแกนทดสอบแกนตั้ง ซึ่งกำหนดให้ใช้การคำนวณความยากของงานตามรูปแบบของแชลนอล (Shannon formulation) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบเมื่อเงื่อนไขการทดสอบเปลี่ยนแปลงไป โดยมีรูปแบบสมการการหาดัชนีงานที่เปลี่ยนแปลงจากรูปแบบสมการของฟิตส์อีกรูปแบบ คือแบบสมการของวอลฟอร์ด (Welford) แต่ทั้งนี้พบว่ารูปแบบการหาดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดแตกต่างจากสมการดัชนีงานของฟิตส์ (Fitts'law) ซึ่ง

เป็นต้นแบบการศึกษาทางด้านพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมนุษย์ (Human Motor Behavior) ดังสมการที่ [2] [3] และ [4] ในบทที่ 2

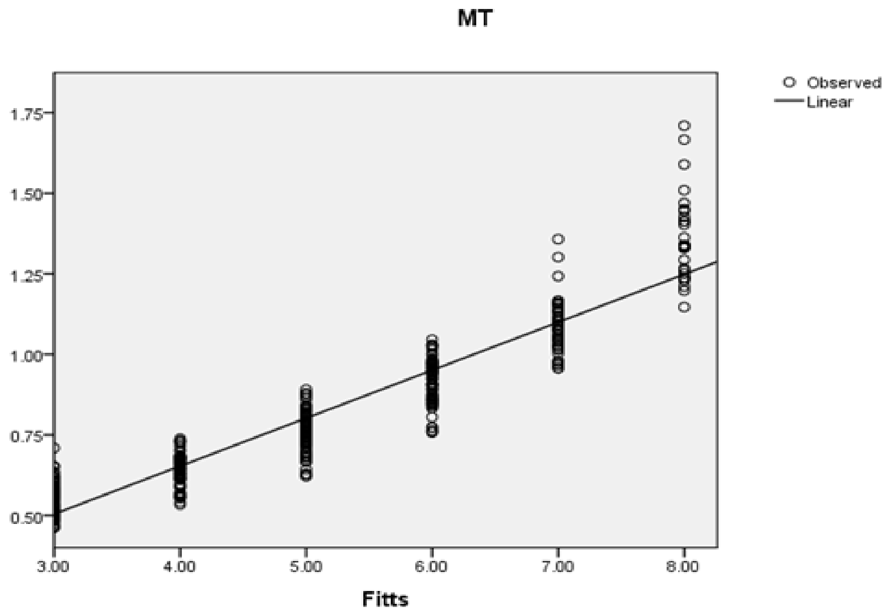
งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการหาดัชนีความยากของงานกับเวลาในการทำงาน โดยทำการเปรียบเทียบแบบดัชนีงานของฟิตส์ แบบดัชนีงานของวอลฟอร์ด และแบบดัชนีงานของแชลนอลสำหรับการคำนวณดัชนีความยากของงาน และพบว่าสมการของแชลนอลให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำงานกับดัชนีความยากของงานสูงกว่าการใช้สมการดัชนีงานของวอลฟอร์ดและสมการดัชนีงานของฟิตส์ และพบว่าการใช้สมการของฟิตส์สำหรับการคำนวณดัชนีความยากของงานจะให้ค่าจุดตัดแกนน้อยกว่าการใช้รูปแบบดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.11-4.13 ซึ่งสอดคล้องกับหลักทฤษฎีของฟิตส์ที่ควรมีค่าจุดตัดแกนใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 ก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และค่าจุดตัดแนวดิ่งของการถดถอยเชิงเส้น ในแนวการทดสอบแกนนอน

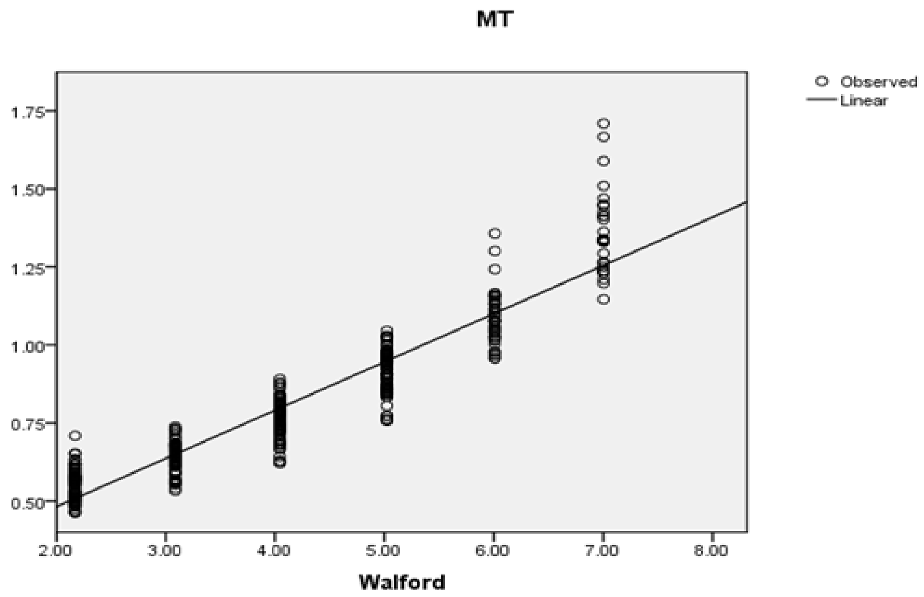
	เมาส์น้ำหนัก 135 กรัม		เมาส์ขนาด 10.5 เซนติเมตร		เมาส์องศาการวางมือการยศาสตร์		เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม		เมาส์ขนาด 7.5 เซนติเมตร		เมาส์องศาการวางมือทั่วไป	
Model	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y
Fitts	0.7114	0.1745	0.7751	0.1651	0.7268	0.1438	0.7109	0.1803	0.7129	0.2455	0.7003	0.2305
Welford	0.7141	0.2728	0.7769	0.2755	0.7292	0.2452	0.7121	0.2786	0.7148	0.3384	0.7018	0.3204
Shannon	0.7155	0.2728	0.7781	0.2440	0.7308	0.2091	0.7899	0.2163	0.7159	0.3061	0.7024	0.2870

ตารางที่ 4.2 ข ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และค่าจุดตัดแนวดิ่งของการถดถอยเชิงเส้น ในแนวการทดสอบแกนตั้ง

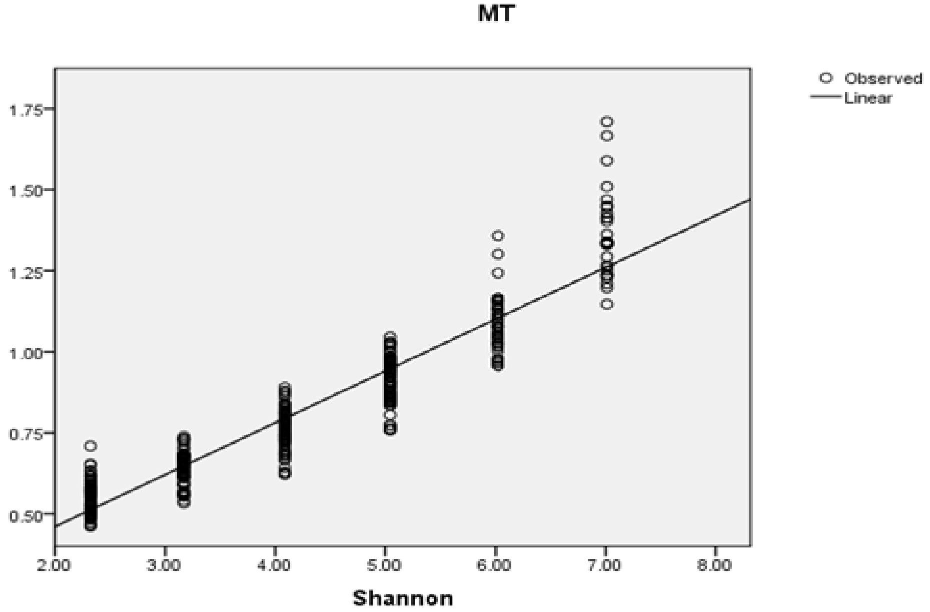
	เมาส์น้ำหนัก 135 กรัม		เมาส์ขนาด 10.5 เซนติเมตร		เมาส์องศาการวางมือการยศาสตร์		เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม		เมาส์ขนาด 7.5 เซนติเมตร		เมาส์องศาการวางมือทั่วไป	
Model	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y	สัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์	จุดตัดแกน y
Fitts	0.8088	0.1166	0.7964	0.1930	0.7268	0.1438	0.7649	0.1121	0.7423	0.1866	0.8339	0.1117
Welford	0.8111	0.2091	0.7975	0.2857	0.7354	0.2270	0.7681	0.2042	0.7436	0.2814	0.8358	0.2110
Shannon	0.8125	0.1761	0.7976	0.2501	0.7377	0.1911	0.7976	0.1658	0.7442	0.2447	0.8366	0.1748



ภาพที่ 4.38 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของฟิตส์จากผู้ทดสอบ 1 คนจากการศึกษาเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.885 สมการความสัมพันธ์คือ y=0.149x+0.058



ภาพที่ 4.39 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของวอลฟอร์ด จากผู้ทดสอบ 1 คนจากการศึกษาเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.890 สมการความสัมพันธ์คือ y=0.154x+0.173



ภาพที่ 4.40 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีงานของแชลนอลจากผู้ทดสอบ 1 คนจากการศึกษาเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.893 สมการความสัมพันธ์คือ y=0.16x+0.141

จากการศึกษาของ MacKenzie (1989) ที่เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และค่าจุดตัดแกนดิ่งโดยใช้ดัชนีงานของฟิตส์ วอลฟอร์ด และแชลนอล โดยใช้ข้อมูลการทดลองของฟิตส์ 3 การทดลองดังตารางที่ 4.3 พบว่า การทดสอบสไตรัสน้ำหนัก 1 ออนซ์โดยใช้รูปแบบดัชนีงานของฟิตส์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูง (r = 0.9831) และมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้รูปแบบดัชนีงานของวอลฟอร์ด (r = 0.9900) และรูปแบบดัชนีงานของแชลนอล (r = 0.9936) ซึ่งแสดงว่าเวลาในการเคลื่อนที่และดัชนีความยากของงานมีความสัมพันธ์กัน โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์มีแนวโน้มเดียวกันในทั้ง 3 การทดลอง เมื่อพิจารณาค่าจุดตัดแกน y พบว่าดัชนีงานของฟิตส์มีค่าจุดตัดแกนใกล้เคียงกับกับจุดกำเนิด (0,0) มากที่สุด โดยมีดัชนีงานของแชลนอลและวอลฟอร์ดที่ให้ค่าใกล้เคียงจุดกำเนิดรองลงมาตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยในครั้งนี้กับผลการศึกษา ของ MacKenzie (1989) จึงเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกันทั้งค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่กับดัชนีความยากของงานและค่าจุดตัดแกนดิ่ง

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์และจุดตัดแกนของการถดถอยเชิงเส้นจากการใช้ดัชนีงาน 3 รูปแบบคือดัชนีงานของฟิตส์ วอลฟอร์ด และแชลนอล โดยใช้ผลการทดลองของฟิตส์ 3 การทดลอง (1954) (MacKenzie, 1989)

Model	Tapping (1 oz) r^a	Tapping (1 oz) Intercept	Tapping (1 lb) r^a	Tapping (1 lb) Intercept	Disc transfer r^a	Disc transfer Intercept	Pin transfer r^a	Pin transfer Intercept
Fitts	.9831	+12.8	.9796	-6.2	.9186	+150.0	.9432	+22.3
Welford	.9900	+65.3	.9874	+51.7	.9191	+231.8	.9443	+96.1
Shannon	.9936	+27.7	.9916	+9.7	.9195	+223.4	.9452	+84.4

[a] $p < .001$

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าการทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ไม่ใช้แป้นพิมพ์โดยทฤษฎีของฟิตส์สำหรับการเปรียบเทียบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งเช่น เมาส์ จอยสติกส์ ทัสแพค สไตรัส อาทิในงานวิจัยของ Card et al., (1978) ที่ศึกษาถึงความสามารถในการใช้งานของอุปกรณ์ 4 ชนิดได้แก่ mouse joystick step keys และ text keys งานวิจัยของ งานวิจัยของ MacKenzie et al.,(1991) ที่ศึกษาเปรียบเทียบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง 3 แบบคือ เมาส์ แทรกส์บอลและแท็บเลสและงานวิจัยของ Isokoski และ Raisamo (2004) ได้ทำการศึกษาความเร็วและความแม่นยำของเมาส์ 6 แบบ ที่มีลักษณะสมมาตรและไม่สมมาตร เป็นต้น ซึ่งก็ไม่พบค่าจุดตัดแกนเท่ากับศูนย์ โดย Zhai,(2004) ได้กล่าวว่าการทดลองของฟิตส์ซึ่งมีค่าจุดตัดแกนเป็นศูนย์อาจเนื่องมาจากลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและลักษณะงานในการทดลองคือการ tapping ซึ่งมีลักษณะงานที่แตกต่างจากการคลิกเมาส์ (pointing) การเลือกวัตถุ (selecting) รวมถึงงานในการลากหรือการวาด (Drawing) เป็นต้น

โดยจากงานวิจัยของ Zhai,(2004) ได้ศึกษาและอธิบายถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ทฤษฎีของฟิตส์ ซึ่งได้ให้เหตุผลที่จุดตัดแกนเบี่ยงเบนออกจากศูนย์โดยอาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1) ความผิดพลาดจากการถดถอยเชิงเส้น (Regression error) อาจเนื่องมาจากข้อมูลที่เก็บมาจากการทดสอบด้วยคนทั้งหมดรวมถึงช่วงของดัชนีงานที่ใช้ทดสอบแคบเกินไป

2) ความผิดพลาดจากเงื่อนไขการทดสอบ (Modeling error) จากงานวิจัยของ Cossman และ Goodeve, 1983 แสดงให้เห็นว่าทฤษฎีดัชนีงานของฟิตส์ไม่เหมาะสมกับการใช้ในงานดัชนีงานที่ มีค่าน้อยกว่า 2 (ID<2) เนื่องจากเมื่อพล๊อตกราฟการถดถอยเชิงเส้นระหว่าดัชนีงาน (ID) กับเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) อาจทำให้จุดตัดแกนของกราฟไม่เท่ากับศูนย์ (open loop)

3) กระบวนการรับรู้ทางสายตา กระบวนการตัดสินใจและการตอบสนองของมนุษย์ (Human visual and motor reaction) อุปกรณ์และลักษณะงานที่แตกต่างกันจะมีผลกับการรับรู้และการตอบสนองของมนุษย์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น สไตรัสซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ฟิตส์ใช้ทดลองจะมีผล

กับกระบวนการรับรู้และการตอบสนองแตกต่างจากอุปกรณ์ใช้ตำแหน่ง เช่นเมาส์ แทร็คบอล ทัชแพด เป็นต้น

4) ลักษณะของงานในการทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง อาทิ การคลิกเมาส์ การเคาะบนเป้าหมายของสไตรัสหรือทัชแพดในการทดสอบตามดัชนีงานของฟิตส์ที่มีความกว้าง (W) และความยาวของเป้าหมาย (A) ซึ่งในบางรูปแบบของดัชนีงานอาจมีผลกับเวลาที่น้อยที่สุดในการเคลื่อนที่เมื่อเปลี่ยนแปลงระยะทางและขนาดเป้าหมาย เป็นต้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การออกแบบอุปกรณ์ทางการยศาสตร์เป็นการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการใช้งานเพื่อลดผลกระทบที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ อีกทั้งอุปกรณ์ที่ออกแบบตามหลักการยศาสตร์ต้องมีความเหมาะสมและทำให้สมรรถนะการทำงานของผู้ใช้งานไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์แบบเดิม ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆเข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงาน โดยเฉพาะการทำงานในสำนักงานที่มีการใช้คอมพิวเตอร์มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ไม่เหมาะสมกับหลักสรีรศาสตร์ อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกิดบริเวณส่วนบน ทั้งบริเวณนิ้วมือ ข้อมือ ข้อศอก และไหล่ เป็นต้น ทั้งนี้การทำงานกับคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้จะมีการสื่อสารและสั่งการผ่านอุปกรณ์ป้อนคำสั่งต่างๆ อาทิ เมาส์ เป็นต้น เมาส์จัดเป็นอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่เป็นที่นิยมโดยเฉพาะกับการทำงาน

ปัจจุบันได้มีการออกแบบเมาส์ให้ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์ ที่เรียกว่า เมาส์การยศาสตร์ โดยมีงานวิจัยจากการประเมินความล้าของกล้ามเนื้อยืนยันว่าการใช้เมาส์การยศาสตร์จะช่วยลดการหดเกร็งและลดความล้าของกล้ามเนื้อมือเมื่อเทียบกับการใช้เมาส์ปกติ แต่ทั้ งนี้ยังไม่มีการศึกษาในเรื่องสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้จากการใช้เมาส์การยศาสตร์เมื่อมีน้ำหนัก ขนาดและองศาการวางมือที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงได้ศึกษาสมรรถนะการทำงานโดยใช้แนวคิดของฟิตส์เรื่อง Speed and Accuracy Trade off และมาตรฐาน ISO 9241-9 สำหรับการประเมินสมรรถนะการทำงาน

งานวิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยคำนึงถึง 3 ปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปของเมาส์การยศาสตร์ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาดและองศาการวางมือ โดย 1) ปัจจัยน้ำหนักได้แบ่งการทดสอบ คือ น้ำหนัก 78 กรัมและ 135 กรัม 2) ปัจจัยขนาดของเมาส์แบ่ งการทดสอบ คือ ความยาว 10.5 เซนติเมตรและ 7.5 เซนติเมตร และ 3) ปัจจัยองศาการวางมือแบ่งการทดสอบคือ องศาการวางมือ

ของเมาส์ทั่วไปและองศาการวางมือของเมาส์ตามหลักสรีรศาสตร์ กำหนดลักษณะงานในการทดสอบคืองานในการชี้ตำแหน่ง (Pointing) ในแนวทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวนอน หรือซ้ายขวาและทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งหรือบนล่าง โดยมีดัชนีความยากของงานระหว่าง 1.58-7.01 ในแนวแกนนอนและ 1.58-6.02 ในแนวแกนตั้ง

ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลครั้งละ 1 ชั่วโมง ก่อนการเก็บข้อมูลผู้ทดสอบพักในห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 15 นาทีเพื่อปรับตัวในสภาพแว ดล้อมการทดสอบ เมื่อเริ่มการทดสอบผู้ทดสอบต้องทำแบบฝึกปฏิบัติก่อนการเก็บเวลาการทดสอบจริงและในแต่ละชั่วโมงการการทำงาน (Work period) จะทำการทดสอบเมาส์ในปัจจัยนั้นๆแบบสุ่ม โดยทดสอบสมรรถนะการทำงานทั้งแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนรวม 20 เงื่อนไข ในแต่ละเงื่อนไขการทดสอบผู้ ทดสอบทำการคลิกเมาส์เพื่อชี้ตำแหน่งเป้าหมายจำนวน 25 ครั้ง กำหนดเวลาพักในแต่ละเงื่อนไข 1 นาที รวมเวลาในการทดสอบต่อ 1 เมาส์คือ 30 นาที จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเวลาในการเคลื่อนที่ของผู้ทดสอบเพื่อนำไปวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้ โดยระหว่างชั่ วโมงการทำงานผู้ทดสอบพักอย่างน้อย 15 นาทีจึงทำการทดสอบซ้ำและกำหนดให้ทำการทดสอบไม่เกิน 4 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน

1. การศึกษาสมรรถนะการทำงานและเส้นโค้งการเรียนรู้

จากการศึกษาด้านสมรรถนะการทำงานชี้ให้เห็นว่าผู้ทดสอบสามารถเรียนรู้และฝึกฝนการใช้เมาส์ที่เป็นลักษณะของเมาส์การยศาสตร์ในด้านปัจจัยของ น้ำหนัก ขนาดและองศาการวางมือให้มีสมรรถนะการทำงานเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับลักษณะเมาส์ทั่วไปที่จำหน่ายได้ดังนี้

1) การทดสอบน้ำหนักเมาส์ ทำการทดสอบโดยใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมซึ่งเป็นน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักเมาส์การยศาสตร์ และเมาส์น้ำหนัก 78 กรัมซึ่งเป็นน้ำหนักที่ใกล้เคียงกับเมาส์ที่จำหน่ายทั่วไป โดยสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบเริ่มคงที่เมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว 4-6 ชั่วโมงการทำงาน เมื่อพิจารณาสมรรถนะการทำงานพบว่า การทดสอบแนวแกนนอนผู้ทดสอบ 4 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมมากกว่าเมาส์ 78 กรัม โดยมีผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value<0.05) ในแนวแกนตั้งผู้ทดสอบ 3 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมมากกว่าโดยผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการ

ทำงานมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value<0.05) เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของอัตราความผิดพลาดเฉลี่ย พบว่า ผู้ทดสอบทั้งหมดมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยทั้งในแกนนอนและแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 135 กรัมและเมาส์ 78 กรัมไม่แตกต่างกัน (P-value > 0.05)

2) การทดสอบขนาดของเมาส์ โดยใช้เมาส์ขนาดใหญ่ซึ่งเป็นลักษณะของเมาส์การยศาสตร์ มีความยาว 10.5 เซนติเมตรและเมาส์ขนาดเล็กความยาว 7.5 เซนติเมตร โดยผู้ทดสอบมีสมรรถนะการทำงานคงที่เมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว 3-6 ชั่วโมงการทำงาน โดยผู้ทดสอบ 3 คนมีสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งสูงกว่าเมาส์ขนาดเล็กและพบว่าผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์ขนาดใหญ่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P-value<0.05) เมื่อพิจารณาถึงอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยพบว่าผู้ทดสอบทั้งหมดมีร้อยละของอัตตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากการใช้เมาส์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

3) การทดสอบองศาการวางมือ ทำการทดสอบโดยใช้เมาส์องศาการวางมือการยศาสตร์และเมาส์องศาการวางมือทั่วไป โดยสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบเริ่มคงที่เมื่อผ่านการใช้งานไปแล้วตั้งแต่ 8-16 ชั่วโมงการทำงาน ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานพบว่าผู้ทดสอบ 4 คนจากการทดสอบแกนตั้งและ 3 คนจากแนวทดสอบแกนนอนมีสมรรถนะการทำงานจากการใช้เมาส์องศาการวางมือที่ถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์มากกว่าเมาส์องศา การวางมือทั่วไป โดยผู้ทดสอบ 2 คนมีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และพบว่าผู้ทดสอบทั้งหมดมีร้อยละอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากการใช้เมาส์ทั้งสองไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ทั้งนี้ด้านความปลอดภัยบ่งชี้ว่าการใช้ลักษณะของเมาส์การยศาสตร์มีผลดีกับสรีศาสต ร์ที่ถูกต้องคือช่วยลดความล้าของกล้ามเนื้อจากการหดหรือเกร็งมากเกินไปและลดความเสี่ยงกับอาการบาดเจ็บของข้อมือและนิ้วมือจากการวางมือที่ไม่ปกติ จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้ลักษณะของเมาส์การยศาสตร์นอกจากจะไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานแย่ลงแต่ยังช่วยเพิ่มระดับความปลอดภัยในการทำงาน

2. การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของรูปแบบดัชนีความยากของงานกับเวลาในการเคลื่อนที่

การเปรียบเทียบแบบดัชนีงานของฟิตส์ แบบดัชนีงานของวอลฟอร์ดและแบบดัชนีงานของแชลนอลกับเวลาในการเคลื่อนที่จากการทดสอบพบว่าการใช้สมการทั้ง 3 ดัชนีงานให้ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์สูง เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยกับผลการทำลองของฟิสต์โดยใน 3 การทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกันคือการใช้ดัชนีงานของแชลนอลจะให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์สูงที่สุดและการใช้ดัชนีงานของฟิตส์จะให้ค่าจุดตัดแกนตั้งใกล้จุดกำเนิด (0,0) มากที่สุด โดยจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าในดัชนีงานเท่ากับศูนย์ ผู้ทดสอบมีเวลาการทำงานในการชี้ตำแหน่งบนเป้าหมายซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจุดตัดแกนดิ่ง ดังนั้นแม้ดัชนีงานเท่ากับศูนย์ผู้ทดสอบยังคงต้องใช้เวลาในการทำงาน จึงอาจกล่าวได้ว่าการกำหนดการใช้รูปแบบดัชนีงานเพื่อทดสอบอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งของแชลนอลอาจมีความเหมาะสมมากกว่าเนื่องด้วยเหตุผล 2 ประการคือ เมื่อดัชนีงานเท่ากับศูนย์การทดสอบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ยังคงต้องมีเวลาที่น้อยที่สุดในการทำงานรวมถึงการกำหนดรูปแบบดัชนีงานของแชลนอลจะให้ค่าดัชนีงานเป็นบวกเสมอ

3. การประยุกต์ใช้แนวความคิดและหลักการของฟิตส์

จากแนวคิดของฟิตส์ที่อธิบายระยะเวลาการเคลื่อนที่ในเชิงของระยะทางและขนาดเป้าหมายซึ่งในด้านลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ สามารถใช้หลักการดังกล่าวประยุกต์การออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ได้ อาทิ การแสดงผลการตอบสนองบนหน้าจอแสดงผลต่างๆ การจัดวางตำแหน่งของแอพพลิเคชั่นหรือฟังชั่นรวมถึงขนาดของไอคอน ขนาดของเมนูสำหรับการตอบสนองและการรับเข้าข้อมูลของผู้ใช้ที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การสัมผัสหน้าจอ (Touch screen) รวมถึงการสั่งงานด้วยเสียง (Voice control) การจดจำใบหน้า (Face recognition) และการเคลื่อนไหว (Motion control) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการตอบสนองที่ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและสั่งงานได้ง่ายขึ้น เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการตอมสนองด้วยการสัมผัสหน้าจอได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นทั้งด้านการเดินทาง เช่น การเลือกสถานีปลายทางผ่านเครื่องออก เหรียญ โดยสารอัตโนมัติ (Ticket Vending Machine)ในการเดินทางด้วยรถไฟฟ้า การสอบถามเส้นทางการบินในสนามบิน กรือการค้นหา การจองหนังสือในห้องสมุดรวมถึงการทำงานบนหน้าจอมือถือหรือหน้าจอคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เป็นต้น ดังนั้นในเหตุการณ์

และวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน การออกแบบขนาด และระยะห่างระหว่าง เป้าหมายบนหน้าจอแสดงผล จึงเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากมีผลต่ออัตราความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทำรายการหรือการเลือกคำสั่งต่างๆ ดังนั้นการใช้แนวความคิดของฟิตส์เพื่อทดสอบขนาดและระยะห่างระหว่างเป้าหมายที่ทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งการและเลือกทำรายการโดยไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดหรือมีอัตราความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยในบางวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อความบันเทิง การพิจารณาถึงความรวดเร็วในการตอบสนองของผู้ใช้ โดยการออกแบบการทดสอบอาจอ้างอิ งตามมาตรฐาน ISO 9241 ส่วนที่ 9 ซึ่งเป็นมาตรฐานการประเมินสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ไม่ใช้แป้นพิมพ์เป็นแนวทางในการทดสอบ

ข้อเสนอแนะ

1) ควรควบคุมการเคลื่อนไหวมือของผู้ทดสอบ (Control movement of the hand) เนื่องจากผู้ทดสอบแต่ละคนอาจมีการจับหรือยึดตลอดจนการใช้เมาส์ในการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้มีผลกับการทดลองหากผู้ทดสอบใช้กล้ามเนื้อหลายส่วนและแตกต่างกันในการเคลื่อนเมาส์

2) การควบคุมห้องทดสอบและสถานนีปฏิบัติงาน (Environment and workstation) ควรควบคุมให้เหมาะกับหลักการยศาสตร์ เพื่อลดผลกระทบทางจิตใจของผู้ทดสอบขณะปฏิบัติงาน

3) อาสาสมัคร (Volunteer) ควรกำหนดช่วงอายุของผู้ทดสอบรวมถึงหากผู้ทดสอบมีปัญหาทางสายตา เช่นสายตาสั้น ควรให้ผู้ทดสอบสวมแว่นขณะทำการทดสอบ

4) การกำหนดช่วงเวลาทดสอบ (Length of sessions) ควรกำหนดช่วงเวลาในการทดสอบและการพัก เพื่อลดและป้องกันความล้าที่อาจเกิดขณะทำการทดสอบ

5) การศึกษาการทำงานในรูปแบบอื่นๆ (Studies in other forms) การศึกษาการทำงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น งานการเคลื่อนที่หลายทิศทาง (Multidirectional) งานในการเลือกวัตถุ (Selecting) และงานในการลากหรือวาดวัตถุ (Dragging & Drawing) เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองบรรณาธิการเว็บไซต์เออาร์ไอพี. การใช้เมาส์อย่างถูกวิธี. 2553. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.arip.co.th. [20 สิงหาคม 2554].

พิราวิชญ์ ภาคนนท์กุล. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์. 2554. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.Infoco mm.mju.ac.th. [24 สิงหาคม 2554].

รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร และสุดธิดา กรุงไกรวงศ์. การยศาสตร์ในสถานที่ทำงาน. 2554. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ergo.engr.tu.ac.th/frameknow/know1_3.htm. [24 สิงหาคม 2554]

โรสลิน เทพจันทร์. กฎหมายและมาตรฐานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย. 2552. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.safety-stou.com pdf./PDF. [24 สิงหาคม 2554].

วลีพร จิตรพงษ์. โรคออฟฟิศซินโดรม. 2551. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www. dpck5.com/Knowledge/knowledge.html. [24 สิงหาคม 2554]

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. เมาส์. 2554. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki. [15 สิงหาคม 2554].

ศักดา องจองค์. คาร์ปาลทันนัลซินโดรม. 2552. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dooqo.com. [30 สิงหาคม 2554].

ศูนย์ข้อมูลการแพทย์โรงพยาบาลศิริราช. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์. 2545. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/simi/hci/index.html. [24 สิงหาคม 2554].

สหัสญา บุญสวัสดิ์. การทำงานของเมาส์ . 2543. (หน้า 68-69). อ้างถึงใน พรทิพย์ ย่องอั้น . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.learners.in.th. [15 สิงหาคม 2554].

สุภาภรณ์ อรพิน. อุปกรณ์นำข้อมูล. 2553. แหล่งที่มา: แหล่งที่มา: http://supapornorapin41. blogspot.com/2010/07/blog-post_9820.html. [24 สิงหาคม 2554].

อารีย์ เจริญชัยชนะ. คาร์ปาลทันนัลซินโดรม .2553. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ideaforlife.net/health/disease/carpal_tunnel_syndrome/index.html. [27สิงหาคม 2554].

ภาษาอังกฤษ

Antoni D.S. and Moschini D. A Mouse Evaluation Framework for Fitts' Test. 2007. University of Veronoa. [Online]. Available: http://profs.sci.univr.it/ /PhD Credits: Fitts Evaluation Framework/HCIprj.pdf. [2011,27 May]

Edwards G. N., Jose W. S. And Lippert S. L. Ergonomic computer mouse. United States Patent. March 2002, Apple number: 08/689,385. [Online]. Available: http://www.google.co.th/patents Ergonomic computer mouse George Neil Edwards et al 2002. [2012,7 May]

ErgoDirect USA. Ergonomic Computer Mouse.2011. [Online]. Available: http://www.ergodirectusa.com/Ergonomic-Mouse/htm. [2011,10 August]

Ergonomic mouse. Ergonomic design optical with vertical hold. 2009. [Online]. Available: http://goodbuyfirst. com/index. [2012,7 May]

Ergonomic mouse. Evoluent VM3R2-RSB Vertical Mouse. 2011. [Online]. Available: http://www.amazon.com/Evoluent-Vertical-Mouse. [2011,15 August]

Ergonomic mouse. Logitech Wireless Performance Mouse MX for PC and Mac. 2011. [Online]. Available: http://www.amazon.com/Logitech-Wireless-Performance-Mouse-Mac. [2001,15 August]

Ergonomic mouse. Microsoft 69K-00001 Natural Wireless Laser Mouse 6000. 2011. [Online]. Available: http://www.amazon.com/Microsoft-69K-00001-Natural. [2001,15 August].

Guidelines for preventing Musculoskeletal Injuries. Office ergonomics. January 2010. [Online]. Available: http://www.worksafenb.ca/docs/OFFICEEdist.pdf. [2011, 25 August]

Hardware pacers. Microsoft optical mouse. 2010. [Online]. Available: http://hardware-pacers.com. [2011, 24 August 2011]

Isokoski P. and Raisamo R. Speed-accuracy measure in a population of six mice. [Online]. Available: http://www.sis.uta.fi/pi52316/apchi 2002 paper/apchi paper.html. [2011, 10 August]

Lee Y. H. and Weng J. An ergonomic design and performance evaluation of handy scanner by males. Applied Ergonomic. Vol. 26 1995: Pages. 425-430. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article. [2011,30 September]

Mackenzie I. S., A. Seller and Buxton W. A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks. 1991. [Online]. Available: http://www.yorku.ca/mack/p161-mackenzie.pdf.[2011,10 September]

Mushtaq A. What is the computer system. 2011. [Online]. Available: http:// humanvisualizationwithcomputer.html. [2011,24 August]

Naomi G. Swanson, Traci L. Galinsky, Libby L. Cole, Christopher S. Pan, Steven L. Sauter. The impact of keyboard design on comfort and productivity in a text-entry task. Applied Ergonomics. February 1997: Volume 28. Issue 1. Pages 9-16. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article. [2011, 30 September]

Okunribido O.O. and Haslegrave C.M. Effect of handle design for cylinder trolleys**.** Applied Ergonomics. August 1999: Volume 30. Issue 5. Pages. 407-419. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science. [2011,30 September]

Snijders C.J. Ergonomic mouse Evaluation. 2010. [Online]. Available: http://www.hand shoemouse.com/publications.html. [2011, 27 May].

Soukoreff R. W. and MacKenzie I.S. Towards a standard for pointing device evaluation. Human Computer studies. November 2004: Pages 751-789. [Online]. Available http://www.yorku.ca/mack/ijhcs2004.pdf. [2011,10 August]

Stewart J. 1984. Cited in Canadian Network for International Surgery (CNIS). September 2007. [Online]. Available: http://ps.cnis.ca/wiki/index.php/73Forearm. [2012, 7 May]

Technologies Computer Ergonomic. Goldtouch Mouse ergonomically designed and patented. 2010. [Online]. Availble: http://www.airtech.net/kogoermon.html. [2011, 24 August]

Technology mouse. 2010. [Online]. Available: http://technology.thaiza.com/Logitech. [2011,30 September]

Youkong S. Electromechanical. Kollewin Technology. 2009. [Online]. Available: http://www.automation-drive.com. [2012, 7 May].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การควบคุมน้ำหนักเมาส์

การควบคุมลักษณะของเมาส์ในแต่ละปัจจัยการทดสอบ

1. การศึกษาปัจจัยน้ำหนัก คือ 135 กรัมและ 78 กรัม โดยกำหนดให้เมาส์ทดสอบเป็นเมาส์ยี่ห้อและรุ่นเดียวกันและมีการเชื่อมต่อเป็น USB เช่นเดียวกัน

เมาส์ 135 กรัม เป็นตัวแทนสำหรับน้ำหนักเมาส์การยศาสตร์ที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 120-150 กรัม

เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม เป็นตัวแทนสำหรับน้ำหนักเมาส์ทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาด

โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 60-90 กรัม

2.การศึกษาปัจจัยความยาว ได้เลือกใช้เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรและ10.5 เซนติเมตรโดยเมาส์ที่ใช้ทดสอบมีการควบคุมน้ำหนักเมาส์ให้มีน้ำหนักเท่ากันคือ 65 กรัม ยี่ห้อและชนิดการเชื่อมต่อแบบเดียวกัน

เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรเป็นตัวแทนสำหรับน้ำหนักเมาส์การยศาสตร์

เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรเป็นตัวแทนสำหรับน้ำหนักเมาส์ทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาด

3. การศึกษาปัจจัยองศาการวางมือ ได้เลือกใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศา แทนองศาการวางมือเมื่อใช้เมาส์ทั่วไปและเมาส์ที่มีองศาการวางมือ 45 องศาแทนองศาการวางมือเมื่อใช้เมาส์การยศาสตร์ โดยมีการควบคุมให้เมาส์ทั้งสองแบบมีน้ำหนักและความยาวใกล้เคียงกัน

เมาส์องศาการวางมือ 45 องศา

เมาส์องศาการวางมือ 15-30 องศา

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์การฝึกปฏิบัติก่อนการทดสอบ

การฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมการทดสอบเพื่อศึกษาว่าผู้ทดสอบมีความคุ้นชินและมีความเข้าใจการใช้โปรแกรม ในการเก็บข้อมูลแล้วหรือไม่ โดยการทดสอบได้ทำการเปรียบเทียบเวลาการเคลื่อนที่เฉลี่ยจากการใช้แบบทดสอบเดียวกันใน 3 ครั้งการทำงานโดยใช้สถิติ Ducan's Range testที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามคำแนะนำในงานวิจัยของ Sena และ Moschini (2006) โดยมีสมมุติฐานว่า หากผู้ทดสอบมีความคุ้นชินและสามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างคล่องแคล่ว ผู้ทดสอบมีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานไม่แตกต่างกันในแต่ละชั่วโมงการทำงานของแต่ละวัน

<u>แนวแกนนอน</u>

<u>การทดสอบวันที่ 1</u>

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	1	150	1.0855	.28216	.01406	1.0577	1.1133	.74	1.62
	2	150	.9746	.23417	.01912	.9368	1.0123	.55	1.65
	3	150	.9442	.27948	.02282	.8991	.9893	.49	1.59
	Total	450	1.0014	.24010	.01132	.9792	1.0237	.49	1.65
s2	1	150	.9891	.30288	.02473	.9403	1.0380	.52	1.82
	2	150	.9625	.26427	.02158	.9198	1.0051	.57	1.81
	3	150	1.0280	.28920	.02361	.9813	1.0747	.56	1.88
	Total	450	.9932	.28653	.01351	.9667	1.0197	.52	1.88
s3	1	150	.8841	.22243	.01816	.8482	.9200	.57	1.38
	2	150	.8205	.18426	.01504	.7908	.8503	.56	1.29
	3	150	.8268	.25133	.02052	.7863	.8674	.50	1.47
	Total	450	.8438	.22241	.01048	.8232	.8644	.50	1.47
s4	1	150	1.0321	.18485	.01509	1.0022	1.0619	.71	1.42
	2	150	.9627	.15470	.01263	.9377	.9876	.66	1.36
	3	150	.9404	.18848	.01539	.9100	.9708	.60	1.39
	Total	450	.9784	.18055	.00851	.9617	.9951	.60	1.42
s5	1	150	.8784	.24738	.02020	.8385	.9183	.48	1.39
	2	150	.8040	.21648	.01768	.7691	.8389	.42	1.26
	3	150	.8221	.26326	.02149	.7797	.8646	.44	1.49
	Total	450	.8348	.24467	.01153	.8122	.8575	.42	1.49

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	9.143	2	447	.000
s2	2.021	2	447	.134
s3	8.461	2	447	.000
s4	5.738	2	447	.003
s5	3.364	2	447	.035

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s2	Between Groups	.326	2	.163	1.994	.137
	Within Groups	36.537	447	.082		
	Total	36.863	449			
s5	Between Groups	.451	2	.226	3.814	.023
	Within Groups	26.427	447	.059		
	Total	26.878	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s1	Welch	11.961	2	285.936	.000
s3	Welch	3.967	2	293.044	.020
s4	Welch	10.105	2	295.419	.000

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

		Subset for alpha = 0.05	
wp	N	1	2
3	150	.9442	
2	150	.9746	
1	150		1.0855
Sig.		.259	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2	150	.9625
1	150	.9891
3	150	1.0280
Sig.		.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	150	.8205	
3	150	.8268	
1	150		.8841
Sig.		.806	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	150	.9404	
2	150	.9627	
1	150		1.0321
Sig.		.275	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	150	.8040	
3	150	.8221	
1	150		.8784
Sig.		.519	1.000

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	150	.8205	
3	150	.8268	
1	150		.8841
Sig.		.806	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

<u>การทดสอบวันที่ 2</u>

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	4	150	.9672	.25516	.02083	.9260	1.0083	.51	1.52
	5	150	.9624	.28432	.02321	.9165	1.0082	.46	1.56
	6	150	.9360	.22144	.01808	.9002	.9717	.49	1.37
	Total	450	.9552	.25474	.01201	.9316	.9788	.46	1.56
s2	4	150	.9086	.27391	.02236	.8644	.9528	.53	1.79
	5	150	.8830	.20930	.01709	.8492	.9167	.48	1.30
	6	150	.8727	.24853	.02029	.8326	.9128	.47	1.75
	Total	450	.8881	.24528	.01156	.8654	.9108	.47	1.79
s3	4	150	.8105	.23202	.01894	.7730	.8479	.45	1.40
	5	150	.7768	.21143	.01726	.7426	.8109	.43	1.18
	6	150	.7997	.22534	.01840	.7634	.8361	.44	1.32
	Total	450	.7956	.22304	.01051	.7750	.8163	.43	1.40
s4	4	150	.9364	.22830	.01864	.8996	.9733	.54	1.67
	5	150	.9344	.20896	.01706	.9007	.9681	.56	1.38
	6	150	.9311	.21929	.01301	.9054	.9568	.64	1.28
	Total	450	.9340	.20053	.00945	.9154	.9526	.54	1.67
s5	4	150	.7864	.22641	.01849	.7498	.8229	.40	1.26
	5	150	.7602	.21800	.01780	.7251	.7954	.42	1.23
	6	150	.7729	.21838	.01783	.7376	.8081	.43	1.42
	Total	450	.7731	.22073	.01041	.7527	.7936	.40	1.42

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	4.775	2	447	.009
s2	1.704	2	447	.183
s3	.111	2	447	.895
s4	5.958	2	447	.000
s5	.477	2	447	.621

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s2	Between Groups	.102	2	.051	.851	.428
	Within Groups	26.910	447	.060		
	Total	27.012	449			
s3	Between Groups	.089	2	.044	.893	.410
	Within Groups	22.247	447	.050		
	Total	22.336	449			
s5	Between Groups	.051	2	.026	.525	.592
	Within Groups	21.825	447	.049		
	Total	21.876	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s1	Welch	.753	2	294.861	.472
s4	Welch	.530	2	290.400	.601

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
6	150	.9360
5	150	.9624
4	150	.9672
Sig.		.322

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
6	150	.8727
5	150	.8830
4	150	.9086
Sig.		.235

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
5	150	.7768
6	150	.7997
4	150	.8105
Sig.		.220

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
6	150	.9311
5	150	.9344
4	150	.9364
Sig.		.832

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
5	150	.7602
6	150	.7729
4	150	.7864
Sig.		.338

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

การทดสอบวันที่ 3

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	7	150	.8723	.21287	.01738	.8379	.9066	.52	1.34
	8	150	.8671	.24284	.01983	.8280	.9063	.46	1.41
	9	150	.8627	.24494	.02000	.8232	.9022	.47	1.39
	Total	450	.8674	.23352	.01101	.8457	.8890	.46	1.41
s2	7	150	.7971	.24246	.01980	.7580	.8362	.43	1.43
	8	150	.7981	.24346	.01988	.7588	.8374	.46	1.43
	9	150	.7647	.18853	.01539	.7343	.7952	.42	1.19
	Total	450	.7867	.22631	.01067	.7657	.8076	.42	1.43
s3	7	150	.7759	.21320	.01741	.7415	.8103	.42	1.37
	8	150	.7650	.23194	.01677	.7237	.7662	.53	1.06
	9	150	.7940	.20015	.01634	.7617	.8263	.43	1.24
	Total	450	.7783	.18592	.00876	.7544	.7888	.42	1.37
s4	7	150	.9286	.17618	.01438	.9002	.9570	.54	1.34
	8	150	.9264	.22469	.01835	.8901	.9626	.54	1.42
	9	150	.9124	.21789	.01779	.8773	.9476	.59	1.42
	Total	450	.9225	.20703	.00976	.9033	.9417	.54	1.42
s5	7	150	.7322	.22819	.01863	.6954	.7690	.34	1.14
	8	150	.7344	.20477	.01672	.7013	.7674	.40	1.10
	9	150	.7319	.22853	.01866	.6950	.7688	.37	1.22
	Total	450	.7328	.22029	.01038	.7124	.7532	.34	1.22

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	1.874	2	447	.155
s2	4.565	2	447	.011
s3	7.748	2	447	.000
s4	5.850	2	447	.003
s5	.438	2	447	.645

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s1	Between Groups	.007	2	.003	.063	.939
	Within Groups	24.477	447	.055		
	Total	24.484	449			
s2	Between Groups	.108	2	.054	1.056	.349
	Within Groups	22.887	447	.051		
	Total	22.995	449			
s5	Between Groups	.001	2	.000	.006	.994
	Within Groups	21.788	447	.049		
	Total	21.788	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s3	Welch	3.470	2	290.944	.211
s4	Welch	.268	2	294.145	.765

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.8627
8	150	.8671
7	150	.8723
Sig.		.741

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.7647
7	150	.7971
8	150	.7981
Sig.		.231

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
8	150	.7650
7	150	.7759
9	150	.7940
Sig.		.249

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.9124
8	150	.9264
7	150	.9286
Sig.		.528

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.7319
7	150	.7322
8	150	.7344
Sig.		.929

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

<u>แนวแกนตั้ง</u>

<u>การทดสอบวันที่ 1</u>

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	1	150	.9424	.29783	.02432	.8944	.9905	.30	1.69
	2	150	.9357	.27684	.02260	.8910	.9804	.50	1.54
	3	150	.9621	.22259	.01817	.9262	.9980	.51	1.70
	Total	450	.9467	.26728	.01260	.9220	.9715	.30	1.70
s2	1	150	.9236	.24658	.02020	.8836	.9635	.54	1.51
	2	150	.9329	.28607	.02336	.8868	.9791	.45	1.63
	3	150	.8854	.28494	.02327	.8394	.9313	.42	1.63
	Total	449	.9139	.27337	.01290	.8886	.9393	.42	1.63
s3	1	150	.8177	.23077	.01884	.7805	.8550	.49	1.61
	2	150	.7693	.20848	.01702	.7357	.8030	.40	1.28
	3	150	.7487	.19126	.01562	.7178	.7795	.42	1.16
	Total	450	.7786	.21231	.01001	.7589	.7982	.40	1.61
s4	1	150	.9818	.15986	.01305	.9160	.9976	.69	1.32
	2	150	.9196	.14029	.01145	.8969	.9422	.64	1.21
	3	150	.9298	.13291	.01085	.9084	.9513	.63	1.22
	Total	450	.9437	.14703	.00693	.9301	.9574	.63	1.32
s5	1	150	.7561	.22861	.01867	.7193	.7930	.35	1.24
	2	150	.7748	.23280	.01901	.7373	.8124	.36	1.20
	3	150	.7795	.25809	.02107	.7378	.8211	.33	1.22

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	1	150	.9424	.29783	.02432	.8944	.9905	.30	1.69
	2	150	.9357	.27684	.02260	.8910	.9804	.50	1.54
	3	150	.9621	.22259	.01817	.9262	.9980	.51	1.70
	Total	450	.9467	.26728	.01260	.9220	.9715	.30	1.70
s2	1	150	.9236	.24658	.02020	.8836	.9635	.54	1.51
	2	150	.9329	.28607	.02336	.8868	.9791	.45	1.63
	3	150	.8854	.28494	.02327	.8394	.9313	.42	1.63
	Total	449	.9139	.27337	.01290	.8886	.9393	.42	1.63
s3	1	150	.8177	.23077	.01884	.7805	.8550	.49	1.61
	2	150	.7693	.20848	.01702	.7357	.8030	.40	1.28
	3	150	.7487	.19126	.01562	.7178	.7795	.42	1.16
	Total	450	.7786	.21231	.01001	.7589	.7982	.40	1.61
s4	1	150	.9818	.15986	.01305	.9160	.9976	.69	1.32
	2	150	.9196	.14029	.01145	.8969	.9422	.64	1.21
	3	150	.9298	.13291	.01085	.9084	.9513	.63	1.22
	Total	450	.9437	.14703	.00693	.9301	.9574	.63	1.32
s5	1	150	.7561	.22861	.01867	.7193	.7930	.35	1.24
	2	150	.7748	.23280	.01901	.7373	.8124	.36	1.20
	3	150	.7795	.25809	.02107	.7378	.8211	.33	1.22
	Total	450	.7701	.23986	.01131	.7479	.7924	.33	1.24

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	4.725	2	447	.009
s2	1.515	2	447	.221
s3	1.825	2	447	.162
s4	3.076	2	447	.047
s5	1.989	2	447	.138

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s2	Between Groups	.190	2	.095	1.275	.280
	Within Groups	33.290	447	.075		
	Total	33.480	449			
s3	Between Groups	.377	2	.188	4.239	.015
	Within Groups	19.862	447	.044		
	Total	20.238	449			
s5	Between Groups	.046	2	.023	.396	.673
	Within Groups	25.787	447	.058		
	Total	25.833	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s1	Welch	.467	2	293.063	.627
s4	Welch	7.146	2	296.359	.001

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

		Subset for alpha = 0.05
wp	N	1
2	150	.9357
1	150	.9424
3	150	.9621
Sig.		.425

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

		Subset for alpha = 0.05
wp	N	1
3	150	.8854
1	150	.9236
2	150	.9329
Sig.		.157

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1	2
3	150	.7487	
2	150	.7693	
1	150		.8177
Sig.		.397	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1	2
2	150	.9196	
3	150	.9298	
1	150		.9818
Sig.		.541	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
1	150	.7561
2	150	.7748
3	150	.7795
Sig.		.433

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

การทดสอบวันที่ 2

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	4	150	.9268	.25383	.02073	.8859	.9678	.51	1.78
	5	150	.9101	.26178	.02137	.8679	.9523	.45	1.48
	6	150	.8958	.27754	.02266	.8510	.9406	.41	1.50
	Total	450	.9109	.26428	.01246	.8864	.9354	.41	1.78
s2	4	150	.9065	.23594	.01926	.8684	.9445	.45	1.60
	5	150	.8689	.21710	.01773	.8338	.9039	.50	1.33
	6	150	.8807	.21593	.01763	.8459	.9156	.46	1.36
	Total	450	.8854	.22323	.01052	.8647	.9060	.45	1.60
s3	4	150	.8014	.22320	.01822	.7654	.8375	.50	1.44
	5	150	.7944	.22374	.01827	.7583	.8304	.45	1.42
	6	150	.7779	.20040	.01636	.7456	.8103	.52	1.26
	Total	450	.7912	.21580	.01017	.7713	.8112	.45	1.44
s4	4	150	.9241	.13388	.01093	.9025	.9457	.66	1.21
	5	150	.9133	.15541	.01269	.8882	.9384	.62	1.24
	6	150	.9437	.17572	.01435	.9153	.9720	.60	1.42
	Total	450	.9270	.15610	.00736	.9126	.9415	.60	1.42
s5	4	150	.7250	.24093	.01967	.6862	.7639	.29	1.15
	5	150	.7388	.24197	.01976	.6998	.7779	.35	1.22
	6	150	.7325	.24499	.02000	.6930	.7720	.42	1.43
	Total	450	.7321	.24216	.01142	.7097	.7546	.29	1.43

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	1.700	2	447	.184
s2	.729	2	447	.483
s3	.866	2	447	.422
s4	5.341	2	447	.005
s5	.005	2	447	.995

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s1	Between Groups	.072	2	.036	.517	.597
	Within Groups	31.289	447	.070		
	Total	31.361	449			
s2	Between Groups	.111	2	.055	1.112	.330
	Within Groups	22.264	447	.050		
	Total	22.375	449			
s3	Between Groups	.044	2	.022	.468	.627
	Within Groups	20.866	447	.047		
	Total	20.909	449			
s5	Between Groups	.014	2	.007	.122	.885
	Within Groups	26.316	447	.059		
	Total	26.330	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s4	Welch	1.271	2	294.335	.282

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
6	150	.8958
5	150	.9101
4	150	.9268
Sig.		.342

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
5	150	.8689
6	150	.8807
4	150	.9065
Sig.		.170

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
6	150	.7779
5	150	.7944
4	150	.8014
Sig.		.378

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
5	150	.9133
4	150	.9241
6	150	.9437
Sig.		.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05 1
4	150	.7250
6	150	.7325
5	150	.7388
Sig.		.646

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

การทดสอยวันที่ 3

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
s1	7	150	.8644	.23515	.01920	.8264	.9023	.44	1.30
	8	150	.8383	.22799	.01862	.8015	.8750	.43	1.35
	9	150	.8515	.23054	.01882	.8143	.8887	.42	1.50
	Total	450	.8514	.23098	.01089	.8300	.8728	.42	1.50
s2	7	150	.8824	.22951	.01874	.8454	.9194	.48	1.41
	8	150	.8719	.23104	.01886	.8346	.9092	.42	1.83
	9	150	.8732	.21410	.01748	.8386	.9077	.47	1.35
	Total	450	.8758	.22456	.01059	.8550	.8966	.42	1.83
s3	7	150	.7726	.16013	.01307	.7467	.7984	.48	1.15
	8	150	.7708	.17930	.01464	.7419	.7997	.46	1.18
	9	150	.7969	.21503	.01756	.7622	.8316	.43	1.39
	Total	450	.7801	.18618	.00878	.7628	.7973	.43	1.39
s4	7	150	.8925	.15070	.01230	.8682	.9168	.58	1.28
	8	150	.8872	.14363	.01173	.8640	.9103	.54	1.19
	9	150	.8843	.12184	.00995	.8647	.9040	.65	1.22
	Total	450	.8880	.13900	.00655	.8751	.9009	.54	1.28
s5	7	150	.7118	.20025	.01635	.6795	.7441	.41	1.24
	8	150	.6956	.22884	.01868	.6587	.7325	.34	1.21
	9	150	.6901	.20483	.01672	.6571	.7232	.31	1.04
	Total	450	.6992	.21141	.00997	.6796	.7188	.31	1.24

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
s1	.831	2	447	.436
s2	.810	2	447	.446
s3	3.037	2	447	.000
s4	3.278	2	447	.039
s5	2.068	2	447	.128

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
s1	Between Groups	.051	2	.026	.479	.620
	Within Groups	23.903	447	.053		
	Total	23.954	449			
s2	Between Groups	.010	2	.005	.098	.907
	Within Groups	22.632	447	.051		
	Total	22.642	449			
s5	Between Groups	.038	2	.019	.426	.654
	Within Groups	20.029	447	.045		
	Total	20.067	449			

Robust Tests of Equality of Means

		Statistic[a]	df1	df2	Sig.
s3	Welch	.781	2	294.035	.459
s4	Welch	.133	2	295.341	.876

a. Asymptotically F distributed.

s1

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
8	150	.8383
9	150	.8515
7	150	.8644
Sig.		.360

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s2

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
8	150	.8719
9	150	.8732
7	150	.8824
Sig.		.706

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s3

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
8	150	.7708
7	150	.7726
9	150	.7969
Sig.		.256

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s4

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.8843
8	150	.8872
7	150	.8925
Sig.		.636

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

s5

Duncan

wp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
9	150	.6901
8	150	.6956
7	150	.7118
Sig.		.407

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparisons) ของข้อมูลสมรรถนะการทำงานผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ที่มีลักษณะตามหลักสรีรวิทยาและเมาส์ที่มีลักษณะที่จำหน่ายทั่วไปประกอบไปด้วยเมาส์น้ำหนัก 78 กรัมและ 135 กรัม เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรและ 10.5 เซนติเมตร เมาส์องศาการวางมือ 15 องศาและ 45 องศา

1. การศึกษาน้ำหนักเมาส์

- การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหรือความแปรปรวนว่าแตกต่างกันหรือไม่

H_o: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

H_1: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน

เมาส์น้ำหนัก 78 กรัม

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	x78	10.190	4	370	.000
	y78	23.094	4	370	.000
คนที่ 2	x78	9.872	4	370	.000
	y78	3.062	4	370	.017
คนที่ 3	x78	4.362	4	370	.002
	y78	14.767	4	370	.000
คนที่ 4	x78	6.346	4	370	.000
	y78	4.761	4	370	.001
คนที่ 5	x78	13.434	4	370	.000
	y78	12.138	4	370	.000

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	x78	Welch	.235	4	182.789	.919
	y78	Welch	.143	4	173.980	.966
คนที่ 2	x78	Welch	.233	4	183.450	.919
	y78	Welch	.040	4	184.102	.997
คนที่ 3	x78	Welch	.574	4	182.497	.681
	y78	Welch	.338	4	182.764	.852
คนที่ 4	x78	Welch	2.031	4	183.603	.092
	y78	Welch	.572	4	184.034	.684
คนที่ 5	x78	Welch	.817	4	183.084	.516
	y78	Welch	.908	4	179.241	.461

a. Asymptotically F distributed.

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 78 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 78 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 78 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 78 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 78 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>เมาส์น้ำหนัก 135 กรัม</u>

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	x135	1.696	4	370	.150
	y135	15.199	4	370	.000
คนที่ 2	x135	7.093	4	370	.000
	y135	4.314	4	370	.002
คนที่ 3	x135	7.753	4	370	.000
	y135	16.338	4	370	.000
คนที่ 4	x135	3.202	4	370	.013
	y135	40.080	4	370	.000
คนที่ 5	x135	.850	4	370	.494
	y135	4.448	4	370	.002

ANOVA

ผู้ทดสอบ			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
คนที่ 1	x135	Between Groups	1.064	4	.266	.405	.805
		Within Groups	242.718	370	.656		
		Total	243.782	374			
คนที่ 5	x135	Between Groups	2.470	4	.618	1.185	.317
		Within Groups	192.796	370	.521		
		Total	195.266	374			

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	y135	Welch	.510	4	182.724	.728
	x135	Welch	.106	4	182.216	.980
คนที่ 2	y135	Welch	.714	4	183.653	.583
	x135	Welch	.890	4	183.576	.471
คนที่ 3	y135	Welch	.221	4	183.514	.926
	x135	Welch	1.072	4	184.120	.372
คนที่ 4	y135	Welch	.078	4	183.301	.989
คนที่ 5	y135	Welch	1.856	4	183.418	.120

a. Asymptotically F distributed.

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าในแนวแกนนอน (x) ค่า p-value> 0.05 จึงใช้สถิติ One-Way ANOVA และพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนไม่มีความแตกต่างกัน ในแนวแกนทดสอบแกนตั้ง (y) ค่า p-value< 0.05 ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงา นในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์น้ำหนัก 135 กรัมไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05

แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์135 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแ ปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์135 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่ แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์135 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าในแนวแกนนอน ค่า p-value> 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลไม่แตกต่ างกัน ดังนั้นจึงใช้สถิติของ One-way ANOVA และพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และในแนวแกนตั้ง การวิเคราะห์ทางสถิติ Levene ค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 135 กรัมของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่ างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ของผู้ทดสอบ จากการทดสอบทางสถิติ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_o: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไป

H_1: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไป

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	x78	4.9483	375	.75005	.03873
	x135	5.0016	375	.80736	.04169
คนที่ 2	x78	5.3804	375	.79759	.04119
	x135	5.3877	375	.72325	.03735
คนที่ 3	x78	4.4205	375	.88807	.04586
	x135	4.2411	375	.95314	.04922
คนที่ 4	x78	4.7809	375	.64175	.03314
	x135	5.2574	375	.62610	.03233
คนที่ 5	x78	4.9023	375	.85278	.04404
	x135	5.2443	375	.72257	.03731

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	x78 - x135	-.05331	.96766	.04997	-.15157	.04494	-1.067	374	.287
คนที่ 2	x78 - x135	-.00740	.87624	.04525	-.13457	.04337	-1.008	374	.464
คนที่ 3	x78 - x135	.17938	1.06029	.05475	.07172	.28704	3.276	374	.001
คนที่ 4	x78 - x135	-.47656	.81092	.04188	.39422	.55890	11.380	374	.000
คนที่ 5	x78-x135	-.34200	.91003	.04699	.17463	.35945	5.682	374	.000

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของส มรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบ ในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

แนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	y78	5.0320	375	1.07729	.05563
	y135	5.4669	375	1.00740	.05202
คนที่ 2	y78	5.7749	375	.71567	.03696
	y135	5.7510	375	.81243	.04195
คนที่ 3	y78	4.6330	375	1.54112	.07958
	y135	4.2792	375	1.28285	.06625
คนที่ 4	y78	4.9507	375	.80289	.04146
	y135	5.3795	375	.63700	.03289
คนที่ 5	y78	4.9023	375	.77743	.04015
	y135	5.2431	375	.65187	.03366

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 y78- y135	-.43485	1.38819	.07169	-.57581	-.29390	-6.066	374	.000
Pair 1 y78 - y135	.02389	.89322	.04613	-.06681	.11459	.518	374	.605
Pair 1 y78 - y135	.35383	1.66573	.08602	.18470	.52297	4.113	374	.000
Pair 1 y135 - y78	-.42872	1.03194	.05329	.32394	.53350	8.045	374	.000
Pair 1 y78 - y135	-.34080	.83768	.04326	-.16391	.00621	-1.823	374	.000

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรร ถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

2 การศึกษาความยาวของเมาส์

- การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหรืออความแปรปรวนว่าแตกต่างกันหรือไม่

H_0: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

H_1: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน

ความยาว 7.5 เซนติเมตร

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	xS	8.207	4	370	.000
	yS	5.667	4	370	.000
คนที่ 2	xS	3.256	4	370	.012
	yS	7.086	4	370	.000
คนที่ 3	xS	2.624	4	370	.035
	yS	17.251	4	370	.000
คนที่ 4	Sx	10.705	4	370	.000
	Sy	12.208	4	370	.000
คนที่ 5	xS	3.660	4	370	.006
	yS	54.761	4	370	.000

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	xS	Welch	.529	4	182.220	.715
	yS	Welch	.082	4	184.117	.988
คนที่ 2	xS	Welch	.822	4	184.240	.512
	yS	Welch	.545	4	182.495	.703
คนที่ 3	xS	Welch	.638	4	184.597	.636
	yS	Welch	.206	4	183.454	.935
คนที่ 4	Sx	Welch	1.648	4	180.802	.164
	Sy	Welch	.480	4	181.838	.751
คนที่ 5	xS	Welch	.682	4	184.037	.605
	yS	Welch	.072	4	182.261	.990

a. Asymptotically F distributed.

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 7.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 7.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 7.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิ คราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 7.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแน วแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 7.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตร</u>

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 2	xL	12.681	4	370	.000
	yL	20.922	4	370	.000
คนที่ 3	xL	4.951	4	370	.001
	yL	17.937	4	370	.000
คนที่ 4	Lx	6.588	4	370	.000
	Ly	4.678	4	370	.001
คนที่ 5	xL	5.576	4	370	.000
	yL	5.117	4	370	.001

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	xL	14.526	4	370	.000
	yL	5.674	4	370	.000

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	xL	Welch	.236	4	181.910	.918
	yL	Welch	.557	4	184.451	.694
คนที่ 2	xL	Welch	1.101	4	179.267	.358
	yL	Welch	1.496	4	180.765	.205

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 3	xL	Welch	1.352	4	183.728	.252
	yL	Welch	.251	4	183.063	.909
คนที่ 4	Lx	Welch	.440	4	183.572	.780
	Ly	Welch	1.353	4	182.165	.252
คนที่ 5	xL	Welch	.680	4	183.218	.606
	yL	Welch	.626	4	183.644	.645

a. Asymptotically F distributed

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 10.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 10.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 10.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 10.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ 10.5 เซนติเมตรของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรและเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรองผู้ทดสอบ จากการทดสอบทางสถิติ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_o: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่แตกต่างกับการใช้เมาส์ความยาวเฉลี่ย 7.5 เซนติเมตร

H_1: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรแตกต่างกับการใช้เมาส์ความยาวเฉลี่ย 7.5 เซนติเมตร

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	xS	5.1222	375	.86457	.04465
	xL	5.1117	375	.63874	.03298
คนที่ 2	xS	4.9869	375	.85753	.04428
	xL	4.8858	375	.62676	.03237
คนที่ 3	xS	4.1738	375	.76639	.03958
	xL	4.3332	375	.61288	.03165
คนที่ 4	xS	4.3926	375	.65424	.03378
	xL	4.6341	375	.58929	.03043
คนที่ 5	xS	4.7956	375	.74168	.03830
	xL	4.5594	375	.82563	.04264

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
คนที่ 1	xS - xL	-.06160	.80150	.04139	-.07088	.09189	.254	374	.830
คนที่ 2	xS - xL	.10117	1.05585	.05452	-.00604	.20838	1.856	374	.064
คนที่ 3	xS - xL	-.15942	.73746	.03808	.04280	.19256	3.090	374	.002
คนที่ 4	xS - xL	-.27153	.78442	.04051	.24795	.40725	8.087	374	.000
คนที่ 5	xS - xL	.23619	.85928	.04437	.14894	.32344	5.323	374	.000

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์มีความแตกต่างกัน

แนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	yS	5.1456	375	.85861	.04434
	yL	4.9573	375	.65011	.03357
คนที่ 2	yS	4.4925	375	.70566	.03644
	yL	4.8839	375	.99975	.05163
คนที่ 3	yS	4.3195	375	1.18128	.06100
	yL	4.4117	375	1.26135	.06514
คนที่ 4	yS	4.5221	375	.63535	.03281
	yL	4.7933	375	.65157	.03365
คนที่ 5	yS	4.7001	375	1.00823	.05206
	yL	4.6170	375	.89798	.04637

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	yS - yL	.18830	.81441	.04206	.09271	.25810	4.171	374	.000
คนที่ 2	yS - yL	-.39136	.99513	.05139	-.49241	-.29031	-7.616	374	.000
คนที่ 3	yS - yL	-.09211	1.04005	.05371	-.19771	.01350	-1.715	374	.087
คนที่ 4	yS - yL	-.27126	.78479	.04053	.20247	.36185	6.962	374	.000

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 5	yS - yL	.08133	1.06350	.05492	.12329	.33927	1.211	374	.620

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตรกับเมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน

3. การศึกษาองศาการวางมือ

• การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหรือความแปรปรวนว่าแตกต่างกันหรือไม่

H_0: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

H_1: ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ชุดข้อมูลมีสมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน

องศาการวางมือทั่วไป

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	STDx	6.837	4	370	.000
	STDy	11.987	4	370	.000
คนที่ 2	STDx	4.673	4	370	.000
	STDy	11.987	4	370	.000
คนที่ 3	STDx	13.110	4	370	.000
	STDy	18.742	4	370	.000
คนที่ 4	STDx	12.891	4	370	.000
	STDy	15.680	4	370	.000
คนที่ 5	STDx	15.514	4	370	.000
	STDy	8.815	4	370	.000

ANOVA

ผู้ทดสอบ			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
คนที่ 2	STDy	Between Groups	.204	4	.051	.126	.973
		Within Groups	150.450	370	.407		
		Total	150.654	374			

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	STDx	Welch	.118	4	184.071	.976
	STDy	Welch	.710	4	180.520	.586
คนที่ 2	STDx	Welch	.269	4	184.585	.897
คนที่ 3	STDx	Welch	.170	4	179.239	.953
	STDy	Welch	.316	4	181.767	.867
คนที่ 4	STDx	Welch	.169	4	182.570	.954
	STDy	Welch	.795	4	181.375	.530
คนที่ 5	STDx	Welch	.880	4	176.731	.477
	STDy	Welch	.332	4	182.438	.856

a. Asymptotically F distributed.

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศาของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าในแนวแกนนอน (x) ค่า p-value< 0.05 ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกันนั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนไม่มีความแตกต่างกัน ในแนวแกนตั้ง(y) ค่า p-

value> 0.05 จึงใช้สถิติ One-Way ANOVA และพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศาของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศาของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแ กนตั้งจากการใช้ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศาของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>องศาการวางมือการยศาสตร์</u>

Test of Homogeneity of Variances

ผู้ทดสอบ		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	Erx	.792	4	370	.531
	Ery	5.557	4	370	.000
คนที่ 2	Erx	7.636	4	370	.000
	Ery	.789	4	370	.533
คนที่ 3	Erx	1.401	4	370	.233
	Ery	1.592	4	370	.176
คนที่ 4	Erx	3.451	4	370	.009
	Ery	17.182	4	370	.000
คนที่ 5	Erx	10.429	4	370	.000
	Ery	3.489	4	370	.008

Robust Tests of Equality of Means

ผู้ทดสอบ			Statistic[a]	df1	df2	Sig.
คนที่ 1	Ery	Welch	.593	4	181.920	.668
คนที่ 2	Erx	Welch	.515	4	184.030	.725
คนที่ 4	Erx	Welch	.251	4	183.819	.909
	Ery	Welch	.437	4	182.328	.782
คนที่ 5	Erx	Welch	1.254	4	179.209	.290
	Ery	Welch	.617	4	184.071	.651

a. Asymptotically F distributed.

ANOVA

ผู้ทดสอบ			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
คนที่ 1	Erx	Between Groups	.903	4	.226	.678	.608
		Within Groups	123.272	370	.333		
		Total	124.175	374			
คนที่ 2	Ery	Between Groups	.696	4	.174	.348	.846
		Within Groups	185.232	370	.501		
		Total	185.929	374			
คนที่ 3	Erx	Between Groups	6.713	4	1.678	2.341	.055
		Within Groups	265.289	370	.717		
		Total	272.002	374			
คนที่ 3	Ery	Between Groups	.360	4	.090	.179	.949
		Within Groups	185.820	370	.502		
		Total	186.180	374			

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าในแนวแกนนอน (x) ค่า p-value $>$ 0.05 จึงใช้สถิติ One-Way ANOVA และพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งไม่มีความแตกต่างกัน ในแนวแกนตั้ง (y) ค่า p-value $<$ 0.05 ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกันนั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าในแนวแกนนอน (x) ค่า p-value< 0.05 ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกันนั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งไม่มีความแตกต่างกัน ในแนวแกนตั้ง (y) ค่า p-value ค่า p-value> 0.05 จึงใช้สถิติ One-Way ANOVA และพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือสมรรถนะการทำงานในแนวแกนตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแ กนตั้งจากการใช้ที่มีองศาการวางมือ 15-30 องศาของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาแล ะพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศาการยศาสตร์ของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Levene พบว่าค่า p-value< 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนแต่ละชุดข้อมูลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สถิติ Welch เพื่อพิจารณาและพบว่า p-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 5 ชุดข้อมูลไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสมรรถนะการทำงานในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์องศาการยศาสตร์ของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเมาส์องศาการวางมือของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์ที่มีองศาการวางมือของเมาส์การยศาสตร์ของผู้ทดสอบ จากการทดสอบทางสถิติ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_o: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือของเมาส์การยศาสตร์ไม่แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือทั่วไป

H_1: สมรรถนะการทำงานโดยเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือของเมาส์การยศาสตร์แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือทั่วไป

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	STDx	4.2218	375	.93608	.04834
	Erx	4.2725	375	.57621	.02976
คนที่ 2	STDx	5.2152	375	.75306	.03889
	Erx	5.2434	375	.74300	.03837
คนที่ 3	STDx	4.6834	375	.80608	.04163
	Erx	4.8741	375	.85281	.04404
คนที่ 4	STDx	4.8867	375	1.22481	.06325
	Erx	5.1583	375	.79240	.04092
คนที่ 5	STDx	5.0022	375	.83553	.04315
	Erx	5.0076	375	.78926	.04076

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	STDx-Erx	-.05072	.94109	.04860	-.03969	.15143	1.150	374	.251
คนที่ 2	STDx - Erx	.02824	1.03186	.05328	-.13302	.07654	-.530	374	.596
คนที่ 3	STDx - Erx	.19076	1.09288	.05644	.09836	.32030	3.709	374	.000
คนที่ 4	STDx - Erx	-.27168	1.36410	.07044	-.41019	-.13317	-3.857	374	.000
คนที่ 5	STDx - Erx	-.00544	1.05182	.05432	-.11224	.10136	-.100	374	.920

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value < 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปมีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนนอนจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

แนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	STDy	4.2197	375	.78916	.04075
	Ery	4.2467	375	.90695	.04683
คนที่ 2	STDy	5.0504	375	.66017	.03409
	Ery	4.9528	375	.70373	.03634
คนที่ 3	STDy	4.6589	375	.84373	.04357
	Ery	4.7034	375	.70905	.03662

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 4	STDy	5.2854	375	.77944	.04025
	Ery	5.3112	375	.84458	.04361
คนที่ 5	STDy	5.1516	375	.58213	.03006
	Ery	5.1841	375	.60559	.03127

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	STDy - Ery	-.02709	1.24808	.06445	-.15382	.09964	-.420	374	.674
คนที่ 2	STDy - Ery	.09763	.73905	.03816	.02258	.17267	2.558	374	.011
คนที่ 3	STDy - Ery	-.04451	1.01526	.05243	-.14760	.05858	-.849	374	.396
คนที่ 4	STDy– Ery	-.02573	.96000	.04957	-.12321	.07175	-.519	374	.604
คนที่ 5	STDy - Ery	-.03253	.70205	.03625	-.09025	.05233	-.523	374	.601

ผู้ทดสอบคนที่ 1

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 2

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 3

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่ มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 4

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศ า การวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

ผู้ทดสอบคนที่ 5

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการทำงานของผู้ทดสอบในแนวแกนตั้งจากการใช้เมาส์ที่มีองศาการวางมือการยศาสตร์กับเมาส์องศาการวางมือทั่วไปไม่มีความแตกต่างกัน

4. อัตราความผิดพลาดจากการชี้ตำแหน่งของน้ำหนัก ความยาว และองศาการวางมือที่เปลี่ยนแปลง

- การเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับเมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ โดยการทดสอบสถิติ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_o: อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ ไม่แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไป

H_1: อัตราความผิดพลาดเฉลี่ยของผู้ทดสอบจากการใช้เมาส์น้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ แตกต่างกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไป

อัตราความผิดพลาดจากการชี้ตำแหน่งของน้ำหนักเมาส์

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	x78	.0288	5	.00438	.00196
	x135	.0272	5	.00716	.00320
คนที่ 2	x78	.0192	5	.00438	.00196
	x135	.0288	5	.00716	.00320
คนที่ 3	x78	.0240	5	.00800	.00358
	x135	.0208	5	.01213	.00543
คนที่ 4	x78	.0272	5	.00912	.00408
	x135	.0208	5	.00716	.00320
คนที่ 5	x78	.0272	5	.01213	.00543
	x135	.0304	5	.00669	.00299

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	x78 - x135	.00160	.00876	.00392	-.00928	.01248	.408	4	.704
คนที่ 2	x78 - x135	-.00960	.00669	.00299	-.01791	-.00129	-3.207	4	.033
คนที่ 3	x78 - x135	.00320	.01339	.00599	-.01342	.01982	.535	4	.621
คนที่ 4	x78 - x135	.00640	.00669	.00299	-.00191	.01471	2.138	4	.099
คนที่ 5	x78 - x135	-.00320	.01213	.00543	-.01826	.01186	-.590	4	.587

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าผู้ทดสอบทุกคนมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนนอนในการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

แนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	y78	.0288	5	.00438	.00196
	y135	.0240	5	.00800	.00358
คนที่ 2	y78	.0256	5	.00669	.00299
	y135	.0272	5	.00438	.00196

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 3	y78	.0336	5	.00358	.00160
	y135	.0352	5	.00438	.00196
คนที่ 4	y78	.0208	5	.00438	.00196
	y135	.0224	5	.00358	.00160
คนที่ 5	y78	.0304	5	.00358	.00160
	y135	.0256	5	.01187	.00531

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	y78 - y135	.00480	.01073	.00480	-.00853	.01813	1.000	4	.374
คนที่ 2	y78 - y135	-.00160	.00876	.00392	-.01248	.00928	-.408	4	.704
คนที่ 3	y78 - y135	-.00160	.00669	.00299	-.00991	.00671	-.535	4	.621
คนที่ 4	y78 - y135	-.00160	.00669	.00299	-.00991	.00671	-.535	4	.621
คนที่ 5	y78 - y135	.00480	.01453	.00650	-.01324	.02284	.739	4	.501

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าผู้ทดสอบทุกคนมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนตั้งในการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์ทั่วไปกับการใช้เมาส์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมาส์การยศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกัน

<u>อัตราความผิดพลาดจากการชี้ตำแหน่งของความยาวเมาส์</u>

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	Sx	.0176	5	.01043	.00466
	Lx	.0192	5	.00438	.00196
คนที่ 2	Sx	.0272	5	.00438	.00196
	Lx	.0256	5	.00669	.00299
คนที่ 3	Sx	.0256	5	.00669	.00299
	Lx	.0224	5	.00669	.00299
คนที่ 4	Sx	.0272	5	.00912	.00408
	Lx	.0240	5	.00800	.00358
คนที่ 5	Sx	.0208	5	.00716	.00320
	Lx	.0176	5	.00358	.00160

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
คนที่ 1	Sx - Lx	-.00160	.01043	.00466	-.01455	.01135	-.343	4	.749
คนที่ 2	Sx - Lx	.00160	.00669	.00299	-.00671	.00991	.535	4	.621
คนที่ 3	Sx - Lx	.00320	.01073	.00480	-.01013	.01653	.667	4	.541
คนที่ 4	Sx - Lx	.00320	.00716	.00320	-.00568	.01208	1.000	4	.374
คนที่ 5	Sx- Lx	.00320	.00716	.00320	-.00568	.01208	1.000	4	.374

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าผู้ทดสอบทุกคนมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนนอนในการใช้เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรกับการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่มีความแตกต่างกันแนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	Sy	.0192	5	.00438	.00196
	Ly	.0192	5	.00716	.00320
คนที่ 2	Sy	.0272	5	.00438	.00196
	Ly	.0336	5	.00358	.00160
คนที่ 3	Sy	.0240	5	.00566	.00253
	Ly	.0176	5	.00358	.00160

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 4	Sy	.0288	5	.00438	.00196
	Ly	.0272	5	.00716	.00320
คนที่ 5	Sy	.0208	5	.00438	.00196
	Ly	.0208	5	.00912	.00408

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	Sy - Ly	.00000	.00980	.00438	-.01217	.01217	.000	4	1.000
คนที่ 2	Sy - Ly	-.00640	.00669	.00299	-.01471	.00191	-2.138	4	.099
คนที่ 3	Sy - Ly	.00640	.00669	.00299	-.00191	.01471	2.138	4	.099
คนที่ 4	Sy - Ly	.00160	.01043	.00466	-.01135	.01455	.343	4	.749
คนที่ 5	Sy- Ly	.00000	.00800	.00358	-.00993	.00993	.000	4	1.000

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าค่า p-value > 0.05 แสดงว่าผู้ทดสอบทุกคนมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนตั้งในการใช้เมาส์ความยาว 7.5 เซนติเมตรกับการใช้เมาส์ความยาว 10.5 เซนติเมตรไม่มีความแตกต่างกัน

อัตราความผิดพลาดจากการชี้ตำแหน่งของงองศาการวางมือ

แนวทดสอบแกนนอน

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	STDx	.0176	5	.006693	.002993
	Ergox	.0160	5	.00566	.00253
คนที่ 2	STDx	.0176	5	.00669	.00299
	Ergox	.0256	5	.00669	.00299
คนที่ 3	STDx	.0240	5	.00800	.00358
	Ergox	.0160	5	.00566	.00253
คนที่ 4	STDx	.0208	5	.00438	.00196
	Ergox	.0272	5	.00912	.00408
คนที่ 5	STDx	.0176	5	.00669	.00299
	Ergox	.0160	5	.00566	.00253

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
คนที่ 1	STDx - Ergox	.001600	.003578	.001600	-.002842	.006042	1.000	4	.374
คนที่ 2	STDx - Ergox	-.00800	.01131	.00506	-.02205	.00605	-1.581	4	.189
คนที่ 3	STDx - Ergox	.00800	.00566	.00253	.00098	.01502	3.162	4	.034

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
คนที่ 4	STDx - Ergox	-.00640	.01187	.00531	-.02113	.00833	-1.206	4	.294
คนที่ 5	STDx - Ergox	-.00320	.01213	.00543	-.01826	.01186	-.590	4	.587

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าผู้ทดสอบ 4 คนมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนนอนในการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไปกับการใช้เมาส์องศาการวางมือการยศาสตร์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า p-value > 0.05 และพบว่ามีผู้ทดสอบ 1 คนมีอัตราความผิดพลาดจกการใช้เมาส์ทั้ง 2 แบบแตกต่างกัน

แนวทดสอบแกนตั้ง

Paired Samples Statistics

ผู้ทดสอบ		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
คนที่ 1	STDy	.0192	5	.00438	.00196
	Ergoy	.0144	5	.00358	.00160
คนที่ 2	STDy	.0224	5	.00358	.00160
	Ergoy	.0256	5	.00669	.00299
คนที่ 3	STDy	.0272	5	.00438	.00196
	Ergoy	.0160	5	.00566	.00253
คนที่ 4	STDy	.0256	5	.00358	.00160
	Ergoy	.0256	5	.00876	.00392
คนที่ 5	STDy	.0304	5	.00358	.00160
	Ergoy	.0256	5	.01187	.00531

ผู้ทดสอบ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
คนที่ 1	STDy - ergoy	.00480	.00438	.00196	-.00064	.01024	2.449	4	.070
คนที่ 2	STDy - Ergoy	-.00320	.00716	.00320	-.01208	.00568	-1.000	4	.374
คนที่ 3	STDy - Ergoy	.01120	.00912	.00408	-.00013	.02253	2.746	4	.052
คนที่ 4	STDy - Ergoy	.00000	.00800	.00358	-.00993	.00993	.000	4	1.000
คนที่ 5	STDy - Ergoy	.00480	.01453	.00650	-.01324	.02284	.739	4	.501

จากการทดสอบสถิติ Paired Samples ของผู้ทดสอบทั้ง 5 คน พบว่าผู้ทดสอบมีอัตราความผิดพลาดเฉลี่ยจากชี้ตำแหน่งในแนวแกนตั้งในการใช้เมาส์องศาการวางมือทั่วไปกับการใช้เมาส์องศาการวางมือการยศาสตร์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า $p\text{-value} > 0.05$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวภัทรพร เกียรติธรรม เกิดเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศบดินเดชา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552