

การใช้แรงและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง

นายธีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2553

**STRENGTH EXERTION AND FOOT DISCOMFORT OF
TRANSPORTATION OPERATORS**

Teerasak Thongsumrit

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การใช้แรงและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.พรศิริ จงกล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)

กรรมการ

(อ. ดร.วุฒิ คำนกิตติกุล)

รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ จำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ธีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ : การใช้แรงและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง
(STRENGTH EXERTION AND FOOT DISCOMFORT OF TRANSPORTATION
OPERATORS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล, 171 หน้า.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและดัน
รถเข็นที่บรรทุกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และศึกษา
ผลกระทบของรองเท้าที่มีต่อความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมใน
งานวิจัยครั้งนี้เป็นพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 50 คน แบ่งเป็นเพศชาย
25 คน และเพศหญิง 25 คน ทุกคนมีประสบการณ์ทำงานอย่างต่ำเป็นระยะเวลา 1 ปี การเก็บข้อมูล
ความสามารถในการออกแรงสถิตกระทำในสองลักษณะคือ การออกแรงดึงและแรงดัน ในท่ายืน
ปกติและท่ายืนเท้าเอียงที่ระดับความสูงรถเข็น 85 เซนติเมตร โดยใช้รองเท้าที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง
รองเท้าที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและรองเท้าที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า จากนั้นนำข้อมูล
ความสามารถในการออกแรงสถิตมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ประเมิน
ภาระงานขนส่ง และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง

ผลการประเมินภาระงานขนส่งในระหว่างรถเข็นเคลื่อนที่พบว่าภาระงานอยู่ในระดับ
ที่เหมาะสมไม่เกินกำลังของพนักงาน ในขณะที่ภาระงานระหว่างรถเข็นเริ่มเคลื่อนที่มีผู้ถูกทดสอบ
เพศชายจำนวน 2 คน และเพศหญิงจำนวน 7 คน ที่มีค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการ
ออกแรงสูงสุดต่ำกว่าความหนักของภาระงาน โดยผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงดึงสูงสุดขณะ
สวมใส่รองเท้าที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า ในขณะที่สามารถออกแรงดันสูงสุดเมื่อสวมใส่รองเท้า
ที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในท่ายืนเท้าเอียงกัน ค่าความสามารถในการออกแรงดึงและ
แรงดันสถิตสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 19.93 และ 20.58 กิโลกรัม ตามลำดับ และ
ค่าดังกล่าวของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงเท่ากับ 13.11 และ 14.86 กิโลกรัม ตามลำดับ ผู้ถูกทดสอบ
มีระดับความพึงพอใจต่อแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและหมอนรองสันเท้ามาก จากการวิเคราะห์
ความแปรปรวนพบว่าทิศของแรง ท่ายืน รองเท้าและเพศ มีผลต่อความสามารถในการออกแรงสถิต
และรองเท้ามีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าอย่างมีนัยสำคัญ ผลของการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า
ท่ายืน รองเท้าและเพศ มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกแรงสถิต โดยมีค่าสัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.546

TEERASAK THONGSUMRIT : STRENGTH EXERTION AND FOOT

DISCOMFORT OF TRANSPORTATION OPERATORS. THESIS

ADVISOR : ASST. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D., 171 PP.

HUMAN STRENGTH/MAXIMUM VOLUNTARY EXERTION/DISCOMFORT/
MUSCULOSKELETAL DISORDERS/FOOT/ SHOES/SHOE INSERT/HEEL CUP

This research aimed to assess pull and push strength exertion capabilities of transportation operators in a hard disk drive manufacturer, and to study the effect of shoes on foot discomfort of transportation operators. The subjects of this research were 50 hard disk drives transportation operators (25 males and 25 females) with at least a year of working experience. Data collected were pull and push static strengths exerted in normal standing posture and left foot forward standing posture, at the handle height of the wagon (85 centimeters). The subjects wore three types of shoe: canvas shoe, canvas shoe with shoe insert, and canvas shoe with heel cup. The measured strengths were used to evaluate the transportation workloads. Analysis of variance was carried out to determine the significant factors and also regression analysis was performed to determine the relationship between static strengths and type of shoes.

The results showed that the transportation operators were able to do their task safely. However, 15% of push strength of two males and seven females were lower than force required to overcome floor friction at the beginning of cart pushing. The greatest isometric pull strengths was found when exerting force wearing canvas shoes

with heel cup, whereas the greatest isometric push strengths was found when exerting force wearing canvas shoes with shoe insert, both in standing posture with left foot forward. The highest pull and push strengths of male were 19.93 and 20.58 kilograms, respectively, whereas those of females were 13.11 and 14.86 kilograms, respectively. The subjects preferred wearing shoes with insert and heel cup. The analysis of variance showed that direction, posture, shoe, and gender had significant effect on the static strengths. Type of shoes significantly affected foot discomfort. From the results of regression analysis, posture, shoe, and gender have a relationship with static strength with 0.546 of coefficient of determination (R^2).



School of Industrial Engineering

Academic Year 2010

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และกลุ่มบุคคลต่อไปนี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือสนับสนุนอย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และการดำเนินการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เมตตาให้โอกาสทางการศึกษาและทุนการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ชี้แนะแนวทางแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย มาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขเนื้อหาวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. นิวิธ เจริญใจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ชี้แนะแนวทางแก้ไข ปัญหา รูปแบบการเขียน และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขงยุทธ เสริมสุขธิอนุวัฒน์ อาจารย์ ดร.ปภากร สุวานนท์ และ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่าน ที่ให้โอกาสทางการศึกษาและคำปรึกษาด้านวิชาการ

ขอขอบคุณ คุณปราณี กฐินใหม่ เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ให้คำแนะนำเพื่อขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณ คุณจ่านงค์ ผายสระน้อย เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณศักดิ์ดา ตั้งขปริชา ที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน ให้การดูแล และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ระหว่างกรเก็บข้อมูลงานวิจัยในบริษัทกรณีศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณวรรณนิสา นุชคุ้ม ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอดช่วง ระยะเวลาการศึกษา และพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในบริษัทกรณีศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเสียสละเวลา ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและทำวิจัย

สำหรับความงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับ คุณพ่อจรรยา และคุณแม่อำนวย ทองสัมฤทธิ์ อันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจน ส่งเสริมการศึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดีเสมอมา จนทำให้ประสบผลสำเร็จในชีวิต

ธีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ณ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การวิเคราะห์เชิงสถิติและเชิงพลวัต	6
2.2 การประยุกต์ใช้ชีวกลศาสตร์กับแรงของร่างกาย	8
2.3 การเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยการดึงและดัน	11
2.4 โรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (MSD) กับอาการไม่สบายบริเวณเท้า	15
2.5 การบรรเทาโรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (MSD) ที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า	18
3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 ผู้ถูกทดสอบ	20
3.2 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ	21
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2	วิธีการเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ	21
3.2.3	การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ	23
3.3	ศึกษาภาระงานของพนักงานขนส่ง	23
3.3.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	23
3.3.2	วิธีการเก็บข้อมูลความหนักของภาระงาน	23
3.3.3	การวิเคราะห์ข้อมูลความหนักของภาระงาน	23
3.4	ศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง	24
3.4.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	24
3.4.2	วิธีการวัดแรงสถิติ	27
3.4.3	การดำเนินการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติ	29
3.4.4	การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติ ของพนักงานขนส่ง	29
3.5	การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง	30
3.6	สำรวจความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า	30
3.6.1	วิธีการเก็บข้อมูลความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง	31
3.6.2	การวิเคราะห์ข้อมูลอาการไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง	31
3.7	สำรวจระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้า ที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า	32
3.7.1	วิธีการเก็บข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้า ที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า	33
3.7.2	การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ และรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า	33
3.8	การทดสอบสมมุติฐาน	34
3.9	สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง	34
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล	35
4.1	คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2	ภาระงานของพนักงานขนส่ง	36
4.3	ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง	37
4.3.1	ความสามารถในการออกแรงดึง	37
4.3.2	ความสามารถในการออกแรงดัน	40
4.3.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ ในการออกแรงสถิติ	43
4.4	ประเมินภาระงาน	49
4.4.1	ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศชาย	49
4.4.2	ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศหญิง	56
4.5	ความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า	63
4.5.1	ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า ของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง	63
4.5.2	ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า ของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ ที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	65
4.5.3	ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า ของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ ที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า	67
4.6	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์ เสริมพื้นรองเท้า	69
4.6.1	ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ	69
4.6.2	ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ ที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก	71
4.6.3	ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ ที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้าขณะใช้งานครั้งแรก	72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.4	ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ ที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งาน 1 สัปดาห์	74
4.6.5	ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ ที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าหลังจากใช้งาน 1 สัปดาห์	76
4.7	การทดสอบสมมุติฐาน	78
4.7.1	การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าผลกระทบหลักและค่าผลร่วม	78
4.7.2	การทดสอบที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ของฟรีดแมน	80
4.8	สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง	83
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	86
5.1	สรุปผลการวิจัย	86
5.2	ข้อเสนอแนะ	89
5.3	วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติและป้องกันการบาดเจ็บ	89
รายการอ้างอิง		91
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก.	การหาขนาดตัวอย่างของผู้ถูกทดสอบ	95
ภาคผนวก ข.	ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ	99
ภาคผนวก ค.	การเก็บข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่ง	102
ภาคผนวก ง.	การเลือกประเภทของรถเข็นที่ใช้ในงานวิจัย	104
ภาคผนวก จ.	ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบ	106
ภาคผนวก ฉ.	แบบสอบถามความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าและระดับ ความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า	115
ภาคผนวก ช.	การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป	124
ภาคผนวก ซ.	สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ ขณะออกแรง	130
ภาคผนวก ฌ.	รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	134
ประวัติผู้เขียน		171

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	จำนวนผู้ประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามความรุนแรงและอวัยวะต่าง ๆ บริเวณที่ได้รับอันตราย3
2.1	ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของเกษตรกรไทยทั้งผู้ชาย และผู้หญิงในเขตพื้นที่ภาคกลาง 8
2.2	ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงของเกษตรกรในประเทศอินเดีย12
2.3	ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงแบบสถิติ13
2.4	ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงแบบพลวัต13
3.1	ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดึงหรือแรงดันของพนักงานขนส่ง ที่ระดับความสูง 85 เซนติเมตร29
4.1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ36
4.2	น้ำหนักของการขนส่งในแต่ละรอบ36
4.3	ความหนักของภาระงานขนส่ง37
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึง ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย37
4.5	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึง ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 39
4.6	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดัน ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย40
4.7	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดัน ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 42
4.8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติ44
4.9	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงกับแรงดัน จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 45
4.10	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงทำขึ้นปกติ กับทำขึ้นเท้าเนื่องจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงกับรองเท้า คุณลักษณะต่าง ๆ จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ	46
4.12 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงของเพศชาย กับเพศหญิงจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ	46
4.13 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติ ที่ 15% ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย	51
4.14 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียง ที่ 15% ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย	52
4.15 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติ ที่ 15% ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย	54
4.16 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเอียง ที่ 15% ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย	55
4.17 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติ ที่ 15% ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	57
4.18 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียง ที่ 15% ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	59
4.19 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติ ที่ 15% ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	61
4.20 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเอียง ที่ 15% ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	62
4.21 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	63
4.22 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	65
4.23 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.24 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละของความพึงพอใจ	69
4.25 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	71
4.26 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะใช้งานครั้งแรก โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	73
4.27 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	75
4.28 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ	77
4.29 ลำดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะ	82
4.30 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง	84
ก.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชายและเพศหญิง	96
ก.2 แสดงผลการหาจำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดึง	97
ก.3 แสดงผลการหาจำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดัน	98
ข.1 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบเพศชาย	100
ข.2 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	101
ค.1 ข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่ง	103
จ.1 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศชายในท่ายืนปกติ	107
จ.2 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศชายในท่ายืนเท้าเอียง	108
จ.3 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชายในท่ายืนปกติ	109
จ.4 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชายในท่ายืนเท้าเอียง	110
จ.5 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงในท่ายืนปกติ	111
จ.6 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงในท่ายืนเท้าเอียง	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.7	ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงในท่ายืนปกติ 113
จ.8	ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงในท่ายืนเท้าเอียง 114
ฉ.1	อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ 117
ฉ.2	อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ ที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ 118
ฉ.3	อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้า 118
ฉ.4	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง 119
ฉ.5	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ ขณะใช้งานครั้งแรก 120
ฉ.6	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า ขณะใช้งานครั้งแรก 121
ฉ.7	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ 122
ฉ.8	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ 123
ซ.1	ตัวอย่างการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบ 133

สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1	ชีวกลศาสตร์กับแรงที่ร่างกายใช้ในการยกของ 9
2.2	ลักษณะของรถเข็นที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 10
2.3	การออกแรงดึงและแรงดันในทำขึ้นเท่าเทียมกัน 15
2.4	ประเมินจุดที่เกิดอาการเจ็บปวดบนฝ่าเท้า 17
2.5	ประเมินพื้นที่ที่เกิดอาการเจ็บปวดบนฝ่าเท้า 18
3.1	อุปกรณ์วัดขนาดสัดส่วนเท้า 21
3.2	แสดงวิธีการวัดขนาดสัดส่วนเท้าของผู้ถูกทดสอบ 22
3.3	แสดงวิธีการวัดความหนักของภาระงานโดยใช้เครื่องชั่งสปริง 23
3.4	เครื่องมือวัดแรงสถิติ 24
3.5	ติดตั้งชุดเครื่องมือวัดแรงสถิติในพื้นที่ทดสอบความสามารถในการออกแรง 25
3.6	รองเท้าปกติที่พนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง 25
3.7	แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ 26
3.8	หมอนรองสันเท้า 26
3.9	พื้นที่วางเท้าขณะขึ้นออกแรงสถิติ 27
3.10	การออกแรงดึงและแรงดันในทำขึ้นปกติของพนักงานขนส่ง 28
3.11	การออกแรงดึงและแรงดันในทำขึ้นเท่าเทียมกันของพนักงานขนส่ง 28
3.12	พื้นที่ฝ่าเท้า 31
4.1	แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศชาย 38
4.2	แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 39
4.3	แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชาย 41
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 42
4.5	กราฟค่าเฉลี่ยของทิศของแรง ทำขึ้น รองเท้า และเพศ จากการแปลงข้อมูล เป็นลอการิทึมธรรมชาติ 47
4.6	กราฟอันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับทำขึ้น ทิศของแรงกับรองเท้า จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7	แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง 64
4.8	แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ 66
4.9	แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า 68
4.10	แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ 70
4.11	แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก 72
4.12	แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้าขณะใช้งานครั้งแรก 74
4.13	แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ 76
4.14	แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้าหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ 78
ก.1	แสดงเส้นโค้งลักษณะสมบัติของการดำเนินการ (OC Curves) 97
ง.1	แสดงการเลือกประเภทรถเข็น โดยแผนภูมิพาเรโต 105
ฉ.1	แสดงข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ 116
ฉ.2	แสดงพื้นที่ส่วนต่าง ๆ บนพื้นฝ่าเท้าเพื่อใช้สำหรับประเมิน ระดับความไม่สบายบนฝ่าเท้า 117
ฉ.3	แสดงข้อมูลสุขภาพของผู้ถูกทดสอบ 118
ช.1	การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ 125
ช.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง 126
ช.3	การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 126

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ซ.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 127
ซ.5	ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับทิศของแรง 127
ซ.6	ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับทำยีน 128
ซ.7	ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับเพศ 128
ซ.8	ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับรองเท้า 129
ซ.1	การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 131
ซ.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ 132
ซ.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากตัวแปรอิสระ 132



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

MMH	=	การขนย้ายสิ่งของด้วยแรงงานมนุษย์
MVE	=	ความสามารถในการออกแรงสูงสุดของมนุษย์
MSD	=	โรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง
OSHA	=	หน่วยงานดูแลด้านความปลอดภัยและสุขภาพจากการประกอบอาชีพ
MAD	=	ค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ย
ε	=	การแจกแจงแบบปกติ
σ^2	=	ค่าแปรปรวนประชากร
DF	=	องศาอิสระ
SS	=	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง
MS	=	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง
F	=	สถิติทดสอบ
P-value	=	ค่าที่น้อยที่สุดของระดับนัยสำคัญ
α	=	ระดับนัยสำคัญ
$1 - \alpha$	=	ระดับความเชื่อมั่น
H_0	=	สมมุติฐานหลัก
H_1	=	สมมุติฐานรอง
F_r	=	การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ของฟรีดแมน
χ^2	=	การแจกแจงแบบไคสแควร์
Coef	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอย
R-Sq	=	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
Adj R-Sq	=	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรับแก้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้ามาใช้อย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยระบบอัตโนมัติดังกล่าวได้ช่วยปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังคงอาศัยแรงงานมนุษย์ในกิจกรรมการขนย้ายวัตถุดิบ (Manual materials handling-MMH) ซึ่งการขนย้ายเป็นกิจกรรมที่มีความจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพซึ่งลักษณะของการปฏิบัติขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะและความต้องการในแต่ละงาน เช่น กิจกรรมการยก การดันหรือการเข็น การดึงหรือการลาก การเดินถือวัตถุ และการบิดเลี้ยว หากผู้ปฏิบัติงานไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างสมบูรณ์ก็ย่อมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานประสบอันตรายหรือบาดเจ็บได้ (Mital and Ramakrishnan, 1999) ซึ่งลักษณะของการปฏิบัติงานดังกล่าวพนักงานจะต้องยืนและเดินตลอดช่วงระยะเวลาการปฏิบัติงานเพื่อทำการขนย้ายผลิตภัณฑ์หรือเครื่องมืออุปกรณ์ประกอบการทำงานให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยผลกระทบหลักที่อาจเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในลักษณะดังกล่าวคือ การบาดเจ็บอันเนื่องจากการออกแรงเกินกำลังในระหว่างการขนย้าย และความไม่สบายบริเวณเท้าที่เกิดจากการเดินในขณะปฏิบัติงาน ดังนั้นการให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพและความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงคนโดยการดันและการดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมักใช้อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายที่สำคัญคือ รถเข็น ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ระหว่าง 2-1,500 กิโลกรัม และมีระยะทางการเข็นอยู่ระหว่าง 9-500 เมตร แต่การใช้รถเข็นขนย้ายสิ่งของต่าง ๆ ไม่ได้เป็นการช่วยผ่อนแรงเสมอไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดแรงในการปฏิบัติงานและการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงานให้น้อยลง (Mack et al., 1995) ซึ่งการออกแรงดันหรือแรงดึงจะแปรผันตรงกับน้ำหนักของรถเข็นที่เพิ่มขึ้น ถ้าของที่บรรทุกในรถเข็นมีน้ำหนักมากขึ้นก็จะทำให้พนักงานต้องออกแรงที่มีมือในการเข็นมากขึ้นด้วย (Al-Eisawi et al., 1999)

การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของร่างกายมนุษย์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และสถานที่ทำงานที่เหมาะสม ในปัจจุบันข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่ครบถ้วนหรือหลากหลายซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบ งานวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลทางด้าน

ความสามารถในการออกแรงของมนุษย์จึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อลดช่องว่างของข้อมูลทางการยศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่เพื่อให้ได้ในส่วนที่ตรงตามความต้องการในการใช้งานออกแบบได้มากขึ้น (Peebles and Norris, 2003) นอกจากนี้แล้วการลดความเจ็บป่วย อันเนื่องมาจากการทำงานเกินขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและควรนำมาพิจารณาในการออกแบบวิธีการทำงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัย (Das and Forde, 1999; Das and Black, 2000) สิ่งสำคัญคือ ตัวผู้ปฏิบัติงานเองจำเป็นต้องทราบขีดความสามารถในการออกแรงของตนเองและพยายามที่จะไม่ออกแรงเกินค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น (Das, 1985) ซึ่งโดยทั่วไป พนักงานไม่ควรออกแรงเกินค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Maximum voluntary exertion-MVE) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน (Konz, 1995)

การปฏิบัติงานประเภทยืนและเดินนอกจากจะเป็นงานในอุตสาหกรรมแล้วยังพบได้ในกลุ่ม อาชีพบริการต่าง ๆ ได้แก่ พนักงานขาย พนักงานบริการร้านอาหาร ช่างตัดผม แคชเชียร์ ในซูเปอร์มาร์เก็ต พนักงานต้อนรับของธนาคารและพยาบาล ทั้งหมดนี้ลักษณะการทำงานเป็นแบบ ยืนและเดินเป็นระยะเวลานาน ซึ่งทำให้พนักงานเกิดความไม่สบายที่บริเวณเท้าและฝ่าเท้า และนำไปสู่ภาวะผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal disorders-MSD) (Messing and Kilbom, 2001) ซึ่งหน่วยงานดูแลด้านความปลอดภัยและสุขภาพจากการประกอบอาชีพ (OSHA) ในสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสนใจในเรื่องภาวะผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกเป็นลำดับแรก เนื่องจากการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการทำงานและต้องนอนพักรักษาตัวมีมากในสหรัฐอเมริกา ปัญหา MSD ที่เกิดขึ้นได้แก่ เจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่าง เมื่อขยับบริเวณขา เจ็บปวดบริเวณเข่าและข้อเท้า (Smith et al., 2003; Trinkoff et al., 2003) จากการศึกษาพบว่าการรักษาทำทางให้ตัวตั้งตรงเป็นระยะ เวลานานจะเป็นเหตุให้เกิดความเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่าง ฝ่าเท้า เมื่อขยับกล้ามเนื้อแบบเรื้อรัง และเส้นเลือดขาด

ในการปฏิบัติงานในลักษณะยืนและเดินรองเท้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการออกแบบ รองเท้าที่ดีจะต้องให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนเท้าของผู้สวมใส่ มีค่าเพื่อระหว่างเท้ากับรองเท้า ที่เหมาะสม ไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป ฝ่าเท้าสามารถกระจายน้ำหนักได้ทั่วพื้นรองเท้าเพื่อให้เกิด ความรู้สึกสะดักสบายขณะสวมใส่ นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงลักษณะท่าทางในขณะยืนด้วยว่าฝ่า เท้าต้องสัมผัสพื้นรองเท้าในลักษณะใดจึงจะสามารถรู้สึกได้ถึงความไม่สบายหรือความล้าที่เกิดขึ้น ขณะยืน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับท่าทางการยืนปฏิบัติงานที่เหมาะสม (Witana et al., 2009)

จากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องมาจากการทำงานจำแนกตามความ รุนแรงและอวัยวะต่าง ๆ บริเวณเท้าที่ได้รับอันตราย (สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงาน ประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 1.1 พบว่าในแต่ละปีมีผู้ประสบอันตราย

และเจ็บป่วยในส่วนของอวัยวะต่าง ๆ บริเวณเท้าเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะฝ่าเท้าและส้นเท้าจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีผู้ประสบอันตรายมากกว่าส่วนอื่น ๆ ของเท้า ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดจากการทำงานในลักษณะเดินและยืน

ตารางที่ 1.1 จำนวนผู้ประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและอวัยวะต่าง ๆ บริเวณเท้าที่ได้รับอันตราย (สำนักงานกองทุนเงินทดแทนสำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2552)

ปี	อวัยวะต่าง ๆ บริเวณเท้าที่ได้รับอันตราย	ความร้ายแรง					
		ตาย	ทุพพลภาพ	สูญเสียอวัยวะบางส่วน	หยุดงานเกิน 3 วัน	หยุดงานไม่เกิน 3 วัน	รวม
2552	ข้อเท้าและตาตุ่ม	-	-	14	1,369	2,116	3,499
	ฝ่าเท้าและส้นเท้า	1	-	41	2,996	6,267	9,305
	นิ้วเท้า	-	-	81	2,565	3,806	6,452
2551	ข้อเท้าและตาตุ่ม	1	-	19	1,452	3,019	4,491
	ฝ่าเท้าและส้นเท้า	-	-	15	1,299	3,611	4,925
	นิ้วเท้า	-	-	26	1,491	2,349	3,866
2550	ข้อเท้าและตาตุ่ม	-	-	18	1,565	2,651	4,234
	ฝ่าเท้าและส้นเท้า	1	-	38	3,826	8,830	12,695
	นิ้วเท้า	-	-	94	3,210	5,277	8,581

จากการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการทำงานของพนักงานขนส่งในบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง พบว่าพนักงานขนส่งทำการเข็นรถเข็นซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในกระบวนการผลิตโดยมีระยะเวลาการทำงานประมาณ 10.5 ชั่วโมงต่อวัน หากคำนวณเป็นระยะทางแล้วพนักงานขนส่งจะทำการเข็นรถเข็นโดยเฉลี่ย 26,710.2 เมตรต่อวัน ซึ่งพบว่าพนักงานมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและเกิดความไม่สบายบริเวณเท้าในขณะที่ปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดความสามารถในการออกแรงดึงและดันรถเข็นเพื่อใช้ในการขนย้ายวัตถุและประเมินอาการเจ็บปวดเท้าของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเหมาะสมของความหนักของภาระงานและการบรรเทาอาการเจ็บปวดบริเวณเท้าที่เกิดขึ้นในขณะที่ยืนและเดินระหว่างช่วงเวลาการปฏิบัติงาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) ประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและดันรถเข็นที่บรรทุกฮาร์ดดิสก์ไคลฟ์ของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไคลฟ์
- 2) ศึกษาผลกระทบของรองเท้าที่มีต่อความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถกำหนดสมมุติฐานของการวิจัยได้ดังนี้

- 1) ทิศของการออกแรงดึงและแรงดันมีผลต่อความสามารถในการออกแรงของพนักงาน
- 2) รองเท้ามีผลต่อความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าในขณะที่พนักงานยืนและเดินระหว่างการปฏิบัติงาน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาความสามารถในการออกแรงและผลกระทบของชนิดรองเท้าที่มีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่งของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไคลฟ์แห่งหนึ่ง

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

- 1) สำรวจสถิติอันตรายจากการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นกับอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในประเทศไทย
- 2) สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 3) กำหนดขอบเขตของการวิจัย
- 4) ออกแบบการทดลอง สร้างอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทดลอง
- 5) กำหนดแนวทางการวิเคราะห์
- 6) เก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิตและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไคลฟ์
- 7) ทดลองการใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าในระหว่างการปฏิบัติงาน
- 8) วิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงและผลจากการใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้า
- 9) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง
- 10) สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) นำผลที่ได้มาพัฒนาฝึกอบรมพนักงานขนส่งให้ทราบถึงวิธีการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับร่างกายตนเองในขณะปฏิบัติงาน
- 2) นำเอาข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่งที่ได้มาเป็นฐานข้อมูลการปฏิบัติงานให้พนักงานออกแรงในระดับที่เหมาะสม และลดการบาดเจ็บที่เกิดจากการออกแรงเกินกำลัง
- 3) สามารถใช้ข้อมูลผลกระทบจาการงอท่าเป็นแนวทางในการเลือกรองเท้าที่มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานประเภทอื่นและเดิน และลดอัตราการบาดเจ็บบริเวณขาและเท้า
- 4) ได้แนวทางในการออกแบบการทำงานให้มีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานตามหลักการยศาสตร์



บทที่ 2

ปรัทศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์เชิงสถิตและเชิงพลวัต

การวิเคราะห์เชิงสถิตและเชิงพลวัตสามารถทำได้โดยใช้หลักกลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง ซึ่งกำหนดร่างกายให้เป็นเสมือนของแข็งหลาย ๆ ชิ้นต่อเชื่อมกัน ทฤษฎีของวัตถุเกร็ง (Rigid Body) คือของแข็งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างถูกนำมาใช้ภายใต้กฎของนิวตัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การวิเคราะห์อาจพิจารณาได้ทั้งในลักษณะคงที่และเมื่อมีการเคลื่อนที่ (นริศ เจริญพร, 2543)

นิตยา เพ็ญศิริินภา และคณะ (2552) กล่าวถึงการวิเคราะห์เชิงสถิตและเชิงพลวัตดังต่อไปนี้ สถิต (Statics) เป็นสาขาหนึ่งของการศึกษาทางด้านกลศาสตร์ในภาวะที่แรงกระทำอยู่ในภาวะสมดุล ไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ นำมาประยุกต์ในการศึกษาการทำงานของมนุษย์โดยพิจารณาส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเมื่ออยู่กับที่ เพื่อวิเคราะห์หาแรงและ โมเมนต์ที่กระทบบริเวณส่วนต่อต่าง ๆ ของร่างกาย มีหลายลักษณะงานที่ถูกพิจารณาว่าอยู่ในสภาวะสถิต เช่น การยืนถือของ การนั่งทำงานของพนักงาน ใช้กล้องตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวย่อยอย่างช้า ๆ สามารถถูกวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองสถิต (Static models)

พลวัต (Dynamics) เป็นการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวและผลกระทบของแรงที่เกี่ยวข้อง โดยนำทฤษฎีและหลักการทางด้านไดนามิกส์มาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะงานที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การผลัก หรือการลากสิ่งของด้วยมือ การวิเคราะห์แบบพลวัตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (กิตติ อินทรานนท์, 2548) คือ

1) แบบบทพลศาสตร์ (Kinematics) เป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยไม่ได้พิจารณาแรงกระทำที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวนั้น ๆ ตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นและเชิงมุม (Linear and angular displacement) เป็นการเปลี่ยนแปลงของระยะทางหรือมุมที่เปลี่ยนไป เมื่อร่างกายมีการเคลื่อนที่เพื่อทำกิจกรรมหนึ่ง ๆ หน่วยที่นิยมใช้ เช่น เมตร และองศา ความเร็ว (Velocity) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางหรือมุมต่อหน่วยเวลา เช่น เมตรต่อวินาที (m/s) และกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) ความเร่ง (Acceleration) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในหน่วย (m/s^2)

2) แบบจลศาสตร์ (Kinetics) เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับแรงที่กระทำกับร่างกายเมื่อมีการเคลื่อนไหวเพื่อทำกิจกรรมหนึ่ง ๆ แรงและโมเมนต์ที่กระทำบนร่างกายเป็นผลมาจากแรงที่เกิดจากภายนอก และแรงจากภายใน แรงกระทำภายนอกเป็นแรงปฏิกิริยาที่เกิดจากการทำงาน เช่น ในการยกของ แรงภายนอกที่กระทำต่อร่างกายคือน้ำหนักของที่ยก แรงปฏิกิริยาจากการผลักหรือการลากวัตถุหรือรถเข็น แรงต้านของลม และแรงเสียดทานจากพื้น สำหรับแรงกระทำภายในเป็นแรงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว หรือรักษาสภาพสมดุล และท่าทางในขณะที่เคลื่อนที่ เช่น แรงของกล้ามเนื้อ เอ็น และความดันภายในช่องท้อง

การเคลื่อนย้ายวัตถุนักด้วยแรงคนเป็นกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับอันตรายจากภาระงานที่สูงขึ้น Nussbaum et al. (2000) ทำการทดลองเคลื่อนย้ายวัตถุในระยะทางสั้น ๆ มีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงานได้แก่ วิธีการเคลื่อนย้าย ความสามารถในการออกแรงสูงสุดของแขน และการเคลื่อนไหวของลำตัว โดยให้มีการเคลื่อนย้ายในแนวระนาบที่สมมาตรและไม่สมมาตร จากนั้นทำการเปรียบเทียบแรงจากทิศทางที่เปลี่ยนไป พบว่าทิศทางที่เปลี่ยนไปไม่ได้ทำให้การเคลื่อนไหวลดลง ดังนั้นจึงมีการลดระยะทางการเคลื่อนย้ายและใช้อุปกรณ์เสริมในการออกแรง ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมากขึ้นและที่ระดับสูงขึ้นได้ ในงานลักษณะเดียวกันที่มีอุปกรณ์การเคลื่อนย้ายที่แตกต่างกัน จะทำให้ประสิทธิภาพจากการทำงานแตกต่างกันไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมการยก การบิดเลี้ยว การเดินถือ และการดัน ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์ประกอบการทำงานที่เหมาะสมกับประเภทของงาน สามารถลดอันตรายและการบาดเจ็บที่เกิดจากการปฏิบัติงานได้ (Mital and Ramakrishnan, 1999)

Resnick and Chaffin (1995) ใช้แนวทางชีวกลศาสตร์หาแรงผลักดันสูงสุดโดยใช้ผู้ถูกทดสอบที่มีระดับความแข็งแรงของร่างกายแตกต่างกันได้แก่ ผู้ชายที่แข็งแรง ผู้ชายปกติ ผู้หญิงปกติ และผู้หญิงที่ไม่แข็งแรง โดยให้น้ำหนักบรรทุกของรถเข็น 5 ระดับ ใช้รถเข็นประเภท 4 ล้อ ที่มีแรงเสียดทานต่ำ และมีระดับความสูงของมือจับ 3 ระดับ กำหนดให้ระยะทางในการเข็นเป็น 1.5 เมตร โดยผู้ถูกทดสอบทำการออกแรง 2 ลักษณะคือ ออกแรงมากและออกแรงน้อย พบว่าค่าความสามารถในการออกแรงเข็นสูงสุดเป็น 500 นิวตันสำหรับผู้ชาย และ 200 นิวตันสำหรับผู้หญิง ความเร็วในการเข็นสำหรับผู้ชายที่แข็งแรงจะเป็น 0.8 เมตรต่อวินาทีที่ระดับน้ำหนัก 450 กิโลกรัม และ 1.1 เมตรต่อวินาทีที่ระดับน้ำหนัก 45 กิโลกรัม ส่วนผู้หญิงที่ไม่แข็งแรงจะเป็น 0.4 เมตรต่อวินาทีที่ระดับน้ำหนัก 450 กิโลกรัม และ 0.5 เมตรต่อวินาทีที่ระดับน้ำหนัก 45 กิโลกรัม ซึ่งการทำงานในระดับที่ปลอดภัยควรออกแรงเข็นน้ำหนักไม่เกิน 340 กิโลกรัม อยู่ที่ระดับความเร็วต่ำกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที

Mamansari and Salokhe (1996) สำนวความสามารถในการออกแรงสถิติของเกษตรกรไทยในเขตพื้นที่ภาคกลางทั้งผู้ชายและผู้หญิง โดยพิจารณาความสามารถในการออกแรงจากส่วนต่าง ๆ

ของร่างกายได้แก่ แรงจากส่วนหลัง แขน ขา ไหล่ แรงคอมโพสิต และแรงบีบมือ ผู้ชายมีค่าแรงสถิติเฉลี่ยจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเท่ากับ 690 420 1110 610 1140 และ 360 นิวตัน ตามลำดับ เช่นเดียวกันผู้หญิงมีค่าความสามารถในการออกแรงสถิติเฉลี่ยเท่ากับ 460 280 720 300 670 และ 180 นิวตัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าผู้ชายมีความสามารถในการออกแรงสถิติมากกว่าผู้หญิง จากค่าความสามารถในการออกแรงดังกล่าวสรุปได้ว่าผู้หญิงมีประสิทธิภาพในการทำงานประเภทการใช้แรงเพียง 66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าผู้ชาย

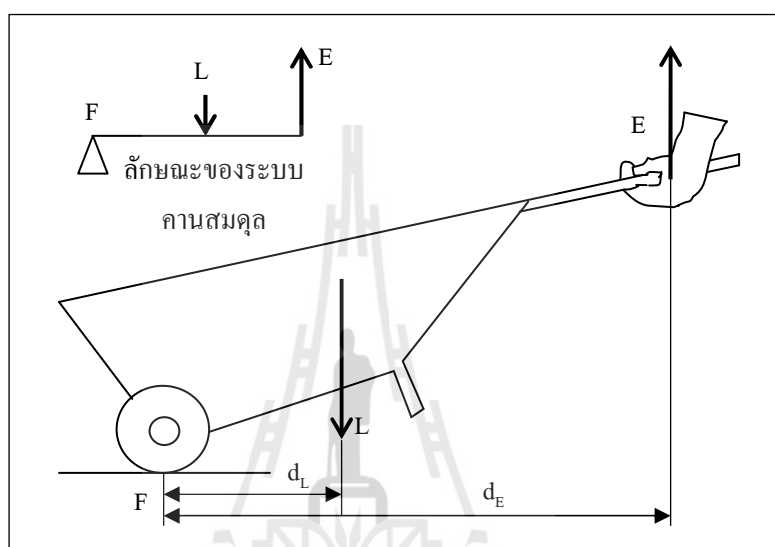
ตารางที่ 2.1 ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของเกษตรกรไทยทั้งผู้ชายและผู้หญิงในเขตพื้นที่ภาคกลาง (Mamansari and Salokhe, 1996)

แรงสถิติ (นิวตัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ผู้ชาย (N=10)				
แรงจากหลัง	690	150	430	1050
แรงแขน	420	80	310	590
แรงขา	1110	140	790	1300
แรงไหล่	610	160	390	950
แรงคอมโพสิต	1140	180	680	1620
แรงบีบมือ	360	60	250	480
ผู้หญิง (N=10)				
แรงจากหลัง	460	90	240	640
แรงแขน	280	90	190	640
แรงขา	720	110	530	1000
แรงไหล่	300	80	180	590
แรงคอมโพสิต	670	80	430	830
แรงบีบมือ	180	20	140	230

2.2 การประยุกต์ใช้ชีวกลศาสตร์กับแรงของร่างกาย

กลศาสตร์ของแรงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการออกแรงของร่างกาย ดังรูปที่ 2.1 แรงที่ร่างกายใช้ (E) ในการยกรถเข็นประเภท 2 ล้อ แรงนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของรถเข็น ซึ่งสามารถพิจารณาได้โดยอาศัยหลักการสมดุลของแรงและโมเมนต์ เมื่อกำหนดให้ L

เป็นน้ำหนักของรถเข็นและน้ำหนักสิ่งของในรถเข็น น้ำหนัก L จะกระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวลของรถเข็นและน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้มีระยะห่าง (d_L) เป็นระยะห่างจากจุดหมุนของล้อรถที่ถูกพิจารณาเป็นจุดหมุนของระบบคานสมดุลไปยังจุดศูนย์กลางมวลของรถเข็น ระยะห่าง (d_E) เป็นระยะห่างจากแรงพยายามของร่างกายมาถึงจุดหมุนของล้อรถด้วยหลักการสมดุลของแรง เพื่อจะลดการใช้แรงจากร่างกายลงจำเป็นที่จะต้องปรับรูปแบบของรถเข็นให้มีความเหมาะสม



รูปที่ 2.1 ชีวิตกลศาสตร์กับแรงที่ร่างกายใช้ในการยกรถเข็น (นิตยา เพ็ญศิริินภา และคณะ, 2552)

ซึ่งสามารถพิจารณาการปรับรูปทรงของรถเข็นได้ด้วยสมการสมดุลของโมเมนต์ดังต่อไปนี้

$$\sum M = 0 \quad (2.1)$$

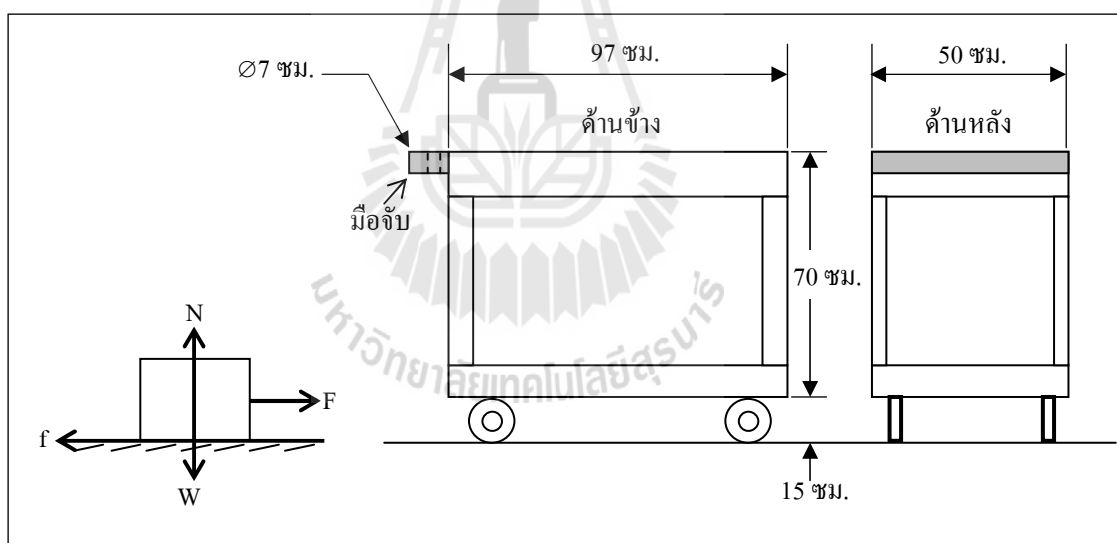
$$E \times d_E = L \times d_L \quad (2.2)$$

$$E = \frac{L \times d_L}{d_E} \quad (2.3)$$

จากสมการข้างต้น การลดแรงที่ร่างกายใช้สามารถทำได้ 3 แนวทางคือ (1) การเพิ่มระยะห่างจากแรงพยายามของร่างกายมาถึงจุดหมุนของล้อรถ (2) การลดน้ำหนักของรถเข็นและน้ำหนักสิ่งของในรถเข็น (3) การลดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลถึงจุดหมุนของล้อรถ

การเพิ่มระยะห่างจากแรงพยายามของร่างกายมาถึงจุดหมุนของล้อรถ และการลดน้ำหนักของรถเข็นและน้ำหนักสิ่งของในรถเข็น อาจไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีข้อจำกัด เช่น ทำให้รถเข็นมีความยาวมากขึ้นหรือน้ำหนักที่บรรทุกน้อยลง หลักการในข้อสุดท้ายเป็นแนวทางที่น่าจะนำมาใช้ได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ เช่น การเลื่อนจุดหมุนของล้อมาอยู่ที่ส่วนกลางของตัวรถเข็น ทำให้ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลถึงจุดหมุนของล้อรถเข็นน้อยลง หรืออีกแนวทางหนึ่งคือ การออกแบบรูปทรงของตัวถัง เพื่อทำให้น้ำหนักรวมของรถเข็นและสิ่งของที่อยู่ภายใน มีจุดศูนย์กลางมวลอยู่ใกล้หรือผ่านจุดหมุนซึ่งในที่นี้คือแกนหมุนของล้อ ซึ่งหลักการทางด้านชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับความแข็งแรงของร่างกายในด้านต่าง ๆ เป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้ผู้ออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพิจารณารูปร่างและขนาดที่เหมาะสมได้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการออกแรงเข็นรถเข็นที่บรรทุกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของพนักงานขนส่งของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง ซึ่งจะเป็นรถเข็นประเภท 4 ล้อ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะของรถเข็นที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

แรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อรถเข็นได้แก่ แรงดึงให้รถเข็นเกิดการเคลื่อนที่ (F) แรงเสียดทานที่พื้นต้านแรงดึง (f) แรงโน้มถ่วงโลกที่ดึงน้ำหนักรถเข็นลง (W) และแรงที่พื้นกระทำต่อรถเข็น (N) ดังนั้นจะต้องมีการพิจารณาถึงแรงเสียดทานซึ่งเป็นแรงพยายามที่จะทำให้รถเข็นเกิดการเคลื่อนที่บนพื้นผิวสัมผัส แรงเสียดทานมี 2 ประเภท คือ (1) แรงเสียดทานสถิตคือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในสถานะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วอยู่นิ่ง (2) แรงเสียดทานจลน์คือ แรง

เสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในสภาวะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ขณะที่ที่มีแรงภายนอกมากระทำต่อรถเข็นและรถเข็นยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีขนาดต่างกันตามขนาดของแรงที่มากระทำ แรงเสียดทานที่มีค่ามากที่สุดคือ แรงเสียดทานสถิต เกิดขึ้นเมื่อรถเข็นเริ่มเคลื่อนที่และจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถเข็นเสมอ โดยแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทานจลน์เล็กน้อย ถ้าผิวสัมผัสหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าผิวเรียบและลื่น และจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือแรงกดของรถเข็นที่กดลงบนพื้น ถ้าน้ำหนักหรือแรงกดมากแรงเสียดทานก็จะมากขึ้นด้วย ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ) เกิดจากอัตราส่วนระหว่างแรงที่ดึงให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ (F) กับแรงกดทับบนผิวสัมผัส (W)

2.3 การเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยการดึงและดัน

การดึง (Pulling) เป็นกลไกที่ทำให้เกิดแรงอัดต่อกระดูกสันหลัง แรงอัดจะมากขึ้นเมื่อความสูงของบริเวณที่จับลดลง ความสูงของที่จับจะได้แรงดึงมากที่สุดเมื่ออยู่ที่ความสูงระดับไหล่หรือเหนือเข้าขึ้นมา (พรศิริ จงกล, 2549) การออกแรงดึงจะอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อแขนข้อไหล่ กล้ามเนื้อรอบเข่าและสะโพก โดยมีลักษณะท่าทางต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและความถนัดของแต่ละบุคคล นอกจากนี้แรงเสียดทานระหว่างพื้นและรองเท้ามีผลต่อความสามารถในการออกแรงดึง ถ้าแรงเสียดทานน้อยจะเสี่ยงต่อการลื่นล้ม และหากถ้าแรงเสียดทานมากเกินไปจะต้องออกแรงมากกว่าปกติ วิธีการและท่าทางที่ถูกต้องสำหรับการออกแรงดึงคือ ควรยืนก้าวขาไปข้างหน้าข้างหนึ่งเพื่อให้ทรงท่าทางได้ดีขึ้น ซึ่งแรงมาจากการเคลื่อนของน้ำหนักขาจากนั้นเหยียดแขนแล้วดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ โดยแรงที่ใช้ในการดึงมาจากกล้ามเนื้อหลัง

การดัน (Pushing) เป็นกลไกที่ทำให้เกิดแรงต่อกระดูกสันหลังสูง การทำงานจะอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้องมากกว่ากล้ามเนื้อหลัง การดันในแนวระนาบจะได้แรงสูงสุดเมื่อออกแรงระดับเอว การดันจะมีความตึงเครียดต่อแรงอัดน้อยกว่าการดึง ทำให้การออกแรงดันดีกว่าการออกแรงดึง แรงเสียดทานระหว่างรองเท้ากับพื้นมีความสำคัญเช่นเดียวกับการดึง ที่สำคัญควรมีที่จับทั้งการดันและดึง วิธีการและท่าทางที่ถูกต้องสำหรับการออกแรงดันคือ ควรยืนก้าวขาไปข้างหน้าข้างหนึ่งเพื่อให้ทรงท่าทางได้ดีขึ้น ให้ศอกงอประมาณ 90 องศา เพื่อลดแรงกดที่ข้อศอก เหยียดข้อศอกออกเมื่อต้องการออกแรงดัน ไม่ทำการดันขณะบิดหรือเอียงลำตัวเพราะจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อหลังได้ แรงที่ใช้ในการดันจะใช้แรงกล้ามเนื้อหน้าท้องมากกว่ากล้ามเนื้อหลัง (คลินิกกายภาพบำบัดและกิจกรรมบำบัด, 2553)

Tiwari et al. (2010) ศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงกัน แขนเหยียดตรงในแนวระนาบของเกษตรกรในประเทศไทยอินเดีย ดังตารางที่ 2.2 พบว่าผู้ชายสามารถ

ออกแรงดันได้มากกว่าแรงดึง ซึ่งค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงมีค่าเท่ากับ 253.8 และ 234.2 นิวตัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดันและแรงดึงเท่า 52.8 และ 43.0 ตามลำดับ ในขณะที่ผู้หญิงสามารถออกแรงดึงได้มากกว่าแรงดัน ค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันเท่ากับ 185.1 และ 183.1 นิวตัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดึงและแรงดันเท่า 30.8 และ 35.6 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของแรงดันและแรงดึงอยู่ในช่วง 16.7 ถึง 20.8 เพื่อลดการบาดเจ็บที่เกิดจากการปฏิบัติงานไม่ควรออกแรงเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5

ตารางที่ 2.2 ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงของเกษตรกรในประเทศไทย

(Tiwari et al., 2010)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน	เปอร์เซ็นต์ไทล์	
				5	95
ผู้ชาย (N=604)					
แรงดัน (นิวตัน)	253.8	52.8	20.80	167.0	340.6
แรงดึง (นิวตัน)	234.2	43.0	18.35	163.5	304.8
ผู้หญิง (N=316)					
แรงดัน (นิวตัน)	183.1	35.6	19.47	124.4	241.7
แรงดึง (นิวตัน)	185.1	30.8	16.65	134.4	235.8

Kumar (1995) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงของหนุ่มสาวที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับคือ ต่ำ กลาง และสูง ที่ 35 100 และ 150 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งแบบสถิต (Isometric) และแบบพลวัต (Isokinetic) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 ตามลำดับ พบว่าการออกแรงแบบสถิตค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงดึงมากกว่าแรงดัน ทั้งผู้ชายและผู้หญิงสามารถออกแรงดึงสูงสุดที่ระดับความสูง 100 เซนติเมตร โดยผู้ชายสามารถออกแรงได้มากกว่าผู้หญิงที่ระดับความสูงและการออกแรงรูปแบบเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบการออกแรงดันและแรงดึงที่ระดับความสูงเดียวกัน ผู้ชายมีความสามารถในการออกแรงอยู่ในช่วง 41 ถึง 68 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผู้หญิงมีความสามารถในการออกแรงในช่วง 27 ถึง 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการออกแรงแบบสถิตมีค่าความสามารถในการออกแรงมากกว่าแบบพลวัต นอกจากนี้การออกแรงแบบพลวัตสามารถนำค่าแรงที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและออกแบบรถเข็นสำหรับคนพิการได้ด้วย

ตารางที่ 2.3 ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงแบบสถิต (นิวตัน) (Kumar, 1995)

เพศ	พารามิเตอร์		ระดับความสูงออกแรงดัน			ระดับความสูงออกแรงดึง		
			ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
ผู้ชาย (N=10)	Peak strength	Mean	362	520	482	356	763	744
		S.D.	112	174	165	61	202	243
	Average strength	Mean	314	488	378	295	646	615
		S.D.	102	132	118	53	189	200
ผู้หญิง (N=10)	Peak strength	Mean	246	339	272	309	521	427
		S.D.	51	76	68	82	95	76
	Average strength	Mean	210	277	220	247	439	352
		S.D.	41	64	53	64	97	58

ตารางที่ 2.4 ค่าความสามารถในการออกแรงดันและแรงดึงแบบพลวัต (นิวตัน) (Kumar, 1995)

เพศ	พารามิเตอร์		ระดับความสูงออกแรงดัน			ระดับความสูงออกแรงดึง		
			ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
ผู้ชาย (N=10)	Peak strength	Mean	291	438	386	342	553	526
		S.D.	80	119	117	65	105	176
	Average strength	Mean	207	240	189	254	379	373
		S.D.	65	107	46	44	79	119
ผู้หญิง (N=10)	Peak strength	Mean	186	267	219	232	363	288
		S.D.	34	44	47	48	58	60
	Average strength	Mean	112	139	112	165	254	196
		S.D.	25	38	31	23	52	43

การเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยการดึงหรือดันเกิดจาก 3 ปัจจัยหลัก (Hoozemans et al., 1998) คือ

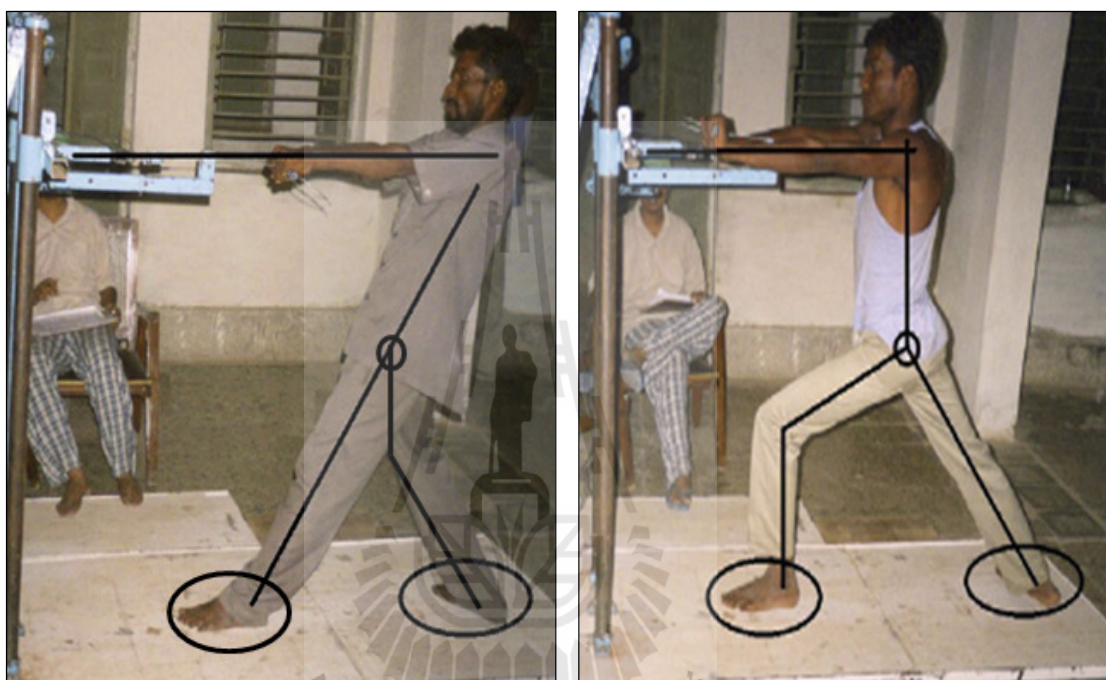
1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับงานและสถานที่ทำงาน ได้แก่ ระยะทางการเคลื่อนย้าย ความถี่ของการทำงาน ความสูงของระยะมือจับ และน้ำหนักในการเคลื่อนย้าย Imrhan (1999) กล่าวว่า การออกแรงจะขึ้นอยู่กับท่าทางการทำงาน โดยเฉพาะมุมที่แขนและเข่า และลักษณะของงานว่าดึงหรือดัน แต่ทิศทางที่แข็งแรงได้ดีคือแนวนอน ตำแหน่งควรอยู่ระหว่างอกและเข่า และควรทำงานในท่ายืน

นอกจากนั้นยังมีประเด็นสำคัญอีกคือ มุมข้อศอกและแรงเสียดทานที่พื้นกับรองเท้า ส่วนของมือจับควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ถึง 2 นิ้ว และยาว 5 นิ้ว ซึ่งในงานผลึกหากมือจับมีประสิทธิภาพไม่ดีพอจะทำให้ประสิทธิภาพของงานลดลง 65 เปอร์เซนต์ (Resnick and Chaffin, 1995)

2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับวิธีการทำงานและท่าทางในการทำงาน ได้แก่ ระยะของเท้าถึงรถเข็น ระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสอง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความเร็วในการเดิน การยื่นออกแรงในท่าทางปกติสามารถทำได้ดีเมื่อเท้าทั้งสองข้างห่างกัน 30 เซนติเมตร มือทั้งสองข้างกำอุปกรณ์ทดสอบไว้ โดยจัดให้แขนท่อนบนขนานชิดกับลำตัวและแขนท่อนล่างขนานกับพื้น (Chow and Dickerson, 2009) ขณะเดียวกันการยื่นออกแรงเท้าเอียงกันสามารถออกแรงได้ดีกว่าท่าทางการยืนแบบปกติ โดยวางเท้าซ้ายไปด้านหน้าและเท้าขวาวางอยู่ด้านหลังเอียงทำมุม 45 องศา ในการออกแรงดันขาหน้าจะทำการงอเข่าส่วนขาหลังเหยียดตรง ในตรงกันข้ามสำหรับการออกแรงดึงขาหน้าเหยียดตรงขาหลังงอเข่า (Tiware et al., 2010) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 กรณีการดันเมื่อแยกขาออกจากกันมีระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองมากขึ้นมีผลทำให้ออกแรงได้มากขึ้นกว่าเท้าทั้งสองข้างชิดติดกัน ขณะที่กรณีการดึงต้องให้ระยะของเท้าลดลงจึงออกแรงได้มากขึ้น Scott (1998) สำรวจความแตกต่างของความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดในท่าทางและระดับต่าง ๆ พบว่าในท่ายืนสามารถออกแรงดึงสูงสุดได้ที่ระดับความสูง 1070 มิลลิเมตร ท่านั่งสามารถออกแรงดึงสูงสุดได้ที่ระดับความสูง 220 มิลลิเมตร และที่ระดับความสูง 200 มิลลิเมตร ทั้งมือขวาและมือซ้ายสามารถออกแรงดึงได้สูงสุด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงานให้สามารถปฏิบัติงานในท่าทางที่เหมาะสม เช่นเดียวกันการพิจารณาแรงเสียดทานที่เท้าและพื้น จากกฎของเซอร์ไอแซค นิวตัน ที่ว่าแรงปฏิกิริยาเท่ากับแรงที่กระทำในการทำงาน แรงทุกแรงในร่างกายจะเท่ากับแรงต้านทานที่ตรงกันข้ามในการออกแรงดันนั้น แรงจากมือทั้งหมดที่ใช้ในการดันจะเท่ากับแรงต้านที่เท้าสัมผัสกับพื้น หากเท้าบนพื้นมีการลื่นไถลง่าย นั่นคือมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นรองเท้าและพื้นต่ำ Ciriello et al. (2001) หาแรงสูงสุดที่ยอมรับได้ที่ใช้ในการออกแรงดันโดยกำหนดตัวแปรคือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นกับรองเท้ามีสองระดับคือ ระดับต่ำที่ 0.26 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ระดับต่ำใช้เทฟลอนเคลือบผิววัสดุทำพื้น และที่สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระดับสูงที่ 0.68

3) ปัจจัยเนื่องจากตัวพนักงาน ได้แก่ เพศ ส่วนสูง และน้ำหนักของร่างกาย เนื่องจากกลุ่มคนมีขนาดสัดส่วนร่างกายที่แตกต่างกันจึงมีความแตกต่างในลักษณะการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) ทำให้มีคนที่เบี่ยงเบนสูงมากและต่ำมากจำนวนหนึ่ง แต่ก็มีคนส่วนใหญ่ที่มีค่าของขนาดสัดส่วนร่างกายอยู่ในระหว่างกลาง จึงมักเลือกใช้ข้อมูลในค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ที่ 50 และที่ 95 ซึ่งจะได้ออกมา 3 ลักษณะคือ เล็ก กลาง ใหญ่ (นิตยา เพ็ญศิริรักษา และคณะ, 2552)

ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพและขนาดสัดส่วนร่างกายมีความสำคัญมากต่อการออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์ตลอดจนการออกแบบสถานงาน เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวได้ว่าเพศชายจะสามารถออกแรงได้มากกว่าเพศหญิง (รัชชานนท์ สิปป์ภากุล, 2548) ดังนั้นถ้าน้ำหนักร่างกายมากขึ้นทำให้การออกแรงมากขึ้นด้วย มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต้องการใช้ลดลง



รูปที่ 2.3 การออกแรงดึงและแรงดันในท่ายืนเท้าเอียงกัน (Tiwari et al., 2010)

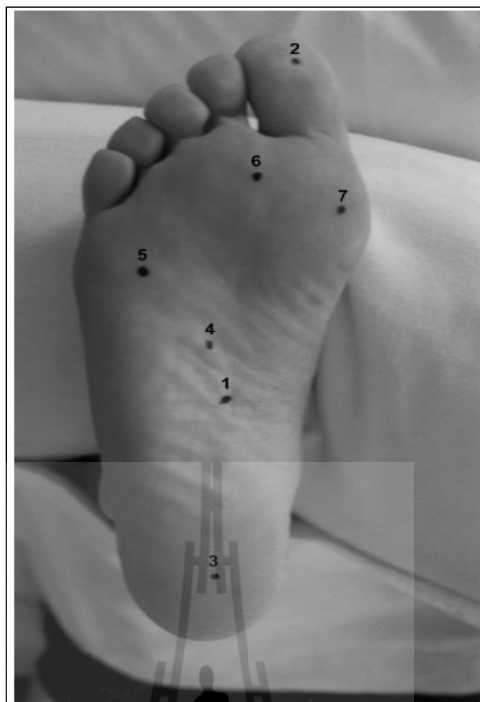
2.4 โรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (MSD) กับอาการไม่สบายบริเวณเท้า

โรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (Musculoskeletal disorders-MSD) เป็นความผิดปกติของกล้ามเนื้อ (Muscles) เส้นประสาท (Nerves) เอ็น (Tendon) เอ็นยึด (Ligaments) ข้อต่อ (Joints) กระดูกอ่อน (Cartilage) หลอดเลือด (Blood vessels) และหมอนรองกระดูก (Spinal disks) ตามเกณฑ์ของกระทรวงแรงงานซึ่ง OSHA (Occupational safety and health administration) กำหนดว่าโรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกิดในสถานที่ทำงาน โดยมีปัจจัยเสี่ยงคือ การเคลื่อนไหวที่ซ้ำซาก ใช้แรงมาก ท่าทรงตัวไม่ปกติ ภาระสัมผัสมาก และการสั่นสะเทือน (กิตติ อินทรานนท์, 2548) ซึ่งการปฏิบัติงานประเภทยืนและเดินเป็นระยะเวลานาน จะทำให้พนักงานเกิดความไม่สบายที่บริเวณเท้า และนำไปสู่ภาวะผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (Messing and Kilbom, 2001)

อาการไม่สบายบริเวณเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้ามักพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย เนื่องจากผู้หญิงใส่รองเท้าส้นสูงเดินในการทำงานเพื่อให้มีบุคลิกภาพและทำทางการเดินที่ดี การสวมใส่รองเท้าส้นสูงจะทำให้การกระจายแรงกดบริเวณฝ่าเท้าไม่ทั่วพื้นรองเท้า ซึ่งทำให้เกิดแรงกดอัดเพิ่มมากขึ้นบริเวณส่วนปลายนิ้วเท้าตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นของส้นรองเท้า และทำให้เกิดอาการไม่สบายเท้าในระหว่างการเดิน โดยระดับความสูงของส้นรองเท้าที่เหมาะสมจะต้องไม่เกิน 5.1 เซนติเมตร ยิ่งความสูงของส้นรองเท้าลดลงจะทำให้การกระจายของแรงกดบริเวณฝ่าเท้าสัมผัสพื้นรองเท้าด้วยแรงกระจายสม่ำเสมอ จะช่วยให้ลดแรงกดอัดที่เกิดขึ้นและทำให้รู้สึกสบายบริเวณเท้าในระหว่างการเดิน (Yung-Hui and Wei-Hsien, 2005)

ในกรณีของกลุ่มผู้สูงอายุ พบว่าผู้ที่มีอายุมากขึ้นมีอัตราการเจ็บปวดเท้าและมีปัญหาเกี่ยวกับเท้ามากขึ้น โดยเฉพาะผู้หญิง ซึ่งสาเหตุมาจากผิวหนังที่ฝ่าเท้าแตกทำให้ต้องเข้ารับการรักษาย่อยครั้ง โดยการสวมรองเท้าของผู้สูงอายุเป็นเหตุให้เกิดการเจ็บปวดเท้า เนื่องจากความกว้างและความสูงของฝ่าเท้าด้านหน้ามีมากกว่าด้านหลังเท้าจึงเป็นอุปสรรคในการสวมใส่รองเท้า ซึ่งถ้าผู้หญิงสูงอายุสวมใส่รองเท้าที่มีส้นสูงจะเป็นการช่วยกระจายน้ำหนักบนฝ่าเท้า ทำให้กระดูกบนฝ่าเท้าและจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ อยู่ในภาวะที่มีความสมดุลมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าความสูงของส้นรองเท้าไม่ใช่สาเหตุของการเจ็บปวดเท้า โดยสาเหตุของการเจ็บปวดเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัดส่วนของเท้าที่ไม่เหมาะสมกับรองเท้า (Castro et al., 2010)

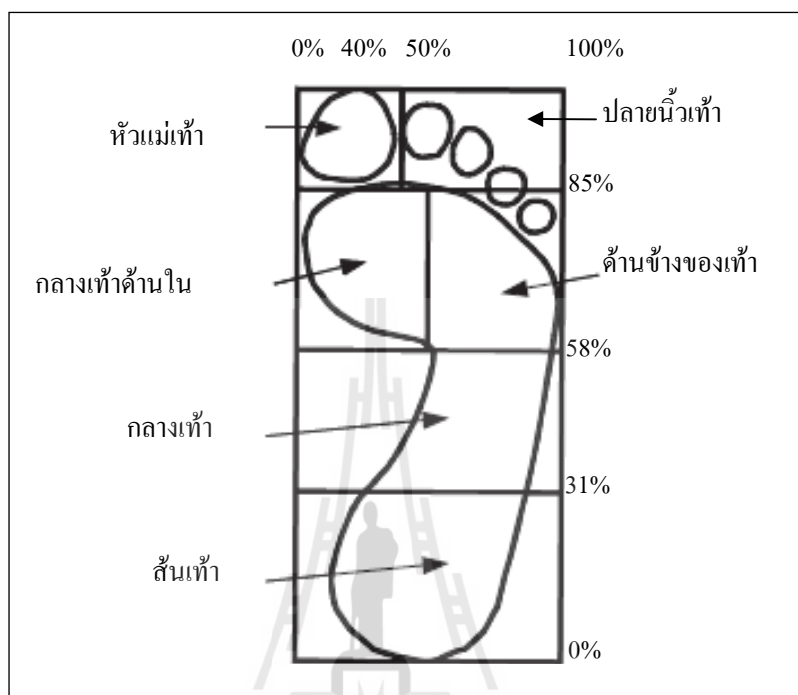
จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินอาการเจ็บปวดเท้าพบว่ามีหลายวิธี Messing and Kilbom (2001) ได้ประเมินอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นกับเท้าเพื่อหาจุดเริ่มของการเจ็บปวดและแรงกดบนเท้า โดยการแบ่งจุดบนฝ่าเท้าเป็น 7 จุด เพื่อทำการวัดว่าจุดใดบ้างที่ทำให้เกิดอาการเจ็บปวดบนฝ่าเท้าดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดย จุดที่ 1 เป็นจุดที่ลากผ่านนิ้วที่สองของเท้าตัดผ่านกลางฝ่าเท้า จุดที่ 2 จะอยู่กลางนิ้วหัวแม่เท้า จุดที่ 3 คือระยะ 15 เปอร์เซ็นต์จากขอบสันเท้าถึงจุดที่ 1 จุดที่ 4 คือจุดกลางฝ่าเท้าส่วนที่แคบสุดของส่วนเว้า จุดที่ 5 จะอยู่ใต้นิ้วสุดท้ายของเท้าบริเวณพื้นที่ข้างเท้า จุดที่ 6 อยู่ใต้นิ้วที่สองของเท้า และ จุดที่ 7 จะอยู่ที่ส่วนนูนสุดของพื้นที่ใต้นิ้วหัวแม่เท้า จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าจุดที่ 4 เป็นจุดที่สัมผัสพื้นรองเท้าที่น้อยที่สุด จึงมีนัยสำคัญต่ำกว่าจุดที่ 2 3 5 6 และ 7 ส่วนจุดที่ 3 เป็นจุดที่สัมผัสกับพื้นรองเท้ามากที่สุดจึงมีนัยสำคัญสูงสุด ดังนั้นจุดที่ 1 และ 4 เป็นจุดที่อยู่ตรงส่วนเว้าของเท้า ซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญที่จะทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยบริเวณฝ่าเท้า ดังนั้นการปรับเปลี่ยนจุดบนฝ่าเท้าที่สัมผัสพื้นขณะยืนจะเป็นตัวชี้วัดผลกระทบที่เกิดขึ้นในท่ายืนที่แตกต่างกัน เพื่อปรับเปลี่ยนท่ายืนให้เหมาะสมและไม่เจ็บปวดฝ่าเท้า



รูปที่ 2.4 ประเมินจุดที่เกิดอาการเจ็บปวดบนฝ่าเท้า (Messing and Kilbom, 2001)

ในขณะเดียวกัน Yung-Hui and Wei-Hsien (2005) ใช้อุปกรณ์วัดความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นฝ่าเท้า (Pedar in-shoe pressure measurement system) ในการคำนวณแรงกดสูงสุดบริเวณฝ่าเท้าที่มีแรงกดสูงระหว่างการเดิน ทำการประเมินโดยวิธีการแบ่งพื้นที่บนฝ่าเท้าออกเป็น 6 ส่วน คือ ส้นเท้า (Heel) กลางเท้า (Midfoot) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot) ปลายนิ้วเท้า (Toes) และหัวแม่เท้า (Hallux) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยสร้างขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ความกว้างและความยาวของเท้า เพื่อทำการประเมินว่าพื้นที่ส่วนไหนของฝ่าเท้ามีอาการปวดเมื่อยและไม่สบายมากที่สุดอันเนื่องจากการยืนและเดินระหว่างการปฏิบัติงาน จากความสัมพันธ์ระหว่างความไม่สบายที่เกิดขึ้นกับแรงกดที่กระจายบริเวณฝ่าเท้า พบว่าถ้าเพิ่มระดับความสูงส้นรองเท้าจะเป็นการเพิ่มแรงกดอัดบริเวณกลางเท้าด้านใน และมีความไม่สบายเพิ่มขึ้นระหว่างการเดิน จากการที่มนุษย์แต่ละคนมีลักษณะรูปร่างและโครงสร้างของเท้าแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นบริเวณด้านหลังเท้า ด้านข้างของเท้า และพื้นที่ฝ่าเท้า แต่ส่วนที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่สามารถรับรู้ได้ถึงความไม่สบายหรือความล้าที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินและยืนคือ พื้นที่ฝ่าเท้า ซึ่งเกิดจากแรงกดอัดกระจายไม่สม่ำเสมอจากพื้นที่ฝ่าเท้าไปยังพื้นรองเท้า นอกจากนี้จะต้องคำนึงลักษณะท่าทางขณะยืนด้วยว่าฝ่าเท้าสัมผัสพื้นรองเท้าลักษณะใด ดังนั้นจำเป็นจะต้องมีการเปรียบเทียบหาวัสดุ

ที่มีประสิทธิภาพมาทำพื้นรองเท้า เพื่อลดความเสี่ยงและอาการบาดเจ็บบริเวณฝ่าเท้าและเพิ่มความสะดักสลายระหว่างการขึ้นและเดินปฏิบัติงาน (Witana et al., 2009)



รูปที่ 2.5 ประเมินพื้นที่ที่เกิดอาการเจ็บปวดบนฝ่าเท้า (Yung-Hui and Wei-Hsien, 2005)

2.5 การบรรเทาโรคกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (MSD) ที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า

การบรรเทา MSD และความไม่สบายที่เกิดในบริเวณขาและเท้ามีหลายประการ ได้แก่ การใช้แผ่นกันเมื่อยและแผ่นเสริมรองเท้า การใช้ราวพักเท้า การใช้เก้าอี้กึ่งนั่งกึ่งยืน รองเท้าที่สวมใส่สบายในการทำงานลักษณะขึ้นและเดินเป็นสิ่งจำเป็นในการลดความล้าและความไม่สบายบริเวณขา ซึ่งลักษณะของรองเท้าที่ดีจะต้องมีแผ่นรองเท้าที่ทำหน้าที่รองรับเท้าและสามารถระบายอากาศได้ดี ลักษณะของแผ่นรองเท้าจะต้องรองรับกับส่วนโค้งของเท้า ซึ่งจะช่วยให้ความเครียดที่เกิดบริเวณฝ่าเท้าและความผิดปกติของเอ็นข้อเท้าลดลง เช่นเดียวกันพื้นรองเท้าจะต้องสามารถกันแรงกระแทกกันเสียดสีและลดผลกระทบที่เกิดจากแรงระหว่างการเดินได้ โดยจะต้องทำจากวัสดุที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งวัสดุทำพื้นรองเท้าที่สามารถช่วยผ่อนคลายความเจ็บปวดในบริเวณส่วนหลังขาและเท้า ในขณะที่ขึ้นและเดินระหว่างการทำงาน คือ วิสโคอีลาสติก (Viscoelastic) นอกจากนี้การสวมถุงน่องจะเป็นการช่วยบรรเทาบริเวณส่วนล่างของร่างกาย และลดความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณขา (Min-Chi and Mao-Jiun, 2007)

Yung-Hui and Wei-Hsien (2005) กล่าวถึงกรณีสวมใส่รองเท้าส้นสูงของผู้หญิงว่าที่ระดับความสูงของส้นรองเท้ามากขึ้นจะทำให้เกิดแรงกดอัดที่กลางฝ่าเท้ามากขึ้นและเกิดอาการไม่สบายระหว่างการเดิน ซึ่งอุปกรณ์เสริมที่เกี่ยวข้องกับรองเท้ามีส้น ได้แก่ หมอนรองส้นเท้า (Heel cup) แผ่นรองส่วนเว้ากลางฝ่าเท้า (Arch support) แผ่นรองกระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal pad) และแผ่นรองฝ่าเท้าทั้งหมด (Total contact insert) ดังนั้นหมอนรองส้นเท้าและแผ่นรองส่วนเว้ากลางฝ่าเท้าจะช่วยลดแรงกดอัดที่เท้าและความล้าที่เกิดขึ้น ทำให้รู้สึกสบายเท้าขณะสวมใส่ ซึ่งถ้าใช้หมอนรองส้นเท้าและแผ่นรองส่วนเว้ากลางฝ่าเท้าร่วมกันจะช่วยลดแรงกดอัดบริเวณส้นเท้าและกลางเท้าด้านในได้ถึง 25 และ 24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถลดอิทธิพลที่เกิดจากแรงกดอัดบริเวณเท้าโดยรวม 33.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรู้สึกสบายกว่าไม่ใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้า ทำให้ผู้หญิงรู้สึกสบายขณะสวมใส่ปฏิบัติงาน โดยแผ่นเสริมรองเท้าที่ความหนาเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร จะช่วยรองรับกระดูกบริเวณฝ่าเท้าได้ดี ส่วนกลางของพื้นรองเท้าควรทำจาก Ethylene vinyl acetate (EVA) หรือ Polyurethane (PU) ซึ่งเป็นวัสดุที่รู้สึกสบายเท้าขณะสวมใส่ และพื้นรองเท้าควรมีความหนาในช่วงระหว่าง 1.8 ถึง 3.6 เซนติเมตร จะช่วยลดแรงกดและความไม่สบายบริเวณข้อเท้า (Min-Chi and Mao-Jiun, 2007) เช่นเดียวกันแผ่นรองฝ่าเท้าทั้งหมด (Total contact insert) ช่วยลดผลกระทบของการกระจายแรงดันบริเวณพื้นฝ่าเท้าและลดความเครียดที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าได้ 19.8 ถึง 56.8 เปอร์เซ็นต์ (Chen et al., 2003)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่งเป็นการปฏิบัติงานในรูปแบบของกิจกรรมการขนย้ายวัตถุดิบ ซึ่งใช้รถเข็นประเภท 4 ล้อ เป็นอุปกรณ์ประกอบการขนย้าย โดยพนักงานขนส่งทำหน้าที่เข็นรถเข็นซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในพื้นที่การผลิตจากกระบวนการผลิตก่อนหน้านี้ไปยังกระบวนการผลิตถัดไปเป็นระยะทาง 90 เมตร พนักงานทำงานเป็นระยะเวลา 10.5 ชั่วโมงต่อวัน หากคำนวณแล้วพนักงานขนส่งจะต้องทำการเข็นรถเข็นโดยเฉลี่ย 26,710.2 เมตรต่อวัน ซึ่งการปฏิบัติงานลักษณะดังกล่าวพนักงานจะต้องเดินพร้อมกับออกแรงเข็นรถเข็นตลอดช่วงระยะเวลาการปฏิบัติงาน ส่งผลให้พนักงานมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและอาการไม่สบายบริเวณเท้าที่เกิดจากการเดินในขณะที่ปฏิบัติงาน

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดความสามารถในการออกแรงดึงและดันรถเข็นเพื่อใช้ในการขนย้ายวัตถุดิบ ประเมินอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า และศึกษาถึงผลกระทบของรองเท้าที่มีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเหมาะสมของความหนักของภาระงานการขนย้าย และการบรรเทาอาการเจ็บปวดบริเวณเท้าที่เกิดขึ้นในขณะที่ยืนและเดินระหว่างช่วงเวลาการปฏิบัติงาน

การดำเนินการวิจัยกล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดลองย่อยทั้งหมด ซึ่งแบ่งหัวข้อวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้ (1) ผู้ถูกทดสอบจำนวน 50 คน (2) ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ (3) ศึกษาภาระงานของพนักงานขนส่ง (4) ศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง (5) ประเมินภาระงาน (6) สำรวจความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า (7) สำรวจระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมพื้นรองเท้า (8) การทดสอบสมมุติฐาน และ (9) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง

3.1 ผู้ถูกทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ใช้ผู้ถูกทดสอบจำนวน 50 คน แบ่งเป็นเพศชาย 25 คน และเพศหญิง 25 คน (จำนวนผู้ถูกทดสอบแสดงในภาคผนวก ก.) ซึ่งเป็นพนักงานขนส่งในบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่งที่ทำหน้าที่เข็นรถเข็นซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในพื้นที่การผลิต อายุระหว่าง 20 ถึง 37 ปี

โดยผู้ถูกทดสอบทุกคนเป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงและไม่มีโรคประจำตัว มีประสบการณ์ทำงานเข็นรถเข็นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยผู้ถูกทดสอบทุกคนได้รับการชี้แจงการเข้าร่วมโครงการวิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ สิทธิและผลประโยชน์ที่ผู้ถูกทดสอบจะได้รับ และวิธีการปฏิบัติในระหว่างดำเนินการเก็บข้อมูล เมื่อดำเนินการเก็บข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้ถูกทดสอบทุกคนได้รับค่าตอบแทนในการอนุเคราะห์ข้อมูล

3.2 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ประสบการณ์ทำงาน ความยาวเท้าด้านใน ความยาวเท้าด้านนอก ความกว้างเท้า ความกว้างข้อเท้า ความกว้างสันเท้า ความยาวรอบข้อเท้า ความหนาปลายเท้า และความหนาหลังเท้าของผู้ถูกทดสอบ

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 2) เครื่องวัดส่วนสูง
- 3) อุปกรณ์วัดขนาดตัดส่วนเท้า (Sliding caliper)
- 4) สายวัด (Measuring tape)



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์วัดขนาดตัดส่วนเท้า (Sliding caliper)

3.2.2 วิธีการเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

การวัดขนาดของเท้านั้นทำการวัดจากเท้าขวาที่มีการสวมถุงเท้าของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้วิธีการวัดตามหลักของ Min-Chi and Mao-Jiun (2007) ดังแสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวิธีการวัดขนาดสัดส่วนเท้าของผู้ถูกทดสอบ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

3.3 ศึกษาภาระงานของพนักงานขนส่ง

การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการะงานประกอบด้วย น้ำหนักและขนาดสัดส่วนของรถเข็น ชั่งงาน และถอดใส่ชิ้นงาน

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องชั่งสปริง (Spring scale)
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดใหญ่
- 3) รถเข็นประเภท 4 ล้อในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
- 4) ชิ้นงาน (ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์)
- 5) ถาดใส่ชิ้นงาน

3.3.2 วิธีการเก็บข้อมูลความหนักของภาระงาน

ความหนักของภาระงานพิจารณาจากแรงที่ใช้ในการเข็นเพื่อให้รถเข็นเคลื่อนที่โดยใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดค่าดังกล่าว ดังแสดงในรูป 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการวัดความหนักของภาระงานโดยใช้เครื่องชั่งสปริง

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความหนักของภาระงาน

วิเคราะห์ข้อมูลความหนักของภาระงาน โดยคำนวณหาค่าน้ำหนักรวมของการขนส่งแต่ละรอบ และแรงที่ใช้ในการเริ่มเคลื่อนรถเข็นและในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่

3.4 ศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง

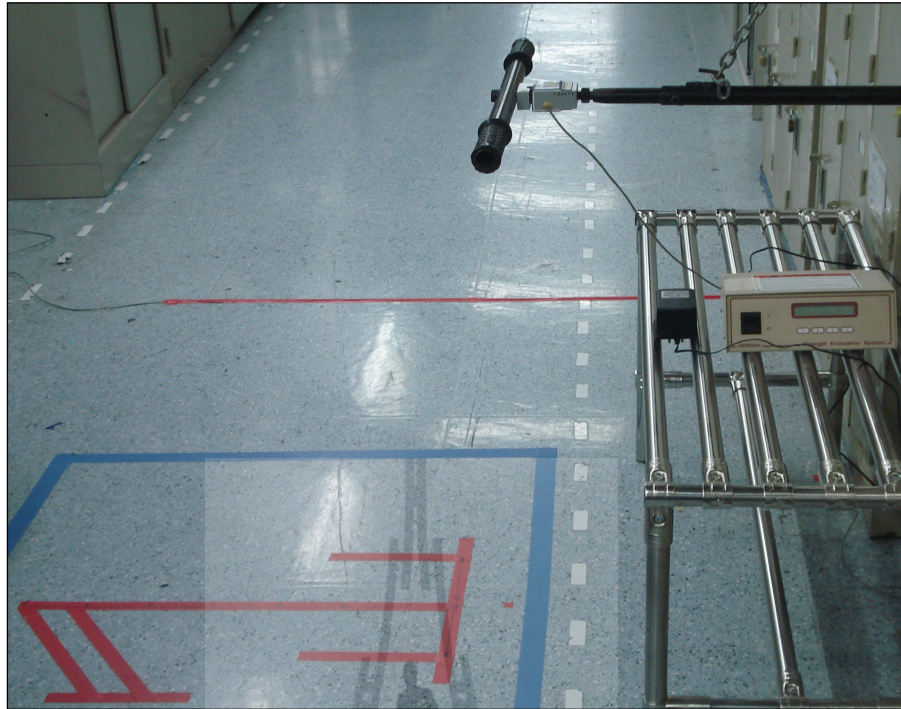
การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติเพื่อวัดความสามารถในการออกแรงของพนักงานที่กระทำในสองลักษณะคือ การออกแรงดึงและแรงดัน และมีท่าทางการยืนในสองรูปแบบคือ ท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงกัน ซึ่งการวัดแรงสถิติในแต่ละครั้งใช้รองเท้าปกติและมีการใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดที่แตกต่างกันควบคู่กับรองเท้าที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง โดยวัดแรงสถิติที่ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในสายการผลิตมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 85 เซนติเมตร (การเลือกระดับความสูงแสดงในภาคผนวก ง.) การออกแรงดึงและแรงดันสถิติเป็นการใช้แรงจากท่อนแขนเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่การออกแรงในท่ายืนเท้าเอียงกันเป็นการใช้แรงโดยใช้ลำตัวช่วย

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องมือวัดแรงสถิติ (Strength evaluation system)
- 2) รองเท้าปกติที่พนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง
- 3) แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ
- 4) หมอนรองสันเท้า



รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดแรงสถิติ (Strength evaluation system)



รูปที่ 3.5 ติดตั้งชุดเครื่องมือวัดแรงสถิตในพื้นที่ทดสอบความสามารถในการออกแรง



รูปที่ 3.6 รองเท้าปกติที่พนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง



รูปที่ 3.7 แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ



รูปที่ 3.8 หมอนรองสันเท้า

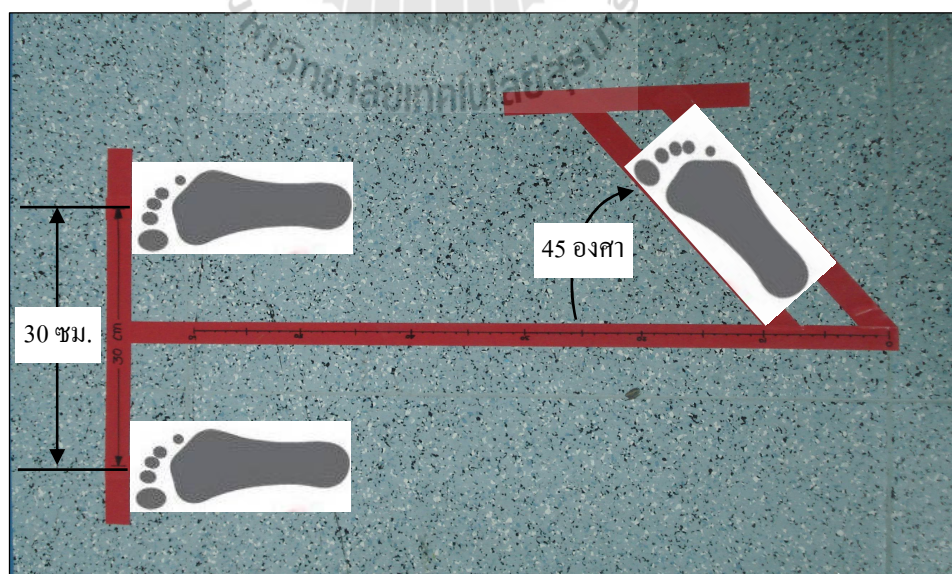
3.4.2 วิธีการวัดแรงสถิติ

การวัดแรงสถิติได้กำหนดท่าทางการยืนขณะทำการออกแรงในท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงบนพื้นที่วางเท้าดังแสดงในรูปที่ 3.9 ดังนี้คือ

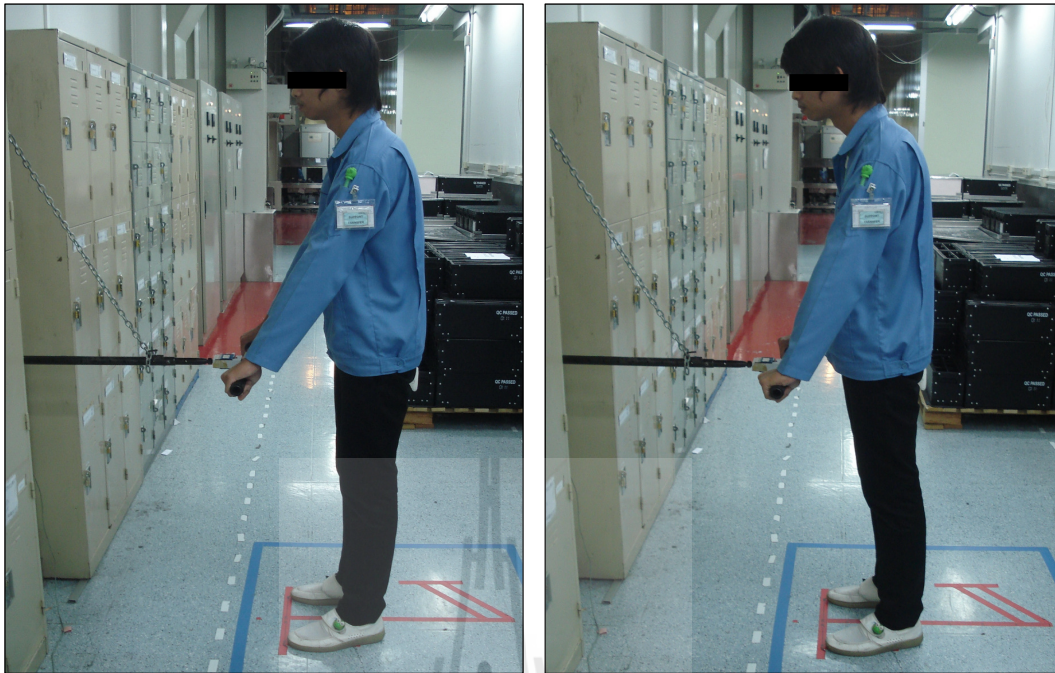
1) ท่ายืนปกติให้ผู้ถูกทดสอบยืนเท้าทั้งสองข้างห่างกัน 30 เซนติเมตร มือทั้งสองข้างกำมือจับของอุปกรณ์ทดสอบไว้ โดยจัดให้เข่าท่อนบนของผู้ถูกทดสอบขนานชิดกับลำตัว ดังรูปที่ 3.10 (Chow and Dickerson, 2009)

2) ท่ายืนเท้าเอียงกันให้ผู้ถูกทดสอบวางเท้าซ้ายไปด้านหน้าและเท้าขวาวางอยู่ด้านหลังเอียงทำมุม 45 องศา ในการออกแรงดันขาหน้าจะทำการงอเข้าส่วนขาหลังเหยียดตรงในตรงกันข้ามสำหรับการออกแรงดึงขาหน้าเหยียดตรงขาหลังงอเข้าดังแสดงในรูปที่ 3.11 (Tiwari et al., 2010)

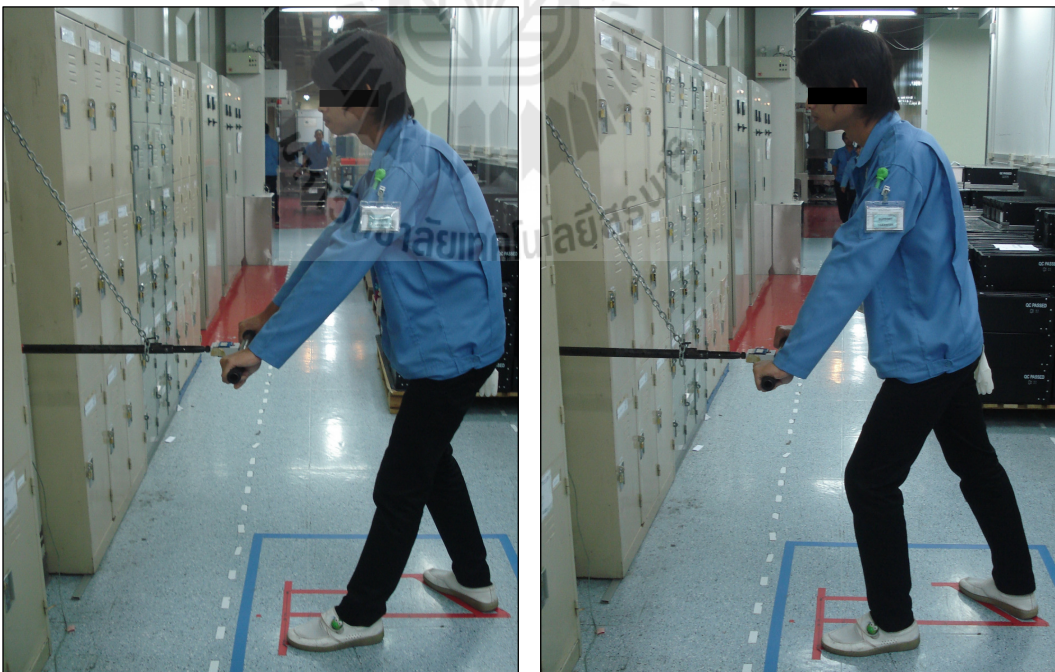
เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมแล้วจึงให้สัญญาณแก่ผู้ถูกทดสอบโดยการนับ “1 2 3” เมื่อนับถึงสามแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงและเพิ่มแรงดัน (หรือดึง) ให้มากที่สุดในช่วง 2 วินาทีแรกโดยไม่เกิดการกระตุก และยังคงออกแรงมากที่สุดต่อไปอีก 3 วินาที เมื่อเสียงออกสัญญาณดังขึ้นผู้ถูกทดสอบหยุดออกแรงและนั่งพักอย่างน้อย 2 นาที ก่อนออกแรงครั้งต่อไป ในช่วงการออกแรง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงการเพิ่มแรง ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ค่าแรงที่วัดได้มีความเสถียร จึงนำค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงในครั้งนั้น ๆ และมีหน่วยเป็นกิโลกรัม



รูปที่ 3.9 พื้นที่วางเท้าขณะยืนออกแรงสถิติ



รูปที่ 3.10 การออกแรงดึงและแรงดันในทำขึ้นปกติของพนักงานขนส่ง



รูปที่ 3.11 การออกแรงดึงและแรงดันในทำขึ้นท่าเอียงกันของพนักงานขนส่ง

3.4.3 การดำเนินการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติ

โดยการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงของพนักงานขนส่งกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการออกแรงดึงและแรงดันในท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงกันคนละ 2 ครั้ง การออกแรงแต่ละรอบใช้วิธีการสุ่มลักษณะของรองเท้าที่สวมใส่ในขณะทำการออกแรง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนออกแรงทั้งหมด 24 ครั้ง ทั้งนี้จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน 3 วัน โดยแบ่งเป็นการวัดแรง 8 ครั้งต่อวัน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดึงหรือแรงดันของพนักงานขนส่งที่ระดับความสูง 85 เซนติเมตร

ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ ในขณะออกแรง	การออกแรงดึงหรือแรงดัน							
	ท่ายืนปกติ				ท่ายืนเท้าเอียง			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง								
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิดเรียบ								
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า								

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง

1) วิเคราะห์ข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงสถิติ ของผู้ปฏิบัติงาน

2) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent variance) 2 ตัว ดังนี้คือ (1) แรงดึง (2) แรงดัน ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent variance) มี 3 ตัว ดังนี้คือ (1) ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ในขณะออกแรง (2) ท่าทางการยืน และ (3) เพศ รูปแบบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized complete block โดยให้ผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก

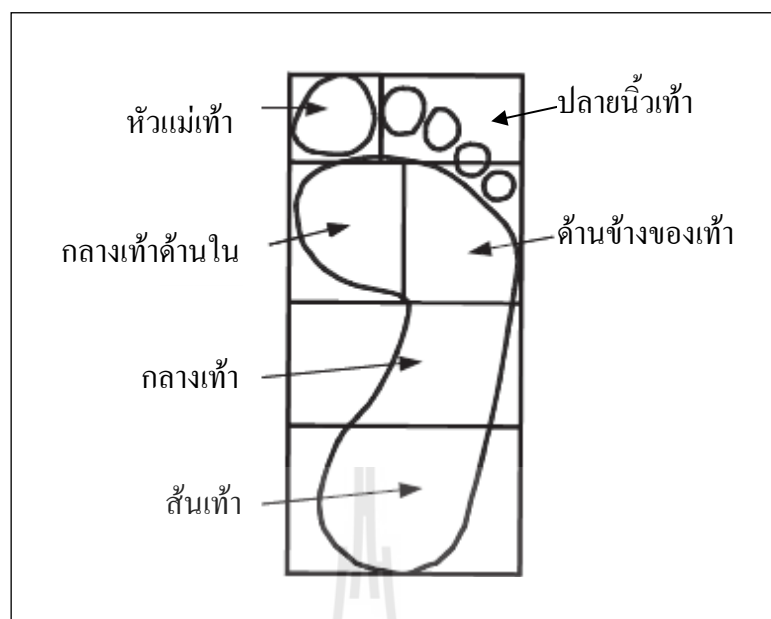
3.5 การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง

การประเมินขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญและควรนำมาพิจารณาในการกำหนดภาระงานให้มีความเหมาะสม โดยภาระงานกับขีดความสามารถของมนุษย์มีความสัมพันธ์กันดังนี้คือ (1) ภาระงานมีน้อยแต่ขีดความสามารถของมนุษย์มีมาก สภาพเช่นนี้จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานง่วงนอน เบื่อหน่าย และเกิดความเครียดมากขึ้น (2) ภาระงานมีมากเกินไป ขีดความสามารถของมนุษย์ สภาพเช่นนี้จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเหน็ดเหนื่อย เมื่อยล้า ทำงานผิดพลาดบ่อยครั้ง อัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น อัตราการเจ็บป่วยเพิ่มมากขึ้น อัตราการเข้าออกงานเพิ่มขึ้น ผลผลิตลดลงและจะทำให้ธุรกิจขาดทุนในที่สุด (3) ภาระงานมีความสมดุลกับความสามารถของมนุษย์ สภาพเช่นนี้จะทำให้ระบบงานบรรลุวัตถุประสงค์ ทำให้ระบบงานสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตดีมีประสิทธิภาพผลตามเป้า สภาพร่างกายและจิตใจของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในสภาพที่สมดุลไม่เหนื่อยล้าหรือเจ็บป่วยจากการทำงาน (กิตติ อินทรานนท์, 2548) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพนักงานไม่ควรออกแรงเกินค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Maximum voluntary exertion) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงหรือมากกว่านี้ต่อเนื่องกัน (Konz, 1995)

ดังนั้นการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศชายและเพศหญิง สามารถทำได้โดยนำค่าร้อยละของค่าความสามารถในการออกแรงสถิติสูงสุด (15% Maximum voluntary exertion-MVE) ของตัวผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทานจากพื้นเมื่อรถเข็นกำลังเคลื่อนที่ และในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่

3.6 ตำราตรวจความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า

วิธีการนี้เป็นการเก็บข้อมูลความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณฝ่าเท้าที่เกิดจากการยืนและเดินในช่วงเวลาการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 50 คน โดยใช้แบบสอบถามความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า (ภาคผนวก จ.) ซึ่งทำการแบ่งพื้นที่บนฝ่าเท้าเป็น 6 ส่วน (Yung-Hui and Wei-Hsien, 2005) ดังแสดงในรูปที่ 3.12 จากนั้นทำการประเมินระดับความไม่สบายที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส้นเท้า (Heel) กลางเท้า (Midfoot) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot) ปลายนิ้วเท้า (Toes) และหัวแม่เท้า (Hallux) ว่าพื้นที่ใดที่ทำให้เกิดอาการเจ็บปวดเท้าในขณะที่ยืนและเดินระหว่างการปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.12 พื้นที่ฝ่าเต้า

3.6.1 วิธีการเก็บข้อมูลความไม่สบายบริเวณเต้าของพนักงานขนส่ง

- 1) สอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเต้าของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง
- 2) เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงของผู้ถูกทดสอบ แล้วให้ผู้ถูกทดสอบสวมใส่ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาพบผู้วิจัยเพื่อสอบถามถึงอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเต้าที่เกิดจากการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าปกติ
- 3) เปลี่ยนจากแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบเป็นหมอนรองส้นเท้าลงในรองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงของพนักงาน จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบสวมใส่ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์เช่นเดิม แล้วกลับมาพบผู้วิจัยอีกครั้งเพื่อสอบถามถึงอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเต้าที่เกิดจากการเพิ่มหมอนรองส้นเท้าลงในรองเท้าปกติ

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอาการไม่สบายบริเวณเต้าของพนักงานขนส่ง

- 1) สำนวระดับอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเต้า 6 ส่วน โดยกำหนดระดับคะแนนอาการไม่สบาย 5 ระดับ ดังนี้คือ 1 คือ อาการปกติ 2 คือ มีอาการไม่สบายน้อย 3 คือ มีอาการไม่สบายปานกลาง 4 คือ มีอาการไม่สบายมาก และ 5 คือ มีอาการไม่สบายจนไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ

- 2) คำนวณหาค่าร้อยละของระดับคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเท้า ส่วนต่าง ๆ ทั้งที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า
- 3) เปรียบเทียบเรียงลำดับระดับคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเท้า ทั้ง 6 ส่วน ของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
- 4) นำข้อมูลที่ได้มาสรุปว่าการทำงานในลักษณะยืนและเดินของพนักงานขนส่ง ในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเท้าส่วนใดมากที่สุด

3.7 ตำราตรวจสอบความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

เก็บข้อมูลระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้า โดยใช้แบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า (ภาคผนวก จ.) ซึ่งพิจารณาถึงรูปแบบและคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้คือ

- 1) สวมใส่พอดีกับเท้า
- 2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า
- 3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว
- 4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า
- 5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า
- 6) สามารถถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า
- 7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป
- 8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม
- 9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่
- 10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม
- 11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน
- 12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน
- 13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน
- 14) กระชับขณะเดิน
- 15) น้ำหนักเบา
- 16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่

3.7.1 วิธีการเก็บข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

- 1) สอบถามความพึงพอใจของผู้ถูกทดสอบที่มีต่อรองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ในการปฏิบัติงานจริง
- 2) สอบถามความพึงพอใจผู้ถูกทดสอบที่มีต่อรองเท้าหลังจากได้เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง แล้วให้ผู้ถูกทดสอบสวมใส่ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาพบผู้วิจัยเพื่อสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าปกติอีกครั้ง
- 3) สอบถามความพึงพอใจผู้ถูกทดสอบที่มีต่อรองเท้าหลังจากได้เพิ่มหมอนรองสันเท้าลงในรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบสวมใส่ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์เช่นเดิม แล้วกลับมาพบผู้วิจัยอีกครั้งเพื่อสอบถามถึงความพึงพอใจที่มีต่อการเพิ่มหมอนรองสันเท้าลงในรองเท้าปกติ

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

- 1) ดำรวจระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้าในรูปแบบและคุณลักษณะต่าง ๆ โดยกำหนดระดับคะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ ดังนี้คือ 1 คือ พึงพอใจน้อยมาก 2 คือ พึงพอใจน้อย 3 คือ พึงพอใจปานกลาง 4 คือ พึงพอใจมาก และ 5 คือ พึงพอใจมากที่สุด
- 2) คำนวณหาค่าร้อยละของระดับคะแนนความพึงพอใจต่อรูปแบบและคุณลักษณะต่าง ๆ ของรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้าทั้งเริ่มแรกและหลังจากใช้งานผ่านไปหนึ่งสัปดาห์
- 3) เปรียบเทียบเรียงลำดับระดับคะแนนความพึงพอใจ
- 4) สรุปข้อมูลระดับความพึงพอใจในรูปแบบและคุณลักษณะต่าง ๆ ของรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้าทั้งเริ่มแรกและหลังการใช้งานผ่านไปเป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์
- 5) วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการสวมใส่รองเท้าในการออกแรงสถิติว่ารองเท้าปกติ หรือรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้านชนิดใดที่สวมใส่แล้วรู้สึกสบายบริเวณเท้าและฝ่าเท้าทำให้เกิดความเสถียรในขณะยืนออกแรงและมีความเหมาะสมสำหรับการทำงานประเภทยืนและเดินของพนักงานขนส่ง

3.8 การทดสอบสมมติฐาน

งานวิจัยนี้มีสมมติฐานที่จะต้องทดสอบ 2 ประการดังนี้

1) สมมติฐานที่ 1

สมมติฐานหลัก : ทิศของการออกแรงดึงและแรงดันไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรง

สมมติฐานรอง : ทิศของการออกแรงดึงและแรงดันมีผลต่อความสามารถในการออกแรง

ในการทดสอบสมมติฐานที่ 1 มีตัวแปรอิสระคือ ทิศทางของการออกแรงสถิตและทำขึ้น และตัวแปรตามคือ ความสามารถในการออกแรง

2) สมมติฐานที่ 2

สมมติฐานหลัก : การใช้แผ่นเสริมรองเท้าไม่มีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้า

สมมติฐานรอง : การใช้แผ่นเสริมรองเท้ามีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้า

ในการทดสอบสมมติฐานที่ 2 มีตัวแปรอิสระคือ รองเท้าปกติและรองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้า และตัวแปรตามคือ ความไม่สบายบริเวณเท้า

3.9 สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง

สร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะใด โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นดังนี้

1) กำหนดให้เพศ รองเท้าและทำขึ้นเป็นตัวแปรอิสระ และค่าความสามารถในการออกแรงเป็นตัวแปรตาม

2) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะของรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3) ตรวจสอบข้อสมมติฐานเกี่ยวกับข้อผิดพลาดเพื่อดูว่า $\varepsilon \cong NID(0, \sigma^2)$ หรือไม่

4) ตรวจสอบความเหมาะสมของสมการ ได้แก่การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ ทดสอบการขาดความเหมาะสมของสมการ

5) นำสมการที่ได้ไปใช้ในการพยากรณ์ค่าความสามารถในการออกแรงสถิตของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

บทนี้เป็นการนำเสนอและรายงานผลการวิจัยที่ได้จากการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ พร้อมทั้งวิเคราะห์และอภิปรายถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ (1) คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ (2) ภาระงานของพนักงานขนส่ง (3) ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง (4) ประเมินภาระงาน (5) ความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า (6) ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมพื้นรองเท้า (7) การทดสอบสมมุติฐาน และ (8) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบซึ่งเป็นพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 25 คน และเพศหญิง 25 คน โดยเฉลี่ยแล้วเพศชายมีอายุ 27.40 ปี น้ำหนัก 64.88 กิโลกรัม ส่วนสูง 170.40 เซนติเมตร และมีประสบการณ์ทำงาน 2.44 ปี ส่วนเพศหญิงมีอายุ 26.36 ปี น้ำหนัก 56.28 กิโลกรัม ส่วนสูง 160.90 เซนติเมตร และมีประสบการณ์ทำงาน 3.48 ปี

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ลำดับ	คุณลักษณะทางกายภาพ	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	อายุ (ปี)	27.40	3.38	26.36	4.94
2	น้ำหนัก (กก.)	64.88	13.71	56.28	11.59
3	ส่วนสูง (ซม.)	170.40	5.71	160.90	4.89
4	ประสบการณ์ทำงาน (ปี)	2.44	2.04	3.48	2.89
5	ความยาวเท้าด้านใน (ซม.)	26.16	1.40	23.88	1.05
6	ความยาวเท้าด้านนอก (ซม.)	20.72	1.14	18.40	3.59
7	ความกว้างเท้า (ซม.)	9.85	0.56	8.95	0.45
8	ความกว้างข้อเท้า (ซม.)	6.94	0.43	6.37	0.35
9	ความกว้างสันเท้า (ซม.)	6.27	0.47	5.59	0.59
10	ความยาวรอบข้อเท้า (ซม.)	25.21	1.87	24.02	1.53
11	ความหนาปลายเท้า (ซม.)	2.29	0.21	2.78	3.59
12	ความหนาหลังเท้า (ซม.)	7.40	0.67	6.56	0.59

4.2 ภาระงานของพนักงานขนส่ง

ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงค่าน้ำหนักของการขนส่ง โดยแต่ละรอบของการขนส่งมีน้ำหนักรวมทั้งหมด 41.50 กิโลกรัม การวัดความหนักของภาระงานทำโดยใช้เครื่องชั่งสปริงแบบแขวนวัดค่าแรงที่ทำให้รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ และในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ ซึ่งวัดได้ 1.53 กิโลกรัม และ 0.85 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของการขนส่งในแต่ละรอบ

รายการ	น้ำหนักต่อรอบการขนส่ง (กิโลกรัม)
รถเข็นประเภท 4 ล้อ 1 คัน	26.50
ผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 60 ชิ้น	9.00
ถาดใส่ผลิตภัณฑ์จำนวน 5 ถาด	6.00
รวมน้ำหนักทั้งหมด	41.50

ตารางที่ 4.3 ความหนักของภาระงานขนส่ง

การวัดค่าแรงโดยเครื่องชั่งสปริง	ความหนักของภาระงาน (กิโลกรัม)
แรงที่ทำให้รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่	1.53
แรงในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่	0.85

4.3 ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง

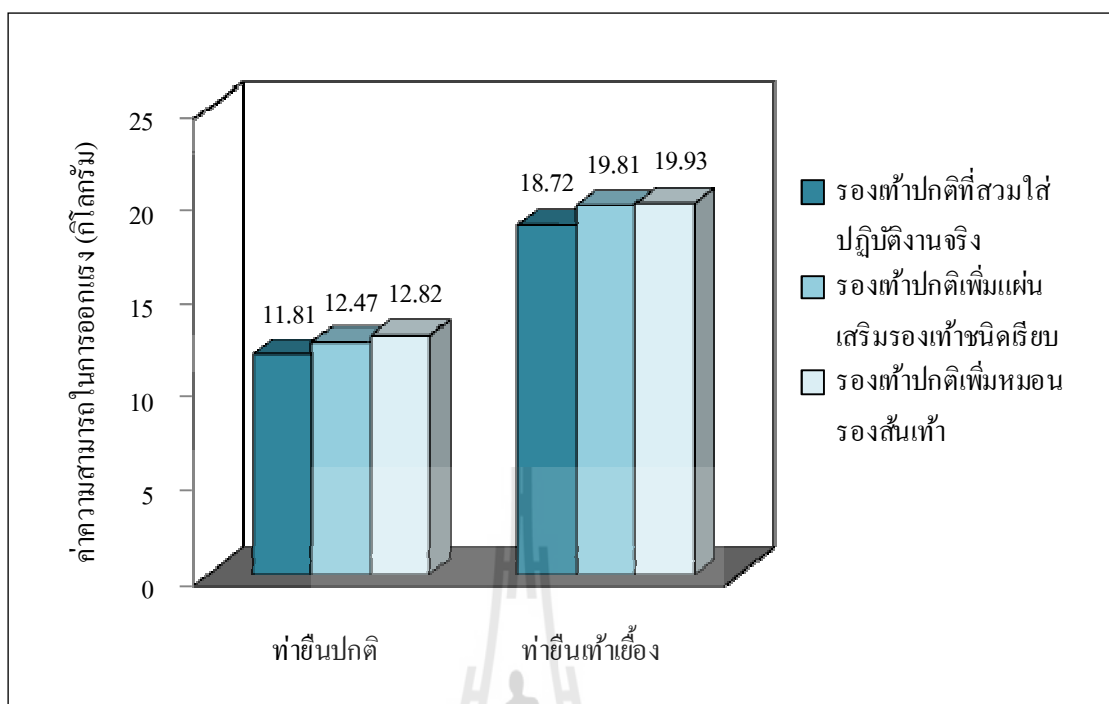
การออกแรงสถิติกระทำในสองลักษณะคือ การออกแรงดึงและแรงดัน และมีท่าทางการยืนในสองรูปแบบคือ ท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงกัน โดยใช้รองเท้าที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันในการออกแรงแต่ละครั้ง การวัดค่าแรงสถิติกระทำที่ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเท่ากับ 85 เซนติเมตร

4.3.1 ความสามารถในการออกแรงดึง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชาย (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.1) พบว่าค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 19.93 กิโลกรัม ซึ่งเกิดจากการออกแรงในท่ายืนเท้าเอียงกันโดยลักษณะของรองเท้าที่สวมใส่ในขณะที่ทำการออกแรงคือ รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้า ขณะเดียวกันค่าความสามารถในการออกแรงดึงต่ำสุดเท่ากับ 11.81 กิโลกรัม เกิดจากการออกแรงในท่ายืนปกติและสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงขณะที่ทำการออกแรง ซึ่งความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติมีค่าน้อยกว่าท่ายืนเท้าเอียงกัน การเพิ่มหมอนรองส้นเท้าลงในรองเท้าที่ใส่สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริงสามารถออกแรงดึงได้ดีกว่าการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าและดีกว่าการออกแรงโดยรองเท้าปกติที่ไม่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ในขณะที่ออกแรง	ท่าทางการยืนขณะออกแรง	
	ท่ายืนปกติ	ท่ายืนเท้าเอียง
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	11.81(3.92)	18.72(5.35)
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	12.47(4.67)	19.81(6.25)
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	12.82(5.40)	19.93(5.26)



รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

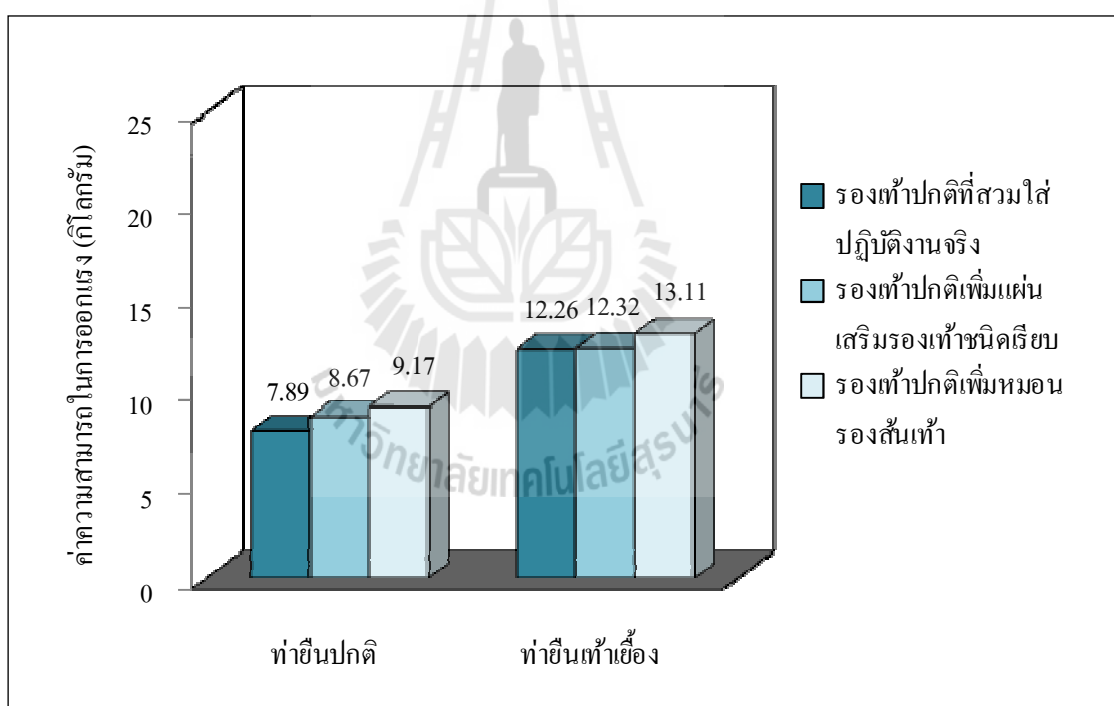
ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศหญิงดังปรากฏในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2 พบว่าค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 13.11 กิโลกรัม โดยเกิดจากการออกแรงในท่ายืนเท้าเขย่งกันและสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้าในขณะทำการออกแรง ค่าความสามารถในการออกแรงดึงต่ำสุดเท่ากับ 7.89 กิโลกรัม เกิดจากการออกแรงในท่ายืนปกติและสวมใส่รองเท้าปกติขณะทำการออกแรง การเพิ่มหมอนรองส้นเท้าลงในรองเท้าที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริงสามารถออกแรงดึงได้ดีกว่าการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้า และดีกว่าการออกแรงโดยรองเท้าปกติที่ไม่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า เช่นเดียวกันความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติมีค่าน้อยกว่าท่ายืนเท้าเขย่งกัน ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชาย

การออกแรงดึงอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อแขน ข้อมือ กล้ามเนื้อรอบเข่าและสะโพก ซึ่งลักษณะท่าทางการยืนออกแรงที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดึง นอกจากนี้ขณะยืนออกแรงค่าแรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวที่ยืนกับพื้นรองเท้ามีผลต่อความสามารถในการออกแรง โดยแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับรองเท้ามากทำให้ออกแรงได้มากและสามารถยืนได้อย่างมั่นคงไม่ลื่นล้ม (คลินิกกายภาพบำบัดและกิจกรรมบำบัด, 2553) การออกแรงดึงที่ได้ค่า

ความสามารถในการออกแรงมากที่สุดควรขึ้นในทำขึ้นเท้าเอียงกันเพื่อการทรงตัวที่ดีและสามารถใช้แรงจากกล้ามเนื้อหลังช่วยในการออกแรงซึ่งสามารถออกแรงได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ในขณะออกแรง	ท่าทางการขึ้นขณะออกแรง	
	ทำขึ้นปกติ	ทำขึ้นเท้าเอียง
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	7.89(2.22)	12.26(2.96)
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	8.67(2.80)	12.32(3.29)
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	9.17(2.68)	13.11(3.69)



รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

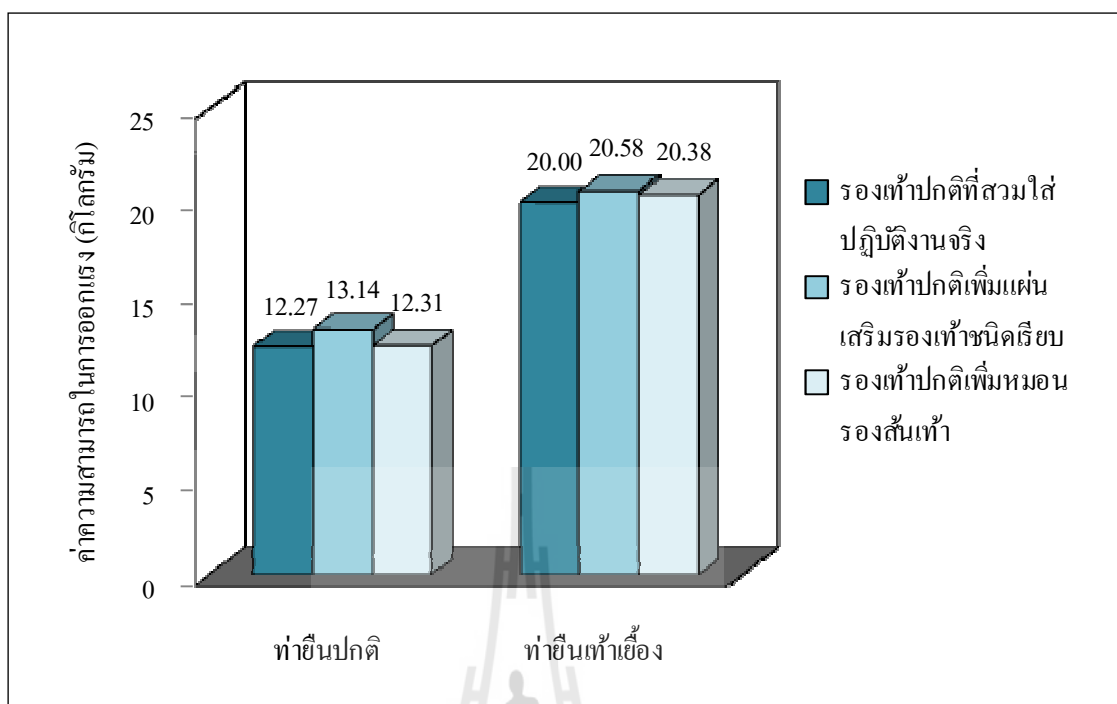
4.3.2 ความสามารถในการออกแรงดัน

ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบซึ่งเป็นพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งเพศชายและเพศหญิงแสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.3 พบว่าค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 20.58 กิโลกรัม ซึ่งเกิดจากการออกแรงในท่ายืนเท้าเอวข้างกันและสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในขณะที่ทำการออกแรง ส่วนการออกแรงในท่ายืนปกติและสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการสวมใส่ขณะปฏิบัติงานจะได้ค่าความสามารถในการออกแรงดันต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.27 กิโลกรัม จากค่าความสามารถในการออกแรงดันทั้งหมดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย จะได้ว่าในท่ายืนปกติมีค่าความสามารถในการออกแรงน้อยกว่าท่ายืนเท้าเอวข้างกัน การเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าของผู้ถูกทดสอบซึ่งใช้ในการสวมใส่ปฏิบัติงานจริง ทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงดันได้ดีกว่าการเพิ่มหมอนรองสันเท้าลงในรองเท้าและดีกว่าการออกแรงโดยรองเท้าปกติที่ไม่มีการเพิ่มอุปกรณ์เสริมชนิดใดลงในรองเท้า

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการออกแรงระหว่างการออกแรงดึงและการออกแรงดัน พบว่ากรณีออกแรงดึงการใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทหมอนรองสันเท้าสามารถออกแรงได้ดีกว่าใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและการใช้รองเท้าปกติแบบไม่เพิ่มอุปกรณ์เสริม เนื่องจากการออกแรงดึงทำให้ทิศของแรงมาทางด้านหลังของผู้ถูกทดสอบและแรงกดจะถ่ายลงมายังสันเท้า ดังนั้นการใช้หมอนรองสันเท้าทำให้สามารถลดอาการเจ็บปวดบริเวณสันเท้าทำให้สามารถออกแรงได้ดีขึ้น ในขณะที่กรณีออกแรงดันการใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบสามารถออกแรงได้ดี เนื่องจากการผลักไปด้านหน้าแรงกดจะถ่ายลงไปยังบริเวณปลายเท้า ซึ่งการใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบจะช่วยลดแรงกดอัดที่เกิดขึ้นขณะทำการออกแรง ลดความเครียดที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าและสามารถออกแรงได้สูงขึ้น (Chen et al., 2003)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ในขณะออกแรง	ท่าทางการยืนขณะออกแรง	
	ท่ายืนปกติ	ท่ายืนเท้าเอว
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	12.27(4.01)	20.00(4.89)
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	13.14(4.44)	20.58(5.57)
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองสันเท้า	12.31(3.89)	20.38(5.16)



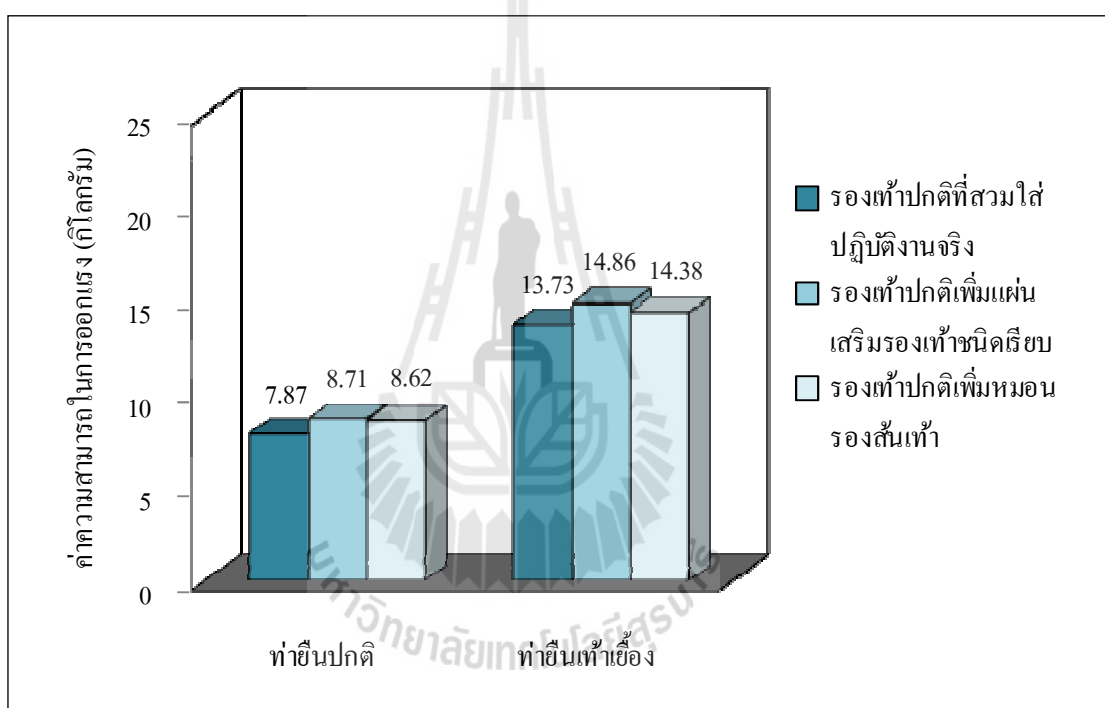
รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่าสูงสุดของค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงเท่ากับ 14.86 กิโลกรัม โดยออกแรงในลักษณะทำขึ้นเท้าข้างกันและสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในขณะทำการออกแรง ส่วนค่าต่ำสุดของค่าความสามารถในการออกแรงดันเท่ากับ 7.87 กิโลกรัม โดยเกิดจากการออกแรงในทำขึ้นปกติและสวมใส่รองเท้าปกติขณะทำการออกแรง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผู้ถูกทดสอบเพศชาย เช่นเดียวกันในทำขึ้นปกติมีค่าความสามารถในการออกแรงน้อยกว่าทำขึ้นเท้าข้างกัน การเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบลงในรองเท้าของผู้ถูกทดสอบจะทำให้สามารถออกแรงดันได้ดีกว่าการเพิ่มหมอนรองส้นเท้าลงในรองเท้าและดีกว่าการออกแรงโดยรองเท้าปกติ

ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติทั้งหมดของผู้ถูกทดสอบเพศชายและเพศหญิง พบว่ามีค่าความสามารถในการออกแรงดันมากกว่าค่าความสามารถในการออกแรงดึง และการสวมใส่รองเท้าปกติขณะทำการออกแรงจะสามารถออกแรงได้ดีกว่าการออกแรงด้วยรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า โดยความสามารถในการออกแรงดึงมีค่ามากเมื่อใช้หมอนรองส้นเท้าเป็นอุปกรณ์เสริมรองเท้า ในขณะที่ความสามารถในการออกแรงดันมีค่ามากเมื่อใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบเป็นอุปกรณ์เสริมรองเท้า

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ในขณะออกแรง	ท่าทางการยืนขณะออกแรง	
	ทำยืนปกติ	ทำยืนเท้าเขິง
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	7.87(2.23)	13.73(4.01)
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	8.71(2.43)	14.86(4.09)
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	8.62(2.61)	14.38(4.26)



รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติ

การดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ กำหนดให้ทิศทางของการออกแรงสถิติเป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ การออกแรงดึงและการออกแรงดัน ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent variable) มี 3 ตัว ดังนี้คือ (1) ท่าทางการยืน ประกอบด้วย 2 ระดับปัจจัย ได้แก่ ท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียง (2) ลักษณะของรองเท้าที่สวมใส่ขณะทำการออกแรง ประกอบด้วย 3 ระดับปัจจัย ได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า และ (3) เพศ ประกอบด้วย 2 ระดับปัจจัย ได้แก่ เพศชายและเพศหญิง เนื่องจากเพศชายและเพศหญิงมีความสามารถในการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นแหล่งกำเนิดของความแปรปรวนที่สามารถเข้ามารบกวนการทดลองได้ ดังนั้นจึงควบคุมเพศของผู้ถูกทดสอบอย่างเป็นระบบโดยการบล็อก

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมีข้อสมมุติเบื้องต้น (Assumptions) ที่ว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติตามข้อสมมุติเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลองยังมีการรวมกันของจุดพล็อตที่ส่วนหนึ่งของกราฟ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลเป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ จากนั้นทำการตรวจสอบค่าข้อมูลที่ทำการแปลงแล้วพบว่าเป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้น ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ (กราฟแสดงภาคผนวก ข.)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า ทิศของแรง ท่ายืน รองเท้า เพศ อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับท่ายืน อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับรองเท้า อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับท่ายืนและเพศ และการบล็อกเพศของผู้ถูกทดสอบ ซึ่งมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้การประมาณค่าเพื่อตรวจสอบผลความแปรปรวนของการบล็อกสามารถดูจากอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสองของบล็อกกับค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ซึ่งถ้าอัตราส่วนมีขนาดใหญ่จะบอกได้ว่าปัจจัยการบล็อกมีผลอย่างมาก จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 42.33 แสดงว่าเพศชายกับเพศหญิงมีความสามารถในการออกแรงสถิติแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adj SS)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Adj MS)	ค่าเอฟ (F)	ค่าพี (P-value)
ทิศของแรง	1	0.6836	0.6836	20.90	0.000**
ทำยีน	1	68.1191	68.1191	2082.28	0.000**
รองเท้า	2	0.9352	0.4676	14.29	0.000**
เพศ	1	44.6371	44.6371	1364.48	0.000**
ทิศของแรง*ทำยีน	1	0.5080	0.5080	15.53	0.000**
ทิศของแรง*รองเท้า	2	0.2700	0.1350	4.13	0.016**
ทิศของแรง*เพศ	1	0.0081	0.0081	0.25	0.618
ทำยีน*รองเท้า	2	0.0792	0.0396	1.21	0.299
ทำยีน*เพศ	1	0.0402	0.0402	1.23	0.268
รองเท้า*เพศ	2	0.0931	0.0466	1.42	0.241
ทิศของแรง*ทำยีน*รองเท้า	2	0.0052	0.0026	0.08	0.923
ทิศของแรง*ทำยีน*เพศ	1	0.2876	0.2876	8.79	0.003**
ทิศของแรง*รองเท้า*เพศ	2	0.0335	0.0167	0.51	0.600
ทำยีน*รองเท้า*เพศ	2	0.0700	0.0350	1.07	0.343
ทิศของแรง*ทำยีน*รองเท้า*เพศ	2	0.0465	0.0233	0.71	0.491
บล็อก (เพศ)	48	66.4684	1.3848	42.33	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	1128	36.9011	0.0327		
ผลรวม	1199	219.1859			

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.8 ผลที่ได้คือ แหล่งความแปรปรวนที่เกี่ยวกับทิศของแรง ทำยีน รองเท้า และเพศ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) นั่นคือระดับปัจจัยของแต่ละแหล่งความแปรปรวนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงดำเนินการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับปัจจัยของแต่ละแหล่งความแปรปรวนที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ โดยใช้วิธีการทดสอบของ Tukey (ผลการทดสอบของ Tukey โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแสดงในภาคผนวก ข.) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังต่อไปนี้

1) ทิศของแรง : ตารางที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการออกแรงในทิศของการดึงและการดันจากข้อมูลที่แปลงเป็นลอการิทึมธรรมชาติแล้ว มีค่าเท่ากับ 0.04774 ซึ่งมีค่าพีเท่ากับ 0.0000 นั่นคือความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.9 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงกับแรงดันจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

ทิศของแรง	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย	ค่าพี (P-value)
แรงดึง	2.49480	0.04774	0.0000
แรงดัน	2.54254		

2) ทำขึ้น : การทดสอบโดยวิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงในทำขึ้นปกติและทำขึ้นเท้าเหยียดมีค่าเท่ากับ 0.47651 ค่าพีเท่ากับ 0.0000 แสดงให้เห็นว่าการออกแรงทำขึ้นปกติแตกต่างจากทำขึ้นเท้าเหยียดกันดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงทำขึ้นปกติกับทำขึ้นเท้าเหยียดจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

ทำขึ้น	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย	ค่าพี (P-value)
ทำขึ้นปกติ	2.28042	0.47651	0.0000
ทำขึ้นเท้าเหยียด	2.75693		

3) รองเท้า : จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงโดยใช้รองเท้าปกติกับรองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติกับรองเท้าที่มีหมอนรองสันเท้าเท่ากับ 0.05722 และ 0.06103 ตามลำดับ โดยมีค่าพีเท่ากับ 0.0000 ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าความสามารถในการออกแรงสถิตโดยใช้รองเท้าปกติแตกต่างจากการออกแรงสถิตโดยใช้รองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าที่มีหมอนรองสันเท้า ในขณะที่ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงโดยใช้รองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบกับรองเท้าที่มีหมอนรองสันเท้าเท่ากับ 0.00381 และมีค่าพีเท่ากับ 0.9523

นั่นคือการออกแรงโดยใช้รองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบมีค่าความสามารถในการออกแรงไม่ต่างจากการออกแรงโดยใช้รองเท้าที่มีหมอนรองส้นเท้า

ตารางที่ 4.11 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงกับรองเท้าคุณลักษณะต่าง ๆ จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

รองเท้า	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย	ค่าพี (P-value)
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	2.47925	0.05722	0.0000
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมชนิดเรียบ	2.53647		
รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	2.47925	0.06103	0.0000
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	2.54028		
รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมชนิดเรียบ	2.53647	0.00381	0.9523
รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	2.54028		

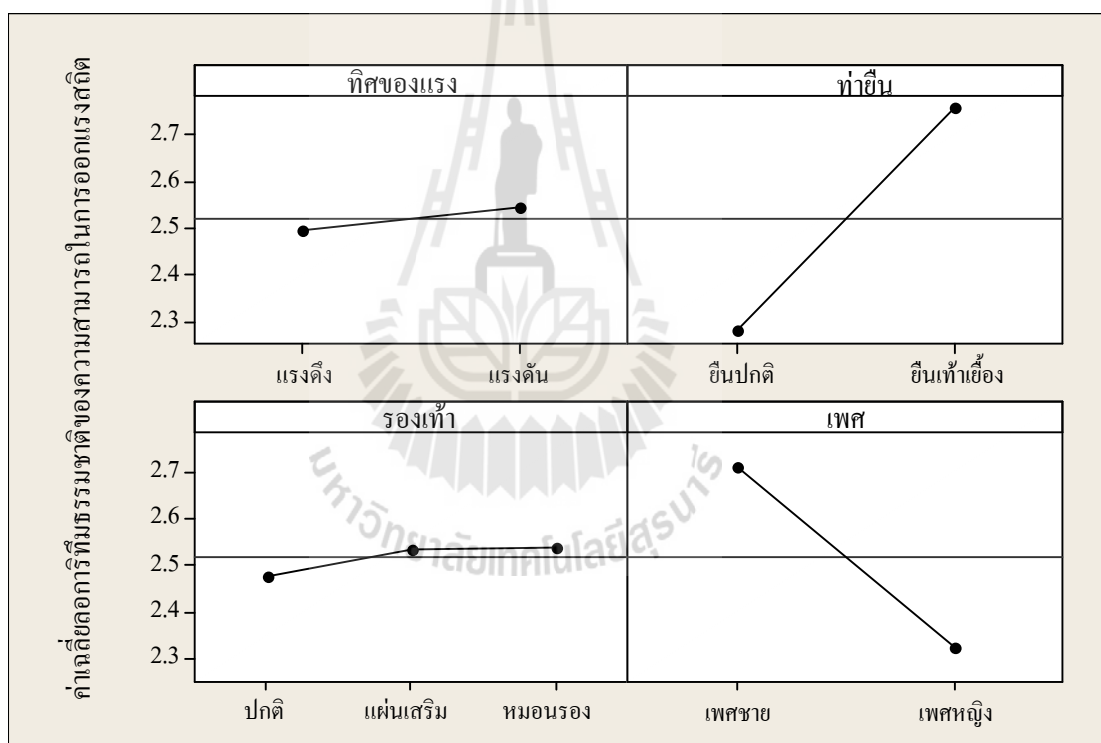
4) เพศ : ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบซึ่งเป็นเพศชายกับเพศหญิงในตารางที่ 4.12 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.38573 และมีค่าพีเท่ากับ 0.0000 สามารถสรุปได้ว่าเพศชายและเพศหญิงมีความสามารถในการออกแรงสถิติต่างกัน

ตารางที่ 4.12 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงของเพศชายกับเพศหญิง จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

เพศ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย	ค่าพี (P-value)
เพศชาย	2.71153	0.38573	0.0000
เพศหญิง	2.32580		

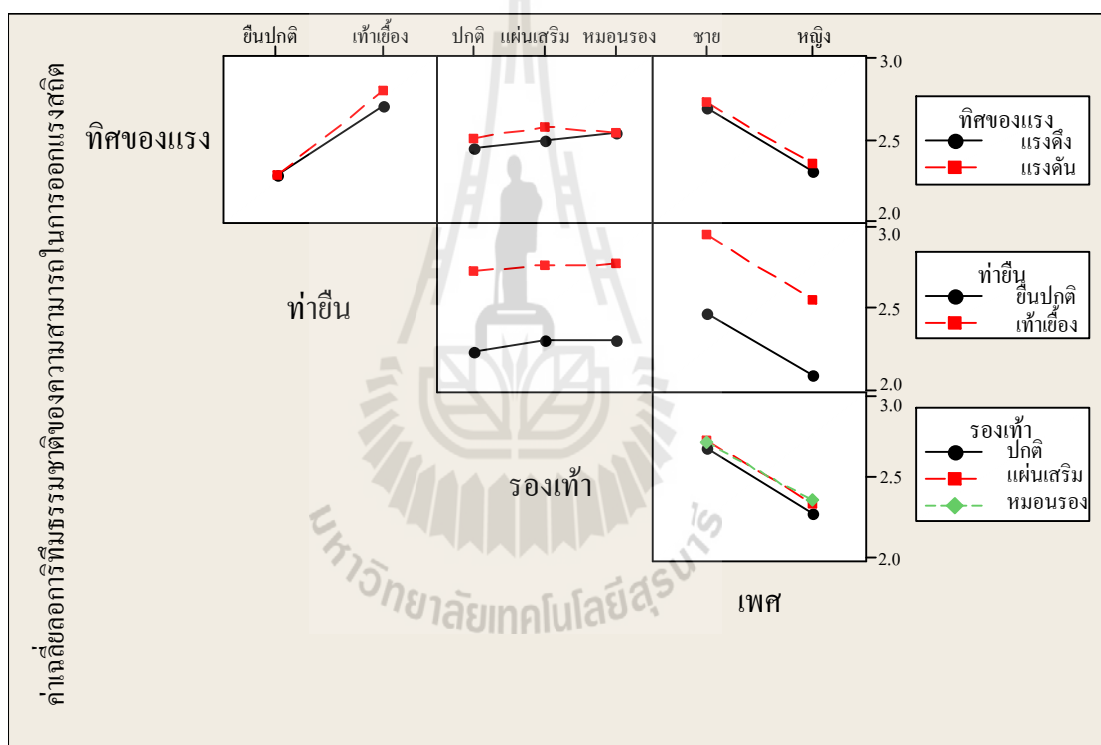
รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของทิศของแรง ทำขึ้น รองเท้า และเพศ จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่งกราฟดังกล่าวจะเป็นการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมของแต่ละแหล่งความแปรปรวน โดยพิจารณาจากระดับปัจจัยที่มีค่าเป็นบวกมากที่สุด จากกราฟพบว่าผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงสถิติในทิศของแรงดันได้มากกว่าทิศของการออกแรงดึง โดยที่ทำงานเท้าเอียงกันสามารถทำการออกแรงได้ดีกว่าทำงานปกติ และขณะทำการออกแรงใช้รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้าและเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบให้ค่าความสามารถในการออกแรงที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งได้ผลดีกว่าการใช้รองเท้าปกติที่ไม่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า ในขณะที่ผู้ถูกทดสอบเพศชาย

มีความสามารถในการออกแรงดีกว่าผู้ทดสอบเพศหญิง จากการสังเกตเกี่ยวกับลักษณะการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จะเห็นว่าพนักงานขนส่งเพศชายสามารถปฏิบัติงานเข็นรถเข็นประเภท 4 ล้อได้ดีกว่าพนักงานเพศหญิง โดยนัดที่จะปฏิบัติงานในลักษณะการดันรถเข็นมากกว่าการดึง เนื่องจากสามารถทุ่มแรงทั้งลำตัวผลักดันขึ้นไปด้านหน้า ทำให้ใช้แรงจากท่อนแขนน้อยในขณะที่ทำการออกแรง และหลังจากมีการทดลองใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และหมอนรองสันเท้าควบคู่กับรองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ผลที่ได้ปรากฏว่าพนักงานขนส่งมีความพึงพอใจที่จะใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบควบคู่กับรองเท้าปกติ เพราะทำให้สามารถลดอาการปวดเมื่อยบริเวณฝ่าเท้าและกระชับขณะเดินปฏิบัติงาน ส่งผลให้สามารถปฏิบัติงานเข็นรถเข็นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 4.5 กราฟค่าเฉลี่ยของทักษะของแรง ทำขึ้น รองเท้า และเพศจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.8 ยังมีอันตรกิริยาระหว่างแหล่งของความแปรปรวนได้แก่ อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับทำยีน อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับรองเท้า และอันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับทำยีนและเพศ ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากกราฟอันตรกิริยารูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าที่อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับทำยีนผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงสถิตได้ดีที่สุดในทิศของการออกแรงดันทำยีนเท้าเอียงกัน และที่อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับรองเท้าผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงสถิตได้มากที่สุด ในทิศของการออกแรงดัน โดยใช้รองเท้าปกติควบคู่กับแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ



รูปที่ 4.6 กราฟอันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับทำยีน ทิศของแรงกับรองเท้าจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

4.4 ประเมินภาระงาน

4.4.1 ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศชาย

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศชายเริ่มต้นจากการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดึงสูงสุด (15% MVE) เช่น ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบคนที่ 1 เป็นต้นนี้ ผู้ถูกทดสอบสวมรองเท้าปกติที่ใช้สำหรับสวมใส่ปฏิบัติงานจริงขณะทำการออกแรงดึงได้ค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 5.95 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดึงในท่ายืนปกติที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงสูงสุดขณะสวมรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงเท่ากับ 0.89 กิโลกรัม ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบคนที่ 11 ให้ผู้ถูกทดสอบสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะทำการออกแรงดึง ซึ่งจะได้อาความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 11.50 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดึงในท่ายืนปกติที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงสูงสุดขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบเท่ากับ 1.73 กิโลกรัม ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบคนที่ 25 ผู้ถูกทดสอบสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะทำการออกแรงดึงจะได้อาความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 25.90 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดึงในท่ายืนปกติที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงสูงสุดขณะสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าเท่ากับ 3.89 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

เมื่อเปรียบเทียบค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุด ในท่ายืนปกติกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ที่เกิดขึ้นที่รถเข็นเคลื่อนที่ พบว่าค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของผู้ถูกทดสอบเพศชายทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งเพศชายในท่ายืนปกติที่สวมใส่รองเท้าคุณลักษณะต่าง ๆ จึงไม่เกินกำลังของพนักงาน โดยที่ค่าแรงเสียดทานสามารถสูงขึ้นไม่เกิน 0.89 กิโลกรัม ซึ่งเป็นค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติและสวมรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงขณะทำการออกแรง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุด ในท่ายืนปกติกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ จะได้ว่าผู้ถูกทดสอบจำนวน 7 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ซึ่งเกิดขึ้นในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง และมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 9 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและหมอนรองสันเท้า

จากการพิจารณาค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติของผู้ถูกทดสอบเพศชายที่สามารถออกแรงได้สูงสุด พบว่าเป็นผู้มีรูปร่างใหญ่ โดยมีอายุ 30 ปี น้ำหนัก 95 กิโลกรัม และส่วนสูง 175 เซนติเมตร เป็นผู้ที่มีความสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคประจำตัวและไม่เคยประสบ

อุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน ในขณะที่เดียวกันผู้ถูกทดสอบที่สามารถออกแรงได้ต่ำสุดเป็นผู้ที่มีรูปร่างเล็ก มีอายุ 25 ปี น้ำหนัก 49 กิโลกรัม และส่วนสูง 165 เซนติเมตร ซึ่งผู้ถูกทดสอบเคยประสบอุบัติเหตุลื่นล้มขณะปฏิบัติงาน มีอาการไม่สบายบริเวณเท้า ขา และบริเวณหลัง จึงทำให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงได้น้อย

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงที่ 15 เพอร์เซ็นต์ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า 15 เพอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดในท่ายืนเท้าเอียงกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ ค่า 15 เพอร์เซ็นต์ของผู้ถูกทดสอบเพศชายทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งเพศชายในท่ายืนเท้าเอียงและสวมใส่รองเท้าทั้ง 3 คุณสมบัติจึงไม่เกินกำลังของพนักงาน โดยผู้ถูกทดสอบคนที่สามารถออกแรงได้น้อยสุดสามารถออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงและสวมใส่รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงเท่ากับ 8.75 กิโลกรัม ค่า 15 เพอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงเท่ากับ 1.31 กิโลกรัม ส่วนผู้ถูกทดสอบคนที่สามารถออกแรงได้มากที่สุดสามารถออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงและสวมใส่รองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบซึ่งเท่ากับ 35.85 กิโลกรัม ค่า 15 เพอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงเท่ากับ 5.38 กิโลกรัม ดังนั้นจะทำให้ค่าแรงเสียดทานสามารถสูงขึ้นถึง 1.31 กิโลกรัม ที่จะไม่เกินกำลังในการปฏิบัติงานของพนักงาน จากนั้นเปรียบเทียบค่า 15 เพอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดในท่ายืนเท้าเอียงกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ พบว่าผู้ถูกทดสอบจำนวน 2 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ซึ่งเกิดในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ปฏิบัติงานจริง และมีผู้ถูกทดสอบ 1 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ ในขณะที่ภาระงานไม่เกินกำลังของผู้ถูกทดสอบขณะสวมใส่รองเท้าที่มีการเพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะทำการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียง เนื่องจากหมอนรองสันเท้าช่วยรับแรงกดอัดที่เกิดขึ้นบริเวณสันเท้าขณะออกแรงดึงมาทางด้านหลัง ทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในทำขึ้นปกติที่ 15%

ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	5.95	6.20	6.65	0.89	0.93	1.00
2	6.20	6.95	7.05	0.93	1.04	1.06
3	6.45	7.90	7.15	0.97	1.19	1.07
4	7.65	7.95	7.25	1.15	1.19	1.09
5	8.10	8.50	7.50	1.22	1.28	1.13
6	8.80	8.85	8.90	1.32	1.33	1.34
7	9.40	9.05	9.20	1.41	1.36	1.38
8	10.50	9.35	9.85	1.58	1.40	1.48
9	10.80	9.85	10.15	1.62	1.48	1.52
10	10.90	10.30	10.35	1.64	1.55	1.55
11	11.00	11.50	10.85	1.65	1.73	1.63
12	11.40	11.65	10.95	1.71	1.75	1.64
13	11.70	11.65	11.50	1.76	1.75	1.73
14	12.10	11.70	11.90	1.82	1.76	1.79
15	12.20	12.25	12.25	1.83	1.84	1.84
16	12.30	12.35	13.25	1.85	1.85	1.99
17	12.40	12.65	13.60	1.86	1.90	2.04
18	12.50	12.70	13.60	1.88	1.91	2.04
19	12.75	15.55	14.40	1.91	2.33	2.16
20	14.15	15.85	14.80	2.12	2.38	2.22
21	15.10	17.15	16.00	2.27	2.57	2.40
22	15.15	18.05	20.40	2.27	2.71	3.06
23	16.10	18.10	22.50	2.42	2.72	3.38
24	18.40	19.50	24.50	2.76	2.93	3.68
25	23.35	26.30	25.90	3.50	3.95	3.89
ค่าเฉลี่ย	11.81	12.47	12.82	1.77	1.87	1.92

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในทำขึ้นเท้าเชือกที่ 15%

ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	8.75	9.30	12.80	1.31	1.40	1.92
2	8.80	12.65	13.70	1.32	1.90	2.06
3	12.80	12.85	13.85	1.92	1.93	2.08
4	13.35	13.15	14.15	2.00	1.97	2.12
5	14.80	14.85	14.30	2.22	2.23	2.15
6	14.85	15.35	16.05	2.23	2.30	2.41
7	15.20	15.85	16.10	2.28	2.38	2.42
8	15.45	16.55	16.30	2.32	2.48	2.45
9	16.95	17.30	16.60	2.54	2.60	2.49
10	17.30	17.65	18.25	2.60	2.65	2.74
11	17.90	18.00	18.45	2.69	2.70	2.77
12	18.10	18.30	19.40	2.72	2.75	2.91
13	18.50	18.85	19.55	2.78	2.83	2.93
14	18.55	18.90	19.60	2.78	2.84	2.94
15	18.90	20.10	19.85	2.84	3.02	2.98
16	19.40	20.45	20.00	2.91	3.07	3.00
17	20.80	20.75	20.00	3.12	3.11	3.00
18	21.15	21.25	22.25	3.17	3.19	3.34
19	21.60	21.30	22.50	3.24	3.20	3.38
20	21.85	22.00	23.20	3.28	3.30	3.48
21	23.00	26.15	24.45	3.45	3.92	3.67
22	25.65	26.90	26.00	3.85	4.04	3.90
23	26.95	28.80	28.25	4.04	4.32	4.24
24	27.20	32.20	30.45	4.08	4.83	4.57
25	30.20	35.85	32.30	4.53	5.38	4.85
ค่าเฉลี่ย	18.72	19.81	19.93	2.81	2.97	2.99

การคำนวณค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชายแสดงดังตารางที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ จากตารางที่ 4.15 พบว่ามีผู้ถูกทดสอบที่สามารถออกแรงดันในท่ายืนปกติได้สูงสุดถึง 27.90 กิโลกรัม โดยสวมใส่รองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ ค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบที่สามารถออกแรงได้สูงสุดเท่ากับ 4.19 กิโลกรัม ขณะเดียวกันผู้ถูกทดสอบที่สามารถออกแรงได้ต่ำสุดสามารถออกแรงดันในท่ายืนปกติด้วยรองเท้าปกติเท่ากับ 6.05 กิโลกรัม ค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบที่สามารถออกแรงได้ต่ำสุดเท่ากับ 0.91 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการออกแรงดันในท่ายืนปกติโดยสวมใส่รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงขณะทำการออกแรง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ จะได้ว่าความหนักของภาระงานขนส่งไม่เกินกำลังของพนักงาน จากนั้นเปรียบเทียบค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดในท่ายืนปกติกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ จะได้ว่าผู้ถูกทดสอบจำนวน 7 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ซึ่งเกิดในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ปฏิบัติงานจริง และมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 5 และ 6 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและหมอนรองส้นเท้า ตามลำดับ

ผลการประเมินภาระงานจากตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดในท่ายืนเท้าเหยียดของผู้ถูกทดสอบเพศชายมาเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทานในขณะที่รถเข็นประเภท 4 ล้อเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.85 กิโลกรัม พบว่าผู้ถูกทดสอบเพศชายทุกคนสามารถปฏิบัติงานได้โดยที่ภาระงานไม่เกินกำลังของความสามารถในการออกแรง ซึ่งมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับการออกแรงดึง โดยผู้ถูกทดสอบคนที่สามารถออกแรงได้ต่ำสุดสามารถออกแรงดันในท่ายืนเท้าเหยียดและสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้าขณะทำการออกแรงเท่ากับ 12.45 กิโลกรัม ค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงเท่ากับ 1.87 กิโลกรัม และจากผลการเปรียบเทียบค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดในท่ายืนเท้าเหยียดกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ พบว่าค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเหยียดของผู้ถูกทดสอบเพศชายทุกคนสูงกว่าค่าแรงเสียดทาน

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติที่ 15%

ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	6.05	7.65	7.35	0.91	1.15	1.10
2	7.25	8.30	7.55	1.09	1.25	1.13
3	7.30	8.35	7.75	1.10	1.25	1.16
4	7.55	8.60	8.25	1.13	1.29	1.24
5	8.30	10.05	8.45	1.25	1.51	1.27
6	8.50	10.20	10.10	1.28	1.53	1.52
7	9.40	10.80	10.35	1.41	1.62	1.55
8	10.45	10.85	10.55	1.57	1.63	1.58
9	10.60	10.90	10.60	1.59	1.64	1.59
10	10.80	11.00	10.75	1.62	1.65	1.61
11	11.25	11.10	10.90	1.69	1.67	1.64
12	11.35	11.85	11.45	1.70	1.78	1.72
13	11.70	12.25	11.50	1.76	1.84	1.73
14	11.90	12.45	12.05	1.79	1.87	1.81
15	12.20	13.35	12.25	1.83	2.00	1.84
16	13.10	13.50	12.25	1.97	2.03	1.84
17	13.55	13.70	12.60	2.03	2.06	1.89
18	13.90	14.00	12.80	2.09	2.10	1.92
19	14.90	14.15	13.50	2.24	2.12	2.03
20	15.45	15.25	13.55	2.32	2.29	2.03
21	16.40	16.40	13.70	2.46	2.46	2.06
22	17.20	17.20	17.90	2.58	2.58	2.69
23	17.30	18.35	19.85	2.60	2.75	2.98
24	17.60	20.30	20.05	2.64	3.05	3.01
25	22.70	27.90	21.80	3.41	4.19	3.27
ค่าเฉลี่ย	12.27	13.14	12.31	1.84	1.97	1.85

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นเท้าเยื้องที่ 15%
ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศชาย		
(N=25)	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
1	13.60	12.95	12.45	2.04	1.94	1.87
2	13.75	15.20	13.25	2.06	2.28	1.99
3	14.30	15.30	14.10	2.15	2.30	2.12
4	14.45	15.50	14.20	2.17	2.33	2.13
5	15.35	15.95	15.85	2.30	2.39	2.38
6	15.45	16.10	16.15	2.32	2.42	2.42
7	15.60	16.30	17.90	2.34	2.45	2.69
8	16.55	16.75	18.05	2.48	2.51	2.71
9	18.30	17.65	18.30	2.75	2.65	2.75
10	19.00	18.75	18.40	2.85	2.81	2.76
11	19.20	18.85	18.65	2.88	2.83	2.80
12	19.75	19.00	19.25	2.96	2.85	2.89
13	19.95	19.55	19.25	2.99	2.93	2.89
14	20.40	19.55	19.50	3.06	2.93	2.93
15	20.70	19.70	19.60	3.11	2.96	2.94
16	21.25	20.25	21.25	3.19	3.04	3.19
17	21.70	21.70	21.35	3.26	3.26	3.20
18	22.00	22.30	21.40	3.30	3.35	3.21
19	22.40	22.70	24.05	3.36	3.41	3.61
20	22.60	22.80	24.30	3.39	3.42	3.65
21	23.25	23.50	26.25	3.49	3.53	3.94
22	23.30	26.95	26.40	3.50	4.04	3.96
23	25.35	27.90	28.20	3.80	4.19	4.23
24	26.35	34.55	28.80	3.95	5.18	4.32
25	35.50	34.65	32.50	5.33	5.20	4.88
ค่าเฉลี่ย	20.00	20.58	20.38	3.00	3.09	3.06

4.4.2 ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งเพศหญิง

เมื่อทำการเปรียบเทียบขีดความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงกับเพศชาย พบว่าผู้ถูกทดสอบเพศหญิงมีขีดความสามารถในการออกแรงสถิติต่ำกว่าเพศชาย ดังนั้นการออกแรงในบางลักษณะท่าทางจะทำให้เกินขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานเพศหญิง

จากตารางที่ 4.17 เป็นการแสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติ เมื่อเปรียบเทียบที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบโดยที่ผู้ถูกทดสอบสวมรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงขณะทำการออกแรงดึงกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ พบว่ามีผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 5 คน จากทั้งหมด 25 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงาน โดยทั่วไปแล้วพนักงานไม่ควรออกแรงเกินค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน (Konz, 1995) ส่วนกรณีสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะทำการออกแรงดึง หลังจากเปรียบเทียบที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบ มีผู้ถูกทดสอบจำนวน 2 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ในขณะที่การสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะออกแรงดึงมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 1 คน ที่มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม

ผลจากการเปรียบเทียบค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดในท่ายืนปกติกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ พบว่าผู้ถูกทดสอบจำนวน 21 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในปฏิบัติงานจริงออกแรง และมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 17 และ 16 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและเพิ่มหมอนรองสันเท้า ตามลำดับ จากการสังเกตค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง พบว่าสามารถออกแรงได้น้อยกว่าผู้ถูกทดสอบเพศชาย เนื่องจากมีขนาดสัดส่วนร่างกายที่เล็กและมีน้ำหนักน้อย นอกจากนี้ผู้ถูกทดสอบเพศหญิงส่วนใหญ่มีอาการไม่สบายบริเวณขาและเท้า จึงทำให้สามารถออกแรงปฏิบัติงานได้น้อย

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในทำขึ้นปกติที่ 15%

ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	4.35	4.75	5.40	0.65	0.71	0.81
2	4.75	5.50	5.65	0.71	0.83	0.85
3	5.10	5.70	6.20	0.77	0.86	0.93
4	5.45	6.05	6.30	0.82	0.91	0.95
5	5.60	6.15	6.40	0.84	0.92	0.96
6	5.70	6.45	6.45	0.86	0.97	0.97
7	5.85	6.45	6.80	0.88	0.97	1.02
8	6.15	6.50	6.80	0.92	0.98	1.02
9	6.30	6.60	7.60	0.95	0.99	1.14
10	6.85	7.05	8.10	1.03	1.06	1.22
11	6.95	7.30	8.80	1.04	1.10	1.32
12	7.10	7.40	8.95	1.07	1.11	1.34
13	7.60	7.60	9.00	1.14	1.14	1.35
14	8.80	7.70	9.20	1.32	1.16	1.38
15	9.20	7.95	9.40	1.38	1.19	1.41
16	9.25	10.05	9.80	1.39	1.51	1.47
17	9.30	10.15	10.80	1.40	1.52	1.62
18	9.50	10.65	10.90	1.43	1.60	1.64
19	9.70	10.70	11.20	1.46	1.61	1.68
20	9.75	11.45	11.25	1.46	1.72	1.69
21	9.75	11.80	11.30	1.46	1.77	1.70
22	10.65	12.50	11.70	1.60	1.88	1.76
23	11.05	12.70	11.90	1.66	1.91	1.79
24	11.10	13.15	13.05	1.67	1.97	1.96
25	11.40	14.40	16.25	1.71	2.16	2.44
ค่าเฉลี่ย	7.89	8.67	9.17	1.18	1.30	1.38

จากผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงดังตารางที่ 4.18 เมื่อเปรียบเทียบ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม พบว่าผู้ถูกทดสอบเพศหญิงทุกคนสามารถปฏิบัติงานได้เนื่องจากภาระงานไม่เกินกำลัง ผลที่ได้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง โดยที่ขณะทำการออกแรงดึงรถเข็นพนักงานขนส่งจะต้องใช้ท่ายืนเท้าเอียงขณะออกแรง ซึ่งไม่สามารถที่จะใช้ท่ายืนปกติในการออกแรงดึงได้เนื่องจากจะทำให้เกิดการหงายหลังและประสบอันตรายจากการปฏิบัติงานได้ จากการพิจารณาภาระงานของผู้ถูกทดสอบคนที่สามารถออกแรงดึงท่ายืนเท้าเอียงได้ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบที่ออกแรงได้ต่ำสุดโดยใช้รองเท้าชนิดต่าง ๆ เท่ากับ 1.04 1.05 และ 1.18 กิโลกรัม ตามลำดับ หลังจากเทียบกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าภาระงานมีความสอดคล้องกับความสามารถในการปฏิบัติงานของตัวพนักงาน แต่ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม พบว่าผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 4 คน จากทั้งหมด 25 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง และมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 7 คน และ 5 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียงต่ำกว่าความหนักของภาระงานขนส่งในขณะสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและเพิ่มหมอนรองสันเท้าตามลำดับ

จากการสังเกตผู้ถูกทดสอบเพศหญิงที่สามารถออกแรงได้สูงสุด พบว่าเป็นผู้ที่มรูปร่างใหญ่ โดยมีอายุ 26 ปี น้ำหนัก 77 กิโลกรัม และส่วนสูง 160 เซนติเมตร เป็นผู้ที่มสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคประจำตัวและไม่เคยประสบอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน ทำให้สามารถปฏิบัติงานได้โดยที่ภาระงานไม่เกินกำลังของพนักงาน

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดึงในทำขึ้นเท้าเชือกที่ 15%

ของแรงดึงสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	6.90	7.00	7.85	1.04	1.05	1.18
2	6.95	7.30	8.15	1.04	1.10	1.22
3	7.95	8.05	9.40	1.19	1.21	1.41
4	9.50	8.15	9.45	1.43	1.22	1.42
5	10.20	8.60	9.50	1.53	1.29	1.43
6	10.30	9.10	10.25	1.55	1.37	1.54
7	10.80	9.80	10.45	1.62	1.47	1.57
8	10.90	10.45	10.55	1.64	1.57	1.58
9	11.25	10.60	11.35	1.69	1.59	1.70
10	11.45	11.05	11.40	1.72	1.66	1.71
11	11.90	11.20	11.60	1.79	1.68	1.74
12	12.25	11.60	11.75	1.84	1.74	1.76
13	12.30	11.80	11.85	1.85	1.77	1.78
14	12.40	12.20	11.95	1.86	1.83	1.79
15	12.50	13.45	13.20	1.88	2.02	1.98
16	12.50	14.35	14.10	1.88	2.15	2.12
17	13.45	14.40	14.45	2.02	2.16	2.17
18	13.45	15.00	15.05	2.02	2.25	2.26
19	13.55	15.35	15.55	2.03	2.30	2.33
20	14.25	15.80	16.90	2.14	2.37	2.54
21	14.40	15.80	16.95	2.16	2.37	2.54
22	14.50	16.05	17.45	2.18	2.41	2.62
23	15.90	16.70	17.50	2.39	2.51	2.63
24	16.70	17.05	18.60	2.51	2.56	2.79
25	20.15	17.20	22.55	3.02	2.58	3.38
ค่าเฉลี่ย	12.26	12.32	13.11	1.84	1.85	1.97

ผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นปกติและทำขึ้นเท้าเอียงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงแสดงดังตารางที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ ตารางที่ 4.19 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบโดยที่ผู้ถูกทดสอบสวมรองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงขณะทำการออกแรงดันกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม พบว่าผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 5 คน มีความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงาน กรณีสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะทำการออกแรงดัน หลังจากเปรียบเทียบกับ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบ มีผู้ถูกทดสอบจำนวน 3 คน มีความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นปกติโดยสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบต่ำกว่าค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ส่วนการสวมรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะออกแรงดันมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 2 คน มีความสามารถในการออกแรงดันทำขึ้นปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงานขนส่งเมื่อเปรียบเทียบกับ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดในทำขึ้นปกติกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 กิโลกรัม ที่เกิดขึ้นในขณะที่ที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ พบว่ามีผู้ถูกทดสอบจำนวน 19 และ 18 คน ที่มีค่าความสามารถในการออกแรงดันโดยใช้รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริงรองเท้าที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและรองเท้าที่มีการเพิ่มหมอนรองสันเท้าในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงาน

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในทำขึ้นเท้าเอียงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง เมื่อเปรียบเทียบกับ 15 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบกับค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม พบว่ามีทิศทางในลักษณะเช่นเดียวกับการออกแรงดึงในทำขึ้นเท้าเอียงที่ผู้ถูกทดสอบเพศหญิงทุกคนสามารถปฏิบัติงานได้เนื่องจากภาระงานไม่เกินกำลัง จากการพิจารณาภาระงานของผู้ถูกทดสอบคนที่สามารถออกแรงดันทำขึ้นเท้าเอียงได้ดีที่สุด จะได้ว่าค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบที่ออกแรงได้ดีที่สุดโดยใช้รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองสันเท้า เท่ากับ 0.89 1.10 และ 1.08 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งภาระงานดังกล่าวมีความสอดคล้องกับความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งเพศหญิงในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากการเปรียบเทียบกับ 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดในทำขึ้นเท้าเอียงกับค่าแรงเสียดทาน 1.53 พบว่าผู้ถูกทดสอบจำนวน 2 คน มีความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงออกแรง และมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 3 และ 4 คน มีความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในขณะที่สวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและเพิ่มหมอนรองสันเท้า ตามลำดับ

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติที่ 15%

ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	5.10	4.70	4.00	0.77	0.71	0.60
2	5.30	5.00	4.05	0.80	0.75	0.61
3	5.30	5.40	5.70	0.80	0.81	0.86
4	5.50	5.95	5.75	0.83	0.89	0.86
5	5.50	6.35	6.00	0.83	0.95	0.90
6	5.80	6.50	6.10	0.87	0.98	0.92
7	5.80	6.75	6.20	0.87	1.01	0.93
8	5.95	7.05	6.55	0.89	1.06	0.98
9	5.95	7.70	6.95	0.89	1.16	1.04
10	6.35	8.20	7.00	0.95	1.23	1.05
11	7.00	8.25	8.55	1.05	1.24	1.28
12	7.25	8.25	8.90	1.09	1.24	1.34
13	7.35	8.85	8.95	1.10	1.33	1.34
14	7.75	8.90	8.95	1.16	1.34	1.34
15	8.15	8.95	9.60	1.22	1.34	1.44
16	8.55	9.40	10.45	1.28	1.41	1.57
17	9.15	9.95	10.50	1.37	1.49	1.58
18	9.20	10.00	10.50	1.38	1.50	1.58
19	9.85	10.45	10.50	1.48	1.57	1.58
20	10.50	10.65	10.70	1.58	1.60	1.61
21	10.55	11.05	11.40	1.58	1.66	1.71
22	10.60	11.35	11.55	1.59	1.70	1.73
23	10.90	11.40	12.10	1.64	1.71	1.82
24	11.55	12.30	12.15	1.73	1.85	1.82
25	11.75	14.30	12.50	1.76	2.15	1.88
ค่าเฉลี่ย	7.87	8.71	8.62	1.18	1.31	1.29

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการคำนวณค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเอียงที่ 15%
ของแรงดันสูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุด ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง			15% ของค่าความสามารถในการออกแรง สูงสุดของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง		
	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า	รองเท้าปกติ ที่สวมใส่ ปฏิบัติงานจริง	รองเท้าปกติ เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิด เรียบ	รองเท้าปกติ เพิ่มหมอนรอง ส้นเท้า
(N=25)						
1	6.55	7.30	7.20	0.98	1.10	1.08
2	9.50	7.70	7.70	1.43	1.16	1.16
3	10.25	9.55	8.55	1.54	1.43	1.28
4	10.55	10.30	9.25	1.58	1.55	1.39
5	10.90	11.65	10.40	1.64	1.75	1.56
6	10.90	11.95	11.65	1.64	1.79	1.75
7	11.25	12.20	11.85	1.69	1.83	1.78
8	11.35	12.40	12.20	1.70	1.86	1.83
9	11.40	13.00	13.40	1.71	1.95	2.01
10	11.95	13.35	13.85	1.79	2.00	2.08
11	12.20	13.75	13.85	1.83	2.06	2.08
12	12.20	14.40	14.00	1.83	2.16	2.10
13	13.55	15.35	14.35	2.03	2.30	2.15
14	13.85	15.65	14.55	2.08	2.35	2.18
15	14.15	16.00	15.05	2.12	2.40	2.26
16	15.00	16.15	15.15	2.25	2.42	2.27
17	15.00	16.15	15.30	2.25	2.42	2.30
18	15.25	17.30	15.65	2.29	2.60	2.35
19	15.35	17.80	16.00	2.30	2.67	2.40
20	15.40	17.85	17.30	2.31	2.68	2.60
21	16.55	18.25	17.55	2.48	2.74	2.63
22	17.20	19.00	18.00	2.58	2.85	2.70
23	17.60	19.65	19.70	2.64	2.95	2.96
24	17.95	19.95	21.05	2.69	2.99	3.16
25	27.50	24.75	25.85	4.13	3.71	3.88
ค่าเฉลี่ย	13.73	14.86	14.38	2.06	2.23	2.16

4.5 ความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า

ผลของการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า โดยใช้ผู้ถูกทดสอบซึ่งเป็นพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง จำนวน 50 คน

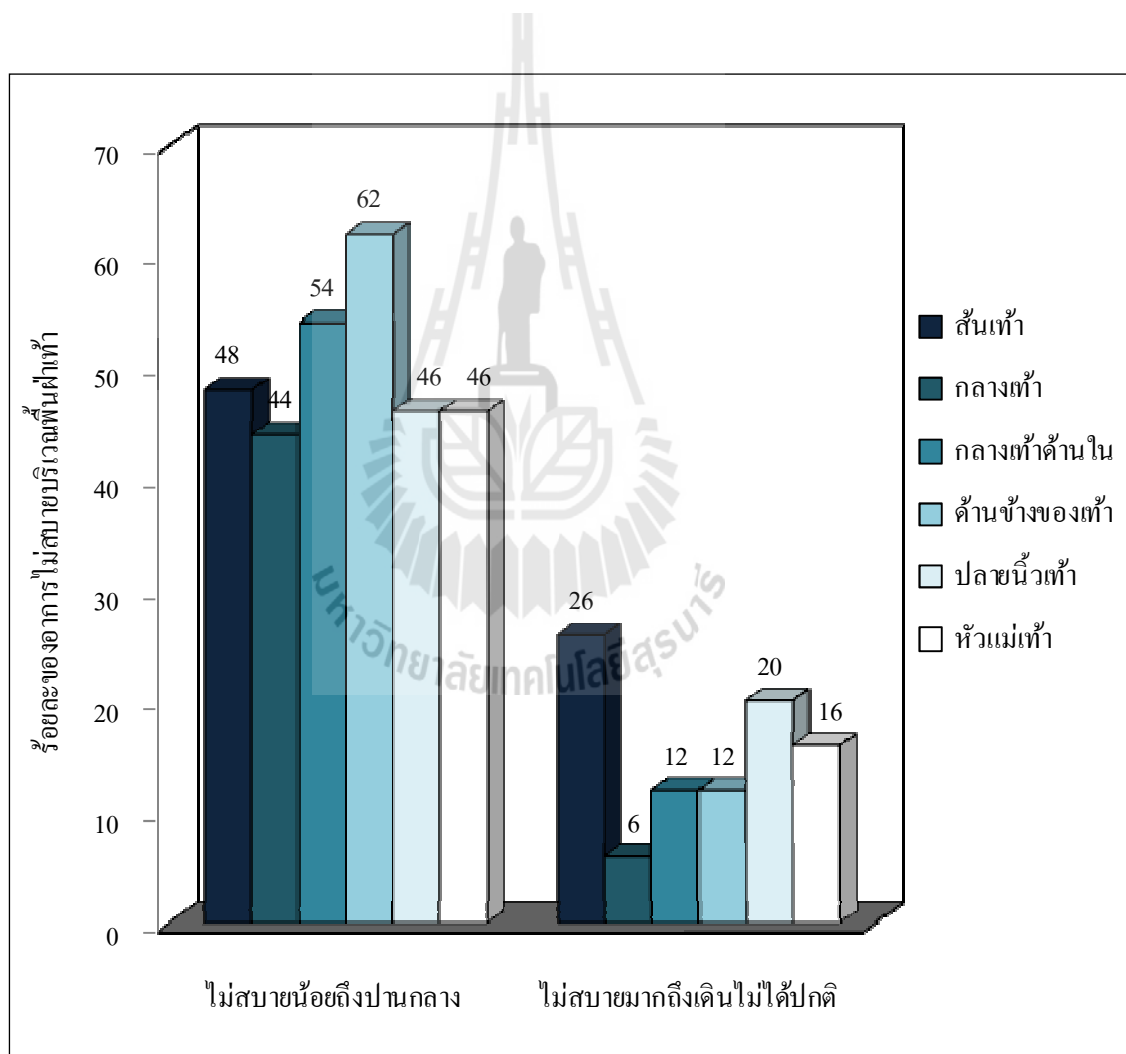
4.5.1 ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าของผู้ถูกทดสอบที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

ตารางที่ 4.21 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	ร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า					รวม
	อาการปกติ	ไม่สบายน้อย	ไม่สบายปานกลาง	ไม่สบายมาก	เดินไม่ได้ตามปกติ	
1) ส้นเท้า (Heel)	26.00	26.00	22.00	24.00	2.00	100.00
2) กลางเท้า (Midfoot)	50.00	22.00	22.00	6.00	0.00	100.00
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)	34.00	34.00	20.00	10.00	2.00	100.00
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)	26.00	38.00	24.00	10.00	2.00	100.00
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)	34.00	26.00	20.00	16.00	4.00	100.00
6) หัวแม่เท้า (Hallux)	38.00	26.00	20.00	14.00	2.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	34.67	28.67	21.33	13.33	2.00	100.00

ตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.7 แสดงอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยแบ่งร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าเป็น 2 ส่วนคือ (1) ร้อยละของอาการไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลาง (2) ร้อยละของอาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติ จากนั้นทำการเปรียบเทียบร้อยละของอาการไม่สบายทั้ง 2 ส่วนกับพื้นที่ต่าง ๆ บนพื้นฝ่าเท้าทั้ง 6 ส่วน พบว่าผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่มีระดับอาการไม่สบายอยู่ที่ระดับไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลาง โดยพื้นที่ส่วนด้านข้างของเท้ามีระดับคะแนนสูงสุดคือ 62 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือพื้นที่ส่วนกลางเท้าด้านในและส้นเท้ามีระดับคะแนน 54 และ 48 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ พื้นที่กลางเท้ามีระดับคะแนนต่ำสุดคือ 44 เปอร์เซนต์ ส่วนร้อยละของ

อาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติ พื้นที่ส่วนสันเท้ามีระดับคะแนนสูงสุดคือ 26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่กลางเท้ามีระดับคะแนนต่ำสุดคือ 6 เปอร์เซ็นต์ จากการสังเกตพบว่าการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริงของผู้ถูกทดสอบมีอาการไม่สบายมากบริเวณสันเท้า ปลายนิ้วเท้าและหัวแม่เท้า เนื่องจากขณะที่พนักงานขนส่งทำการเข็นรถเข็นประเภท 4 ล้อ จะมีการออกแรงในลักษณะดึงและดัน ซึ่งการออกแรงดึงจะส่งผลต่ออาการไม่สบายบริเวณสันเท้าเนื่องจากแรงกดที่ส่งถ่ายมายังสันเท้า ส่วนการออกแรงดันจะเกิดอาการไม่สบายบริเวณปลายนิ้วเท้าและหัวแม่เท้า เพราะระหว่างการออกแรงแรงจะถูกส่งถ่ายมาด้านหน้าของเท้า ดังนั้นพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวจึงมีอาการไม่สบายเพราะการสัมผัสระหว่างฝ่าเท้าและรองเท้ามากในขณะที่เดินเข็นรถเข็น



รูปที่ 4.7 แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

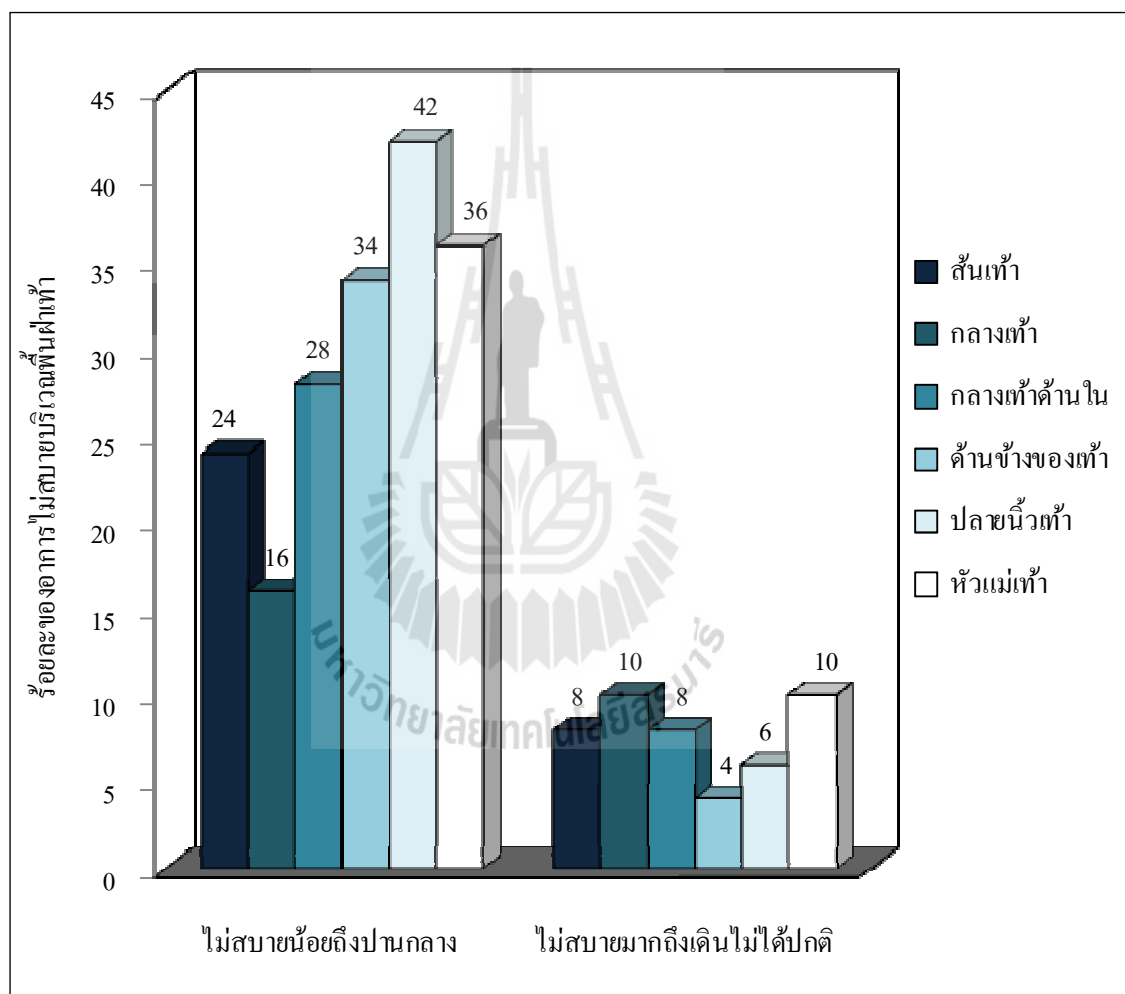
4.5.2 ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าของผู้ถูกทดสอบ ที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ

ตารางที่ 4.22 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	ร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า					รวม
	อาการปกติ	ไม่สบายน้อย	ไม่สบายปานกลาง	ไม่สบายมาก	เดินไม่ได้ตามปกติ	
1) ส้นเท้า (Heel)	68.00	20.00	4.00	6.00	2.00	100.00
2) กลางเท้า (Midfoot)	74.00	12.00	4.00	8.00	2.00	100.00
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)	64.00	20.00	8.00	8.00	0.00	100.00
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)	62.00	16.00	18.00	4.00	0.00	100.00
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)	52.00	24.00	18.00	6.00	0.00	100.00
6) หัวแม่เท้า (Hallux)	54.00	24.00	12.00	8.00	2.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	62.33	19.33	10.67	6.67	1.00	100.00

จากผลระดับอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบแสดงดังตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.8 นำค่าร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่ระดับอาการไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลาง และที่ระดับอาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติมาเปรียบเทียบกับพื้นที่ต่าง ๆ บนพื้นฝ่าเท้าทั้ง 6 ส่วน พบว่าร้อยละของอาการไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลางพื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้ามีระดับคะแนนสูงสุดคือ 42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พื้นที่ส่วนหัวแม่เท้า 36 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนด้านข้างของเท้า 34 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนกลางเท้าด้านใน 28 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ส่วนส้นเท้า 24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่กลางเท้ามีระดับคะแนนต่ำสุดคือ 16 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากพื้นที่ส่วนกลางเท้ามีการสัมผัสในระหว่างเดินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้า หัวแม่เท้า และส้นเท้า จึงมีระดับอาการไม่สบายน้อยกว่าส่วนอื่น ๆ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ในการปฏิบัติงานจริง กรณีร้อยละของอาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติ พื้นที่ส่วนกลางเท้าและหัวแม่เท้ามีระดับคะแนนสูงสุดคือ 10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพื้นที่ส้นเท้าและกลางเท้าด้านในมีระดับคะแนน 8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านข้างของเท้ามีระดับคะแนนต่ำสุด

จากการสังเกตพบว่าการใช้แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบควบคู่กับรองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ปฏิบัติงานจริง สามารถช่วยลดอาการไม่สบายที่เกิดกับพื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้า หัวแม่เท้า และสันเท้าลงได้ จากที่มีอาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติมาเป็นมีอาการไม่สบายน้อย จนถึงไม่สบายปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เสริมรองเท้าสามารถช่วยลดแรงกระแทก ในระหว่างการเดินปฏิบัติงาน และช่วยกระจายแรงบริเวณพื้นฝ่าเท้าเพื่อเป็นการลดอาการไม่สบาย ที่เกิดขึ้นกับส่วนหนึ่งส่วนใดของพื้นฝ่าเท้าของพนักงานขนส่งได้



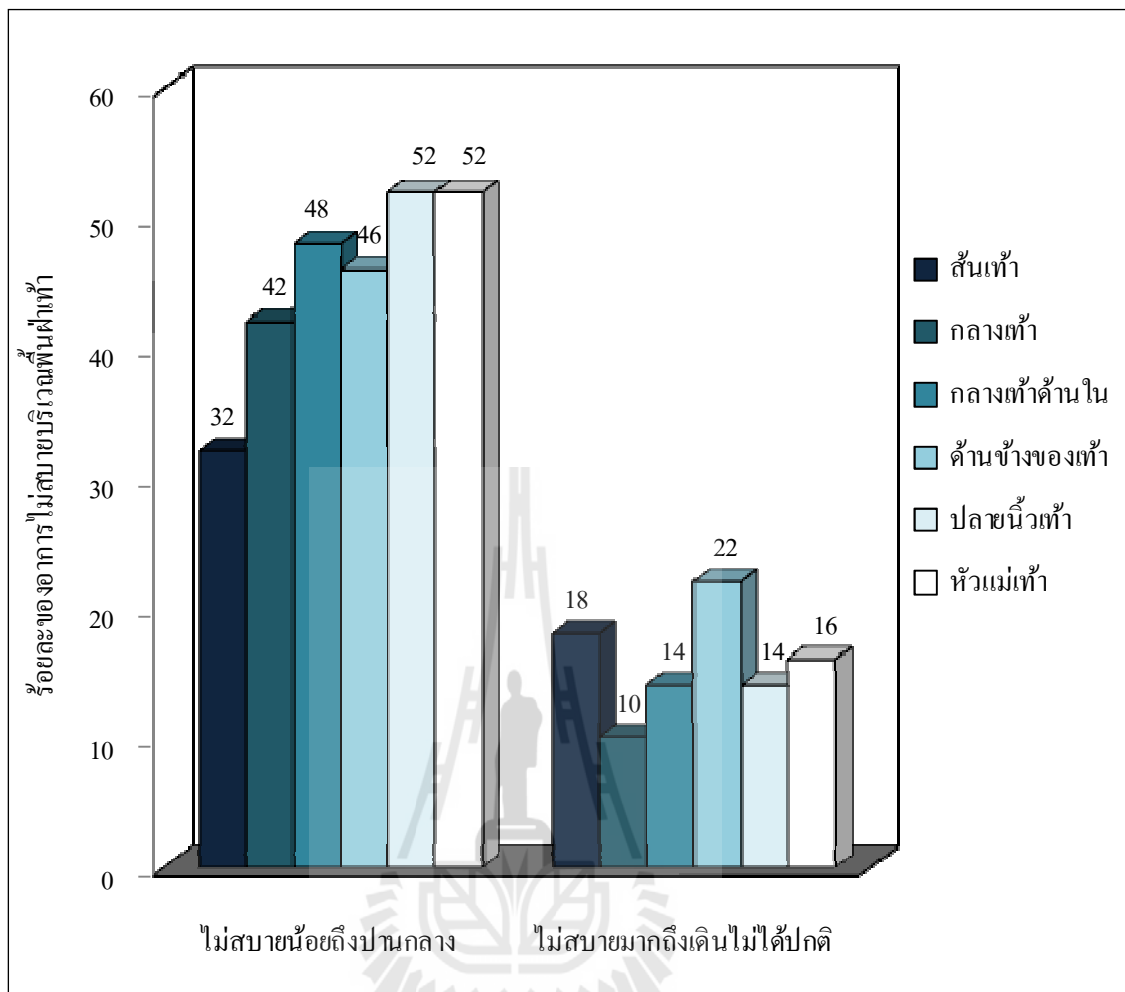
รูปที่ 4.8 แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่ รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ

4.5.3 ผลการตอบแบบสอบถามอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าของผู้ถูกทดสอบ ที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า

ตารางที่ 4.23 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้า
ปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	ร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้า					รวม
	อาการ ปกติ	ไม่สบาย น้อย	ไม่สบาย ปานกลาง	ไม่สบาย มาก	เดินไม่ได้ ตามปกติ	
1) ส้นเท้า (Heel)	50.00	14.00	18.00	16.00	2.00	100.00
2) กลางเท้า (Midfoot)	48.00	22.00	20.00	10.00	0.00	100.00
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)	38.00	30.00	18.00	12.00	2.00	100.00
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)	32.00	24.00	22.00	20.00	2.00	100.00
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)	34.00	30.00	22.00	14.00	0.00	100.00
6) หัวแม่เท้า (Hallux)	32.00	30.00	22.00	14.00	2.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	39.00	25.00	20.33	14.33	1.33	100.00

ร้อยละของอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่ม
หมอนรองส้นเท้าแสดงดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.9 ซึ่งพบว่าที่ร้อยละของอาการไม่สบายน้อย
ถึงไม่สบายปานกลาง พื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้าและหัวแม่เท้ามีระดับคะแนนสูงสุดคือ 52 เปอร์เซ็นต์
รองลงมาคือ พื้นที่ส่วนกลางเท้าด้านในมีระดับคะแนน 48 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนที่มีระดับคะแนน
ร้อยละของอาการไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลางต่ำสุดคือ พื้นที่ส่วนส้นเท้าโดยมีระดับคะแนน
อยู่ที่ 32 เปอร์เซ็นต์ จากการสังเกตเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทหมอนรองส้นเท้า
จะเห็นได้ว่าอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ส่วนส้นเท้าจากเดิมเป็นพื้นที่ที่มีอาการไม่สบายมากที่สุด
และอาการไม่สบายอยู่ในระดับที่ไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติ แต่ภายหลังจากมีการใช้หมอน
รองส้นเท้าควบคู่กับรองเท้าปกติทำให้ลดอาการไม่สบายบริเวณส้นเท้าลงมาอยู่ที่ระดับอาการไม่
สบายน้อยจนถึงไม่สบายปานกลาง อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่มีระดับคะแนนอาการไม่สบายต่ำสุดด้วย
ส่วนที่ร้อยละของอาการไม่สบายมากถึงเดินไม่ได้ตามปกติ พื้นที่ด้านข้างของเท้ามีระดับคะแนน
สูงสุด รองลงมาคือ พื้นที่ส่วนส้นเท้า หัวแม่เท้า ปลายนิ้วเท้าและกลางเท้าด้านใน และพื้นที่
ส่วนกลางเท้าเป็นส่วนมีระดับคะแนนต่ำสุด



รูปที่ 4.9 แสดงร้อยละของคะแนนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า

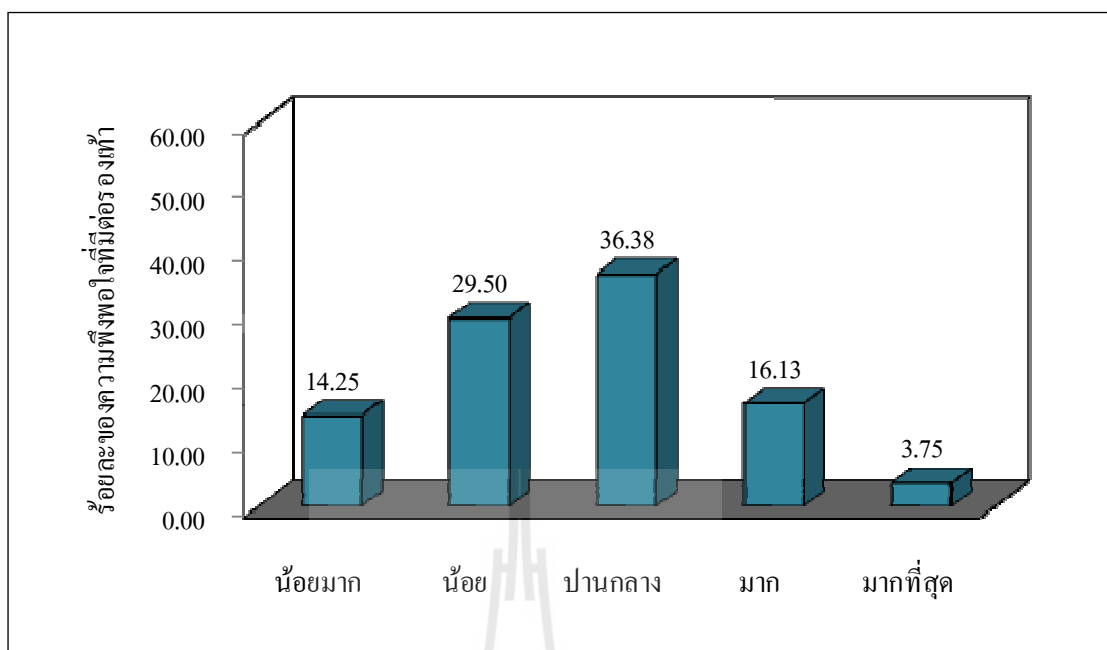
4.6 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมพื้นรองเท้า

ผลของการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าของผู้ทดสอบ ที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะใช้งานเป็นครั้งแรก และหลังจากการใช้อุปกรณ์เสริมควบคู่กับรองเท้าปกติผ่านไปเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

4.6.1 ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ

ตารางที่ 4.24 ผู้ทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละของความพึงพอใจ

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ร้อยละของความพึงพอใจ					
	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	รวม
1) สวมใส่พอดีกับเท้า	2.00	26.00	36.00	30.00	6.00	100.00
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า	16.00	36.00	38.00	8.00	2.00	100.00
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว	2.00	26.00	42.00	28.00	2.00	100.00
4) กันกระแทกบริเวณสันเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า	20.00	24.00	46.00	10.00	0.00	100.00
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณสันเท้า และฝ่าเท้า	22.00	46.00	24.00	8.00	0.00	100.00
6) ถ่ายน้ำหนักจากสันเท้าไปยังนิ้วเท้า ลดแรงที่ฝ่าเท้า	16.00	30.00	46.00	6.00	2.00	100.00
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป	12.00	30.00	38.00	18.00	2.00	100.00
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม	38.00	36.00	24.00	2.00	0.00	100.00
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่	18.00	40.00	38.00	4.00	0.00	100.00
10) สันรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม	22.00	38.00	36.00	4.00	0.00	100.00
11) ส่วนบริเวณสันเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน	10.00	28.00	36.00	20.00	6.00	100.00
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน	12.00	20.00	44.00	20.00	4.00	100.00
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน	4.00	24.00	30.00	32.00	10.00	100.00
14) กระชับขณะเดิน	2.00	30.00	44.00	20.00	4.00	100.00
15) น้ำหนักเบา	0.00	20.00	36.00	28.00	16.00	100.00
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่	32.00	18.00	24.00	20.00	6.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	14.25	29.50	36.38	16.13	3.75	100.00



รูปที่ 4.10 แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ

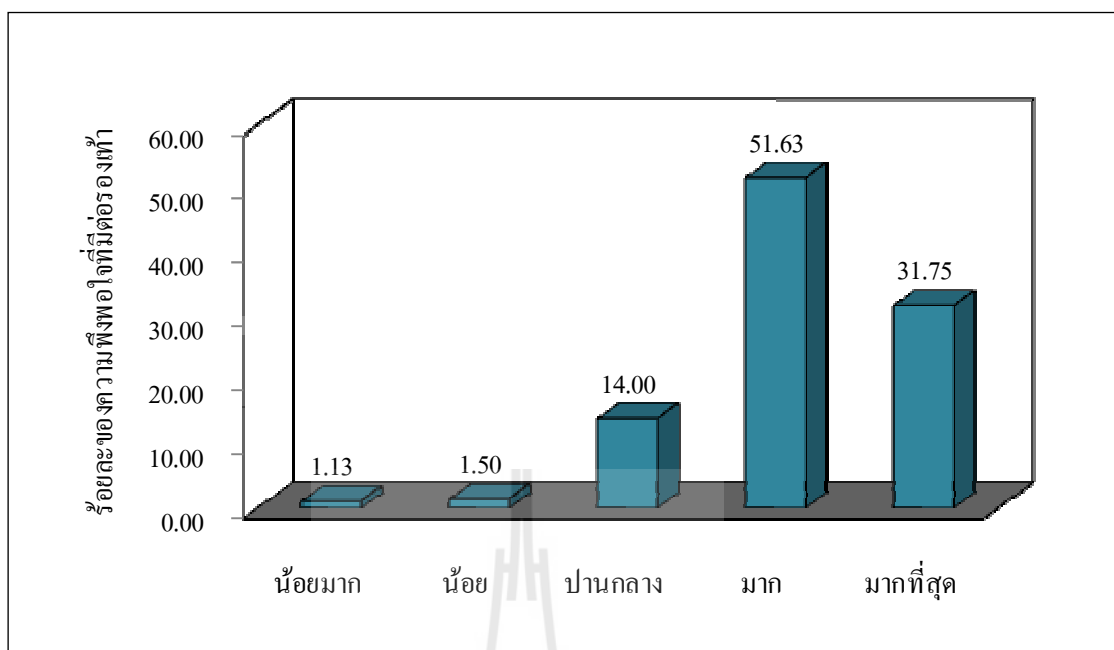
จากตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.10 แสดงระดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติตั้งแต่ระดับความพึงพอใจน้อยมากจนถึงพึงพอใจมากที่สุดต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของรองเท้า ได้แก่ สวมใส่พอดีกับเท้า รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า มีพื้นที่ใ้ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ ทุกนิ้ว กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่ ส้นรองเท้าด้านในกว้าง และนุ่ม ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน กระชับขณะเดิน น้ำหนักเบา และระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่ ตามลำดับ ผู้ถูกทดสอบมีระดับความพึงพอใจต่อรองเท้าปกติในระดับปานกลาง โดยมีระดับคะแนน 36.38 เปอร์เซนต์ จากการสังเกตระดับความพึงใจเห็นได้ว่ามีระดับความพึงพอใจในระดับปานกลางก่อนไปทางระดับความพึงใจน้อยถึงน้อยมาก โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างระดับคะแนนน้อย ซึ่งระดับคะแนนความพึงใจน้อยและระดับคะแนนความพึงใจน้อยมากมีค่าเท่ากับ 29.50 และ 14.25 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

4.6.2 ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก

ผู้ถูกทดสอบมีความพึงพอใจจากการทดลองใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบควบคู่กับรองเท้าปกติขณะสวมใส่ครั้งแรกมากถึงมากที่สุดที่ระดับคะแนน 51.63 และ 31.75 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในคุณลักษณะเกี่ยวกับ สวมใส่พอดีกับเท้า กระชับขณะเดิน และช่วยให้พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม โดยมีเพียง 1.50 และ 1.13 เปอร์เซนต์ที่มีความพึงพอใจน้อยและน้อยมาก ดังตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.25 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ร้อยละของความพึงพอใจ					
	น้อย มาก	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	รวม
1) สวมใส่พอดีกับเท้า	2.00	0.00	12.00	60.00	26.00	100.00
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า	2.00	2.00	6.00	54.00	36.00	100.00
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว	0.00	2.00	22.00	54.00	22.00	100.00
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า	2.00	2.00	20.00	46.00	30.00	100.00
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า	2.00	0.00	16.00	48.00	34.00	100.00
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า ลดแรงที่ฝ่าเท้า	2.00	0.00	16.00	58.00	24.00	100.00
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป	0.00	2.00	18.00	56.00	24.00	100.00
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม	2.00	2.00	2.00	40.00	54.00	100.00
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่	2.00	2.00	8.00	46.00	42.00	100.00
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม	2.00	2.00	10.00	58.00	28.00	100.00
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน	0.00	0.00	20.00	48.00	32.00	100.00
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	4.00	10.00	54.00	32.00	100.00
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	2.00	22.00	48.00	28.00	100.00
14) กระชับขณะเดิน	0.00	0.00	8.00	60.00	32.00	100.00
15) น้ำหนักเบา	2.00	0.00	6.00	48.00	44.00	100.00
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่	0.00	4.00	28.00	48.00	20.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	1.13	1.50	14.00	51.63	31.75	100.00



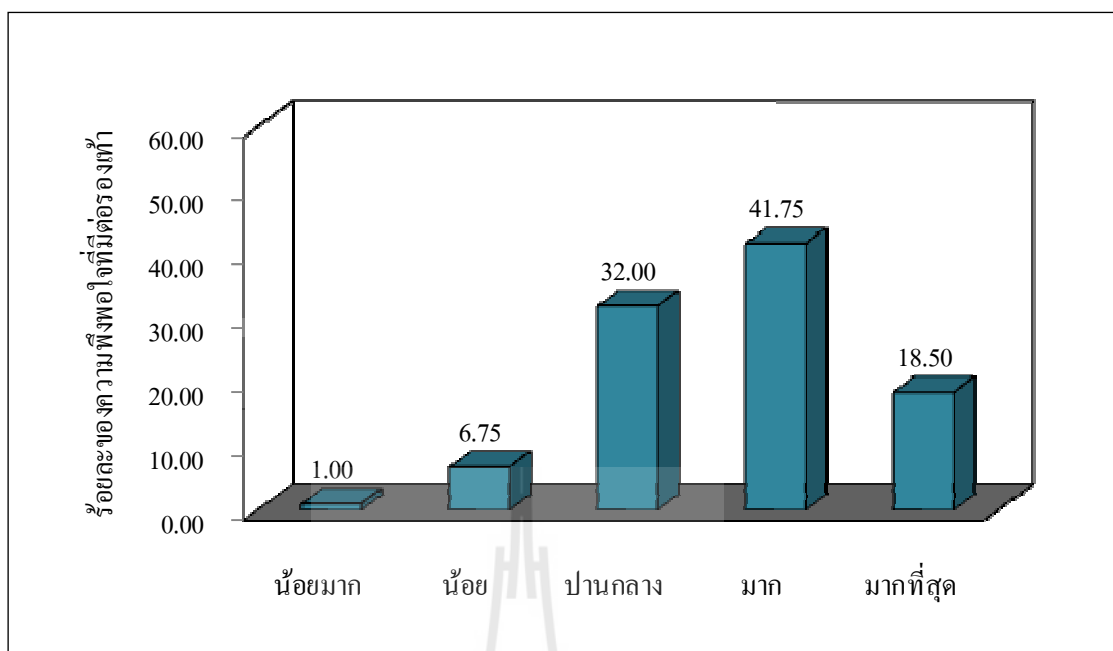
รูปที่ 4.11 แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบขณะใช้งานครั้งแรก

4.6.3 ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะใช้งานครั้งแรก

ตารางที่ 4.26 แสดงระดับความพึงพอใจจากการทดลองใช้หมอนรองสันเท้าควบคู่กับรองเท้าปกติขณะใช้งานครั้งแรก ซึ่งรูปที่ 4.12 เปรียบเทียบร้อยละของระดับคะแนนความพึงพอใจ พบว่าผู้ถูกทดสอบมีความพึงพอใจต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าจากระดับความพึงพอใจมากก่อนลงมาระดับปานกลางที่ระดับคะแนน 41.75 และ 32.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในคุณลักษณะเกี่ยวกับ น้ำหนักเบา ส้นรองเท้ากว้างและนุ่ม และรู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า และมีเพียง 6.75 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่มีความพึงพอใจน้อยและน้อยมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า
ขณะใช้งานครั้งแรก โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ร้อยละของความพึงพอใจ					
	น้อย มาก	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	รวม
1) สวมใส่พอดีกับเท้า	2.00	10.00	36.00	42.00	10.00	100.00
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า	4.00	8.00	46.00	28.00	14.00	100.00
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว	0.00	2.00	42.00	36.00	20.00	100.00
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า	0.00	8.00	22.00	40.00	30.00	100.00
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า	4.00	8.00	26.00	46.00	16.00	100.00
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า ลดแรงที่ฝ่าเท้า	0.00	4.00	40.00	32.00	24.00	100.00
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป	0.00	8.00	38.00	34.00	20.00	100.00
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม	2.00	8.00	24.00	52.00	14.00	100.00
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่	2.00	12.00	28.00	36.00	22.00	100.00
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม	0.00	2.00	30.00	54.00	14.00	100.00
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน	0.00	12.00	24.00	46.00	18.00	100.00
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	6.00	30.00	44.00	20.00	100.00
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	2.00	38.00	42.00	18.00	100.00
14) กระชับขณะเดิน	2.00	12.00	22.00	44.00	20.00	100.00
15) น้ำหนักเบา	0.00	0.00	24.00	56.00	20.00	100.00
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่	0.00	6.00	42.00	36.00	16.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	1.00	6.75	32.00	41.75	18.50	100.00



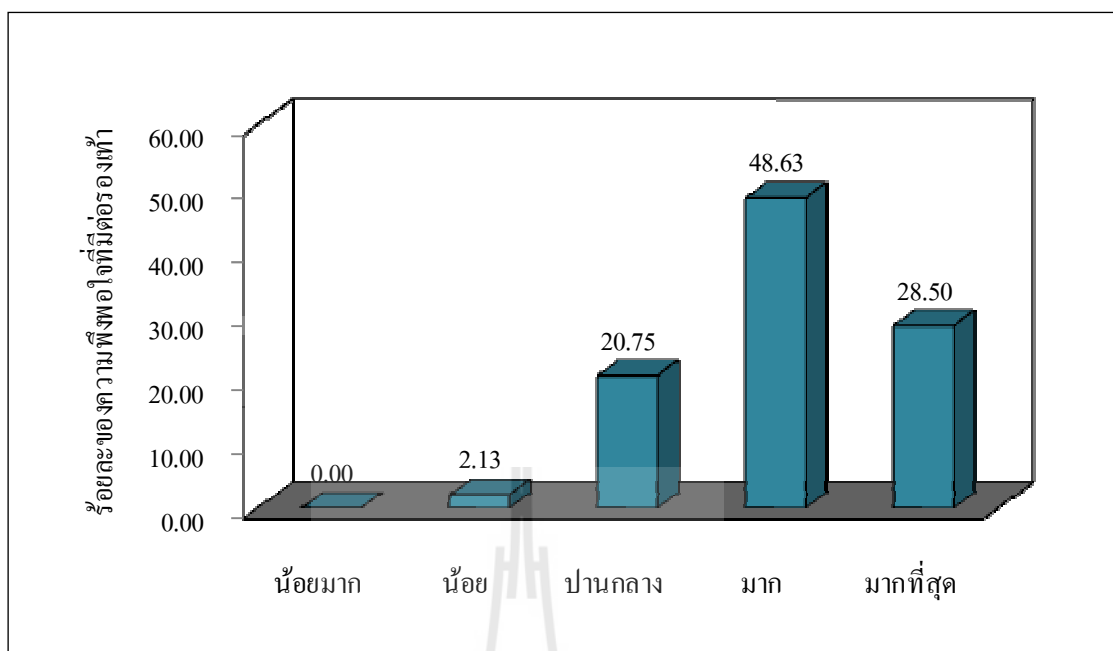
รูปที่ 4.12 แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า
ขณะใช้งานครั้งแรก

4.6.4 ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริม รองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งาน 1 สัปดาห์

ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบหลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.13 ตามลำดับ พบว่าผู้ถูกทดสอบมีระดับความพึงพอใจมากถึงมากที่สุดที่ระดับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 48.63 และ 28.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มีผู้ถูกทดสอบที่มีความพึงใจน้อยมากคือระดับความพึงใจน้อยมากเท่ากับ 0.00 เปอร์เซ็นต์ จากระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในระดับมากถึงมากที่สุด ส่วนใหญ่ผู้ถูกทดสอบพึงพอใจในคุณลักษณะเกี่ยวกับส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน กระชับขณะเดิน และพื้นรองเท้าด้านในนุ่ม จากการสังเกตลักษณะการปฏิบัติงานระหว่างการใส่แผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบควบคู่กับรองเท้าปกติ จะเห็นว่าพนักงานขนส่งรู้สึกสบายและลดอาการไม่สบายบริเวณฝ่าเท้าในระหว่างการเดินปฏิบัติงานขนส่ง

ตารางที่ 4.27 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ร้อยละของความพึงพอใจ					
	น้อย มาก	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	รวม
1) สวมใส่พอดีกับเท้า	0.00	2.00	22.00	54.00	22.00	100.00
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า	0.00	2.00	24.00	44.00	30.00	100.00
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว	0.00	4.00	22.00	44.00	30.00	100.00
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า	0.00	4.00	20.00	44.00	32.00	100.00
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า	0.00	4.00	12.00	50.00	34.00	100.00
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า ลดแรงที่ฝ่าเท้า	0.00	2.00	26.00	54.00	18.00	100.00
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป	0.00	2.00	24.00	52.00	22.00	100.00
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม	0.00	0.00	14.00	36.00	50.00	100.00
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่	0.00	2.00	22.00	40.00	36.00	100.00
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม	0.00	0.00	24.00	58.00	18.00	100.00
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน	0.00	4.00	20.00	52.00	24.00	100.00
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	0.00	18.00	56.00	26.00	100.00
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน	0.00	2.00	24.00	50.00	24.00	100.00
14) กระชับขณะเดิน	0.00	2.00	12.00	56.00	30.00	100.00
15) น้ำหนักเบา	0.00	2.00	12.00	52.00	34.00	100.00
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่	0.00	2.00	36.00	36.00	26.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	0.00	2.13	20.75	48.63	28.50	100.00



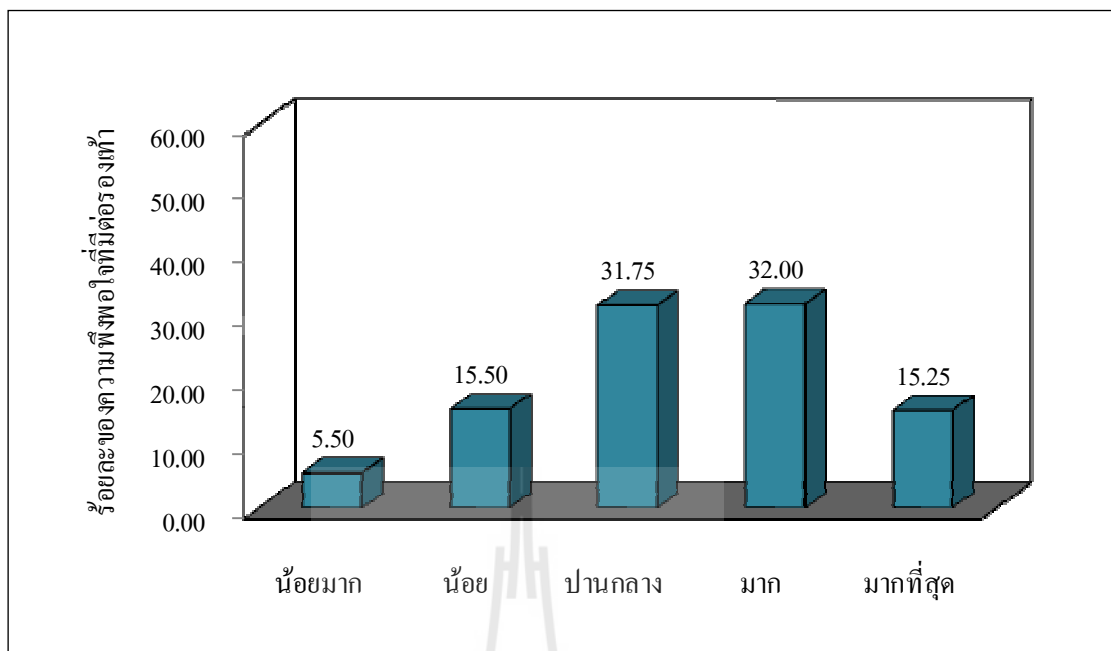
รูปที่ 4.13 แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบหลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์

4.6.5 ผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าหลังจากใช้งาน 1 สัปดาห์

ตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.14 แสดงผลการตอบแบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าหลังจากใช้งาน 1 สัปดาห์ พบว่าผู้ถูกทดสอบมีระดับความพึงพอใจในระดับมากและค่อนข้างมาทางระดับปานกลาง โดยผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจระดับมากเท่ากับ 32.00 เปอร์เซ็นต์ และความพึงพอใจระดับปานกลางเท่ากับ 31.75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ผู้ถูกทดสอบมีความพึงพอใจอุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทหมอนรองสันเท้าขณะใช้งานควบคู่กับรองเท้าปกติในคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน สวมใส่พอดีกับเท้า และช่วยให้กระชับเท้าขณะเดินปฏิบัติงาน

ตารางที่ 4.28 ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า
หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์ โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ร้อยละของความพึงพอใจ					
	น้อย มาก	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	รวม
1) สวมใส่พอดีกับเท้า	4.00	16.00	46.00	24.00	10.00	100.00
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า	10.00	18.00	38.00	28.00	6.00	100.00
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว	2.00	18.00	38.00	28.00	14.00	100.00
4) กันกระแทกบริเวณสันเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า	10.00	16.00	16.00	38.00	20.00	100.00
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณสันเท้า และฝ่าเท้า	12.00	14.00	22.00	32.00	20.00	100.00
6) ถ่ายน้ำหนักจากสันเท้าไปยังนิ้วเท้า ลดแรงที่ฝ่าเท้า	8.00	18.00	30.00	28.00	16.00	100.00
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป	2.00	20.00	38.00	30.00	10.00	100.00
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม	6.00	12.00	30.00	34.00	18.00	100.00
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่	6.00	20.00	28.00	32.00	14.00	100.00
10) สันรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม	4.00	22.00	30.00	32.00	12.00	100.00
11) ส่วนบริเวณสันเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน	4.00	16.00	38.00	28.00	14.00	100.00
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน	4.00	16.00	24.00	46.00	10.00	100.00
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน	6.00	12.00	24.00	48.00	10.00	100.00
14) กระชับขณะเดิน	6.00	12.00	40.00	22.00	20.00	100.00
15) น้ำหนักเบา	0.00	8.00	30.00	38.00	24.00	100.00
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่	4.00	10.00	36.00	24.00	26.00	100.00
ร้อยละของทั้งหมด	5.50	15.50	31.75	32.00	15.25	100.00



รูปที่ 4.14 แสดงร้อยละของคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์

4.7 การทดสอบสมมุติฐาน

4.7.1 การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าผลกระทบหลักและค่าผลร่วม

การทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อสำรวจผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main effects) และผลกระทบร่วมของปัจจัย (Interactions) หรืออันตรกิริยาระหว่างปัจจัยได้พร้อมกันในการทดลอง ทำให้สามารถทราบถึงรูปแบบและอิทธิพลของผลกระทบนั้นเพื่อจะได้แนวทางในการควบคุมให้ได้จุดที่เหมาะสม จากการทดลองสามารถจำลองด้วยแบบได้ดังนี้คือ

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (4.1)$$

โดยที่ y_{ijk} คือ ค่าตอบสนอง (Response) ของการทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ i ปัจจัย B ที่ระดับที่ j ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ k ; $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$; $k = 1, 2, \dots, n$

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม (Grand mean)

τ_i คือ ค่าผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับที่ i

β_j คือ ค่าผลกระทบของปัจจัย B ที่ระดับที่ j

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ ค่าอันตรกิริยาหรือผลกระทบร่วมของปัจจัย A ที่ระดับที่ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j

ε_{ijk} คือ ค่าผิดพลาดของการทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j โดยทำการทดลองซ้ำครั้งที่ k

ดังนั้นจึงมีข้อสมมติเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าผลกระทบหลักและค่าผลรวมดังนี้คือ

$$\sum_{i=1}^a \tau_i = 0 \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^a (\tau\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad (4.4)$$

ข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับค่าความผิดพลาดยังต้องมีการทดสอบ นั่นคือ การมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกันด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่คือ $\sigma^2 [\varepsilon \equiv NID(0, \sigma^2)]$ นอกจากนี้การคำนวณค่าผลกระทบหลักและค่าผลกระทบร่วมสองปัจจัยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนอง แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงอนุมานด้วยการทดสอบสมมุติฐานในวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถที่จะสร้างความน่าเชื่อถือและความมั่นใจให้แก่ผู้ทดลองมากกว่าการพิจารณาค่าผลกระทบหลัก ซึ่งการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่ต้องการทดสอบแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ การทดสอบปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2552)

รูปทั่วไปของสมมุติฐานที่ทดสอบสำหรับกรณีทดสอบปัจจัยหลักคือ

- H_0 : ปัจจัยหลักไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง ; $H_0 : \tau_i = 0 ; \forall_i$
- H_1 : ปัจจัยหลักมีผลต่อค่าตอบสนอง ; $H_1 : \tau_i \neq 0 ; \exists_i$

ส่วนกรณีทดสอบปัจจัยร่วมรูปทั่วไปของสมมุติฐานที่ทดสอบคือ

- H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง ; $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0 ; \forall_{ij}$
- H_1 : ปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าตอบสนอง ; $H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0 ; \exists_{ij}$

สำหรับการดำเนินการวิจัยนี้ ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีอิทธิพลมาจากปัจจัยต่าง ๆ คือ ทิศของการออกแรงสถิติและทำยื่น

ดังนั้นในการทดสอบสมมุติฐานมีตัวแปรอิสระคือ ทิศทางของการออกแรงสถิติและทำขึ้น ส่วนตัวแปรตามคือ ความสามารถในการออกแรงของพนักงานขนส่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$)

กรณีผลกระทบหลักเนื่องจากทิศของแรง

- H_0 : ทิศของการออกแรงดึงและแรงดันไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรง

- H_1 : ทิศของการออกแรงดึงและแรงดันมีผลต่อความสามารถในการออกแรง
- กรณีผลกระทบหลักเนื่องจากทำขึ้น

- H_0 : ทำขึ้นปกติและทำขึ้นทำเอียงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรง

- H_1 : ทำขึ้นปกติและทำขึ้นทำเอียงมีผลต่อความสามารถในการออกแรง
- กรณีผลกระทบร่วมระหว่างทิศของแรงและทำขึ้น

- H_0 : ทิศของแรงและทำขึ้นไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรง

- H_1 : ทิศของแรงและทำขึ้นมีผลต่อความสามารถในการออกแรง

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรง สถิติพบว่าค่าพี (P-value) ของผลกระทบหลักเนื่องจากทิศของแรง ผลกระทบหลักเนื่องจากทำขึ้น และผลกระทบร่วมระหว่างทิศของแรงและทำขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.0000 สรุปได้ว่าปฏิเสธ H_0 คือทิศของแรงและทำขึ้นมีผลต่อความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิต ฮาร์ดดิสก์ไทร์

4.7.2 การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ของฟรیدแมน (The Friedman F_r test for randomized block design)

เมื่อต้องการทดสอบความแตกต่างของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพียงลักษณะเดียวของทั้ง k ประชากร โดยที่ทั้ง k ประชากรไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติและสุ่มตัวอย่างแบบไม่เป็นอิสระกัน คือให้ตัวอย่างแต่ละชุดมีจำนวนหน่วยตัวอย่างเท่ากันคือ b หน่วย หรือ b บล็อก โดยให้ตัวอย่างแต่ละหน่วยในแต่ละบล็อกมีลักษณะอื่น ๆ ใกล้เคียงกัน นั่นคือกำจัดอิทธิพลอื่น ๆ ออกไป ยกเว้นสิ่งที่ต้องการวัด จึงเป็นการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในกลุ่ม ซึ่งมีเงื่อนไขคือ จะต้องสุ่มลักษณะของประชากรให้กับแต่ละบล็อกอย่างสุ่ม และจำนวนบล็อกต้องมากกว่า 5 บล็อก (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2551)

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมุติฐาน

- H_0 : ลักษณะที่สนใจศึกษาของทั้ง k ประชากรไม่แตกต่างกัน
- H_1 : ลักษณะที่สนใจศึกษาของทั้ง k ประชากรแตกต่างกันอย่างน้อย

2 ประชากร

ขั้นที่ 2 ให้ลำดับที่แกข้อมูลภายในแต่ละบล็อก นั่นคือในแต่ละบล็อกจะมีลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ k

ขั้นที่ 3 หาผลบวกของลำดับที่ของแต่ละระดับปัจจัย ให้ T_i คือผลบวกของลำดับที่ของระดับปัจจัย; $i = 1, 2, \dots, k$ ซึ่งสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$F_r = \frac{12}{bk(k+1)} \sum_{i=1}^k (T_i^2) - 3b(k+1) \quad (4.5)$$

จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ถ้า $F_r > \chi^2_{(k-1); 1-\alpha}$

จากงานวิจัยนี้ต้องการทดสอบรองเท้า 3 คุณลักษณะว่ามีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าหรือไม่ ได้แก่ รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า จึงทำการทดลองโดยใช้พนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นผู้ถูกทดสอบจำนวน 50 คน ให้แต่ละคนทดลองสวมใส่รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยการทดลองเป็นแบบสุ่มที่ผู้ถูกทดสอบไม่ทราบล่วงหน้าว่าต้องทดลองสวมใส่รองเท้าคุณลักษณะใดก่อนหรือหลัง หลังจากระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ผู้ถูกทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจต่อรองเท้าที่สวมใส่ โดยให้คะแนน 1 ถ้าพึงพอใจน้อยมาก 2 พึงพอใจน้อย 3 พึงพอใจปานกลาง 4 พึงพอใจมาก และ 5 พึงพอใจมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.29

สมมุติฐานที่ต้องการทดสอบ

- H_0 : การใช้รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะไม่มีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้า
- H_1 : การใช้รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะมีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้า

ในการทดสอบสมมุติฐานมีตัวแปรอิสระคือ รองเท้าปกติและรองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้า และตัวแปรตามคือ ความไม่สบายบริเวณเท้า

- $T_1 = 3+1+3+\dots+3 = 124$
- $T_2 = 4+4+5+\dots+5 = 206$
- $T_3 = 3+2+3+\dots+5 = 173$

$$F_r = \frac{12}{50(3)(3+1)} [124^2 + 206^2 + 173^2] - 3(50)(3+1) = 1154.82 \quad (4.6)$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $F_r > \chi^2_{(3-1);1-0.05}$ หรือ $F_r > 5.99$ ในที่นี้ F_r มีค่าเท่ากับ 1154.82 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือการใช้รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะมีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.29 ลำดับคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะ

ผู้ถูกทดสอบคนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	3	1	3	3	3	1	3	2	3	2
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	3	2	3	4	5	3	4	4	3	2
ผู้ถูกทดสอบคนที่	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	3	1	2	2	2	3	3	3	1	3
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	3	4	2	3	4	4	3	3	4	4
ผู้ถูกทดสอบคนที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	1	2	3	3	3	2	3	3	2	3
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	5	4	3	4	4	3	3	4	3	4
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	1	4	3	4	5	4	2	3	3	4
ผู้ถูกทดสอบคนที่	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	3	3	3	1	3	2	1	2	5	2
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	5	4	5	4	4	4	5	3	5	3
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	5	4	4	4	5	2	3	3	5	3
ผู้ถูกทดสอบคนที่	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1) รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง	3	2	3	1	3	3	4	2	3	3
2) รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ	3	5	4	4	5	4	4	4	4	5
3) รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า	3	2	4	3	3	4	4	3	4	5

4.8 สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท่าที่สวมใส่ขณะออกกำลังกาย

ข้อสมมุติที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบการถดถอยเชิงเส้นคือ

ε_i	มีการแจกแจงแบบปกติ
$E(\varepsilon_i) = 0$	ค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดเท่ากับศูนย์
$V(\varepsilon_i) = \sigma^2$	ความแปรปรวนคงที่
$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$	ค่าผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

ในการทดสอบข้อสมมุติเบื้องต้นใช้หลักการเกี่ยวกับการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยพิจารณาให้กราฟความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลองมีการกระจายรอบศูนย์อย่างสมดุลและความกว้างของแถบคงที่ โดยกราฟมีการกระจายเป็นแบบสุ่มแสดงถึงความ เป็นอิสระต่อกันของค่าความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากตัวแปรอิสระไม่มีรูปแบบที่ชัดเจนแสดงว่าสมการถดถอยที่ใช้มีรูปแบบที่เหมาะสม (กราฟแสดงในภาคผนวก ข.)

ผลของการวิเคราะห์การถดถอยเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.30 ซึ่งสามารถทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับสมการตามลำดับต่อไปนี้

1) H_0 : สมการถดถอยไม่สามารถสร้างได้

H_1 : สมการถดถอยสามารถสร้างได้

ค่าพีเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ สมการถดถอยสามารถสร้างได้ โดยที่เพศ รองเท้า และทำยีนของผู้ถูกทดสอบสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการออกกำลังกายได้ดี

2) H_0 : สมการเหมาะสมแล้ว

H_1 : สมการขาดความเหมาะสม

ค่าพีเท่ากับ 0.630 สรุปได้ว่าไม่ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ สมการถดถอยมีความเหมาะสมแล้ว ซึ่งเพศ รองเท้า และทำยีนสามารถอธิบายความคลาดเคลื่อนของความสามารถในการออกกำลังกายได้ดี 54.60 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ โดยมีข้อกำหนดว่าตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะทำให้สัมประสิทธิ์ความถดถอยไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น การที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันจะทำให้เกิดปัญหาที่เรียกว่าภาวะร่วมเส้นตรง (Collinearity) โดยสามารถพิจารณาได้จากค่า Variance inflation factor (VIF) การวิเคราะห์ภาวะร่วมเส้นตรงสามารถทำได้ดังนี้คือ (1) ถ้า VIF มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่า

ตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (2) ถ้า VIF มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน และ (3) ถ้า VIF มีค่าระหว่าง 5 ถึง 10 แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย จากผลการวิเคราะห์การถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรงดังแสดงในตารางที่ 4.30 พบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า VIF เท่า 1 แสดงว่า เพศ รองเท้าและท่ายืนไม่เป็นภาวะร่วมเส้นตรง ดังนั้นสมการถดถอยมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรงจากผู้ถูกทดสอบจำนวน 40 คน

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adj SS)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Adj MS)	ค่าเอฟ (F)	ค่าพี (P-value)
การถดถอย	3	101.001	33.667	393.75	0.000
ค่าคลาดเคลื่อนของการถดถอย	976	83.451	0.086		
การขาดความเหมาะสมของสมการ	8	0.527	0.066	0.77	0.630
ค่าผิดพลาดจริง	968	82.923	0.086		
ผลรวม	979	184.451			
ค่าความสามารถในการออกแรง = 2.4649 - 0.4405 เพศ + 0.0330 รองเท้า + 0.4555 ท่ายืน					
ค่าประมาณการ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอย (Coef)	SE ของค่าสัมประสิทธิ์ (SE Coef)	ค่าที (T)	ค่าพี (P-value)	Variance inflation factor
ค่าคงที่	2.4649	0.0470	52.45	0.000	
เพศ	-0.4405	0.0187	-23.57	0.000	1.0
รองเท้า	0.0330	0.0114	2.90	0.004	1.0
ท่ายืน	0.4555	0.0187	24.37	0.000	1.0
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R-Sq) = 54.8% เปอร์เซ็นต์ และ (Adj R-Sq) = 54.6% เปอร์เซ็นต์					

เพื่อทดสอบความแม่นยำของการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติจากสมการถดถอย จึงสุ่มค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบจำนวน 40 คน มาใช้ในการสร้างสมการถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรงดังตารางที่

4.30 สมการที่ได้คือ ค่าความสามารถในการออกแรง = $2.4649 - 0.4405\text{เพศ} + 0.0330\text{รองเท้า} + 0.4555\text{ทำยีน}$ จากนั้นนำค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบอีก 10 คน มาเปรียบเทียบกับค่าประมาณที่ได้จากสมการถดถอย พบว่าค่าประมาณของความสามารถในการออกแรงสถิติจากสมการค่าความสามารถในการออกแรง มีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงสถิติที่แปลงเป็นลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมการค่าความสามารถในการออกแรงสามารถใช้ในการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงได้ (แสดงการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงภาคผนวก ข.)

ในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองที่ใช้สำหรับการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ สามารถพิจารณาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างระหว่างค่าแรงสถิติที่แปลงเป็นลอการิทึมธรรมชาติกับค่าประมาณจากสมการค่าความสามารถในการออกแรง ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$e = Y - \hat{Y} \quad (4.7)$$

โดยที่ e = ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ

Y = ค่าแรงสถิติที่แปลงเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

$\hat{Y}$ = ค่าประมาณจากสมการค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ

ค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ย (Mean Absolute Deviation-MAD) สามารถใช้วัดความแม่นยำของการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ โดยการเฉลี่ยค่าความผิดพลาดของค่าประมาณ ซึ่งมีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ที่ต้องการวัดความผิดพลาดในหน่วยเดียวกันกับข้อมูลเดิม MAD มีค่าน้อยจะทำให้การประมาณค่าความสามารถในการออกแรงมีความแม่นยำมากขึ้น ผลการคำนวณแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| = \frac{63.7266}{240} = 0.2655 \quad (4.8)$$

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบจำนวน 10 คน แต่ละคนทำการออกแรงทั้งหมด 24 ครั้ง ซึ่งจะได้ค่าความสามารถในการออกแรงทั้งหมด 240 ครั้ง และผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 63.7266 ดังแสดงในสมการ 4.8 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.2655 ซึ่งมีค่าน้อยมาก แสดงว่าการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติมีความแม่นยำมาก ดังนั้นสามารถนำสมการค่าความสามารถในการออกแรงมาใช้ในการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติได้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้แรงและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ (1) ประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและดันรถเข็นที่บรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (2) ศึกษาผลกระทบของรองเท้าที่มีต่อความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่งดังนี้คือ (1) คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดส่วนสูง อุปกรณ์วัดขนาดสัดส่วนเท้า (Sliding caliper) และสายวัด (Measuring tape) (2) ภาระงานของพนักงานขนส่ง โดยใช้เครื่องชั่งสปริง (Spring scale) (3) ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิติ (4) ความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า โดยใช้แบบสอบถามความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า และ (5) ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า โดยใช้แบบสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้เป็นพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำหน้าที่เข็นรถเข็นซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในพื้นที่การผลิตจำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 25 คน และเพศหญิง 25 คน โดยผู้ถูกทดสอบทุกคนเป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงและไม่มีโรคประจำตัว มีประสบการณ์ทำงานเข็นรถเข็นอย่างต่ำเป็นระยะเวลา 1 ปี การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติกระทำในสองลักษณะคือ การออกแรงดึงและแรงดัน และมีท่าทางการยืนในสองรูปแบบคือ ท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงกัน โดยใช้รองเท้าที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันในการออกแรงแต่ละครั้ง ได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า การวัดค่าแรงสถิติกระทำที่ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเท่ากับ 85 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ประเมินภาระงานขนส่ง และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ผู้ถูกทดสอบมีอายุระหว่าง 20 ถึง 37 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 64.88 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงเท่ากับ 170.40 เซนติเมตร ในขณะที่ผู้ถูกทดสอบเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 56.28 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงเท่ากับ 160.90 เซนติเมตร
- 2) ภาระงานขนส่งที่ทำให้รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่เท่ากับ 1.53 กิโลกรัม ส่วนภาระงานขนส่งในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่เท่ากับ 0.85 กิโลกรัม
- 3) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 19.93 กิโลกรัม ซึ่งเกิดจากการออกแรงในท่ายืนเท้าเอียงกันโดยใช้รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะทำการออกแรง ผู้ถูกทดสอบเพศหญิงมีค่าความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 13.11 กิโลกรัม ซึ่งเกิดจากการท่ายืนและสวมใส่รองเท้าคุณลักษณะเดียวกันกับผู้ถูกทดสอบเพศชาย
- 4) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 20.58 กิโลกรัม เกิดจากการออกแรงในท่ายืนเท้าเอียงกันและสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในขณะที่ทำการออกแรง ส่วนผู้ถูกทดสอบเพศหญิงมีค่าความสามารถในการออกแรงดันสูงสุดเท่ากับ 14.86 กิโลกรัม โดยออกแรงในท่ายืนและสวมใส่รองเท้าคุณลักษณะเดียวกันกับผู้ถูกทดสอบเพศชาย
- 5) ทิศของแรง ท่ายืน รองเท้า เพศ อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับท่ายืน อันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับรองเท้า และอันตรกิริยาระหว่างทิศของแรงกับท่ายืนและเพศ มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
- 6) ภาระงานขนส่งไม่เกินกำลังของผู้ถูกทดสอบเพศชาย เนื่องจากค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสูงสุดในท่ายืนปกติและท่ายืนเท้าเอียงของผู้ถูกทดสอบเพศชายทุกคนมีค่าสูงกว่าค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ ในขณะที่เดียวกันภาระงานขนส่งไม่เกินกำลังของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงในท่ายืนเท้าเอียงกัน โดยค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสูงสุดในท่ายืนเท้าเอียงของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัม ส่วนในท่ายืนปกติมีผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 5 คน ที่มีค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันต่ำกว่าความหนักของภาระงานขนส่ง
- 7) ค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสูงสุดในท่ายืนปกติของผู้ถูกทดสอบเพศชายจำนวน 9 คน ต่ำกว่าความหนักของภาระงานซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่เท่ากับ 1.53 กิโลกรัม และในท่ายืนเท้าเอียงมีจำนวน 2 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงาน ส่วนผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 21 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสูงสุดในท่ายืนปกติต่ำกว่าความหนักของภาระงาน และจำนวน 7 คน มีค่าความสามารถในการออกแรงต่ำกว่าความหนักของภาระงานในท่ายืนเท้าเอียง

8) ผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและเพศหญิงมีอาการไม่สบายบริเวณเท้าอยู่ที่ระดับอาการไม่สบายน้อยถึงไม่สบายปานกลาง โดยอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง พื้นที่ส่วนด้านข้างของฝ่าเท้ามีอาการไม่สบายสูงสุด มีระดับคะแนน 62 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือพื้นที่ส่วนกลางฝ่าเท้าด้านในและสันเท้ามีระดับคะแนน 54 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ พื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้ามีอาการไม่สบายสูงสุดที่ระดับคะแนน 42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พื้นที่ส่วนหัวแม่เท้า 36 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันอาการไม่สบายบริเวณพื้นฝ่าเท้าที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า พื้นที่ส่วนปลายนิ้วเท้าและหัวแม่เท้ามีอาการไม่สบายมากที่สุดโดยมีระดับคะแนน 52 เปอร์เซ็นต์

9) ผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและเพศหญิงมีความพึงพอใจต่อรองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริงในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำทางระดับความพึงพอใจน้อย ที่ระดับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 36.38 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบครั้งแรกมีระดับความพึงพอใจมากถึงมากที่สุดที่ระดับคะแนน 51.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความพึงพอใจจากการทดลองใช้หมอนรองสันเท้าครั้งแรกผู้ถูกทดสอบมีระดับความพึงพอใจมาก่อนลงมาระดับปานกลางที่ระดับคะแนน 41.75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการใช้งานอุปกรณ์เสริมรองเท้าผ่านไปเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ผู้ถูกทดสอบมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบในระดับมากถึงมากที่สุดที่ระดับคะแนน 48.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพึงพอใจในคุณลักษณะเกี่ยวกับ สันรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน กระชับขณะเดิน และพื้นรองเท้าด้านในนุ่ม และมีความพึงพอใจต่อการใช้งานหมอนรองสันเท้าที่ระดับความพึงพอใจมาก่อนลงมาระดับปานกลางโดยมีระดับคะแนน 32.00 เปอร์เซ็นต์ ในคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นรองเท้าด้านนอกและด้านในไม่ลื่นขณะเดิน สวมใส่พอดีกับเท้า และช่วยให้กระชับเท้าขณะเดินปฏิบัติงาน

10) ทิศของแรงและท่ายืนมีผลต่อความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการใช้รองเท้าทั้ง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ และรองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองสันเท้า มีผลต่อความไม่สบายบริเวณเท้าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

11) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรงสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการคือ ค่าความสามารถในการออกแรง = $2.4649 - 0.4405\text{เพศ} + 0.0330\text{รองเท้า} + 0.4555\text{ท่ายืน}$ โดยที่ผลของการวิเคราะห์การถดถอยพบว่าเพศ รองเท้าและท่ายืน สามารถอธิบายความคลาดเคลื่อนของความสามารถในการออกแรงสถิติได้ร้อยละ 54.60

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) งานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาความสามารถในการออกแรงแบบพลวัตแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะเคลื่อนที่ของรถจักรยานประเภท 4 ล้อที่ใช้ในงานขนส่งผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยทำการวัดค่าแรงเสียดทานด้วยเครื่องชั่งสปริงซึ่งมีค่าแรงเสียดทานเท่ากับ 0.85 กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานจักรยานเป็นลักษณะการทำงานแบบพลวัต

2) ควรศึกษาวิจัยในอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ที่มีการใช้แรงงานมนุษย์ในงานจักรยานเพื่อการขนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต ซึ่งจะมีความหนักของภาระงาน ขนาดสัดส่วนและระดับความสูงของรถจักรยานที่เปลี่ยนไป ในขณะที่คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบไม่ได้มีความแตกต่างไปจากเดิมมากนัก

3) ในการศึกษาวิจัยควรมีการเพิ่มอุปกรณ์เสริมรองเท้าชนิดอื่น ๆ ที่มีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องจากมีอาการไม่สบายบนพื้นฝ่าเท้าหลายตำแหน่ง ดังนั้นจึงควรพิจารณาจากอาการไม่สบายแต่ละตำแหน่งของงานวิจัยนี้เพื่อเลือกใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าชนิดอื่นเพิ่มเติม เพื่อเป็นการลดอาการไม่สบายที่เกิดขึ้นบนพื้นฝ่าเท้า

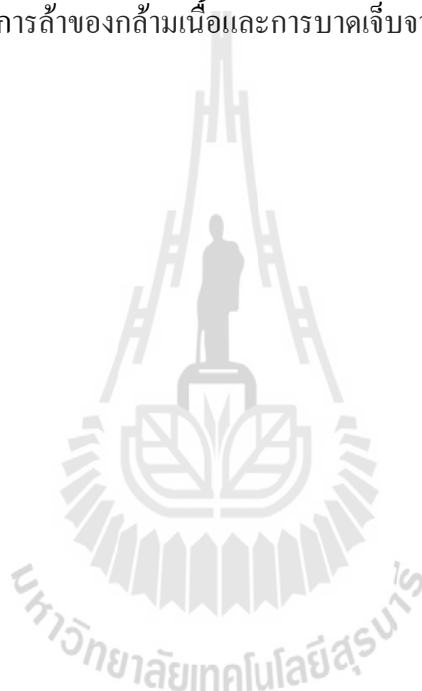
5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติและป้องกันการบาดเจ็บ

1) ในการออกแรงดึงและแรงดันเพื่อให้รถจักรยานเกิดการเคลื่อนที่ควรกระทำในท่ายืนเท้าเอียงกัน เนื่องจากสามารถใช้แรงจากแขน ขา และลำตัวช่วยในการออกแรง ทำให้มีค่าความสามารถในการออกแรงสูงกว่าท่ายืนปกติ นอกจากนี้การออกแรงในท่ายืนเท้าเอียงกันจะทำให้ผู้ออกแรงมีการทรงตัวที่ดี ทำให้พนักงานขนส่งทั้งเพศชายและเพศหญิงสามารถปฏิบัติงานจักรยานที่มีค่าแรงเสียดทาน 0.85 กิโลกรัมได้ทุกคน

2) การออกแรงดึงรถจักรยานควรใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทหมอนรองส้นเท้า เนื่องจากค่าความสามารถในการออกแรงดึงโดยใช้รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้าผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและหญิงสามารถออกแรงได้ดีที่สุด ในขณะเดียวกันการออกแรงดันควรใช้งานแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบควบคู่กับรองเท้าปกติ เพราะผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงดันได้ค่าแรงสูงสุดเมื่อมีการใช้งานแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นเสริมรองเท้าที่มีพื้นนุ่มจะช่วยรองรับแรงกดอัดและกระจายแรงบริเวณพื้นฝ่าเท้าได้ส่วนหนึ่ง จากผลดังกล่าวสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาและออกแบบรองเท้าให้มีลักษณะพื้นรองเท้านุ่มทั่วทั้งฝ่าเท้า และให้บริเวณส้นรองเท้ามีระดับที่สูงขึ้น เพื่อรองรับการใช้งานของผู้ปฏิบัติงานประเภทเดินและยืน

3) การใช้อุปกรณ์เสริมรองเท้าประเภทแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบและหมอนรองส้นเท้า ช่วยลดอาการไม่สบายบริเวณพื้นที่ฝ่าเท้าได้มาก แต่ยังมีตำแหน่งบนพื้นฝ่าเท้าที่ยังมีอาการไม่สบาย ได้แก่ หัวแม่เท้าและปลายนิ้วเท้า เนื่องจากเมื่อเพิ่มอุปกรณ์เสริมรองเท้าทำให้ช่องว่างบริเวณส่วนปลายของนิ้วเท้าและหัวแม่เท้าแคบลง ส่งผลให้ขยับปลายเท้าได้น้อย ดังนั้นในการเลือกใช้ อุปกรณ์เสริมรองเท้าควรเลือกที่มีพื้นส่วนปลายไม่หนาเกินไป ในขณะที่เดียวกันยังคงความนุ่มของ พื้นอยู่เพื่อเป็นการกระจายแรงกดขณะทำการออกแรงดัน

4) ในการปฏิบัติงานออกแรงคืบและแรงดันรถเข็นเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน พนักงานขนส่งไม่ควรออกแรงเกินค่า 15 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการออกแรงคืบและแรงดันสูงสุด เพื่อป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อและการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงาน



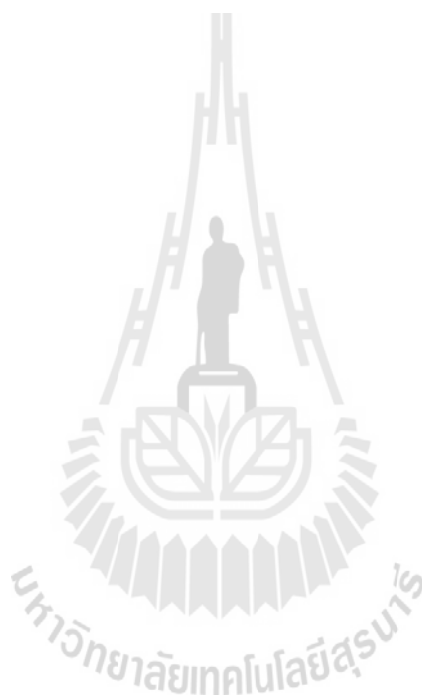
รายการอ้างอิง

- กัลยา วาณิชขันธ์. (2551). การทดสอบสมมติฐานที่ไม่ใช่พารามิเตอร์. **การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 11. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิตติ อินทรานนท์. (2548). ภาระงานและการวัด. **การยศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คลินิกกายภาพบำบัดและกิจกรรมบำบัด. (2553). การดึงและดันให้ปลอดภัย. **คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล**. [ออนไลน์] จาก : <http://www.pt.mahidol.ac.th/ptclinic/>
- ธวัชชานนท์ สิปปภากุล. (2548). สัดส่วนร่างกายมนุษย์. **การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท วาดศิลป์ จำกัด.
- นริศ เจริญพร. (2543). พื้นฐานทางชีวกลศาสตร์. **การยศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นิตยา เพ็ญศิริรักษา สมโรตม์ โกมลวนิช นริศ เจริญพร และสุทธิ ศรีบุรพา. (2552). ชีวกลศาสตร์ในการทำงาน. **เอกสารการสอนชุดวิชาการยศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การทดลองแฟลททอเรียล. **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง**. พิมพ์ครั้งที่ 9. บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- พรศิริ จงกล. (2549). การศึกษาแนวทางการป้องกันการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างที่เกิดขึ้นจากการออกแรงดันและลาก. รายงานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พรศิริ จงกล ชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ และวรรณนิสา นุชคุ้ม. (2553). **การวิเคราะห์และจัดสรรพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้เหมาะสม**. รายงานวิจัย ศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานกองทุนเงินทดแทน. (2552). จำนวนผู้ประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามความรุนแรงและอวัยวะที่ได้รับอันตราย. **สำนักงานประกันสังคม**. [ออนไลน์] จาก : <http://www.sso.go.th/>

- Al-Eisawi, K.W., Kerk, C.J., Congleton, J.J., Amendola, A.A., Jenkins, O.C., and Gaines, W. (1999). Factors affecting minimum push and pull forces of manual carts. **Applied Ergonomics**. 30(3): 235-245.
- Castro, A.P., Rebelatto, J.R., and Aurichio, T.R. (2010). The relationship between foot pain, anthropometric variables and footwear among older people. **Applied Ergonomics**. 41(1): 93-97.
- Chen, W.P., Ju, C.W., and Tang, F.T. (2003). Effects of total contact insoles on the plantar stress redistribution: a finite element analysis. **Clinical Biomechanics**. 18(6): S17-S24.
- Chow, A.Y., and Dickerson, C.R. (2009). Shoulder strength of females while sitting and standing as a function of hand location and force direction. **Applied Ergonomics**. 40(3): 303-308.
- Ciriello, V.M., McGorry, R.W., and Martin, S.E. (2001). Maximum acceptable horizontal and vertical forces of dynamic pushing on high and low coefficient of friction floors. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 27(1): 1-8.
- Das, B. (1985). The assessment of the manual materials handling problem. **In Proceeding of the 18th Annual Conference of HFAC, Human Factors Association of Canada**. 63-66.
- Das, B., and Black, N.L. (2000). Isometric pull and push strengths of paraplegic in the workplace: 1. Strength measurement profiles. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**. 6(1): 47-65.
- Das, B., and Forde, M. (1999). Isometric push-up and pull-down strengths of paraplegics in the workplace: 1. Strength measurement profiles. **Journal of Occupational Rehabilitation**. 9(4): 279-291.
- Hoozemans, M.J.M., Van Der Kreek, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., Van Duk, F.J.H., and Van Der Woude, L.H.V. (1998). Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. **Ergonomics**. 41(6): 757-781.
- Imrhan, S.N. (1999). The influence of grip width on two-handed grip strengths in females. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 25(2): 187-194.
- Konz, S. (1995). Work Design: Industrial Ergonomics. **4th Edition, Publishing Horizons: Arizona**.
- Kumar, S. (1995). Upper body push-pull strength of normal young adults in sagittal plane at three heights. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 15(6): 427-436.

- Mack, K., Haslegrave, C.M., and Gray M.I. (1995). Usability of manual handling aids for transporting materials. **Applied Ergonomics**. 26(5): 353-364.
- Mamansari, D.U., and Salokhe, V.M. (1996). Static strength and physical work capacity of agricultural labourers in the central plain Thailand. **Applied Ergonomics**. 27(1): 53-60.
- Messing, K., and Kilbom, S. (2001). Standing and very slow walking: foot pain-pressure threshold, subjective pain experience and work activity. **Applied Ergonomics**. 32(1): 81-90.
- Min-Chi, C., and Mao-Jiun, J.W. (2007). Professional footwear evaluation for clinical nurses. **Applied Ergonomics**. 38(2): 133-141.
- Mital, A., and Ramakrishnan, A. (1999). A comparison of literature-based design recommendations and experimental capability data for a complex manual materials handling activity. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 24(1): 73-80.
- Nussbaum, M.A., Chaffin, D.B., Stump, B.S., Baker, G., and Foulke, J. (2000). Motion times, hand forces, and trunk kinematics when using material handling manipulators in short-distance transfers of moderate mass objects. **Applied Ergonomics**. 31(3): 227-237.
- Peebles, L., and Norris, B. (2003). Filling 'gaps' in strength data for design. **Applied Ergonomics**. 34(1): 73-88.
- Resnick, M.L., and Chaffin, D.B. (1995). An ergonomic evaluation of handle height and load in maximal and sub maximal cart pushing. **Applied Ergonomics**. 26(3): 173-178.
- Scott, N.M. (1998). Isometric pull forces in the sagittal plane. **Applied Ergonomics**. 29(5): 319-324.
- Smith, D.R., Sato, M., Miyajima, T., Mizutani, T., and Yamagata, Z. (2003). Musculoskeletal disorders self-reported by female nursing students in central Japan: a complete cross-sectional survey. **International Journal of Nursing Studies**. 40(7): 725-729.
- Tiwari, P.S., Gite, L.P., Majumder, J., Pharade, S.C., and Singh, V.V. (2010). Push/pull strength of agricultural workers in central India. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 40(1): 1-7.
- Trinkoff, A.M., Lipscomb, J.A., Geiger-Brown, J., Storr, C.L., and Brady, B.A. (2003). Perceived physical demands and reported musculoskeletal problems in registered nurses. **American Journal of Preventive Medicine**. 24(3): 270-275.

- Witana, C.P., Goonetilleke, R.S., Xiong, S., and Au, E.Y.L. (2009). Effects of surface characteristics on the plantar shape of feet and subjects' perceived sensations. **Applied Ergonomics**. 40(2): 267-279.
- Yung-Hui, L., and Wei-Hsien, H. (2005). Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. **Applied Ergonomics**. 36(3): 355-362.





ภาคผนวก ก

การหาขนาดตัวอย่างของผู้ถูกทดสอบ

จากรายงานวิจัยของ พรศิริ จงกล และคณะ (2553) ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรพนักงานขนส่ง และประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งในพื้นที่ห้องสะอาดของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไคลฟ์แห่งหนึ่ง ซึ่งข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของผู้ทดสอบเพศชายและเพศหญิง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของผู้ทดสอบจำนวน 39 คน แบ่งเป็นเพศชาย 21 คน และเพศหญิง 18 คน แสดงดังตารางที่ ก.1 (พรศิริ จงกล, 2553)

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของผู้ทดสอบเพศชายและเพศหญิง (พรศิริ จงกล, 2553)

ผู้ทดสอบ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	
	แรงดึง	แรงดัน
เพศชาย (N=21)	10.10	9.74
เพศหญิง (N=18)	6.27	5.46
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กิโลกรัม)	3.58	3.34

การดำเนินการเพื่อพิจารณาเลือกขนาดของตัวอย่างคือ ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองระดับใดเกินกว่าค่าที่กำหนดให้แล้วสมมติฐานหลักจะถูกปฏิเสธ ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองระดับใดมีขนาดเท่ากับ D แล้ว สามารถแสดงได้ว่าค่าต่ำที่สุดของ Φ^2 คือ

$$\Phi^2 = \frac{nbD^2}{2a\sigma^2} \quad (ก1)$$

เนื่องจากค่านี้เป็นค่าที่ต่ำที่สุดของ Φ^2 ดังนั้นขนาดของตัวอย่างที่หาได้จากเส้นโค้งลักษณะสมบัติของการดำเนินการ (Operating characteristic curves for the fixed effects model analysis of variance-OC Curves) ดังรูปที่ ก.1 จะมีค่าประมาณอย่างต่ำ นั่นคือจะมีกำลังของการทดสอบอย่างน้อยที่สุดมากเท่ากับที่ได้กำหนดขึ้นมา โดยกำหนดให้ n คือขนาดตัวอย่าง b คือจำนวนบล็อก และ a คือระดับปัจจัย

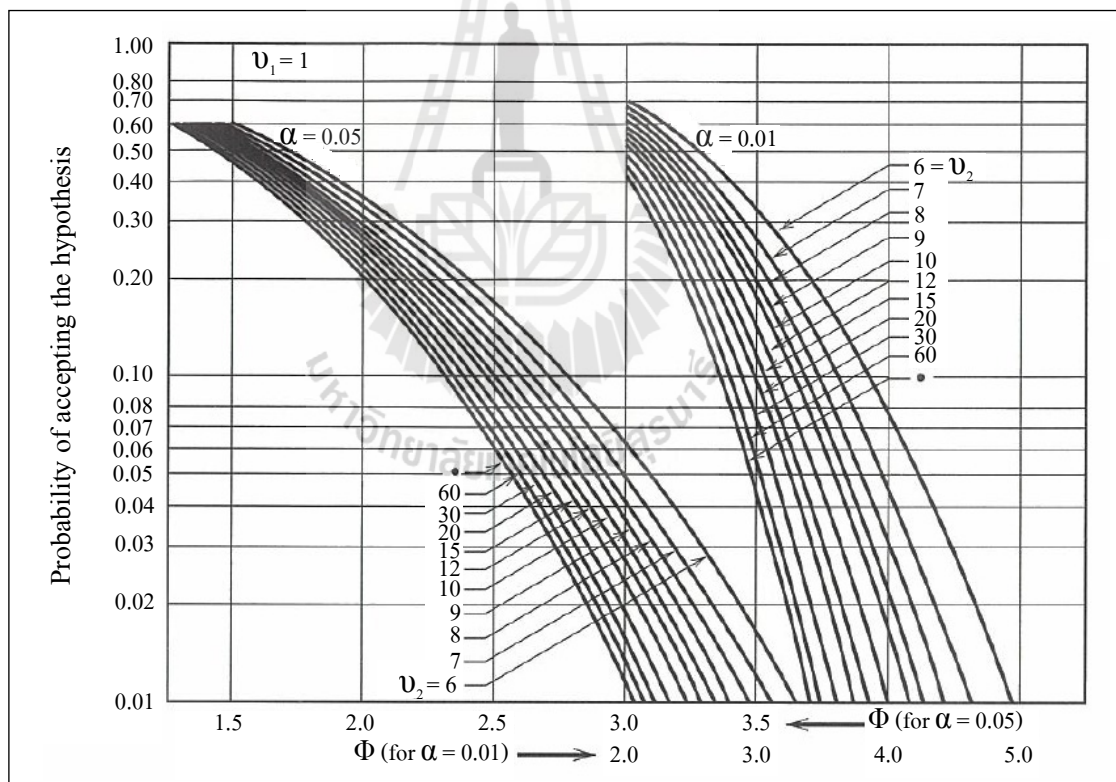
ในการนี้ต้องการที่จะปฏิเสธสมมติฐานด้วยความน่าจะเป็นอย่างน้อย 0.95 ($\alpha = 0.05$) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงของเพศชายกับเพศหญิงเท่ากับ $10.10 - 6.27 = 3.83$ ($D = 3.83$) โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.58 ($\sigma = 3.58$) ดังนั้นสามารถหาค่าต่ำสุดของ Φ^2 ได้ดังนี้

$$\Phi^2 = \frac{n(1)(3.83)^2}{2(2)(3.58)^2} = 0.29n \quad (\text{ก2})$$

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการหาจำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดึง

n	Φ^2	Φ	$a(n-1)$	β	Power($\beta-1$)
16	4.64	2.15	30	0.150	0.850
20	5.80	2.41	38	0.095	0.905
25	7.25	2.69	48	0.050	0.950 *

ดังนั้นที่จำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดึงเท่ากับ 25 คน จะทำให้ได้ค่า Power of the test ตรงตามต้องการเมื่อ $\alpha = 0.05$



รูปที่ ก.1 แสดงเส้นโค้งลักษณะสมบัติของการดำเนินการ (OC Curves) ที่ $v_1 = 1$ และ $\alpha = 0.05$

ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันของเพศชายกับเพศหญิงเท่ากับ $9.74 - 5.46 = 4.28$ ($D = 4.28$) โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.34 ($\sigma = 3.34$) ดังนั้นสามารถหาค่าต่ำสุดของ Φ^2 ได้ดังนี้

$$\Phi^2 = \frac{n(1)(4.28)^2}{2(2)(3.34)^2} = 0.41n \quad (ก3)$$

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการหาจำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดัน

n	Φ^2	Φ	$a(n-1)$	β	Power($\beta-1$)
11	4.51	2.12	20	0.200	0.800
16	6.56	2.56	30	0.061	0.939
18	7.38	2.72	34	0.031	0.969 *

โดยที่จำนวนขนาดตัวอย่างผู้ถูกทดสอบของการออกแรงดันเท่ากับ 18 คน จะทำให้ได้ค่า Power of the test ตรงตามต้องการเมื่อ $\alpha = 0.05$

จากการคำนวณหาขนาดตัวอย่างของผู้ถูกทดสอบได้ค่า n ของความสามารถในการออกแรงดึงและการออกแรงดันเท่ากับ 25 และ 18 คน ตามลำดับ เนื่องจากเพศชายและเพศหญิงมีค่าความสามารถในการออกแรงสถิติแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาวิจัยทั้งในส่วน of เพศชายและเพศหญิง โดยให้จำนวนผู้ถูกทดสอบเพศชายเท่ากับ 25 คน และเพศหญิง 25 คน รวมจำนวนผู้ถูกทดสอบทั้งหมด 50 คน ซึ่งเป็นพนักงานขนส่งในบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่งที่ทำหน้าที่เงินรถเงินซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในพื้นที่การผลิต

ภาคผนวก ข

ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

ผู้ถูกทดสอบเพศชาย	อายุ (ชม.)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ชม.)	ประสบการณ์ (ปี)	ความยาวเท้าด้านใน (ชม.)	ความยาวเท้าด้านนอก (ชม.)	ความกว้างเท้า (ชม.)	ความกว้างข้อเท้า (ชม.)	ความกว้างส้นเท้า (ชม.)	ความยาวรอบข้อเท้า (ชม.)	ความหนาปลายเท้า (ชม.)	ความหนาหลังเท้า (ชม.)
1	29	46	165	3	25	19	9.5	6.5	6	21	2.2	7.2
2	29	66	167	1	25	20	10	7.3	6.5	27	2	7
3	24	54	170	2	25	20	9.5	7.5	6.5	22	2.5	6
4	22	72	166	1	27	22	10.5	7	6.3	26	2.6	8.5
5	27	75	178	1	28	22	10.5	7.5	6.1	25.3	2.2	7
6	26	57	176	1	26	20	9.3	6.8	6.1	26	2.1	7.2
7	26	58	167	1	24	20	8.9	6.7	6.3	25	2.2	7.2
8	24	54	165	3	26	21	9.6	6.4	6.4	25	2.4	6.5
9	31	55	160	1	25	20	9.2	6.5	6.3	24	2	7.1
10	26	60	180	1	28	22	9.4	6.9	5.8	25	2.2	6.9
11	25	95	170	1	27	22	10.3	7	6.5	28	2.3	7.9
12	22	45	163	1	25	21	9.3	6.6	5.3	24	2.1	6.4
13	30	89	171	4	27	21	11	7.8	6.8	28	2.7	8.2
14	24	65	180	1	27	21	9.5	6.7	6.5	26	2.3	7.2
15	29	75	175	7	27	21	10	6.6	6.6	25	2.3	7.7
16	32	69	172	5	26	21	10.1	6.7	6.6	26	2.6	8.2
17	35	70	173	1	29	23	10.3	7.4	5.9	25	2.5	8
18	31	61	165	7	25	20	9.4	6.4	5.6	23	2.2	7.9
19	30	95	175	6	27	21	10.7	7.4	7.5	29	2.6	7.9
20	24	63	177	1	28	22	10.3	7.4	6	26	2.4	8.6
21	25	49	165	2	23	18	9.2	6.5	5.6	23	2	7
22	30	65	167	1	25	20	9.6	6.6	5.9	24	2.2	7.2
23	25	49	164	5	27	21	9.8	6.7	6.4	24	2	6.6
24	28	73	173	1	26	19	10.6	7.6	6.9	26	2.5	7.9
25	31	62	176	3	26	21	9.7	6.9	6.3	27	2.2	7.6
เฉลี่ย	27.40	64.88	170.4	2.44	26.16	20.72	9.85	6.94	6.27	25.21	2.29	7.40

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

ผู้ถูกทดสอบเพศหญิง	อายุ (ชม.)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ชม.)	ประสบการณ์ (ปี)	ความยาวเท้าด้านใน (ชม.)	ความยาวเท้าด้านนอก (ชม.)	ความกว้างเท้า (ชม.)	ความกว้างข้อเท้า (ชม.)	ความกว้างสันเท้า (ชม.)	ความยาวรอบข้อเท้า (ชม.)	ความหนาปลายเท้า (ชม.)	ความหนาหลังเท้า (ชม.)
1	33	54	165	3	24	18	8.5	6.5	6	22	1.9	6.4
2	20	45	154	1	23	19	8.6	5.8	5.4	22	2.1	6.1
3	33	80	167	1	25	20	9.5	6.8	6.3	26.5	2.1	7
4	21	75	165	1	25	20	9.6	6.4	5.7	25	2.4	7.6
5	29	47	163	5	25	20	8.3	6.3	5.1	23	1.9	6.9
6	23	44	158	3	24	20	9.1	6.4	5	25	1.9	5.9
7	22	47	165	1	25	21	8.9	6.2	5.1	21	2.3	6.1
8	30	63	162	1	24	20	9	6.1	5	23	2	6
9	23	47	157	3	24	19	8.2	6.2	4.6	22	2.1	5.6
10	21	65	160	1	24	19	9.3	7	6.4	25	2.1	5.9
11	26	77	160	4	24	19	9.7	7	6.9	25	2.2	7.4
12	34	60	170	3	25	21	9.1	6.8	5.9	25	2.3	7.5
13	25	48	161	6	24	19	8.6	6.4	5.5	23	2.2	6.8
14	30	47	158	7	24	18	9.3	6.2	5	24	1.9	5.4
15	24	63	160	1	24	18	9.2	6.5	6	26	2.1	6.9
16	23	49	165	5	24	18	9.3	5.9	5.5	24	1.9	6.9
17	21	76	162	3	25	19	9.6	6.5	6.8	26	2.3	7.1
18	29	53	151	10	23	1.9	9.2	6.6	5.3	25	1.8	6.8
19	23	46	153	5	21	18	8.9	6.3	5	24	1.9	6.5
20	28	43	158	1	22	17	8.6	5.9	5.6	22	2	6.9
21	25	65	167	2	24	19	8.9	6	5.3	23	2.1	6.5
22	37	54	155	3	23	18	8.1	6	5.4	25	2	5.9
23	31	43	159	12	24	20	8.5	6.3	5.1	23	2	7
24	19	60	168	1	25	20	9.1	7	6.1	26	20	6.3
25	29	56	159	4	22	18	8.7	6.1	5.7	25	1.9	6.7
เฉลี่ย	26.36	56.28	160.8	3.48	23.88	18.40	8.95	6.37	5.59	24.02	2.78	6.56

ภาคผนวก ค

การเก็บข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

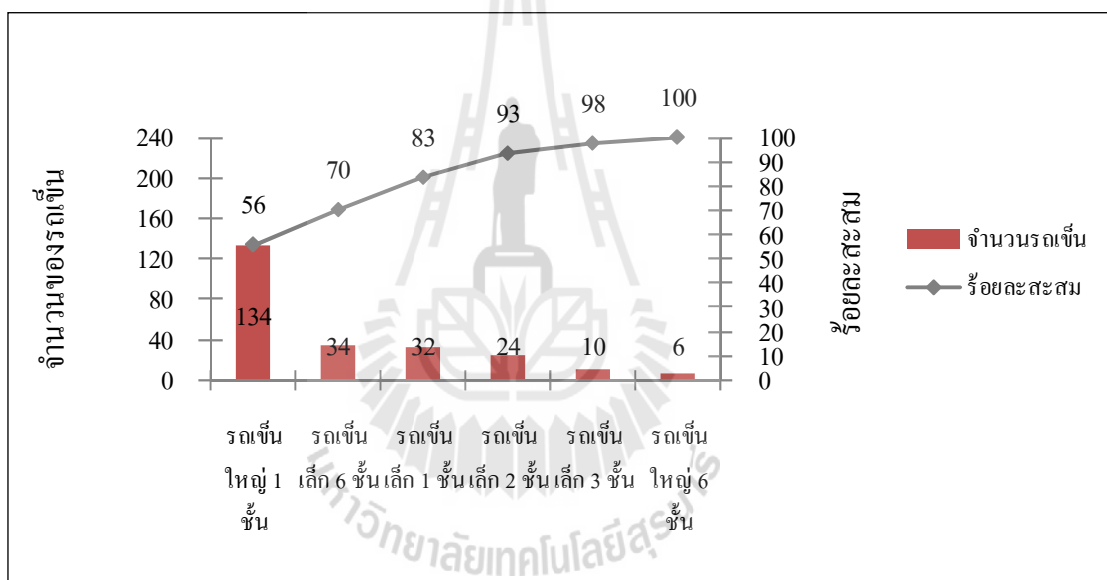
การเก็บข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่ง พิจารณาจากแรงที่ทำให้รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่ และแรงในขณะที่ยืดรถเข็นเคลื่อนที่ โดยใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดค่าแรงดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลความหนักของภาระงานขนส่ง (หน่วยกิโลกรัม)

ลำดับที่	แรงที่ทำให้รถเข็นเริ่มเคลื่อนที่	แรงในขณะที่ยืดรถเข็นเคลื่อนที่
1	1.0	0.5
2	1.5	0.6
3	1.0	1.0
4	1.2	0.8
5	1.0	0.8
6	1.3	0.9
7	1.3	0.7
8	1.5	0.8
9	1.1	0.8
10	1.5	1.0
11	1.5	0.8
12	1.8	0.7
13	2.2	1.2
14	2.5	1.0
15	2.0	1.0
16	1.7	1.1
17	1.5	0.7
18	1.7	1.0
19	1.5	0.7
20	1.4	0.8
เฉลี่ย	1.53	0.85



จากการสำรวจการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่ามีการใช้งานรถเข็น 6 ประเภท ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากกระบวนการผลิตก่อนหน้าไปยังกระบวนการผลิตถัดไปในพื้นที่การผลิตดังนี้คือ (1) รถเข็นใหญ่ 1 ชั้น (2) รถเข็นใหญ่ 6 ชั้น (3) รถเข็นเล็ก 1 ชั้น (4) รถเข็นเล็ก 2 ชั้น (5) รถเข็นเล็ก 3 ชั้น และ (6) รถเข็นเล็ก 6 ชั้น โดยรถเข็นทั้งหมดเป็นรถเข็นประเภท 4 ล้อ มีขนาดสัดส่วน ระดับความสูง และน้ำหนักแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพารโตนัดแสดงในรูปที่ ง.1 จะได้ว่าในพื้นที่การผลิตมีการใช้งานรถเข็นใหญ่ 1 ชั้นมากที่สุดคือ 134 คัน ดังนั้นจึงเลือกศึกษาวิจัยค่าความสามารถในการออกแรงสถิติจากระดับความสูงของรถเข็นดังกล่าว ที่มีระดับความสูง 85 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 26.50 กิโลกรัม



รูปที่ ง.1 แสดงการเลือกประเภทรถเข็นโดยแผนภูมิพารโตนัด

ภาคผนวก จ

ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชายในทำขึ้นปกติ

ชาย	ค่าความสามารถในการออกแรงดึงในทำขึ้นปกติ											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	10	9	10.7	9.8	12.9	11.3	13.5	11.7	16.6	13.6	17.5	13.6
2	11.8	11.6	10.7	10.2	16.4	15.9	15.6	15.2	14.7	14.3	15.1	14.5
3	11.8	10.3	11.6	10.7	9.8	9.1	9.5	8.6	7.8	7.3	8.2	7.7
4	12.5	12.1	13.3	12.7	16.6	15.8	16.5	15.9	14.7	13.7	13.9	13.5
5	15.6	15.2	15.3	15	20.5	19.4	20.3	19.6	23	22.3	23.8	22.7
6	18.2	16.7	18	15.5	18.8	18.3	18.4	17.9	15.8	14.8	15.3	14.8
7	11.3	10.9	11.4	10.7	12.1	11.8	12.3	11.6	16.5	16.2	15.9	15.8
8	13.7	12.4	14.3	12.6	11.4	10.1	11.5	10.5	9.6	8.9	11.7	8.9
9	12.1	11.3	11.1	10.7	13.5	12.9	13.4	12.4	12.1	10.9	12.5	10.8
10	14.6	13.9	14.9	14.4	12.1	11.5	12.9	11.8	12.8	10.9	13.1	11
11	19.7	18.1	20.7	18.7	20.7	17.8	19.1	16.5	27.6	26.5	27.2	25.3
12	6.4	6	6.8	6.4	8.7	8.4	8.3	7.4	8.2	6.6	8.6	6.7
13	15.1	14.5	16.7	15.8	19.1	18.2	18.8	17.9	21.8	20.7	24.8	20.1
14	12.6	11.9	12.7	12.3	13	12	13.2	12.7	10.3	10	10.7	10.3
15	14.8	12.6	12.6	11.8	14.4	12.3	13.5	12.2	10.6	9.3	10.9	9.1
16	12.5	11.9	12	11.5	11.9	11.3	12.6	12	12.1	10.7	11.2	10
17	11.8	11	12.3	11.8	10.5	8.9	10.3	8.1	14.4	13.1	14.2	13.4
18	9.3	8.5	8.3	7.7	10.2	9.5	10.4	9.2	11.9	10.1	12.3	9.6
19	25.4	23.5	24.4	23.2	33.4	26.3	39.5	26.3	27.2	24.4	25.9	24.6
20	14.2	12.8	13.4	12.7	14.5	12.8	13.5	12.6	12.6	11.5	12.4	11.5
21	7.9	6.5	7.2	5.4	7.4	5.9	7.2	6.5	7.9	7.3	7.6	6.8
22	7	6.7	7.5	6.2	8.7	7.9	8.8	8	7.5	7.2	7.7	7.3
23	9.1	8.7	9.8	8.9	7.6	7	7.5	6.9	7.3	6.9	7.9	7.4
24	13	12.6	12.9	12	11.8	10.8	11.3	8.9	13.2	11.9	14.3	12.6
25	7	6.5	10.1	8.8	9.5	8.5	12.4	9.6	12.7	11.7	13.1	12.1

ตารางที่ จ.2 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศชายในท่ายืนเท้าเอียง

ชาย	ค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียง											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	13.2	12.6	13.7	13	13.9	13	13.9	12.7	19.6	18.5	18.9	18
2	14.3	13.7	13.5	13	17	15.8	16.6	15.9	15.1	13.9	15.3	14.4
3	19	18.1	19.6	18.9	22.4	21.6	22.2	21	21.6	19.7	20.8	19.1
4	22.3	21.5	23.5	22.2	27.9	27.1	27.8	26.7	25.6	24.7	25	24.2
5	20.1	19.2	21.6	19.6	22.8	22.2	22.6	21.8	27.1	26.1	27	25.9
6	18.2	17.7	18.2	16.9	20	19.1	19.4	18.7	20.1	19.3	20.6	19.8
7	19.6	18.8	19.8	19	19.1	18.8	19.7	18.9	20.1	19.8	21	19.9
8	20.4	17.9	21.6	17.9	13.7	12.4	14.4	12.9	15.2	14	15.2	14.6
9	15.4	14.8	16.3	15.6	20.1	15.4	16.4	15.3	21.5	20.4	21.1	19.6
10	21.8	20.9	21.4	20.7	19.8	17.8	19.5	18.2	16.7	15.9	17.9	16.2
11	31.5	27.2	29.3	27.2	34.8	32.6	34.1	31.8	30.3	28.1	30.1	28.4
12	9.4	9	9	8.6	14.1	13.4	13.5	12.9	14.1	13.6	15	13.8
13	28.3	27.5	28	26.4	28	26.4	28.2	25.9	32.9	30.2	32.5	30.7
14	22.7	21.5	22.3	20.8	20.6	20	20.7	20.2	21.2	20.8	20.5	19.2
15	27.1	25.7	27.6	25.6	33.4	29.2	28.7	28.4	24.1	23	23.2	21.5
16	22.3	18.8	18.7	18.3	19.4	18.5	19	18.1	24.6	18.1	26.7	18.8
17	24.9	23	24.2	23	22.9	21	21	21.5	25.5	24.6	23.2	21.8
18	16.8	14.9	15.5	14.8	18.3	16.6	17.5	16.5	17.4	16.2	18.3	16.4
19	32	30.1	32	30.3	40.8	35.6	37.8	36.1	33.2	31.7	35.2	32.9
20	16.3	15.4	16.2	15.5	16.1	15.1	15.4	14.6	18.7	16.4	17.6	15.8
21	10.1	8.6	10.8	8.9	10.8	9.5	11.5	9.1	13.3	12.8	13.6	12.8
22	15.2	14.5	16	15.1	18.3	18	18.8	17.3	19.9	19.3	20.2	19.9
23	18.5	18.1	18.6	18.1	18.3	17.6	17.6	17	17.3	16.8	16.9	16.4
24	22.9	21.8	21.8	21.4	22.4	21.1	21.3	20.4	24.7	22.6	23.9	22.4
25	19.3	17.4	18.9	16.5	22.7	22	20.2	18.9	16.2	13.8	15.4	13.9

ตารางที่ จ.3 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศชายในท่ายืนปกติ

ชาย	ค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติ											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	8.4	8.9	7.7	8.1	11.4	11.8	11.3	11.9	10.1	11	10.1	10.8
2	11.2	11.5	11	11.9	10.2	10.5	10.1	11.7	11.9	12.4	12.5	12.8
3	9.1	10.3	10	10.6	12.8	13.6	12.6	13.4	10	10.4	9	9.8
4	12.9	13.2	12.6	13	14	14.5	12.2	13.8	13	13.3	13.2	13.7
5	16.1	16.9	16.6	17.5	14.9	16.6	15.9	16.2	20.6	21.5	21.4	22.1
6	13.5	14.1	13.2	13.7	15	16.8	16.3	17.6	13	13.4	12.9	13.7
7	13.2	13.7	13	13.4	10.7	11	10.7	11	10.2	10.8	10.1	10.7
8	13.2	15	13.6	14.8	11	12.3	11.8	12.6	11.5	12.3	11.3	12.2
9	10.2	10.6	9.7	10.6	9.6	10.1	9.6	10	10.5	11.3	10.9	11.6
10	15.6	16.6	15	16.2	12.9	13.4	12.6	13.3	10.7	12	11	12.1
11	13.1	17.5	15.4	17.7	18.8	19.7	18.6	20.9	17.6	20	18	20.1
12	5.9	6.1	5.8	6	9.9	10.6	9.4	9.8	7.7	8.1	8	8.4
13	15.5	16.9	17	17.7	17.3	18.6	17.1	18.1	17.5	18.1	16.6	17.7
14	10.4	11	11.2	11.5	12.7	13.3	13.7	14.1	9.9	10.2	9.6	10.9
15	11.8	12.5	11.2	11.9	11.6	13.7	13.6	14.3	12.6	13.3	12.9	14.1
16	8.8	9.5	8.1	9.3	9.3	11.5	12.7	13	9.7	11.7	9.8	11.3
17	10.7	11.5	11.9	12.3	10.1	10.6	10.1	11.1	9.7	11.2	12	13.3
18	6.4	7	6.9	7.6	7.5	8.4	7.7	8.2	9	10.1	9.8	10.6
19	20.1	21.9	22	23.5	26.1	28.6	25.7	27.2	18.3	19.9	18.6	19.8
20	14.6	16.2	14.1	14.7	14.8	15.5	13.1	15	11.5	13	12	12.6
21	7.1	8.7	7.4	7.9	10.5	11.3	9.1	10.5	7.7	8	6.8	7.5
22	7.1	7.2	7.8	7.9	8.1	8.6	8.3	8.6	6.7	7.1	7.7	8
23	6	7.1	6.8	7.4	6.8	7.9	6.1	7.4	7.9	8.6	7.4	8.3
24	9.7	11.3	10.5	11.4	11	11.3	8.7	10.3	8.7	10.4	10.2	10.8
25	10	10.9	9.7	10.7	7.9	8.6	7.1	8.1	6.6	6.9	6.3	7.8

ตารางที่ จ.4 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศชายในท่ายืนเท้าเอียง

ชาย	ค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเอียง											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	14.9	15.7	14	15.5	14.1	13	13.7	12.9	18.9	19.5	19	19.7
2	16.4	17	15.5	16.1	18.8	19.5	19.1	19.6	17.1	17.7	17.9	18.1
3	18.7	20.2	19.5	20.6	22.4	23.5	21	23.5	18.4	19.2	18.7	19.3
4	24.7	25	24.4	25.7	26.5	27.1	26.1	26.8	25.5	26.4	25.4	26.4
5	21.6	23.1	22.1	23.4	19.8	20.3	19.3	20.2	25	25.9	25.2	26.6
6	22.8	23.8	22.2	22.8	21.6	22.3	21.7	22.3	23.3	24.9	23.1	23.7
7	21.1	22.1	20.7	21.3	21.6	22.4	21.7	23	20.3	21.6	19.9	20.9
8	20.1	22.7	19.8	22.1	17.8	19.8	17.7	19.6	16.6	17.9	16.5	18.2
9	14.7	15.2	14.7	15.5	14.9	15.6	14.2	14.8	12.9	14.1	13.2	14.1
10	18.9	19.9	18.8	19.6	15.4	16.3	14.5	16.3	16.4	17.5	17.1	19.3
11	33.2	35.4	33.5	35.6	29.4	33.9	32.9	35.2	28.5	32.2	28.1	32.8
12	12.8	13.5	13.6	14	14.7	15.3	14.4	15.7	15.3	15.8	15.2	15.9
13	21.5	26	25.3	26.7	21.8	28	22.4	27.8	27.8	28.9	27.8	28.7
14	21.4	22.1	19.1	20.4	17.6	19	18.6	19	17.2	18.8	17.8	18.5
15	16.8	18.9	17.5	19.5	20.7	22.8	18.7	20.6	25.7	27.1	25.3	29.3
16	20.6	21.7	20.1	22.3	21.3	22.6	22	23	18.3	20.7	20	22
17	17.1	18.2	16.3	18.4	18.3	19.2	17.5	18.5	17.7	20.3	20.6	22.5
18	13.1	14.4	12.6	14.2	14.8	16.2	13.9	14.4	14.4	15.7	15	16.6
19	20.8	22.4	17.6	22.8	30.7	34.1	33	35.2	21.3	23.2	22.6	24.9
20	18	19.4	18.6	20.5	14.7	16	14.9	16.2	18.5	19.2	18.2	19.8
21	12.6	13.2	12.7	14	14.6	15.6	14.6	16.3	13.1	14.1	13.8	14.3
22	15.1	15.7	14.9	15.2	16.5	17.7	16.7	17.6	19	19.8	17.8	18.7
23	20.2	21	19.1	20.4	18.9	19.5	19	19.6	16.9	18.7	16.7	17.9
24	13.5	14	13.9	14.9	18.1	19.1	17.6	18.4	10.6	13.2	12.7	13.3
25	17.5	18.5	18.3	19.5	13.9	15.2	17.6	18.3	11.2	12	11.8	12.9

ตารางที่ จ.5 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศหญิงในท่ายืนปกติ

หญิง	ค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนปกติ											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	12	11.2	12.6	11.6	14.7	14.3	15.9	14.5	17	16.3	17	16.2
2	4.9	4	5	4.7	7.9	7.6	7.2	7	7.6	7.3	7.3	6.3
3	10.8	10.3	11.5	11	13	12.7	14.5	13.6	12.2	11.7	11.6	10.9
4	10.2	9.6	10.2	9.4	11.8	10.6	11	10.7	11.1	10.3	12.3	11.5
5	10.4	8.6	10.6	9	10.5	10.2	10.4	10.1	9.7	9.5	9.2	8.9
6	11.9	11.1	11.8	11.1	7.9	7.5	8.7	7.3	7.2	7.5	7.3	7.7
7	7.2	6.9	7.7	6.8	7.5	6.9	7.5	6.1	8	6.8	6.8	6.1
8	9.7	9.4	9.6	9.2	13.1	12.3	12.1	11.3	13.3	12.7	13.9	13.4
9	6.7	6	6.3	5.4	6.8	6.2	7	5.9	6.2	5.8	7.1	6.8
10	7.7	7.3	7.3	6.9	13.1	12.6	13.5	12.8	13.8	12.2	11.9	11.6
11	12.9	11.5	11.2	10.6	11.2	10.5	11.9	10.9	11.7	10.8	12.4	10.8
12	10.5	10.1	9.9	9.4	11.8	11.4	11.8	11.5	12	11.5	11.4	10.9
13	6.1	5.8	6.7	5.1	8.6	7.7	8.3	7.5	10.9	10.1	10.1	9.5
14	6.8	5.6	6.5	5.6	6.6	6	5.6	5.4	7.2	5.3	8.4	6
15	10	9.6	9.2	9.9	12.9	12.1	13.6	12.9	12.1	11.2	13.4	12.2
16	7.2	6.4	5.7	5.3	6.9	6.1	6.6	6.2	8.2	7.5	6.6	6.1
17	6	4.7	5.4	4.8	9.4	7.6	9.3	8.3	9.9	9	11.1	9
18	8.1	7.4	8.5	7.8	7.2	6.6	7	6.6	7.3	5.7	7.2	6.7
19	8.1	7	7.7	6.9	7.7	7.4	8.9	8	10.5	9.8	9.9	9
20	7.1	6.6	6.4	6	5	4.4	5.5	5.1	6	5.6	5.5	5.2
21	9.7	9	10	9.5	10.5	10	11	10.1	11.5	10.8	12.6	11.7
22	10.9	10.6	9.2	8.8	7.3	6.8	7.8	7.3	8.6	8.3	8.2	7.9
23	6.6	6.3	6.2	6	7	6.6	6.5	6.3	7.6	6.8	6.4	6
24	9.6	9.4	9.3	9	5.6	5.4	6.1	5.6	9	8.8	9.2	8.8
25	5.2	4.9	5.8	5.3	6.9	6.7	6.6	6.2	9.7	9	9.9	8.9

ตารางที่ จ.6 ค่าความสามารถในการออกแรงดึงของผู้ทดสอบเพศหญิงในท่ายืนเท้าเอียง

หญิง	ค่าความสามารถในการออกแรงดึงในท่ายืนเท้าเอียง											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	13.8	13.2	14.1	13.7	19.9	17	19.6	17.1	17.2	16.8	18	17
2	8.6	7.8	8.9	8.1	8.9	8.5	8.5	7.8	8.5	7.7	9.1	8.6
3	14	13.7	13.8	13.2	17	16.6	16.2	15	14.1	13.1	15	13.3
4	10.2	9.8	11.5	10.8	11.6	10.9	11.4	10.3	12.5	11.5	12.2	11.3
5	11.5	11	11.5	11.5	11.9	11.5	11.4	10.9	12.8	12.3	12.2	11.6
6	13.1	12.7	13.7	12.3	8.3	8	8.6	8.1	10.3	9.9	9.9	9.1
7	9.6	9.1	10.5	9.9	8.6	6.9	8.2	7.7	9.4	8	8.8	7.7
8	12	10.2	12	11.6	19.5	17.4	17.5	17	19.3	19	19.2	18.2
9	7.5	7.1	7.4	6.8	7.9	7.3	7.3	6.7	8.4	8	11.5	10.9
10	13	11.6	13.2	12.2	15.2	14.5	14.9	14.3	15.5	14.3	15.3	14.6
11	20.8	19.7	22.3	20.6	16.5	14.5	16.1	14.2	25.3	22.8	23.9	22.3
12	13.3	14.8	14.5	14.2	16.4	14.7	15.8	15.3	15.3	14.9	16.2	15.2
13	13.4	12.2	13.8	12.8	12.1	11.2	11.9	10.9	16	14	15	14.2
14	13.8	12.1	15	12.7	13.7	12.6	15.4	11.8	13.2	11.6	13.6	12.1
15	14.2	14.2	14.9	14.3	16.9	16.3	16.7	15.3	18.9	17.8	18.1	17.1
16	13.5	12.7	13.3	11.8	14.3	13.4	16.7	13.5	12.2	10.8	11.4	10.3
17	17.2	16.3	16.4	15.5	17.7	16.5	18.1	16.9	18.4	17.3	18.5	16.6
18	13.8	13.4	14.4	13.7	12.4	11.7	12.7	11.9	10.8	10.3	11.1	10.6
19	11.7	10.3	11.7	10.1	17.1	15.8	17.9	16.3	18.2	17.1	18.8	17.9
20	16.8	14.1	15.6	14.7	13	11.9	12.1	11.3	10.8	10.4	11.2	10.1
21	17	16.7	17.4	16.7	18.6	15.7	16.8	15	17.2	15.8	16.5	15.3
22	11.6	11.3	10.7	10.3	10.5	10.1	11.3	10.8	12.3	11.4	12.8	12.1
23	13.2	12.7	12.9	11.9	8.6	8.3	9.5	8.9	10	9.3	10.2	9.5
24	12.1	11.4	11.9	11.5	10.1	9.8	10.2	9.8	12.9	12.1	11.7	11.1
25	7.9	7.2	7.3	6.6	9.8	9.3	9.4	8.9	11.4	11.1	13	11.6

ตารางที่ จ.7 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศหญิงในท่ายืนปกติ

หญิง	ค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนปกติ											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	5.4	6.5	4.5	5.1	4.8	8.5	4.5	7.9	8.6	9.4	8.6	9.8
2	5.5	5.9	4.8	5.1	5.2	5.8	4	5	3.8	4.2	3.2	3.9
3	9.4	10.1	10	10.9	11	12.1	11.8	12.5	11.2	12	11.9	12.3
4	10	10.3	10.4	10.9	10.2	10.7	10.1	10.6	7.5	8.2	8.2	8.9
5	7.6	8	7.9	8.3	9.5	9.8	9.5	10.2	9.8	10.7	10.4	10.7
6	10.8	11.4	11.2	11.7	9.2	9.5	8.7	9.3	10.2	10.5	9.9	10.5
7	5.2	5.7	4.7	5.3	3.7	4.7	4.8	5.3	4.7	5.6	4.6	5.9
8	9.4	10.2	8.9	9.5	13.4	14	14.2	14.6	10.7	11.7	10.8	11.4
9	4.9	5.2	4.6	5	6	6.4	5.3	6.6	5.2	5.5	5.8	6.5
10	9.8	10.2	10.1	10.9	8.5	9.1	8.3	8.7	8.7	9	8.1	8.8
11	11.4	12	10.6	11.5	11.2	11.6	10.9	11.2	11.4	12.4	11.4	12.6
12	8.7	9	8.4	9.3	10.8	11.1	10.4	11	10.6	10.9	11.2	11.9
13	4.7	5.2	4.2	5.4	8	8.4	8.9	9.5	9.3	10.4	10	10.6
14	6	7.2	6.4	7.3	7.3	8.7	7.5	9	7.1	9.1	7.9	8.8
15	8.5	9.1	8.8	9.3	10.4	11.5	10.9	11.2	11.7	12.4	11	11.8
16	6.3	7.4	7.4	8.1	4.8	5.8	5.3	6.1	3.8	5.1	4.8	6.3
17	4.9	5.2	4.2	5.4	5.6	6.6	6	6.9	3.5	3.9	3.3	4.1
18	7	7.5	6.9	7.2	7	7.8	7.3	7.6	6.2	6.5	6.6	7.4
19	5.1	6.2	4.9	5.7	4.8	6.5	5.7	6.2	4.7	6.3	4.8	5.9
20	5.8	6.4	5.6	6.3	6.6	7.3	5.9	6.8	5.6	6.6	5.4	5.8
21	10	10.8	10	11	10.1	10.6	9.8	10.3	9.4	10	10.2	10.9
22	5.8	6.4	6.8	7.6	7.6	8.3	7.9	8.2	8.6	9.1	8.3	8.8
23	5.1	5.7	5.7	5.9	4.7	4.9	4.1	4.5	6.3	6.6	6.1	6.5
24	8	8.4	8.4	8.7	9.4	9.9	9.6	10	10.5	10.8	9.8	10.2
25	5.8	6	5.5	5.9	7.9	8.1	8.1	8.4	6.5	7.6	6	6.4

ตารางที่ จ.8 ค่าความสามารถในการออกแรงดันของผู้ทดสอบเพศหญิงในท่ายืนเท้าเอียง

หญิง	ค่าความสามารถในการออกแรงดันในท่ายืนเท้าเอียง											
	รองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง				รองเท้าปกติเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ				รองเท้าปกติเพิ่มหมอนรองส้นเท้า			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.	Peak	Avg.
1	9	10.3	11.2	12.4	10.6	11.3	11.8	12.6	10.8	12.1	10	11.2
2	8.8	10.1	9.2	10.4	8.5	9.4	9.2	9.7	7.9	8.6	7.7	8.5
3	10.9	11.4	10.8	11.4	17.8	18.9	18.5	19.1	17.1	18	15.6	18
4	11.9	12.3	11.6	12.1	12.7	13.6	11.6	12.4	8.8	9.1	8.8	9.4
5	9.8	10.6	10.2	11.2	11.9	12.5	11.4	12.3	13.6	14.2	12.7	13.5
6	14.2	15.2	14.5	15.6	11.3	11.9	11.8	12.5	12	13.3	11.9	13.5
7	8.6	9.2	9.1	9.8	6.3	7	6.8	7.6	6.3	7.3	6.7	8.1
8	13.3	14	12.3	13.7	19.2	20.2	18.7	19.7	14.1	15.2	13.8	16.1
9	5.7	6.2	6.3	6.9	7.1	7.9	6.9	7.5	6.3	7.3	6.4	7.1
10	12.6	14	13.3	14.3	12.4	13.1	12.6	13.6	14.7	15.5	13.8	14.6
11	26.6	27.3	25	27.7	16.8	17.6	16.5	18.1	23.6	25.9	24.2	25.8
12	12	13.4	13.1	13.7	15.1	15.7	16.1	16.6	13	13.5	13	14.2
13	11.1	12.3	10.6	11.6	10.1	10.3	9.9	10.3	13.9	15.2	14.5	15.1
14	15.2	17.1	15.9	17.3	13.9	16.3	14.2	15.7	12.6	14	13.6	15.1
15	17.1	18.1	15.7	17.1	21.8	24.2	22.4	25.3	19.9	21.4	19.4	20.7
16	11.5	13.3	16	17.2	14	15.2	14.5	15.5	14.1	14.9	14.9	15.7
17	13.5	14.6	14	15.4	17.5	19.9	17.6	19.4	12.7	13.5	11.8	14.5
18	11.7	11.8	11.3	12.6	12.8	13.5	12.7	14	15.7	17.1	17.1	18
19	9.5	10.1	10.1	11	16.2	17.2	16.3	17.4	11.8	12.1	11.2	12.3
20	17.3	17.9	17.1	18	18.3	18.8	16.3	17.7	13.1	17.3	16.7	17.3
21	14.9	16.1	15.5	17	17.3	18.1	16.9	17.5	15.1	16.2	15	15.8
22	13.9	14.4	14.9	15.6	16	16.5	13	14.8	19	19.9	18.3	19.5
23	10.4	10.8	9.6	11	11.2	11.6	11.3	11.7	10.9	11.2	9.2	9.6
24	10.1	10.6	11.6	11.9	15.4	16	15.4	16.3	13.5	14.1	13.6	14.6
25	14.5	15.5	14	15.2	13.9	14.4	13.9	14.4	10.4	10.9	12.3	12.8



ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าและ
ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

คำชี้แจง : แบบสอบถามเรื่องความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า และระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติและรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้าฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลของรองเท้าต่อความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าในขณะขึ้นและเดินระหว่างการปฏิบัติงาน ซึ่งข้อมูลของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยเรื่อง การใช้แรงและความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง

แบบสอบถามนี้มี 3 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1: ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ส่วนที่ 2: ข้อมูลความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า

ส่วนที่ 3: ข้อมูลระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ และรองเท้าที่มีอุปกรณ์เสริมรองเท้า

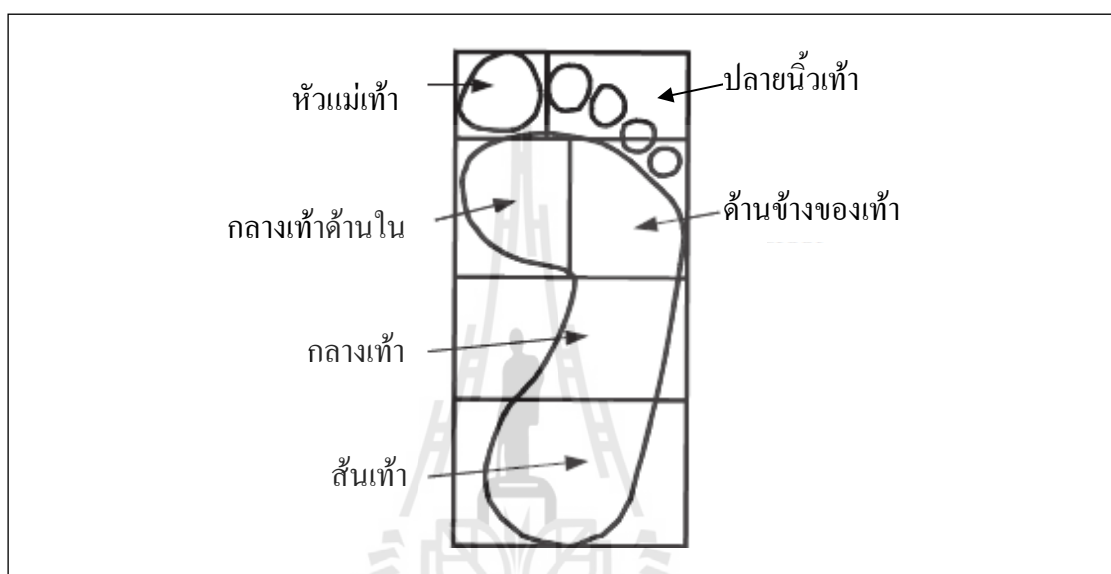
ส่วนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

รหัสผู้ตอบแบบสอบถาม _____	เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
อายุ _____	ปี
น้ำหนัก _____	กิโลกรัม
ส่วนสูง _____	เซนติเมตร
ประสบการณ์ทำงาน _____	ปี
(สำหรับผู้วิจัยกรอกข้อมูล)	
ความยาวเท้าด้านใน _____	เซนติเมตร
ความยาวเท้าด้านนอก _____	เซนติเมตร
ความกว้างเท้า _____	เซนติเมตร
ความกว้างข้อเท้า _____	เซนติเมตร
ความกว้างสันเท้า _____	เซนติเมตร
ความยาวรอบข้อเท้า _____	เซนติเมตร

รูปที่ ๑.1 แสดงข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า

โดยทำการแบ่งพื้นที่บนฝ่าเท้าเป็น 6 ส่วนดังแสดงในภาพด้านล่าง โปรแกรมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของสเกล 1-5 โดย 1 = อาการปกติ 2 = มีอาการไม่สบายน้อย 3 = มีอาการไม่สบายปานกลาง 4 = มีอาการไม่สบายมาก 5 = มีอาการไม่สบายจนไม่สามารถเดินปฏิบัติงานได้ตามปกติ



รูปที่ จ.2 แสดงพื้นที่ส่วนต่าง ๆ บนพื้นฝ่าเท้าเพื่อใช้สำหรับประเมินระดับความไม่สบายบนฝ่าเท้า

ตารางที่ จ.1 อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติ

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	อาการไม่สบายบนพื้นฝ่าเท้า				
	1	2	3	4	5
1) ส้นเท้า (Heel)					
2) กลางเท้า (Midfoot)					
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)					
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)					
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)					
6) หัวแม่เท้า (Hallux)					

ตารางที่ น.2 อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	อาการไม่สบายบนพื้นฝ่าเท้า				
	1	2	3	4	5
1) ส้นเท้า (Heel)					
2) กลางเท้า (Midfoot)					
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)					
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)					
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)					
6) หัวแม่เท้า (Hallux)					

ตารางที่ น.3 อาการไม่สบายที่เกิดจากการสวมใส่รองเท้าปกติที่มีการเพิ่มหมอนรองส้นเท้า

พื้นที่/ตำแหน่งบนฝ่าเท้า	อาการไม่สบายบนพื้นฝ่าเท้า				
	1	2	3	4	5
1) ส้นเท้า (Heel)					
2) กลางเท้า (Midfoot)					
3) กลางเท้าด้านใน (Medial forefoot)					
4) ด้านข้างของเท้า (Lateral forefoot)					
5) ปลายนิ้วเท้า (Toes)					
6) หัวแม่เท้า (Hallux)					

เคยเป็นโรคจากการทำงานหรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย โปรดระบุ _____

เคยได้รับบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุจากการทำงานหรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย โปรดระบุ _____

ปัจจุบันมีโรคประจำตัวนี้หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ _____

รูปที่ น.3 แสดงข้อมูลสุขภาพร่างกายของผู้ถูกทดสอบ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติ และรองเท้าที่มีแผ่นเสริมรองเท้า

โปรดระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของสเกล 1-5 โดยกำหนดให้ 1 = พึงพอใจน้อยมาก 2 = พึงพอใจน้อย 3 = พึงพอใจปานกลาง 4 = พึงพอใจมาก 5 = พึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ จ.4 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงานจริง

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ระดับของความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1) สวมใส่พอดีกับเท้า					
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า					
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว					
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า					
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า					
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า					
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป					
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม					
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่					
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม					
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน					
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน					
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน					
14) กระชับขณะเดิน					
15) น้ำหนักเบา					
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่					

ตารางที่ น.5 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ
ขณะใช้งานครั้งแรก

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ระดับของความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1) สวมใส่พอดีกับเท้า					
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า					
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว					
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า					
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า					
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า					
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป					
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม					
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่					
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม					
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน					
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน					
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน					
14) กระชับขณะเดิน					
15) น้ำหนักเบา					
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่					

ตารางที่ ๑.6 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้าขณะใช้งานครั้งแรก

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ระดับของความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1) สวมใส่พอดีกับเท้า					
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า					
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว					
4) กันกระแทกบริเวณสันเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า					
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณสันเท้า และฝ่าเท้า					
6) ถ่ายน้ำหนักจากสันเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า					
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป					
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม					
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่					
10) สันรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม					
11) ส่วนบริเวณสันเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน					
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน					
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน					
14) กระชับขณะเดิน					
15) น้ำหนักเบา					
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่					

ตารางที่ น.7 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกคิตที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ
หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ระดับของความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1) สวมใส่พอดีกับเท้า					
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า					
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว					
4) กันกระแทกบริเวณส้นเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า					
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณส้นเท้า และฝ่าเท้า					
6) ถ่ายน้ำหนักจากส้นเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า					
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป					
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม					
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่					
10) ส้นรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม					
11) ส่วนบริเวณส้นเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน					
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน					
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน					
14) กระชับขณะเดิน					
15) น้ำหนักเบา					
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่					

ตารางที่ น.8 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อรองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองสันเท้า
หลังจากใช้งานหนึ่งสัปดาห์

รูปแบบ/คุณลักษณะ	ระดับของความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1) สวมใส่พอดีกับเท้า					
2) รู้สึกสบายบริเวณเท้า ฝ่าเท้า และนิ้วเท้า					
3) มีพื้นที่ให้นิ้วเท้าสามารถขยับได้ทุกนิ้ว					
4) กันกระแทกบริเวณสันเท้า และกลางบริเวณฝ่าเท้า					
5) ลดอาการปวดเมื่อยบริเวณสันเท้า และฝ่าเท้า					
6) ถ่ายน้ำหนักจากสันเท้าไปยังนิ้วเท้า และลดแรงที่ฝ่าเท้า					
7) พื้นรองเท้าไม่หนาหรือบางเกินไป					
8) พื้นรองเท้าด้านในนุ่ม					
9) ผิวรอบ ๆ ของรองเท้าด้านในนุ่ม สบายขณะสวมใส่					
10) สันรองเท้าด้านในกว้างและนุ่ม					
11) ส่วนบริเวณสันเท้ากระชับ ไม่หลุดหลวมขณะเดิน					
12) พื้นรองเท้าด้านในไม่ลื่นขณะเดิน					
13) พื้นรองเท้าด้านนอกไม่ลื่นขณะเดิน					
14) กระชับขณะเดิน					
15) น้ำหนักเบา					
16) ระบายอากาศดี ไม่ร้อนเท้าขณะสวมใส่					

ข้อเสนอแนะ

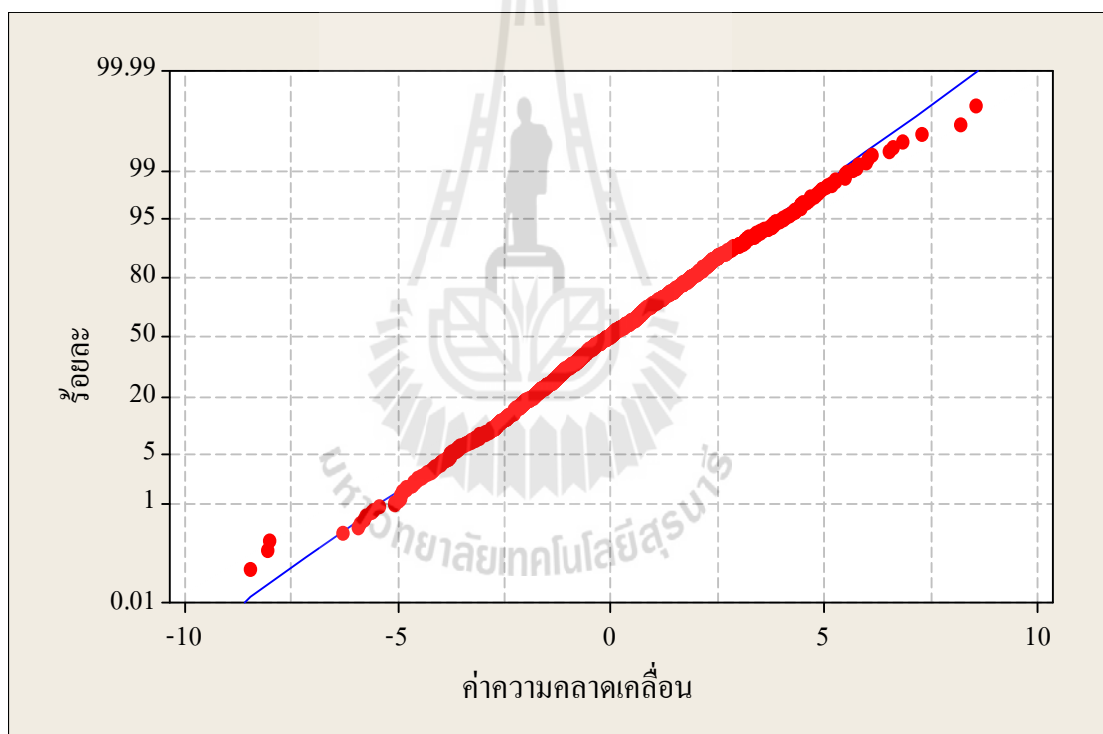


ภาคผนวก ข

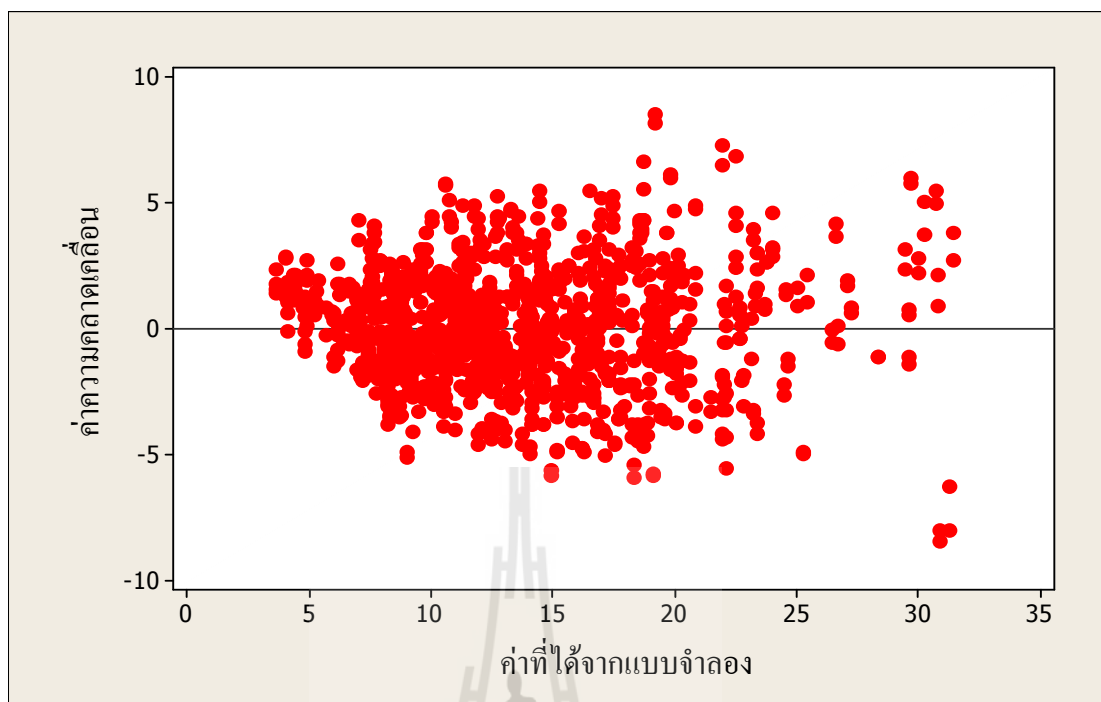
การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

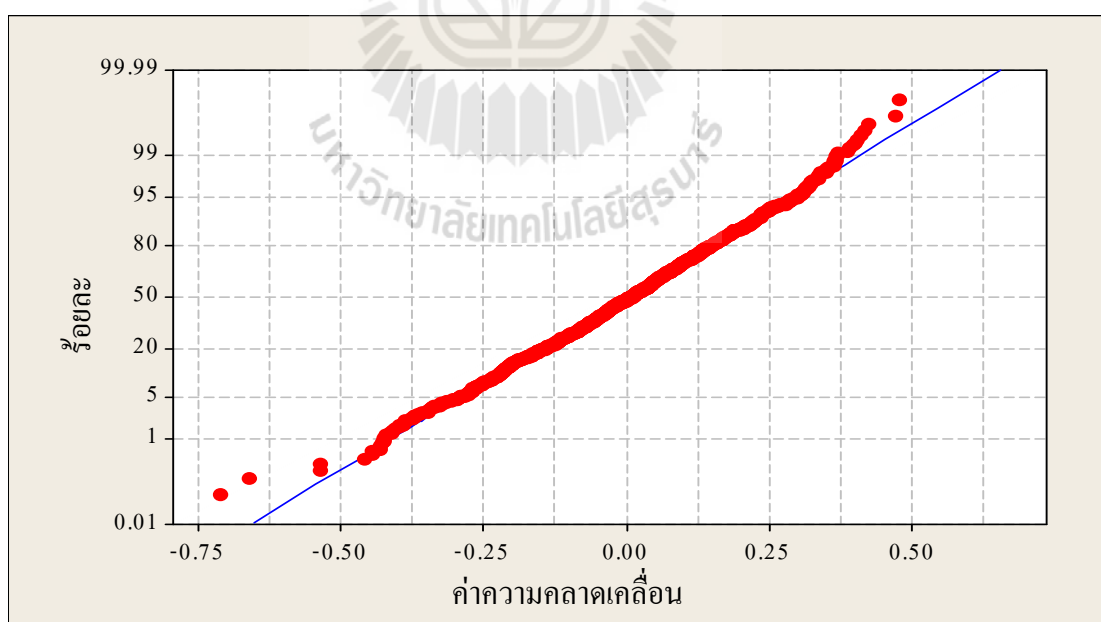
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมีข้อสมมุติเบื้องต้นว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิติตามข้อสมมุติเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติดังรูปที่ ข.1 แต่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลองยังมีการรวมกันของจุดพล็อตที่ส่วนหนึ่งของกราฟดังรูปที่ ข.2 จึงต้องทำการแปลงข้อมูลเป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ ดังรูปที่ ข.3 และ ข.4 ตามลำดับ จากนั้นทำการตรวจสอบค่าข้อมูลที่ทำการแปลงแล้วพบว่า เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้น ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ



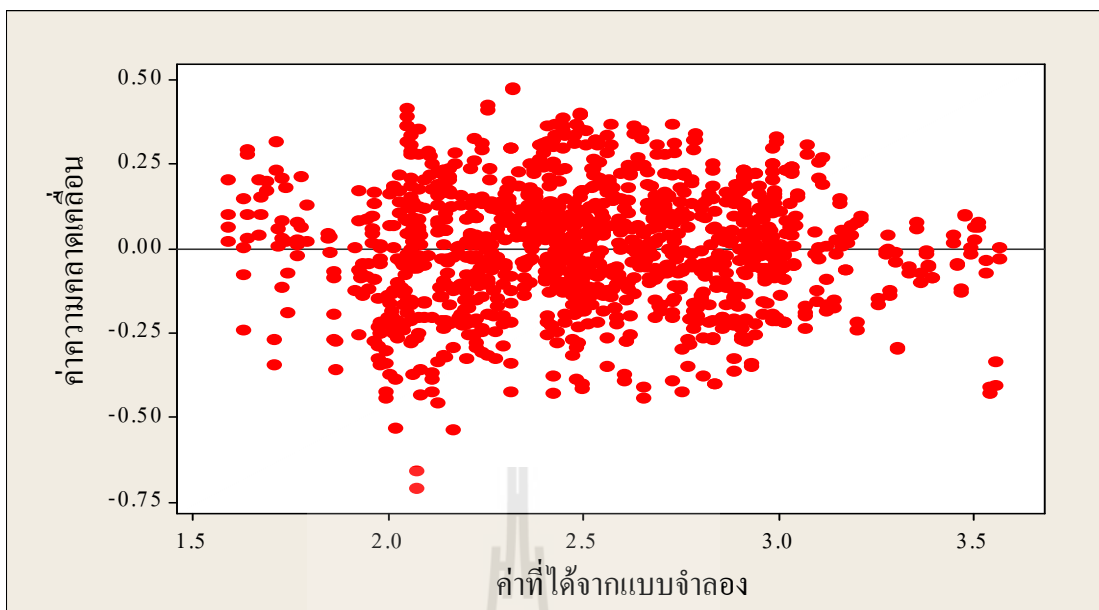
รูปที่ ข.1 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง



รูปที่ ข.3 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติจากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ



รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

ผลของการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับปัจจัยของแต่ละแหล่ง
ความแปรปรวนที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิต โดยใช้วิธีการทดสอบของ Tukey
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังต่อไปนี้

1) ทิศของแรง

ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงกับแรงดัน				
ค่าล่าง	ค่ากลาง	ค่าบน	-----+-----+-----+-----	
0.02725	0.04774	0.06822	(------*-----)	
			-----+-----+-----+-----	
			0.036	0.048 0.060
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย		SE ของความแตกต่าง	ค่าที (T-value)	ค่าพี (P-value)
0.04774		0.01044	4.571	0.0000

รูปที่ ข.5 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับทิศของแรง

2) ทำขึ้น

ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงทำขึ้นปกติกับทำขึ้นทำเอียงกัน				
ค่าล่าง	ค่ากลาง	ค่าบน	+-----+-----+-----+-----	
0.4560	0.4765	0.4970	(------*-----)	
			+-----+-----+-----+-----	
			0.456	0.468 0.480 0.492
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย	SE ของความแตกต่าง	ค่าที (T-value)	ค่าพี (P-value)	
0.4765	0.01044	45.63	0.0000	

รูปที่ ข.6 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับทำขึ้น

3) เพศ

ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงของเพศชายกับเพศหญิง				
ค่าล่าง	ค่ากลาง	ค่าบน	-----+-----+-----+-----+	
-0.4062	-0.3857	-0.3652	(-*-)	
			-----+-----+-----+-----+	
			-0.36	-0.24 -0.12 0.00
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย	SE ของความแตกต่าง	ค่าที (T-value)	ค่าพี (P-value)	
-0.3857	0.01044	-36.94	0.0000	

รูปที่ ข.7 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับเพศ

4) ร่องเท้า

ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงโดยใช้ร่องเท้าปกติกับ:					
ร่องเท้า	ค่าล่าง	ค่ากลาง	ค่าบน	-----+-----+-----+-----	
มีแผ่นเสริมชนิดเรียบ	0.02729	0.05722	0.08716	(-----*-----)	
มีหมอนรองสันเท้า	0.03110	0.06103	0.09097	(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----	
				0.000	0.035 0.070
ร่องเท้า	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย		SE ของความแตกต่าง	ค่าที	ค่าพี
มีแผ่นเสริมชนิดเรียบ	0.05722		0.01279	4.474	0.0000
มีหมอนรองสันเท้า	0.06103		0.01279	4.772	0.0000
ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงโดยใช้ร่องเท้ามีแผ่นเสริมชนิดเรียบกับ:					
ร่องเท้า	ค่าล่าง	ค่ากลาง	ค่าบน	-----+-----+-----+-----	
มีหมอนรองสันเท้า	-0.02612	0.003809	0.03374	(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----	
				0.000	0.035 0.070
ร่องเท้า	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย		SE ของความแตกต่าง	ค่าที	ค่าพี
มีหมอนรองสันเท้า	0.003809		0.01279	0.2978	0.9523

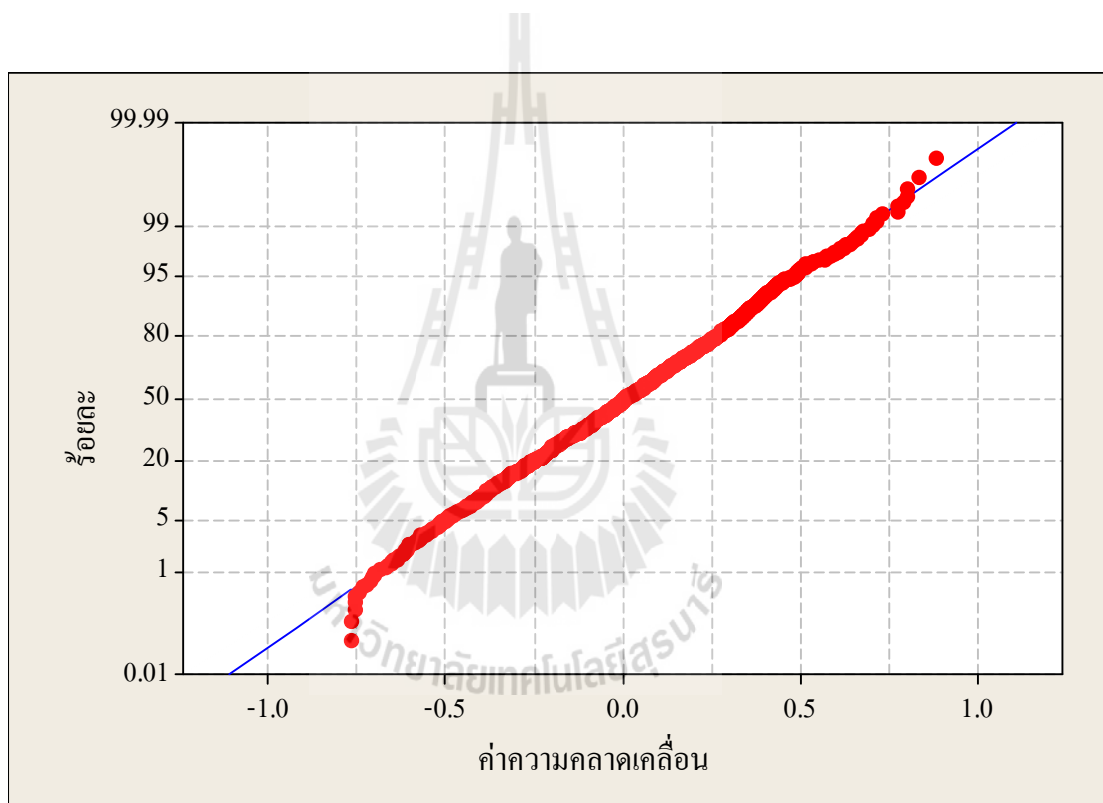
รูปที่ ข.8 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยเกี่ยวกับร่องเท้า



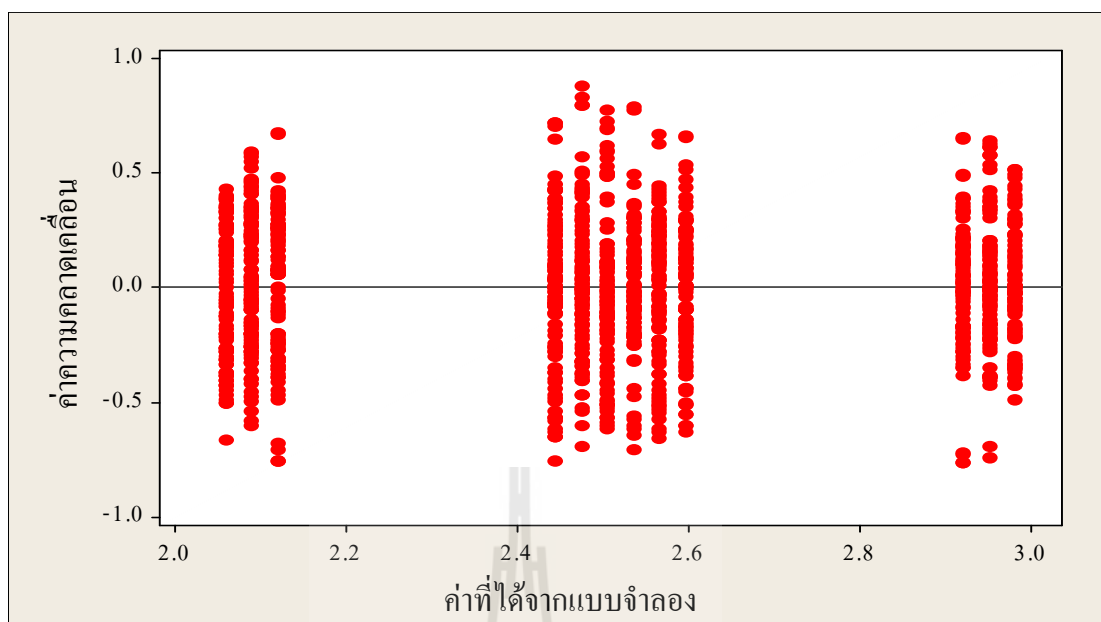
ภาคผนวก ซ

สร้างความสัมพันธ์ระหว่างเรากับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง

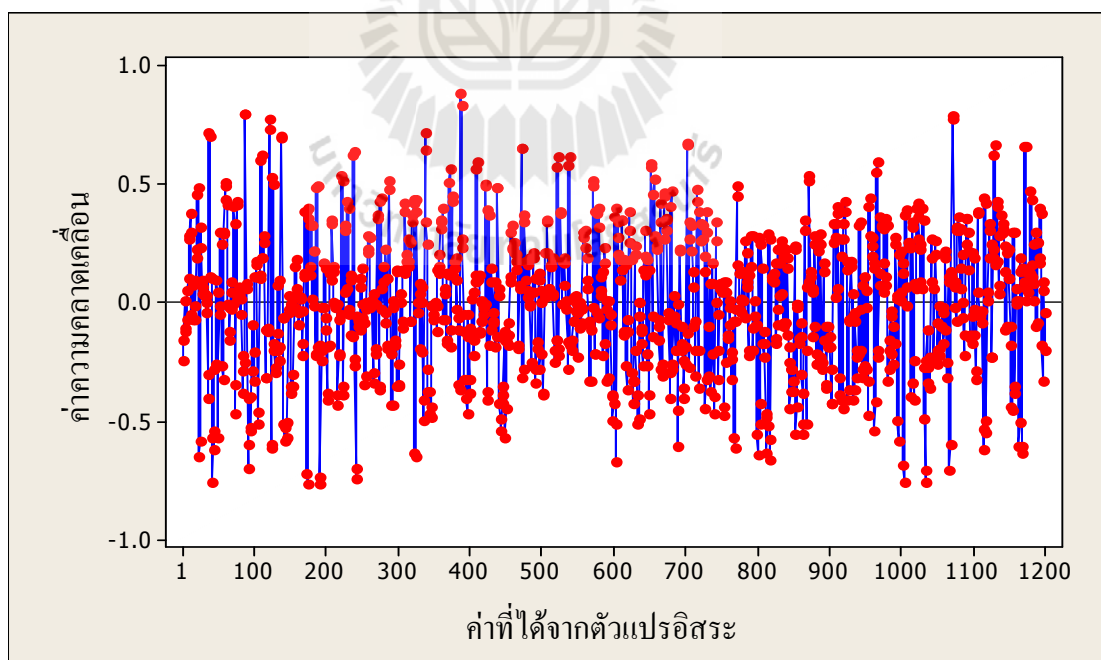
ในการทดสอบข้อสมมุติเบื้องต้นใช้หลักการเกี่ยวกับการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังกราฟในรูปที่ ซ.1 รูปที่ ซ.2 และ ซ.3 ตามลำดับ จากรูปที่ ซ.1 สังเกตเห็นว่ากราฟความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรง จากนั้นพิจารณารูปที่ ซ.2 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลองพบว่าจุดกระจายรอบศูนย์กลางอย่างสมดุลและความกว้างของแถบคงที่ กราฟมีการกระจายแบบกลุ่ม แสดงถึงความเป็นอิสระต่อกันของค่าความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากตัวแปรอิสระดังรูปที่ ซ.3 ยังไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน แสดงว่าสมการถดถอยที่ใช้มีรูปแบบเหมาะสม



รูปที่ ซ.1 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ
จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ



รูปที่ ซ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
จากการแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติ



รูปที่ ซ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าที่ได้จากตัวแปรอิสระ

เพื่อทดสอบความแม่นยำของการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติ จึงสุ่มค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบจำนวน 40 คน มาใช้ในการสร้างสมการถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับลักษณะรองเท้าที่สวมใส่ขณะออกแรง สมการที่ได้คือ ค่าความสามารถในการออกแรง = $2.4649 - 0.4405 \text{ เพศ} + 0.0330 \text{ รองเท้า} + 0.4555 \text{ ทำยีน}$ จากนั้นนำค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบอีก 10 คน มาเปรียบเทียบกับค่าประมาณที่ได้จากสมการถดถอย ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ ข.1 พบว่าค่าประมาณของความสามารถในการออกแรงสถิติจากสมการค่าความสามารถในการออกแรงมีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงสถิติที่แปลงเป็นลอการิทึมธรรมชาติ

โดยสามารถประมาณได้จากค่าของตัวแปรต่อไปนี้

- เพศ 1 = เพศชาย
 2 = เพศหญิง
- รองเท้า 1 = รองเท้าปกติที่สวมใส่ปฏิบัติงานจริง
 2 = รองเท้าปกติที่เพิ่มแผ่นเสริมรองเท้าชนิดเรียบ
 3 = รองเท้าปกติที่เพิ่มหมอนรองส้นเท้า
- ทำยีน 1 = ทำยีนปกติ
 2 = ทำยีนเท้าเยื้อง

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างการประมาณค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ถูกทดสอบ

ลำดับที่	เพศ	รองเท้า	ทำยีน	ค่าแรงสถิติที่แปลงเป็น ลอการิทึมธรรมชาติ	ค่าประมาณจากสมการค่า ความสามารถในการออกแรง
1	1	1	1	1.8718	2.5129
2	1	2	1	2.0669	2.5459
3	1	3	1	1.9315	2.5789
4	1	1	2	3.0819	2.9684
5	1	2	2	3.0910	3.0014
6	2	1	1	2.1972	2.0724
7	2	2	1	1.9169	2.1054
8	2	3	1	1.9169	2.1384
9	2	1	2	2.4336	2.5279
10	2	2	2	2.2300	2.5609

ภาคผนวก ฅ

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

พรศิริ จงกล ชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ และวรรณนิสา นุชคุ้ม. (2554). การวิเคราะห์งานและการจัดสรร
พนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ปีที่ 13 ฉบับที่ 2.

พรศิริ จงกล ชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ และวรรณนิสา นุชคุ้ม. (2554). การวิเคราะห์และจัดสรรพนักงาน
ขนส่งในสายการผลิตให้เหมาะสม. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.
ปีที่ 1 ฉบับที่ 1.

พรศิริ จงกล และชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์. (2553). การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง
ในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553.
13-15 ตุลาคม. โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี.

ยศวริศ พลเสน ชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ จารุพงษ์ บรรเทา และพงษ์ชัย จิตตะมัย. (2553). การปรับปรุง
การจัดเส้นทางเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น. การประชุมวิชาการช่างงาน
วิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553. 13-15 ตุลาคม. โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชัน
เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี.

พรศิริ จงกล วรรณนิสา นุชคุ้ม และชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์. (2553). การจัดสรรพนักงานขนส่ง
ในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้วิธีการวัดงาน. การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภูมิภาคตะวันตก ครั้งที่ 1. 13-14 พฤษภาคม. อาคารศูนย์ภาษาและ
คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

Jongkol, P., Thongsumrit, T., and Nutkhum, W. (2010). **Assessment of Discomfort in
Checkstand Cashiers.** First Southeast Asian Network of Ergonomics Societies
Conference. December 14-17, 2010. Marco Polo Hotel, Cebu City, Philippines.

Jongkol, P., Nutkhum, W., and Thongsumrit, T. (2010). **Work Analysis of Transportation
Operators.** First Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference.
December 14-17, 2010. Marco Polo Hotel, Cebu City, Philippines.



**เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
ขอรับรองว่า**

โครงการ การใช้แรงและความไม่สบายบริเวณเท้าของพนักงานขนส่ง

โครงการเลขที่ของผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ —

ชื่อหัวหน้าโครงการ นายธีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์

สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

โครงการได้มาตรฐานทางวิชาการ ไม่ขัดต่อหลักจริยธรรมสากล และเป็นไปตามคำประกาศเอลซิงกิ

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอได้ ณ วันที่ 13 มกราคม 2554

ลงชื่อ.....*ทพ. พย. อ. ม. พ.*

(แพทย์หญิงพยอม บุณณสิน)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ใบรับรองมีระยะเวลา 1 ปีหลังจากวันที่อนุมัติ

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำนักงาน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์/โทรสาร 0-4422-4750



แบบแจ้งผลการพิจารณาผลงานทางวิชาการ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ใน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University

วันที่ 17 ก.พ. 2554

ตามที่ ผศ.ดร.พรศิริ จงกล ได้ส่งผลงานทางวิชาการ เรื่อง “การวิเคราะห์งานและการจัดสรร
พนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์” เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นั้น

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้พิจารณาผลงานดังกล่าวตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ.2554

(ผศ.ดร.ศิริพร จิงสุทธีวงศ์)

ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัย

โครงการจัดตั้งกองส่งเสริมการวิจัยฯ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โทรศัพท์ 045-353035 โทรสาร 045-288508 Email address: anatcha2010@gmail.com

การวิเคราะห์งานและการจัดสรรพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Work Analysis and Allocation of Transportation Operators in Hard Disk Drive Production Line

พรศิริ จงกล*, อีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ และวรรณนิสา นุชคุ้ม

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*E-mail: pornsiri@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การปรับปรุงผลผลิตภาพ เป็นกลยุทธ์หลักที่ใช้ในการเพิ่มศักยภาพสำหรับการแข่งขันกันในตลาดโลก จากการศึกษาการทำงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่าจำนวนพนักงานขนส่งไม่เหมาะสมกับภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ทำให้พนักงานขนส่งมีเวลาว่างที่เกิดจากการรอคอย วัดอุปสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ 1) เพื่อกำหนดจำนวนพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เหมาะสมที่สุด และ 2) เพื่อวัดความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในการแก้ปัญหาเรื่องจำนวนพนักงานทำได้โดยใช้การศึกษาการทำงาน กำหนดงานย่อยของพนักงานขนส่ง ระยะทางการขนส่ง เวลาในการขนส่ง และคำนวณเวลามาตรฐานในการทำงานของพนักงาน จากนั้นจึงคำนวณจำนวนพนักงานขนส่งน้อยที่สุดที่สามารถรับภาระงานได้มากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าเวลามาตรฐาน ทำให้ลดจำนวนพนักงานขนส่งลงได้ 3 คนต่อกะ หรือ 6 คนต่อวัน ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพการทำงานของพนักงานขนส่งได้ 37.5 % ในส่วนของการประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตของพนักงานขนส่ง เป็นการวัดความหนักของภาระงานการเคลื่อนรถเข็นและฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้เครื่องชั่งสปริงวัดค่าแรงในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ และวัดความสามารถในการออกแรงโดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตของพนักงานขนส่งจำนวน 39 คน ผู้ชาย 21 คนและผู้หญิง 18 คน ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตสูงสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 16.23 และ 15.40 กิโลกรัม และค่าดังกล่าวของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 10.97 และ 8.37 กิโลกรัมตามลำดับ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการวัดงานจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานขนส่งได้

คำสำคัญ : การวัดงาน, การศึกษาการทำงาน, การทำงานขนส่ง, ค่าเผื่อ, เวลามาตรฐาน, การออกแรงสถิต, ความสามารถในการออกแรงของมนุษย์, ความสามารถในการออกแรงสูงสุดเท่าที่มนุษย์จะกระทำได้โดยสมัครใจ

Abstract

Productivity improvement is necessary as a major strategy to remain competitive in a global market. Utilization of transportation operator was studied in a hard disk drive manufacturer. The problem found was an inappropriate number of transportation operators. The objectives of this study were to determine the optimal number of transportation operators in hard disk drive manufacturing processes and to measure static push and pull strengths of transportation operators. To solve a problem of optimal number of operators, work study was conducted. Work elements of transportation operation were identified. Traveling distances were measured using a measuring tape, whereas transportation time was measured using stopwatches. Then, standard time was determined. Finally, the minimum number of transportation operators was calculated using the standard time. The number of operators could be decreased 3 operators per shift or 6 operators per day. This results in 37.5% productivity improvement. Pull and push strengths were measured using a static strength measurement system.

There were 39 subjects in this study (21 males and 18 females). Pull and push strengths were exerted at the handle height of the wagon. The mean, standard deviation, and percentiles of strength data were computed. The results showed that the highest pull and push strengths of male were 16.23 and 15.40 kg, respectively, whereas those of females were 10.97 and 8.37 kg, respectively. The lowest pull and push strengths of male were 4.73 and 4.23 kg, respectively, whereas those of females were 3.40 and 3.60 kg, respectively. It was concluded that work measurement was an important tool used to increase productivity of transportation operation.

Keywords : Work Measurement, Work Study, Transportation Operation, Allowance, Standard Time, Static Strength, Human Strength, Maximum Voluntary Exertion

1. บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ที่มีบทบาทต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [1] การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการแข่งขันทั้งทางด้านคุณภาพและราคาของฮาร์ดดิสก์ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้การผลิตนั้นมีความก้าวหน้าและใกล้เคียงกัน ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงให้ความสำคัญต่อการลดต้นทุนการผลิต โดยหาแนวทางกลยุทธ์และวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการระบบการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและสร้างโอกาสในการแข่งขันให้มากยิ่งขึ้น การปรับปรุงผลิตภาพเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้สูงขึ้น และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การศึกษาการทำงานและการวัดงาน เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภาพ [2] และได้มีการนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้ประยุกต์ใช้ในการกำหนดจำนวนพนักงานให้เหมาะสม [3], [4], [5]

การจัดการเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของสถานประกอบการ การออกแบบการทำงานให้แก่พนักงานนั้นจะต้องคำนึงถึงทั้งความปลอดภัยของพนักงานและประสิทธิภาพ หากมีการบาดเจ็บหรือความไม่สบายอันเนื่องมาจากการทำงานแล้ว ย่อมส่งผลต่อผลิตภาพด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องทราบขีดความสามารถในการทำงานของพนักงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งขีดความสามารถในการทำงานโดยใช้แรง ดังเช่น การยก การดันหรือการเข็น และการดึงหรือการลาก [6] ดังนั้น

ตัวพนักงานเองจำเป็นต้องทำอย่างอื่นที่จะต้องทราบขีดความสามารถในการออกแรงของตนเองและพยายามที่จะไม่ออกแรงเกินค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น [7] ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพนักงานไม่ควรออกแรงเกินค่า 15% ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Maximum Voluntary Exertion) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน [8]

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยการดึงหรือดัน แบ่งเป็น 3 ปัจจัยคือ 1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับงานและสถานที่ทำงาน ได้แก่ ระยะทางการเคลื่อนย้าย ความถี่ของการทำงาน ความสูงของระยะมือจับ และน้ำหนักในการเคลื่อนย้าย 2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับวิธีการทำงานและท่าทางในการทำงาน ได้แก่ ระยะของเท้าถึงรถเข็น ระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสอง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความเร็วในการเดิน และ 3) ปัจจัยเนื่องจากตัวพนักงานเอง ได้แก่ เพศ และน้ำหนักของร่างกาย [9] ปัจจุบันการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงคนโดยการดันและการดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมักใช้อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายที่สำคัญคือ รถเข็น ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ระหว่าง 2-1,500 กิโลกรัม และมีระยะทางการเข็นอยู่ระหว่าง 9-500 เมตร แต่การใช้รถเข็นขนย้ายสิ่งของต่างๆ ไม่ได้เป็นการช่วยผ่อนแรงเสมอไป ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดแรงในการปฏิบัติงานและการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงานให้น้อยลง [10] ซึ่งการออกแรงดันหรือแรงดึงจะแปรผันตรงกับน้ำหนักของรถเข็นที่เพิ่มขึ้น ถ้าของที่บรรทุกในรถเข็นมีน้ำหนักมากขึ้นก็จะทำให้พนักงานต้องออกแรงที่มีในการเข็นมากขึ้นด้วย [11]

บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ชนิด คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว สำหรับคอมพิวเตอร์แบบ

กระเป๋าคอมพิวเตอร์ (Notebook Computer) และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) จากการเข้าไปศึกษาเบื้องต้น พบว่ามีความสูญเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อันเนื่องจากการรอคอยงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ นอกจากนี้ลักษณะการทำงานของพนักงานขนส่งเป็นการเข็นรถเข็นซึ่งบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในกระบวนการผลิตโดยมีระยะเวลาการทำงานประมาณ 10.5 ชั่วโมงต่อวัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาการทำงานของพนักงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตจากทรัพยากรที่มีอยู่เดิม โดยใช้เทคนิคการวัดงานด้วยการจับเวลาโดยตรง [12] เพื่อกำหนดค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time) โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ 1) เพื่อกำหนดจำนวนพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เหมาะสมที่สุด และ 2) เพื่อประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1 การศึกษาภาระงานและวิเคราะห์อัตรากำลัง

ของพนักงานขนส่งในสายการผลิต มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่งในปัจจุบัน และการไหลของงาน
2. เลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษ
3. วิเคราะห์งานของพนักงานขนส่งในพื้นที่ที่ทำการศึกษ
4. กำหนดวิธีการทำงานมาตรฐาน
5. กำหนดขนาดตัวอย่าง
6. เก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวัดงาน
7. กำหนดค่าเวลาเผื่อและคำนวณค่าเวลามาตรฐานในการทำงาน
8. คำนวณหาจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด
9. วิเคราะห์และสรุปผล

2.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิตและประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิต มีวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยเป็นดังนี้

1. การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ
- เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้คือ เครื่องชั่งน้ำหนัก และเครื่องวัดส่วนสูง การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทาง

กายภาพเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และประสบการณ์ทำงานของผู้ถูกทดสอบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

2. การศึกษาภาระงานของพนักงานขนส่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานขนส่งมีดังนี้ คือ รถเข็น ชิงงาน และถาดใส่ชิงงาน การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภาระงานประกอบด้วย น้ำหนักและขนาดของรถเข็น ชิงงาน และถาดใส่ชิงงาน ความหนักของภาระงานนั้นพิจารณาจากแรงที่ใช้ในการเข็นเพื่อให้รถเข็นเคลื่อนที่ ซึ่งวัดโดยเครื่องชั่งสปริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลความหนักของภาระงาน โดยคำนวณหาค่าน้ำหนักรวมของการขนส่งแต่ละรอบ และแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่รถเข็น

3. การศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิตของพนักงานขนส่ง

เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องมือวัดแรงสถิต (Jackson strength measurement system) โดยทำการวัดความสามารถในการออกแรงดึงและดันของพนักงานที่ระดับความสูง 90 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับ ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในสายการผลิต การออกแรงเป็นการใช้แรงจากท่อนแขนเป็นส่วนใหญ่

ท่าทางในการออกแรงเป็นดังนี้ ผู้ถูกทดสอบยืนเท้าทั้งสองข้างห่างจากกัน 30 เซนติเมตร มือทั้งสองข้างกำมือจับของอุปกรณ์ทดสอบไว้ โดยจัดให้แขนท่อนบนของผู้ถูกทดสอบขนานชิดกับลำตัวและแขนท่อนล่างขนานกับพื้น (แขนท่อนบนตั้งฉากกับแขนท่อนล่าง) ให้ ผู้ถูกทดสอบออกแรงสูงสุดในระยะเวลา 5 วินาที โดยในช่วง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงของการเริ่มออกแรง ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ออกแรงให้สูงสุด จากนั้นนำค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ผลที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงในครั้งนั้นๆและมีหน่วยเป็นกิโลกรัม จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชายและผู้หญิงทำได้โดยนำค่าร้อยละ 15 ของค่าความสามารถในการออกแรงสถิตสูงสุดของพนักงานแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับความหนักของภาระงานการเข็นรถเข็นภาระงานดังกล่าวนี้เท่ากับ 0.5 กิโลกรัมซึ่งวัดจากค่าแรงเสียดทานของพื้นในขณะเข็นรถเข็นที่บรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3. ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาภาระงานและวิเคราะห์อัตรากำลังของพนักงานขนส่งในสายการผลิต

1. เลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา

จำนวนพนักงานที่ใช้ในการขนส่งแต่ละจุดเป็นดังแสดงในตารางที่ 1 กระบวนการขนส่งระหว่าง Part Supply ถึง Line Main มีจำนวนพนักงานขนส่งมากที่สุด คือ 28 คน รองลงมา คือ กระบวนการขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP มีจำนวนพนักงาน 26 คน จะเห็นได้ว่า พนักงานขนส่งของ 2 กระบวนการมีจำนวนใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงเข้าไปศึกษาในพื้นที่การทำงานจริง เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงาน ของพนักงานขนส่งของ 2 กระบวนการนี้ พบว่า ในกระบวนการขนส่งระหว่าง Part Supply ถึง Line Main พนักงานขนส่งงานมีเวลาว่างจากการทำงานน้อยกว่ากระบวนการขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP เนื่องจากหน้าที่การทำงาน ของ Part Supply คือ การแจกจ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เข้าสู่แต่ละ Line Main ซึ่งมีจำนวนชิ้นส่วนหลายชนิดที่พนักงานต้องทำการขนส่งในช่วงเวลาทำงาน ส่วนการขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP นั้น พนักงานต้องรอ งานให้ครบตามจำนวนที่รถเข็นสามารถบรรจุงานได้ จึงจะเข็นรถเข็นเพื่อขนส่งงานจากท้ายสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีงานถัดไป ดังนั้นจึงทำการเลือกศึกษาในพื้นที่การขนส่งระหว่างท้ายสายการผลิต QC#3 ถึง LPP ในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการผลิต 2 รูปแบบ คือ การผลิตแบบ Conveyor เป็นการประกอบ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้เสร็จสิ้นบนสายพานการผลิตเดียวกัน และการผลิตแบบ Modular เป็นการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่สามารถประกอบให้เสร็จสิ้นบนสายพานการผลิตเดียวกัน ต้องนำไปประกอบต่อในสายการผลิตถัดไปก่อนส่งไปยังสถานีงาน LPP ซึ่งมีจำนวนพนักงานขนส่งที่รับผิดชอบพื้นที่ที่ทำการศึกษารวม 26 คน ดังนี้ พนักงานขนส่ง 10 คน ทำการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว และพนักงานขนส่ง 6 คน ทำการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว ในสายการผลิตแบบ Conveyor พนักงานขนส่ง 8 คน ทำการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ในสายการผลิตทั้ง 2 แบบ คือ Conveyor และ Modular ส่วนพนักงานที่เหลืออีก 2 คนทำหน้าที่คอยสนับสนุน เป็นจำนวนพนักงานที่สำรองไว้ในกรณีที่มีการขาดหรือลางาน ทั้งนี้วิศวกรประจำบริษัทได้เลือกให้

ทำการศึกษาสายการผลิตแบบสายพาน(Conveyer) สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว ซึ่งจำนวนพนักงานขนส่งในสายการผลิตดังกล่าวมีทั้งหมด 16 คน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนของพนักงานขนส่งในสายการผลิต

กระบวนการ	จำนวนพนักงานขนส่งต่อวัน
Cleaning → Stock HSA	16
Stock HS → HSA Line	18
FHSA → FHSA Room	2
FHSA Room → DI	14
Part Supply → Line Main	28
Material Handling of FHSA → QC#2	18
QC#3 → LPP	26
LPP → Ship check	16
Ship Check → Pass Box	20

ตารางที่ 2 จำนวนของพนักงานขนส่ง QC#3 ถึง LPP

Line	Phase#1		Phase#2		Support	Total
	2.5	3.5	3.5	2.5		
Conveyer	10	6	8		2	26
Modular	-	-	-	-	-	-

2. วิเคราะห์งาน

จากการศึกษาการทำงานของพนักงานขนส่งในพื้นที่การขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP พบว่า พนักงานขนส่งปฏิบัติงานโดยใช้รถเข็นงาน โดยรถเข็นงานมี 2 ประเภท คือ รถเข็นงานสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว สามารถบรรจุงานได้ 60 หน่วย และรถเข็นงานสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว สามารถบรรจุงานได้ 30 หน่วย ระยะทางในการขนส่งโดยประมาณเท่ากับ 125.4 และ 128.4 เมตร สำหรับการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว ตามลำดับ บทความนี้ไม่แสดงค่าข้อมูลแผนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการแข่งขันทางธุรกิจ เพื่อความสะดวกในการวัดงานจึงได้ทำการแบ่งงานของพนักงานขนส่งออกเป็นงานย่อย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 งานย่อยของพนักงานขนส่ง

ลำดับ	ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว	ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว
1	พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน
2	เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่ สถานีงานถัดไป	เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่ สถานีงานถัดไป
3	เดินไปหยิบบัตรงาน	เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า
4	เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	รอกอยถาดใส่งานมาใส่รถ เข็นงานเปล่า
5	รอกอยถาดใส่งานมาใส่ รถเข็นงานเปล่า	เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้าย สายการผลิต
6	เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้าย สายการผลิต	เดินไปนั่ง
7	เดินไปนั่ง	-

3. กำหนดขนาดตัวอย่าง

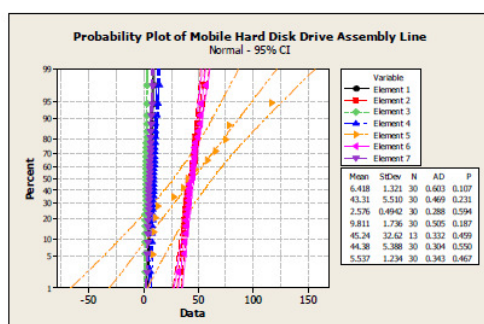
จากการสังเกตและจับเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งในช่วงแรก พบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งแต่ละรอบอยู่ในช่วง 2 – 5 นาที จากนั้นคำนวณหาขนาดตัวอย่างตามสมการ (1) ได้เท่ากับ 30 ตัวอย่าง [8] เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนไว้ $\pm 5\%$ และระดับความเชื่อมั่น 95%

$$N = \left[\frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$

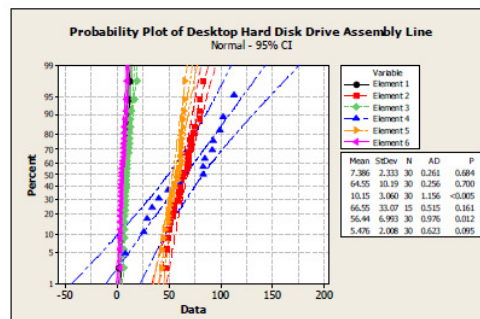
โดย N คือ จำนวนขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

n คือ จำนวนตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา

x คือ ข้อมูลเวลาของตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา



รูปที่ 1 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว



รูปที่ 2 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว

4. การวัดงาน

จากการจับเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งงานและวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ได้เวลาการทำงาน (Observe time) จากนั้นทำการประเมินอัตราการทำงาน (Rating) โดยใช้ระบบ Westing House ทำการประเมินองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ความชำนาญ ความพยายาม เงื่อนไขการทำงาน และความสม่ำเสมอในการทำงาน ซึ่งผลคูณระหว่างค่าเวลาการทำงานกับอัตราการทำงาน ทำให้ได้เวลาการทำงานปกติ (Normal time) ในแต่ละรอบการทำงาน of พนักงานขนส่งงาน โดยได้ผลดังนี้

ความชำนาญเฉลี่ย	D	0.00
ความพยายามเฉลี่ย	D	0.00
เงื่อนไขการทำงานดี	C	+0.02
ความสม่ำเสมอพอใช้	E	-0.02
รวม		<u>0.00</u>

ดังนั้น เวลาการทำงานปกติ (Normal time) จึงเท่ากับเวลาการทำงาน (Observe time) จากตารางที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่าเวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว มีค่ามากกว่าเวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้เวลามากกว่าในขั้นตอนการเข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป การรอกอยถาดใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า และการเข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต

ตารางที่ 4 เวลาการทำงานของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1. พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	6.42	1.32
2. เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่ สถานีงานถัดไป	43.31	5.51
3. เดินไปหยิบบัตรงาน	2.58	0.49
4. เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	9.81	1.74
5. รอคอยรถใส่งานมาใส่รถเข็น งานเปล่า	45.24	32.62
6. เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้าย สายการผลิต	44.38	5.39
7. เดินไปนั่ง	5.54	1.23
รวม	157.27	

ตารางที่ 5 เวลาการทำงานของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1. พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	7.39	2.33
2. เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่ สถานีงานถัดไป	64.55	10.19
3. เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	10.15	3.06
4. รอคอยรถใส่งานมาใส่รถเข็น งานเปล่า	66.55	33.07
5. เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้าย สายการผลิต	56.44	6.99
6. เดินไปนั่ง	5.48	2.01
รวม	210.54	

5. การกำหนดค่าเวลาเผื่อ

ค่าเวลาเผื่อ (Allowance) เป็นเวลาที่เพิ่มเข้าไปในเวลางานปกติ เพื่อลดความเมื่อยล้าและความเครียดจากการทำงานของพนักงาน แม้ว่าได้มีการจัดวิธีการทำงานให้เหมาะสมแล้ว เวลาเผื่อมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เวลาเผื่อคงที่ (Constant Allowances) เป็นค่าเวลาที่ต้องเพิ่มให้กับพนักงานที่ทำงานทุกคน ได้แก่

1.1 เวลาเผื่อกิจส่วนตัว (Personal Allowance) การกำหนดเวลาเผื่อให้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ความหนักเบา ระยะเวลาทำงาน เงื่อนไขในการ

ทำงาน เป็นต้น โดยเวลาเผื่อกิจส่วนตัวมักอยู่ระหว่าง 5-7% ของเวลาทำงานปกติ

1.2 เวลาเพื่อความเมื่อยล้า (Fatigue Allowance) เป็นเวลาที่เพิ่มให้กับงานที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่ายงานทั่วไปที่เป็นลักษณะงานเบาใช้เวลาเพื่อความเมื่อยล้าเท่ากับ 4% ของเวลาทำงานปกติ สำหรับงานหนักต้องให้เวลาพักเหนื่อยมากขึ้น

2. เวลาเผื่อผันแปร (Variable Allowances) เป็นค่าเวลาเผื่อสำหรับความเครียดและสิ่งแวดล้อมเช่น ค่าเผื่อเวลาการทำงานในลักษณะเย็น ค่าเผื่อเวลาการใช้แรง ค่าเผื่อสำหรับพื้นที่ที่มีแสง เสียง บรรยากาศที่แตกต่างกัน เป็นต้น แม้ว่าจะเป็นงานชนิดเดียวกัน เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันค่าเวลาเผื่อที่เพิ่มเข้าไปในเวลางานปกติย่อมแตกต่างกันด้วย

จากการศึกษาลักษณะการทำงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิต สามารถจำแนกค่าเผื่อเวลาได้ 4 ประเภท คือ เวลาเผื่อกิจส่วนตัว เวลาเพื่อความเมื่อยล้า เวลาเผื่อสำหรับทำยืมทำงาน และเวลาเพื่อความซ้ำซากในการใช้อวัยวะในร่างกาย ซึ่งการกำหนดเปอร์เซ็นต์ค่าเวลาเผื่อ แสดงดังตารางที่ 6 เวลาเผื่อคงที่นั้นมาจากกิจส่วนตัว 5% และความเมื่อยล้า 4% ส่วนเวลาเผื่อผันแปรนั้นมาจากการยืมทำงาน 2% และการใช้อวัยวะในร่างกายซ้ำๆ 2% [13] รวมเปอร์เซ็นต์ค่าเวลาเผื่อทั้งหมดเท่ากับ 13%

ตารางที่ 6 เปอร์เซนต์ค่าเผื่อในการทำงาน

เวลาเผื่อ	เปอร์เซนต์ค่าเวลาเผื่อ
เวลาเผื่อคงที่ กิจส่วนตัว ความเมื่อยล้า	5% 4%
เวลาเผื่อผันแปร ยืมทำงาน การใช้อวัยวะในร่างกายซ้ำๆ	2% 2%
รวม	13%

6. การคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน

การคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน ทำได้โดยการนำเวลางานปกติของพนักงานขนส่งคูณกับค่าเวลาเผื่อ คือ 1.13 ซึ่งมาจาก $(1 + \% \text{ค่าเวลาเผื่อ})$ ทำให้ได้เวลามาตรฐานสำหรับการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลาการทำงานมาตรฐานของพนักงานขนส่ง

สายการผลิต	เวลามาตรฐาน (วินาที)
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว	177.72
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว	237.91

7. การหาจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

เวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะ คือ 37,800 วินาที (10.5 ชั่วโมง x 60 นาที x 60 วินาที) ซึ่งเวลานี้ไม่รวมเวลาพักของพนักงาน จากนั้นนำเวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะมาคำนวณหาจำนวนรอบในการขนส่งต่อกะของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว ดังสมการ (2)

$$\begin{aligned} \text{จำนวนรอบในการขนส่ง} &= \frac{\text{เวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะ}}{\text{เวลามาตรฐานการทำงานต่อรอบ}} \quad (2) \\ \text{ต่อคนต่อกะ} &= 213 \text{ รอบต่อกะ} \end{aligned}$$

การคำนวณหาจำนวนพนักงานในการขนส่งต่อกะของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้วสามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\begin{aligned} \text{จำนวนพนักงาน} &= \frac{\text{แผนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ}}{\text{จำนวนหน่วยที่พนักงานแต่ละคน}} \quad (3) \\ \text{ในการขนส่งต่อกะ} &= \frac{\text{ขนาด 2.5 นิ้ว ต่อกะ}}{\text{ขนส่งต่อกะ}} \\ &= 3 \text{ คนต่อกะ} \end{aligned}$$

ในส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว สามารถคำนวณได้โดยวิธีเดียวกันกับข้างต้น ผลเป็นดังแสดงในตารางที่ 8 จากผลการคำนวณพบว่า ในส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้วสามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ 2 คน และลดได้ 1 คน สำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว แสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งจะนำไปเป็นแนวทางในการจัดสรรพนักงานขนส่งต่อไป เมื่อทำการลดจำนวนพนักงานลงได้ 6 คนต่อวัน จาก 16 คนต่อวัน ทำให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้น 37.5%

ตารางที่ 8 จำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

สายการผลิต	ความถี่ในการขนส่ง (รอบ/กะ/คน)	จำนวนพนักงาน (คน/กะ)
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว	213	3
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว	159	2

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบจำนวนพนักงานที่ลดลง

สถานการณ์	จำนวนพนักงาน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว (คน/กะ)	จำนวนพนักงาน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว (คน/กะ)
ปัจจุบัน	5	3
การศึกษา	3	2

3.2 ผลการศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิตและประเมิณภาระงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิต

1. คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบจำนวน 39 คน ซึ่งเป็นผู้ชาย 21 คน และผู้หญิง 18 คน โดยเฉลี่ยแล้วผู้ชายมีอายุ 29.05 ปี สูง 166.81 เซนติเมตร หนัก 58.38 กิโลกรัม และมีประสบการณ์ทำงาน 3.33 ปี ส่วนผู้หญิงโดยเฉลี่ยมีอายุ 29.33 ปี สูง 159.11 เซนติเมตร หนัก 49.72 กิโลกรัม และมีประสบการณ์ทำงาน 3.78 ปี

ตารางที่ 10 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ 39 คน

รายการ (หน่วย)	ผู้ชาย		ผู้หญิง	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
อายุ (ปี)	29.05	3.49	29.33	4.95
ส่วนสูง (ซม.)	166.81	7.25	159.11	6.86
น้ำหนัก (กก.)	58.38	7.25	49.72	6.22
ประสบการณ์(ปี)	3.33	1.77	3.78	2.84

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาระการออกแรงของพนักงานขนส่ง

จากการวัดขนาดของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่งชิ้นงานขนาด 2.5 นิ้ว พบว่ารถเข็นสูง 90 เซนติเมตร กว้าง 16 เซนติเมตร และหนา 3 เซนติเมตร ซึ่งตารางที่ 11 แสดงค่าน้ำหนักของการขนส่งโดยแต่ละรอบมีน้ำหนัก 28.8 กิโลกรัม การวัดความหนักของภาระงานทำได้โดยใช้เครื่องซึ่งสปริงแบบแขวนวัดค่าแรงที่ทำให้รถเข็นเคลื่อนที่และได้ค่าเท่ากับ 0.5 กิโลกรัม

ตารางที่ 11 น้ำหนักของการขนส่งในแต่ละรอบ

รายการ	น้ำหนักต่อการบรรทุกขนส่ง (กก.)
รถเข็น 1 คัน	18.3
ชิ้นงาน 60 ชิ้น	6.0
ถาดใส่ชิ้นงาน 15 ถาด	4.5
รวมน้ำหนักทั้งหมด	28.8

3. ความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ต่าง ๆ ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของพนักงานขนส่งผู้ชายและผู้หญิง จากการทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติงานจริงพบว่าค่าแรงดึงและแรงดันสถิติเฉลี่ยของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 10.10 และ 9.74 กิโลกรัม ตามลำดับ และค่าแรงดึงและแรงดันสถิติเฉลี่ยของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 6.27 และ 5.46 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของพนักงานขนส่งผู้ชายและผู้หญิง

ข้อมูล	ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้ชาย (กก.)		ค่าความสามารถในการออกแรงสถิติของผู้หญิง (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
Mean	10.10	9.74	6.27	5.46
S.D.	3.37	3.20	2.62	1.54
Min	4.73	4.23	3.40	3.60
25 th Percentile	7.53	7.93	3.90	3.93
50 th Percentile	9.47	9.17	5.63	5.42
75 th Percentile	12.17	11.93	8.04	6.72
95 th Percentile	16.07	15.30	10.74	7.83
Max	16.23	15.40	10.97	8.37

4. ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง

4.1 ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชาย

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชายเริ่มจากการคำนวณค่าแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของค่าแรงดึงและแรงดันสูงสุด (15% MVE) ที่พนักงานแต่ละคนทำได้ เช่น ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบคนที่ 1 มีค่าแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 4.73 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดึงที่ 15% ของค่าแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 0.71 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 13

เมื่อเปรียบเทียบกับค่า 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดกับค่าแรงเสียดทาน 0.5 กิโลกรัมที่ใช้ในการทำให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ พบว่า ค่า 15% ของพนักงานผู้ชายทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งจึงไม่เกินกำลังของพนักงานชาย

ตารางที่ 13 ผลการคำนวณแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานขนส่งผู้ชาย

ผู้ถูกทดสอบ	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดของผู้ชาย (กก.)		15% ของค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดของผู้ชาย (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
(N=21)				
1	4.73	4.23	0.71	0.64
2	5.27	5.87	0.79	0.88
3	6.37	6.53	0.96	0.98
4	7.27	6.63	1.09	1.00
5	7.43	7.17	1.12	1.08
6	7.53	7.93	1.13	1.19
7	8.70	8.00	1.31	1.20
8	8.90	8.13	1.34	1.22
9	8.93	8.27	1.34	1.24
10	8.93	8.37	1.34	1.26
11	9.47	9.17	1.42	1.38
12	9.57	9.20	1.44	1.38
13	10.00	9.83	1.50	1.48
14	10.93	10.07	1.64	1.51
15	11.00	11.33	1.65	1.70
16	12.17	11.93	1.83	1.79
17	13.17	13.33	1.98	2.00
18	13.97	13.37	2.10	2.01
19	15.50	14.53	2.33	2.18
20	16.07	15.30	2.41	2.30
21	16.23	15.40	2.44	2.31
ค่าเฉลี่ย	10.10	9.74	1.52	1.46

4.2 ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้หญิง

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้หญิงเริ่มจากการคำนวณค่าแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของค่าแรงดึงและแรงดันเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับของพนักงานขนส่งผู้ชาย ดังแสดงในตารางที่ 14

ผลปรากฏค่า 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานผู้หญิงทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งจึงไม่เกินกำลังของพนักงานหญิง เช่นเดียวกับผลของพนักงานผู้ชาย

ตารางที่ 14 ผลการคำนวณแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานขนส่งผู้หญิง

ผู้ถูกทดสอบ (N=18)	ค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดของผู้หญิง (กก.)		15% ของค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดของผู้หญิง (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
1	3.40	3.60	0.51	0.54
2	3.77	3.67	0.57	0.55
3	3.80	3.70	0.57	0.56
4	3.80	3.83	0.57	0.58
5	3.85	3.90	0.58	0.59
6	4.07	4.03	0.61	0.61
7	4.33	4.20	0.65	0.63
8	4.33	5.07	0.65	0.76
9	5.43	5.20	0.82	0.78
10	5.83	5.63	0.88	0.85
11	6.27	6.03	0.94	0.91
12	7.23	6.27	1.09	0.94
13	7.87	6.27	1.18	0.94
14	8.10	6.87	1.22	1.03
15	8.67	6.87	1.30	1.03
16	10.40	6.97	1.56	1.05
17	10.70	7.73	1.61	1.16
18	10.97	8.37	1.65	1.26
ค่าเฉลี่ย	6.27	5.46	0.94	0.82

4. สรุปและเสนอแนะ

จากการศึกษาการทำงานของพนักงานขนส่งงานในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ได้สรุป ผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ

4.1 ผลการศึกษาภาระงานและวิเคราะห์อัตรากำลังของพนักงานขนส่งในสายการผลิต

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า สามารถลดจำนวนพนักงานขนส่งลงได้ 3 คนต่อกะ หรือ 6 คนต่อวัน ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพการทำงานของพนักงานขนส่งได้ 37.5 % โดยจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สามารถรับภาระงานที่มอบหมายให้ได้ คือ จำนวนพนักงานเท่ากับ 3 คนในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว และเท่ากับ 2 คนในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว เห็นได้ว่าการวัดงานเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตภาพในการทำงานของพนักงานขนส่งได้

4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในสายการผลิต

จากการศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่ง สรุปได้ว่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิติสูงสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 16.23 และ 15.40 กิโลกรัม ของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 10.97 และ 8.37 กิโลกรัม ตามลำดับ และความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิติต่ำสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 4.73 และ 4.23 กิโลกรัม ของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 3.40 และ 3.60 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่า 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียตทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงไม่เกินกำลังของพนักงาน

4.3 แนวทางในการจัดสรรพนักงานขนส่งในสายการผลิต

จากการศึกษาเวลาในการทำงานขนส่งและการออกแรงสถิติของพนักงานขนส่งในขณะปฏิบัติงานโดยใช้หลักการยศาสตร์ พบว่าบริษัทสามารถลดจำนวนพนักงานขนส่งในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ลงได้ 2 คน และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว สามารถลดได้ 1 คน เมื่อพิจารณาความหนักของภาระงานขนส่งแล้วพบว่าพนักงานออกแรงต่ำกว่าร้อยละ 15 ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด ซึ่งถือว่าเป็นภาระงานที่สามารถปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่องในระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงหรือนานกว่านั้นโดยไม่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงาน ทั้งนี้การลดจำนวนพนักงานขนส่งลงโดยที่ความหนักของการออกแรงในการขนส่งไม่ได้เกินค่าร้อยละ 15 ของความสามารถในการออกแรงสูงสุดเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและทำวิจัย

บรรณานุกรม

- [1] Electronics Trend Publications. 2009. **The World-wide Electronics Manufacturing Services Market**. <http://www.electronicstrendpubs.com>
- [2] Mayer, F.E. and Stewart, J.R. 2002. **Motion and Time Study for Lean manufacturing**. 3rd ed. Singapore: Prentice Hall.
- [3] Blyer, L., Tieman, L., Stuart, J.A., Duplaga, L., Meyer, N. and Grant, E. 2003. **Plastic separation planning enhancement from new laser identification technology and work measurement analysis**. Proceedings of the Electronics and the Environment, pp. 105-110.
- [4] Kroll, E. 1996. "Application of work-measurement analysis to product disassembly for recycling". **Concurrent Engineering**. 4(2): 149-158.
- [5] Soontornpas, C., Soontornpas, R. and Chumworathayi, P. 2008. "Work measurement by work sampling technique in Department of Pharmacy Service". **Srinagarind Med J**. 23(1): 45-52.
- [6] Mital, A. and Ramakrishnan, A. 1999. "A comparison of literature-based design recommendations and experimental capability data for a complex manual materials handling activity". **International Journal of Industrial Ergonomics** 24(1): 73-80.
- [7] Das, B. 1985. **The assessment of the manual materials handling problem**. In Proceeding of the 18th Annual Conference of HFAC, Human Factors Association of Canada. 63-66.
- [8] Konz, S. and Johnson, S. 2004. **Work Design: Occupational Ergonomics**. 6th ed. Arizona, USA: Holcomb Hathaway.
- [9] Hoozemans, M.J.M., Van Der Kreek, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., Van Duk, F.J.H. and Van Der Woude, L.H.V. 1998. "Pushing and Pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors". **Ergonomics** 41(41): 757-781.
- [10] Mack, K., Haslegrave, C.M. and Gray M.I. 1995. "Usability of manual handling aids for transporting materials". **Applied Ergonomics** 26(5): 353-364.
- [11] Al-Eisawi, K.W., Kerk, C.J., Congleton, J.J., Amendola, A.A., Jenkins, O.C. and Gaines, W. 1999. "Factors affecting minimum push and pull forces of manual carts". **Applied Ergonomics** 30(3): 235-245.
- [12] Barnes, R. M. 1980. **Motion and Time Study: Design and Measurement of work**. 7th ed. John Wiley and Sons, Inc.
- [13] Niebel, B. W. and Freivalds, A. 2004. **Methods, standards, and work design**. 11th ed. Singapore: McGraw-Hill.



มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต KASEM BUNDIT UNIVERSITY

ที่ วศ.0204/246

คณะวิศวกรรมศาสตร์

5 เมษายน 2554

เรื่อง กองบรรณาธิการแจ้งรับบทความที่ประสงค์ลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต
เรียน ผศ.ดร.พรศิริ จงกล

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เรื่อง การวิเคราะห์และจัดสรรพนักงานขนส่งในสายการผลิตให้เหมาะสม (ANALYSIS AND OPTIMAL ALLOCATION OF TRANSPORTATION OPERATORS IN PRODUCTION LINE) เพื่อลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต นั้น

ขณะนี้บทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความแล้ว

กองบรรณาธิการจะดำเนินการตีพิมพ์บทความของท่านลงใน “วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน 2554)” ในลำดับต่อไป

กองบรรณาธิการวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับบทความของท่านเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิตอีกในลำดับต่อไป เพื่อเป็นประโยชน์แก่วงการวิศวกรรมและสังคมโดยรวมตามเจตนารมณ์ของท่านและวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ)
บรรณาธิการวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

โทรศัพท์ (02) 320-2777 ต่อ 1211 โทรสาร (02) 321-6930-8 ต่อ 1211

E-mail : engkasemjournal@hotmail.com, engkasemjournal@eng.kbu.ac.th

วิทยาเขตพัฒนาการ : 1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทรศัพท์ 0-2320-2777 โทรสาร 0-2321-4444
PATANAKARN CAMPUS : 1761 PATANAKARN ROAD, SUAN LUANG, BANGKOK 10250 TEL. 0-2320-2777 FAX 0-2321-4444

วิทยาเขตร่มเกล้า : 77 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510 โทรศัพท์ 0-2904-2222 โทรสาร 0-2904-2200
ROMKLAO CAMPUS : 77 ROMKLAO ROAD, MINBURI, BANGKOK 10510 TEL. 0-2904-2222 FAX 0-2904-2200

การวิเคราะห์และจัดสรรพนักงานขนส่งในสายการผลิตให้เหมาะสม Analysis and Optimal Allocation of Transportation Operators in Production Line

พรศิริ จงกล¹ ชีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์² วรรณนิศา นุชคุ้ม³

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

^{2,3}นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การปรับปรุงผลผลิตภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้เป็นกลยุทธ์หลักเพื่อเพิ่มศักยภาพสำหรับการแข่งขันกันในตลาดโลก จากการศึกษาการทำงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง พบว่าจำนวนพนักงานขนส่งไม่เหมาะสมกับภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ทำให้พนักงานขนส่งมีเวลาว่างที่เกิดจากการรอคอย วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ การกำหนดจำนวนพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นแก้ปัญหาโดยศึกษาการทำงาน กำหนดงานย่อยของพนักงานขนส่ง วัดระยะทางการขนส่ง จับเวลาในการขนส่ง และคำนวณค่าเวลามาตรฐานในการทำงานของพนักงาน จากนั้นจึงคำนวณหาจำนวนพนักงานขนส่งน้อยที่สุดที่สามารถรับภาระงานได้มากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าเวลามาตรฐาน ทำให้ลดจำนวนพนักงานขนส่งลงได้ 3 คนต่อกะ หรือ 6 คนต่อวัน ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพการทำงานของพนักงานขนส่งได้ 37.5 % ดังนั้นการวัดงานจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความสำคัญ และใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานขนส่งได้

คำสำคัญ: การวัดงาน, การศึกษาการทำงาน, การทำงานขนส่ง, ค่าเผื่อ, เวลามาตรฐาน

ABSTRACT

Productivity improvement is necessary as a major strategy to remain competitive in a global market. Utilization of transportation operators was studied in a hard disk drive manufacturer. The problem found was an inappropriate number of transportation operators that had affected the idle time of operators. The objective of this study was to determine the optimal number of transportation operators in hard disk drive manufacturing processes. To solve such a problem, work study was conducted. Work elements of transportation operation were identified. Travelling distance was measured using a measuring tape, whereas transportation time was recorded using stopwatches. Then, standard time was determined. Finally, the minimum number of transportation operators was calculated using the standard time. The number of operators could be decreased 3 operators per shift or 6 operators per day. This results in 37.5% productivity improvement. It was concluded that work measurement was an important tool used for increasing productivity of transportation operation.

KEYWORDS: Work Measurement, Work Study, Transportation Operation, Allowance, Standard Time

1. บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ที่มีบทบาทต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันความต้องการผลิตภัณฑ์จากกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต้องปรับปรุงและพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [1] ในปัจจุบันมีการแข่งขันทั้งทางด้านคุณภาพและราคาของฮาร์ดดิสก์ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตนั้นมีความก้าวหน้าและใกล้เคียงกัน ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงให้ความสำคัญต่อการลดต้นทุนการผลิต โดยหาแนวทางกลยุทธ์และวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการระบบการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและสร้างโอกาสในการแข่งขันให้มากยิ่งขึ้น

การปรับปรุงผลิตภาพเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้สูงขึ้น และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [2-3] ในการปรับปรุงผลิตภาพมีหลากหลายเทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาและแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น การศึกษาการทำงาน [4] การใช้เครื่องมือการปรับปรุงคุณภาพ การใช้แบบจำลองสถานการณ์ [5] เป็นต้น การศึกษาการทำงานและการวัดงาน (Work Measurement) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยพิจารณาจากเวลาการทำงาน [6] โดยมีงานวิจัยหลายงานได้นำเทคนิคดังกล่าวไปใช้ในการกำหนดจำนวนพนักงานให้เหมาะสม [7-9]

บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ชนิด คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว สำหรับคอมพิวเตอร์แบบกระเป๋าหิ้ว (Notebook Computer) และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) จากการเข้าไปศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีความสูญเสียเปล่าเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อันเนื่องจากการรอคอย

งานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งทำให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต และเกิดการไหลอย่างไม่ต่อเนื่องในการผลิต ด้วยเหตุดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้หาแนวทางการใช้ทรัพยากรมนุษย์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยวิธีการศึกษาการทำงาน (Work Study) โดยมีวัตถุประสงค์ คือ กำหนดจำนวนพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้เหมาะสม

2. วิธีการศึกษา

การศึกษากาการวิเคราะห์หัตถ์การกำลังของพนักงานขนส่งในสายการผลิตมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. เลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา
2. วิเคราะห์งานของพนักงานขนส่ง
3. กำหนดขนาดตัวอย่าง
4. วัดงานโดยใช้นาฬิกาจับเวลา
5. กำหนดค่าเวลาเพื่อ
6. คำนวณค่าเวลามาตรฐานในการทำงาน
7. คำนวณหาจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด
8. วิเคราะห์การปฏิบัติงานขนส่งโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Flexsim

3. ผลการศึกษา

การศึกษากาการทำงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ได้ผลดังนี้

3.1 การเลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการขนส่งเกิดขึ้น 8 จุดและจำนวนของพนักงานขนส่งทั้งหมดในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เท่ากับ 158 คนต่อวัน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการทำงานของพนักงานขนส่งของแต่ละจุดพบว่า การขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP นั้นพนักงานต้องรองานจากท้ายสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ให้ครบตามจำนวนที่รถเข็นสามารถบรรจุงานได้ก่อน จึงจะเข็นรถเข็นเพื่อขนส่งงานจากท้ายสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ไปยัง

สถานงานถัดไป เป็นผลให้เกิดการรอคอยของพนักงานมากที่สุด ดังนั้นจึงทำการเลือกศึกษาในพื้นที่การขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP ซึ่งทำการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว และ 3.5 นิ้ว โดยมีจำนวนพนักงานขนส่งเท่ากับ 16 คน

3.2 การวิเคราะห์งานของพนักงานขนส่ง

จากการศึกษาการทำงานของพนักงานขนส่งในพื้นที่การขนส่งระหว่าง QC#3 ถึง LPP พบว่าพนักงานขนส่งปฏิบัติงานโดยใช้รถเข็นงาน 2 ประเภท คือ รถเข็นงานสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว และรถเข็นงานสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว โดยมีระยะทางในการขนส่ง เท่ากับ 125.4 และ 128.4 เมตร สำหรับการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ตามลำดับ ระยะเวลาการทำงานของพนักงานเท่ากับ 10.5 ชั่วโมงต่อกะ กิจกรรมงานย่อยของพนักงานขนส่ง (Flow Process Chart) เป็นดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 กิจกรรมงานย่อยของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว	สัญลักษณ์
1.พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	⇒
2.เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป	⇒
3.เดินไปหยิบบัตรงาน	⇒
4.เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	⇒
5.รอรถใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า	D
6.เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต	⇒
7.เดินไปนั่ง	⇒

ตารางที่ 2 กิจกรรมงานย่อยของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว	สัญลักษณ์
1.พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	⇒
2.เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป	⇒
3.เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	⇒
4.รอรถใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า	D
5.เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต	⇒
6.เดินไปนั่ง	⇒

3.3 การกำหนดขนาดตัวอย่าง

จากการจับเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งในเบื้องต้น พบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งแต่ละรอบอยู่ในช่วง 2-5 นาที จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดตัวอย่างตามสมการ (1) ได้เท่ากับ 30 ตัวอย่าง [10] เมื่อนำข้อมูลเวลาการขนส่งมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ $\pm 5\%$ และระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ $95\% (\pm 2\sigma)$

$$\pm 2\sigma_x = \pm 0.05 \bar{x}$$

$$N = \left[\frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$

โดย σ_x คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเวลาเฉลี่ย
 N คือ จำนวนขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม
 n คือ จำนวนตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา
 x คือ ข้อมูลเวลาของตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา

3.4 การวัดงาน

หลังจากการจับเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งงาน ทำให้ได้เวลาการทำงาน จากนั้นทำการประเมินอัตราการการทำงานโดยใช้ระบบWesting House โดยได้ผลดังนี้

ความชำนาญเฉลี่ย	D	0.00
ความพยายามเฉลี่ย	D	0.00
เงื่อนไขการทำงานดี	C	+0.02
ความสม่ำเสมอพอใช้	E	-0.02
รวม		<u>0.00</u>

ซึ่งผลคูณระหว่างค่าเวลาการทำงานกับอัตราการการทำงาน ทำให้ได้เวลาการทำงานปกติในแต่ละรอบการทำงานของพนักงานขนส่งงาน ดังตารางที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า เวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว มีค่ามากกว่าเวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้เวลาที่มากกว่าในขั้นตอนการเข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป การรอกคอยถาดใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า และการเข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต

ตารางที่ 3 เวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1.พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	6.42
2.เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป	43.31
3.เดินไปหยิบบัตรงาน	2.58
4.เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	9.81
5.รอกถาดใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า	45.24
6.เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต	44.38
7.เดินไปนั่ง	5.54
รวม	157.27

ตารางที่ 4 เวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1.พนักงานเดินไปที่รถเข็นงาน	7.39
2.เข็นงานไปวาง ณ จุดวางที่สถานีงานถัดไป	64.55
3.เดินไปเอารถเข็นงานเปล่า	10.15
4.รอกถาดใส่งานมาใส่รถเข็นงานเปล่า	66.55
5.เข็นรถเข็นงานเปล่ามาที่ท้ายสายการผลิต	56.44
6.เดินไปนั่ง	5.48
รวม	210.54

3.5 การกำหนดค่าเวลาเผื่อ

การกำหนดเปอร์เซ็นต์ค่าเวลาเผื่อของการทำงานขนส่ง เป็นดังแสดงในตารางที่ 5 เวลาเผื่อค่านั้นมาจากกิจส่วนตัว 5% และความเมื่อยล้า 4% ส่วนเวลาเผื่อผันแปรนั้นมาจากการยืนทำงาน 2% และการใช้อวัยวะในร่างกายซ้ำๆ 2% รวมเปอร์เซ็นต์ค่าเวลาเผื่อทั้งหมดเท่ากับ 13% [11]

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ค่าเผื่อในการทำงาน

เวลาเผื่อ	เปอร์เซ็นต์ค่าเวลาเผื่อ
เวลาเผื่อคงที่	
กิจส่วนตัว	5%
ความเมื่อยล้า	4%
เวลาเผื่อผันแปร	
ยืนทำงาน	
การใช้อวัยวะในร่างกายซ้ำๆ	2%
	2%
รวม	13%

3.6 การคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน

การคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน ทำได้โดยการนำเวลาการทำงานปกติของพนักงานขนส่งคูณกับค่าเวลาเผื่อ คือ 1.13 ซึ่งมาจาก $(1 + \%ค่าเวลาเผื่อ)$ ทำให้ได้เวลาการทำงานมาตรฐานการทำงานสำหรับการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว เท่ากับ 177.72 และ 237.91 วินาที ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เวลามาตรฐานการทำงานของพนักงานขนส่ง

สายการผลิต	เวลามาตรฐาน (วินาที)
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว	177.72
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว	237.91

3.7 การคำนวณจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

การคำนวณจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุดนั้นต้องทราบจำนวนรอบในการขนส่งต่อพนักงานแต่ละคนต่อกะและแผนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต่อกะ ทั้งนี้เวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะของพนักงานขนส่ง เท่ากับ 37,800 วินาที $(10.5 \text{ ชั่วโมง} \times 60 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที})$ ซึ่งเวลานี้ไม่รวมเวลาพักของพนักงาน จากนั้นนำเวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะและเวลามาตรฐานการทำงานต่อรอบมาคำนวณหาจำนวนรอบในการขนส่งต่อกะของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังสมการ (2) ผลปรากฏว่าจำนวนรอบในการขนส่งต่อคนต่อกะของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้วเท่ากับ 213 รอบ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนรอบในการขนส่ง} &= \frac{\text{เวลาการทำงานทั้งหมดต่อกะ}}{\text{เวลามาตรฐานการทำงานต่อรอบ}} \quad (2) \\ \text{ต่อคนต่อกะ} &= 213 \text{ รอบต่อกะ} \end{aligned}$$

ส่วนการคำนวณหาจำนวนพนักงานในการขนส่งต่อกะของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้วนั้นใช้สมการ (3) ทั้งนี้จำนวนแผนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นข้อมูลที่ไม่เปิดเผย ส่วนจำนวนหน่วยของฮาร์ดดิสก์ที่พนักงานแต่ละคนขนส่งต่อกะคำนวณจากจำนวนรอบในการขนส่งต่อคนต่อกะคูณด้วยจำนวนหน่วยที่พนักงานแต่ละคนขนส่งต่อรอบผลการคำนวณปรากฏว่าจำนวนพนักงานขนส่งต่อกะเท่ากับ 3 คน

$$\begin{aligned} \text{จำนวนพนักงาน} &= \frac{\text{แผนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ต่อกะ}}{\text{จำนวนหน่วยที่พนักงานแต่ละคนขนส่งต่อกะ}} \quad (3) \\ &= 3 \text{ คนต่อกะ} \end{aligned}$$

ในการคำนวณหาจำนวนพนักงานในการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว สามารถคำนวณได้โดยวิธีเดียวกันกับวิธีข้างต้น โดยได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนพนักงานที่ลดลง พบว่าในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว สามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ 2 คน และในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว สามารถลดพนักงานได้ 1 คน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 จำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

สายการผลิต	รอบการขนส่ง (รอบ/กะ/คน)	จำนวนพนักงาน (คน/กะ)
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว	213	3
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว	159	2

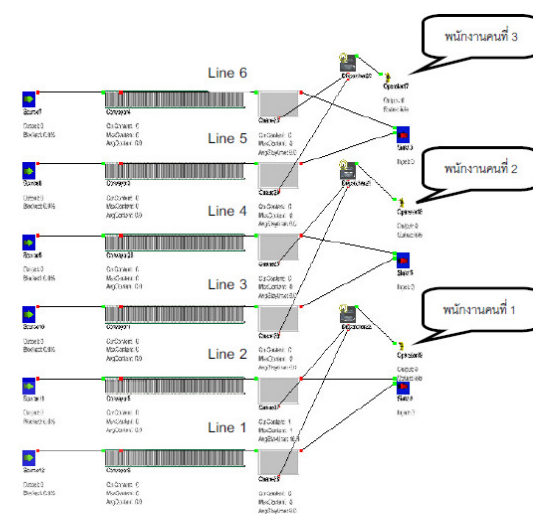
ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบจำนวนพนักงานที่ลดลง

สถานการณ์	จำนวนพนักงาน อาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว (คน/กะ)	จำนวนพนักงาน อาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว (คน/กะ)
ปัจจุบัน	5	3
งานวิจัยนี้	3	2

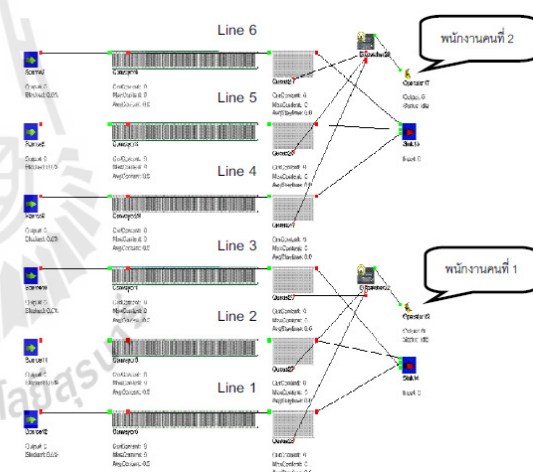
3.8 การวิเคราะห์การปฏิบัติงานขนส่งโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

งานวิจัยนี้ทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Flexsim การสร้างแบบจำลองสถานการณ์การปฏิบัติงานขนส่งงานในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ใช้ข้อมูลดังนี้ 1) อัตราการเข้ามาของงานขนส่ง (Arrival rate) ซึ่งก็คือ อัตราการประกอบอาร์ตติสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 และ 3.5 นิ้ว ในสายการผลิต และ 2) เวลาที่พนักงานขนส่งใช้ในการขนส่งงานแต่ละรอบ ซึ่งก็คือ เวลามาตรฐานการทำงานของพนักงานขนส่ง

ลักษณะการจำลองระบบการทำงานจริงในปัจจุบันเป็นดังนี้คือ ในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งประกอบด้วย 10 สายการผลิตและมีพนักงานขนส่ง 5 คน โดยพนักงานแต่ละคนรับผิดชอบคนละ 2 สายการผลิต ส่วนการทำงานในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งประกอบด้วย 6 สายการผลิต และมีพนักงานขนส่ง 3 คน โดยพนักงานแต่ละคนรับผิดชอบคนละ 2 สายการผลิต (รูปที่ 1) ในขณะที่การจำลองระบบการทำงานหลังการปรับปรุงจำนวนพนักงานเป็นดังนี้คือ ในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว กำหนดจำนวนพนักงานขนส่งเท่ากับ 3 คน พนักงานแต่ละคนรับผิดชอบคนละ 4 สายการผลิต ส่วนการจำลองระบบการปฏิบัติงานขนส่งงานในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว กำหนดให้มีพนักงานขนส่ง 2 คน โดยพนักงานแต่ละคนรับผิดชอบคนละ 3 สายการผลิต (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 แบบจำลองการทำงานในปัจจุบันของสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว



รูปที่ 2 แบบจำลองการทำงานหลังการปรับปรุงของสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์การปฏิบัติงานขนส่งงานในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไดร์ฟ ที่สร้างขึ้นนี้ทำได้โดยการเปรียบเทียบจำนวนผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองกับจำนวนผลผลิตที่ได้จากการทำงานจริง ซึ่งผลปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมานี้มีความถูกต้อง นอกจากนี้

ยังทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลองระบบการปฏิบัติงาน โดยให้ระบบทำงานเป็นเวลาทั้งหมด 75,600 วินาที เพื่อไม่ให้ค่าเริ่มต้น เช่น อัตราการเข้ามาของงานในช่วงเริ่มทำงานมีผลกระทบต่อค่าของผลการจำลอง

3.8.1 การหาจำนวนซ้ำ (Replications)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการของ Confidence Interval [12] ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้หลักสถิติเข้ามาช่วยกำหนดจำนวนซ้ำ โดยทำการกำหนดปัจจัยนำเข้า ผลลัพธ์ กำหนดจำนวนซ้ำตามความแม่นยำที่ต้องการ ($d_{required}$) จากนั้นนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับจำนวนซ้ำตามความแม่นยำที่ต้องการ โดยมีพารามิเตอร์ ดังนี้

- 1) ปัจจัยนำเข้า คือ เวลาการทำงานของพนักงานขนส่งงาน (วินาที)
- 2) ผลลัพธ์ คือ ร้อยละของเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งงาน
- 3) ค่าเผื่อ (Look ahead) คือ การประมาณค่าเฉลี่ยที่ผิดพลาด มีค่าเท่ากับ 5

กำหนดให้ d_n เป็นครึ่งหนึ่งของความกว้างของ Confidence Interval ซึ่งคำนวณได้ในสมการ (4)

$$d_n = \frac{100t_{n-1, \alpha/2} S_n / \sqrt{n}}{\bar{X}_n} \quad (4)$$

โดย n คือ จำนวนซ้ำที่ใช้

$t_{n-1, \alpha/2}$ คือ ค่า Student t สำหรับองศาอิสระ $n-1$

และนัยสำคัญของ $1-\alpha$

$\bar{X}_n$ คือ ค่าเฉลี่ยสะสมของผลลัพธ์

S_n คือ ค่าประมาณของส่วนเบี่ยงเบน

3.8.2 เงื่อนไขในการหยุดการเปรียบเทียบระหว่าง d_n กับ $d_{required}$ (Stopping Criteria)

Robinson [13] ได้เสนอเงื่อนไขในการหยุดการเปรียบเทียบระหว่าง d_n กับ $d_{required}$ ว่าเมื่อพบค่า d_n ที่น้อยที่สุดที่ไม่เกินค่า $d_{required}$ ให้ทำการหยุดการเปรียบเทียบ และ Law [12] แนะนำว่าใช้ค่า n ของ d_n นั้น เป็นจำนวนซ้ำที่เชื่อถือได้ แต่ทั้งนี้ก็เป็นไปได้ว่าอาจจะเกิดการหยุดก่อนที่ ควรจะเป็น ซึ่งจะนำไปสู่การประมาณค่าเฉลี่ยที่ผิดพลาดได้ เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหานี้ จึงได้มีการใช้ค่าเผื่อที่เรียกว่า "look ahead" ซึ่งแทนด้วย $kLimit$ โดยค่า $kLimit$ นิยมกำหนดให้มีค่าประมาณ 5 ในการเปรียบเทียบเพิ่ม เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงที่ยังคงไม่เกินค่า $d_{required}$ โดยจำนวนซ้ำที่ได้จะแทนด้วย N_{sol} ตามเงื่อนไขดังนี้

$$f(kLimit) = \begin{cases} kLimit, & n \leq 100 \\ \lceil n \times kLimit / 100 \rceil, & n > 100 \end{cases}$$

จากการศึกษา โดยการกำหนดจำนวนซ้ำที่ 20 ซ้ำ ผลจากการจำลองระบบการทำงานของพนักงานขนส่งงาน พบว่าผลลัพธ์ ซึ่งก็คือ ค่าร้อยละเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งงาน (Loading time) มีค่าเท่ากันทุก ๆ ซ้ำ เนื่องจากปัจจัยนำเข้าของระบบเป็นค่าคงที่ เมื่อนำ d_{20} มาเปรียบเทียบกับ $d_{required}$ พบว่า d_{20} มีค่าไม่เกิน $d_{required}$ แสดงว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมโดยใช้จำนวน 20 ซ้ำ มีความน่าเชื่อถือ แต่เพื่อป้องกันการประมาณค่าเฉลี่ยที่ผิดพลาดดังที่กล่าวไว้ในเงื่อนไขในการหยุดการเปรียบเทียบ จึงได้มีการเพิ่มค่า $kLimit$ เท่ากับ 5 แล้วทำซ้ำอีกครั้งที่ d_{25} ผลปรากฏว่าไม่เกินค่า $d_{required}$ ฉะนั้นในการจำลองสถานการณ์จึงเลือกใช้จำนวนซ้ำเป็น 25 ซ้ำ

3.8.3 ผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

จากการจำลองสถานการณ์การปฏิบัติงานขนส่งงานในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ผลที่ใช้ในการพิจารณาคือร้อยละของเวลาการทำงานของพนักงานขนส่ง (Loading time) ร้อยละของเวลาว่างงานของพนักงานขนส่ง (Idle time) และผลผลิตที่ได้ของพนักงานขนส่ง (Output) ทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงจำนวนพนักงาน เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 9 พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานของพนักงานก่อนการลดจำนวนพนักงานเท่ากับร้อยละ 58.45 ได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 82.32 ภายหลังจากการลดจำนวนพนักงานสำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว สำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ค่าดังกล่าวได้เพิ่มจากร้อยละ 64.20 เป็น 90.75

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบร้อยละเวลาการทำงานของระบบก่อนและหลังปรับปรุงจำนวนพนักงาน

การจำลอง สถานการณ์	ร้อยละเวลาทำงาน (Loading time)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	58.46	80.18
พนักงานคนที่ 2	58.46	80.83
พนักงานคนที่ 3	58.45	85.96
พนักงานคนที่ 4	58.45	-
พนักงานคนที่ 5	58.45	-
เฉลี่ย	58.45	82.32
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	64.20	90.90
พนักงานคนที่ 2	64.20	90.60
พนักงานคนที่ 3	64.20	-
เฉลี่ย	64.20	90.75

ผลจากการเปรียบเทียบร้อยละของเวลาว่างงาน (ตารางที่ 10) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาว่างงานของพนักงานก่อนการลดจำนวนพนักงานเท่ากับร้อยละ 34.17 ได้ลดลงเป็นศูนย์ ภายหลังจากการลดจำนวนพนักงานสำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว สำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ค่าดังกล่าวได้ลดลงจากร้อยละ 31.19 เป็นศูนย์เช่นกัน

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบร้อยละเวลาว่างงานของระบบก่อนและหลังปรับปรุงจำนวนพนักงาน

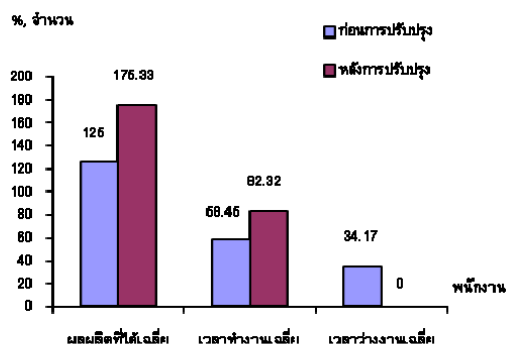
การจำลอง สถานการณ์	ร้อยละเวลาว่างงาน (Idle time)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	33.12	0.00
พนักงานคนที่ 2	32.87	0.00
พนักงานคนที่ 3	34.44	0.00
พนักงานคนที่ 4	35.13	-
พนักงานคนที่ 5	35.29	-
เฉลี่ย	34.17	0.00
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	30.93	0.00
พนักงานคนที่ 2	31.21	0.00
พนักงานคนที่ 3	31.42	-
เฉลี่ย	31.19	0.00

ส่วนผลการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ (ตารางที่ 11) พบว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตก่อนการลดจำนวนพนักงาน เท่ากับ 125 รอบ ได้เพิ่มขึ้นเป็น 175.33 รอบ ภายหลังจากการลดจำนวนพนักงานสำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว สำหรับสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ค่าดังกล่าวได้เพิ่มจาก 102 รอบ เป็น 144.50 รอบ

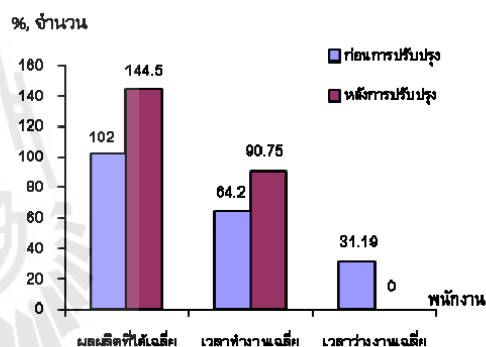
ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ของระบบ
ก่อนและหลังปรับปรุงจำนวนพนักงาน

การจำลอง สถานการณ์	ผลผลิตที่ได้ (Output)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	125	171
พนักงานคนที่ 2	125	172
พนักงานคนที่ 3	125	183
พนักงานคนที่ 4	125	-
พนักงานคนที่ 5	125	-
เฉลี่ย	125	175.33
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว		
พนักงานคนที่ 1	102	145
พนักงานคนที่ 2	102	144
พนักงานคนที่ 3	102	-
เฉลี่ย	102	144.50

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและ
หลังปรับปรุงจำนวนพนักงานในสายการผลิต
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว และ 3.5 นิ้ว แสดงดัง
รูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยการขนส่งงานใน
สายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว สามารถ
เพิ่มผลผลิตโดยเฉลี่ยของพนักงานขนส่งร้อยละ
40.26 เวลาการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.84 และลด
เวลาว่างของพนักงานลงได้ร้อยละ 100 ในส่วนของ
การขนส่งงานในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด
3.5 นิ้ว ผลผลิตโดยเฉลี่ยของพนักงานขนส่งเพิ่มขึ้น
ร้อยละ 41.67 เวลาการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.36
และสามารถลดเวลาว่างของพนักงานได้ร้อยละ 100



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบระบบก่อนและหลังปรับปรุง
จำนวนพนักงานในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด
2.5 นิ้ว



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบระบบก่อนและหลังปรับปรุง
จำนวนพนักงานในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด
3.5 นิ้ว

4. สรุป

การศึกษาครั้งนี้ พบว่าจำนวนพนักงานขนส่ง
ลดลงได้ 3 คนต่อกะ หรือ 6 คนต่อวัน และผลิตภาพ
การทำงานของพนักงานขนส่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.5
โดยจำนวนพนักงานขนส่งที่เหมาะสม คือ 3 คน
สำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5
นิ้ว และ 2 คนสำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์
ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว นอกจากนี้ผลจากการจำลอง
สถานการณ์การปฏิบัติงานขนส่งงานในสายการผลิต
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นแสดง

ว่าหลังจากการลดจำนวนพนักงานขนส่งลง ทำให้พนักงานมีเวลาว่างงานลดลงและประสิทธิภาพการทำงาน of พนักงานขนส่งเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Electronics Trend Publications. (2009). **The Worldwide Electronics Manufacturing Services Market**. (Cited 2010 March 25). Available from: <http://www.electronictrendpubs.com>
- [2] Sink, D.S. (1983). "Much do about productivity: Where do we go from here". **Industrial Engineering**. Vol.15, No.10, 36-48.
- [3] Russell, R.S. and Taylor, B.W. (2007). **Operations Management: Along the Supply Chain**. 6th ed. New York, USA: John Wiley and Sons.
- [4] Mayer, F.E. and Stewart, J.R. (2002). **Motion and Time Study for Lean manufacturing**. 3rd ed. Singapore: Prentice Hall.
- [5] Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., Nicol, D.M. (2005). **Discrete - Even System Simulation**. New York, USA: Prentice Hall.
- [6] Barnes, R.M. (1980). **Motion and Time Study: Design and Measurement of work**. 7th ed. John Wiley and Sons, Inc.
- [7] Blyer, L., Tieman, L., Stuart, J.A., Duplaga, L., Meyer, N., Grant, E. (2003). "Plastic separation planning enhancement from new laser identification technology and work measurement analysis". **Proceedings of the Electronics and the Environment**. 105-110.
- [8] Kroll, E. (2010). "Application of work-measurement analysis to product disassembly for recycling". **Concurrent Engineering**. Vol.18, No.2, 149-158.
- [9] Soontornpas, C., Soontornpas, R., Chumworathayi, P. (2008). "Work measurement by work sampling technique in Department of Pharmacy Service". **Srinagarind Med J**. Vol.23, No.1, 45-52.
- [10] Konz, S. and Johnson S. (2004). **Work Design: Occupational Ergonomics**. 6th ed. Arizona, USA: Holcomb Hathaway.
- [11] Niebel, B.W. and Freivalds, A. (2003). **Methods, standards, and work design**. 11th ed. Singapore: McGraw-Hill
- [12] Law, A.M. (2007). **Simulation Modeling and Analysis**. 4th ed. McGraw-Hill.
- [13] Robinson, S. (2004). **Simulation; The Practice of Model Development and Use**. John Wiley & Sons Ltd.

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ Workload Assessment of Hard Disk Drive Transportation Operators

พรศิริ จงกล และ วีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

E-mail: teerasak_ie@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตของพนักงานขนส่งในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคือ คุณลักษณะทางกายภาพของพนักงานโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดส่วนสูง ความหนักของภาระงานการเคลื่อนรถเข็นและฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้เครื่องชั่งสปริงวัดค่าแรงในการเริ่มเคลื่อนรถเข็นและขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ และความสามารถในการออกแรงโดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิต ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 39 คน ผู้ชาย 21 คน และผู้หญิง 18 คน การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันนั้นกระทำที่ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความสามารถในการออกแรงของพนักงานขนส่งแต่ละคนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตสูงสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 16.23 และ 15.40 กิโลกรัม และค่าดังกล่าวของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 10.97 และ 8.37 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันสถิตต่ำสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 4.73 และ 4.23 กิโลกรัม และค่าดังกล่าวของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 3.40 และ 3.60 กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : การออกแรงสถิต, ความสามารถในการออกแรงของมนุษย์, ความสามารถในการออกแรงสูงสุดเท่าที่มนุษย์จะกระทำได้โดยสมัครใจ

Abstract

The objective of this study was to measure static pull and push strengths of hard disk drives transportation operators. Data collected were physical characteristics of operators, workload of operators, and pull and push strengths of operators. Physical characteristics were measured using a scale and an anthropometer set, whereas workload of operators was measured using a spring scale. Pull and push strengths were measured using a static strength measurement system. There were 39 subjects in this study (21 males and 18 females). Pull and push strength exertions were measured at the handle height of the wagon. The mean, standard deviation, and percentiles of strength data were computed. The results showed that the highest pull and push strengths of male were 16.23 and 15.40 kg, respectively, whereas those of females were 10.97 and 8.37 kg, respectively. The lowest pull and push strengths of male were 4.73 and 4.23 kg, respectively, whereas those of females were 3.40 and 3.60 kg, respectively.

Keywords: Static Strength, Human Strength, Maximum Voluntary Exertion

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเอากระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติเข้ามาใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยระบบอัตโนมัติดังกล่าวได้ช่วยปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทย ยังคงอาศัยแรงงานมนุษย์ในการขนย้ายวัตถุดิบ (Manual Material Handling) เช่น กิจกรรมการยกขึ้น (Lifting) การดันหรือการเข็น (Pushing) การดึงหรือการลาก (Pulling)

การเดินถือ (Carrying) และการบิดเลี้ยว (Turning) หากผู้ปฏิบัติงานไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างสมบูรณ์ก็ย่อมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานประสบอันตรายหรือบาดเจ็บได้ (Mital and Ramakrishnan, 1999)

Hoozemans et al. (1998) ได้รวบรวมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยการดึงหรือดัน แบ่งเป็น 3 ปัจจัยคือ 1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับงานและสถานที่ทำงาน ได้แก่ ระยะทางการเคลื่อนย้าย ความถี่ของการทำงาน ความสูงของระยะมือจับ และน้ำหนักในการเคลื่อนย้าย 2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับวิธีการทำงานและท่าทางในการทำงาน ได้แก่ ระยะของเท้าถึงรถเข็น ระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสอง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความเร็วในการเดิน 3) ปัจจัยเนื่องจากตัวพนักงานเอง ได้แก่ เพศ และน้ำหนักของร่างกาย

การเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยแรงคนโดยการดันและการดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมักใช้อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายที่สำคัญคือ รถเข็น ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ระหว่าง 2-1,500 กิโลกรัม และมีระยะทางการเข็นอยู่ระหว่าง 9-500 เมตร แต่การใช้รถเข็นขนย้ายสิ่งของต่างๆ ไม่ได้เป็นการช่วยผ่อนแรงเสมอไป ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดแรงในการปฏิบัติงานและการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงานให้น้อยลง (Mack, Haslegrave and Gray, 1995) ซึ่งการออกแรงดันหรือแรงดึงจะแปรผันตรงกับน้ำหนักของรถเข็นที่เพิ่มขึ้น ถ้าของที่บรรทุกในรถเข็นมีน้ำหนักมากขึ้นก็จะทำให้พนักงานต้องออกแรงที่มือในการเข็นมากขึ้นด้วย (Al-Eisawi et al., 1999)

Resnick and Chaffin (1995) ใช้แนวทางชีวกลศาสตร์วิจัยหาแรงดันพลวัตสูงสุดโดยให้ผู้ถูกทดสอบที่มีระดับความแข็งแรงต่างกัน รถเข็นที่ใช้มี 4 ล้อซึ่งใช้ล้อแบบแรงเสียดทานต่ำ พบว่าค่าแรงเข็นสูงสุดเป็น 500 นิวตันสำหรับผู้ชาย และ 200 นิวตันสำหรับผู้หญิง นอกจากนี้ยังพบว่าที่น้ำหนักในการทำงานต่ำกว่า 225 กก. จะเกิดแรงกดอัดที่หมอนรองกระดูกช่วง L5/S1 ไม่เกิน 3,400 นิวตันที่ความเร็วต่ำกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งจัดเป็นระดับที่ปลอดภัย

Scott (1998) สืบหาความแตกต่างของความสามารถในการออกแรงดึงสูงสุดในการทำทางและระดับต่างๆ พบว่าในการทำสามารถออกแรงดึงสูงสุดได้ที่ระดับความสูง 1070 mm ทำนึ่งสามารถออกแรงดึงสูงสุดได้ที่ระดับความสูง 220 mm และที่ระดับความสูง 200 mm ทั้งมือขวาและมือซ้ายสามารถออกแรงดึงได้สูงสุด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถ

นำมาใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงานให้สามารถปฏิบัติงานในท่าทางที่เหมาะสม

การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของร่างกายมนุษย์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และสถานที่ทำงานที่เหมาะสม ในปัจจุบันข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่ครบถ้วนหรือหลากหลาย ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบ งานวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลทางด้านความสามารถในการออกแรงของมนุษย์จึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อลดช่องว่างของข้อมูลทางการยศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่เพื่อให้ได้ในส่วนที่ตรงตามความต้องการในการใช้งานออกแบบได้มากขึ้น (Peebles and Norris, 2003)

นอกจากนี้แล้วการลดความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการทำงานขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและควรนำมาพิจารณาในการออกแบบวิธีการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัย (Das and Black, 2000; Das and Ford, 1999) สิ่งสำคัญคือตัวผู้ปฏิบัติงานเองจำเป็นต้องคำนึงถึงที่ต้องทราบขีดความสามารถในการออกแรงของตนเองและพยายามที่จะไม่ออกแรงเกินค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น (Das, 1985) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพนักงานไม่ควรออกแรงเกินค่า 15% ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Maximum Voluntary Exertion) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน (Konz, 1995) จากการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการทำงานของพนักงานขนส่ง พบว่าพนักงานขนส่งทำการเข็นรถเข็นซึ่งบรรจุอาร์ติสก์ไทร์ไฟในกระบวนการผลิตโดยมีระยะเวลาการทำงานประมาณ 10.5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาความหนักของภาระงานของพนักงานขนส่งและเปรียบเทียบกับค่า 15% ของความสามารถในการออกแรงดึงและดัน เพื่อประเมินความเสี่ยงในการได้รับอันตรายจากการทำงานขนส่งของพนักงาน และนำผลการประเมินดังกล่าวมาเป็นฐานข้อมูลภาระงานของพนักงานขนส่งในสายการผลิตอาร์ติสก์ไทร์ไฟ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยเป็นดังนี้

2.1 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้คือ เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดส่วนสูง การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทาง

กายภาพเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และประสิทธิภาพการทำงานของผู้ทดสอบ จากนั้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ โดย คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล คุณลักษณะทางกายภาพ

2.2 การศึกษาภาระงานของพนักงานขนส่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานขนส่งมีดังนี้คือ รถเข็น ชั่งน้ำหนัก และถาดใส่ชั่งน้ำหนัก การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภาระงาน ประกอบด้วย น้ำหนักและขนาดสัดส่วนของรถเข็น ชั่งน้ำหนัก และถาดใส่ชั่งน้ำหนัก ความหนักของภาระงานโดยพิจารณาจากแรงที่ใช้ในการเข็นเพื่อให้รถเข็นเคลื่อนที่ โดยใช้เครื่อง ชั่งสปริงในการวัดค่าดังกล่าว จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล ความหนักของภาระงาน โดยคำนวณหาค่าน้ำหนักรวมของ การขนส่งแต่ละรอบ และแรงที่ใช้ในการเริ่มเคลื่อนรถเข็น และในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่

2.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิติของ พนักงานขนส่ง

เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องมือวัดแรงสถิติ การเก็บข้อมูล ความสามารถในการออกแรงสถิติเพื่อวัดความสามารถในการออกแรงของพนักงานที่กระทำในสองลักษณะคือ การ ออกแรงดึงและแรงดันดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยวัดแรงสถิติที่ระดับความสูงของรถเข็นที่ใช้ในการขนส่ง ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในสายการผลิต ซึ่งเท่ากับ 90 เซนติเมตร การออกแรงดึงและแรงดันสถิตินี้เป็นการใช้แรงจากท่อน แขนเป็นส่วนใหญ่

วิธีการวัดแรงสถิติเป็นดังนี้คือ ให้ผู้ถูกทดสอบยืนเท้า ทั้งสองข้างห่างกัน 30 เซนติเมตร มือทั้งสองข้างกำมือจับ ของอุปกรณ์ทดสอบไว้ โดยจัดให้แขนท่อนบนของผู้ถูก ทดสอบขนานชิดกับลำตัวและแขนท่อนล่างขนานกับพื้น (แขนท่อนบนตั้งฉากกับแขนท่อนล่าง) เมื่อผู้ถูกทดสอบ พร้อมแล้วจึงให้สัญญาณแก่ผู้ถูกทดสอบโดยการนับ "1 2 3" เมื่อนับถึงสามแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงและเพิ่ม แรงดัน (หรือดึง) ให้มากที่สุดในช่วง 2 วินาทีแรกโดยไม่เกิด การกระตุก และยังคงออกแรงมากที่สุดต่อไปอีก 3 วินาที เมื่อ เสียงออกสัญญาณดังขึ้น ผู้ถูกทดสอบหยุดออกแรงและนั่ง พักอย่างน้อย 2 นาที ก่อนออกแรงครั้งต่อไป ในช่วงการ ออกแรง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงการเพิ่มแรง ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ค่าแรงที่วัดได้มีความเสถียร จึงนำ ค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้ เป็นค่าความสามารถในการออกแรงในครั้งนั้นๆ และมี หน่วยเป็นกิโลกรัม

จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการออก แรงสถิติ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าแรงสถิติสูงสุด ต่ำสุด และค่าแรงสถิติที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 50 75 และ 95 ของความสามารถในการออกแรงสถิติ ของผู้ปฏิบัติงาน



รูปที่ 1 การออกแรงดึงของพนักงาน



รูปที่ 2 การออกแรงดันของพนักงาน

2.4 การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง

การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชายและ ผู้หญิง ทำได้โดยนำค่าร้อยละของค่าความสามารถในการ ออกแรงสถิติสูงสุด (15% Maximum Voluntary Exertion) ของตัวผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทานจากพื้นในขณะที่เข็นรถเข็นที่บรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่ง วัดได้เท่ากับ 0.5 กิโลกรัม

3. ผลการวิจัย

3.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบจำนวน 39 คน ซึ่งเป็นผู้ชาย 21 คน และผู้หญิง 18 คน โดยเฉลี่ยแล้วผู้ชายมีอายุ 29.05 ปี สูง 166.81 เซนติเมตร หนัก 58.38 กิโลกรัม และมีประสบการณ์ทำงาน 3.33 ปี ส่วนผู้หญิงมีอายุ 29.33 ปี สูง 159.11 เซนติเมตร หนัก 49.72 กิโลกรัม และมีประสบการณ์ทำงาน 3.78 ปี

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ 39 คน

รายการ (หน่วย)	ผู้ชาย		ผู้หญิง	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
อายุ (ปี)	29.05	3.49	29.33	4.95
ส่วนสูง (ซม.)	166.81	7.25	159.11	6.86
น้ำหนัก (กก.)	58.38	7.25	49.72	6.22
ประสบการณ์(ปี)	3.33	1.77	3.78	2.84

3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแรงของพนักงานขนส่ง

ตารางที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักของการขนส่ง โดยแต่ละรอบมีน้ำหนัก 28.8 กิโลกรัม การวัดความหนักของภาระงานทำโดยใช้เครื่องซึ่งสปริงแบบแขวนวัดค่าแรงที่ทำให้รถเข็นเคลื่อนที่ ซึ่งวัดได้ 0.5 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 น้ำหนักของการขนส่งในแต่ละรอบ

รายการ	น้ำหนักต่อการขนส่ง
รถเข็น 1 คัน	18.3 กก.
ชิ้นงาน 60 ชิ้น	6.0 กก.
ถาดใส่ชิ้นงาน 15 ถาด	4.5 กก.
รวมน้ำหนักทั้งหมด	28.8 กก.

3.3 ความสามารถในการออกแรงสถิตของพนักงานขนส่ง

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ต่าง ๆ ของค่าความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของพนักงานขนส่งผู้ชายและผู้หญิง จาก

การทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติงานจริงพบว่าค่าแรงดึงและแรงดันสถิตเฉลี่ยของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 10.10 และ 9.74 กิโลกรัม ตามลำดับ และค่าแรงดึงและแรงดันสถิตเฉลี่ยของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 6.27 และ 5.46 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดึงและแรงดันของพนักงานขนส่งผู้ชายและผู้หญิง

ข้อมูล	ค่าความสามารถในการออกแรงสถิตของผู้ชาย (กก.)		ค่าความสามารถในการออกแรงสถิตของผู้หญิง (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
Mean	10.10	9.74	6.27	5.46
S.D.	3.37	3.20	2.62	1.54
Min	4.73	4.23	3.40	3.60
25th Percentile	7.53	7.93	3.90	3.93
50th Percentile	9.47	9.17	5.63	5.42
75th Percentile	12.17	11.93	8.04	6.72
95th Percentile	16.07	15.30	10.74	7.83
Max	16.23	15.40	10.97	8.37

3.4 ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่ง

1. ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชาย
การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้ชายเริ่มจากการคำนวณค่าแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของค่าแรงดึงและแรงดันสูงสุด (15% MVE) เช่น ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบคนที่ 1 เป็นดังนี้ ค่าแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 4.73 กิโลกรัม ดังนั้นค่าแรงดึงที่ 15% ของค่าแรงสูงสุดเท่ากับ 0.71 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบค่า 15% ของแรงดึงและแรงดันสูงสุดกับค่าแรงเสียดทาน 0.5 กิโลกรัม ที่เกิดในขณะที่ยืนเคลื่อนที่ พบว่า ค่า 15% ของพนักงานผู้ชายทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงานขนส่งจึงไม่เกินกำลังของพนักงาน

2. ผลการประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้หญิง
การประเมินภาระงานของพนักงานขนส่งผู้หญิงเริ่มจากการคำนวณค่าแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของค่าแรงดึง

และแรงดันเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับของพนักงาน
ขนส่งผู้ขาย ดังแสดงในตารางที่ 5

ผลจากการเปรียบเทียบค่า 15% ของแรงดึงและ
แรงดันสูงสุดกับค่าแรงเสียดทาน 0.5 กิโลกรัม ที่เกิดใน
ขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ พบว่า ค่า 15% ของพนักงานผู้หญิง
ทุกคนมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระ
งานขนส่งจึงไม่เกินกำลังของพนักงาน เช่นเดียวกับผลของ
พนักงานผู้ชาย

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของ
แรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานขนส่งผู้ขาย

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถ ในการออกแรง สูงสุด ของผู้ชาย (กก.)		15% ของค่า ความสามารถใน การออกแรงสูงสุด ของผู้ชาย (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
(N=21)				
1	4.73	4.23	0.71	0.64
2	5.27	5.87	0.79	0.88
3	6.37	6.53	0.96	0.98
4	7.27	6.63	1.09	1.00
5	7.43	7.17	1.12	1.08
6	7.53	7.93	1.13	1.19
7	8.70	8.00	1.31	1.20
8	8.90	8.13	1.34	1.22
9	8.93	8.27	1.34	1.24
10	8.93	8.37	1.34	1.26
11	9.47	9.17	1.42	1.38
12	9.57	9.20	1.44	1.38
13	10.00	9.83	1.50	1.48
14	10.93	10.07	1.64	1.51
15	11.00	11.33	1.65	1.70
16	12.17	11.93	1.83	1.79
17	13.17	13.33	1.98	2.00
18	13.97	13.37	2.10	2.01
19	15.50	14.53	2.33	2.18
20	16.07	15.30	2.41	2.30
21	16.23	15.40	2.44	2.31
ค่าเฉลี่ย	10.10	9.74	1.52	1.46

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณแรงดึงและแรงดันที่ 15% ของ
แรงดึงและแรงดันสูงสุดของพนักงานขนส่งผู้หญิง

ผู้ถูก ทดสอบ	ค่าความสามารถ ในการออกแรง สูงสุด ของผู้หญิง (กก.)		15% ของค่า ความสามารถใน การออกแรงสูงสุด ของผู้หญิง (กก.)	
	แรงดึง	แรงดัน	แรงดึง	แรงดัน
(N=18)				
1	3.40	3.60	0.51	0.54
2	3.77	3.67	0.57	0.55
3	3.80	3.70	0.57	0.56
4	3.80	3.83	0.57	0.58
5	3.85	3.90	0.58	0.59
6	4.07	4.03	0.61	0.61
7	4.33	4.20	0.65	0.63
8	4.33	5.07	0.65	0.76
9	5.43	5.20	0.82	0.78
10	5.83	5.63	0.88	0.85
11	6.27	6.03	0.94	0.91
12	7.23	6.27	1.09	0.94
13	7.87	6.27	1.18	0.94
14	8.10	6.87	1.22	1.03
15	8.67	6.87	1.30	1.03
16	10.40	6.97	1.56	1.05
17	10.70	7.73	1.61	1.16
18	10.97	8.37	1.65	1.26
ค่าเฉลี่ย	6.27	5.46	0.94	0.82

4. สรุป

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า ความสามารถในการออกแรงดึง
และแรงดันสถิตสูงสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 16.23 และ
15.40 กิโลกรัม ของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 10.97 และ
8.37 กิโลกรัม ตามลำดับ และความสามารถในการออกแรง
ดึงและแรงดันสถิตต่ำสุดของพนักงานผู้ชายเท่ากับ 4.73
และ 4.23 กิโลกรัม ของพนักงานผู้หญิงเท่ากับ 3.40 และ
3.60 กิโลกรัม ตามลำดับ

จากผลการเปรียบเทียบค่า 15% ของแรงดึงและ
แรงดันสูงสุดกับค่าแรงเสียดทาน 0.5 กิโลกรัม ที่เกิดใน
ขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่ พบว่า ค่า 15% ของพนักงานทุกคน
มีค่าสูงกว่าแรงเสียดทาน ดังนั้นความหนักของภาระงาน

ขนส่งของพนักงานขนส่งในสายการผลิตอาร์ตติสก์ไทร์ฟจึงอยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่เกินกำลังของพนักงาน สามารถใช้ผลการประเมินดังกล่าวมาเป็นฐานข้อมูลภาระงานจากการปฏิบัติงานของพนักงานขนส่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์กรได้ให้ความสำคัญกับพนักงานซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- Al-Eisawi, K.W., Kerk, C.J., Congleton, J.J., Amendola, A.A., Jenkins, O.C. and Gaines, W. (1999). **Factors affecting minimum push and pull forces of manual carts.** *Applied Ergonomics*. 30.3. 235-245.
- Das, B. (1985). **The assessment of the manual materials handling problem.** In *Proceeding of the 18th Annual Conference of HFAC, Human Factors Association of Canada*. 63-66.
- Das, B. and Black, N.L. (2000). **Isometric pull and push strengths of paraplegic in the workplace: 1. Strength measurement profiles.** *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 6.1. 47-65.
- Das, B. and Forde, M. (1999). **Isometric push-up and pull-down strengths of paraplegics in the workplace: 1. Strength measurement profiles.** *Journal of Occupational Rehabilitation*. 9.4. 279-291.
- Hoozemans, M.J.M., Van Der Kreek, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., Van Duk, F.J.H. and Van Der Woude, L.H.V. (1998). **Pushing and Pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors.** *Ergonomics*. 41.41. 757-781.
- Konz, S. (1995). **Work Design: Industrial Ergonomics.** 4th Edition, Publishing Horizons: Arizona.
- Mack, K., Haslegrave, C.M. and Gray M.I. (1995). **Usability of manual handling aids for transporting materials.** *Applied Ergonomics*. 26.5. 353-364.
- Mital, A. and Ramakrishnan, A. (1999). **A comparison of literature-based design recommendations and experimental capability data for a complex manual materials handling activity.** *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24.1. 73-80.
- Peebles, L. and Norris, B. (2003). **Filling 'gaps' in strength data for design.** *Applied Ergonomics*. 34. 73-88.
- Resnick, M.L. and Chaffin, D.B. (1995). **An ergonomic evaluation of handle height and load in maximal and sub maximal cart pushing.** *Applied Ergonomics*. 26.3. 173-178.
- Scott, N.M. (1998). **Isometric pull forces in the sagittal plane.** *Applied Ergonomics*. 29.5. 319-324.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบอาร์ตติสก์ไทร์ฟ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

Assessment of Discomfort in Checkstand Cashiers

Pornsiri Jongkol¹, Teerasak Thongsumrit², Wannisa Nutkhum³

^{1,2,3}School of Industrial Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

¹pornsiri@sut.ac.th

²teerasak_ie@hotmail.com

³w_ann_isa@hotmail.com

Abstract - Cash checkstand serves as the point of sale in grocery stores. Cashiers perform their tasks in the checkstands for prolonged period. Repetitive use of the same muscles, exerting forces with the body, and working in awkward postures are factors contributing to injury. This study was conducted to assess discomfort and risk of working postures in the checkstand cashiers. Body dimensions were measured using anthropometer. Subjective discomfort was evaluated using questionnaire, whereas the risk of working posture was obtained using REBA technique. Twelve cashiers participated in this study. The results showed that 67% of subjects had discomfort in back area. Furthermore, 50% of subjects had discomfort in neck, thigh, knee, and foot area. The score obtained from REBA was 11 indicating high level of risk and therefore, improving working posture was needed.

Keywords - Physical characteristics, Checkstand, Working posture, REBA

I. INTRODUCTION

In Thailand, small and medium enterprises (SMEs) have been of importance for decades since the number of SMEs accounts for 90% of total enterprises. One of the emerging enterprise nowadays is in the field of retailing. Grocery store is the most popular kind of retail business. The number of grocery stores increases at least 10% per year during year 2004-2007. Grocery stores need workers to perform several manual tasks. Checkstand cashiers are required to perform their tasks within checkstands for long working period. Physical demand of the tasks included scanning and bagging, bin handling, keyboard and cash box operations, and standing posture [1]. It was reported that a cashier may scan 40 items or more per minute and spend up to 50% of their customer time either handling or scanning groceries [2]. Epidemiological studies show a high prevalence of discomfort and musculoskeletal disorder in upper extremities in grocery store checkers [3],[4]. Furthermore, back pain was reported as the most common problem, where 77% of cashier reported pain and muscle fatigue at the end of working shift [5]. Therefore, the content of checkstand and work design should be received a great deal of attention to alleviate work-related injuries [6].

Several research works have studied the design of checkstand and provided guidelines that have been implemented in new grocery checkstands. Some of these

design guidelines have shown lower worker discomfort such as checkstands that face the customer, placing the scanner and scale in front of the cashier, installation of side/vertical scanners, minimizing cashier movement of groceries pre- and post-scanning with the use of conveyor, and placing the visual display (item price) within the normal line of sight of the cashier [7],[1]. The checkstand design parameters or dimensions potentially affecting posture while working included work height, stature, normal and maximum reaches, lateral clearance, angle of vision and eye height [1]. Weight of the products is another risk factor which develops back pain. It was found that intermediate and heavy products caused greater amplitude of trunk flexion movements [8]. In addition, asymmetric trunk rotation movements while handling products and large number of repetitions are factors that may increase the risk of injuries.

The current study investigated the risk of musculoskeletal injury associated with working postures of cashiers in a campus area using the Rapid Entire Body Assessment (REBA).

II. METHODOLOGY

A. Subjects

With regards to the ease of field research conduction, it was decided that the most appropriate would be ten convenient stores in the campus area with a total of nineteen cashiers.

B. Measurement of Physical Characteristics

Relevant physical characteristics of the subjects were gathered. They were age, gender, work experience, weight, body height, functional reach with arm straight, functional reach with flexed shoulder, elbow to fingertip distance, and checkstand surface to fingertip height (Fig. 1). Equipment used to collect these data were a scale and an anthropometer set.

C. Cashier Interview and Checkstand Survey

From a direct survey, the checkstands used in this study were designed to be standing workstations, and no seating was provided. A measuring tape was used to measure dimensions of checkstands, tools and equipment

used in cashier tasks. An interview was conducted to query response on perception of checkstand appropriateness. Furthermore, the cashiers were required to identify discomfort placed on nine parts of the body including neck, shoulder, upper back, elbow, lower back, wrist/hand, hip/thigh, knee, and ankle/foot (Fig. 2).

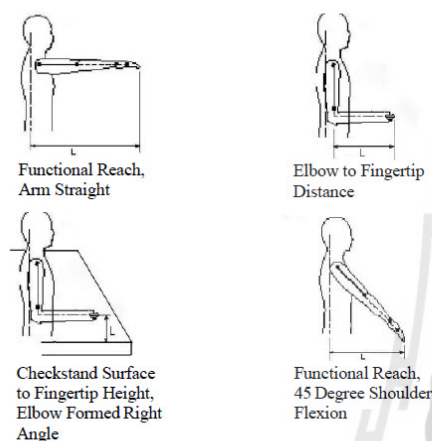


Fig. 1. Relevant body dimensions

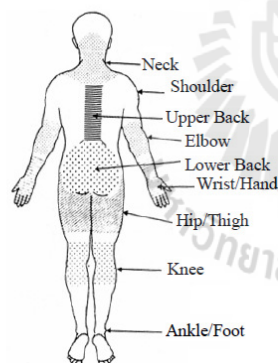
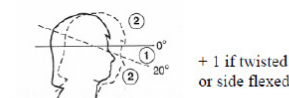


Fig. 2. Nine body parts

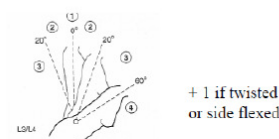
D. Evaluation of Working Posture Using REBA

The REBA method [9] was employed to assess work activities. A video camera was used to record working postures while the subjects performed their tasks. The postures that occurred most frequently were chosen to the analysis. Using the method of REBA, the movements of each task were scored according to certain criteria provided in group A and B body part diagrams. Group A body part diagram was used to assess the movement of trunk, neck and legs, whereas group B body part diagram was used to assess the movement of upper and lower arms

and wrists (Fig. 3 and 4). Then, score C, which was the summation of score A and B, was integrated with activity score to obtain REBA score (Tables I, II and III). The REBA score was used to determine action level (Table IV), ranging from the level 0 (action is not necessary) to 4 (action is necessary now). By following this process for each task, the movements in most urgent need of action were detected and improvements were introduced to reduce the risk level.



Neck score _____



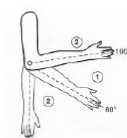
Trunk score _____

1 if bilaterally weight bearing/sitting

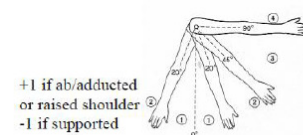
2 if unilaterally weight bearing or unstable base

Leg score _____

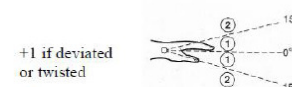
Fig. 3. Group A body parts



Lower arm score _____
(angle of the elbow)



Upper arm score _____
(in relation to spine)



Wrist score _____

Fig. 4. Group B body parts

TABLE I
TABLE A SCORE

	Legs	Trunk				
		1	2	3	4	5
Neck = 1	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
	Legs	Trunk				
		1	2	3	4	5
Neck = 2	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
	Legs	Trunk				
		1	2	3	4	5
Neck = 3	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

TABLE II
TABLE B SCORE

	Wrist	Upper arm					
		1	2	3	4	5	6
Lower arm = 1	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	2	3	5	5	8	8
	Wrist	Upper arm					
		1	2	3	4	5	6
Lower arm = 2	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	8

TABLE III
TABLE C SCORE

		Score B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

TABLE IV
REBA ACTION LEVELS

Level		Risk Factor	Action
Action	Score		
0	1	Negligible	No need for any action
1	2-3	Low	Action has probably already been taken to get to this level
2	4-7	Medium	Further consideration should be given as how risk can be lowered
3	8-10	High	Action needs to be taken very soon
4	11-15	Very High	Work must cease until a safer solution can be found

III. RESULTS

A. Subjects

Seventeen out of nineteen subjects were females. Most cashiers were 20-25 years of age. The average stature and weight were 156.53 cm and 56.29 kg, respectively (Table V). They worked in standing posture alternated with moving around the checkstands. All of them were right-handed.

TABLE V
PHYSICAL CHARACTERISTICS

Physical Characteristics	Mean	S.D.
Stature (cm)	156.53	7.51
Weight (kg)	56.29	11.65
Functional Reach, Arm Straight (cm)	67.16	5.26
Elbow to Fingertip Distance (cm)	42.53	2.82
Checkstand Surface to Fingertip Height, Elbow Formed Right Angle (cm)	11.47	7.55
Functional Reach, Shoulder Flexed 45 Degree (cm)	56.21	5.43

B. Checkstands

From the survey, it was found that the checkstands in ten convenient stores were different in both design and dimension (Table VI). The equipments used in checkstand workstations were printer, laser scanner, keyboard, price display, bag hanger, and cash box. Most cashiers did not show negative opinion regarding checkstands used during work.

TABLE VI
CHECKSTANDS DIMENSIONS

Grocery stores	Height (cm)	Wide (cm)	Length (cm)
1	90	61	183
2	89	61	134
3	78	35	150
4	90	57	129
5	73	76	184
6	100	62	333
7	90	50	140
8	100	80	180
9	90	51	300
10	90	57	150
Average	89	59	188.3

C. Cashier Discomfort

It was found that most cashiers reported discomfort placed on upper back (73.68%), neck (68.42%) and lower back (68.42%), whereas 21.05% of them reported discomfort placed on elbow. Furthermore, they also reported discomfort in shoulder, hip/thigh, knee and ankle/foot areas. Least percentage of cashiers expressed discomfort in elbow (Fig. 5).

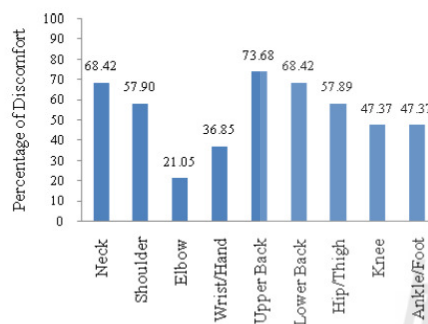


Fig. 5. Percentage of cashiers reporting discomfort placed on body parts

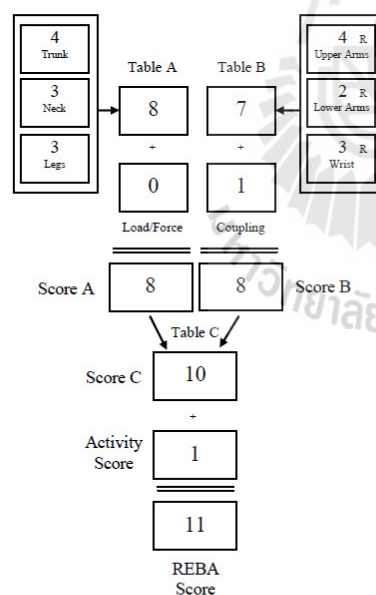


Fig. 6. REBA score sheet

D. REBA Score

Using REBA, the most frequent working posture of the cashiers was assessed (Fig. 6). The scores were obtained as follows.

Group A diagrams:

- Trunk is flexed more than 60°(4).
- Neck is flexed more than 20° and flexed sideways (3).
- Legs are weight bearing and flexed more than 60° (3).

Group B diagrams:

- Upper arms are flexed more than 90° (4).
- Lower arms are flexed less than 60° (2)
- Wrists is flexed/extended more than 60° and deviated (3).

Score C (10) was the summation of score A and B and then the activity score (1) was added to score C. The total REBA score was 11. This referred to a REBA action level of 4, which indicated a very high risk of injury and the action was necessary now.

IV. DISCUSSION

The REBA score obtained in this study showed that the improvement action was necessary. However, it was contradictory to the opinion of the cashiers. For the cashiers, improvement of checkstand and relocation of equipment within the checkstand area were unnecessary since they were familiar with their checkstands. To seek the improvements, working postures were further analyzed. Fig. 7 showed that printer, laser scanner, keyboard, price display and cash box were placed at the left side of the cashier. Furthermore, the checkstand was relatively low. Thus, the cashier had to twist and lean her body and flex her neck during performing the task. This resulted in discomfort in neck, upper back, lower back, hip/thigh, knee and ankle/foot as the cashier reported in the questionnaire. To solve this problem, the checkstand height should be increased and the placement of tools which are frequently used should be moved to the front of the cashier (Fig. 8).



Fig. 7. A low checkstand

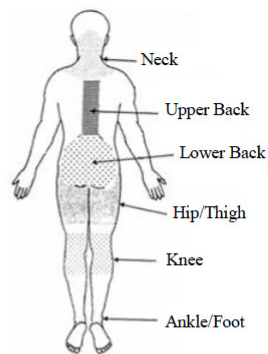


Fig. 8. Discomfort in different body parts

Some checkstands were higher than the cashiers' elbow height. In Fig. 9, the cashier raised her shoulder during work. This led to discomfort placed on the shoulder area of the cashier. Moreover, it was found that the edge of the checkstand was sharp and pinched the lower arm of the cashier (Fig. 10). To alleviate this problem, the platform should be provided and the edge of the checkstand should be rounded.



Fig. 9. A high checkstand

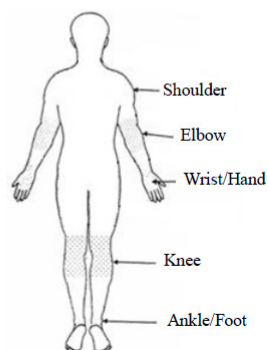


Fig. 10. Discomfort in different body parts

The problem of toe space was found in some convenient stores. Fig. 11 showed that toe space was not provided. Thus, the cashier must stretch out her hands. This is likely to induce discomfort in the shoulder area. A checkstand with two different surface levels was found as shown in Fig. 12. Using this type of checkstand can cause shoulder discomfort since the cashier flexed her shoulders to reach the upper surface level of the checkstand. Fig. 13 shows that most equipments were placed at the left side of the cashier. Since the cashier was right-handed, working with these equipments required body twisting. A repetition of such posture may lead eventually to lower back pain. Thus, the components which need frequent operations should be placed in front of cashier to reduce the twisting of the torso [1].



Fig. 11. Checkstand with no toe space



Fig. 12. Checkstand with two different surface levels



Fig. 13. Placing most equipment on the left hand side of the cashier

- [9] S. Hignett and L. McAtamney, "Rapid Entire Body Assessment (REBA)," *Applied Ergonomics*. vol. 31, no. 2, pp. 201-205, April. 2000.

V. CONCLUSION

By means of the application of the REBA method, the postural workload of the cashiers was assessed. The REBA score obtained showed that the risk factor was very high and the improvement action was necessary. Deficiencies of checkstand design and layout were detected and improvements were consequently pointed out.

REFERENCES

- [1] B. Das and A. K. Sengupta, "Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach," *Applied Ergonomics*. vol. 27, no. 3, pp. 157-163, June. 1996.
- [2] K. Lehman and W. Marras, "The effects of human interface design on wrist biomechanics during scanning," *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting*, pp. 614-620.
- [3] A. Osorio, R. Ames, J. Jones, J. Castorina, D. Rempel, W. Estrin and D. Thompson, "Carpal tunnel syndrome among grocery store workers," *Am. J. Ind. Med.* vol. 25, no 2, pp. 229-245, 1994.
- [4] U. Himmen, T. Laubli, U. Guggenbuehl and H. Krueger, "Design of check-out systems including laser scanners for sitting work posture," *Work Env.Hlth*, vol 18, pp. 186-194, 1992.
- [5] C. A. Diniz and Jr. M. Ferreira, "Prevalência de sintomas musculoesqueléticos de operadores de checkout em supermercados," *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, no 93/94, pp. 75-91, 1998.
- [6] US Department of Labor (OSHA), "Ergonomics for the prevention of musculoskeletal disorders: Guidelines for retail grocery stores, *OSHA Publication*, pp 3192.
- [7] P. Spielholz, N. Howard, E. Carcamo and B. Coulter, "Field evaluation of a new grocery checkstand design," *Applied Ergonomics*. vol. 39, no. 1, pp. 87-91, Jan. 2008.
- [8] A. L. F. Rodacki, J. E. A. Vieira, M. L. L. R. Okimoto, N. E. Fowler and C. L. N. Rodacki, "The effect of handling products of different weights on trunk kinematics of supermarket cashiers," *International Journal of Industrial Ergonomics*. vol. 36, no. 2, pp. 129-134, Feb. 2006.

ประวัติผู้เขียน

นายธีรศักดิ์ ทองสัมฤทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี เริ่มศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนวัดพุดศรี ระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนบ้านตาขุนวิทยา อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2552 ในขณะเดียวกันมีความสนใจและได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ ในการหาความรู้เพิ่มเติมด้านวิศวกรรมอุตสาหการ จึงศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ณ สถาบันการศึกษาเดิม ระหว่างการศึกษาได้ปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยวิจัยทางด้านการยศาสตร์ และผู้สอนปฏิบัติการรายวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระหว่างการศึกษาในระดับปริญญาโท ได้มีผลงานเป็นบทความวิชาการที่ได้รับตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 2 บทความ บทความวิจัยที่ส่งเข้าร่วมการประชุมสัมมนาภายในประเทศจำนวน 3 บทความ และบทความวิจัยที่ส่งเข้าร่วมการประชุมสัมมนาต่างประเทศจำนวน 2 บทความ โดยมีรายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ณ.