



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานยกของด้วยมือ

A Knowledge-Based System for Manual Lifting Task

นามผู้วิจัย นายประจวบ กล่อมจิตร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ก้องกิติ พุสวัตต์ดี, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์พิรุยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์ประสาท จงสถิตย์วัฒนา, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อัสนีย์ ก่อตระกูล, D.Eng.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ยุทธชัย บรรเท็งจิตร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานยกของด้วยมือ

A Knowledge-Based System for Manual Lifting Task

โดย

นายประจวบ กล่อมจิตร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2552

ประจวบ กล่อมจิตร 2552: ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานยกของด้วยมือ ปรินญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ก้องกิติ พุสวัตต์, Ph.D. 295 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ รวบรวม ทดลอง วิเคราะห์และทดสอบเกณฑ์ในงานยกของด้วยมือ แล้วสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้แนวทางของสมการงานยกของ *RLE* และร่วมกับเกณฑ์อื่น ให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผลการสำรวจงานยกของด้วยมือจำนวน 7 โรงงาน แบ่งลักษณะงานได้เป็น 31 งาน จำนวนพนักงานที่สำรวจ 81 คน พบว่า มีลักษณะงานบางส่วนอยู่นอกเหนือเกณฑ์ของสมการ *RLE* จากฐานความรู้ที่มีอยู่ ทั้งในเรื่องสภาพแวดล้อมและลักษณะท่าทางการยก จากนั้นทดลองหาความสามารถในการยกของด้วยมือที่สภาวะต่างๆ ตามเกณฑ์ทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา และจิตฟิสิกส์ พบว่าค่าความสามารถในการยกของชายไทยมีค่าใกล้เคียงกับชาวตะวันตกและมีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 95 ของตารางของ Mital จึงปรับปรุงสมการ *RLE* เป็น สมการ *RLE'* ที่เพิ่มปัจจัยตัวคุณกลุ่มประชากรและตัวคุณอุณหภูมิให้ใช้งานได้ครอบคลุมการประเมินมากยิ่งขึ้น

จากฐานความรู้ที่มีอยู่เดิมและฐานความรู้ที่ได้ใหม่ จึงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญด้วย *JESS* ชื่อ *ML-Expert* ที่ประกอบด้วยเกณฑ์หลักคือสมการ *RLE'* สำหรับประเมินปัจจัยเสี่ยงต่างๆ *OWAS* สำหรับประเมินท่าทางที่อันตราย มาตรฐานที่ต้องการประเมิน และคำแนะนำต่างๆ ในรูปของกฎและแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ ให้ประเมินผลครอบคลุมการใช้งานมากขึ้นและสามารถประเมินค่าคาดการณ์การปรับปรุงของทางเลือกในการปรับปรุงให้ชัดเจน อันนำไปสู่การปรับปรุงงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น หลังจากนั้นนำไปทดสอบในโรงงานโดยใช้กระบวนการปรับปรุงงาน เปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมและกลุ่มที่ใช้วิธีการอื่น ในระยะเวลาสั้น 6 เดือน และดูแนวโน้มอีก 9 เดือน ใน 9 ประเด็นคือ จากแบบสัมภาษณ์พนักงาน *AI* การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ การวิเคราะห์ตามสมการ *RLE'* ร้อยละของการนำไปใช้งาน ความพอใจในระบบ สมรรถนะในการปรับปรุง เวลาที่ใช้ในการคำนวณ อัตราการผลิตและสัดส่วนของเสีย พบว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน มีผลการทดสอบที่ดีกว่าวิธีอื่น โดยส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อเป้าหมายของหน่วยงาน สมรรถนะ คุณภาพ คุณภาพชีวิตในการทำงานและความปลอดภัย ต้นทุน และสิ่งแวดล้อม ด้วยวิธี *AHP* พบว่า ดีกว่าวิธีการเดิมและโปรแกรมที่นำมาเปรียบโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Prachuab Klomjit 2009: A Knowledge-Based System for Manual Lifting Task. Doctor of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kongkiti Phusavat, Ph.D. 295 pages.

The objectives of this research were to survey the manual lifting tasks in Thai factories, to collect and analyze manual lifting task criteria, to conduct the experiments for verifying the *RLE* (*NIOSH* Revised Lifting Equation 1991), and to develop the expert system by the framework from the *RLE*.

From 7 factories surveyed, there were 31 separated tasks and 81 subjects. The results showed that these liftings required workers to work outside the limitation to appropriately use *RLE* equation, including the conditions, the environments and the postures. Then, the experimental biomechanics, physiology, and psychophysics approach were conducted and found that the capacity of Thai male was as same as western male. In addition, the *RLE* equation was related to the 95th percentile of Mital's table, so that it can be used to estimate the percentile multiplier, temperature multiplier for the new *RLE* referred as "*RLE'*".

After combining between existing knowledge base and new knowledge base, the prototype of an expert system for manual lifting task was developed, to be called the "*ML-Expert*", by *RLE'* framework, *OWAS* (for postures evaluation), other criteria, and recommendation intervention, in the rule base form and decision tree (to evaluate the recommendation before improvement). This system was developed by Java Expert System Shell (*JESS*). Then, the system was evaluated by comparing between two groups: *ML-Expert* system using and another group using work improvement technique every month in 6 months period (for short time comparison) and 9 months period (for trend analysis). The results showed that (9 topics) Abnormal Index (*AI*), Lifting Index (*LI*), Biomechanics compressive force on *L5/S1* disc, % of suggestion to be used, user satisfaction, efficiency of improvement, time usage of improvement, production efficiency and loss, quality of work life (fatigue, sickness, absence) of *ML-Expert* system using group were better in all cases. Especially, user satisfaction, efficiency of improvement, time usage of improvement, and production efficiency were better at 95% significant level. Additionally, the target impact was analyzed by *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) method. The result showed that performance, quality, quality of work life, safety, cost, and environment were better than those obtained from another method, at 95% significant level.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ อธิการบดี ประธานกรรมการที่ปรึกษา (ผู้ลี้ลับ) และรองศาสตราจารย์ ดร. ก้องกิติ พุสวัตต์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา รองศาสตราจารย์ ดร.อัสนีย์ ก่อตระกูล และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและคอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา แก่ข้าพเจ้า อาจารย์หฤทัย โลหะศิริวัฒน์ ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ห้องการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ชัยพร วงศ์พิศาล ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ได้กรุณาสร้างเครื่องอัดโนมัตในการวิจัยนี้ รวมถึงนายรินทร์ จีส์ม นายภานุเวท สุขนันท์ นักศึกษาและผู้ร่วมทดสอบทุกคน ที่ได้ช่วยดำเนินการทดลองจนสำเร็จได้ด้วยดี ตลอดจนโรงงานต่างๆ ที่ได้ให้ข้อมูลและเข้าร่วมทดสอบโปรแกรมในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ Sandia National Laboratories, Canada ที่อนุญาตให้ใช้ JAVA Expert System Shell (JESS) ในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานและภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้ให้โอกาสศึกษาเพิ่มเติมในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และเพื่อนๆ ของข้าพเจ้าทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงได้

ประจวบ กลุ่มจิตร
กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	7
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	39
อุปกรณ์	39
วิธีการ	43
ผล	51
วิจารณ์ผล	132
สรุปและข้อเสนอแนะ	142
สรุป	142
ข้อเสนอแนะ	147
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	149
ภาคผนวก	158
ภาคผนวก ก แบบสำรวจสำหรับพนักงาน	159
ภาคผนวก ข แบบสัมภาษณ์พนักงาน	163
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะสถิตและพลวัต	167
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	179
ภาคผนวก จ ตาราง <i>MAIW</i> ของ Mital และคณะ	184
ภาคผนวก ฉ ฐานข้อมูลขีดจำกัดของน้ำหนักของแต่ละประเทศ	192
ภาคผนวก ช แนวทางการหาคำตอบในการปรับปรุง	197
ภาคผนวก ซ สมการ <i>RLE'</i> เพศหญิงที่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่างๆ	204
ภาคผนวก ฌ แบบตรวจสถานประกอบการ (Checklist)	207
ภาคผนวก ฎ ตารางการประเมินงานยกของด้วยมือ โดยสมการ <i>RLE</i>	216

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก คู่มือการติดตั้งและใช้โปรแกรม ML-Expert	219
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ <i>AHP</i>	232
ภาคผนวก กู ใบบันทึกการปรับปรุงงานของ โปรแกรม ML-Expert	242
ภาคผนวก ท เพิ่มบันทึกผลการใช้โปรแกรม ML-Expert (เพิ่ม trace3.txt)	247
ภาคผนวก ฅ เพิ่มทางเลือกสำหรับป้อนเข้าโปรแกรม ML-Expert (เพิ่ม Dtree.txt)	279
ภาคผนวก ฉ การปรับปรุงในงานวิจัยเปรียบเทียบกับการบริหารความเสี่ยง	289
ภาคผนวก ค อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร	291
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	295

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 จุดแข็งและข้อจำกัดของการประเมินแบบต่างๆ	6
2 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากแต่ละเกณฑ์และจากสมการประเมินแบบต่างๆ	14
3 การให้คะแนนจากท่าทางของร่างกายและภาระงานของ <i>OWAS</i>	17
4 การแบ่งระดับงานตามเกณฑ์ <i>OWAS</i> โดยใช้คะแนนจากท่าทาง	18
5 แนวทางการออกแบบและการให้คำแนะนำตามแนวทางของสมการ <i>RLE</i>	19
6 เปรียบเทียบระบบผู้เชี่ยวชาญและฐานความรู้ในอดีต	22
7 การให้ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมิน <i>AHP</i>	36
8 ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมิน <i>AHP</i>	36
9 มาตรฐานในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ	37
10 ตารางสรุปลักษณะงาน	44
11 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ตามสมการ <i>RLE</i>	44
12 รูปแบบตารางที่ใช้ในการทดลอง	45
13 ค่าปัจจัยเสี่ยงในการยก	51
14 ข้อมูลส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อม	51
15 ค่าตัวคูณ (Multiplier) ในสมการ <i>RLE</i>	52
16 แสดงค่าปัจจัยต่างๆ ของการสำรวจงานยกของด้วยมือแยกตามประเภทงาน	53
17 การเปรียบเทียบมวลและระยะจุดศูนย์กลางมวลส่วนต่างๆ ของร่างกาย	58
18 ระยะทางขึ้นส่วนร่างกายและข้อมูลน้ำหนักที่ใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณแรงที่กระทำต่อหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่าง	58
19 ผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์แสดงค่าของ F_c	65
20 ผลการทดลองในแนวสรีรวิทยาแบบยกคนเดียวแสดงค่าของ $\%VO_{2max}$	70
21 ผลการทดลองในแนวสรีรวิทยาแบบยกสองคนแสดงค่าของ $\%VO_{2max}$	71
22 ผลการทดลองในแนวจิตฟิสิกส์แสดงค่าของ <i>MAW</i>	72
23 เปรียบเทียบผลการทดลองแบบต่างๆ กับค่าในตารางของ Mital	73
24 ค่า Z ที่เปอร์เซ็นต์ไคล์ต่างๆ	76
25 แสดงตัวคูณที่เปอร์เซ็นต์ไคล์ต่างๆ ในรูปของ $RWL_{95\%}$	79
26 แสดงตัวคูณที่เปอร์เซ็นต์ไคล์ต่างๆ ในรูปของ $RWL_{75\%}$ (หญิง)	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
27 ลำดับการทำงานของโปรแกรม ML-Expert	86
28 ตัวอย่างตารางคำนวณเพื่อหาค่าคาดการณ์การปรับปรุง	98
29 สรุปจำนวนคำแนะนำเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้งสองกลุ่ม	109
30 ตัวอย่างคำแนะนำครั้งที่ 2 ของกลุ่มการทดลองที่ 1	110
31 ตัวอย่างคำแนะนำครั้งที่ 2 ของกลุ่มการทดลองที่ 2	111
32 จำนวนผลิตและจำนวนของเสีย	112
33 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%	114
34 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับระบบอื่นๆ	114
35 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%	116
36 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับวิธีอื่นๆ	116
37 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์การประเมินสมรรถนะโดยวิธี AHP	116
38 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%	118
39 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับวิธีอื่นๆ	118
40 ค่าตัวแปรต่างๆ ในแต่ละเดือน	128
41 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%	131
42 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับวิธีอื่นๆ	131
43 ML-Expert เปรียบเทียบกับฐานความรู้อื่นๆ	132
44 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและ TLI (Threshold Lifting Index)	133
45 เปรียบผลการสำรวจค่าพารามิเตอร์ของงานยกของด้วยมือในงานวิจัยต่างๆ	134
46 การใช้งานดัชนีที่ได้จากโปรแกรมของผู้เกี่ยวข้องแต่ละส่วน	135
47 ตัวอย่างสรุปผลเบื้องต้นจากโปรแกรม	136
48 ตัวอย่างตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและค่าคาดการณ์การปรับปรุงจากโปรแกรม	138
49 ตัวอย่างผลที่คาดว่าจะได้รับหลังปรับปรุงจากการประเมินโดยโปรแกรม	140

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค1 การคำนวณค่าแรงที่จุดศูนย์กลางมวลโดยใช้ค่าความเร่งที่ขั้วต่อ	168
ค2 การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุม	171
ค3 การคำนวณค่าโมเมนต์เชิงมุม	173
ค4 การคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะสถิต	174
ค5 การคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะพลวัต	176
ง1 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านชีวกลศาสตร์	180
ง2 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (รวม)	180
ง3 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (ยกคนเดียว)	181
ง4 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (ยกสองคน)	181
ง5 ผลการทดสอบสมการ RLE กับค่า $MAW_{95\%}$ เพศชาย ของ Mital	182
ง6 ผลการทดสอบสมการ STD กับค่า $MAW_{50\%}$ เพศชาย ของ Mital	182
ง7 ผลการทดสอบสมการ RLE กับค่า $MAW_{75\%}$ เพศหญิง ของ Mital	183
ง8 ผลการทดสอบสมการ STD กับค่า $MAW_{50\%}$ เพศหญิง ของ Mital	183
จ1 ค่า MAW ของเพศชายที่เปอร์เซ็นต์ไตล์ต่างๆ	185
จ2 ตัวคูณการบิดตัว	188
จ3 ตัวคูณอุณหภูมิ	188
จ4 ค่า MAW ของเพศหญิงที่เปอร์เซ็นต์ไตล์ต่างๆ	189
ฉ1 ฐานข้อมูลมาตรฐานคนงานชาย (ผู้ใหญ่)	193
ฉ2 ฐานข้อมูลมาตรฐานคนงานหญิง (ผู้ใหญ่)	194
ฉ3 ฐานข้อมูลมาตรฐานแรงงานเด็ก	195
ญ1 แสดงค่า CM	217
ญ2 แสดงค่า FM	218
ญ3 แสดงค่า F_{max}	218
ด1 เมื่อวิเคราะห์ในลักษณะอัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร	293

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	1
2	2
3	3
4	5
5	9
6	20
7	21
8	24
9	25
10	26
11	35
12	38
13	39
14	40
15	40
16	41
17	41
18	41
19	42
20	42
21	42
22	47
23	49
24	55
25	62

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	แรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างขณะยกน้ำหนัก 12 กิโลกรัม ความสูง 75 เซนติเมตร ความถี่ 3 ครั้ง/นาที	62
27	แรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างขณะยกน้ำหนัก 12 กิโลกรัม ความสูง 75 เซนติเมตร ความถี่ 5 ครั้ง/นาที	63
28	ผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบทางชีวกลศาสตร์	64
29	แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการทดสอบทางชีวกลศาสตร์	64
30	ผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบทางสรีรวิทยา	69
31	แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการทดสอบทางสรีรวิทยา	69
32	แนวทางการกำหนดเกณฑ์ของ <i>NIOSH</i> จากผลการทดลองทั้ง 3 แนวทาง	73
33	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับ ค่า <i>RWL</i> ที่ระดับความสูง 75 ซม	74
34	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับ ค่า <i>RWL</i> ที่ระดับความสูง 125 ซม	74
35	เปรียบเทียบค่า <i>RWL</i> และ จากตารางของ Mital ที่ระดับความสูง 75 ซม	75
36	เปรียบเทียบค่า <i>RWL</i> และจากตารางของ Mital ที่ระดับความสูง 125 ซม	75
37	ความสัมพันธ์ของสมการ <i>RLE</i> ค่า เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 95 ของ Mital	76
38	เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 50 ของ Mital กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับการยกต่างๆ	76
39	แสดงโครงสร้างของ ML-Expert	83
40	แผนผังการจัดการฐานความรู้	84
41	แผนผังขั้นตอนการประเมินของระบบผู้เชี่ยวชาญ (เมื่อแยกเป็นแต่ละ โมดูล)	85
42	แผนผังขั้นตอนการประเมินของระบบผู้เชี่ยวชาญ (แสดงรายละเอียดใน โมดูล)	87
43	แบบจำลองการลดความเสี่ยงในงานยกของ	88
44	การลดลงของ <i>HM</i> , <i>VM</i> และ <i>DM</i> เมื่อระยะการยกเพิ่มขึ้น	89
45	การลดลงของ <i>FM</i> เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น	89
46	การลดลงของ <i>AM</i> เมื่อมุมบิดตัวเพิ่มขึ้น	90
47	การลดลงของ <i>TM</i> เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น	90
48	การเปลี่ยนแปลงของ ค่า <i>PM</i> เมื่อกำหนดกลุ่มผู้ใช้ต่างออกไป	90
49	การลดลงของค่า <i>OWM</i> เมื่อท่าทางไม่เหมาะสม	91

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
50 การเปลี่ยนแปลงของ ค่า OM เมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป	91
51 การเปลี่ยนแปลงของ ค่า JSI กับอัตราการหยุดงาน	92
52 การจัดลำดับวิธีปรับปรุงในรูปของแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ	94
53 การจัดลำดับตามค่าคาดหวังการปรับปรุงของแนวทางในการปรับปรุง	97
54 ตัวอย่างแนวทางในการปรับปรุงขั้นต้น หลังจากป้อนสภาพงานเสร็จ	99
55 แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ของ Wickens	99
56 ขั้นตอนการนำโปรแกรมไปปรับปรุงงาน	100
57 หน้าจอแสดงผลของ ML-Expert	101
58 ผลการทดสอบโปรแกรม ML-Expert กับ โปรแกรมอื่น	102
59 สภาพของการทำงานและสถานี่งานที่เลือกศึกษา	103
60 ตัวอย่างของงาน ขณะพนักงานยกชิ้นงานเพื่อวางบนรถเข็น	106
61 แสดงส่วนของร่างกายที่ได้รับการเจ็บปวดที่ได้จากแบบสำรวจสุขภาพพนักงาน	107
62 ผลการวัดค่าความผิดปกติ AI	107
63 จำนวนของคำแนะนำที่นำไปใช้งานในเดือนต่างๆ	109
64 อัตราการผลิตและของเสีย	112
65 คะแนนรวมของความพอใจในระบบ	113
66 น้ำหนักของความพอใจระบบแยกตามรายหัวข้อในการประเมิน	114
67 คะแนนของความพอใจระบบแยกตามรายหัวข้อ	115
68 คะแนนรวมในการปรับปรุงแต่ละวิธี	116
69 น้ำหนักของการประเมินสมรรถนะแยกตามรายหัวข้อ	117
70 คะแนนของสมรรถนะของแต่ละวิธีแยกตามรายหัวข้อ	117
71 ประสิทธิภาพในการใช้เวลาคำนวณและปรับปรุงงาน	118
72 แสดงส่วนของร่างกายที่ได้รับการเจ็บปวดที่ได้จากแบบสำรวจสุขภาพพนักงาน	110
73 แสดง ค่า AI ในการปรับปรุงแต่ละเดือน	120
74 แสดง ค่า LI ที่จุดเริ่มต้น ในการปรับปรุงแต่ละเดือน	121
75 แสดง ค่า LI ที่จุดวาง ในการปรับปรุงแต่ละเดือน	121
76 แสดงค่าแรงกดอัครบริเวณหมอนรองกระดูกในการปรับปรุงแต่ละเดือน	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
77 แสดง ค่า <i>OWAS</i> (ท่าทางผิดปกติ) ในการปรับปรุงแต่ละเดือน	123
78 แสดง ค่าอัตราการผลิต ของเสียและจำนวนการผลิตแต่ละเดือน	123
79 แสดง ค่าความล้าทั่วไปเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน	124
80 แสดงการเจ็บป่วยเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน	124
81 แสดงการหยุดงานเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน	125
82 แสดงจำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งานแต่ละเดือน	125
83 แสดงแนวโน้มของค่า <i>AI</i> ในเดือนต่างๆ	126
84 แสดงแนวโน้มของ จำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งานในแต่ละเดือน	126
85 แสดงแนวโน้มของ ความล้า การเจ็บป่วย และการหยุดงานแต่ละเดือน	127
86 แสดงแนวโน้มของอัตราการผลิตและของเสียในแต่ละเดือน	127
87 แสดงแนวโน้มของค่าปัจจัยในเดือนต่างๆ	129
88 ลำดับชั้นของเป้าหมายหลัก เป้าหมายย่อย และปัจจัยที่กระทบในการปรับปรุง แต่ละวิธี	130
89 ผลของคะแนนเมื่อแยกตามเป้าหมายแต่ละด้าน	131
90 คะแนนรวมของแต่ละวิธีในการปรับปรุงงาน	131
91 แบบจำลองของความเสียงที่ลดลงหลังการปรับปรุงงาน	131
92 ภาพงานยกของเพื่อแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าจากโปรแกรม	134
93 ตัวอย่างขั้นตอนการปรับปรุงงาน	139
ภาพผนวกที่	
ซ1 ความสัมพันธ์ของค่าจากสมการ <i>RLE</i> ค่า เปอร์เซ็นไต์ล์ที่ 75 (หญิง) ของ Mital	205
ซ2 เปอร์เซ็นไต์ล์ที่ 50 (หญิง) ของ Mital กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	206
ญ1 การประเมินมือจับก่อนนำไปคำนวณค่า <i>CM</i>	217
ณ1 แบบจำลองการปรับปรุงในงานวิจัยเปรียบเทียบกับการบริหารความเสี่ยง	290

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

<i>A</i>	=	มุมในการบิดตัว
<i>AHP</i>	=	กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process)
<i>AI</i>	=	ดัชนีความผิดปกติ (Abnormal Index)
<i>AL</i>	=	ค่าที่ยอมรับได้ (Acceptable Limit)
<i>AM</i>	=	ตัวคูณการบิดตัว (Asymmetric Multiplier)
<i>BP</i>	=	ความดันโลหิต (Blood Pressure)
<i>CMF</i>	=	เครื่องวัดความถี่ทางสายตา (Critical Frequency Flicker)
<i>CM</i>	=	ตัวคูณลักษณะมือจับ (Coupling Multiplier)
<i>D</i>	=	ระยะทางที่ยกในแนวดิ่ง
<i>DM</i>	=	ตัวคูณระยะการยก (Distance Multiplier)
<i>F</i>	=	ความถี่ในการยก
F_c	=	แรงกดอัดที่กระทำต่อวัตถุ (Compressive Force)
<i>FM</i>	=	ตัวคูณความถี่ (Frequency Multiplier)
<i>H</i>	=	ระยะจากข้อมือในแนวราบ
<i>HM</i>	=	ตัวคูณระยะแนวราบ (Horizontal Multiplier)
<i>HR</i>	=	อัตราการเต้นหัวใจ (Heart Rate)
I_{ij}	=	ผลต่อปัจจัยเสี่ยง <i>i</i> ของการปรับปรุงวิธีที่ <i>j</i>
<i>JESS</i>	=	ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ Java (Java Expert System Shell)
<i>L5/S1</i>	=	หมอนรองกระดูกที่อยู่ระหว่างกระดูก Lumbar ชั้นที่ 5 และ Sacral ชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นหลังส่วนล่างอยู่บริเวณเอว
<i>LBP</i>	=	การปวดเมื่อยและบาดเจ็บที่บริเวณหลังส่วนล่าง (Low Back Pain)
<i>LI</i>	=	ดัชนีการยก (Lifting Index)
<i>LI'</i>	=	<i>LI</i> ที่เพิ่มปัจจัยอุณหภูมิและความสามารถตามกลุ่มประชากร
<i>LI''</i>	=	$1/LI'$
LI_d	=	ดัชนีการยกที่จุดวาง (Lifting Index-Destination)
LI_o	=	ดัชนีการยกที่เริ่มยก (Lifting Index - Origin)
<i>LC</i>	=	ค่าคงที่น้ำหนัก (Load Constant)
<i>MAW</i>	=	น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Acceptable Weight Lift)
<i>MMH</i>	=	การขนถ่ายวัสดุด้วยมือ (Manual Material Handling)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

MPL	=	ค่าสูงสุดที่อนุญาต (Maximum Permissible Limit)
$NIOSH$	=	สถาบันความปลอดภัยและปดอคภัยในการทำงาน (National Institute for Occupational Safety and Health)
OM	=	ตัวคูณภาระงาน (Object Weight Multiplier)
OWM	=	เป็นตัวคูณท่าทางจากวิธี $OWAS$ ($OWAS$ Multiplier)
$OWAS$	=	การประเมินท่าทางการทำงาน (Ovako Working Posture Analysis System)
PM	=	ตัวคูณเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile Multiplier)
P_j	=	ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง (Possibility of Improvement) วิธีที่ j
RLE	=	สมการงานยกของฉบับปรับปรุง 1991 ของ $NIOSH$ ($NIOSH$ Revised Lifting Equation 1991)
RLE'	=	สมการ RLE ที่เพิ่มปัจจัยอุณหภูมิและความสามารถตามกลุ่มประชากร
RPE	=	อัตราความรู้สึกในการออกแรง (Rating of Perceived Exertion)
RWL	=	น้ำหนักที่แนะนำ (Recommended Weight Limit)
RWL'	=	RWL ที่เพิ่มปัจจัยอุณหภูมิและความสามารถตามกลุ่มประชากร
R_v	=	ระดับความผิดปกติจากความสูงในการยก ($1-VM$)
R_h	=	ระดับความผิดปกติจากระยะเอื้อมในการยก ($1-HM$)
R_d	=	ระดับความผิดปกติจากระยะทางในการยก ($1-DM$)
R_f	=	ระดับความผิดปกติจากความถี่ในการยก ($1-FM$)
R_a	=	ระดับความผิดปกติจากบิดตัว ($1-AM$)
R_c	=	ระดับความผิดปกติจากลักษณะมือจับ ($1-CM$)
R_w	=	ระดับความผิดปกติจากน้ำหนักภาระงาน ($1-OM$)
R_{per}	=	ระดับความผิดปกติจากเปอร์เซ็นต์ไทล์ ($1-PM$)
R_t	=	ระดับความผิดปกติจากอุณหภูมิ ($1-TM$)
R_o	=	ระดับความผิดปกติจากท่าทาง ($1-OWM$)
T_{db}	=	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Dry Bulb Temperature)
T_{wb}	=	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Wet Bulb Temperature)
T_g	=	อุณหภูมิกระเปาะกลม (Globe Temperature)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

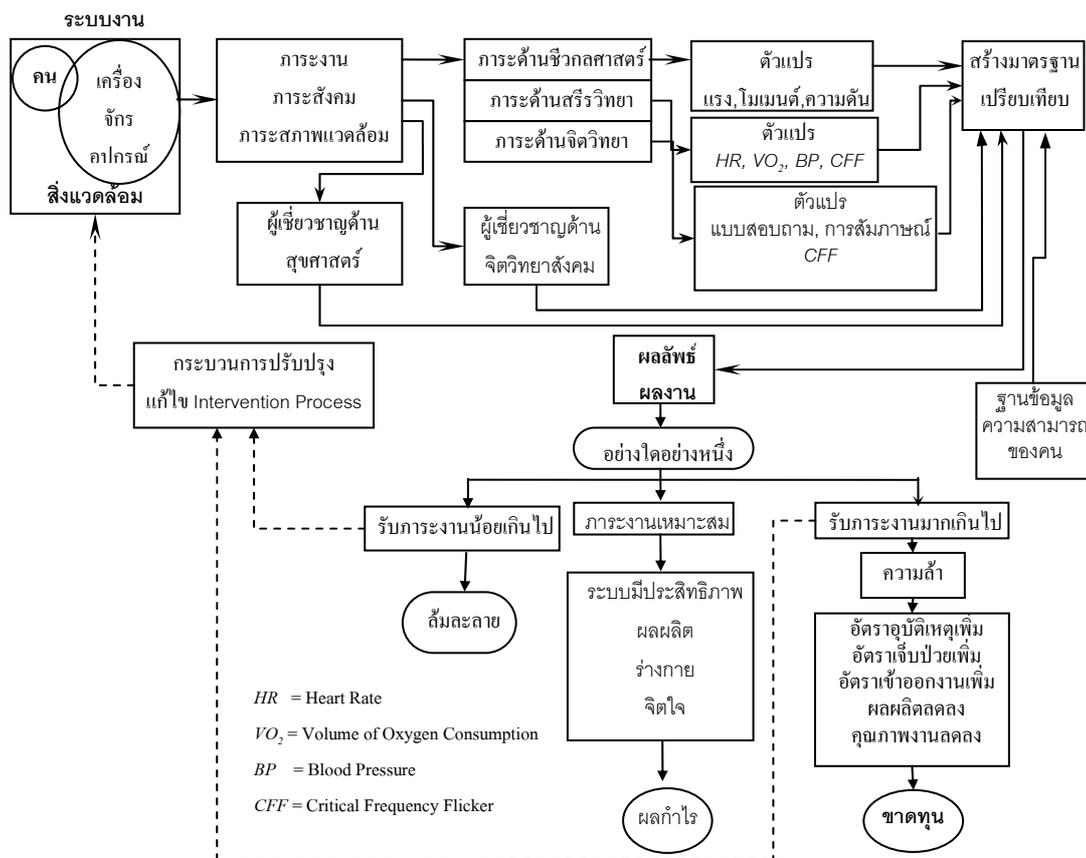
T_{ij}	=	ค่าคาดหวังการปรับปรุง (Total Expected Improvement Value) ของปัจจัยเสี่ยง i และของการปรับปรุงวิธีที่ j
V	=	ระยะจากข้อมือในแนวดิ่ง
VM	=	ตัวคูณระยะแนวดิ่ง (Vertical Multiplier)
VO_2	=	ปริมาณการใช้ออกซิเจน (Volume of Oxygen Consumption)
VO_{2max}	=	ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
$\%VO_{2max}$	=	อัตราการใช้ออกซิเจนเทียบกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
$WBGT$	=	อุณหภูมิเวทบัลด์บ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature)

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานยกของด้วยมือ

A Knowledge-Based System for Manual Lifting Task

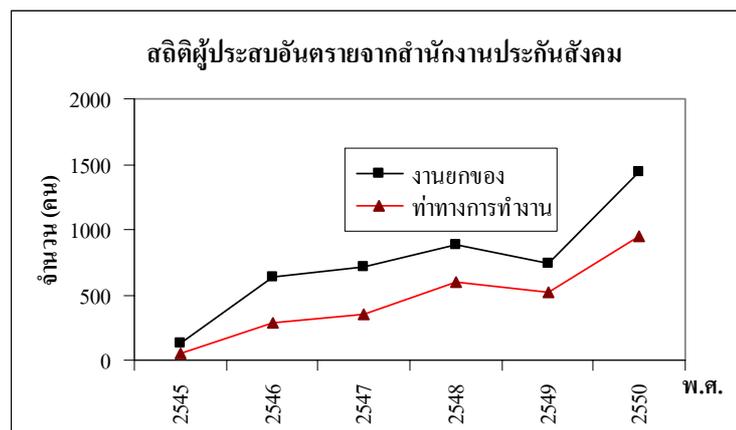
คำนำ

การยศาสตร์มีความสำคัญต่อความสบายและประสิทธิภาพในระบบการทำงาน โดยกิตติ (2548) ได้อธิบายในภาพที่ 1 สรุปได้ว่าการประเมินงานที่เหมาะสมกับตัวพนักงาน จะส่งผลต่อระบบงานที่มีประสิทธิภาพทั้งผลผลิต ร่างกาย จิตใจ ในทางตรงกันข้ามหากภาระงานมากเกินไป จะทำให้เกิดการปวดเมื่อย เจ็บป่วย ขาดงาน หรือลาออก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพงานโดยรวมลดลงในที่สุด โดยการประเมินนั้นอาจประเมินทั้งทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยาและจิตฟิสิกส์ ซึ่งงานยกของด้วยมือก็มีระบบงานที่ใช้ในการประเมินในลักษณะนี้เช่นกัน



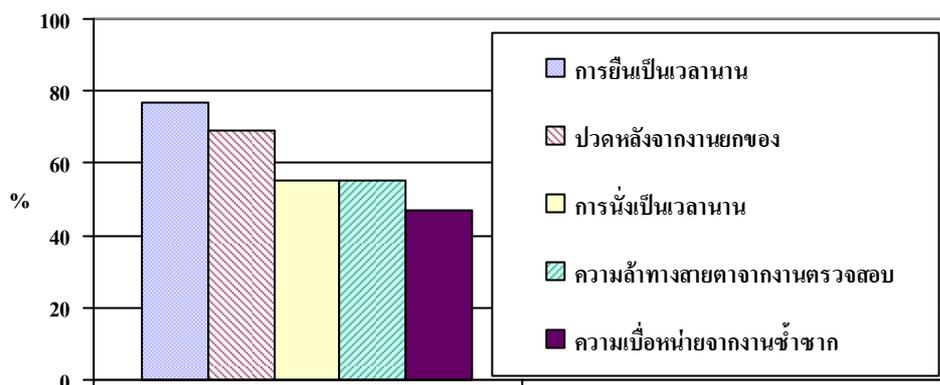
ภาพที่ 1 ภาระงานและผลกระทบ (กิตติ, 2548)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้เจริญก้าวหน้าและพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีของเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทันสมัยเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพในการผลิต แต่ในอุตสาหกรรมบางประเภทการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรเพื่อทดแทนแรงงานคนยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ทำให้ความต้องการแรงงานคนเพื่อช่วยในกระบวนการผลิตยังคงมีอยู่ อีกทั้งกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปยังมีความจำเป็นต้องมีงานยกของด้วยมืออยู่ ซึ่งภาระงานนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปวดเมื่อยและบาดเจ็บที่บริเวณหลังส่วนล่าง (Low Back Pain: LBP) ในปี 2547 พบว่ามีผู้ป่วยจำนวน 173,400 ราย ในประเทศสหรัฐอเมริกา (DOL, 2006) และในประเทศไทยจำนวน 5,678 5,009 4,425 4,569 4,992 และ 4,205 คน ในปี 2545-2550 ตามลำดับ (กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม, 2545-2550) นอกจากนี้จำนวนผู้ประสบอันตรายโดยตรงจากงานยกของและท่าทางการทำงานยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถิติผู้ประสบอันตรายในงานยกของด้วยมือและท่าทางการทำงาน

สำหรับสภาพปัญหางานยกของด้วยมือในประเทศไทยนั้น ได้มีงานสำรวจอื่นๆ พอสรุปได้ดังนี้ กองชิวอนามัย (2541) ได้สำรวจปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อต่ออันเนื่องมาจากการทำงาน ในโรงงาน 300 แห่ง ใน 48 จังหวัด จำนวน 2,595 คน พบว่ามีอาการปวด/ปวดเมื่อยที่หลังส่วนล่าง 52.4 % โดยมีปัจจัยเสี่ยงจากการยกของหนัก 59.4 % การสำรวจปัญหาการยกศาสตร์ในโรงงานของ Charoenporn (2006) พบว่า มีความต้องการในการให้แก้ปัญหาในเรื่องปวดหลังจากงานยกของจำนวน 51 แห่ง จาก 74 แห่ง คิดเป็น 69 % ซึ่งจัดเป็นปัญหาในลำดับที่ 2 ที่โรงงานต้องการให้แก้ไข ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความต้องการในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ จากสถานประกอบการ

นอกจากนั้น ในงานวิจัยงานขนย้ายวัสดุในบริษัทจอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน (กิตติ, 2538) พบสถิติการเจ็บป่วย 2531-33 อยู่ที่ระดับ 2-3% ส่วนการศึกษาปัญหาความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อต่อเนื่องจากการทำงาน (กองชีวนามัย, 2541) พบสถิติการประสบอันตรายจากงานยกหรือเคลื่อนย้ายของหนัก 6-7 % จึงสรุปในเบื้องต้นได้ว่าสถิติมีแนวโน้มเพิ่ม ขึ้น ในปี 2531-41 และคงที่ในตั้งแต่ 2541 เป็นต้นมา แต่ก็ยังอยู่ในระดับ 2-3 % ของผู้ประสบอันตราย

เพื่อประเมินภาระงานยกของด้วยมือให้เหมาะสมกับความสามารถของคนงานที่ส่งผลระบบงานที่มีประสิทธิภาพดังกล่าวข้างต้น ในปี 1981 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้สร้างสมการ NIOSH สำหรับประเมินภาระงานยกของด้วยมือขึ้น (NIOSH, 1981) โดยกำหนดแนวทางในการแนะนำการทำงานให้เหมาะสมกับตัวพนักงานด้วยการประเมินทั้งทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยาและจิตฟิสิกส์เช่นกัน โดยการรวบรวมจากงานวิจัยในอดีต ซึ่งระบุปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ในปี 1985 สมการ NIOSH ได้รับการพัฒนาให้ใช้งานได้กว้างยิ่งขึ้น โดยมีชื่อว่า “NIOSH Revised Lifting Equation 1991” (RLE) (Waters et al., 1993) และในปี ค.ศ. 1993 Waters et al. ได้จัดทำบทความการประยุกต์ใช้สมการ NIOSH และได้ระบุข้อจำกัดของสมการ RLE ที่ไม่ครอบคลุม คือ การยกของขึ้น/ลง มือเดียว การยกของขึ้น/ลง นานเกิน 8 ชั่วโมง การยกของขึ้น/ลง ในขณะที่นั่งหรือคุกเข่า การยกของขึ้น/ลง ที่จำกัด การยกของที่ไม่มั่นคงขึ้น/ลง การยกขึ้น/ลงในขณะ ถือ ดัน หรือดึง การยกของขึ้น/ลง ด้วยความถี่มากๆ (มากกว่า 30 ครั้ง/นาที) การยกของขึ้น/ลงในขณะที่เท้าไม่มั่นคง (ค่าสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงตราบระหว่างพื้นและรองเท้า น้อยกว่า 0.4) การยกของขึ้น/ลงในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

อย่างไรก็ตามสมการ *RLE* ก็มีข้อดีอยู่มาก นั่นคือเป็นการรวบรวมผลมากจากการวิจัยในอดีต ใช้งานได้ง่าย และมีข้อแนะนำสำหรับปรับปรุงสภาพการทำงานให้ด้วย ดังนั้นแนวทางในการศึกษานี้จึงจะทำการขยายข้อจำกัดของสมการ *RLE* ให้ใช้งานได้กว้างยิ่งขึ้น โดยการขยายฐานความรู้ที่มีเพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่ผ่านมาโดยระบบผู้เชี่ยวชาญในการรวบรวมเนื่องจากฐานความรู้ที่มีอยู่มีอยู่หลายรูปแบบ เช่นสมการ ตาราง กฎ มาตรฐาน คำแนะนำ เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้จะอยู่ในรูปของกฎ ซึ่งสะดวกต่อการปรับปรุงฐานความรู้ในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เพิ่มปัจจัยให้ครอบคลุมและใช้งานได้มากยิ่งขึ้น จากเหตุผลที่เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินภาระงานของด้วยมือที่มีใช้ในปัจจุบัน คือ *RLE* ยังขาดปัจจัยหรือตัวแปร บางตัว ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างครอบคลุม กว้างขวาง และมีประสิทธิภาพ เช่น อุณหภูมิ ความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ ท่าทางการยกที่สองมือไม่เท่ากัน ปัจจัยที่ปรับปรุงคือ

1.1) ปัจจัยด้านอุณหภูมิ มาจากการที่สมการ *RLE* กำหนดให้ใช้ที่ 16-26 °C แต่อุณหภูมิในประเทศไทย เฉลี่ยที่ 29 °C (กรมอุตุฯ 2544) และจากการสำรวจ 31 งาน (ประจวบ, 2547) พบว่ามีค่าเฉลี่ย 29 °C เช่นกัน จึงมีคำถามว่า ค่าจากสมการ *RLE* มีผลกระทบหรือไม่เมื่อนำมาใช้ในประเทศไทย

1.2) ปัจจัยด้านกลุ่มประชากร ด้านความเหมาะสมกับผู้ใช้ พบว่าสมการ *RLE* กำหนดให้ใช้งานได้ง่าย โดยกำหนดว่าให้ใช้ได้กับเพศชาย 95 % และเพศหญิง 75 % แต่จากการสำรวจพบว่ามีเพศชายทำงานของ 78 คน จาก 81 คน (96.31) และมีค่าเกินจากค่าที่กำหนด 19 งาน จาก 31 งาน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 17.5 กก (ประจวบ, 2547) จึงน่าจะกำหนดให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ในแต่ละครั้งไป ในทางกลับกันหากเป็นคณงานหญิงอาจจะต้องลดน้ำหนักลงมา

1.3) ปัจจัยด้านท่าทาง ท่าทางที่ไม่เหมาะสมเป็นปัจจัยหลักของความผิดปกติในกล้ามเนื้อและกระดูก (Snook et al. 1978) นอกจากนั้นในระหว่างที่ทำการทดสอบโปรแกรมในสถานประกอบการตัวอย่างพบว่าเกิดการบาดเจ็บจากท่าทางการยกที่ไม่เหมาะสมจากการขั้นตอนการพลิกแบบ จนต้องหยุดงานและทำกายภาพบำบัด ซึ่งสมการ *RLE* ไม่สามารถประเมินได้

2) กำหนดแนวทางการปรับปรุงให้ชัดเจน ในส่วนแนวทางการปรับปรุงนั้นสมการ *RLE* ได้แนะนำกว้างๆ ซึ่งจากงานวิจัยของ Burke (1992) ระบุแนวทางการนำไปปฏิบัติไว้ เมื่อนำมารวมกัน

ในรูปแบบคะแนนและแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree Diagram) จึงน่าจะทำให้การนำไปใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

```

o What is the box width in cm? Box width is defined as the dimension of the box between the hands.

38

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o What is the box length in cm? Box length is defined as the dimension of the box away from the body.

38

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o What is the angle of twist of the body in degrees with to the line passing between the hands?

0

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o What is the lifting technique? Lifting technique is defined as the method which you use to lift an object

Straight back-bent knees

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o What is the subject population?

College Students

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o What is the percentage of the subject population? For example, 95% of the population indicates that 95 out of 100 workers will be able to handle the weight on the job.

5%
95%

1. Use the arrow keys or first letter of item to position the cursor
2. Press RETURN/ENTER to continue

o Conclusions:

My recommendation is as follows: Endurance Time = 480 min, Energy Expenditure = 3.15 kilocalories/min, and Heart rate = 92 beats/min.

** End - RETURN/ENTER to continue

```

ภาพที่ 4 ระบบผู้เชี่ยวชาญของ Asfour and Genaidy (1987)

ในอดีตมีระบบผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการยกของด้วยมือหลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น ERGON-EXPERT (Lourig and Rombatch, 1989), M-LIFTAN (Karwowski, 1987), A Knowledge-Based System for the Design for Repetitive Manual Materials Handling (RMMH) tasks (Kabuka et al., 1988), A Knowledge-Base System for Assessment of Human Physiological Abilities in Manual Lifting Tasks (Asfour and Genaidy, 1987), ERGOEX (Issachar and Karni, 1999) ระบบผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ประเมินได้เฉพาะในบางเกณฑ์หรือบางวิธี มีข้อจำกัดในการขยายและความยืดหยุ่น ส่วนใหญ่แสดงผลอยู่ในรูปแบบของตัวอักษร (ภาพที่ 4) ประกอบกับในช่วงหลัง

มีงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานยกของด้วยมือมากขึ้น การเพิ่มความรู้ใหม่ๆ พร้อมทั้งขั้นตอนการเสนอแนะที่ชัดเจนน่าจะทำให้การประเมินภาระงานทำได้สะดวก เกิดประสิทธิภาพ และส่งผลต่อการปรับปรุงงานได้ดีขึ้น

Townley (2005) ได้เปรียบเทียบวิธีการประเมินจากสมการ *RLE* กับ ชีวกลศาสตร์ ตารางของ Snook และตารางของ *ACGIH* (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) โดยเปรียบเทียบจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละวิธี จากนั้นให้ผู้มีประสบการณ์ 6 คน ประเมินงาน 6 แบบ แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันการเจ็บป่วย และเวลาที่ใช้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญจึงน่าจะช่วยทำให้ประเมินภาระงานได้รวดเร็วขึ้น

ตารางที่ 1 จุดแข็งและข้อจำกัดของการประเมินแบบต่างๆ (Townley, 2005)

วิธีประเมิน	จุดแข็ง	ข้อจำกัด	เวลาที่ใช้ประเมิน
สมการ <i>RLE</i>	- เป็นการประยุกต์รวมทุกวิธี ในเรื่องแรง โมเมนต์ เพศ ความถี่ ระยะเวลา	- ไม่ได้ป้องกันพนักงานทุกคน - ต้องมีประสบการณ์การใช้งาน	ผู้มีประสบการณ์: 75 นาทีต่อการ ประเมิน 1 ครั้ง
ชีวกลศาสตร์ 2 มิติ	- ไม่สนใจความถี่และ ระยะเวลาทำงาน - เน้นในเรื่องแรง - ไม่สนใจกลุ่มประชากร	- ไม่สนใจความถี่และ ระยะเวลาทำงาน - สนใจ ความเครียดเนื่องจาก ท่าทางการทำงาน	โดยแบบจำลอง คอมพิวเตอร์: 25 นาที
ตารางของ Snook	- พิจารณาจาก <i>MAW</i> - ไม่มีการคำนวณ - สนใจเรื่อง เพศ ระยะทาง ชนิดของงาน ความถี่	- คำนึงถึงกลุ่มประชากรต่างๆ - ไม่สนใจท่าทาง ของร่างกาย - ความถี่ที่ประเมิน มีค่าจำกัด	45 นาทีต่องาน

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะขยายขอบเขตการประเมินงานยกของด้วยมือ ของสมการ *RLE* โดยลดขีดจำกัดลง เช่น สภาวะแวดล้อมด้านอุณหภูมิ กลุ่มประชากร ท่าทางการทำงานที่มีมือสองข้างยกไม่เท่ากัน เป็นต้น จากนั้นพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นโดยที่รวมการประเมินภาระงานและข้อเสนอแนะเข้าไว้ด้วยกัน ประโยชน์ที่ได้คือ จะทำให้การประเมินภาระงานมีความเฉพาะและได้คำแนะนำที่ชัดเจน ทำให้สามารถปรับปรุงงานได้สะดวกยิ่งขึ้น อันส่งผลต่อลดการเจ็บป่วยที่หลังส่วนล่างในที่สุด โดยระบบที่สร้างขึ้นนี้จะเรียกว่า “ML-Expert” (Manual Lifting Task Expert System)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์และพัฒนาค่าน้ำหนักแนะนำ (Recommended Weight Limit: *RWL*) ที่ได้จากการสมการ *RLE* ให้เหมาะสมกับคนไทย จากการทดลองจำลองสภาพงานที่ได้จากการสำรวจ และสามารถขยายขอบเขต ให้สมการ *RLE* ใช้งานครอบคลุม สภาพการทำงานในแบบต่างๆ มากขึ้น
2. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนา ฐานความรู้และระบบผู้เชี่ยวชาญจากสมการ *RLE* ที่ได้รับการปรับปรุงร่วมกับเกณฑ์อื่นๆ และให้คำแนะนำที่ชัดเจน ให้ใช้งานครอบคลุม กว้างขวาง และมีประสิทธิภาพขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การสำรวจจะพิจารณาจากโรงงานที่มีกิจกรรมการยกของด้วยมือจำนวนมาก การทดลองจะใช้วิธีการประเมินร่วมกันระหว่างชีวกลศาสตร์ ศิริวิทยา และจิตฟิสิกส์ ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชายชาวไทย ยกในระนาบหน้าหลัง ส่วนระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกสร้างขึ้นจากสมการทางคณิตศาสตร์ ตารางในรูปฐานกฎ (Rule Base) และ แผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ โดยรวบรวมฐานความรู้จากงานวิจัยในอดีตและจากการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้สมการ *RLE* เป็นพื้นฐาน ซึ่งลดปัจจัยเสี่ยงจากการทำงานของกลุ่มประชากรปกติ ปัจจัยที่จะเพิ่มเติมจากการทดลองคือ อุณหภูมิ กลุ่มประชากร (ผลจากการสำรวจในเบื้องต้น) และท่าทางการทำงานจากการประเมินท่าทางการทำงาน *OWAS* (Ovako Working Posture Analysis System)

การตรวจเอกสาร

1. ความเป็นมาของงานยกของด้วยมือ

ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 คณะกรรมการแรงงานของสหรัฐอเมริกา ได้พยายามลดอัตราการเจ็บป่วยเนื่องจากการยกของ โดยกำหนดแนวทางการป้องกันการเจ็บป่วยในการยกของ โดยกำหนดให้น้ำหนักสูงสุดในการยกของของเพศชายไว้ที่ 50 ปอนด์ ส่วนเพศหญิงกำหนดไว้ที่ 25 ปอนด์ (Nelson and Wickes, 1993)

ในช่วงต้นทศวรรษที่ 1960 มีการศึกษาเกี่ยวกับปวดเมื่อยและบาดเจ็บที่บริเวณหลังส่วนล่างมากขึ้น (Low Back Pain: LBP) โดยมีพื้นฐานทางการศึกษาทางด้านจิตฟิสิกส์ อาศัยการตอบสนองโดยใช้ความรู้สึก (Subjective) มีการเริ่มศึกษาเกี่ยวกับหลัง ทางด้านสรีระวิทยา การเคลื่อนไหว ชีวกลศาสตร์ มีการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาโดยใช้หลักสถิติ มีการแยกกิจกรรมการเคลื่อนย้ายวัสดุ ที่มีความเสี่ยง ออกเป็นการยก การบิดตัว การก้มตัว ระยะเวลาถือ การเดิน

1975 Chaffin and Ayoub ได้รายงานผลการศึกษาของ NIOSH ที่แยกปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บที่หลังที่เกิดจากงานยกของไว้ 4 ประเภท คือ ลักษณะของคนงาน ลักษณะของวัตถุที่ยก ลักษณะของงาน และทักษะการทำงาน

1976 Chaffin and Ayoub ได้แสดงผลการศึกษาของ น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้โดยคนงานชายและหญิงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยแสดงแนวความคิดในเรื่อง โมเมนต์มากขึ้น ในการวิเคราะห์งานยกของจะแสดงออกมาเป็นประโยคที่ว่า “การยกวัตถุหนัก 20 ปอนด์ที่มีระยะห่าง 20 นิ้วในแนวราบจากสะโพกจะมีโมเมนต์ 400 ปอนด์-นิ้วที่บริเวณสะโพก ค่านี้เป็นค่าแรงกดทับที่กระดูกสันหลังที่ยอมรับได้ของบุคคลทั่วไป แต่เมื่อระยะห่างเป็น 30 นิ้ว จะมีค่าเป็น 600 ปอนด์-นิ้ว ซึ่งเกินค่าที่ยอมรับได้ของชายและหญิง” การศึกษานี้แนะนำให้ยกของใกล้ตัว โดยเฉพาะเมื่อวัตถุมีน้ำหนักเกิน 35 ปอนด์

ในปี 1981 NIOSH ได้ตีพิมพ์ “Work Practice Guide for Manual Lifting” ซึ่งเป็นเอกสารพื้นฐานที่ทำให้เข้าใจถึงปัจจัยที่ควบคุมความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของคนงานในงานเคลื่อนย้ายของ คำแนะนำนี้เป็นการรวมผลของการวิเคราะห์จากนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และแพทย์เข้าด้วยกัน

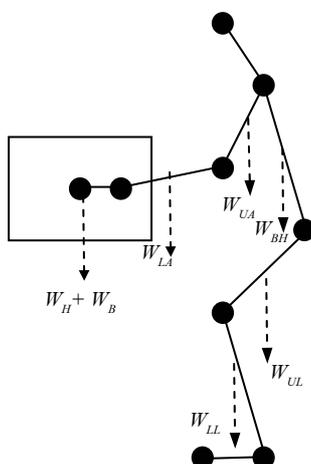
1985 คณะกรรมการของ *NIOSH* ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญได้ทำการปรับปรุงและขยายสมการ *NIOSH* สำหรับการออกแบบและประเมินภาระงานยกของด้วยมือ สมการได้รับการปรับปรุงในปี 1991 ตีพิมพ์ในปี 1993

ตั้งแต่ได้รับการตีพิมพ์ในปี 1981 คู่มือแนะนำของ *NIOSH* ได้รับการยอมรับจากวงการความปลอดภัยในอุตสาหกรรม ที่เป็นหลักในการประเมินอันตรายของสถานที่ที่ยกของ คู่มือแนะนำของ *NIOSH* เป็นเครื่องมือในการหาน้ำหนักที่เหมาะสม และเป็นการเตรียมสภาพที่ดีสำหรับฝ่ายบริหารและวิศวกรในการป้องกันอันตรายในการยกของ

2. การประเมินภาระงานยกของด้วยมือ

การประเมินภาระงานและการออกแบบจะใช้วิธีการทางด้าน ชีวกลศาสตร์ ศรีวิทยา จิตพิสิทธ์ ระบาดวิทยา ซึ่งสมการ *RLE* ได้ใช้วิธีการต่างๆ เหล่านี้ทั้งหมด โดยมีรายละเอียดของแต่ละวิธีพอสรุปได้ดังนี้ (Mital et al., 1997)

2.1 วิธีการทางด้านชีวกลศาสตร์



ภาพที่ 5 แบบจำลองในการคำนวณโดยวิธีการทางชีวกลศาสตร์ (Tayyari and Smith, 1997)

วิธีการทางด้านชีวกลศาสตร์ จะประมาณค่าทางกลของร่างกาย เช่น พิจารณาจากแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดกับหมอนรองกระดูก *L5/S1* (*L5/S1* หมายถึงหมอนรองกระดูกที่อยู่ระหว่างกระดูก Lumbar ชั้นที่ 5 และ Sacral ชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนล่างอยู่บริเวณเอว)

เทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ โดยการแบ่งชิ้นส่วนร่างกายออกเป็นส่วนๆ ดังตัวอย่างแบบจำลองหนึ่งในภาพที่ 5 แบ่งร่างกายออกเป็นส่วนๆ คือ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ขาส่วนบน ขาส่วนล่าง ลำตัว และศีรษะ จากนั้นทำการคำนวณหาค่าแรงและโมเมนต์ที่เกิดจากการยกภาระที่ข้อมือส่งผ่านไปยั้งศอก หัวไหล่ และกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1 ตามลำดับ (Tayyari and Smith, 1997)

จากภาพที่ 5 แสดงถึงการแบ่งร่างกายของมนุษย์เป็น 6 ส่วนสำคัญคือ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ลำตัวและศีรษะ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ โดยใช้วิธีการทางชีวกลศาสตร์โดยที่

W_H	คือ มวลของมือ
W_B	คือ มวลของภาระงาน
W_{LA}	คือ มวลของแขนส่วนล่าง
W_{UA}	คือ มวลของแขนส่วนบน
W_{BH}	คือ มวลของลำตัวและศีรษะ
W_{UL}	คือ มวลของขาส่วนบน
W_{LL}	คือ มวลของขาส่วนล่าง

2.2 วิธีการทางด้านสรีระวิทยา

วิธีการทางสรีระวิทยาใช้กับงานที่ทำซ้ำๆ ซึ่งสัมพันธ์กับการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงทางสรีระวิทยาของคนงาน ค่าความต้องการออกซิเจน จะแสดงถึงขีดความสามารถในการทำงานโดยที่ไม่เกิดความล้า โดย Legg and Pateman (1985) ได้กำหนดค่าความสามารถในการทำงาน 8 ชั่วโมง ว่าควรอยู่ในช่วง 21-23 % ของความสามารถในการวิ่งในลู่วิ่ง และ 28-29% ของการปั่นจักรยาน (เป็นความสามารถสูงสุดในการพลังงานหรือใช้ออกซิเจน = VO_{2max})

2.3 วิธีการทางด้านจิตฟิสิกส์

วิธีการทางจิตฟิสิกส์เป็นการกำหนดภาระงานจากการให้แต่ละคน กำหนดความถี่และน้ำหนักของวัตถุที่จะยกเองโดยที่ไม่ทำให้ตนเองเกิดความล้าขึ้น แล้วเก็บค่าแต่ละการทดลองไว้

2.4 วิธีการทางด้านระบาดวิทยา

ระบาดวิทยา เป็นวิธีการที่ใช้ศึกษาการเกิดโรคในกลุ่มประชากร ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงในการบาดเจ็บที่เชื่อมโยงในงานยกของด้วยมือ ซึ่งมีงานวิจัยบางส่วนดังนี้

Chaffin and Park พบว่าความแข็งแรงของแต่ละคนมีความสัมพันธ์กับอัตราการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่าง (Mital et al., 1997)

Ayoub et al. ใช้แนวคิดค่าดัชนีความเครียดของงาน (Job Stress Index: *JSI*) รายงานว่าค่าวิกฤตอยู่ที่ *JSI* เท่ากับ 1.4-1.5 ถ้า *JSI* มากกว่า 1.4-1.5 อัตราการบาดเจ็บจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Mital et al., 1997)

3. สมการ *NIOSH*

NIOSH ได้ระบุปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกประกอบด้วย (Waters et al., 1993)

- 1) น้ำหนักวัตถุ เป็นแรงที่ต้องใช้
- 2) ตำแหน่งที่ทำงาน คือระยะจากจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุกับคนงาน
- 3) ความถี่ ระยะเวลา จังหวะการทำงาน เป็นตัวกำหนดความซ้ำซากของงาน
- 4) ความมั่นคง เป็นความสม่ำเสมอของจุดศูนย์กลางถ่วงในการถือของเหลวและของใหญ่
- 5) ลักษณะการจับ เป็นลวดลาย ขนาด ตำแหน่งและรูปร่างของมือจับ
- 6) รูปร่างสถานที่ทำงาน เป็นระยะในการทำงานในรูปของระยะเคลื่อนที่ ทิศทาง สิ่งกีดขวาง ท่าทาง
- 7) สภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยเกี่ยวกับ ความร้อน ความชื้น แสง เสียงรบกวน การสั่นสะเทือน ความฝืด ความมั่นคงของเท้า

ปัจจัย 3 ตัวแรกจะเป็นแปรอยู่ในสมการที่เป็นแนวทางในการป้องกันการบาดเจ็บจากการยกของ โดยจะต้องมีค่าน้ำหนักไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ (Acceptable Limit: *AL*) และค่าสูงสุดที่อนุญาต (Maximum Permissible Limit: *MPL*) ดังแสดงในสมการ *NIOSH* 1981 (สมการที่ 1 และ 2)

ส่วนปัจจัย 4-7 จะต้องมีสภาพที่ดี ประกอบด้วย ความมั่นคงของวัตถุที่ยก มีมือจับที่สะดวก สมดุล มีขนาดพอดี ได้แก่ ท่าทางการยก การยืนที่ดี มีอุณหภูมิ ความชื้น แสง เสียงรบกวน และความสั่นสะเทือนที่เหมาะสม ไม่บิคขณะยก และไม่ทำงานอื่นขณะที่ยกเช่น ลาก ผลัก แบก หรือถือของ

$$AL \text{ (kg)} = 40(15/H)(1-0.004|V-75|)(0.7+7.5/D)(1-F/F_{max}) \dots\dots\dots(1)$$

$$MPL \text{ (kg)} = 3(AL) \dots\dots\dots (2)$$

โดย

H = ระยะในแนวราบจากกึ่งกลางของร่างกาย (ตาตุ่ม) ไปยังจุดที่ทำกรยกวัตถุ มีค่าต่ำสุดเป็น 15 ซม

V = ระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในขณะเริ่มยก (ซม)

D = ระยะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายในแนวดิ่ง มีค่าต่ำสุดเป็น 25 ซม

F = ความถี่ในการยกเฉลี่ยต่อนาที ถ้าต่ำกว่า 2 กำหนดให้เป็น 0

F_{max} = เป็นค่าความถี่ในการยกสูงสุดที่ยอมรับได้ โดยดูจากตารางในภาคผนวก ๑

เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ยกอยู่ ดังนี้

- 1) ถ้าน้อยกว่า ค่า AL เป็นงานปกติ ผู้ชายมากกว่า 99 % และผู้หญิงมากกว่า 75 % ยกของนี้ได้
- 2) ถ้ามมากกว่า AL เป็นงานที่มีความเสี่ยง ต้องได้รับการควบคุมทางด้านการจัดการหรือทางวิศวกรรม ถ้าควบคุมทางวิศวกรรมไม่ได้ การจัดการอาจทำการป้องกันคนงาน โดยเลือกคนงานที่มีความสามารถเหมาะสมกับงาน โดยทดสอบความสามารถและความแข็งแรง และสอนเทคนิคที่ปลอดภัยในการยกของ
- 3) ถ้ามีค่ามากกว่า MPL เป็นงานที่เป็นอันตรายกับพนักงานเกือบทุกคน ผู้ชายทำได้น้อยกว่า 25 % ผู้หญิงทำได้น้อยกว่า 1% ต้องได้รับการออกแบบใหม่ เช่น ลดขนาด น้ำหนัก หรือปรับปรุงมือจับ

3.1 สมการ NIOSH ฉบับปรับปรุงปี 1991

NIOSH ได้พัฒนาสมการในปี 1981 เพื่อช่วยในเรื่องสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติในการประเมิงานยกของในแนวระนาบน้ำหนัก (NIOSH, 1981) สมการถูกใช้อย่าง

กว้างขวางในผู้ปฏิบัติด้านสุขภาพชีวอนามัยเพราะมีหลักวิธีในการคำนวณเกณฑ์น้ำหนักของการยกของด้วยมือ มีประโยชน์ในการกำหนดน้ำหนักเพื่อลดความเสี่ยงต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกซึ่งสัมพันธ์กับการปวดเมื่อยและบาดเจ็บที่หลังส่วนล่าง (Low Back Pain: *LBP*) (Waters et al., 1993)

1985 *NIOSH* ได้ตั้งคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญขึ้นทำการทบทวนงานทางด้านการยกของ คำแนะนำที่กำหนดเกณฑ์ความสามารถการยก เนื่องจากสมการในปี 1981 ถูกจำกัดอยู่ในแนวระนาบหน้าหลัง เพื่อขยายการประยุกต์กับงานยกของให้มากขึ้น การปรับปรุงขยายสมการจึงเกิดขึ้นในปี 1991 ต่อมา *NIOSH* ได้จัดทำเอกสารของสมการและหลักสำคัญแนะนำวิธีการใช้สมการที่ได้ขึ้น สมการในปี 1991 เป็นผลมาจากการหาและกำหนดวิธีการประเมินการยกที่ไม่สมมาตร งานยกที่มีมือจับไม่ดี และยังกำหนดแนวทางสำหรับประเมินในช่วงเวลาทำงานได้นานกว่าสมการในปี 1981 บทความนี้เป็นจะกล่าวถึงการเลือกหลักเกณฑ์ทั้งสามแนวทาง (ชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา จิตฟิสิกส์) ที่ใช้ในการกำหนดสมการ ในปี 1991 และอธิบายถึงที่มาของแต่ละปัจจัยในสมการ บทความนี้ยังอธิบายถึงการใช้ *LI* (Lifting Index) ซึ่งเป็นดัชนีวัดถึงความเค้นที่บอกถึงอันตรายในงานยกของ สมการปี 1991 ยังไม่ได้รับการทดสอบมากนัก น้ำหนักที่แนะนำยังต่ำกว่างานวิจัยทั่วไป แต่ *NIOSH* เชื่อว่าสมการที่ปรับปรุงในปี 1991 จะป้องกันอันตรายที่เกิดกับคนงานได้ดีกว่าสมการในปี 1981

สมการปี 1991 ได้กำหนดวิธีการประเมินงานยกของที่ไม่สมมาตร มีที่จับที่ไม่ดี และขยายตารางประเมินช่วงการเวลาการทำงานและความถี่ให้มากยิ่งขึ้น วัตถุประสงค์ของทั้งสองสมการก็เพื่อลดความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยและบาดเจ็บที่หลังส่วนล่าง (*LBP*) ที่สัมพันธ์กับการยกของคนงาน นอกจากนั้นสมการนี้จะช่วยลดโรคและการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อและกระดูกส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการยกด้วย เช่น การปวดไหล่และแขน

เกณฑ์ใน 3 แนวทาง (ชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา และจิตฟิสิกส์) เป็นส่วนกำหนดเริ่มต้นและปรับปรุงสมการ โดยเลือกหลักเกณฑ์ทั้งสามแนวทางใช้ในการกำหนดสมการ และอธิบายถึงที่มาของแต่ละปัจจัยในบทความนี้ยังอธิบายข้อจำกัดของสมการและการใช้ *LI* ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่บอกถึงอันตรายในงานยกของ

คณะผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมเกณฑ์จากการวิจัยจากเกณฑ์ทั้ง 3 แนวทาง แล้วนำมาพิจารณาเลือกและตัดสินใจใช้ค่าที่เหมาะสมโดยสรุปคือใช้ค่าทางชีวกลศาสตร์ที่ 3400 นิวตัน ค่าทางสรีรวิทยาที่ระดับ 2.2-4.7 กิโลแคลอรีต่ออนาทีและ ค่าทางจิตฟิสิกส์ที่ *MAW* ที่ระดับ 75 % ของ

เพศหญิงและที่ ระดับ 99% ของเพศชาย โดยทดลองใช้สมการ *RLE* ประเมินงานตัวอย่างเทียบกับเกณฑ์ต่างๆ ทั้งสามด้านดังกล่าวแล้วยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังตารางที่ 2

ข้อจำกัดของสมการนี้เป็นผลมาจากการศึกษาตามสมมติฐานจากตัวอย่างในจำนวนที่น้อย จึงมีความไม่แน่นอนในการสรุปผล และไม่สามารถจะใช้วิธีการทางคลินิกที่จะแยกสาเหตุการปวดหลังที่เกี่ยวข้องกับงานจากสาเหตุอื่นๆ ได้อย่างแม่นยำ จึงต้องพบกับความไม่แน่นอนของข้อมูล คณะกรรมการในปี 1991 จึงตัดสินใจในเชิงอนุรักษ์คือ ป้องกันให้มากที่สุด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากแต่ละเกณฑ์และจากสมการประเมินแบบต่างๆ

ตัวอย่างการทดลอง	น้ำหนักที่ได้จากแต่ละเกณฑ์ (กก.)			<i>RLE</i> (<i>RWL</i>)
	ชีวกลศาสตร์	สรีรวิทยา	จิตฟิสิกส์	
งานที่ 1	24	มากกว่า 24	14	10
งานที่ 2	มากกว่า 24	มากกว่า 24	13	13
งานที่ 3	20	7	8	6
งานที่ 4	24	6	2	4

ที่มา: (Waters et al., 1993)

สมการของการประเมินงานยกของด้วยมือของ *RLE* (1981ปรับปรุงปี 1991) ที่ได้ คือ

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \dots\dots\dots(3)$$

$$LI = \frac{ObjectWeight}{RWL} \dots\dots\dots(4)$$

โดย

RWL (Recommend Weight Limit) เป็นน้ำหนักแนะนำ ที่เหมาะสมตามตัวแปรสภาพงาน

LC (Load Constant) เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 23 กก

LI (Lifting Index) เป็นดัชนีการยกไม่ควรเกิน 1 หากเกินต้องทำการปรับปรุง

Object Weight = เป็นน้ำหนักของชิ้นงานที่ยก (กก)

HM (Horizontal Multiplier) = $(25/H)$; *H* เป็นระยะจากข้อมือในแนวราบ (ซม)

VM (Vertical Multiplier) = $(1 - (0.003|V - 75|))$; *V* เป็นระยะจากข้อมือในแนวตั้ง (ซม)

DM (Distance Multiplier) = $(0.82 + (4.5/D))$; *D* เป็นระยะทางที่ยกในแนวตั้ง (ซม)

AM (Asymmetric Multiplier) = $(1 - (0.0032 A))$; *A* เป็นมุมในการบิดตัว (องศา)

FM (Frequency Multiplier) = เป็นผลจากความถี่ในการทำงาน (ตารางภาคผนวก ญ)

CM (Coupling Multiplier) = เป็นผลจากสภาพของมือจับ (ตารางภาคผนวก ญ)

3.2 ข้อดี และข้อจำกัดของสมการ *RLE*

ตั้งแต่ได้รับการตีพิมพ์ในปี 1981 คู่มือแนะนำของสมการ *RLE* ได้รับการยอมรับจากวงการความปลอดภัยในอุตสาหกรรม ที่เป็นหลักในการประเมินอันตรายของสถานที่ที่ยกของ คู่มือแนะนำของสมการ *RLE* เป็นเครื่องมือสำหรับผู้จัดการในการหาน้ำหนักที่เหมาะสม และเป็นการเตรียมสภาพที่ดีสำหรับฝ่ายบริหารและวิศวกรในการป้องกันอันตรายในการยกของ

ส่วนข้อจำกัดที่สมการ *RLE* ยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ คือ

- การยกของขึ้น/ลง มือเดียว
- การยกของขึ้น/ลง นานเกิน 8 ชั่วโมง
- การยกของขึ้น/ลง ในขณะที่นั่งหรือคุกเข่า
- การยกของขึ้น/ลง ที่จำกัด
- การยกของที่ไม่มั่นคงขึ้น/ลง
- การยกขึ้น/ลงในขณะ ถีบ ดัน หรือดึง
- การยกของขึ้น/ลง ด้วยความถี่มากๆ (มากกว่า 30 ครั้ง/นาที)
- การยกของขึ้น/ลงในขณะที่ทำไม่มั่นคง (ค่าสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงตานระหว่างพื้นและรองเท้าน้อยกว่า 0.4)
- การยกของขึ้น/ลงในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิอยู่นอกช่วง 19-26 °C หรือความชื้นอยู่นอกช่วง 30-50 %

จากข้อจำกัดนี้ทำให้สมการ *RLE* ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในบางอุตสาหกรรมที่มีความร้อนสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการปกติ ซึ่ง *NIOSH* (1996) ได้ ยกตัวอย่างไว้ เช่น โรงงานหล่อเหล็ก โรงหล่อที่ไม่ใช่เหล็ก โรงงานอิฐ โรงงานแก้ว โรงงานยาง งานซ่อมหม้อไอน้ำ คริว รั้วเบเกอร์ เหมืองแร่ งานซักรีด อุโมงค์ไอน้ำ งานซ่อมเพดานบ้าน งานก่อสร้าง งานสร้างถนน เป็นต้น

สำหรับประเทศไทย (กรุงเทพฯ) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ 18.6-37.4 °C (เฉลี่ย 29.0 °C) และความชื้นอยู่ในช่วง 57-86% (เฉลี่ย 73%) (สถิติกรมอุตุนิยมวิทยา, 2544) ซึ่งไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดของสมการ *RLE* และงานยกของส่วนใหญ่จะทำในอาคารปกติที่ไม่ได้ปรับอากาศ

3.3 งานวิจัยเกี่ยวกับสมการ *RLE*

จากงานวิจัย (Dempsey et al., 2001) พบว่าความแตกต่างของ *RWL* (ΔRWL) = $-23 \text{ kg} (25/H^2) (0.85) \cdot \Delta H$ ซึ่ง ΔH คือส่วนต่างของระยะแนวราบ และหากระยะแนวราบเปลี่ยนไป 1 ซม. จะทำให้ค่า *RWL* ต่างไปจากเดิม 0.78 กก ตามสมการดังกล่าว

Lee et al. (1996) ได้ใช้วิธีการทางด้านจิตฟิสิกส์ทดสอบการยกในแนวระนาบหน้าหลังที่ความถี่และความสูงต่างๆ กัน จากนักเรียน 6 คน คนงาน 3 คน ได้ค่าเหมือนกับสมการ *RLE*

Chung และ Kee (2000) ได้วิเคราะห์งานในโรงงานอิฐซึ่งมีการบาดเจ็บของหลังจากหลายกระบวนการ โดยใช้สมการ *RLE* ในการประเมินภาระงานหลายงาน (Composite Lifting Indices: *CLI*) ของสมการ *RLE* ซึ่งได้ค่าในกระบวนการขึ้นรูปที่ 0.86 - 8.8 (เฉลี่ย 2.73) และกระบวนการเผา/บรรจุ ที่ 3.7 - 18.9 (เฉลี่ย 11.12)

Wu (2003) ได้ประเมิน น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Acceptable Weight Lift: *MAW*) ของนักเรียนหญิง 12 คน ในการยกของแบบไม่สมมาตร จากค่า จังหวะการเต้นหัวใจ (*HR*) ปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) และ อัตราความรู้สึกในการออกแรง (Rating of Perceived Exertion: *RPE*) ที่ ความถี่ 1 และ 4 ครั้งต่อนาที ความสูงจากพื้น 68 ซม มุม 30 60 90 องศา โดยทำงาน 1 ชม เทียบกับค่า *RWL* ของสมการ *RLE* ได้ค่าจากการประเมินแต่ละอย่างแตกต่างกันในบางช่วง

4. การประเมินท่าทางการทำงาน *OWAS* (Ovako Working Posture Analysis System)

Karhu et al. (1977) ได้พัฒนาการประเมินท่าทางการทำงาน *OWAS* เพื่อศึกษาท่าทางการทำงาน โดยการพิจารณาให้คะแนนจากส่วนของร่างกาย 3 ส่วน คือ แขน หลัง ขา และภาระงาน มีรายละเอียดคะแนนดังตารางที่ 3

การบันทึกจะกระทำเป็นช่วงโดยใช้คาบเวลาที่เหมาะสม เช่น 10 วินาที หรือ 15 วินาทีเป็นต้น การประเมินภาระงานโดยวิธี *OWAS* นี้ Kivi and Mattila (1991) ได้ทำโปรแกรม *OWASAN* และ *OWASCO* เพื่อช่วยในการประเมินภาระงานให้สะดวกยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมนี้ใช้งานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เมื่อกำหนดคะแนนท่าทางตามตารางที่ 3 แล้ว โปรแกรมจะประเมินว่างานนั้นอยู่ในระดับใดตามตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การให้คะแนนจากท่าทางของร่างกายและภาระงานของ *OWAS*

ส่วนของร่างกาย	คะแนน
หลัง : ตรง	1
โค้ง	2
ตรงและบิด	3
โค้งและบิด	4
แขน : 2 ข้างต่ำกว่าไหล่	1
1 ข้างสูงกว่าไหล่	2
2 ข้างสูงกว่าไหล่	3
ขา : นั่ง	1
ยืน 2 ขา	2
ยืน 1 ขา	3
งอ 2 เข่า	4
งอ 1 เข่า	5
คุกเข่า	6
เดิน	7
ภาระ : ≤ 10 กก.	1
≤ 20 กก.	2
> 20 กก.	3

ที่มา: Karhu et al. (1977)

ตารางที่ 4 การแบ่งระดับงานตามเกณฑ์ *OWAS* โดยใช้คะแนนจากท่าทาง (ตารางที่ 3)

หลังแขน		ขา																	
		1		2		3		4		5		6		7					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ที่มา: Karhu et al. (1977)

ความหมายของระดับคะแนนที่ได้ในตารางที่ 4 มีค่าดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 เป็นท่าทางที่ไม่อันตราย ยอมรับได้

ระดับที่ 2 เป็นท่าทางที่มีความเครียดบ้าง ควรตรวจสอบและแก้ไข

ระดับที่ 3 เป็นท่าทางที่มีความเครียดมาก ควรตรวจสอบและแก้ไขโดยเร็ว

ระดับที่ 4 เป็นท่าทางที่อันตราย ควรตรวจสอบและแก้ไขในทันที

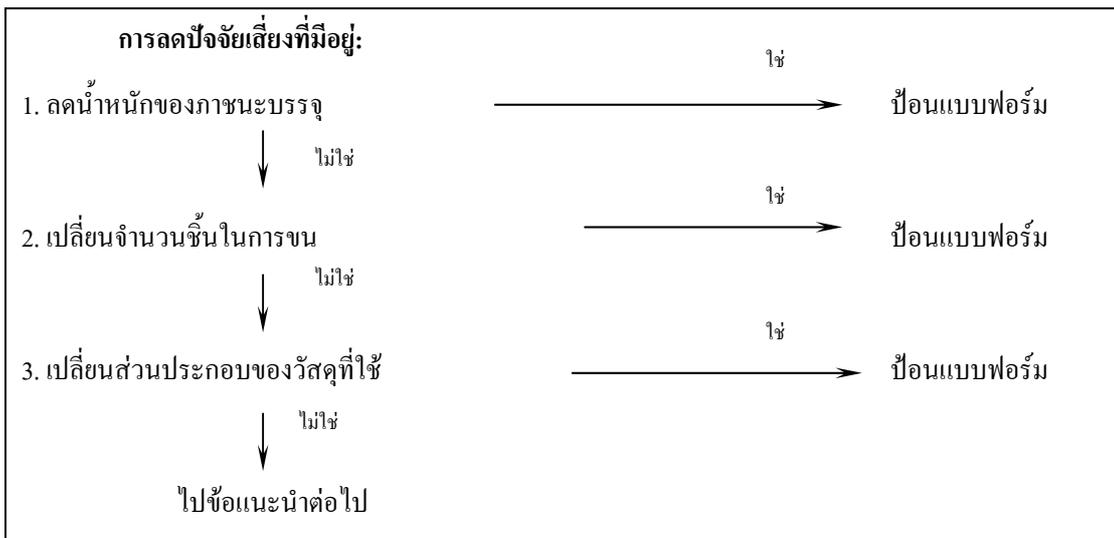
5. การป้องกัน การปรับปรุง และการควบคุม

Occupational safety and Health Administration (*OSHA*) ซึ่งเป็นหน่วยงานบริหารชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศอเมริกา ได้แนะนำการป้องกันและควบคุมโดยเน้นหนักที่สถานที่ทำงาน (เครื่องมืออัตโนมัติ เครื่องมือช่วย การปรับปรุงงานโดยการยศาสตร์) หรือเน้นที่ตัวพนักงาน (การให้ความรู้และฝึกอบรม การคัดเลือกคนงาน อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (Bhattachara and McGlothlin, 1996) ส่วนคู่มือของสมการ *RLE* ได้สรุป แนวทางการออกแบบและแก้ไข เพื่อลดความเสี่ยงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แนวทางการออกแบบและการให้คำแนะนำตามสมการ *RLE* (Waters et al., 1994)

ปัจจัยที่พิจารณา	แนวทางการปรับปรุง
<i>HM</i> น้อยกว่า 1	นำสิ่งของที่ยกให้ใกล้ตัวมากขึ้น จัดสิ่งกีดขวางและลดขนาดสิ่งของ ไม่ควรยกของที่พื้น ถ้าจำเป็นควรจะใช้รถเข็นหรือรถเข็นที่วางเท้าทั้งสอง
<i>VM</i> น้อยกว่า 1	หลีกเลี่ยงการยกของใกล้พื้น หรือเหนือไหล่
<i>DM</i> น้อยกว่า 1	ลดระยะทางการยก
<i>FM</i> น้อยกว่า 1	ลดความถี่ ระยะเวลาทำงาน หมุนเวียนทำงานเบาเป็นช่วงๆ
<i>AM</i> น้อยกว่า 1	ลดระยะมุมในการยกเพื่อลดการบิดตัว หรือ เพิ่มมุมในการยกเพื่อให้ใช้ท่าหมุนแทนการบิดตัว
<i>CM</i> น้อยกว่า 1	ปรับปรุงมือจับ อุปกรณ์บรรจุ หรือทำมือจับให้กับวัสดุที่ไม่มีรูปทรง
<i>RWL</i> ที่จุดวาง น้อยกว่าที่จุดเริ่มยก	ลดการควบคุมการยกสิ่งของที่จุดสุดท้าย เช่น การต้องขยับ เล็งหรือเสียบให้ตรงก่อนวาง
<i>LI</i> มากกว่า 1	ควรปรับปรุง

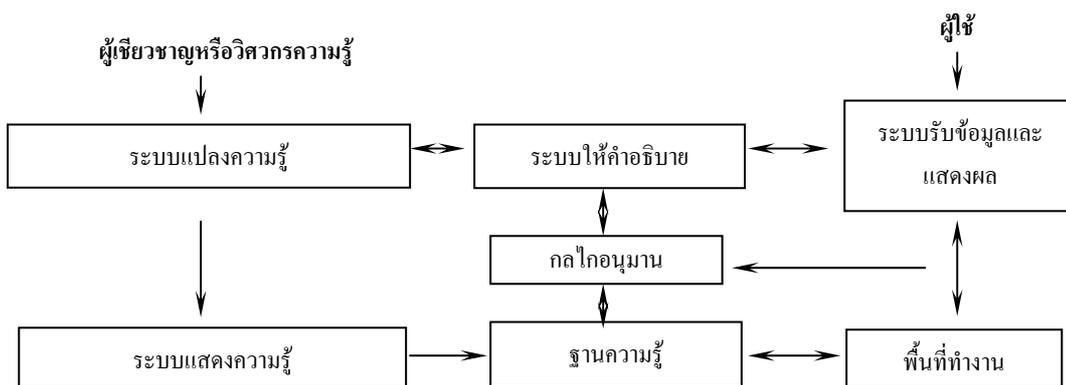
Burke (1992) ได้เสนอกระบวนการทางการยศาสตร์ 7 ขั้นตอนในการปรับปรุงงาน คือ กำหนดเกณฑ์ในการวัดและเป้าหมาย เก็บข้อมูลของงาน ระบุปัจจัยเสี่ยง ค้นหาแนวทางปรับปรุง คัดเลือกแนวทางปรับปรุง นำแนวทางปรับปรุงไปใช้งาน และติดตามผลสัมฤทธิ์ ตัวอย่างการหาคำตอบในการปรับปรุง แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการหาคำตอบในการปรับปรุง (Intervention Discovery)

6. ระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้เป็นระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีลักษณะ โครงสร้างดังภาพที่ 7 (อัศนีย์, 2535) ประกอบด้วย ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่เก็บความรู้ ข้อเท็จจริงและกฎ ระบบแปลงความรู้ (Knowledge Acquisition System) จะทำหน้าที่รับความรู้ทางด้านเทคนิคจากผู้เชี่ยวชาญที่เขียนในรูปแบบที่กำหนด มาเก็บไว้ในลักษณะข้อเท็จจริงและกฎ ระบบแสดงความรู้ (Knowledge Representation System) คือที่เก็บตัวแทนของความรู้ ระบบรับข้อมูลและแสดงผล (Input / Output System) ใช้สำหรับควบคุมการโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้ใช้ ระบบให้คำอธิบาย (Explanation System) ทำหน้าที่อธิบายที่มาของคำตอบ รวมทั้งเหตุผลหรือเทคนิคการหาคำตอบ กลไกอนุมาน (Inference Engine) จะทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎเพื่อใช้ในการอนุมาน รวมทั้งกำหนดวิธีการอนุมานหาคำตอบ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแบบใหญ่ๆ คือ การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward Chaining) เป็นการให้ใส่สาเหตุแล้วระบบจะอนุมานผลลัพธ์ที่ได้ และการอนุมานแบบถอยหลัง (Backward Chaining) เป็นการให้ใส่ผลลัพธ์แล้วระบบจะอนุมานว่ามาจากสาเหตุอะไร (วิลาส และ บุญเจริญ, 2535)



ภาพที่ 7 ระบบเปลี่ยนผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญมีวิธีการแสดงความรู้ได้หลายรูปแบบของ เช่น กฎ เฟรม และ โครงข่ายสัญลักษณ์ (Semantic Network) การศึกษานี้จะใช้ การแสดงความรู้ในรูปของกฎ ดัง ตัวอย่าง

If FM less than 1.0
 Then Reduce the lifting frequency

ซึ่งมีความหมายคือ ถ้าตัวคุณความถี่มีค่าน้อยกว่า 1 แล้วดำเนินการลดความถี่ในการ ยกของลง

6.1 ระบบผู้เชี่ยวชาญงานยกของด้วยมือในอดีต

ระบบผู้เชี่ยวชาญงานยกของด้วยมือในอดีตจะประเมินได้ตามหลักเกณฑ์ที่จำกัดใน รูปแบบตัวอักษรและส่วนใหญ่ให้คำแนะนำในรูปแบบกว้างๆ Klomjit et al. (2006), Laring (2004) ได้เปรียบเทียบระบบผู้เชี่ยวชาญและฐานความรู้ในอดีต ซึ่งเปรียบเทียบในด้านวัตถุประสงค์ รูปแบบจำลอง ลักษณะการวิเคราะห์ที่ใช้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบระบบผู้เชี่ยวชาญและฐานความรู้ในอดีต

โปรแกรม	เป้าหมาย	แบบจำลอง คน	แบบจำลอง สถานีนงาน	ลักษณะงาน	การวิเคราะห์
Asfour's Expert (Asfour and Genaidy, 1987)	ประเมินความสามารถในการยกทางสรีรวิทยา, ให้คำแนะนำในการใช้งานใช้พลังงานและอัตราการเต้นหัวใจในช่วงการทำงานต่อเนื่องและหยุดเป็นช่วงๆ	สัดส่วนร่างกาย	ลักษณะงาน, ขนาด	ความถี่และความสูงในการยก	คำแนะนำในการใช้งานใช้พลังงานและอัตราการเต้นหัวใจในการทำงาน
ERGOEX (Issachar and Kami, 1999)	ยกระดับการออกแบบสถานีนงานและปรับปรุงสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม	ป้อนคำตอบเป็นตัวอักษรตามคำถาม	ป้อนคำตอบเป็นตัวอักษรตามคำถาม		ให้คำแนะนำในการออกแบบตามสัดส่วนร่างกาย, ท่าทาง, อุปกรณ์และงาน
M-LIFTAN, LIFTAN (Karwowski et al. 1987)	วิเคราะห์และออกแบบงานขนถ่ายวัสดุด้วยมือ	อายุ, เพศ, สัดส่วนร่างกาย, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, fitness.	ระยะแนวราบ, ระยะการหิ้ว, ระยะแนวตั้ง, ระยะการเคลื่อนย้าย, ขนาด, น้ำหนักของกล่อง, ลักษณะหิ้ว	ความถี่ในการยก	M _{AW} , มาตรฐาน NIOSH, ทำนายค่าการยก, คำแนะนำในการออกแบบ, การวิเคราะห์ความเสี่ยง
RMMH-EXPERT (Kabuka et al., 1988)	แนวทางในการขนถ่ายวัสดุด้วยมือ เช่นการยก, การหิ้วสำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญ (non-experts)	เพศ, อายุ, สัดส่วนร่างกาย, ความแข็งแรง	ระยะทางในการถือ, ความสูง, ขนาดของบรรจุภัณฑ์, ลักษณะหิ้ว	ความถี่, การยก, การหิ้ว, การวาง, การดึง, การดัน, ระยะเวลา, รูปแบบ	วิธีการค้นหาในเอกสารงานวิจัย
ERGON EXPERT (Lourig and Rombatch 1989)	ประเมินอันตรายของงานยกของด้วยมือที่มีต่อสุขภาพ	แสดงผลเป็นรูปภาพโครงร่าง 9-joints			มีโมดูลสำหรับเทียบมาตรฐาน, การวิเคราะห์ผลทางด้านสัดส่วนร่างกาย, ชีวกลศาสตร์, การใช้งานใช้พลังงาน, ทักษะ motor skills และความรู้สึกรับต่อการะงาน
ErgoEASER (DOE, 1995)	ประเมินสถานีนงานและให้คำแนะนำ	แสดงผลเป็นรูปภาพ	ระยะทางในการถือ, ความสูง, ขนาดของบรรจุภัณฑ์, ลักษณะหิ้ว	ความถี่ของการยก	สมการ RLE
3DSSPP (University Michigan 2006)	การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ 3 มิติ	แสดงผลเป็นรูปภาพ 3 มิติ	ระยะทาง ทิศทาง	แรง (น้ำหนักของวัตถุ) แรงที่กระทำต่อข้อต่อ	ชีวกลศาสตร์

6.1.1 ERGON-EXPERT

ERGON-EXPERT เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของระบบงาน และกฎในการออกแบบจากฐานความรู้ทางการยศาสตร์ ซึ่งทำงานหลักคือ งานยกของ วางของ การเคลื่อนย้าย การขึ้น การเดินที่มีของและไม่มีของ ลักษณะของการออกแบบจะแยกออกเป็น 6 ระดับคือ กฎ ข้อบังคับและมาตรฐาน สัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงสูงสุด ข้อจำกัดทางชีวกลศาสตร์ ข้อจำกัดทางสรีรวิทยา และข้อจำกัดทางจิตฟิสิกส์ ท้ายสุดระบบผู้เชี่ยวชาญทางการยศาสตร์ก็ยังไม่สามารถใช้ได้จริงในขณะนั้นเนื่องจากฐานความรู้ต่างๆ ยังมีอยู่น้อยเกินไป (Lourig and Rombatch 1989)

6.1.2 M-LIFTAN

ในปี 1987 Karwowski et al. ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาฐานความรู้ระบบผู้เชี่ยวชาญ M-LIFTAN เพื่อวิเคราะห์และออกแบบงานขนย้ายวัสดุด้วยมือ โดยระบบให้ผู้ใช้ทำงานได้ 5 ส่วนคือ: (1) น้ำหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ในแต่ละประเภทงาน (2) พิจารณาตามเกณฑ์ของสมการ NIOSH (3) ทำนายค่า MAIW (4) ประเมินความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการยกของที่ Overexertion (5) หาแนวทางในการออกแบบและประเมินงานยกของที่ซับซ้อน

M-LIFTAN ประกอบด้วย 159 กฎ โดย 91 กฎสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ความเสี่ยงและ 68 กฎเป็นคำแนะนำและคำอธิบายการออกแบบงาน ระบบติดตั้งบนเครื่อง VAX-8600 และใช้ “EP/P ADVISOR” Shell สำหรับพัฒนา

6.1.3 RMMH-Expert System

Kabuka et al. (1988) ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานขนถ่ายวัสดุซ้ำซากขึ้น (Repetitive Manual Materials Handling: RMMH) ฐานความรู้ประกอบด้วย งานยกของ วางของ แบกของ การดัน และการดึง ระบบถูกพัฒนาโดยซอฟต์แวร์ “Personal Consultant Plus” ในรูปแบบของ เฟรม พารามิเตอร์และกฎ

ข้อแนะนำที่ควรเพิ่มเติมสำหรับงานวิจัยต่อไปคือ พารามิเตอร์ในการออกแบบงานดังนี้ (1) ผู้ปฏิบัติงาน: อายุ น้ำหนักร่างกาย เทคนิค-ประสบการณ์ และกลุ่มประชากร (2)

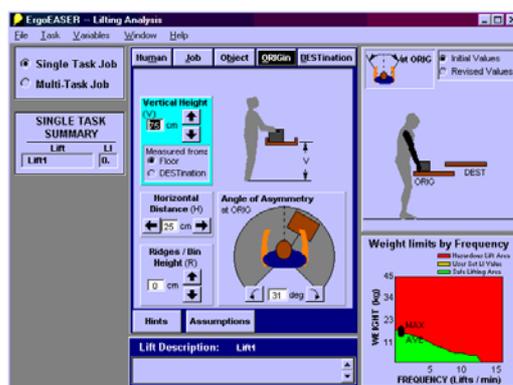
งาน: ความถี่ ความสูง ขนาดของกล่อง มุมของการบิดตัว ระยะทางในการขนถ่าย (3) สิ่งแวดล้อม: อุณหภูมิ ความชื้น

6.1.4 “A Knowledge-Base System for Physiological Abilities Assessment in Manual Lifting Tasks”

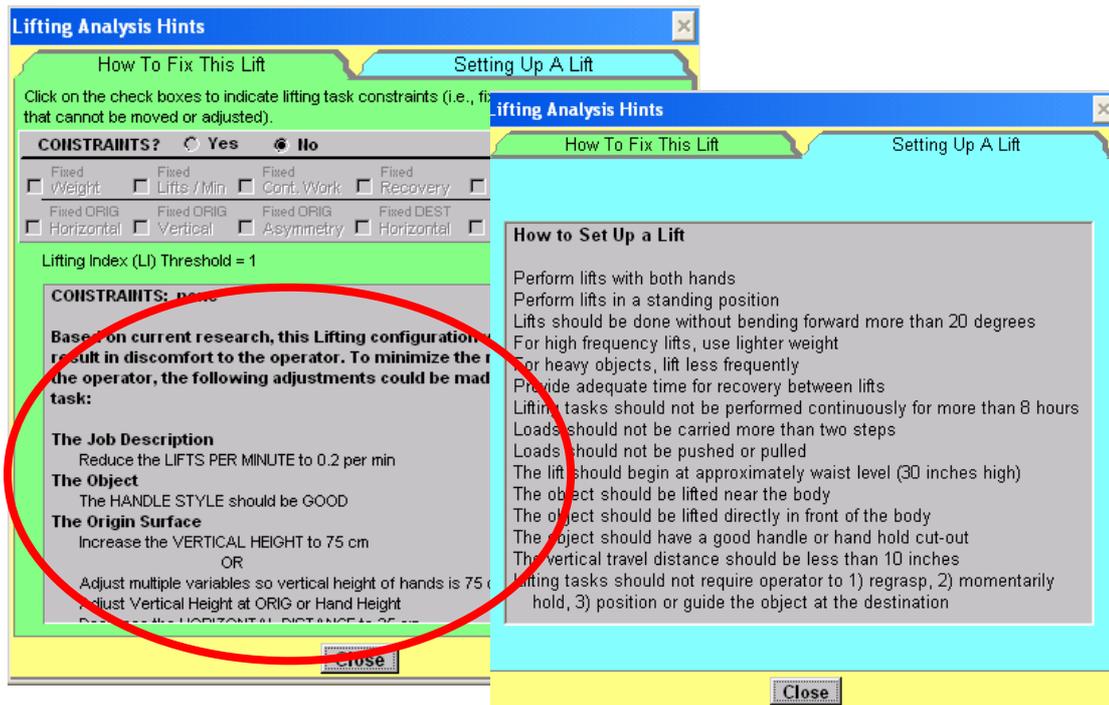
ในปี 1987 Asfour และ Genaidy ได้พัฒนาและทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินความสามารถทางด้านสรีระวิทยาในงานยกของขึ้นระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC-XT โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาคือ “Personal Consultant Plus” อยู่ในรูปเฟรม พารามิเตอร์และกฎ ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาให้ทำงานได้กับ: (1) พารามิเตอร์ต่างๆ ในขณะนั้น (2) พารามิเตอร์ใหม่ เช่น น้ำหนักร่างกาย อายุ เป็นต้น

6.1.5 ErgoEASER

ในปี 1995 กระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Energy: DOE) และ Pacific Northwest National Laboratory ร่วมกันพัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อ “ErgoEASER” (ภาพที่ 8) ซอฟต์แวร์นี้พัฒนาขึ้นสำหรับช่วยในการจำแนก ประเมิน และป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก (Work-related Musculoskeletal Disorders) โดยสามารถประเมินการทำงานกับจอภาพ (Video-Display Terminal: VDT) สถานีงาน และงานยกของด้วยมือ “ErgoEASER” จะให้คำแนะนำถึงจุดที่เป็นอันตรายและการลดการบาดเจ็บ ซอฟต์แวร์นี้สามารถประเมินงานยกของด้วยมือด้วยสมการ *RLE* ได้ แต่เงื่อนไขอื่นๆ ถูกจำกัดไปตามข้อจำกัดของสมการ *RLE*



ภาพที่ 8 โปรแกรม ErgoEASER



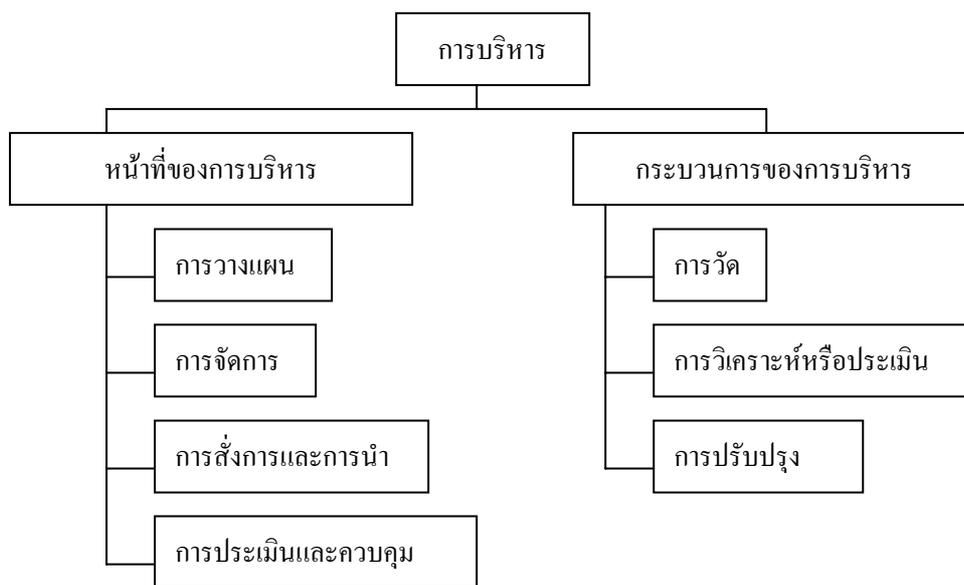
ภาพที่ 9 ตัวอย่างของการให้คำแนะนำในรูปแบบกว้างๆ ของโปรแกรม ErgoEASER

6.2 การให้คำแนะนำของโปรแกรม

ตัวอย่างข้อแนะนำของโปรแกรม ErgoEASER (ภาพที่ 9) จะอธิบายว่าควรให้ระดับความสูงอยู่ใกล้ 75 ซม ความถี่ประมาณ 0.2 ครั้งต่อนาที มือจับควรอยู่ในลักษณะที่ดี ซึ่งไม่ได้แสดงรายละเอียดวิธีการในการปรับปรุง ไม่จัดลำดับว่าควรจะทำอย่างไรก่อน ปัจจุบันมีผลต่อปัญหามากกว่า ปัจจุบันมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า และเมื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวแล้วจะส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างไร

7. การวัดและประเมินผลในกระบวนการของการบริหาร

การวัดผลการดำเนินงานเป็นกลไกสำคัญในกระบวนการบริหารงาน ซึ่งการบริหารงาน (Management) จำแนกเป็น 2 จำพวก คือ จำแนกตามหน้าที่และกระบวนการของการบริหาร (แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 10) อธิบายได้ดังต่อไปนี้ (กนกวรรณ, 2548)



ภาพที่ 10 ความหมายของการบริหาร จำแนกตามหน้าที่และกระบวนการ (กนกวรรณ, 2548)

- 1) หน้าที่ของการบริหาร ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ การวางแผน (Planning) การจัดการ (Organizing) การสั่งการและชี้นำ (Leading) และการประเมินและการควบคุม (Controlling)
- 2) กระบวนการของการบริหาร ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การวัด (Measurement) การวิเคราะห์หรือประเมิน (Analysis/evaluation) และการปรับปรุง (Improvement)

7.1 การวัดผลการดำเนินงาน

7.1.1 บทบาทและความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงาน

การวัดผลการดำเนินงานเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในกระบวนการบริหาร มีบทบาทสำคัญที่ทำให้องค์กรเกิดการปรับปรุงผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง โดยจะใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อวิเคราะห์กระบวนการและหาสาเหตุของปัญหา แล้วนำไปปรับปรุงกระบวนการ

7.1.2 การกำหนดและออกแบบดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน

การกำหนดและออกแบบดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน เป็นเครื่องมือบริหารที่สำคัญ โดยการออกแบบและกำหนดดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน เป็นความพยายามที่จะทำให้เกิดสารสนเทศที่มีคุณภาพ และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในแต่ละหน่วยงานเพื่อการวิเคราะห์จุดอ่อนส่วนที่ควรปรับปรุงหรือส่วนที่สำคัญที่หน่วยงานควรจะทำกรป้องกัน ไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้น หรือสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันที การกำหนดและออกแบบดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานมีหลายแนวคิดที่สะท้อนถึงผลการดำเนินงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

7.1.2.1 กลุ่มหรือกรอบการวัด (Thor, 1993; Harbour, 1997) ประกอบด้วย 6 กลุ่ม คือ ผลิตภาพ (Productivity) คุณภาพ (Quality) ความตรงต่อเวลา (Timeliness) รอบเวลา (Cycle Time) การใช้ประโยชน์ทรัพยากร (Utilization) ค่าใช้จ่าย (Cost)

7.1.2.2 เกณฑ์การวัด (Sink and Tuttle, 1989) ประกอบด้วย 7 เกณฑ์ คือ ความสามารถในการใช้งบประมาณ (Budgetability) หรือความสามารถในการทำกำไร (Profitability) นวัตกรรม (Innovation) ผลิตภาพ (Productivity) ประสิทธิภาพ (Effectiveness) ประสิทธิภาพ (Efficiency) คุณภาพ (Quality) คุณภาพชีวิตในการทำงาน (Quality of Work Life)

7.1.2.3 มุมมองการวัด (พสุ, 2546; Kaplan and Norton, 1992) ประกอบด้วย 4 มุมมอง คือ มุมมองด้านการเงิน (Financial Perspective) มุมมองด้านลูกค้า (Customers Perspective) มุมมองด้านกระบวนการภายใน (Internal Business Processes Perspective) มุมมองด้านนวัตกรรมและการเรียนรู้ (Innovation and Learning Perspective) โดยภายใต้แต่ละมุมมองของการวัด ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 4 องค์ประกอบคือ 1) วัตถุประสงค์ (Objective) ที่สำคัญของแต่ละมุมมอง 2) ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน (Measures or Key Performance Indicators (KPI)) ได้แก่ ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานในแต่ละด้าน ซึ่งดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดว่าองค์กรบรรลุวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านหรือไม่ 3) เป้าหมาย (Target) ได้แก่ ระดับหรือตัวเลขที่องค์กรต้องการจะบรรลุของตัวชี้วัดผลการดำเนินการในแต่ละวัตถุประสงค์ของด้านต่างๆ 4) แผนงาน โครงการหรือกิจกรรม (Initiatives) ที่องค์กรจะจัดทำเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดขึ้น

7.1.2.4 กรอบของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (The University of California) จำแนกการวัดผลการดำเนินงานออกเป็น 5 ประเภท (DOE, 2001) คือ 1) ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ความสามารถขององค์กร เพื่อที่จะดำเนินงาน 2) ประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถขององค์กร เพื่อที่จะวางแผนผลผลิตที่ต้องการจากการดำเนินงานขององค์กร 3) คุณภาพ (Quality) หมายถึง หน่วยงานทำงานเสร็จอย่างถูกต้อง โดยลูกค้าเป็นผู้กำหนดเกณฑ์ของ “ความถูกต้อง” 4) เวลา (Timeliness) หมายถึง หน่วยงานทำงานเสร็จตรงต่อเวลา โดยลูกค้าเป็นผู้กำหนดเกณฑ์ของ “การตรงต่อเวลา” 5) ผลผลิตภาพ (Productivity) หมายถึง จำนวนของปัจจัยผลิตที่ใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน

7.1.2.5 กรอบการวัดของบราวน์ Brown (1996) ได้เสนอ กรอบการวัดผลการดำเนินงานของกระบวนการทำงาน แบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ คือ ปัจจัยผลิต กระบวนการ ผลผลิต และผลคาดหวัง

7.2 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

7.2.1 ความสำคัญของการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การวัดผลการดำเนินงานจะให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นสารสนเทศ โดยสารสนเทศเหล่านั้นจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การหาต้นเหตุของปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการ แนวทาง วิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานในที่สุดและเพื่อเป็นการนำระบบการวัดเข้ามาเชื่อมโยงกับกระบวนการบริหาร ทั้งนี้เห็นได้ว่าการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานจึงเป็นขั้นตอนสำคัญลำดับถัดมา หลังจากที่ได้ทำการวัดผลการดำเนินงานแล้ว

7.2.2 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการค้นหาต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้ความแปรปรวนในการดำเนินงานลดลง และยกระดับผลการดำเนินงาน หรือขีดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ ให้ดีขึ้น (Rolstadås, 1995)

7.2.3 แนวทางการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

แนวทางในการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานภายใต้กรอบการบริหารผลการดำเนินงาน (Performance Management) แบ่งได้เป็น 5 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์โดยหลักการแนวโน้ม (Trend Analysis) ส่วนที่สองเป็นวิเคราะห์โดยหลักการสคอร์ดการ์ด (Scorecard Analysis) ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ โดยใช้ผลการดำเนินงานที่ผ่านมาและผลคาดหวัง (Expectation) ส่วนที่สาม คือ การเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับภายนอก (External Comparison and Analysis) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 ด้าน คือ การเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับมาตรฐาน (Standards) และการเปรียบเทียบและการวิเคราะห์กับหน่วยงานภายนอก (Benchmarking) ส่วนที่สี่เป็นการวิเคราะห์ในเชิงเครือข่ายดัชนี (Performance Network Analysis) และส่วนสุดท้ายเป็นการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (กนกวรรณ, 2548 อ้างถึง Rolstadås, 1995)

7.2.3.1 การวิเคราะห์แนวโน้ม

1) การวิเคราะห์แนวโน้มแต่ละดัชนี (Individual Trends) เป็นการนำผลสารสนเทศจากดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานมาจุดลงในกราฟ โดยจะเทียบกับเวลา เพื่อดูแนวโน้มว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง และการแกว่งตัว (Variation) ต่ำกว่าเป้าหมาย หรือต่ำกว่าระดับความพึงพอใจ

2) การวิเคราะห์แนวโน้มร่วมของดัชนี (Cross-examination Trends) เป็นการนำผลสารสนเทศของดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานตั้งแต่ 2 ดัชนีขึ้นไปมาพิจารณาร่วมกัน โดยจะเป็นการกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ที่ควรจะเป็นของผลการดำเนินงาน จากทั้งกลุ่มดัชนีที่ทำการเลือกมาโดยการกำหนดความสัมพันธ์ของกลุ่มดัชนีนี้ สามารถทำได้จากประสบการณ์ ความคาดหวังของผู้วิเคราะห์และ/หรือผู้บริหาร

3) การวิเคราะห์แนวโน้มภาพรวมของทุกดัชนี (Overall Trends) เป็นการวิเคราะห์สารสนเทศจากดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน โดยการพิจารณาทุกดัชนีร่วมกัน โดยการใช้การวัดผลการดำเนินงานแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Performance Measurement Technique หรือ MCP/MT) ของ Sink (1985) มาประยุกต์ใช้

การวิเคราะห์แนวโน้มภาพรวมของดัชนี มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกระดับสเกลที่เหมาะสมของดัชนี ซึ่งสเกลนี้อาจจะเลือกได้ตั้งแต่ 0.00-1.00, 0.00-10.00, หรือ 0.00-100.00 โดยที่ในแต่ละดัชนีต้องมีสเกลที่เหมือนกัน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าต่ำสุด ค่าที่ยอมรับได้ และค่าสูงสุดของแต่ละดัชนี โดยสิ่งสำคัญของขั้นตอนนี้คือ การกำหนดค่าต่างๆ เหล่านี้ควรกำหนดโดยอ้างอิงจากความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริง

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดให้ค่าต่ำสุดของแต่ละดัชนีมีสเกลเท่ากับ 0.00 ค่าที่ยอมรับได้มีสเกลเท่ากับ 0.5 (5.00 หรือ 50.00) และค่าสูงสุดมีสเกลเท่ากับ 1.00 (10.00 หรือ 100.00)

ขั้นตอนที่ 4 จัดทำแนวโน้มอ้างอิง (Preference Curve) โดยแกน Y คือ สเกลส่วนแกน X คือ ค่าสารสนเทศของแต่ละดัชนี

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดน้ำหนักเพื่อให้ความสำคัญกับแต่ละดัชนี โดยให้มีผลรวมน้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ 1

ขั้นตอนที่ 6 นำค่าสารสนเทศที่ได้จากแต่ละดัชนีมาทำการประมาณค่า (Interpolate) กับแนวโน้มอ้างอิง เพื่อหาระดับคะแนน

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณโดยหาผลรวมของน้ำหนักของแต่ละดัชนีที่กำหนดไว้คูณกับระดับคะแนน ของแต่ละดัชนีที่ได้ จะได้ค่าคะแนนรวมของดัชนีทั้งหมด จากคะแนนเต็ม 1.00 (หรือ 10.00 หรือ 100.00)

7.2.3.2 การวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับสกอ์คาร์ด

1) สกอ์คาร์ดแบบตามลำดับ (Sequential Scorecard) เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของเกณฑ์การวัด (Performance Criteria) โดยหลักการและเหตุผล (Cause-and-effect Relationships) ของ Sink and Tuttle (1989) ซึ่งเกณฑ์การวัด ประกอบด้วย 7 เกณฑ์ ดังนี้ คือ ผลิต

ภาพ คุณภาพ ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล นวัตกรรม คุณภาพชีวิตการทำงาน และความสามารถ ในการทำไรหรือความสามารถในการใช้งบประมาณ

2) สคอร์ดการ์ดแบบสมดุล (Balanced Scorecard; BSC) เป็นการกำหนด ความสัมพันธ์ของมุมมองการวัด (Performance Perspectives) โดยหลักการสมดุล (Balanced Relationships) ของ Kaplan and Norton (1992) ซึ่งมุมมองการวัด ประกอบด้วย 4 มุมมอง ดังนี้ คือ ด้านการเงิน ด้านลูกค้า ด้านกระบวนการภายใน และด้านนวัตกรรมและการเรียนรู้

การวิเคราะห์แนวโน้มร่วมของดัชนี และการวิเคราะห์สคอร์ดการ์ดทั้งแบบ สมดุลและแบบตามลำดับ มีพื้นฐานการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกัน นั่นคือ เป็นการหา ความสัมพันธ์เหมือนกัน แต่ต่างกันที่การวิเคราะห์แนวโน้มร่วมของดัชนี จะเป็นการหาความ สัมพันธ์ของดัชนีตั้งแต่ 2 ดัชนีขึ้นไป แต่การวิเคราะห์สคอร์ดการ์ดแบบสมดุลจะเป็นการศึกษา ความสัมพันธ์ของมุมมองทั้ง 4 ด้านของ BSC ส่วนการวิเคราะห์สคอร์ดการ์ดแบบตามลำดับจะเป็น การศึกษาความสัมพันธ์ของเกณฑ์การวัดทั้ง 7 เกณฑ์ของ Sink ซึ่งทั้งมุมมองและเกณฑ์ จะเป็น ระดับสูงกว่าดัชนี

7.2.3.3 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับภายนอก

1) การเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับมาตรฐาน (Standard Comparison) เป็นการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานของหน่วยงานกับมาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ ซึ่ง ถูกกำหนดโดยหน่วยงาน อีสระ โดยมาตรฐานนี้สามารถเป็นมาตรฐานสำหรับ ในการใช้ภายใน และระหว่างประเทศ หรือมาตรฐานอุตสาหกรรมทั่วไป

2) การเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับองค์กรคู่เปรียบเทียบ (Benchmarking) เป็นการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานกับองค์กรคู่ (Partners) เปรียบเทียบที่ผ่านการ คัดเลือกและการเจรจา ที่มีผลการดำเนินงานที่ดีกว่า ซึ่งเป็นได้ทั้งการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน ของหน่วยงานและวิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับผล หรือจะทำการเปรียบเทียบผลการ ดำเนินงานของกระบวนการโดยตรง แบ่งเป็น 4 ประเภท (Neely et al., 1995; DOE, 2001) คือ การ เปรียบเทียบในเชิงกลยุทธ์ (Strategic Benchmarking) การเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน (Performance Benchmarking) การเปรียบเทียบกระบวนการ (Process Benchmarking) การ เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ (Product Benchmarking)

7.2.3.4 การวิเคราะห์ในเชิงเครือข่ายดัชนี (Performance Network Analysis)

Harper (1984) กล่าวว่า วิธีการนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ในระดับองค์กร ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจถึง สาเหตุและผลที่ตามมาของแต่ละดัชนี โดยพยายามที่จะกระจายดัชนี ออกมาเป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกัน ให้อยู่ในรูปแบบเครือข่าย เพื่อทำการวิเคราะห์ต้นเหตุของปัญหา

7.2.3.5 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control)

วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา มีดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์เชิงเหตุและผล (Cause and Effect Analysis) โดยองค์กรเพื่อความปลอดภัยในการวางแผนและควบคุมเส้นทางการบินแห่งสหภาพยุโรป European Organization for the Safety of Air Navigation, 2001) ได้เสนอ วิธีการนี้ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือดัชนีที่สำคัญขององค์กร โดยกำหนดให้ดัชนีหนึ่งเป็นเหตุและอีกดัชนีหนึ่งเป็นผล เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงภายในองค์กร โดยมีทั้งตัวแปรภายในและภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินงาน ทั้งนี้ต้องกำหนดให้ตัวแปรหรือดัชนีหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (X) หรือสิ่งที่เป็นเหตุ ส่วนอีกตัวแปรหรือดัชนีหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (Y) หรือสิ่งที่เป็นผล โดยใช้แผนผังการกระจาย (Scatter Diagrams) หรือแผนผังการจำแนกข้อมูล (Stratification) ในการวิเคราะห์ข้อมูล การพิจารณาปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อดัชนี

8. การทดสอบการใช้งาน (Usability Testing)

ในการทดสอบการใช้งาน (Nielsen, 1993; Rubin, 1994) มีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

- 1) เตรียมเอกสารแนะนำการทดสอบ (Orientation Script) คือ เตรียมเอกสารในการอธิบายให้ผู้ทดสอบทราบถึงวัตถุประสงค์ของงาน และขั้นตอนในการประเมิน คือ ตอบแบบสอบถามก่อนทดสอบ อบรม ทดสอบโปรแกรม ตอบแบบสอบถามหลังทดสอบ
- 2) เตรียมแบบสอบถามภูมิหลังของผู้ทดสอบและ แบบทดสอบก่อนใช้โปรแกรม (Background Questionnaire and Pretest Questionnaire)
- 3) เตรียมแบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูลทดสอบ (Data collection Form)

4) เตรียมจำลองงานที่ต้องการทดสอบในแต่ละฉาก (Task Scenarios)

5) เตรียมเอกสารสำหรับการอบรม (Prerequisite Training Material)

6) เตรียมแบบสอบถามหลังทดสอบ (Posttest Questionnaire)

7) การทดสอบ (Conducting the Test) โดย อธิบายให้ผู้ทดสอบทราบ ถึงวัตถุประสงค์ของงาน และขั้นตอนในการประเมิน คือ อบรม ตอบแบบสอบถามก่อนอบรม ทดสอบโปรแกรม ตอบแบบสอบถามหลังจากทดสอบโปรแกรม แล้วทดสอบโปรแกรมตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม จากนั้นให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถามหลังจากทดสอบโปรแกรม

8) อธิบายและวิเคราะห์ผล (Tabulating and Analyzing the Data)

9. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

Saaty (1980) ได้พัฒนากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: *AHP*) ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งซึ่งช่วยในการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายปัจจัย ทั้งปัญหาที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยการเลียนแบบกระบวนการตัดสินใจทางธรรมชาติของมนุษย์ เริ่มต้นโดยแบ่งองค์ประกอบของปัญหาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมออกมาเป็นส่วนๆ แล้วจัดแจงใหม่ให้อยู่ในรูปแผนภูมิเชิงลำดับชั้น ต่อจากนั้นก็กำหนดตัวเลขที่เกิดจากการวินิจฉัยเปรียบเทียบหาความสำคัญของแต่ละปัจจัย และสังเคราะห์ตัวเลขของการวินิจฉัยนั้น เพื่อที่จะคำนวณค่าปัจจัยหรือทางเลือกอะไรที่มีค่าลำดับความสำคัญสูงสุด โดยมีหลักการทางสถิติคอยกำกับเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความลำเอียง ซึ่งจะทำการตัดสินใจภายใต้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีความเชื่อมั่นว่าเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ (Saaty, 1980) กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับปัญหาต่างๆ เช่น การเลือกนโยบายที่ดีที่สุด การตัดสินใจการกระจายทรัพยากร การประเมินความเสี่ยง การวัดผลและการประเมินผล การวางแผน การตัดสินใจเลือกกฎเกณฑ์ต่าง ๆ การลดความขัดแย้ง เป็นต้น (วุฒิชัย, 2550)

9.1 หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มี 3 หลักการดังต่อไปนี้

1) หลักการสร้างรูปแบบของปัญหาจะต้องสร้างรูปแบบของปัญหาให้เป็นโครงสร้างลำดับ ชั้นที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างระดับชั้น โดยแต่ละปัจจัยที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันจะเป็น

อิสระต่อกัน ซึ่งองค์ประกอบหลักของโครงสร้างลำดับชั้นประกอบด้วย ระดับชั้นของวัตถุประสงค์ ระดับชั้นของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ และระดับชั้นของทางเลือกต่างๆ ของปัญหา ตามลำดับ

2) หลักการใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการ การเชิงลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผู้ตัดสินใจจะต้องเปรียบเทียบปัจจัยที่มีอยู่ในระดับชั้นเดียวกันเป็นคู่ ๆ โดยคำนึงถึงความสำคัญที่มีต่อระดับชั้นที่สูงกว่าเป็นคู่ๆ จนครบทุกปัจจัย

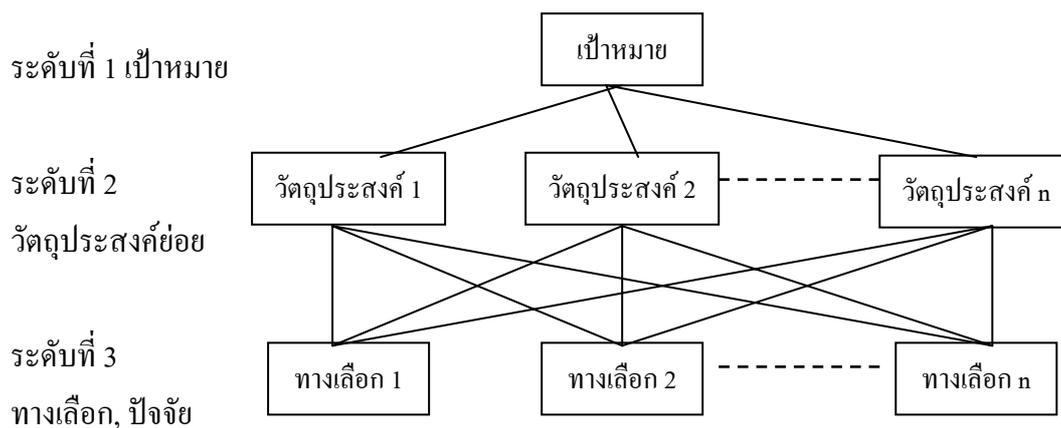
3) หลักการความสอดคล้องของเหตุผล ความสอดคล้องของเหตุผลมีความหมายสองประการ หลักการตัดสินใจภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน และการวิเคราะห์ความสอดคล้องโดยรวม

9.2 ขั้นตอนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สามารถอธิบายได้ดังนี้ (วฤติชัย, 2550)

ขั้นตอนที่ 1 การวางกรอบของปัญหา ก่อนอื่นจะต้องมั่นใจว่ากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้แล้ววางกรอบของปัญหา กำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ย่อย และกำหนดทางเลือกให้มีความชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดการสับสนหรือเกิดความลำเอียงในการตัดสินใจ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของบุคคลและหลักเกณฑ์ต่างๆ ในการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแผนภูมิของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยการนำเป้าหมาย วัตถุประสงค์ย่อย ทางเลือกที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเขียนเป็นโครงสร้างลำดับชั้น โดยเริ่มจากระดับชั้นบนสุด ต่อจากระดับชั้นบนสุดคือเป้าหมาย ระดับชั้นต่อมาเป็นวัตถุประสงค์ย่อย และทางเลือกตามลำดับจำนวนระดับชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาที่ทำการศึกษาดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 รูปแบบทั่วไปของโครงสร้างลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Saaty, 1980)

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างตารางเมตริกซ์ เพื่อวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ เป็นคู่ๆ กระบวนการชั้นเชิงวิเคราะห์ ตัวเลข 1-9 ตามตารางที่ 9 แทนระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า ตารางเมตริกซ์มีช่องใส่ผลการวินิจฉัยในแนวเหนือเส้นทแยงมุม ส่วนพื้นที่ที่อยู่ใต้เส้นทแยงมุมเป็นค่าต่างตอบแทนหรือเศษส่วน ดังนั้นถ้าปัจจัย A มีความสำคัญมากกว่าปัจจัย B ในระดับ 5 ค่าตัวเลขที่ได้ให้เขียนลงบนพื้นที่เหนือเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าปัจจัย A มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัย B ที่ระดับ 5 ค่าที่ได้ก็จะเป็นเศษส่วนเหนือเส้นทแยงมุม ค่าที่เป็นเศษส่วนแสดงว่า A มีระดับความสำคัญน้อยกว่า B ส่วนค่าที่อยู่ด้านล่างเส้นทแยงมุมจะเท่ากับค่าตอบแทนของค่าที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุมเสมอ ดังตัวอย่างในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

ขั้นตอนที่ 4 หาผลการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ทั้งหมดทีละคู่ แล้วใส่ข้อมูลตัวเลขของการวินิจฉัยเปรียบเทียบลงในตารางเมตริกซ์ตามขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกเกณฑ์ในการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากใส่ข้อมูลของการวินิจฉัยเปรียบเทียบทั้งหมดลงในตารางเมตริกซ์แล้วจึงคำนวณหาลำดับความสำคัญและวิเคราะห์ความสอดคล้องของการตัดสินใจในแต่ละระดับ

ตารางที่ 7 การให้ระดับคะแนนความสำคัญที่ใช้ในการประเมิน AHP

เกณฑ์การตัดสินใจ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
ปัจจัย A	1	5	3
ปัจจัย B	1/5	1	1/3
ปัจจัย C	1/3	3	1

ตารางที่ 8 ระดับคะแนนที่ใช้ในแต่ละทางเลือกในการประเมิน AHP

ปัจจัย A	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
ทางเลือกที่ 1	1	3	5
ทางเลือกที่ 2	1/3	1	3
ทางเลือกที่ 3	1/5	1/3	1

ขั้นตอนที่ 6 ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3 4 และ 5 สำหรับปัจจัยแต่ละระดับชั้นแต่ละชุดตามโครงสร้างของแผนภูมิลำดับชั้น

ขั้นตอนที่ 7 สังเคราะห์องค์ประกอบทั้งหมดของแผนภูมิ นำค่าผลรวมที่ได้มาหาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยในระดับล่างมาถ่วงน้ำหนักกับลำดับความสำคัญของปัจจัยที่อยู่ระดับถัดขึ้นไปโดยนำเอาลำดับความสำคัญทั่วทั้งแผนภูมิ ทำเช่นนี้จนถึงลำดับชั้นล่างสุด

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณหาค่าความสอดคล้องของการตัดสินใจทั่วทั้งแผนภูมิ เพื่อทดสอบวินิจฉัยทั่วทั้งแผนภูมิสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีข้อกำหนดของค่าอัตราส่วนความไม่สอดคล้อง (Inconsistency Ratio, IR) ดังต่อไปนี้

$IR \leq 0.05$ สำหรับการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย

$IR \leq 0.09$ สำหรับการเปรียบเทียบ 4 ปัจจัย

$IR \leq 0.10$ สำหรับการเปรียบเทียบ 5 ปัจจัยขึ้นไป

ตารางที่ 9 มาตรฐานในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน (Equally important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very strongly more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely more important)	ค่าความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบ
2,4,6,8	ความสำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate judgment value)	ความสำคัญที่ก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

ที่มา: Saaty (1980)

9.3 การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ

ประเภทของลำดับความสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

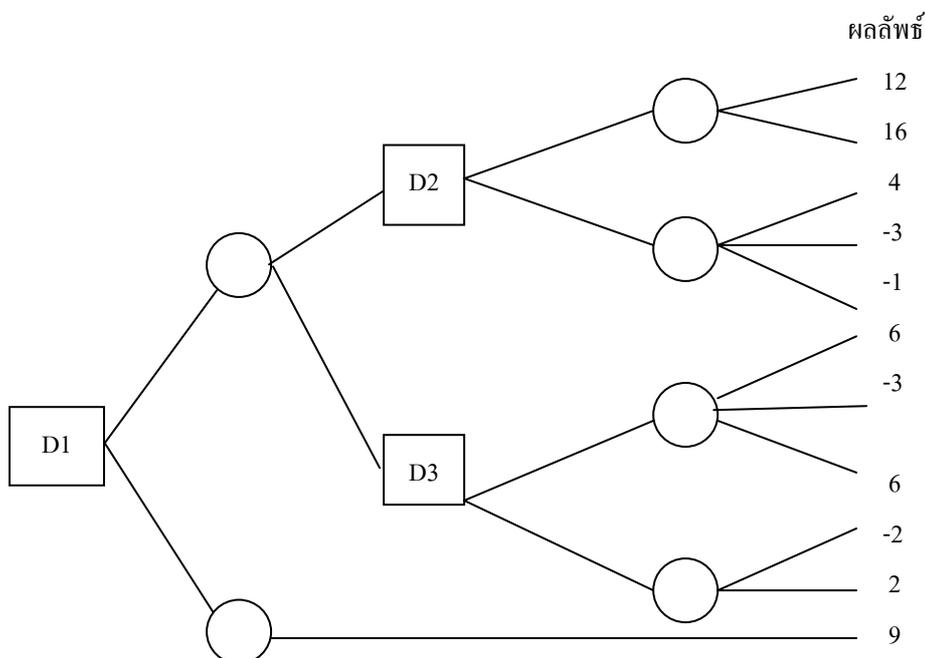
- 1) ลำดับความสำคัญเฉพาะแห่ง คือลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในระดับชั้นเดียวกันภายใต้ปัจจัยที่อยู่ระดับชั้นสูงกว่าถัดขึ้นไป
- 2) ลำดับความสำคัญทั่วทั้งแผนภูมิคือ ลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแผนภูมิเมื่อเทียบกับคะแนนของปัจจัยที่เป็นปัญหาหรือเป้าหมาย ซึ่งอยู่ระดับชั้นสูงสุดและมีค่าเท่ากับ 1
- 3) ลำดับความสำคัญรวม คือลำดับความสำคัญของปัจจัยที่เป็นทางเลือกที่ใช้ในการตัดสินใจซึ่งได้มาจากผลรวมของลำดับความสำคัญทั่วทั้งแผนภูมิของเกณฑ์ต่าง ๆ ในแต่ละทางเลือก

10. กระบวนการตัดสินใจและแผนภาพการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree Diagram)

กระบวนการตัดสินใจ ประกอบด้วย การใช้ความคิด การออกแบบ และการเลือกแนวทางที่ดีที่สุด แผนภาพการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree Diagram) (G.M. Marakas, 2003) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาที่มีจำนวนทางเลือกน้อย ใช้ในเหตุการณ์ที่ต้องตัดสินใจเป็นช่วงๆ เป็นโครงการที่ซับซ้อน การใช้ต้นไม้ในการตัดสินใจจะทำให้แก้ปัญหาในการตัดสินใจได้ดีขึ้น รูปแบบการเขียนต้นไม้การตัดสินใจประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

- 1) จุดตัดสินใจ (Decision Nodes or Chance Nodes) แทนด้วยสี่เหลี่ยม
- 2) จุดเหตุการณ์ (Event Nodes) แทนด้วยวงกลม
- 3) กิ่ง (Branches) คือแผนการหรือแนวทางที่เป็นไปได้
- 4) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (Outcome)

ตัวอย่างการใช้ แผนภาพการตัดสินใจตามภาพที่ 13 หากต้องการค่ามากที่สุดก็คือเลือกทางเลือก D1 และ D2 ที่มีผลลัพธ์เท่ากับ 16 และ 12



ภาพที่ 13 แผนภาพการตัดสินใจแบบต้นไม้

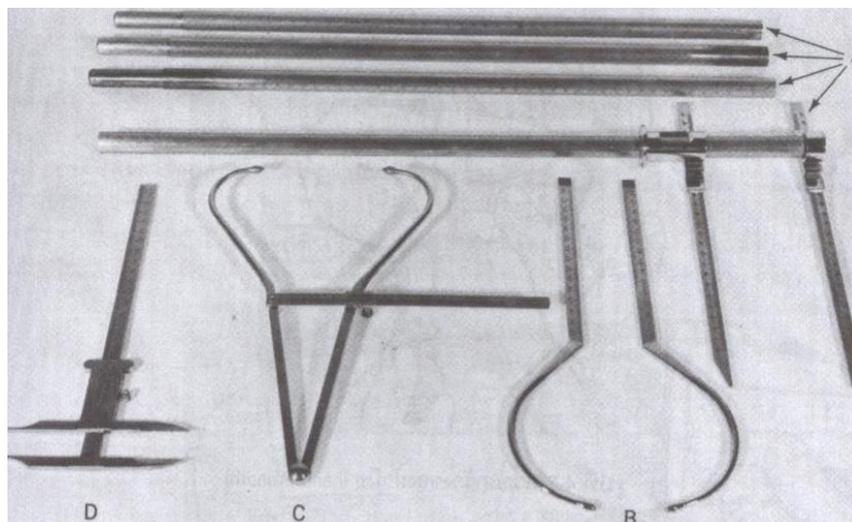
อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้แบ่งได้เป็น 3 หัวข้อใหญ่ คือการสำรวจสภาพปัญหางานยกของด้วยมือในโรงงาน การทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าจากสมการ *RLE* กับผลการทดลอง แล้วสร้างสมการใหม่จากผลการทดลองที่ได้ และสุดท้ายจะเป็นการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่รวมการประเมินภาระงานยกของด้วยมือแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน แล้วจึงนำระบบดังกล่าวมาทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้งหนึ่ง

อุปกรณ์

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์หลายชนิดทั้งที่มีอยู่แล้ว และบางส่วนได้จัดทำขึ้นมาใหม่ เครื่องมือที่มีอยู่แล้วส่วนใหญ่ใช้งานที่ห้องการยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในส่วนเครื่องมือที่จัดทำขึ้นมาใหม่คือเครื่องยกภาระงานจัดทำโดยนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Martin Type - Anthropometer “Takei, Japan”)



ภาพที่ 13 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย

2. ชุดเครื่องมือวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ (Static Strength Meter)



ภาพที่ 14 ชุดเครื่องมือวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

3. ชุดเครื่องมือยกภาระงาน (Lifting Apparatus)



ภาพที่ 15 เครื่องยกภาระงาน

4. ชุดเครื่องมือวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Motion Analysis Set “Peak Motus System”)



ภาพที่ 16 ชุดเครื่องมือวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย

5. ชุดเครื่องมือวัดแรงปฏิกิริยาที่พื้น (Force Plate)



ภาพที่ 17 เครื่องวัดแรงปฏิกิริยาที่พื้น

6. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Balance Weight Scale)



ภาพที่ 18 เครื่องชั่งน้ำหนัก

7. นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)



ภาพที่ 19 นาฬิกาจับเวลา

8. เครื่องวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2 Meter) และ จักรยาน (Cycle Ergometer)



ภาพที่ 20 เครื่องวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน และ จักรยาน

9. เครื่องวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature Meter; WBGT)



ภาพที่ 21 เครื่องวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ

10. เครื่องวัดจังหวะการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Meter “Polar Tester”)
11. ก่อตั้งสำหรับยกและค้ำน้ำหนัก
12. คอมพิวเตอร์ (Personal/Note Book Computer)
13. ซอฟต์แวร์ Expert System Shell
14. กล้องวิดีโอ (Video Camera)
15. โปรแกรมสำเร็จรูป “Minitab” และ “SPSS” for Windows สำหรับนักเรียนและนักศึกษา

วิธีการ

เนื่องจากงานวิจัยนี้แบ่งได้เป็น 3 หัวข้อใหญ่ คือการสำรวจสภาพปัญหาทางานยกของด้วยมือในโรงงาน การทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าจากสมการ *RLE* กับผลการทดลอง แล้วสร้างสมการใหม่จากผลการทดลองที่ได้ และสุดท้ายจะเป็นการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่รวมการประเมินภาระงานยกของด้วยมือแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน แล้วจึงนำระบบดังกล่าวมาทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นจึงขอแยกอธิบายเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. การสำรวจ

1.1 กลุ่มตัวอย่าง

ทำการสำรวจโรงงานที่มีงานยกของประเภทต่างๆ จำนวน 7 โรงงาน (7 ประเภทที่มีงานยกของด้วยมือสูงและน่าจะก่อให้เกิดปัญหาการปวดเมื่อย) ได้แก่ โรงงาน ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ผลิตเซรามิก ผลิตเหล็ก ทำเฟอร์นิเจอร์

1.2 ขั้นตอนการสำรวจ

สุ่มสำรวจโรงงานที่มีจำนวนงานยกของมากๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยเก็บข้อมูลปัจจัยเสี่ยงต่อการปวดหลัง ตามที่ระบุในสมการ *RLE* รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นข้อจำกัดของสมการ *RLE* การสำรวจจะเก็บข้อมูลโดยแบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน

แจก “แบบสำรวจสำหรับพนักงาน” ให้หน่วยงานสำรวจ ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเตรียมการเข้าสำรวจ โดยอธิบายที่มา รูปแบบ การเก็บข้อมูล กับผู้ประสานงาน

เข้าสำรวจโรงงาน รวบรวมแบบสอบถาม ทำการสัมภาษณ์เพื่อยืนยันปัญหา ร่วมกับการ ตรวจสอบความถูกต้อง วัดสถานีงาน วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง T_{db} (Dry Bulb Temperature) อุณหภูมิกระเปาะเปียก T_{wb} (Wet Bulb Temperature) อุณหภูมิกระเปาะกลม T_g (Globe Temperature) พร้อมถ่ายภาพ หรือ วิดีโอ และจะวัดขนาดสถานีงาน แล้วนำมาจำลองเป็นภาพ 3 มิติ ในโปรแกรม “MANIQUIN” และ โปรแกรม “AutoCAD” เพื่อนำระยะทางกับทิศทางเคลื่อนไหว มาใช้ในสมการ *RLE* โดยโปรแกรม ErgoEASER และใช้จำลองสถานีงานในขั้นการทดลองต่อไป

จากนั้นรวบรวมข้อมูลปัจจัยเสี่ยงตามแบบฟอร์มของสมการ *RLE* รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่จำกัด แล้วนำข้อมูลมาสรุป วิเคราะห์ท่าทางการทำงาน สภาพแวดล้อม ประเมินตามสมการ *RLE*

ตารางที่ 10 ตารางสรุปลักษณะงาน

งาน	รายละเอียด	จำนวน	เพศ	อายุ	T_{db}	T_{wb}	T_g	ความชื้น

ตารางที่ 11 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ตามสมการ *RLE*

งาน	น้ำหนักวัตถุ	ขนาด	ระยะราบ	ระยะตั้ง	ระยะยก	มุม	ความถี่	ช่วงเวลาทำงาน	มือจับ

2. การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการ

ทดสอบ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27.62 ± 2.46 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 23.85 ± 2.15 °C
ความชื้นสัมพัทธ์ 58.96 ± 9.63 %

2.1 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองว่าสมการ *RLE* สามารถใช้ประเมินภาระงานกับคนไทยได้ถูกต้องหรือไม่ โดยจำลองค่าปัจจัยจากค่าที่ได้จากการสำรวจ แล้วนำมาออกแบบการทดลองในรูปแบบแฟกตอเรียล ดังตารางที่ 12 ในการทดลองนี้จะใช้เกณฑ์ทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีระวิทยา และจิตฟิสิกส์ร่วมกัน โดยมีตัวแปรตอบสนองคือ ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างบริเวณหมอนรองกระดูก *L5/S1 F_c* (Compressive Force), *VO₂*, *HR* และ *MAW*

การทดลองทำโดยจำลองงานยกตามปัจจัยที่ได้จากการสำรวจ โดยมีปัจจัยในการยก คือน้ำหนักของภาระงานที่ทำการยก ความสูงในการยก ความถี่ในการยก ลักษณะการยก อุณหภูมิ โดย ผู้ทำการทดสอบจะยกภาระจากพื้นไปวางบนเครื่องมือยกภาระงานจนครบทุกปัจจัย ลักษณะการยกจะแบ่งเป็นการยกคนเดียวและการยกสองคน การยกที่มีการเดินและไม่มีการเดิน ส่วนปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย ความถี่ ความสูง น้ำหนัก อุณหภูมิ ค่าที่ใช้กำหนดจะนำมาจากการสำรวจและงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน เปรียบเทียบ และปรับปรุง

จากนั้นหาสมการที่เหมาะสมกับผลการทดลอง และเปรียบเทียบกับสมการ *RLE* ว่าใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้หรือไม่

ตารางที่ 12 รูปแบบตารางที่ใช้ในการทดลอง

ความถี่ (ครั้งต่อนาที)	ความสูง = 75 ซม.						ความสูง = 125 ซม.					
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
อุณหภูมิ (°C)	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30
น้ำหนัก 12 กก.												
น้ำหนัก 18 กก.	ตัวแปรตอบสนองทางด้าน ชีวกลศาสตร์ สรีระวิทยา และจิตฟิสิกส์											
น้ำหนัก 24 กก.												

2.2 รายละเอียดของผู้ถูกทดสอบ

ผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นเพศชาย ซึ่งมีประสบการณ์การยกภาระจำนวน 10 คน มีอายุระหว่าง 18-36 ปี (จากการสำรวจอายุ 20-40 ปี) มีค่าเฉลี่ย 26 ปี และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.2 ปี มีขนาดร่างกายอยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 5-95 มีส่วนสูงระหว่าง 167-185 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 173.3 เซนติเมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.4 เซนติเมตร มีน้ำหนักระหว่าง 57-94 กิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 75.6 กิโลกรัม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.3 กิโลกรัม โดยผู้ถูกทดสอบทุกคนมีสุขภาพร่างกายแข็งแรง มีกล้ามเนื้อปกติ ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บหรือไม่มีประวัติการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างมาก่อน

2.3 ค่าปัจจัยต่างๆ

ปัจจัยหลัก

- อุณหภูมิ = 25 °C (ห้องปรับอากาศ) และ 30 °C (อุณหภูมิเฉลี่ย ประเทศไทย)
 - ความถี่ = 1, 3, 5 ครั้ง/นาที ให้ใกล้เคียงกับการสำรวจและการทดลองเดิม เพื่อให้เปรียบเทียบได้
 - ความสูง = 12.5-75 ซม. และ 12.5-125 ซม. ให้ใกล้เคียงกับการทดลองเดิม เพื่อให้เปรียบเทียบได้
 - น้ำหนัก = 12 กก, 18 กก 24 กก ใกล้เคียงกับการสำรวจและของเดิม เพื่อให้เปรียบเทียบได้
 - การยก 2 คนและ 1 คน เนื่องจากการสำรวจ เมื่อน้ำหนักมากขึ้นจะเป็นการยก 2 คน
 - การยกอยู่กับที่และการยกที่รวมการเดิน เนื่องจากการสำรวจมีการเดินร่วมอยู่ด้วย
- ปัจจัยควบคุม
- มือจับและวัตถุที่ยกอยู่ในลักษณะที่ดี
 - การบิดตัวไม่มี (มีน้อย) จากการสำรวจจะมีการก้าวเท้าแทนการบิดตัว ในกรณียกสองคนจะเดินไปด้านข้าง
 - สภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่นพื้น อยู่ในสภาพที่ดี ไม่ลื่น
 - ปัจจัยส่วนบุคคล เป็นคนสุขภาพแข็งแรง กล้ามเนื้อปกติ ไม่มีโรคประจำตัว ขนาดร่างกายอยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 5-95 อายุ 20-40 ปี (เป็นช่วงอายุเฉลี่ยของพนักงานจากการสำรวจ)
 - ท่าทางการยกเป็นแบบกึ่งก้มกึ่งย่อ (Semi-Squat) มีการก้าวขา, ถ่างขา ย่อ-ก้มตัว (จากการสำรวจ)

3. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

3.1 การทบทวนระบบผู้เชี่ยวชาญในงานของด้วยมือ

3.2 การทบทวนเกณฑ์ในการประเมินงานของด้วยมือและการหาคำแนะนำในการปรับปรุง (Intervention)

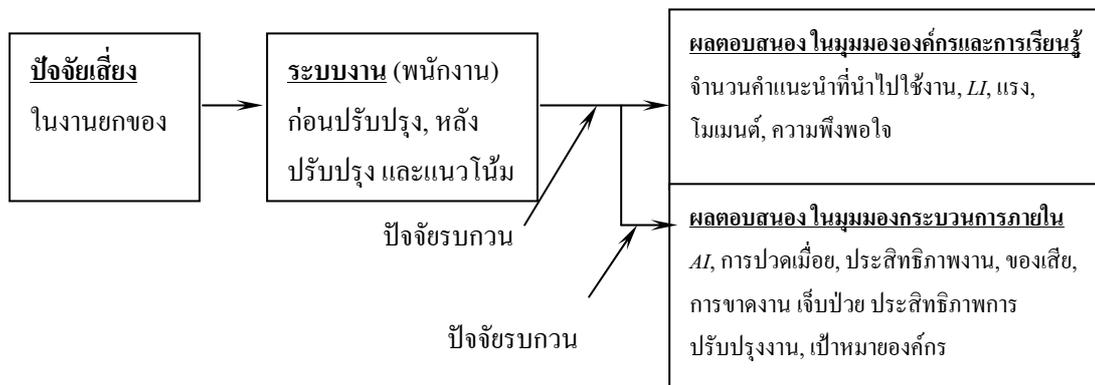
3.3 พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

3.3.1 เลือกระบบซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ต้องการ

3.3.2 เลือกระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ

3.3.3 เลือกแบบการแสดงความรู้

3.3.4 กำหนด ฐานความรู้ (Knowledge Base Configuration)



ภาพที่ 22 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดสอบโปรแกรม ML-Expert

3.4. การทดสอบและวิเคราะห์ผล

หลังจากพัฒนาระบบแล้วจะทำการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น โดยทดสอบความพึงพอใจเบื้องต้น และระยะเวลาในการใช้งาน เทียบกับระบบต่างๆ ตามหลักการ “Usability Testing” จากนั้นนำไปทดสอบในโรงงาน ซึ่งมีปัจจัยในการทดสอบดังภาพที่ 22

3.4.1 เปรียบเทียบกับวิธีอื่น

ทำการศึกษาสภาพปัญหาโรงงาน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ด้านสุขภัณฑ์แห่งหนึ่ง จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และประเมินปัญหาด้านการยศาสตร์สำหรับงานยกของด้วยมือ โดยการใช้โปรแกรม ML-Expert โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ (ภาพที่ 23)

1) ศึกษาสภาพการทำงานต่างๆ โดยทั่วไปภายในสถานประกอบการ เพื่อพิจารณางานที่เกี่ยวข้องกับงานยกของด้วยมือที่มีผลกระทบต่อพนักงานทั้งในด้านอุบัติเหตุและการเจ็บป่วยจากการทำงาน

2) ใช้แบบตรวจสอบสถานประกอบการเบื้องต้น แบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์

3) เลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวนสองกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 ทำการปรับปรุงงานยกของด้วยมือ โดยใช้ความรู้เบื้องต้นด้านการยศาสตร์และสมการ RLE เท่านั้นและกลุ่มที่ 2 ทำการปรับปรุงงาน โดยใช้ความรู้เบื้องต้นด้านการยศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม ML-Expert

4) ถ่ายภาพลักษณะการยกของเพื่อใช้คำนวณค่าทางชีวกลศาสตร์ LI และสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

5) แนะนำวิธีการใช้โปรแกรม ML-Expert ให้กับกลุ่มที่ 2

6) กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ทำการปรับปรุงงานด้วยวิธีการปรับปรุงงานเป็นเวลา 4-6 เดือน

7) วิเคราะห์ผลกระทบและปัญหาจากการปรับปรุงงาน

8) ประเมินผลการเปรียบเทียบการปรับปรุงงานจากทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

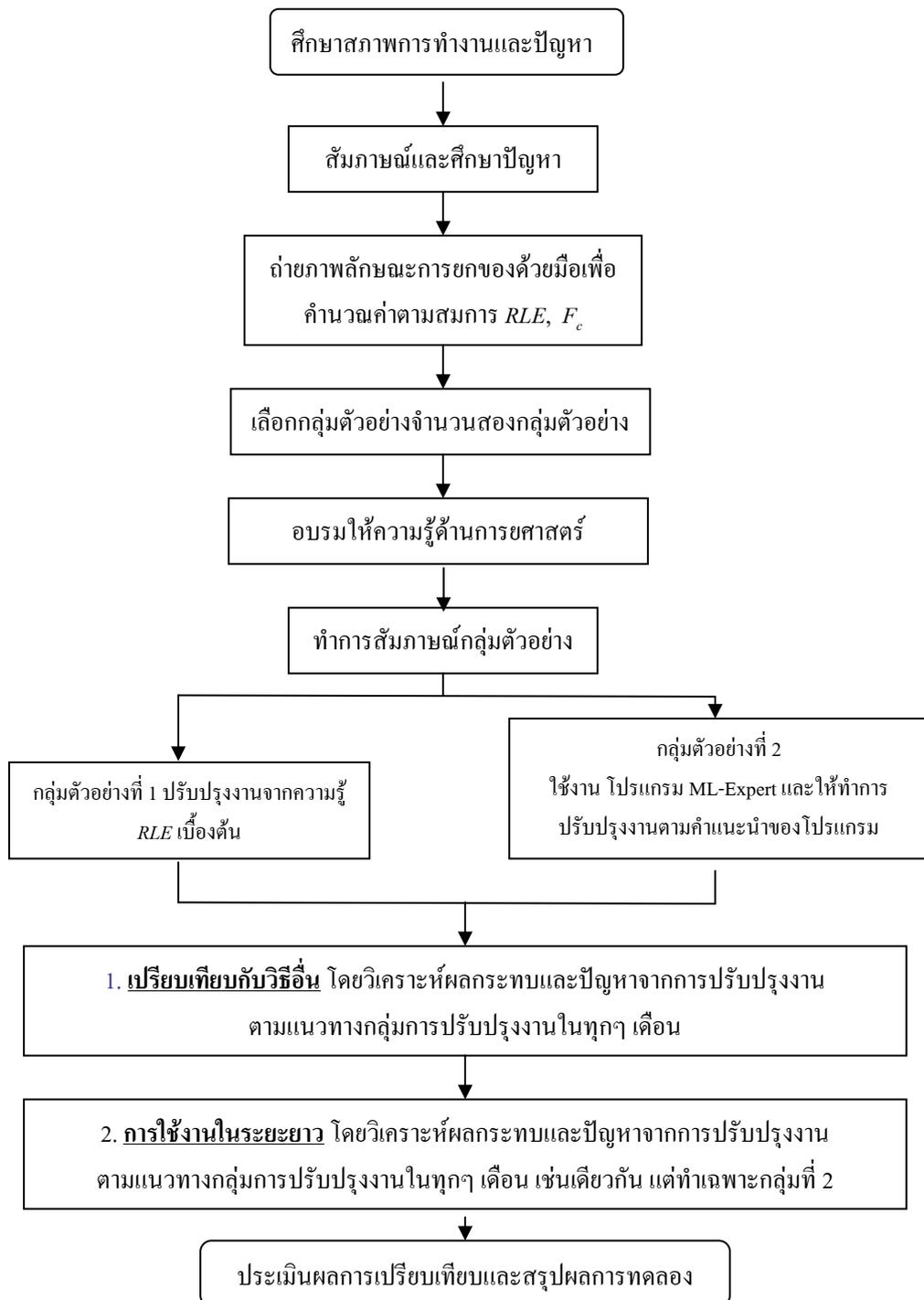
9) ทดสอบความพึงพอใจ และสมรรถนะเทียบกับระบบต่างๆ ตามหลักการ

“Usability Testing” และ AHP

10) สรุปผลการทดลอง

3.4.2 การใช้งานในระยะยาว

ทำการศึกษาในโรงงานเช่นเดียวกับการทดสอบในกับวิธีการอื่น แต่ทดลองใช้ ML-Expert ในระยะยาวเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มที่เกิดขึ้นเป็น เวลา 7 เดือน



ภาพที่ 23 ขั้นตอนในการทดสอบโปรแกรมในโรงงาน

3.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบโปรแกรมในโรงงาน

- 1) ข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ โดยการใช้แบบตรวจสอบสถานประกอบการเบื้องต้น แบบสำรวจสุขภาพ แบบสัมภาษณ์ และข้อมูลสถานีงาน
- 2) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ชีวกลศาสตร์เก็บรวบรวมโดยการบันทึกภาพท่าทางการทำงาน บันทึกน้ำหนักของผู้ปฏิบัติงาน น้ำหนักผลิตภัณฑ์ และ ใช้ตลับเมตรในการวัดระยะต่างๆ
- 3) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การยกในโปรแกรม ML-Expert เก็บรวบรวมโดยการบันทึกภาพท่าทางการยกการทำงานขณะพนักงานทำการยกวัสดุสิ่งของ ใช้ตลับเมตรในการวัดค่าต่างๆ

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ ที่เก็บรวบรวมโดยการใช้แบบตรวจสอบสถานประกอบการเบื้องต้น และข้อมูลสถานีงาน จะใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าลักษณะงาน วิธีการทำงาน การจัดสถานีงาน ภาระงาน มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน เพียงพอหรือไม่ เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ในการปรับปรุงงาน
- 2) การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ จากการเก็บรวบรวมโดยการบันทึกภาพท่าทางการทำงาน ข้อมูลน้ำหนักของผู้ปฏิบัติงาน และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาคำนวณหา ภาระงานที่เกิดกับผู้ปฏิบัติงาน
- 3) การใช้โปรแกรม ML-Expert วิเคราะห์ โดยการนำข้อมูลต่างๆ ที่เป็นปัจจัยเสี่ยง มาใส่ใน โปรแกรม และหาแนวทางการปรับปรุงงาน

ผล

ผลการสำรวจ

ในการสำรวจงานยกของด้วยมือ 7 โรงงาน 31 งาน ในตารางที่ 13-16 และลักษณะท่าทางดังภาพที่ 24 สรุปได้ว่า น้ำหนักที่ยกเฉลี่ย 17.5 (\pm 9.1) กก ความสูงเฉลี่ย 63.9 (\pm 20.2) ซม ระยะการยกเฉลี่ย 37.8 (\pm 27.7) ซม ความถี่ในการยกเฉลี่ย 0.9 (\pm 1.9) ครั้งต่อนาที พบว่าเป็นงานที่ค่อนข้างหนัก โดยมีค่า *RWL* เฉลี่ย 13.2 (\pm 2.8) กก ค่า *LI* เฉลี่ย 1.4 (\pm 0.8) สภาพในงานยกของด้วยมือส่วนใหญ่มีรูปแบบอยู่นอกข้อจำกัดการประเมินที่ใช้อยู่คือ เป็นการยกและเดินช่วงสั้นๆ จำนวน 30 งาน เป็นการยกสองคน จำนวน 13 งาน อุณหภูมิ เฉลี่ย เป็น 29.8 (\pm 1.5) °C ความชื้นสัมพัทธ์ 58.2 (\pm 10.1) % ซึ่งอยู่นอกเหนือจากการใช้สมการ *RLE* แต่ในการสำรวจนี้ ได้ทดลองแยกกิจกรรม และน้ำหนักการยกให้อยู่ที่แต่ละคน แล้วทดลองประเมินโดยใช้สมการ *RLE*

ตารางที่ 13 ค่าปัจจัยเสี่ยงในการยก*

	<i>W</i>	<i>D</i>	<i>V_o</i>	<i>V_d</i>	<i>H_o</i>	<i>H_d</i>	<i>A_o</i>	<i>A_d</i>	<i>F</i>	<i>RWL_o</i>	<i>RWL_d</i>	<i>LI_o</i>	<i>LI_d</i>
ค่าเฉลี่ย	17.5	37.8	63.9	79.5	32.3	33.1	10.2	11.2	0.9	13.2	13.4	1.4	1.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	9.1	18.0	20.2	27.7	5.0	5.6	8.1	10.0	1.3	2.8	2.9	0.8	0.7
ค่ามัธยฐาน	20	37.0	63.5	82.5	30	30	15	15	0.4	12.7	14.0	1.3	1.3
จำนวน(งาน)	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

ตารางที่ 14 ข้อมูลส่วนบุคคลและสภาพแวดล้อม*

	อายุ(ปี)	น้ำหนัก(กก)	ความสูง(ซม.)	<i>WBGT</i> (°C)	ความชื้น (%)
ค่าเฉลี่ย	28.2	60.4	166.2	29.8	58.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.07	7.46	5.66	1.5	10.1
ค่ามัธยฐาน	27.0	60	165.0	29.6	55.0
จำนวนตัวอย่าง(คน)	81	81	81	31	31

ตารางที่ 15 ค่าตัวคูณ (Multiplier) ในสมการ RLE^*

	VM_o	VM_d	HM_o	HM_d	AM_o	AM_d	FM	DM	CM_o	CM_d
ค่าเฉลี่ย	0.87	0.90	0.80	0.78	0.97	0.97	0.95	0.92	0.95	0.97
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.09	0.08	0.12	0.12	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04
ค่ามัธยฐาน	0.90	0.92	0.83	0.83	0.95	0.95	0.97	0.90	0.95	1.00
จำนวน(งาน)	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

หมายเหตุ * คำอธิบายตัวอักษรย่อ ในตารางที่ 13-16

W = น้ำหนักชิ้นงาน (กก) V_o = ระยะจากข้อมือในแนวตั้งจุดเริ่มยก (ซม) V_d = ระยะจากข้อมือในแนวตั้งจุดวาง (ซม) H_o = ระยะจากข้อมือในแนวราบจุดเริ่มยก (ซม) H_d = ระยะจากข้อมือในแนวราบจุดวาง (ซม) A_o = มุมในการบิดตัวจุดเริ่มยก (องศา) A_d = มุมในการบิดตัวจุดวาง (องศา) D = ระยะทางที่ยกในแนวตั้ง (ซม) F = ความถี่ในการยก (ครั้งต่อนาที) VM_o = ตัวคูณระยะแนวตั้งจุดเริ่มยก VM_d = ตัวคูณระยะแนวตั้งจุดวาง HM_o = ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยก HM_d = ตัวคูณระยะแนวราบจุดวาง AM_o = ตัวคูณการบิดตัวจุดเริ่มยก AM_d = ตัวคูณการบิดตัวจุดวาง DM = ตัวคูณระยะยก CM_o = ตัวคูณลักษณะมือจับจุดเริ่มต้น CM_d = ตัวคูณลักษณะมือจับจุดวาง FM = ตัวคูณความถี่ RWL_o = น้ำหนักที่แนะนำจุดเริ่มยก RWL_d = น้ำหนักที่แนะนำจุดวาง LI_d = ดัชนีการยกจุดวาง LI_o = ดัชนีการยกจุดเริ่มยก $WBGT$ = อุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ

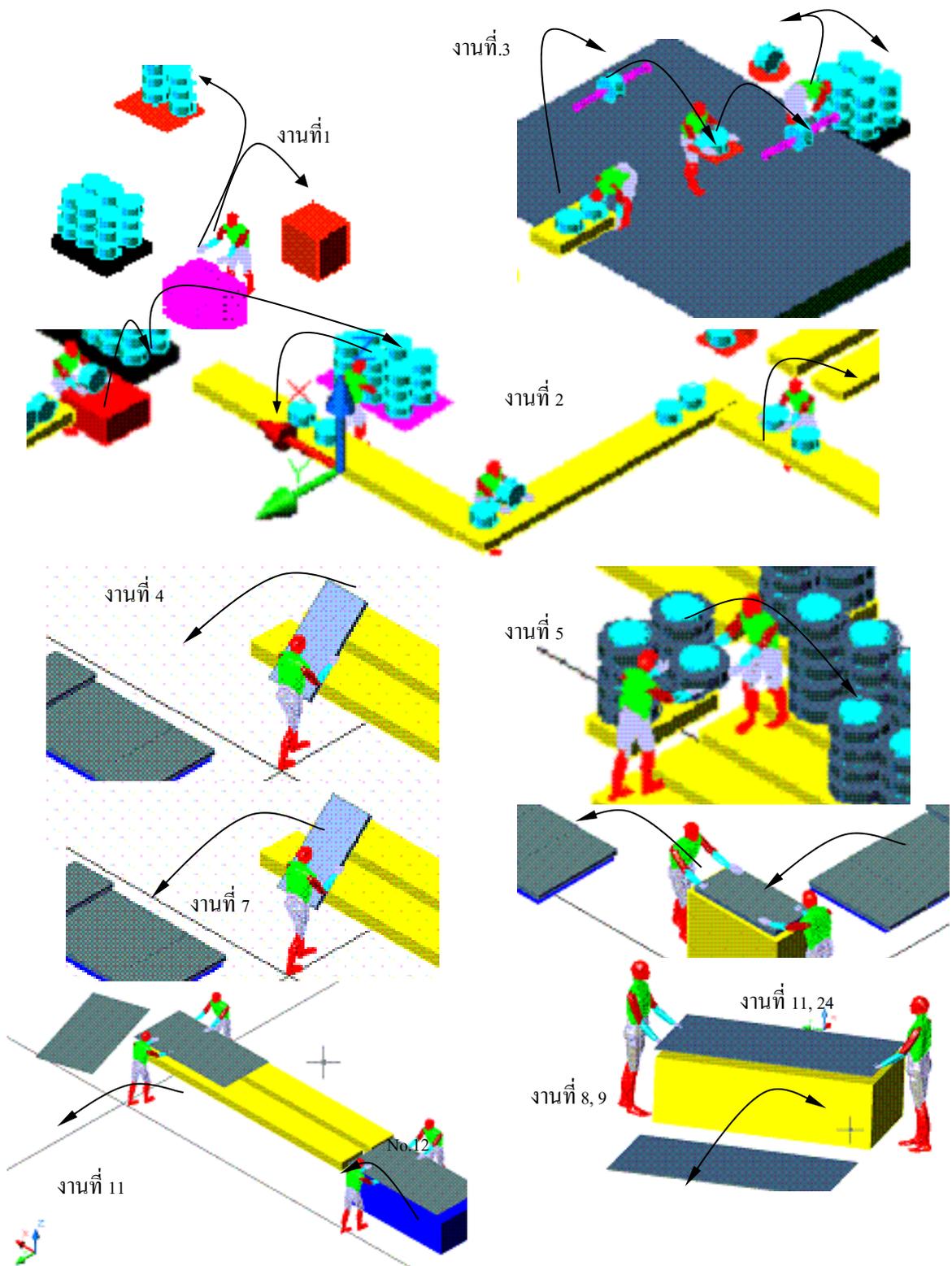
ตารางที่ 16 แสดงค่าปัจจัยต่างๆ ของการสำรวจงานยกของด้วยมือแยกตามประเภทงาน*

No.	ประเภทงาน	W (กก)	D (ซม)	V_d (ซม)	V_d (ซม)	H_o (ซม)	H_d (ซม)	A_o (°)	A_d (°C)	F (ต่อนาที)	RWL_o (กก)	RWL_d (กก)	LI_o	LI_d	เดิน (ม.)	มือ จับ	เพศ
1	ยกก่อนอคูมิเนียมเข้าเตา	20	35	64	118	35	35	15	30	0.31	9.8	9.1	2.0	2.2	2	พอใช้	ชาย
2	ยกงานเข้า-ออกเตาอบ	25	75	55	95	35	35	30	15	0.63	12.7	13.0	2.0	1.9	2	พอใช้	ชาย
3	ยกงานเข้า-ออก CNC	25	48	10	100	40	30	15	15	0.19	10.9	15.3	2.3	1.6	2	พอใช้	ชาย
4	ยกชิ้นงานขึ้น Line	10	97	25	112	30	40	15	15	2.34	10.3	9.4	1.0	1.1	2.5	พอใช้	ชาย
5	ยกชิ้นงานส่งมอบ	12.5	73	48	120	40	40	15	15	0.21	10.2	9.3	1.2	1.3	1	พอใช้	ชาย
6	จัดเก็บชิ้นส่วน	12	60	80	100	30	40	15	15	0.15	15.1	10.5	0.8	1.1	1	ดี	ชาย
7	ตัดซอยแผ่นชิ้นงาน	15	87	22	60	30	40	0	0	0.83	15.2	9.3	1.0	1.6	1-2	พอใช้	ชาย
8	บรรจุชิ้นงานถุงพลาสติก	20	64	25	89	30	30	15	15	1.88	14.9	15.8	1.3	1.3	1-2	พอใช้	ชาย
9	รัดชิ้นงาน	20	64	23	80	30	30	15	15	0.42	12.3	15.5	1.6	1.3	1	พอใช้	ชาย
10	ตัดริมเทปแผ่นชิ้นงาน	18	43	38	43	30	30	15	0	2.50	10.8	14.3	1.7	1.3	1	พอใช้	ชาย
11	ยกชิ้นงานหลังเคลือบ	9	75	37	43	30	30	15	15	5.00	13.1	10.2	0.7	0.9	1	พอใช้	ชาย
12	ยกชิ้นงานขึ้นเคลือบ	9	70	5	75	30	30	0	15	5.00	14.4	14.5	0.6	0.6	1	พอใช้	ชาย
13	บรรจุสินค้าลงกล่อง	4	70	30	100	30	30	0	15	1.88	19.1	15.7	0.2	0.3	0	ดี	ชาย
14	หยิบงานออกจากเครื่องชุบ	0.4	40	40	0	50	45	15	45	0.63	10.5	8.0	0.0	0.1	1	ดี	ชาย
15	นำชิ้นงานออกจากเครื่อง	0.4	110	40	80	40	50	15	15	0.48	12.0	8.5	0.0	0.0	1	ดี	ชาย
16	ยกกล่องชิ้นงานเข้าเครื่อง	25	53	33	53	30	30	15	15	0.03	15.2	14.0	1.6	1.8	2	พอใช้	ชาย
17	หล่อและถอดแบบชิ้นงาน	18	55	28	110	30	30	15	15	0.33	14.3	14.4	1.3	1.3	1-2	พอใช้	ชาย
18	ยกและตรวจสอบชิ้นงานใหญ่	32	81	52	83	30	30	0	0	0.29	14.1	14.1	2.3	2.3	1-2	แย่	ชาย

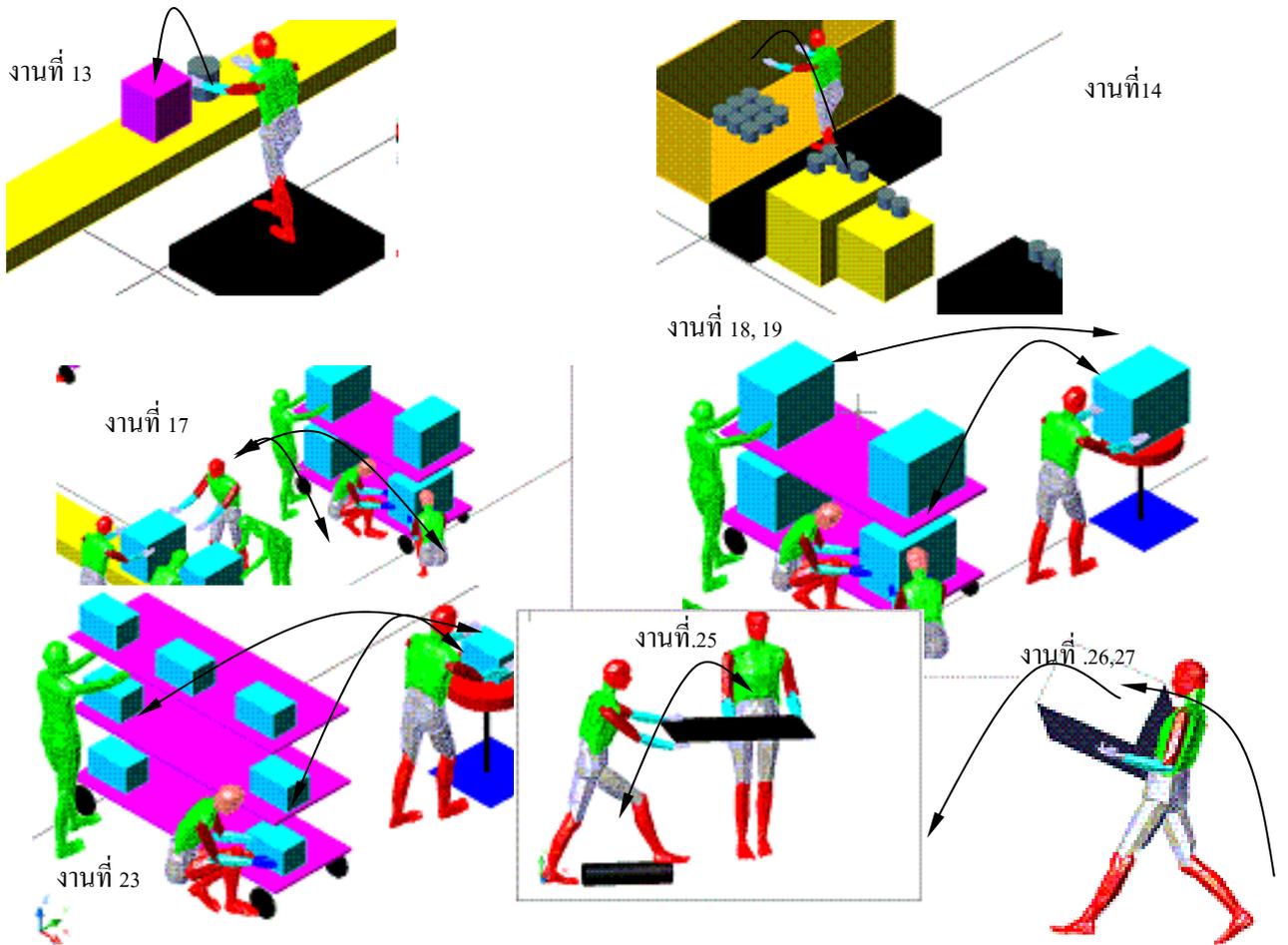
ตารางที่ 16 (ต่อ) *

No.	ประเภทงาน	W (กก)	V_o (ชม)	V_d (ชม)	V_d (ชม)	H_o (ชม)	H_d (ชม)	A_o (°)	A_d (°C)	F (ต่อนาที)	RWL_o (กก)	RWL_d (กก)	LI_o	LI_d	เดิน (ม.)	มือ จับ	เพศ
19	ยกและตรวจสอบชิ้นงานกลาง	25	81	52	83	30	30	0	0	0.33	12.7	15.5	2.0	1.6	1-2	แย้	ชาย
20	ยกและตรวจสอบชิ้นงานเล็ก	10	81	40	87	30	30	15	15	0.63	10.2	12.7	1.0	0.8	1-2	แย้	ชาย
21	เตรียมวัตถุดิบ	10	30	60	90	35	35	0	0	0.31	12.6	12.8	0.8	0.8	1-2	แย้	ชาย
22	ยกถุงปูนเทเข้าเครื่อง	25	90	75	102	30	30	15	15	0.13	16.3	16.8	1.5	1.5	1	แย้	ชาย
23	ยกแผ่นไม้ในสไตร์	20	55	45	55	30	30	15	15	0.79	11.4	13.8	1.8	1.4	1	พอใช้	ชาย
24	ยกแผ่นไม้ตรวจสอบ	20	55	45	55	30	30	15	15	0.15	12.1	14.7	1.7	1.4	1	พอใช้	ชาย
25	ยกแผ่นไม้เข้าเครื่อง	16	65	35	100	30	30	15	15	2.08	12.0	13.5	1.3	1.2	1	พอใช้	ชาย
26	บรรจุหีบห่อ	40	45	25	45	40	40	0	0	0.21	10.5	12.4	3.8	3.2	10	แย้	ชาย
27	จัดเรียงสินค้า	30	40	35	40	30	30	0	0	0.42	12.8	15.7	2.3	1.9	10	แย้	ชาย
28	ยกแผ่นไม้ขึ้นจัดเงา	7	85	35	110	30	30	0	0	0.42	11.0	13.5	0.6	0.5	2	พอใช้	หญิง
29	ยกแผ่นไม้ขึ้นจัดเงา(แผ่นใหญ่)	25	30	35	75	25	25	0	0	0.02	21.2	17.5	1.2	1.4	2-5	พอใช้	หญิง
30	ยกแผ่นไม้เข้าเครื่อง CNC	20	50	39	89	30	30	0	0	0.33	13.8	16.0	1.4	1.3	3	พอใช้	ชาย
31	ประกอบและยกชิ้นงาน	20	75	0	75	30	30	15	15	0.1	19.1	19.1	1.0	1.0	1	พอใช้	หญิง

หมายเหตุ * ดูคำอธิบายท้ายตารางที่ 15



ภาพที่ 24 ตัวอย่างท่าทางงานยกของด้วยมือจากการสำรวจ



ภาพที่ 24 (ต่อ)

ผลการทดลอง

1. การทดสอบกำลังสติของกล้ามเนื้อ

ก่อนทำการทดลองทั้งสามแนวทาง คือทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา และจิตฟิสิกส์ได้ทำการทดสอบความผิดปกติของกล้ามเนื้อก่อน โดยให้ผู้ถูกทดสอบทุกคนในงานวิจัยได้เข้ารับการทดสอบหาค่ากำลังสติของกล้ามเนื้อหลัง แขน ขา ไหล่ มือ และกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ นำค่ากำลังสติของกล้ามเนื้อของผู้ถูกทดสอบทุกคนในงานวิจัยนี้มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังสติของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่ทำการศึกษาโดย กิตติ และคณะ (2531) จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังสติของผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังสติเฉลี่ยของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. การคำนวณในแนวทางชีวกลศาสตร์

งานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการคำนวณตามแนวทางชีวกลศาสตร์ในภาวะสถิตและภาวะพลวัต ซึ่งจะพิจารณาผลกระทบของโมเมนต์และแรงกดอัดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังส่วนล่างบริเวณหมอนรองกระดูก *L5/S1* อันเกิดจากการยกภาระ และเลือกค่าแรงกดอัดสูงสุดระหว่างการคำนวณแบบสถิตและพลวัตมาทำการวิเคราะห์ ต่อไป

การคำนวณค่าแรงกดอัดในกรณียกสองคนใช้สมมติฐานว่าผู้ถูกทดสอบทั้งสองคนที่ทำการยกภาระงานออกแรงยกน้ำหนักของภาระงานเท่ากัน เนื่องจากสมมติฐานดังกล่าวให้ค่าแรงในแนวตั้งที่กระทำที่เท่าเท่ากันกับค่าแรงปฏิกิริยาจากแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาที่พื้น ทำให้ผลรวมของค่าแรงในภาวะสถิตเป็นศูนย์ (โรสมารินทร์, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางชีวกลศาสตร์ จึงเลือกหลักการดังกล่าวในการคำนวณค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

การคำนวณทางชีวกลศาสตร์ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้จากงานวิจัยของ กิตติ (2543) ดังตารางที่ 17 และ 18

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบมวลและระยะจุดศูนย์กลางมวลส่วนต่างๆ ของร่างกาย (กิตติ, 2548)

ส่วนของร่างกาย	เทียบกับมวลของร่างกาย (%)	ส่วนใน (%)	ส่วนนอก (%)
มือ	0.65	42.82	57.18
แขนส่วนล่าง	1.67	42.22	57.78
แขนส่วนบน	3.37	45.83	54.17
ลำตัว	48.72	47.83	52.17
ขาส่วนบน	10.23	44.07	55.93
ขาส่วนล่าง	5.06	46.76	57.24
เท้า	1.56	40.54	59.46
ศีรษะและคอ	7.88	42.91	58.09

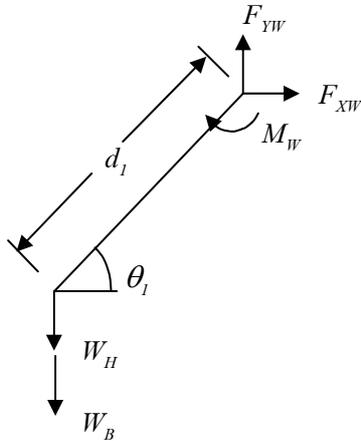
ตารางที่ 18 ระยะของชิ้นส่วนร่างกายและข้อมูลน้ำหนักที่ใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณแรงที่กระทำต่อสันหลังส่วนล่างบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (กิตติ, 2548)

ระยะของชิ้นส่วนร่างกายและข้อมูลน้ำหนักที่ใช้เป็นตัวอย่าง	
มือ	0.075 เมตร
แขนส่วนล่าง	0.272 เมตร
แขนส่วนบน	0.343 เมตร
ลำตัวและศีรษะ	0.333 เมตร
น้ำหนักผู้ทดสอบ	65 กิโลกรัม
น้ำหนักภาระ	12 กิโลกรัม

การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่เกิดกับกระดูกสันหลังบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ในสถานะสถิตในงานวิจัยนี้ใช้หลักการของ Free Part Body โดยการแบ่งชิ้นส่วนร่างกายออกเป็น ส่วนๆ ได้แก่ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ลำตัว และศีรษะ (ตามแบบจำลองในภาพที่ 5) จากนั้นทำการคำนวณค่าแรงและโมเมนต์ที่เกิดจากการยกภาระที่ข้อมือส่งผ่านไปยังศอก หัวไหล่ และกระดูกสันหลังบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ตามลำดับ (กิตติ, 2548; นรินทร์, 2549)

เมื่อได้ข้อมูลพิกัดจากภาพถ่ายในการทดลองแล้ว สามารถนำมาคำนวณแรงกดอัดที่กระทำต่อหลังส่วนล่างบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ร่วมกับข้อมูลในตารางที่ 17-18 ได้ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

2.1 การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่เกิดที่ข้อมือ



d_1 = ความยาวจากจุดศูนย์กลางมือถึงข้อมือ

$\theta_1 = 45^\circ$ (เป็นมุมที่ข้อมือทำกับแนวราบ)

W_H = น้ำหนักของมือ (0.0061 x น้ำหนักตัว)

W_B = น้ำหนักของกล่อง (12 กก.)

M_W = โมเมนต์ที่ข้อมือ

F_{XW} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ข้อมือ

F_{YW} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ข้อมือ

$$\sum F_X = 0, F_{XW} = 0$$

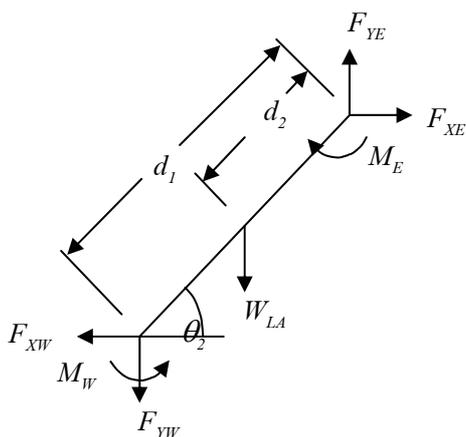
$$\sum F_Y = 0, W_B + W_H - F_{YW} = 0$$

$$\sum M_{CM} = 0, M_W - (W_B + W_H) \cdot d_1 \cdot (\cos \theta_1) = 0$$

จะได้ $F_{YW} = ((0.0061 \times 65) + 6) \times 9.81 = 62.74967 \text{ N}$

$$M_W = ((0.0061 \times 65) + 6) \times 9.81 \times 0.075 \times \cos 45^\circ = 3.3278 \text{ N.m}$$

2.2 การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่เกิดที่ข้อศอก



d_1 = ความยาวแขนส่วนล่าง

d_2 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (ตาราง 17)

$\theta_2 = 60^\circ$ (เป็นมุมที่แขนทำกับแนวราบ)

W_{LA} = น้ำหนักของแขนส่วนล่าง

M_W = โมเมนต์ที่ข้อมือ

F_{XW} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ข้อมือ

F_{YW} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ข้อมือ

M_E = โมเมนต์ที่ข้อศอก

F_{XE} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ข้อศอก

F_{YE} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ข้อศอก

$$\sum F_X = 0, F_{XW} - F_{XE} = 0$$

$$\sum F_Y = 0, F_{YW} + W_{LA} - F_{YE} = 0$$

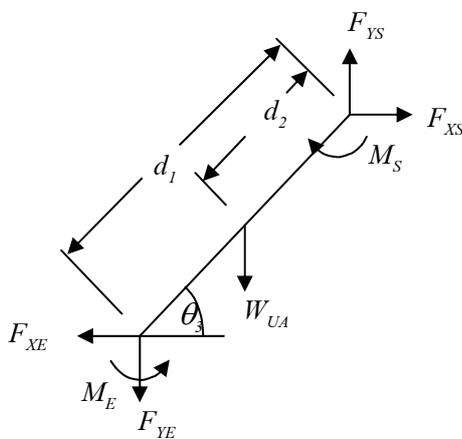
$$\sum M_{CM} = 0, M_E - M_W - (F_{YW} \cdot d_1 \cdot (\cos \theta_2)) - (W_{LA} \cdot d_2 \cdot (\cos \theta_2)) = 0$$

จะได้ $F_{XE} = 0$

$$F_{YE} = 62.74967 + (0.0158 \times 65 \times 9.81) = 72.82454 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_E &= 3.3278 + (62.74967 \times 0.272 \times \cos 60^\circ) + \\ &\quad (0.0158 \times 65 \times 9.81 \times 0.4222 \times 0.272 \times \cos 60^\circ) \\ &= 12.44 \text{ N.m} \end{aligned}$$

2.3 การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ไหล่



d_1 = ความยาวแขนส่วนบน

d_2 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (ตาราง 17)

$\theta_3 = 60^\circ$ (เป็นมุมที่แขนทำกับแนวราบ)

W_{UA} = น้ำหนักของแขนส่วนบน

M_E = โมเมนต์ที่ข้อศอก

F_{XE} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ข้อศอก

F_{YE} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ข้อศอก

M_S = โมเมนต์ที่ไหล่

F_{XS} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ไหล่

F_{YS} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ไหล่

$$\sum F_X = 0, F_{XE} - F_{XS} = 0$$

$$\sum F_Y = 0, F_{YE} + W_{UA} - F_{YS} = 0$$

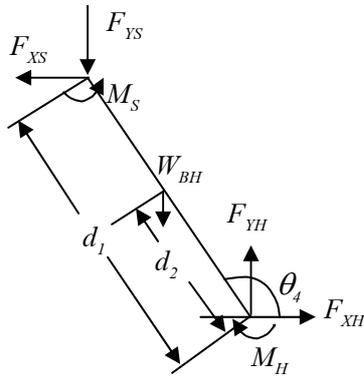
$$\sum F_{CM} = 0, M_S - M_E - (F_{YE} \cdot d_1 \cdot (\cos \theta_3)) - (W_{UA} \cdot d_2 \cdot (\cos \theta_3)) = 0$$

จะได้ $F_{XS} = 0$

$$F_{YS} = 72.82454 + (0.0324 \times 65 \times 9.81) = 93.4844 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_S &= 12.44 + (72.82454 \times 0.343 \times \cos 60^\circ) + \\ &\quad (0.0324 \times 65 \times 9.81 \times 0.4583 \times 0.343 \cos 60^\circ) \\ &= 26.5532 \text{ N.m} \end{aligned}$$

2.4 การคำนวณแรงและโมเมนต์ที่เกิดศีรษะและลำตัว



d_1 = ความยาวลำตัว

d_2 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (ตาราง 17)

$\theta_4 = 125^\circ$ (เป็นมุมที่ลำตัวทำกับแนวราบ)

W_{BH} = น้ำหนักของลำตัวและศีรษะ

M_S = โมเมนต์ที่ไหล่

F_{XS} = แรงในทิศทางแกนนอนที่ไหล่

F_{YS} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่ไหล่

M_H = โมเมนต์ที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

F_{XH} = แรงในทิศทางแกนนอนที่กระดูกสัน

F_{YH} = แรงในทิศทางแกนตั้งที่กระดูกสัน

$$\sum F_x = 0, F_{XH} - F_{XS} = 0$$

$$\sum F_y = 0, F_{YS} + W_{BH} - F_{YH} = 0$$

$$\sum F_{CM} = 0, M_H - M_S - (F_{YS} \cdot d_1 \cdot (\cos \theta_4)) - (W_{BH} \cdot d_2 \cdot (\cos \theta_4)) = 0$$

จะได้ $F_{XS} = 0$

$$F_{YH} = (93.4844 \times 2) + (0.4872 \times 65 \times 9.81) = 497.632 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_S &= (26.5532 \times 2) + (93.4844 \times 2 \times 0.333 \times \cos 55^\circ) + \\ &\quad (0.4872 \times 65 \times 9.81 \times 0.4783 \times 0.333 \cos 55^\circ) \\ &= 117.2 \text{ N.m} \end{aligned}$$

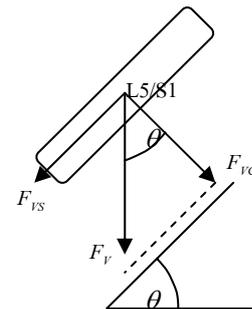
หาค่าแรงกดอับบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่าง

$$F_{VC} = F_{YH} \times \cos 45^\circ = 497.632 \cos 45^\circ = 351.88 \text{ N}$$

$$F_{VS} = F_{YH} \times \sin 45^\circ = 497.632 \sin 45^\circ = 351.88 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_{MC} &= M_S / 0.04 \\ &= 117.2 / 0.04 = 2930 \text{ N} \end{aligned}$$

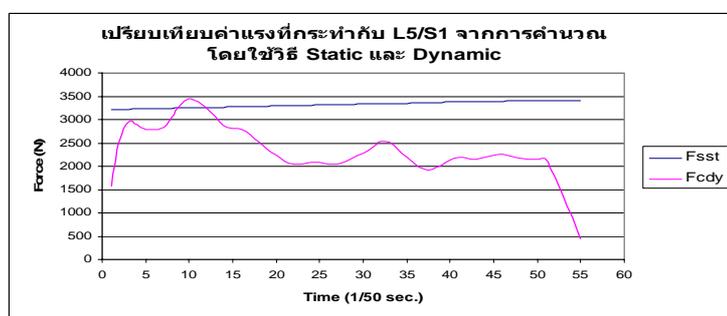
$$F_C = 351.88 + 2930 = 3281.88 \text{ N}$$



สรุปว่าได้ค่าแรงกดอับที่กระทำต่อหลังส่วนล่างบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 $F_C = 3281.88 \text{ N}$ โดยเกิดจากการรวมกันของแรงกดอับเนื่องจากน้ำหนักตัว (F_{VC}) และสมมูลโมเมนต์ของกล้ามเนื้อ Erector Spinae (F_{MC}) (เมื่อกำหนดให้ F_V เป็นแรงที่เกิดจากน้ำหนักตัว (เท่ากับ F_{YH}) ส่วน F_{VC} และ F_{VS} เป็นแรงกดอับและแรงเฉือนที่กระทำต่อกระดูกสันหลัง ตามลำดับ)

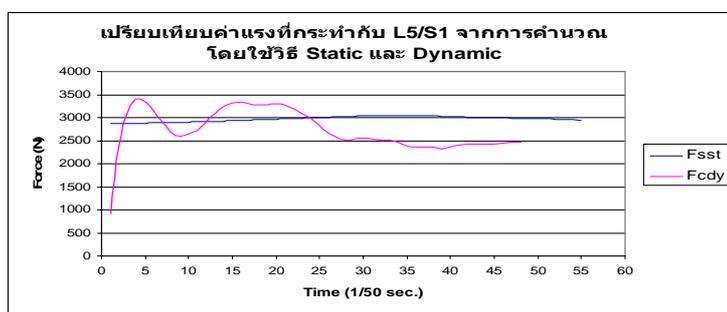
เมื่อได้แรงกดอัดที่กระทำต่อหลังส่วนล่างในภาวะสถิตดังกล่าวแล้ว นำไปคำนวณค่าในสภาวะพลวัตต่อไป โดยต้องเพิ่มความเร่งเชิงมุม แรงในแนวราบจากการคำนวณในสภาวะพลวัต และต้องทำการคำนวณทุกช่วงเวลาที่ทำกรยก แล้วนำค่าที่ได้มาวาดกราฟหาค่าสูงสุด (ตัวอย่างการคำนวณจริงโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel แสดงในภาคผนวก ค)

ค่าแรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างจะเกิดขึ้นขณะทำการยกภาระงาน โดยค่าแรงกดอัดจะมีค่าสูงในช่วงขณะเริ่มทำการยกภาระแล้วจะลดลงเมื่อภาระถูกยกขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 25 ถึง 27 ค่าแรงกดอัดสูงสุดที่ได้ในแต่ละการทดลองนี้ นำไปใช้เพื่อวิเคราะห์และสร้างสมการต่อไป

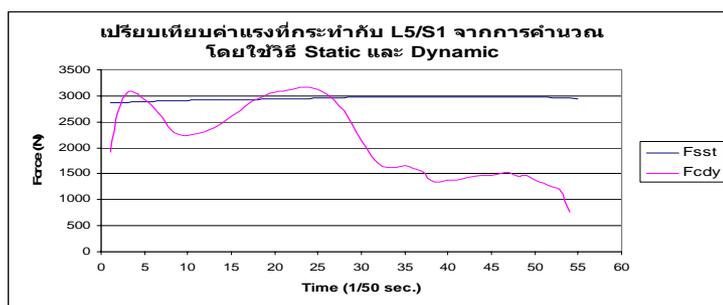


ภาพที่ 25 แรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างขณะยกน้ำหนัก 12 กิโลกรัม ความสูง 75 เซนติเมตร ความถี่ 1 ครั้ง/นาที

หมายเหตุ Fsst เป็นแรงที่กระทำกับ $L5/S1$ โดยใช้วิธีการคำนวณแบบสถิต และ Fcdy เป็นแรงที่กระทำกับ $L5/S1$ โดยใช้วิธีการคำนวณแบบพลวัต



ภาพที่ 26 แรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างขณะยกน้ำหนัก 12 กิโลกรัม ความสูง 75 เซนติเมตร ความถี่ 3 ครั้ง/นาที



ภาพที่ 27 แรงกดอัดของกระดูกสันหลังส่วนล่างขณะยกน้ำหนัก 12 กิโลกรัม
ความสูง 75 เซนติเมตร ความถี่ 5 ครั้ง/นาที

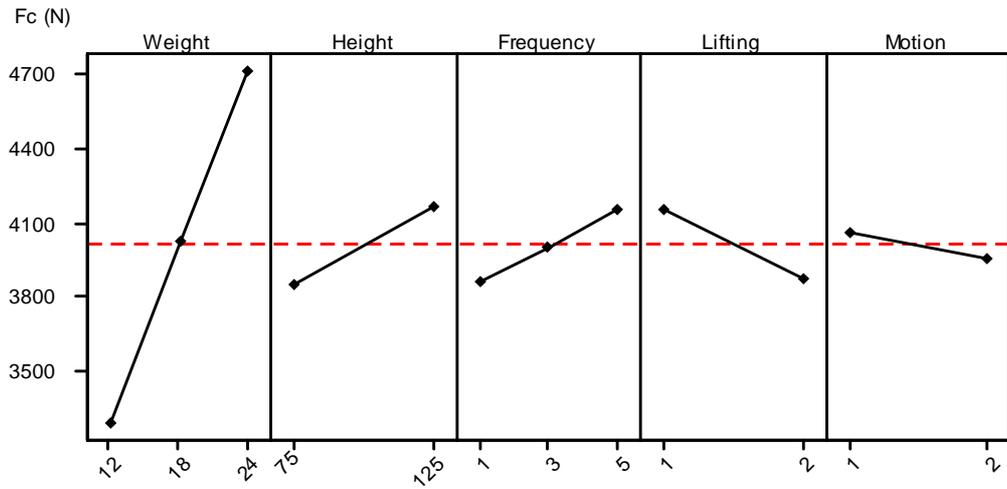
3. การตรวจสอบแบบจำลองชีวกลศาสตร์ที่ใช้

การทดสอบค่าแรงที่ได้จากแบบจำลองชีวกลศาสตร์ทำโดยการใช้ค้อนน้ำหนัก 20 กิโลกรัม 5 อัน ทำการทดสอบวางบนแผ่นรับแรงปฏิกิริยาแล้วทำการวัดค่าอันละสองครั้งทำการบันทึกค่าแรงปฏิกิริยาที่วัดได้แล้วนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักจริงที่ใช้ทดสอบ เพื่อหาค่าแล้วนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้ในขั้นตอนทดสอบยกภาระงานจริง

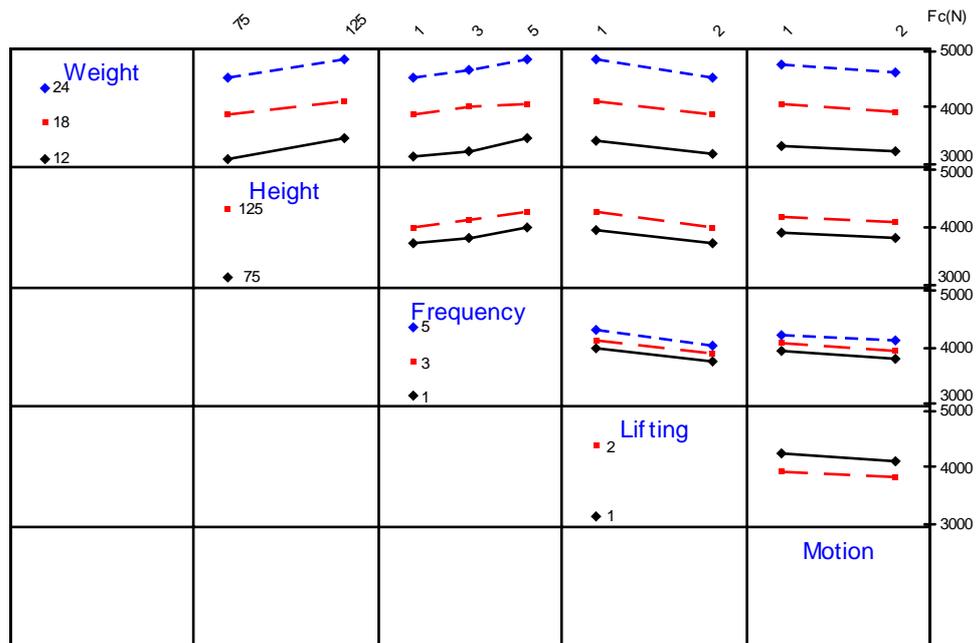
การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าแรงกดอัดบริเวณหลังส่วนล่าง สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าแรงกดอัดในแนวตั้งที่กระทำที่เท้าของผู้ถูกทดสอบเทียบกับค่าแรงปฏิกิริยาจากแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาที่พื้น ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าแรงกดอัดกระทำที่เท้ากับค่าที่วัดได้จากแผ่นวัดปฏิกิริยาที่พื้น ทั้งการยกภาระงานคนเดียวและการยกภาระงานสองคนพบว่าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยกภาระงาน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัย 5 ตัว ที่มีผลต่อของค่าแรงกดอัดสูงสุด ที่เกิดกับหลังส่วนล่าง บริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ในการทดลองแต่ละครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 19 ภาพที่ 28 และ ภาพที่ 29 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อ F_c มากที่สุดของงานยกของในการทดลองคือ น้ำหนักของภาระงาน ซึ่งเราสามารถทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้การประมาณค่าถดถอยแบบพหุ ดังสมการที่ได้และแสดงการทดสอบทางสถิติในภาคผนวก ง



ภาพที่ 28 ผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบทางด้านชีวกลศาสตร์



ภาพที่ 29 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการทดสอบทางด้านชีวกลศาสตร์

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์แสดงค่าของ F_c (นิวตัน)

น้ำหนัก (กก.)	ความสูง (ซม.)	ความถี่ (ครั้ง/นาที)		ยกเดี่ยว		ยกคู่	
				ยกอยู่กับที่	ยกเดิน	ยกอยู่กับที่	ยกเดิน
12	75	1	ค่าเฉลี่ย	3,137	3,027	2,941	2,801
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	229	326	159	232
		3	ค่าเฉลี่ย	3,279	3,204	3,032	2,916
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	190	191	213	197
		5	ค่าเฉลี่ย	3,430	3,395	3,165	3,198
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		171	232	202	182	
	125	1	ค่าเฉลี่ย	3,617	3,345	3,231	3,166
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	333	151	196	293
		3	ค่าเฉลี่ย	3,604	3,448	3,343	3,320
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	285	115	209	125
5		ค่าเฉลี่ย	3,727	3,787	3,531	3,519	
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	337	423	115	399		
18	75	1	ค่าเฉลี่ย	4,059	4,027	3,619	3,584
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	275	199	191	270
		3	ค่าเฉลี่ย	4,072	3,897	3,926	3,691
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	342	175	292	147
		5	ค่าเฉลี่ย	4,238	3,953	3,815	3,906
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		333	310	294	306	
	125	1	ค่าเฉลี่ย	4,153	3,987	3,858	3,975
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	286	311	230	117
		3	ค่าเฉลี่ย	4,487	4,221	4,110	3,977
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	400	374	230	162
5		ค่าเฉลี่ย	4,422	4,345	4,129	4,044	
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	323	304	123	297		

ตารางที่ 19 (ต่อ)

น้ำหนัก (กก.)	ความสูง (ซม.)	ความถี่ (ครั้ง/นาที)		ยกเดี่ยว		ยกคู่	
				ยกอยู่กับที่	ยกเดิน	ยกอยู่กับที่	ยกเดิน
24	75	1	ค่าเฉลี่ย	4,485	4,463	4,337	4,252
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	255	243	172	222
		3	ค่าเฉลี่ย	4,683	4,575	4,424	4,362
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	238	69	263	232
		5	ค่าเฉลี่ย	4,970	4,770	4,714	4,481
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	248	243	396	51
	125	1	ค่าเฉลี่ย	4,895	4,826	4,671	4,362
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	231	355	263	149
		3	ค่าเฉลี่ย	5,226	5,022	4,674	4,648
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	271	206	393	141
		5	ค่าเฉลี่ย	5,324	5,192	4,875	4,765
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	350	359	274	332

5. การสร้างสมการทำนายค่าแรงกดอัดสูงสุดบริเวณหลังส่วนล่าง

นำข้อมูลจากการทดลองตามแนวทางชีวกลศาสตร์ที่ได้ วิเคราะห์ในทางภาวะสถิตและภาวะพลวัต แล้วนำมาสร้างสมการทำนายค่าแรงกดอัดบริเวณหลังส่วนล่าง ทำให้ได้สมการถดถอยแบบพหุ คือ

$$F = 1638 + 117 W + 6.11H + 71.6F - 276 L - 104M \dots \dots \dots (5)$$

ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 98.2%

โดย	<i>F</i>	คือ ค่าแรงกดอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณหลังส่วนล่าง (นิวตัน)
	<i>W</i>	คือ น้ำหนักที่ยก (กิโลกรัม)
	<i>H</i>	คือ ความสูงที่ทำการยก (เซนติเมตร)
	<i>F</i>	คือ ความถี่ในการยก (ครั้ง/นาที)
	<i>L</i>	คือ ลักษณะการยก (ยกคนเดียวใส่ค่า 1 ยกสองคนใส่ค่า 2)
	<i>M</i>	คือ ท่าทางการยก (ยกอยู่กับที่ใส่ค่า 1 ยกเดินใส่ค่า 2)

6. การทำนายน้ำหนักสูงสุดในการยกภาระ

การเปรียบเทียบค่าแรงกดอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างกับค่าที่ยอมรับได้ AL คือ 3400 นิวตัน และค่าสูงสุดที่อนุญาต MPL คือ 6400 นิวตัน จะได้สมการทำนายค่าน้ำหนักที่ยกแล้วทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานตามสมการ (6) และไม่ควรยกภาระเกินน้ำหนักที่คำนวณได้ตามสมการ (7) เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายสำหรับผู้ปฏิบัติงานเกือบทุกคน ดังนี้

$$W_{AL} = 15.060 - 0.052H - 0.612F + 2.359L + 0.889M \dots \dots \dots (6)$$

$$W_{MPL} = 40.701 - 0.052H - 0.612F + 2.359L + 0.889M \dots \dots \dots (7)$$

โดย	W_{AL}	คือ น้ำหนักที่ยกได้ตามเงื่อนไข Action Limit (กิโลกรัม)
	W_{MPL}	คือ น้ำหนักที่ยกได้ตามเงื่อนไข Maximum Permissible Limit (กิโลกรัม)
	H	คือ ความสูงที่ทำการยก (เซนติเมตร)
	F	คือ ความถี่ในการยก (ครั้ง/นาที)
	L	คือ ลักษณะการยก (ยกคนเดียวใส่ค่า 1 ยกสองคนใส่ค่า 2)
	M	คือ ท่าทางการยก (ยกอยู่กับที่ใส่ค่า 1 ยกเดินใส่ค่า 2)

จากค่าแรงกดอัดที่คำนวณได้ พบว่าที่น้ำหนักที่ยก 12 กิโลกรัม ค่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้นบริเวณหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างจะมีค่าต่ำกว่าค่า AL ทุกการทดสอบ ที่ความสูงในการยก 75 เซนติเมตร และที่ความสูง 125 เซนติเมตร มีหลายการทดสอบที่ค่าแรงกดอัดมีค่าสูงกว่าค่า AL สำหรับการยกที่น้ำหนัก 18 และ 24 กิโลกรัม พบว่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้นบริเวณหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างจะมีค่าอยู่ระหว่างค่า AL และค่า MPL ทุกค่า พบว่าไม่มีการทดสอบที่เป็นอันตรายเกินกว่ากระดูกสันหลังจะทนได้ ค่าแรงกดอัดสูงสุดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำอยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 15 ขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การยกภาระงานหากมีการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสม อันตรายในการยกงานก็จะไม่เกิดขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณผู้ที่มีอาการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างได้

7. ผลการทดลองในแนวสตรีวิทยา

จากการทดลองในแนวทางสตรีวิทยาจะได้ผลที่เป็นตัวแปรตอบสนองเป็น อัตราการใช้ ออกซิเจนเทียบกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_{2max}$) ดังตารางที่ 20 และตารางที่ 21 ทำให้สามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้การประมาณค่าถดถอยแบบพหุ และประมาณค่า $MAW = 29\%$ ของ VO_{2max} (Legg และ Pateman, 1985) ได้สมการการประมาณค่า ดังต่อไปนี้

ได้สมการ การประมาณค่าในการทดลองแบบสตรีวิทยา 1 คน คือ

$$\%VO_{2max} = -31.7 + 0.591 \text{ Temp.} + 1.11 \text{ Weight} + 0.119 \text{ Height} + 4.45 \text{ Freq} \dots\dots\dots(8)$$

ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 87.6%

$$MAW = 54.68 - 0.11 \text{ Height} - 4.01 \text{ Freq} - 0.53 \text{ Temp} \dots\dots\dots(9)$$

ได้สมการ การประมาณค่าในการทดลองแบบสตรีวิทยา 2 คน คือ

$$\%VO_{2max} = -37.3 + 0.879 \text{ Temp.} + 1.21 \text{ Weight} + 0.132 \text{ Height} + 5.41 \text{ Freq} \dots\dots\dots(10)$$

ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 93.7%

$$MAW = 54.79 - 0.11 \text{ Height} - 4.47 \text{ Freq} - 0.73 \text{ Temp} \dots\dots\dots(11)$$

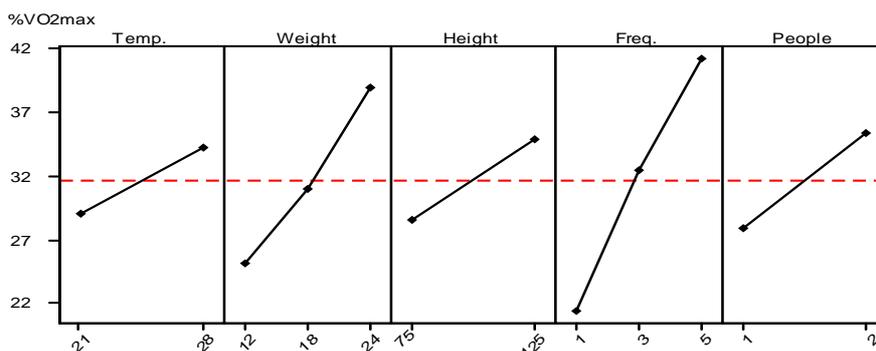
และได้สมการ การประมาณค่าในการทดลองแบบสตรีวิทยารวม คือ

$$\%VO_{2max} = -45.7 + 0.735 \text{ Temp.} + 1.16 \text{ Weight} + 0.126 \text{ Height} + 4.93 \text{ Freq} \\ + 7.45 \text{ People} \dots\dots\dots(12)$$

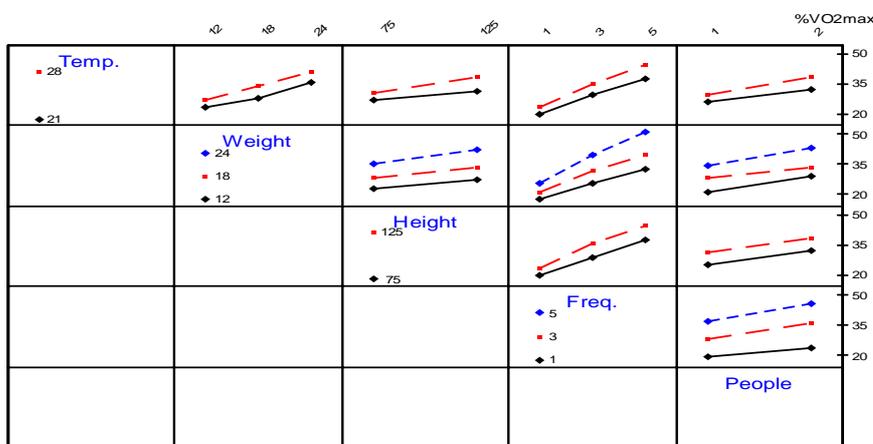
ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 91.6%

$$MAW = 68.40 - 0.11 \text{ Height} - 4.66 \text{ Freq} - 0.63 \text{ Temp} - 6.42 \text{ People} \dots\dots\dots(13)$$

โดย *MAW* คือ น้ำหนักที่เหมาะสมในการยก (กิโลกรัม)
Height คือ ความสูงที่ทำการยก (เซนติเมตร)
Freq คือ ความถี่ในการยก (ครั้ง/นาที)
Temp คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
People คือ จำนวนผู้ยก (ยกคนเดียวใส่ค่า 1 ยกคู่ใส่ค่า 2)



ภาพที่ 30 ผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบทางด้านสรีรวิทยา



ภาพที่ 31 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำการทดสอบทางด้านสรีรวิทยา

จากภาพที่ 30 และ ภาพที่ 31 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานหรือออกซิเจน ของการยกของในการทดลองคือ ความถี่ และน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งเราสามารถนำไปสร้างสมการถดถอยแบบพหุได้ดังสมการที่ 8 ถึง 13

ตารางที่ 20 ผลการทดลองในแนวทางสรีรวิทยาแบบยกคนเดียวแสดงค่าของ $\%VO_{2max}$

น้ำหนัก	ความถี่	อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส				30 องศาเซลเซียส			
			ยกอยู่กับที่		ยกเดิน		ยกอยู่กับที่		ยกเดิน	
			ความสูง (ซม)	75	125	75	125	75	125	75
12 kg	1 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	12.69	15.32	16.84	18.54	15.48	18.10	21.01	24.99
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.00	2.41	2.81	3.57	0.32	0.76	2.42	3.45
	3 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	17.57	22.27	22.20	30.37	18.84	26.62	27.97	35.08
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.41	2.91	4.83	10.61	1.90	7.89	6.70	5.90
	5 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	24.08	24.38	33.04	39.92	26.17	34.38	40.05	50.04
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.20	3.27	6.51	13.26	4.86	5.90	8.19	10.82
18 kg	1 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	17.21	18.67	16.70	22.13	20.16	22.25	22.94	30.84
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.42	2.28	3.10	8.47	1.48	0.87	2.70	3.45
	3 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	23.45	27.54	24.92	33.92	27.67	35.00	33.68	40.70
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.09	10.39	7.06	9.89	3.91	3.63	6.56	7.57
	5 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	26.83	33.00	49.01	49.66	36.05	47.32	44.96	56.13
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.47	5.70	7.43	9.87	6.90	4.06	9.61	10.17
24 kg	1 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	20.01	20.92	22.99	28.12	20.60	25.35	26.42	33.30
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.39	2.33	3.43	4.75	2.39	2.39	7.67	4.03
	3 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	29.51	39.89	40.07	48.24	30.66	40.64	46.19	49.77
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.51	4.63	8.74	6.17	5.84	6.16	12.66	9.62
	5 ครั้ง/นาทีก	ค่าเฉลี่ย	43.07	49.61	54.63	58.94	39.88	55.37	57.07	63.90
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.46	7.99	10.92	9.50	8.74	8.56	11.88	11.47

ตารางที่ 21 ผลการทดลองในแนวทางสรีรวิทยาแบบยกสองคนแสดงค่าของ $\%VO_{2max}$

น้ำหนัก	ความถี่	อุณหภูมิ ความสูง (ซม)	25 องศาเซลเซียส				30 องศาเซลเซียส			
			ยกอยู่กับที่		ยกเดิน		ยกอยู่กับที่		ยกเดิน	
			75	125	75	125	75	125	75	125
12 kg	1 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	16.67	18.91	21.17	25.02	18.09	25.35	25.62	29.98
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	3.90	5.69	5.64	6.45	2.88	5.12	7.18	8.34
	3 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	26.45	29.50	30.40	32.12	26.61	34.03	37.44	41.66
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	7.15	6.01	11.06	7.31	5.54	6.85	13.58	14.37
	5 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	32.87	37.23	34.55	41.73	35.92	44.54	40.85	48.47
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	9.97	14.68	6.67	7.20	10.24	10.10	6.05	5.97
18 kg	1 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	19.73	22.92	25.54	28.79	22.09	28.66	29.57	31.79
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	1.85	3.08	3.76	8.87	2.67	8.49	6.62	8.99
	3 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	30.95	34.88	33.55	37.11	32.68	41.20	37.57	43.17
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	3.70	3.16	13.72	6.10	10.67	8.98	4.16	5.53
	5 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	36.34	42.69	42.13	49.47	42.72	53.65	49.19	58.82
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	5.09	6.59	5.31	7.12	10.06	14.36	6.29	8.92
24 kg	1 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	24.01	27.83	29.89	33.21	29.67	34.77	33.96	37.14
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	2.12	1.07	6.89	6.04	10.44	13.06	6.31	6.81
	3 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	34.35	44.40	35.36	46.64	45.38	57.16	42.31	56.85
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.90	7.62	8.14	8.87	10.45	16.26	4.53	6.79
	5 ครั้ง/นาที	ค่าเฉลี่ย	46.97	55.31	51.60	55.91	56.27	63.96	56.67	70.76
		ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	5.50	11.46	9.54	9.03	12.08	16.66	6.74	10.30

8. ผลการทดลองในแนวจิตฟิสิกส์

จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างตามในแนวทางจิตฟิสิกส์ ได้ผลตามตารางที่ 22 ดังนี้

ตารางที่ 22 ผลการทดลองในแนวจิตฟิสิกส์แสดงค่าของ *MAW* (กก)

ความสูง	ความถี่ ครั้ง/นาที		ยกเดี่ยว		ยกคู่	
			ยกอยู่กับที่	ยกเดิน	ยกอยู่กับที่	ยกเดิน
75	1	ค่าเฉลี่ย	18.17	18.17	18.92	18.58
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.76	0.58	0.58	0.58
	3	ค่าเฉลี่ย	17.83	17.00	18.92	18.17
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.76	1.00	2.02	1.15
	5	ค่าเฉลี่ย	16.17	15.67	18.25	18.33
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.29	0.76	1.01	0.58
125	1	ค่าเฉลี่ย	16.50	16.83	17.33	17.67
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.87	0.58	1.15	0.58
	3	ค่าเฉลี่ย	16.33	16.50	17.42	17.17
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.29	0.50	0.29	0.29
	5	ค่าเฉลี่ย	15.83	15.50	16.83	16.83
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.58	0.50	0.29	0.29

9. การเปรียบเทียบผลและพัฒนาสมการ

จากการนำค่าที่ได้จากการทดลองทั้งสามแนวทางคือ สรีรวิทยา ชีวกลศาสตร์ จิตฟิสิกส์มาเปรียบเทียบกับ สมการ *RLE* ตารางของ Mital (Mital et al., 1997) (ภาคผนวก จ) ภายใต้ปัจจัยต่างๆ ในเงื่อนไขเดียวกัน 2 ชุดได้ค่า *RWL* จุดเริ่มยก (*RWL_o*) และ *RWL* จุดวาง (*RWL_d*) คือ

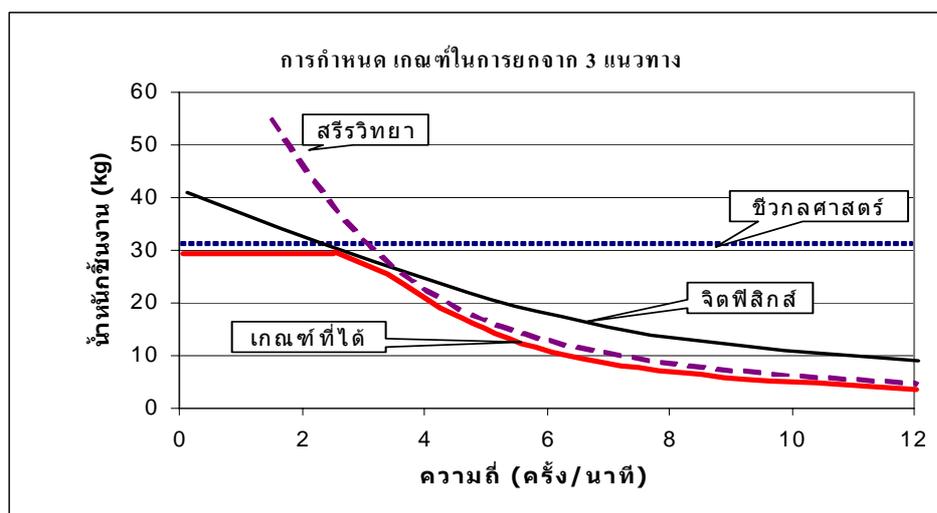
ชุดที่ 1 ความสูงจุดเริ่มยก (H_o) 25 ซม ความสูงจุดวาง (H_d) 75 ซม ระยะเอื้อมจุดเริ่มยก (V_o) 45 ซม ระยะเอื้อมจุดวาง (V_d) 35 ซม ที่ความถี่ 1 ครั้ง 3 ครั้ง และ 5 ครั้งตามลำดับ

ชุดที่ 2 ความสูงจุดเริ่มยก (H_o) 25 ซม ความสูงจุดวาง (H_d) 125 ซม ระยะเอื้อมจุดเริ่มยก (V_o) 45 ซม ระยะเอื้อมจุดวาง (V_d) 35 ซม ที่ความถี่ 1 ครั้ง 3 ครั้ง และ 5 ครั้งตามลำดับ

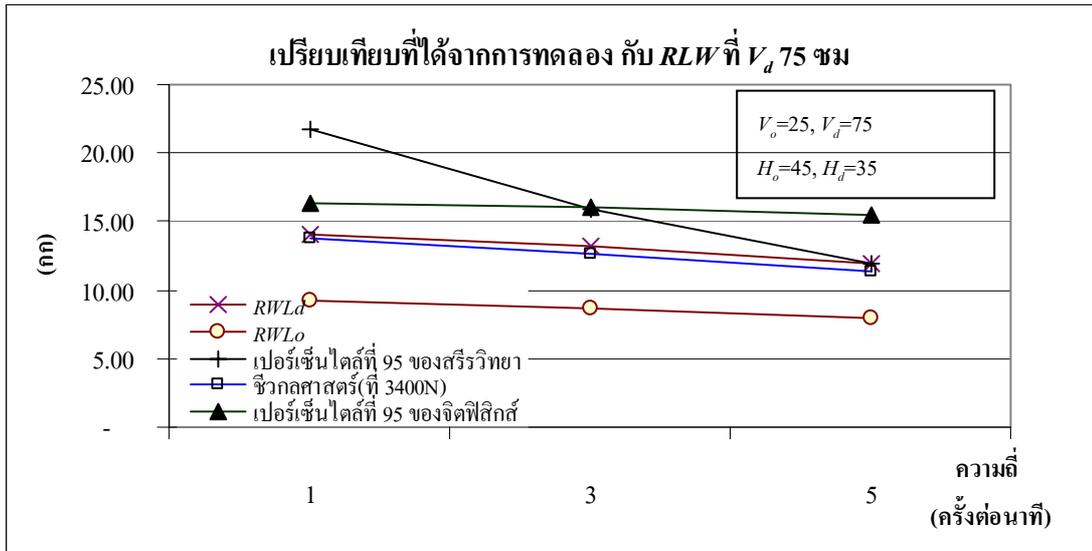
จากสภาพงานดังกล่าว ได้ผลดังตารางที่ 23 และภาพที่ 33 และ ภาพที่ 34 จะพบว่าค่าความสามารถในการยกด้านชีววิทยาของการยกที่ความถี่ต่ำจะมีค่าสูงกว่า ชีวกลศาสตร์และ จิตฟิสิกส์ ส่วนที่ความถี่สูงจะมีค่าทางชีววิทยาน้อยกว่าการประเมินแบบอื่นๆ เนื่องจากเมื่องานมีความถี่มากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับการทดลองของ NIOSH (Mital et al., 1997) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ค่าต่ำสุดของการทดลองแต่ละแนวทาง เป็นเกณฑ์เพื่อความปลอดภัยตามแนวทางของ NIOSH ดังภาพที่ 32

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบผลการทดลองแบบต่างๆ กับค่า *RWL* และตารางของ Mital

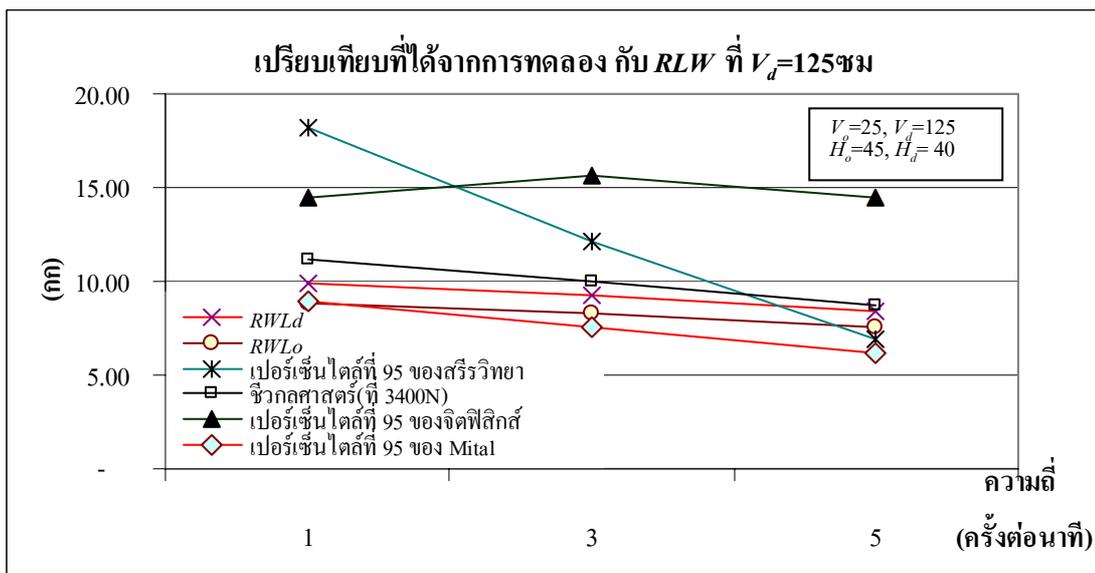
ความสูงจุดวาง (V_d)	ความถี่	RWL_d	RWL_o	เปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 99 ของชีววิทยา	ชีวกลศาสตร์(ที่ 3400N)	เปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 99 ของจิตฟิสิกส์	เปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 95 ของMital
75	1	14.05	9.29	21.71	13.80	16.40	8.94
75	3	13.16	8.70	15.95	12.57	16.06	8.19
75	5	11.96	7.91	11.97	11.35	15.49	6.19
125	1	9.94	8.83	18.20	11.20	14.47	8.91
125	3	9.30	8.27	12.08	9.97	15.65	7.53
125	5	8.46	7.52	6.94	8.75	14.48	4.86



ภาพที่ 32 แนวทางการกำหนดเกณฑ์ของ NIOSH จากผลการทดลองทั้ง 3 แนวทาง
ที่มา: (Mital et al., 1997)



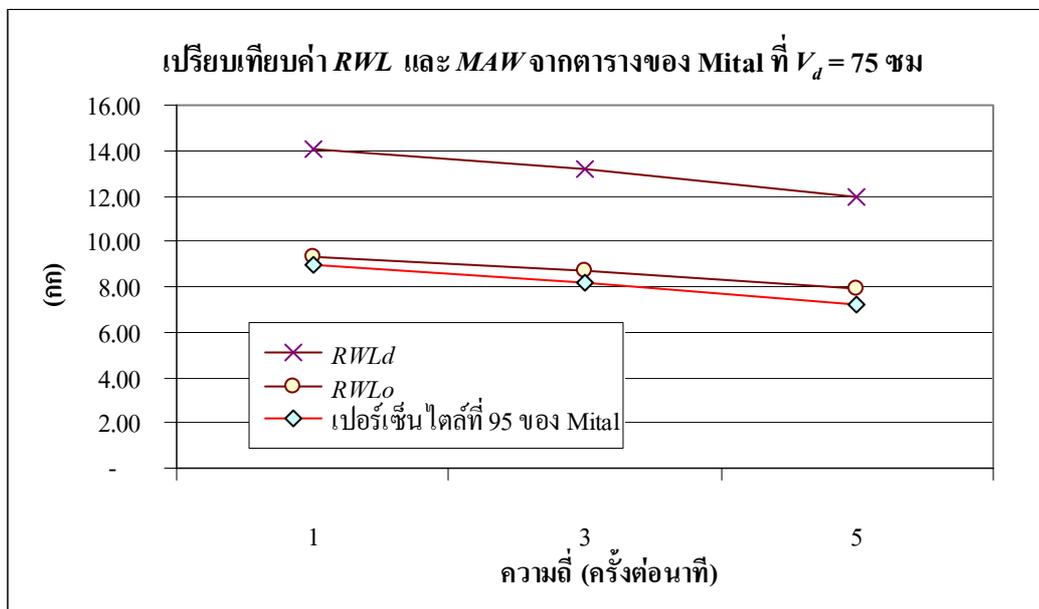
ภาพที่ 33 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับ ค่า RLW ที่ระดับความสูง 75 ซม



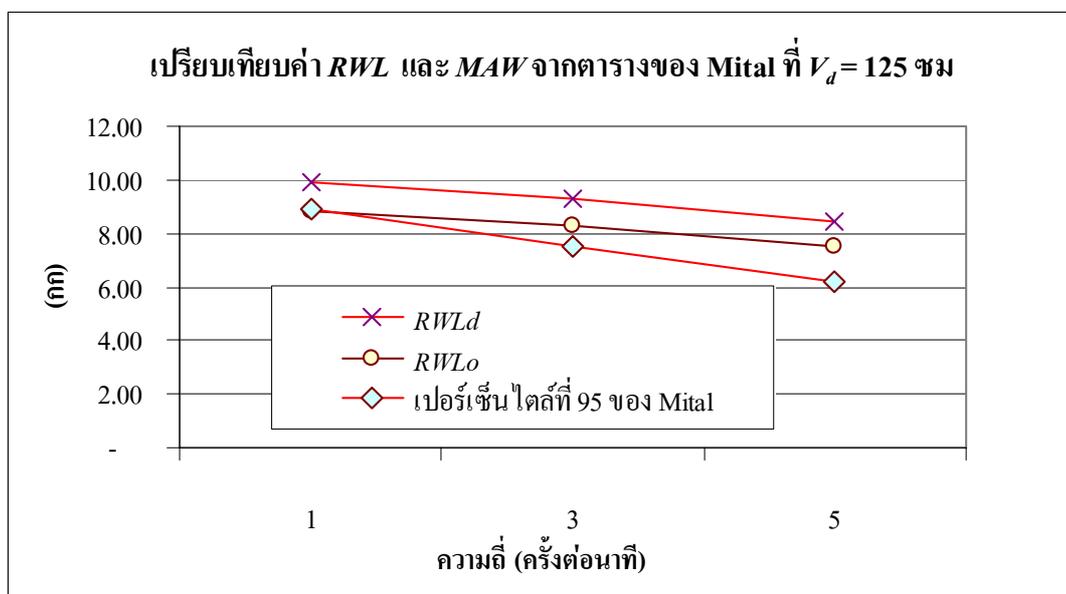
ภาพที่ 34 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับ ค่า RLW ที่ระดับความสูง 125 ซม

ผลการทดลองพบว่าค่าความสามารถของคนไทยมีค่าใกล้เคียงกับของชาวตะวันตก โดยมีค่าความสามารถสูงกว่าค่า RLW จากการประเมินโดยสมการ RLE และสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 95 จากตารางของ Mital เล็กน้อย ดังภาพที่ 35 และ 36 (เปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 95 หมายถึงจำนวนผู้ปฏิบัติงานสามารถทำได้ 95%) แสดงว่าสมการ RLE มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการ

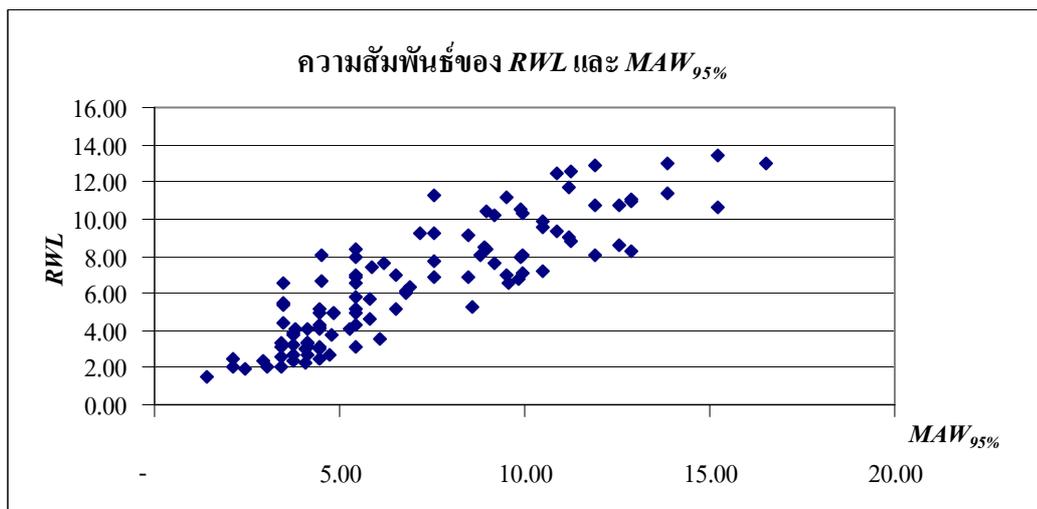
ประเมินภาระงานสำหรับคนไทยและสามารถเพิ่มปัจจัยอื่นๆให้เหมาะสมกับการใช้งานตามหัวข้อที่จะกล่าวต่อไป



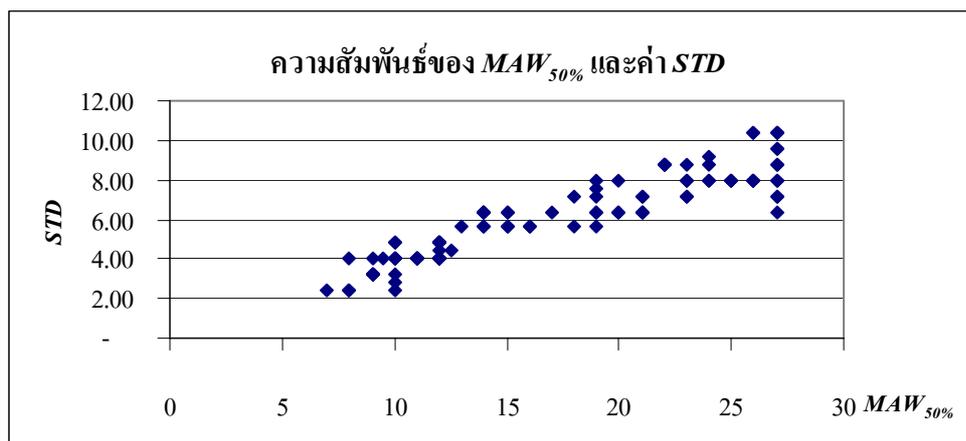
ภาพที่ 35 เปรียบเทียบค่า *RWL* และ ค่าจากตารางของ Mital ที่ระดับความสูง 75 ซม



ภาพที่ 36 เปรียบเทียบค่า *RWL* และ ค่าจากตารางของ Mital ที่ระดับความสูง 125 ซม



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ของค่าจากสมการ RLE ค่า เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของ Mital



ภาพที่ 38 เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของ Mital กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับการยกต่างๆ

เมื่อนำค่าจากตารางของ Mital (ภาคผนวก จ) มาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยแทนค่า ปัจจัยต่างๆ คือ ความสูง ระยะเอื้อม ความถี่ ลงในสมการ RLE พบว่าค่า MAW เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของ Mital ($MAW_{95\%}$) จะมีความสัมพันธ์กับค่า RWL ในสมการ RLE ดังภาพที่ 37 และค่า $MAW_{95\%}$ ยังมี ความสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตนเอง STD (ภาพที่ 38) จากการวิเคราะห์ด้วยสมการ ถดถอยแบบพหุจะได้สมการ ดังนี้

$$MAW_{95\%} = 0.818 + 0.957 RWL \dots\dots\dots(14)$$

ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 76.3%

$$STD = 0.802 + 0.308 MAW_{50\%} \dots\dots\dots(15)$$

ระดับความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 85.4%

โดย	$MAW_{95\%}$	คือ MAW เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของ ตารางของ Mital
	RWL	คือ ค่าที่ได้จากการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ RLE
	STD	คือ ความความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ MAW ของตารางของ Mital
	$MAW_{50\%}$	คือ MAW เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของ ตารางของ Mital

จากผลดังกล่าวทำให้สมการ RLE สามารถประมาณค่าเพิ่มเติมในช่วงกลุ่มประชากรต่างๆ ตามสมการในรูปของสมการถดถอยที่ทำได้ และสามารถอนุมานได้ว่าค่าชดเชยต่างๆ สามารถนำมาเป็นค่าตัวคูณเพิ่มเติมในการประมาณของ Mital ได้ เช่น การชดเชยเรื่องอุณหภูมิ (Temperature Multiplier: TM) ที่กำหนดไว้คือ

$$TM = (Temp-27) * 0.024 \dots\dots\dots (16)$$

โดย $Temp$ = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ผลจากการทดลองพบว่า RWL ลดลง 0.5-0.90 กิโลกรัมต่อองศาเซลเซียส ส่วนจากตารางของ Mital จะมีค่าเปลี่ยนไปตามสมการ (เมื่อพิจารณาจากการยกน้ำหนัก 23 กก) สมมุติว่าอุณหภูมิเปลี่ยนเป็น 28 องศาเซลเซียส จะได้ค่าผลตอบสนองต่ออุณหภูมิของ $RWL = 0.55$ กิโลกรัม ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความสามารถในการยกจะน้อยลง ทั้งในชาวตะวันตกและชาวไทย โดยชาวไทยจะให้ค่าการตอบสนองที่มากกว่า

จากสมการที่ 14 อนุมานได้ว่า RWL จากสมการ RLE มีค่าเท่ากับ ค่า MAW จากตารางของ Mital เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 เมื่อพิจารณาค่าที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ จากการกระจายแบบปกติตามตารางที่ 24 ทำให้สามารถประมาณค่าสมการ RLE ให้เข้ากับกลุ่มประชากรได้ตามสมการในตารางที่ 25 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จาก

$$Z = (X - m)/STD.....$$

(17)

โดย

m = ค่าเฉลี่ย (Mean) หรือ เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50

STD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

X = ค่าข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 24 ค่า Z ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ

เปอร์เซ็นไทล์ที่	50	25 หรือ 75	10 หรือ 90	5 หรือ 95	1.0 หรือ 99.0
Z value	± 0.00	± 0.674	± 1.25	± 1.645	± 2.33

จากความสัมพันธ์ $RWL = MAW_{95\%}$ (สมการ 14)

ถ้ากำหนดให้ค่า RWL จากสมการ RLE เป็น เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 95 เช่นกัน จะได้ว่า

$$RWL_{95\%} = MAW_{95\%}$$

และ $RWL_{50\%} = MAW_{50\%}$

โดย

$MAW_{95\%}$ คือ MAW เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 95 ของ ตารางของ Mital

$RWL_{95\%}$ คือ ค่าที่ได้จากการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ RLE ปกติ

$MAW_{50\%}$ คือ MAW เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 50 ของ ตารางของ Mital

$RWL_{50\%}$ คือ ค่าที่ได้จากการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ RLE ที่เปอร์เซ็น ไตล์ที่ 50

ดังนั้นจะได้สมการ RWL ที่ เปอร์เซ็น ไตล์ใดๆ เช่น ที่ เปอร์เซ็น ไตล์ 95 ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก } RWL_{95\%} &= RWL_{50\%} - 1.645 * STD \\ &= RWL_{50\%} - 1.645 * (0.802 + 0.308 * RWL_{50\%}) \\ &= RWL_{50\%} - 1.319 - 0.507 * RWL_{50\%} \\ &= 0.493 * RWL_{50\%} - 1.319 \end{aligned}$$

จะได้

$$RWL_{50\%} = 2.027 * RWL_{95\%} + 2.674 \dots\dots\dots(18)$$

และในทำนองเดียวกันจะได้

$$\begin{aligned} STD &= 0.802 + 0.308 * RWL_{50\%} \\ &= 0.802 + 0.308 * (2.027 * RWL_{95\%} + 2.674) \\ &= 0.624 * RWL_{95\%} + 1.626 \end{aligned}$$

และเมื่อ แทนค่า $RWL_{90\%}$ ในเทอมของ $RWL_{95\%}$ จะได้

$$RWL_{90\%} = 1.247 RWL_{95\%} + 0.641 \dots\dots\dots(19)$$

ในทำนองเดียวกันจะได้ $RWL_{75\%}$, $RWL_{25\%}$, $RWL_{10\%}$ และ $RWL_{5\%}$ ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงตัวคูณที่เปอร์เซ็นต์ไคส์ต่างๆ ในรูปของ $RWL_{95\%}$ (ชาย)

เปอร์เซ็นต์ไคส์ที่	ตัวคูณ (a)	ค่าคงที่ (b)
5	3.053	5.394
10	2.807	4.707
25	2.448	3.770
50	2.027	2.674
75	1.606	1.578
90	1.247	0.641
95	1.000	-

ส่วนเพศหญิงจะสามารถหาความสัมพันธ์ของค่า RWL จากสมการ RLE กับความสามารถยกของด้วยมือของเพศหญิงตั้งแต่เปอร์เซ็นต์ไคส์ที่ 5 ถึง 95 ได้เช่นกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 27 ส่วนการคำนวณจะแสดงไว้ใน ภาคผนวก ซ

ตารางที่ 26 แสดงตัวคูณที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ในรูปของ $RWL_{75\%}$ (หญิง)

เปอร์เซ็นต์ไคล์ที่	ตัวคูณ (a)	ค่าคงที่ (b)
5	1.653	1.326
10	1.556	1.092
25	1.406	0.734
50	1.247	0.352
75	1.000	-
90	0.938	-0.388
95	0.841	-0.622

ดังนั้นจะได้สมการ RLE' ที่เพิ่มเติม จาก สมการ RLE เดิม คือ

$$RWL' = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \times TM \times PM \dots\dots\dots(20)$$

และได้สมการ

$$LI' = \frac{ObjectWeight}{RWL'} \dots\dots\dots(21)$$

เมื่อ ตัวคูณอุณหภูมิ TM (Temperature Multiplier) = $(Temp-27) * 0.024$ (สมการ 16)

ตัวคูณเปอร์เซ็นต์ไคล์ PM (Percentile Multiplier) (กลุ่มประชากร) = $a.RWL+b$ โดย a และ b ได้จากตารางที่ 25 และ ตารางที่ 26

ผลการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

จากฐานความรู้ที่เดิมและฐานความรู้ที่ได้ใหม่ จึงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยใช้ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญภาษาจาวา *JESS* (Java Expert System Shell) (Sandia National Laboratories, 2004) ที่ประกอบด้วยเกณฑ์หลักคือ *RLE'* (สำหรับประเมินปัจจัยเสี่ยงในงานยกของ) *OWAS* (สำหรับประเมินท่าทางที่อันตราย) มาตรฐานที่ต้องการประเมิน คำแนะนำต่างๆ ในรูปของกฎและแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree Diagram) ให้ประเมินผลครอบคลุมการใช้งานมากขึ้น และประเมินความสำเร็จของทางเลือกในการปรับปรุงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้น เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ ที่รวมฐานความรู้ กระบวนการอนุมานในการหาคำตอบ ระบบแปลงความรู้ ระบบแสดงผล ระบบการอธิบาย และใช้ระบบการแบบอนุมานไปข้างหน้า (Forward Chaining)

1. การทบทวนเกณฑ์ในการประเมินงานยกของด้วยมือและการหาคำแนะนำในการแก้ปัญหา

ตัวแปรและพารามิเตอร์แบ่งออกเป็น (1) เกณฑ์: กฎหมาย มาตรฐาน สมการ *RLE'* *OWAS* (2) พารามิเตอร์ สำหรับป้อนโดยผู้ใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น: ข้อมูลคนงาน (อายุ เพศ สัญชาติ) ข้อมูลงาน (ความถี่ ช่วงเวลาทำงาน น้ำหนักวัตถุ ลักษณะมือจับ การบิดตัว) ลักษณะสถานงาน (ระยะแนวราบ ระยะแนวตั้ง ช่วงของการยก) สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ) (3) การหาคำตอบในการปรับปรุง: ทางด้านคนงาน สถานงาน เครื่องจักรและการจัดการ ตามแนวทางของ Burke (1992)

2. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ML-Expert พัฒนารุ่นขึ้นโดย *JESS* (Sandia National Laboratories, 2004) ที่ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล กฎและความจริงที่ใช้เป็นฐานความรู้รวบรวมจากการทบทวนงานวิจัยในอดีต ซึ่งแบ่งออกเป็น การประเมิน ปัจจัยเสี่ยง คำพารามิเตอร์ มาตรฐาน กฎหมาย เกณฑ์ และการปรับปรุงแบบต่างๆ

2.1 ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้

ในการศึกษานี้ ใช้ภาษาจาวา ที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ระบบที่ใช้งานนี้ จะต้องรองรับภาษาจาวา คือ

- มีโปรแกรมประยุกต์ ของจาวา
- มีการจัดเตรียมค่าของ “CLASS PATH” ใ้ได้อย่างถูกต้อง
- มี “Java Source Files” ในการแก้ไขตัดแปลง โปรแกรม
- มีตัวแปลเป็นระบบเลือกผู้เชี่ยวชาญจาวา (*JESS Libraries, Interpreter*)

2.2 ระบบเลือกผู้เชี่ยวชาญ “Consultation”

ML-Expert ใช้โมดูล “JConsult” ซึ่งเป็นของมหาวิทยาลัย West Florida โมดูลนี้จะรับคำสั่งในรูปแบบของตัวอักษรที่เป็นกฎ ในรูปแบบภาษา *CLIPS* (C Language Integrated Production System) โดยใช้งานบนภาษาจาวาและ *JESS* “JConsult” จะแสดงผลแบบ GUI (Graphical User Interface) และ ML-Expert ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ตัดแปลงโมดูลนี้ให้รับข้อมูลที่เป็นรูปภาพได้มากขึ้น ระบบนี้สามารถใช้งานเป็นแบบเดี่ยวๆ หรือแบบ Applet ก็ได้

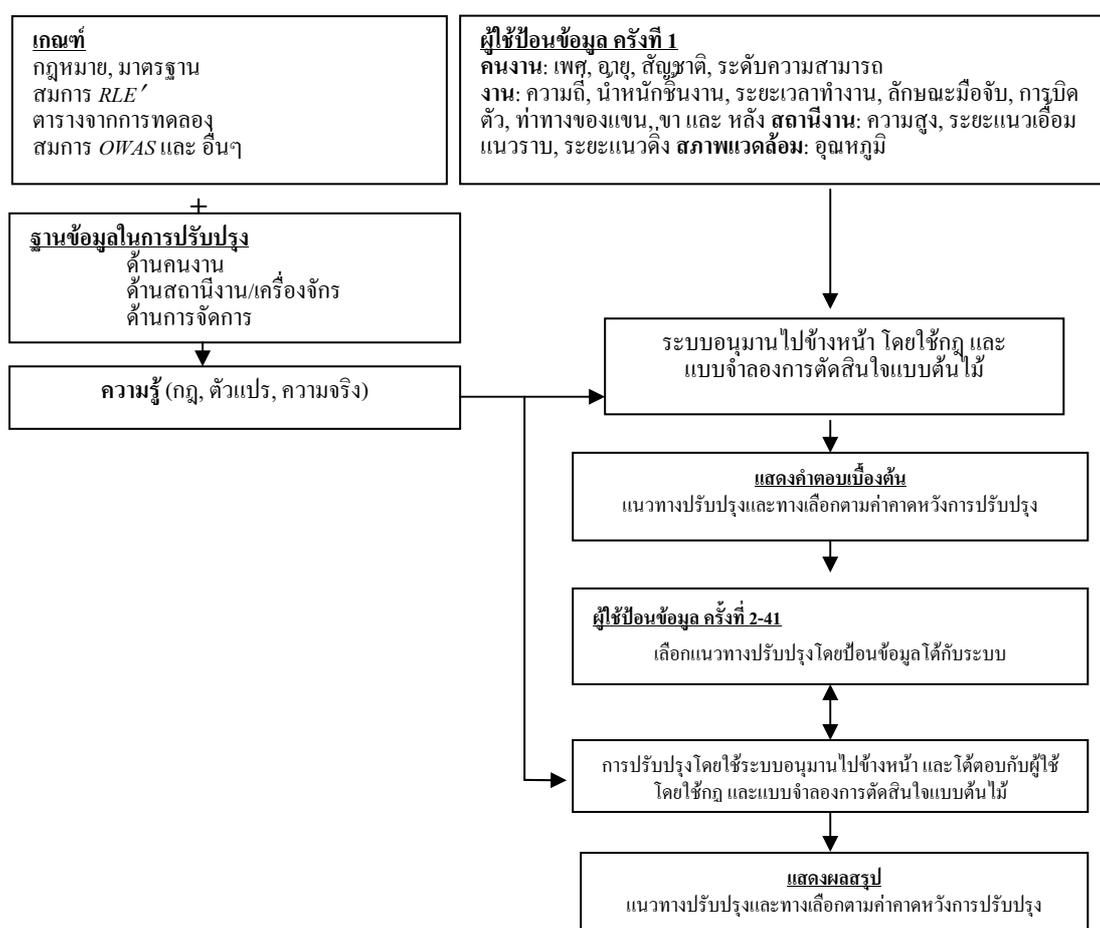
2.3 การแสดงความรู้โดย *JESS*

JESS รับคำสั่งในรูปแบบของกฎซึ่งเขียนในภาษาจาวา โดยส่งต่อให้จาวาผ่าน Library ของ *JESS* ในการศึกษานี้จะป้อนข้อมูลที่เป็นตัวอักษรในรูปแบบของกฎ และแสดงผลลัพธ์เป็นภาษาไทย มีลักษณะดังต่อไปนี้

```
defrule Rule1
  (goal (type identifyLifting) (value "yes"))
=>
  crlf crlf "น้ำหนักชิ้นงานที่ยกในปัจจุบัน (กิโลกรัม)?|normal|"
  "ข้อความที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม 'proceed'.|10;PICTURE;Mass3.gif|15"
  |05|10|20|25|30|35|40|45|50|55|60|end")
  (bind ?*objwt1* (read))
  (assert (factor1 (type weight) (value ?*objwt1*)))
  (if (<= ?*objwt1* 23) then (assert (result1 (type objstd) (value "OBJok")))
  else (assert (result1 (type objstd) (value "OBJnotok"))))
```

2.4 การกำหนด ฐานความรู้ (Knowledge Base Configuration)

ML-Expert ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (ภาพที่ 39): 1) เกณฑ์ (Criterion) 2) ส่วนรับข้อมูลจากผู้ใช้ (User Input1 และ User Input2) 3) ส่วนค้นหาคำตอบในการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วยกฎ 45 กฎ ความจริง 52 ค่า ทางเลือก 163 ทางเลือก (ตามแนวทางของ Burke, 1992) การหาคำตอบใช้ร่วมกันในรูปของ Rule Base และแบบที่มีโครงสร้างคือในรูปของแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ

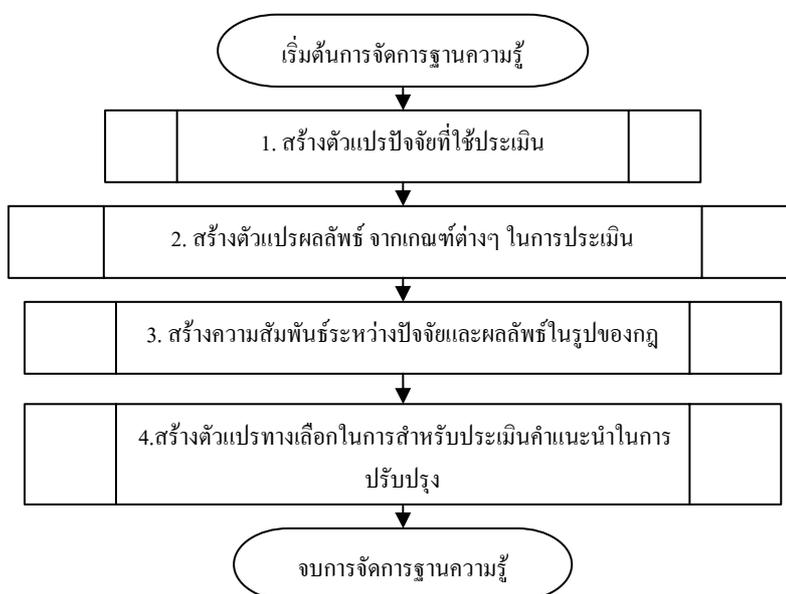


ภาพที่ 39 แสดงโครงสร้างของ ML-Expert

ส่วนการจัดการฐานความรู้ (ภาพที่ 40) แบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1.) สร้างตัวแปรปัจจัยที่ใช้ประเมิน ซึ่งส่วนใหญ่ก็คือแปรปัจจัยเสี่ยงในการยกของด้วยมือ ได้แก่ น้ำหนักชิ้นงาน ความสูงของจุดเริ่มยก ความสูงของจุดที่วาง ระยะเอี้อมแนวราบที่เริ่มต้น ระยะเอี้อมแนวราบที่จุดวางชิ้นงาน ความถี่ มุมบิดตัวที่จุดเริ่มยก มุมบิดตัวที่จุดวางชิ้นงาน คุณภาพมือจับ อุณหภูมิ ครอบคลุมก็เปอร์เซ็นต์ของประชากร ประเมิน ท่าทางของหลัง ท่าทางของมือ ท่าทางของขา สัญชาติ เงื่อนไขในการยก

2.) สร้างตัวแปรผลลัพธ์ที่ใช้ในการประเมิน ในโปรแกรม ML-Expert นี้ เกณฑ์ในการตัดสินตามมาตรฐาน สมการ RLE' คือ LI' และ ค่าตัวคูณต่างๆ นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนการประเมินท่าทาง $OWAS$ ที่สมการ RLE' ไม่สามารถประเมินได้ด้วย



ภาพที่ 40 แผนผังการจัดการฐานความรู้

3.) สร้างความสัมพันธ์ในรูปของกฎ โดยในโปรแกรม ML-Expert นี้ จะพิจารณาจากมาตรฐานต่างๆ ตามตัวแปรที่ป้อนมาว่าผ่านหรือไม่ ในส่วนโปรแกรมหลักใช้การพิจารณา ค่า LI' และ ค่าตัวคูณ หาก LI' ผ่าน ถือว่าการยกในนั้นผ่านตามเกณฑ์ของสมการ RLE หากไม่ผ่าน จะพิจารณา LI' ร่วมกับค่าตัวคูณเป็นคู่ไปเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงในแต่ละด้านไป นอกจากนั้นยังมีการประเมินท่าทางด้วยว่ามีปัญหาหรือไม่ หากมีปัญหาให้ดำเนินการปรับปรุง จนกระทั่งได้ค่าที่เหมาะสม

4.) สร้างตัวแปรทางเลือกในการปรับปรุงตามสมการที่ 39 เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงแต่ละครั้ง ซึ่งได้จากไฟล์ Dtree.txt (ภาคผนวก ฅ จำนวน 163 ทางเลือก ตามแนวทางของ Burke, 1992) ประกอบด้วย ค่าความเป็นไปได้ ค่าผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง ที่มีอยู่ เมื่อนำมาคูณกับปัจจัยเสี่ยงที่มีอยู่ในสมการ RLE' (ระดับความผิดปกติ) จะได้ค่าทางเลือกที่เหมาะสมในการเลือกพิจารณาปรับปรุงต่อไป

2.4.1 การหาคำตอบในรูปของกฎ

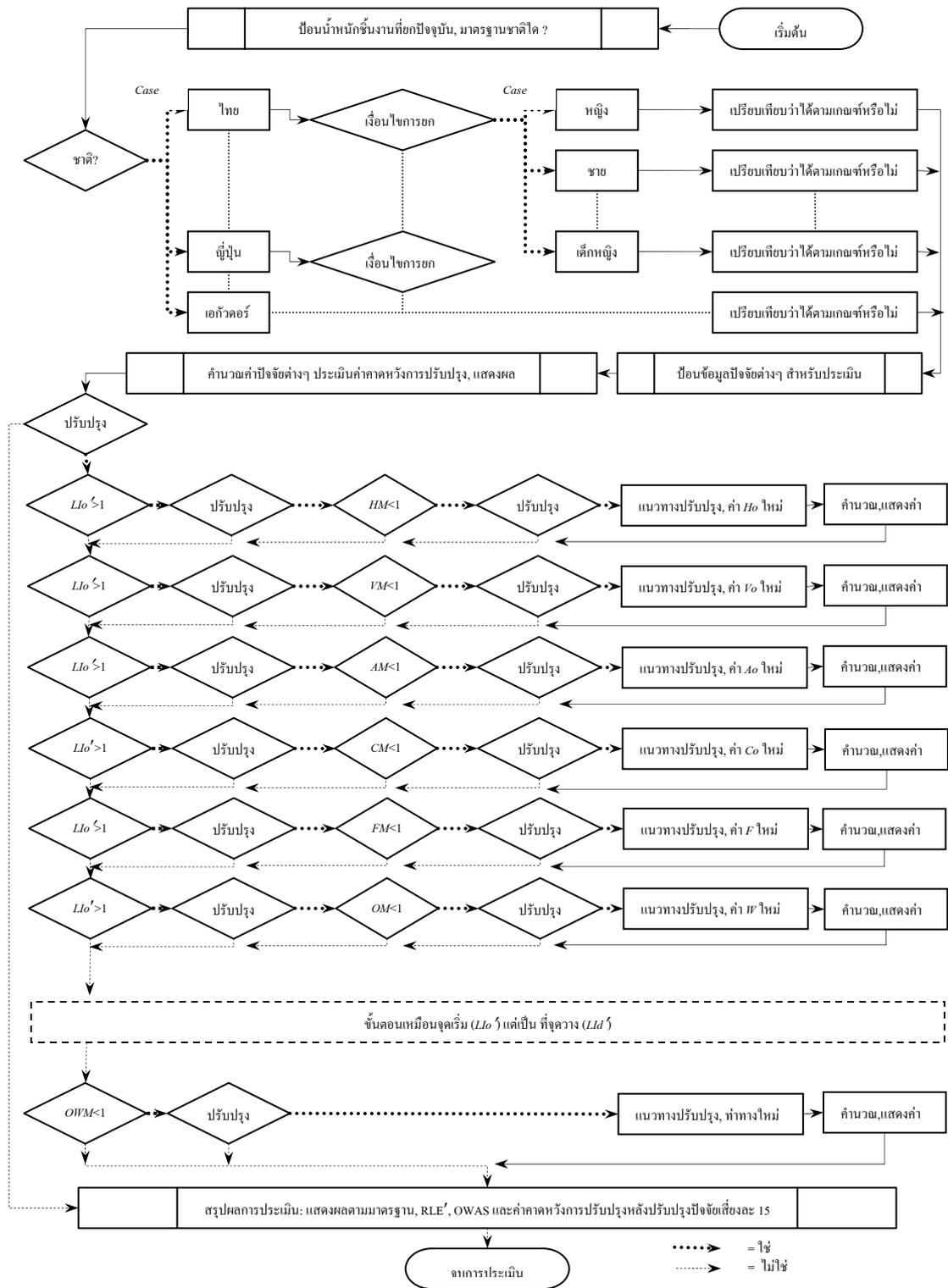
ในส่วนแรกของการหาคำตอบจะอยู่ในรูปของฐานกฎต่างๆ ตามเกณฑ์ มาตรฐาน และตามแนวทางของสมการ RLE' โดยพิจารณาค่า LI' และ ค่าตัวคูณต่างๆ ที่จุดเริ่มยกและจุดวางว่าเหมาะสมหรือไม่ ต้องการปรับปรุงหรือไม่ เป็นลำดับตามที่ตรงตามเงื่อนไขของกฎ ตามตารางที่ 27 และ ภาพที่ 41-42 เมื่อเงื่อนไขตรงกับกฎข้อใด ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงในแต่ละตัวคูณเป็นช่วงๆ ไป ซึ่งผลนั้นจะแสดงที่หน้าจอ และบันทึกไว้ในไฟล์ ชื่อ “Trace3.txt” เพื่อนำไปใช้ในการทำแผนการปรับปรุงต่อไป



ภาพที่ 41 แผนผังขั้นตอนการประเมินของระบบผู้เชี่ยวชาญ (เมื่อพิจารณาเป็น โมดูล)

ตารางที่ 27 ลำดับการทำงานของโปรแกรม ML-Expert (ทุกขั้นตอนจะบันทึกลงไฟล์ trace3.txt)

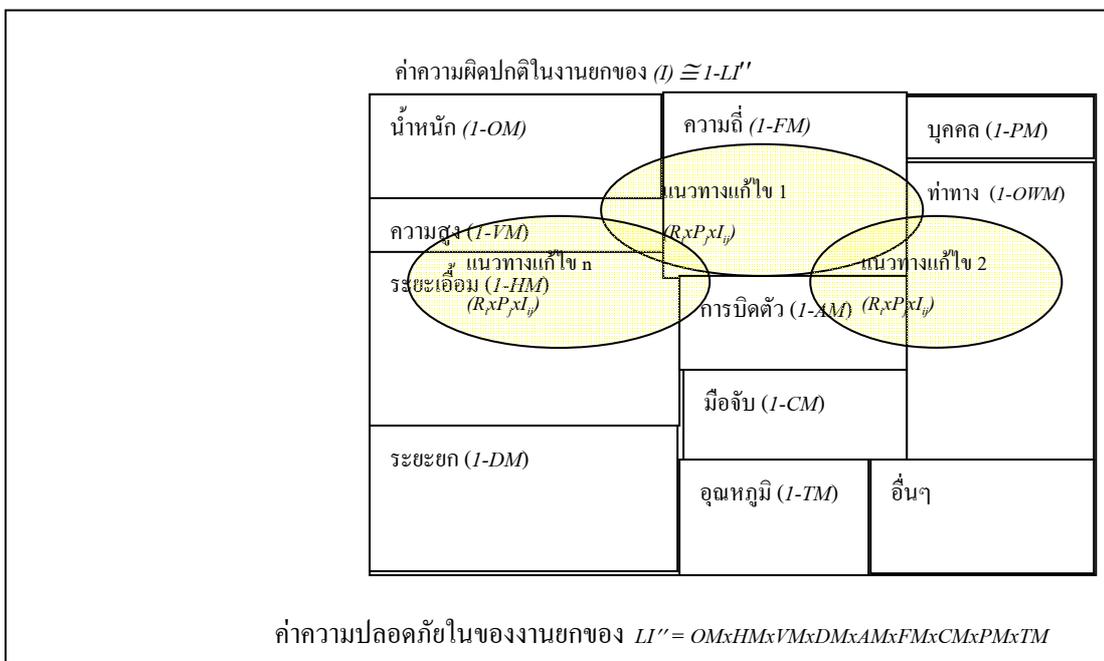
ลำดับ ที่	คำถาม/ลำดับการทำงาน	คำตอบ	คำถาม ต่อไป	กฎ	คำอธิบาย
1	น้ำหนักชั้นงานที่ยกปัจจุบัน?	5,10,15, ..., 60	2	Initial , 1	อธิบายการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น และ ป้อนน้ำหนักชั้นงานที่ยก
2	เป็นคนชาติใด?	ไทย,ฟิลิปปินส์,บราซิล...	3	3	เกณฑ์แต่ละชาติ 15 ชาติ
3	เงื่อนไขในการยก	ชาย, หญิง, เด็กชาย, เด็กหญิง, เดีน, ... (รายละเอียดต่างกัน ในแต่ละชาติ)	4	4_1 ถึง 4_15	รายละเอียดเพิ่มเติม เช่น ชาย, หญิง, เด็กชาย, เด็กหญิง, เดีน
5-19	ความสูงของจุดเริ่มยก (ซม.)?	0,10,20,.....,180	6	2	ป้อนค่าตัวแปร H,V,F,A,C, อุณหภูมิ, เปอร์เซ็นไคล์, ท่าทาง จาก OWAS
6	ความสูงของจุดที่วาง (ซม.)?	0,10,...,180	7	2	
7	ระยะเอื่อมแนวราบที่เริ่มต้น (ซม.)?	25,30,....,60	8	2	
8	ระยะเอื่อมแนวราบที่จุดวาง (ซม.)?	25,30,....,60	9	2	
9	ความถี่ (ครั้งต่อนาที)?	0.2, 0.5, 1, ... , 15	10	2	
10	มุมบิดตัวที่จุดเริ่มยก (องศา)?	0, 15, ... , 90	11	2	
11	มุมบิดตัวที่จุดวางชั้นงาน (องศา)?	0, 15, ... , 90	12	2	
12	คุณภาพมือจับ (ดี/พอใช้/แย่)?	ดี,พอใช้,แย่	13	2	
13	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)?	25,26, ... , 40	14	2	
14	ครอบคลุมที่เปอร์เซ็นค้ของ ประชากร ?	95,90,75,50,25,10,5	15	2	
15	ประเมิน OWAS ท่าทางของหลัง?	ตรง, ก้ม, บิด, ก้มบิด	16	2	
16	ประเมิน OWAS ท่าทางของมือ?	2 ช้างค้ำกว่าไหล่, 1 ช้างสูง กว่าไหล่, 2 ช้างสูงกว่าไหล่	17	2	
17	ประเมิน OWAS ท่าทางของขา?	นั่ง,ยืน 2 ขา,ยืน 1 ขา,งอ 2 ข่า , งอ 1 ข่า, ลูกเข่า, เดีน	18	2	คำนวณตัวคูณต่างๆ เพื่อใช้เลือกกฎในการ ปรับปรุง
18	สรุปค่าคำแนะนำตามเกณฑ์ การ คำนวณ และ Decision Tree จาก ฐานข้อมูลเบื้องต้น		19	5_1 ถึง 5_4	พิจารณาตามเกณฑ์ ชาติ และ RLE' จากนั้นแสดงค่าคาดการณ์การปรับปรุงของ ปัจจัยต่างๆ และแนวทางในการปรับปรุง ตามแนวทาง Decision Tree จาก 163 ทางเลือก ปัจจัยๆ ละ 15 ทางเลือก
19	ต้องการปรับปรุงหรือไม่? (แยกจุดเริ่ม และ จุดวาง)	ปรับปรุง/ไม่ปรับปรุง	20,41	5_1 ถึง 5_4	ไปแก้ปัจจัยที่ไม่เหมาะสม
20	การปรับปรุงในปัจจัยที่มีปัญหา (ตัวคูณน้อยกว่า 1) เช่น มือจับ	ปรับปรุงที่จับ, ปรับปรุง ภาชนะบรรจุ, อื่นๆ, ไม่ ปรับปรุง	21, 22	21-40 (ไปกฎที่มี ตัวคูณน้อย กว่า 1)	ดำเนินการป้อนค่าใหม่ที่เป็นไปได้จาก ข้อมูลหน้างาน โดยโปรแกรมจะแสดง ประวัติการแก้ไขแต่ละส่วน
21	ปรับปรุงมือจับแล้วได้ค่าเป็น ?	ดี,พอใช้,แย่	22	22	ประมาณได้จากหน้างาน
22	ปรับปรุงปัจจัย.....	23-40	23-40	ปรับปรุงปัจจัยที่มีปัญหาต่อไป
41	สรุปค่าและวิธีการปรับปรุง				สรุปค่าหลังปรับปรุงว่าผ่านเกณฑ์ ชาติ และ RLE' หรือไม่ จากนั้นแสดงค่าปัจจัยต่างๆ รวมทั้งแนวทาง ในการปรับปรุงตามแนวทาง Decision Tree



ภาพที่ 42 แผนผังขั้นตอนการประเมินของระบบผู้เชี่ยวชาญ (แสดงรายละเอียดใน โมดูล)

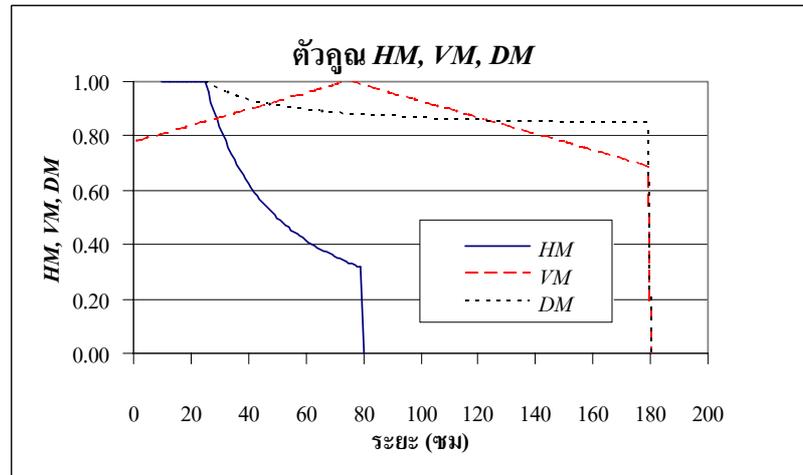
2.4.2 การหาและการจัดลำดับแนวทางปรับปรุงแก้ไข

นอกจากจะได้คำตอบเบื้องต้นตามเกณฑ์ต่างๆ ในรูปของกฎแล้ว โปรแกรมสามารถแสดงผลการประเมินค่าคาดหวังการปรับปรุงของทางเลือกในการปรับปรุง ในรูปแผนภาพการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Tree Diagram) โดยกำหนดแบบจำลองการลดปัจจัยเสี่ยงในการยกของด้วยมือ (ภาพที่ 43) และสมการเป้าหมาย (สมการที่ 24) ซึ่งสามารถนำปัจจัยต่างๆ มาประเมินทางเลือกในการปรับปรุง โดยคำนวณค่าคาดหวังการปรับปรุงของแต่ละทางเลือกตามสมการที่ 35 แล้วนำทางเลือกที่มีค่ามากไปปฏิบัติ เพื่อลดลงของความเสี่ยงที่มีอยู่ให้ได้มากที่สุด ดังจะอธิบายเพิ่มเติมต่อไปนี้

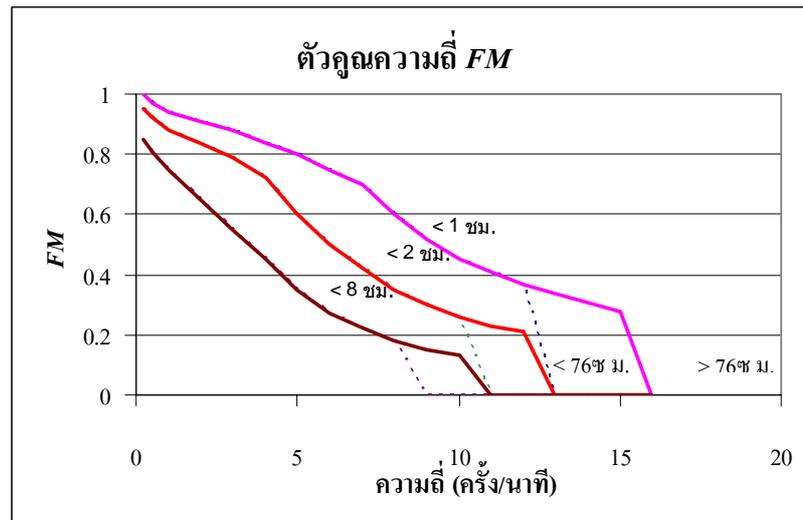


ภาพที่ 43 แบบจำลองการลดปัจจัยเสี่ยงในงานยกของ

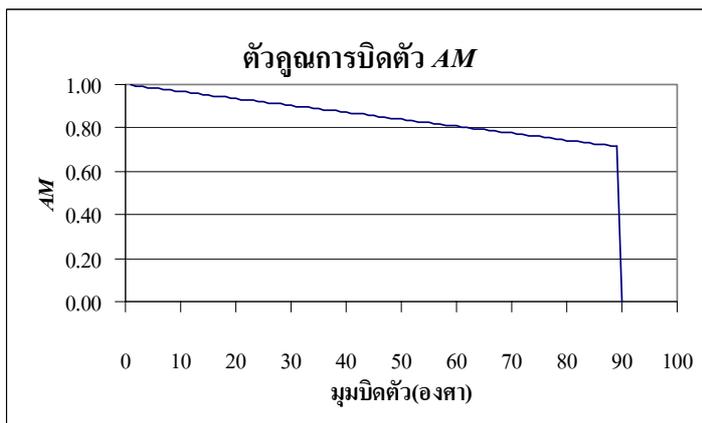
เมื่อพิจารณาภาพที่ 43 สามารถอธิบายในรูปของความเสียหายรวมได้ โดยกำหนดให้ ค่าความปลอดภัย $LI'' = I/LI'$ จากสมการ RLE' (ซึ่งอธิบายรายละเอียดต่อไป) และพิจารณาจากกราฟลักษณะความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงตามภาพที่ 44 ถึงภาพที่ 50 จะพบว่า การทำสภาพงานให้ปลอดภัย สามารถทำได้โดยการเพิ่มค่าตัวคูณทุกตัวให้ใกล้กับ 1.00 (เมื่อกำหนดให้ 1.00 เป็น ระดับปกติ) หรือการลดระดับความผิดปกติ (1- ตัวคูณ) ทุกตัวลงนั่นเอง



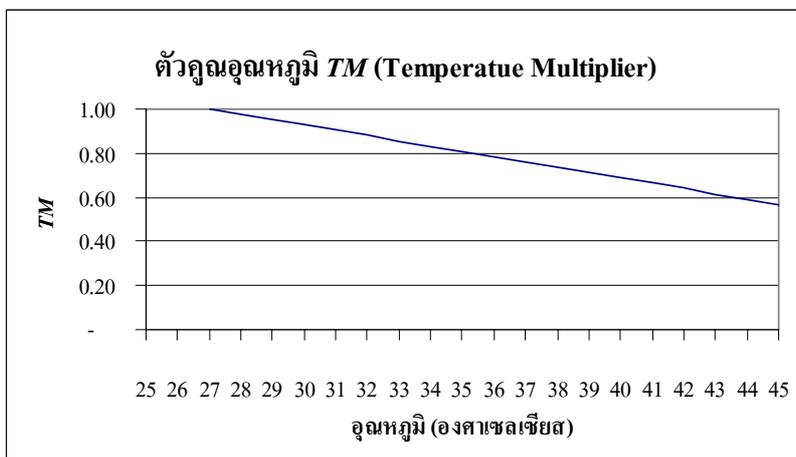
ภาพที่ 44 การลดลงของ HM , VM , และ DM เมื่อระยะการยกเพิ่มขึ้น



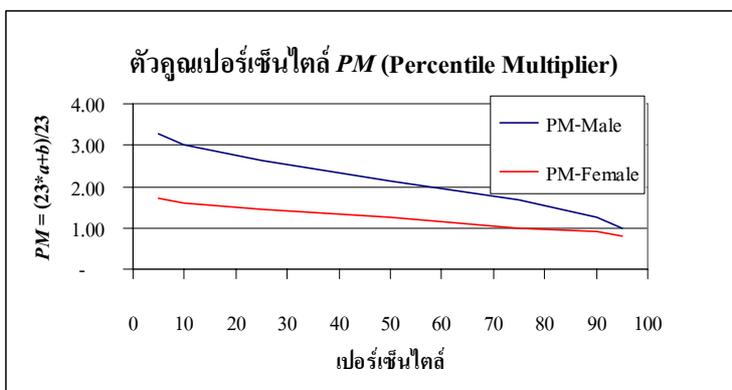
ภาพที่ 45 การลดลงของ FM เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น



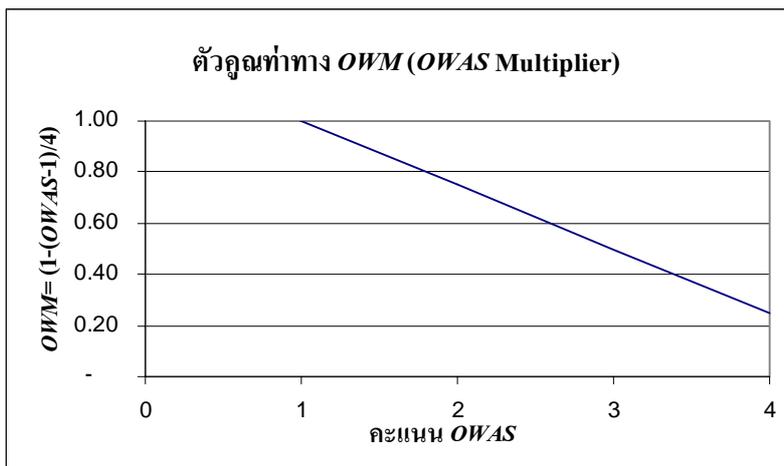
ภาพที่ 46 การลดลงของ AM เมื่อมุมบิดตัวเพิ่มขึ้น



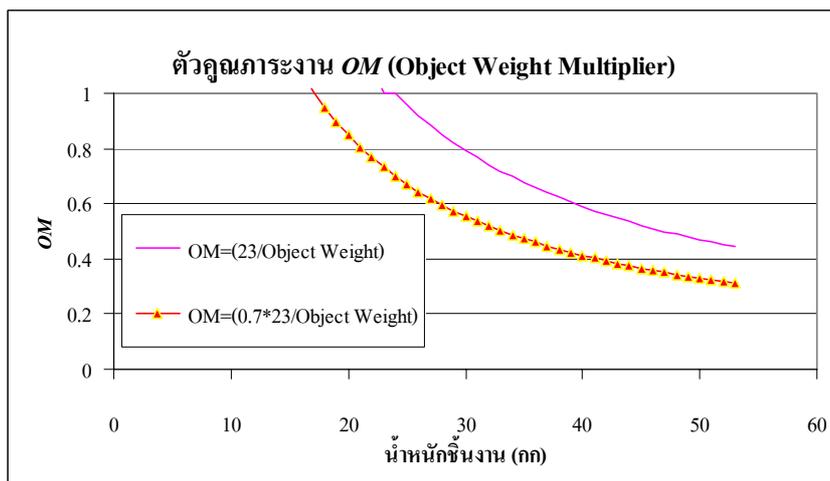
ภาพที่ 47 การลดลงของ TM เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงของ ค่า PM เมื่อกำหนดกลุ่มผู้ใช้ต่างออกไป

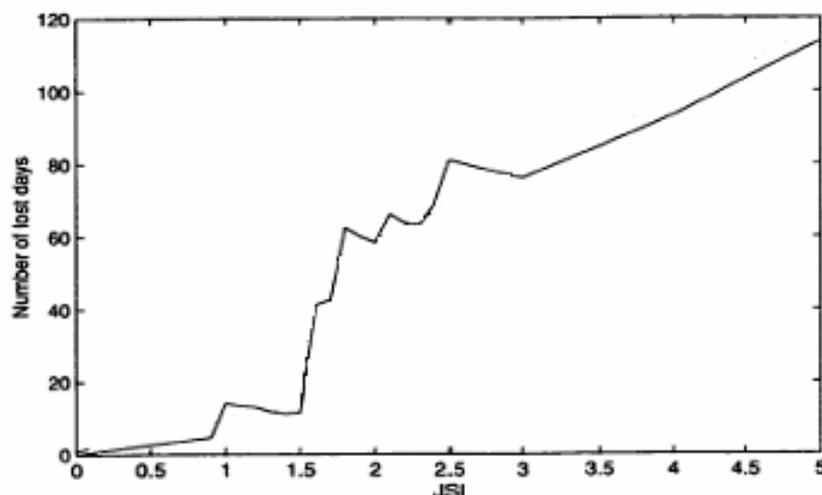


ภาพที่ 49 การลดลงของค่า OWM เมื่อท่าทางไม่เหมาะสม



ภาพที่ 50 การเปลี่ยนแปลงของ ค่า OM เมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป

เมื่อพิจารณาจากกราฟ จะพบว่าค่าตัวคูณที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือมีค่าลดลงมาก ได้แก่ ตัวคูณ *HM VM FM OWM* และ *OM* ฉะนั้นจึงควรสนใจปรับปรุงตัวคูณเหล่านี้ เพราะมีผลต่อค่า *LI* ส่วนตัวคูณ *TM* จะเปลี่ยนแปลงมากหากทำงานในที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ตัวคูณกลุ่มผู้ใช้จะมีผลเมื่อกำหนดกลุ่มผู้ใช้แตกต่างกันไปจากค่าปกติ ซึ่งต้องระมัดระวังและมีผู้เชี่ยวชาญด้านสุขอนามัยคอยดูแล



ภาพที่ 51 การเปลี่ยนแปลงของ ค่า JSI กับอัตราการหยุดงาน (Mital et al., 1997)

สภาพความปลอดภัยในการทำงาน พิจารณาได้จากความสัมพันธ์

$$JSI \text{ (Job Stress Index)} = \frac{\text{ความต้องการของงาน}}{\text{ความสามารถ}}$$

ซึ่งจากการทดลอง ของ Liles (1985) ได้สรุปว่า LI (ในที่นี้คือ LI) เป็นไปในแนวทางเดียวกับ JSI ซึ่งหมายความว่า ถ้า JSI หรือ LI มากกว่า 1.4–1.5 อัตราการเจ็บป่วยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 51 ในที่นี้ ดังนั้นหาก LI' เท่ากับ 1.4 จะได้ LI'' เท่ากับ 0.71 (เมื่อ $LI'' = 1/LI'$) ซึ่งหากสภาพแวดล้อมต่างๆ เหมาะสม (ตัวคูณมีค่าเป็น 1 ทั้งหมด) น้ำหนักที่เป็นจุดวิกฤติคือ $23 \times 1.4 = 35$ กิโลกรัม เพื่ออธิบายในรูปของความถี่รวมและง่ายต่อความเข้าใจในการใช้งานกับ LI เดิม จึงกำหนดให้ค่าความปลอดภัย $LI'' = 1/LI'$

ในประเด็นความเสี่ยงจากน้ำหนักชิ้นงานนั้น กำหนดให้ ตัวคูณภาระงาน (Object Weight Multiplier) คือ OM โดย $OM = 23/\text{Object Weight}$ และจากผลการสำรวจโรงงานต่างๆ พบว่าผลคูณของตัวคูณต่างๆ โดยเฉลี่ย มักจะอยู่ที่ 0.7 ดังนั้นน้ำหนักที่เริ่มพิจารณาปรับปรุงจึงควรเป็น $23 \times 0.7 = 16.1$ กก. จึงกำหนดให้ $OM = 16.1/\text{Object Weight}$ (ค่านี้ใช้กำหนดจุดเริ่มปรับปรุงงานเฉพาะในโปรแกรม ส่วนความสัมพันธ์ในสมการหลักยังเป็น $OM = 23/\text{Object Weight}$ เช่นเดิม) ดังกราฟในภาพที่ 50

นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้ประเมินท่าทาง *OWAS* ร่วมด้วยเนื่องจากท่าทางการทำงานมีผลต่อการเจ็บป่วยในงานยกของที่ประเมินไม่ได้ด้วยสมการ *RLE'* และจากงานวิจัยของ Snook et al. (1978) พบว่า 18 % ของการบาดเจ็บที่หลังมาจากการบิดและหมุนตัว (แต่งงานวิจัยนี้ไม่ได้รวมไว้ในสมการ *RLE'* เนื่องจากงานวิจัยต่างๆ มิได้แสดงความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน และเป็นตัวแปรที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง)

จากค่าความเสี่ยงหรือตัวคูณดังกล่าว นำมาจัดลำดับทางเลือกให้พิจารณาง่ายขึ้น ซึ่งอธิบายรายละเอียดในรูปสมการได้ดังนี้

จากสมการ *RLE'* ที่เพิ่มตัวคูณอุณหภูมิและกลุ่มประชากรแล้วตามสมการที่ 20-21 คือ

$$RWL' = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \times TM \times PM$$

$$\text{และ } LI' = \text{Object Weight} / RWL'$$

ทำการจัดรูปแบบสมการใหม่ โดยกำหนดให้

$$LI'' = 1 / LI' = RWL' / \text{Object Weight} \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{และ } OM = 23 / \text{Object Weight} \dots\dots\dots(23)$$

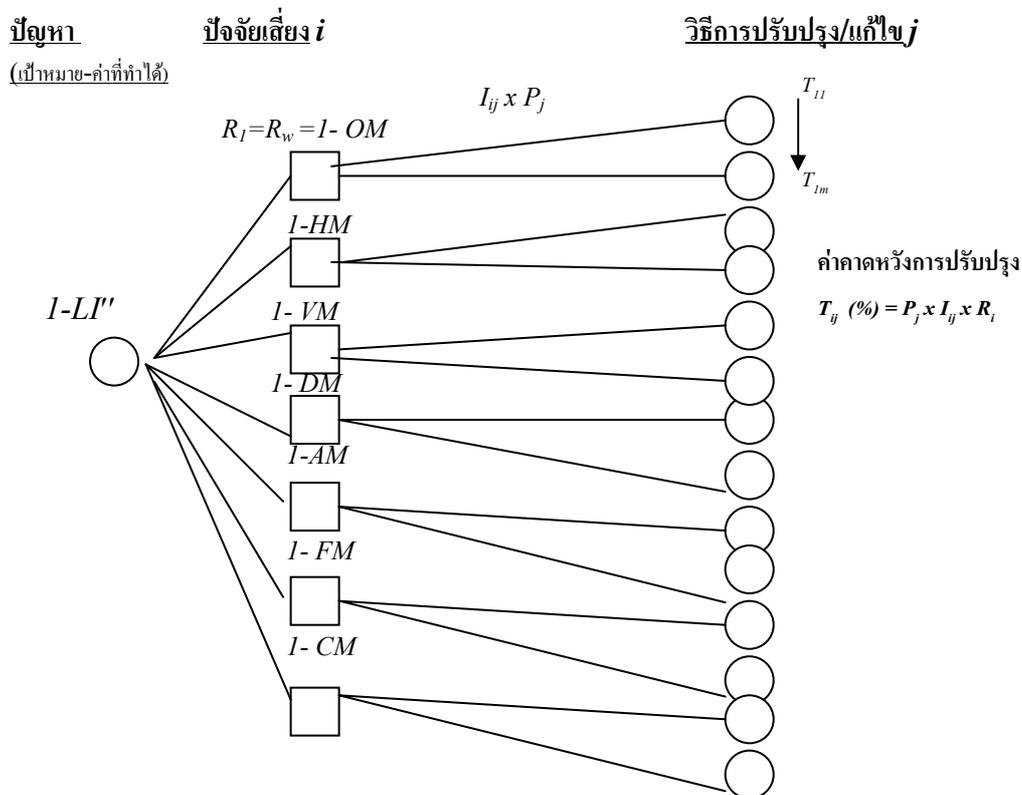
แล้วจะได้สมการคือ

$$LI'' = OM \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \times TM \times PM \dots\dots\dots(24)$$

โดย เมื่อ $LI'' \geq 1$ จะกำหนดให้เท่ากับ 1

จากหลักการของการปรับปรุงงาน จะใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Cause and Effect Diagram) แผนภูมิพาเรโต และหลักการตัดสินใจ เลือกปัญหาที่ใหญ่ๆ มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิด แล้วนำสาเหตุนั้นไปวิเคราะห์หาวิธีแก้ไขและปรับปรุงต่อไป (ในที่นี้คือ $I-X_i$ มีค่ามากๆ เมื่อเมื่อ $i = 1, 2, \dots, 9$ และ X_i เป็นตัวคูณ $OM, HM, VM, DM, FM, AM, CM, TM, PM$ ตามลำดับ) จากนั้นจึงนำวิธีการแก้ไข ปรับปรุง (j) ที่ส่งผลต่อปัจจัยเสี่ยง (I_j) และมีโอกาสปฏิบัติได้ (P_j) ไปดำเนินการจัดทำแผนปรับปรุงต่อไป ซึ่งสามารถนำมาจัดลำดับวิธีการแก้ไขปรับปรุงหรือปัญหาที่ส่งผลต่อปัญหาหรือปัจจัยเสี่ยงมากที่สุดก่อน ซึ่งหากแทนค่าโอกาสที่จะปรับปรุงของแต่ละวิธีด้วย P_j และ

แทนผลกระทบของแต่ละวิธีต่อปัจจัยด้วย I_{ij} สามารถจัดลำดับในรูปแบบของได้ แผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ ตามภาพที่ 52



ภาพที่ 52 การจัดลำดับวิธีปรับปรุงในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว อธิบายระดับความผิดปกติที่ลดลงได้โดยแบบจำลองการลดปัจจัยเสี่ยงในงานยกของในภาพที่ 43 และการจัดลำดับวิธีปรับปรุงในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจในภาพที่ 52 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระดับความผิดปกติ มีค่าเท่ากับ 1 - ตัวคูณต่างๆ ดังนี้

ระดับความผิดปกติจากความสูงในการยก $R_v = 1 - VM$ (25)

ระดับความผิดปกติจากระยะเอื้อมในการยก $R_h = 1 - HM$ (26)

ระดับความผิดปกติจากระยะทางในการยก $R_d = 1 - DM$ (27)

ระดับความผิดปกติจากความถี่ในการยก $R_f = 1 - FM$ (28)

ระดับความผิดปกติจากการบิดตัว $R_a = 1 - AM$ (29)

ระดับความผิดปกติจากลักษณะมือจับ $R_c = 1 - CM$ (30)

ระดับความผิดปกติจากน้ำหนักภาระงาน $R_w = (1 - OM)$ (31)

ระดับความผิดปกติจากเปอร์เซ็นต์ไต่ $R_{per} = 1 - PM$ (32)

ระดับความผิดปกติจากอุณหภูมิ $R_t = 1 - TM$ (33)

นอกจากนี้สามารถประเมิน ผลกระทบจากท่าทางที่ผิดปกติได้จาก

ระดับความผิดปกติจากท่าทาง $R_o = (1 - OWM)$ (34)

เมื่อ *OWM* เป็นตัวคูณท่าทาง จากวิธี *OWAS* (*OWAS* Multiplier) ที่ได้จากการประเมินท่าทาง ของ มือ หลัง เท้า และน้ำหนัก โดย $OWM = (1 - [OWAS - 1] / 4)$ เมื่อ *OWAS* เป็นคะแนนที่ได้จากวิธีประเมินแบบ *OWAS*

จากระดับความผิดปกติที่ได้นี้ นำไปคำนวณค่าคาดหวังการปรับปรุง ของการปรับปรุงแต่ละวิธี โดยคำนวณรวมกับความเป็นไปได้ในการปรับปรุง และผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยงตามสมการต่อไปนี้

เมื่อกำหนด ค่าคาดหวังการปรับปรุง (Total Expected Improvement Value) คือ T_{ij} โดย

$$T_{ij} (\%) = P_j \times I_{ij} \times R_i \times 100 \dots\dots\dots (35)$$

โดย P_j (Possibility of Improvement) คือ ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงวิธีที่ *j* ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 และแสดงในรูปแบบ % ดังนี้

- 90 ทำได้ทันที
 - 70 ต้องปรับเปลี่ยนขั้นตอน
 - 50 ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ ใช้เวลา
 - 30 ต้องลงทุน, ใช้เวลา
 - 10 มีโอกาสน้อยมาก
- 20, 40, 60, 80, 100 เป็นค่าที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ

I_{ij} (Impact to Risk) คือ ผลต่อปัจจัยเสี่ยง i ของการปรับปรุงวิธีที่ j ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 และแสดงในรูปแบบ % ดังนี้

90	ปัจจัยเสี่ยงหมดไป
70	ปัจจัยเสี่ยงลดลงอย่างมาก
50	ปัจจัยเสี่ยงลดลงครึ่งหนึ่ง
30	ปัจจัยเสี่ยงลดลงเล็กน้อย
10	ไม่มีผลกระทบใดๆ

20, 40, 60, 80, 100 เป็นค่าที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ

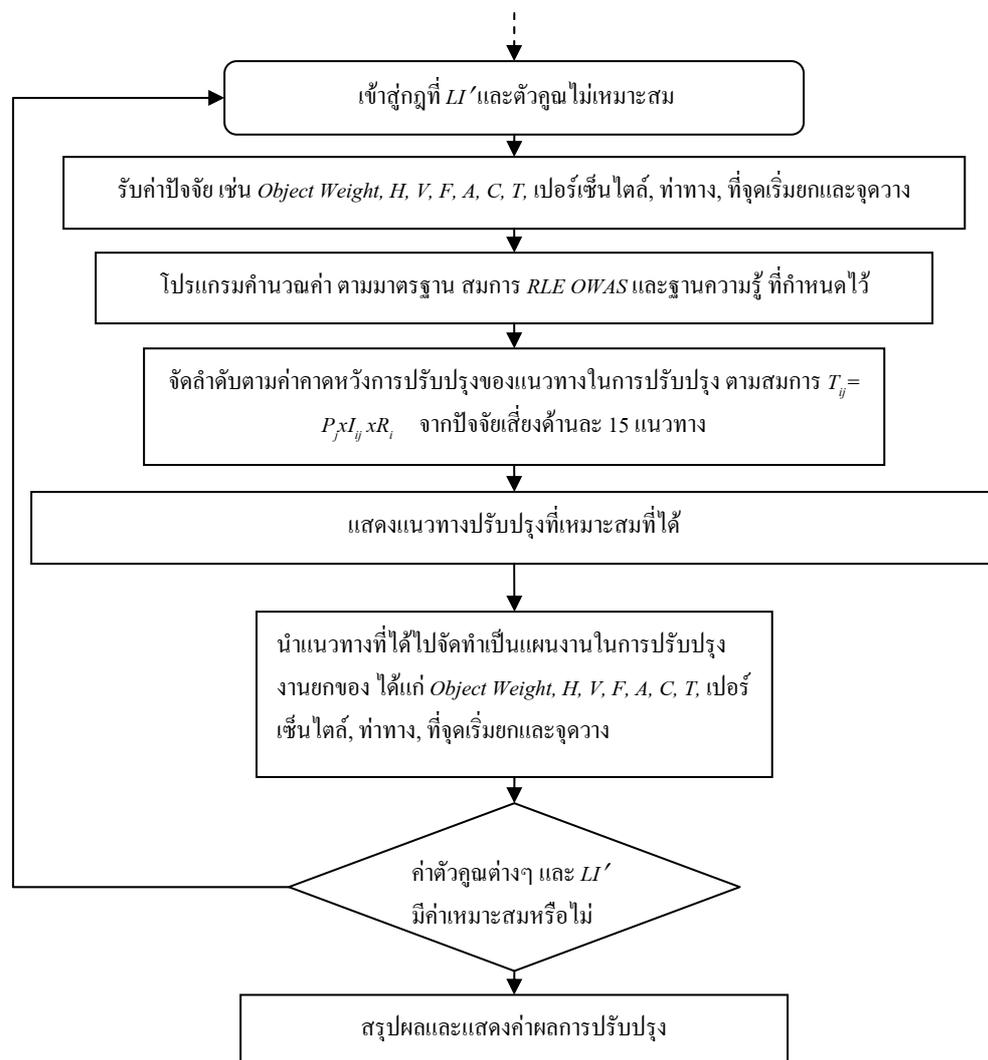
และ R_i เป็นระดับความผิดปกติของปัจจัยเสี่ยงจากตัวคุณลำดับที่ $i = 1 - X_i$ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 9$ และ X_i เป็นตัวคุณ $OM, HM, VM, DM, FM, AM, CM, TM, PM$ ตามลำดับ

จากสมการดังกล่าว ได้นำมาใช้ในการประเมินทางเลือก 163 ทางเลือกในการปรับปรุงที่มีอยู่ โดยสร้างโปรแกรมย่อยที่คำนวณค่าคาดหวังการปรับปรุง แล้วแสดง 15 อันดับแรกในแต่ละปัจจัยเสี่ยง ดังแสดงในภาพที่ 53-54 และตารางที่ 28 ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยหาทางเลือกได้อย่างเหมาะสมไม่มากเกินไป เพราะถ้าหากไม่การจัดลำดับแล้วจะมีทางเลือกทั้งหมดเท่ากับ 163×8 เท่ากับ 1,304 ทางเลือก ซึ่งมากเกินไปที่จะทำความเข้าใจและจดจำหากไม่มีการจัดอันดับ

การจัดเตรียมทางเลือกในการปรับปรุงตามแนวทางของ Burke (1992) มีทั้งหมด 163 ทาง สำหรับค่าความเป็นไปได้ในการปรับปรุงและผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยงนั้น ในงานวิจัยนี้ได้จากหัวหน้างานและผู้ปรับปรุงงานจำนวน 5 คน ทำการประเมินจากหน่วยงานของตนเอง

ตัวอย่างผลการคำนวณค่าคาดหวังการปรับปรุงของทางเลือกในรูปของตาราง ดังแสดงในตารางที่ 28 เมื่อพิจารณาจากตารางของปัจจัยเสี่ยงจากด้านบนของตาราง จะพบว่าน้ำหนักและค่าทางมีค่ามากที่สุด (ส่วนที่ระบายสี) แต่เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุง พบว่าทางที่เป็นไปได้ในการปรับปรุงคือ การจัดลำดับชิ้นงานและการเปลี่ยนตำแหน่งชิ้นงาน ส่วนการปรับปรุงที่มีผลต่อการลดลงของปัจจัยเสี่ยงนั้น มีการปรับปรุงหลายด้านมีผลต่อปัจจัยเสี่ยงจนกระทั่งเมื่อพิจารณาผลลัพธ์สุดท้ายจะพบว่าทางเลือกที่เป็นไปได้จะเหลือน้อยลง ซึ่งง่ายต่อการพิจารณา เช่น หากทดลองกำหนดระดับค่าคาดหวังการปรับปรุงที่เกิน 4% จะสามารถเลือกทางแก้ไขได้ตามที่ระบายสีไว้ในตาราง ซึ่งง่ายต่อการตัดสินใจนำไปใช้ สอดคล้องกับแบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (A Model of Human Information Processing) ของ Wickens

(2000) ที่ต้องทำให้ข้อมูลข่าวสารง่ายต่อความเข้าใจและจดจำ โดยในส่วนของหน่วยความจำใช้งาน (Working Memory) ที่เชื่อมโยงกับ หน่วยความจำระยะยาว (Long Term Memory) นั้นสามารถจดจำข้อมูลได้เพียง 7 ± 2 ก้อน (Chunk) ดังนั้นหากมีข้อมูลมากเกินไปจะไม่สามารถจดจำและนำไปใช้ประโยชน์ได้นั่นเอง (ภาพที่ 55) ซึ่งในการนำไปใช้งานพบว่าสอดคล้องกับการปฏิบัติจริงคือ ในงานที่ไม่หนักมากแนวทางด้านการบริหารสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่าแนวทางด้านวิศวกรรม เนื่องจากมีโอกาสปฏิบัติได้จริงหรือมีความเป็นไปได้มากกว่า เช่น อบรม ติดย้ายเดือน ทำสื่อให้พนักงานเข้าใจ เป็นต้น

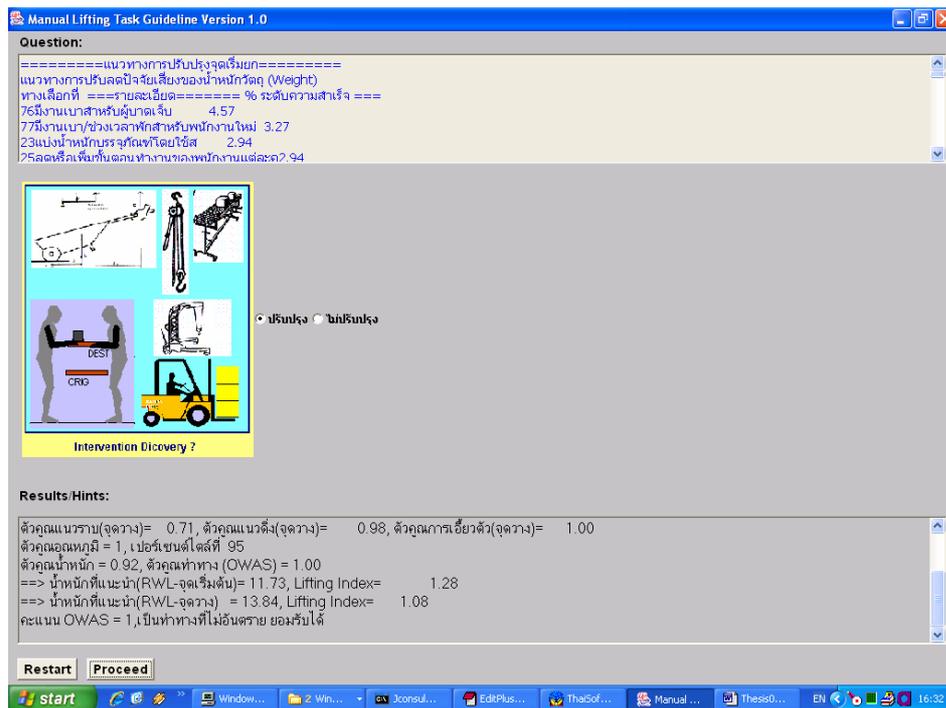


ภาพที่ 53 การจัดลำดับตามค่าคาดหวังการปรับปรุงของแนวทางในการปรับปรุง

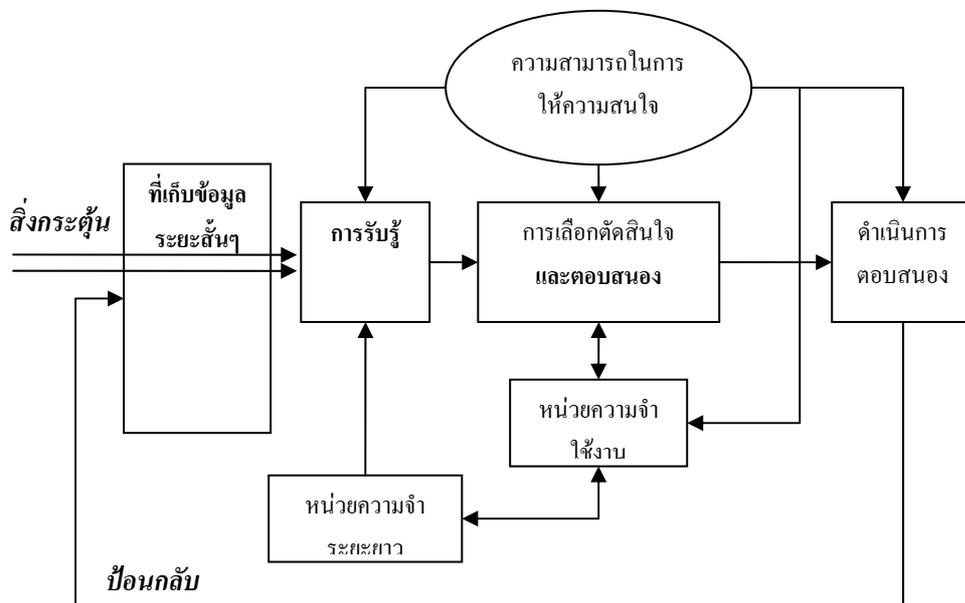
ตารางที่ 28 ตัวอย่างตารางคำนวณเพื่อหาค่าคาดหวังการปรับปรุง

ระดับความผิดปกติของงานยกของด้วยมือ R_i (%)										
OM	VM	HM	DM	FM	AM	CM	PM	TM	OWM	
20%	10%	15%	10%	1%	1%	5%	10%	1%	20%	

ขั้นตอนการหาค่าตอบแทนการปรับปรุง (Intervention Discovery) (Burke, 1992)	กรณีตัวอย่างจริง	ความเป็นไปได้ ในการปรับปรุง P_i (%)	ผลกระทบต่อความเสี่ยง I_{ij} (%)											ค่าคาดหวังการปรับปรุง $T_{ij} = P_j \times I_{ij} \times R_i$ (%)										
			OM	VM	HM	DM	FM	AM	CM	PM	TM	OWM	OM	VM	HM	DM	FM	AM	CM	PM	TM	OWM		
เปลี่ยนขนาดของภาชนะบรรจุ	ถาดรอง	10	30	20	30	10	N/A	N/A	10	10	10	50	0.6	0.2	0.45	0.1	N/A	N/A	0.05	0.1	0.01	1		
จัดลำดับการวางชิ้นงาน	ปรับชั้นคอน	70	30	40	40	40	40	40	40	10	10	30	4.2	2.8	4.2	2.8	0.28	0.28	1.4	0.7	0.07	4.2		
ให้ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด	ทำไม่ได้	10	50	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1	0.7	1.05	0.7	0.07	0.07	0.35	0.7	0.07	1.4		
มีบรรจุภัณฑ์หลายรูปแบบ	โมดูลหลายแบบ	10	30	40	10	10	10	10	10	10	10	30	0.6	0.4	0.15	0.1	0.01	0.01	0.05	0.1	0.01	0.6		
ลดการจัดส่งวัสดุไปยังที่ต่างๆ	ย้ายข้าม bent	50	50	50	50	50	50	50	30	10	30	5	2.5	3.75	2.5	0.25	0.25	1.25	1.5	0.05	3			
เปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงาน		30	30	40	30	30	30	30	30	10	30	1.8	1.2	1.35	0.9	0.09	0.09	0.45	0.9	0.03	1.8			
ลดน้ำหนักของภาชนะบรรจุ	ลดขนาดอุปกรณ์	30	30	30	30	30	30	30	30	10	30	1.8	0.9	1.35	0.9	0.09	0.09	0.45	0.9	0.03	1.8			
เปลี่ยนจำนวนชิ้นงานที่ขึ้น	ยกทีละด้าน	50	50	50	50	50	20	30	30	10	30	5	2.5	3.75	2.5	0.25	0.1	0.75	1.5	0.05	3			
เปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงาน	ปรับทิศทางยก	70	10	70	70	70	N/A	30	30	10	30	1.4	4.9	7.35	4.9	N/A	0.21	1.05	2.1	0.07	4.2			
การเคลื่อนย้ายสิ่งของ (Machine, Method)																								
ใช้ hand tool		20	80	80	80	80	80	80	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	0.16	0.16	0.8	1.6	0.06	3.2		
ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น		30	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	4.8	2.4	3.6	2.4	N/A	N/A	1.2	2.4	0.09	4.8		
ใส่โต๊ะหมุน		20	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	N/A	N/A	0.8	1.6	0.06	3.2		
ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน		30	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	4.8	2.4	3.6	2.4	N/A	N/A	1.2	2.4	0.09	4.8		
ใช้งานหรือออกแบบของให้มีประสิทธิภาพ		20	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	N/A	N/A	0.8	1.6	0.06	3.2		
ใช้ล้อเลื่อนช่วย		30	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	4.8	2.4	3.6	2.4	N/A	N/A	1.2	2.4	0.09	4.8		
ติดตั้งอุปกรณ์ loading		20	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	N/A	N/A	0.8	1.6	0.06	3.2		
ใช้แกวช่วย		20	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	N/A	N/A	0.8	1.6	0.06	3.2		
ใช้ถาดรองที่เบาขึ้น		20	80	80	80	80	N/A	N/A	80	30	30	80	3.2	1.6	2.4	1.6	N/A	N/A	0.8	1.6	0.06	3.2		

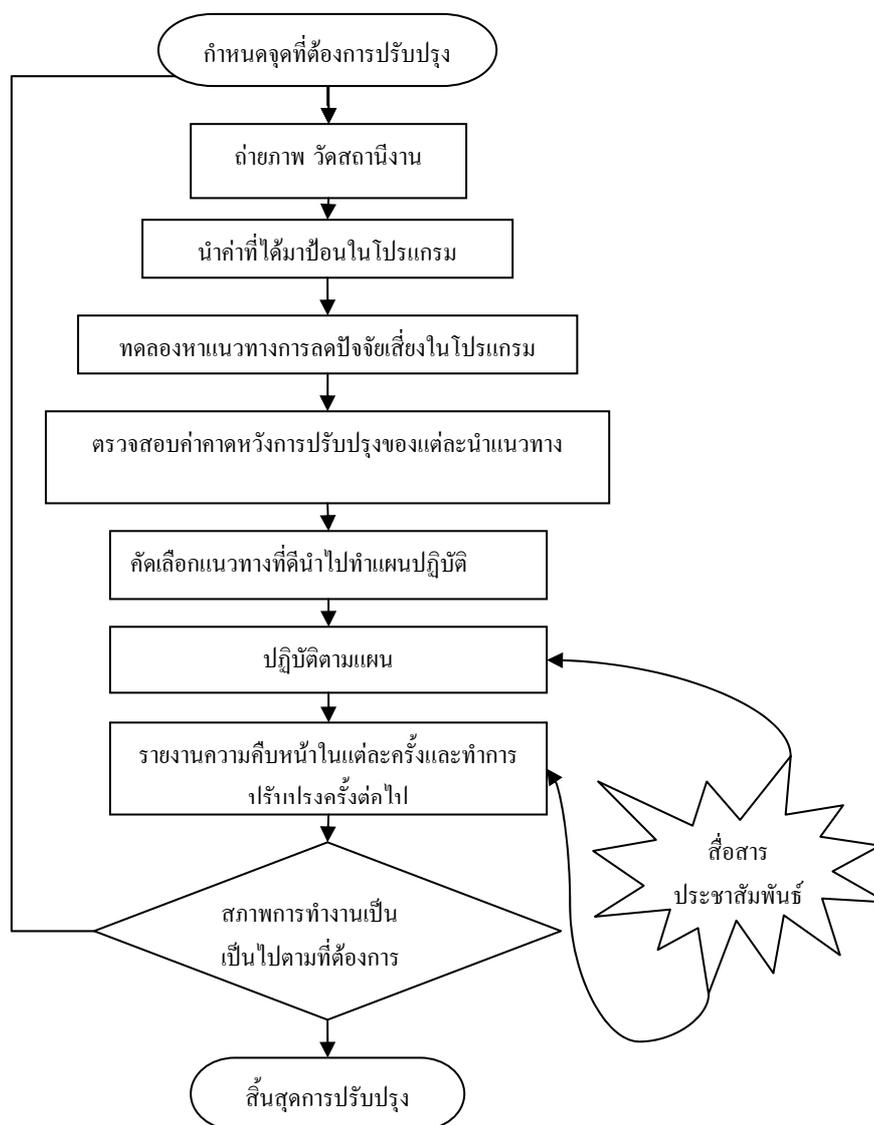


ภาพที่ 54 ตัวอย่างแนวทางในการปรับปรุง หลังจากป้อนสภาพงานเสร็จ



ภาพที่ 55 แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ของ Wickens (2000)

การนำโปรแกรมไปใช้ปรับปรุงงาน มีขั้นตอนโดยสรุป ดังภาพที่ 56 คือ นำภาพและข้อมูลของการทำงานมาทดลองหาวิธีปรับปรุงโดยใช้ ML-Expert (แต่ละขั้นตอน, พร้อมบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม) นำค่าต่างๆ ไปจัดลำดับ จัดทำแผนปฏิบัติ (เรียงลำดับตามค่าคาดการณ์การปรับปรุง จากความเป็นไปได้ในการปรับปรุง x ผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง x ระดับความผิดปกติของปัจจัยเสี่ยง) สื่อสารให้พนักงานได้ทราบ ร่วมปฏิบัติ และติดตามผล ซึ่งมีหลักควรพิจารณาคือ หาตัวอย่างในงานจริงให้เห็นแนวทางที่ชัดเจน ตัดแนวทางที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ประเมินค่าความเป็นไปได้ในการปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานที่จริง

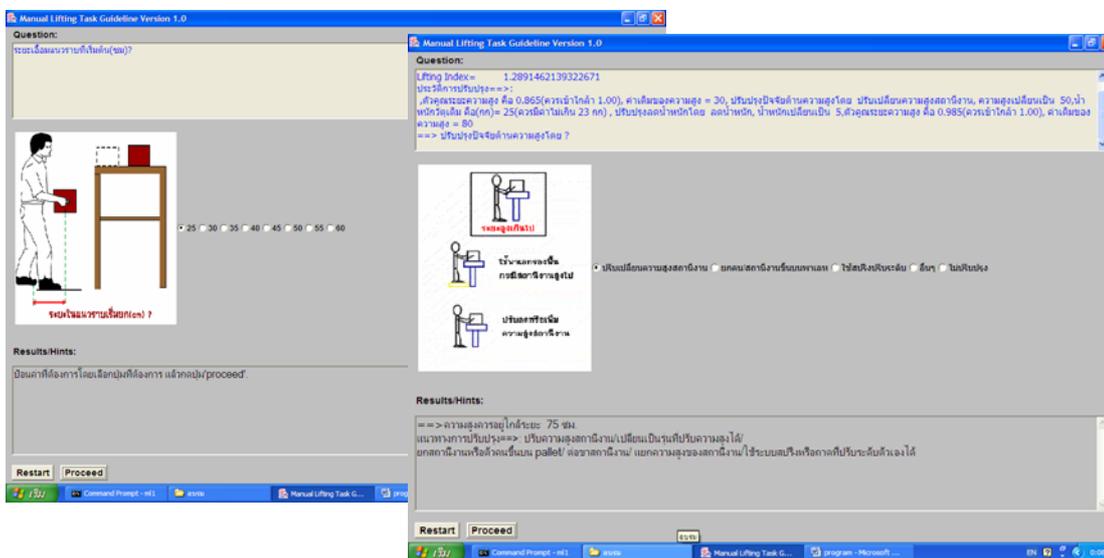


ภาพที่ 56 ขั้นตอนการนำโปรแกรมไปปรับปรุงงาน

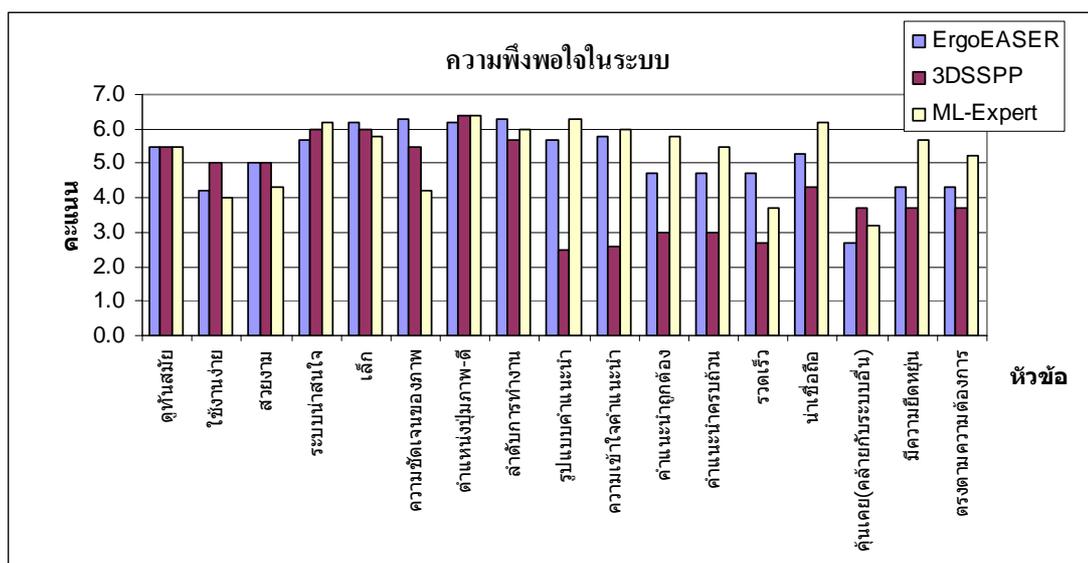
3. ผลการทดสอบโปรแกรมเบื้องต้น

การทดสอบเบื้องต้น ด้วยขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน (Usability Testing) (Rubin, 1994; Nielsen, 1993) จากกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษา 8 คน โดยทดลองใช้โปรแกรม 3 โปรแกรมในการประเมินภาระงานที่จำลองขึ้น คือ โปรแกรม ErgoEASER, (Department of Energy, 1995) โปรแกรม 3DSSPP, (Center for Ergonomics, University of Michigan, 2006) และ โปรแกรม ML-Expert แล้วเปรียบเทียบผลทางด้านประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของแต่ละระบบ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

จำลองสภาพของงานที่ใช้ทดสอบคือ ความถี่ในการยก = 0.2 ครั้งต่อหน้าที่ น้ำหนักชิ้นงาน = 35 กก ความสูงจุดเริ่มยก = 15 ซม ความสูงจุดวาง = 15 ซม ระยะเอื้อมจุดเริ่มยก = 40 ซม ระยะเอื้อมจุดวาง = 50 ซม มุมบิดตัวเมื่อเริ่มยก = 15 องศา มุมบิดตัวที่จุดวาง = 45 องศา เพศ = ชาย สัญชาติ = ไทย อุณหภูมิ = 30 องศาเซลเซียส หลังจากป้อนพารามิเตอร์ต่างๆ จนครบ ML-Expert จะแสดงผลหรือการแนะนำเบื้องต้น จากนั้นผู้จะใช้จะเลือกแนวทางที่เหมาะสมของตัวเองไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบสุดท้าย ดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 หน้าจอแสดงผลของML-Expert



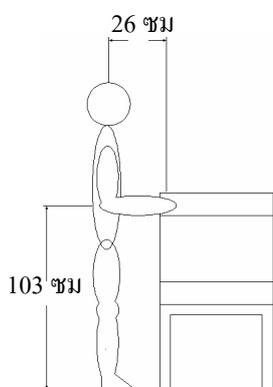
ภาพที่ 58 ผลการทดสอบโปรแกรม ML-Expert กับโปรแกรมอื่น

ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในภาพที่ 58 ในแต่ละหัวข้อคือ ดูทันสมัย ความชัดเจนของภาพ ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ ลำดับการทำงาน รูปแบบคำแนะนำ ความเข้าใจคำแนะนำ คำแนะนำถูกต้อง คำแนะนำครบถ้วน ความรวดเร็ว ใช้งานง่าย ความคุ้นเคย ความสวยงาม ความน่าสนใจ ขนาดเล็ก ความยืดหยุ่น ตรงตามความต้องการ ความน่าเชื่อถือ พบว่ามีคะแนนสูงกว่าโปรแกรมอื่นในด้านการให้คำแนะนำ ส่วนประสิทธิภาพในการใช้โปรแกรมทั้งสาม ประเมินในรูปของเวลาใช้งานเฉลี่ย ได้ผลดังนี้โปรแกรม ErgoEASER 4.43 (± 1.15) นาที, โปรแกรม 3DSSPP 2.20 (± 0.79) นาที และโปรแกรม ML-Expert 2.99 (± 0.64) นาที นอกจากนี้ยังพบว่าใช้งานง่าย (User-Friendliness) มีความยืดหยุ่น สามารถใช้งานได้จริง และใช้งานกับระบบเครือข่ายได้

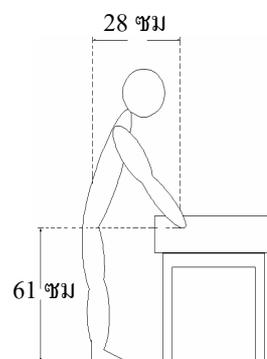
ผลการทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากพัฒนา ML-Expert และทดสอบเบื้องต้นแล้ว ได้ดำเนินการทดสอบในโรงงานต่อไป ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เปรียบเทียบกับวิธีอื่น และการใช้งานในระยะยาว เพื่อศึกษาแนวโน้มของผลที่ได้ โดยได้เลือกศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์แห่งหนึ่ง มีสภาพของการทำงานและสถานีนงานที่เลือกศึกษาเบื้องต้นดังแสดงภาพที่ 59 – 60 ดังนี้

1.) ขั้นตอนการเปิด TOP CORE

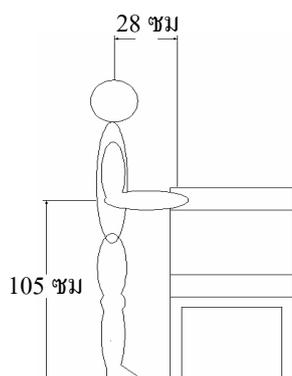


สถานีนงานเริ่มยก

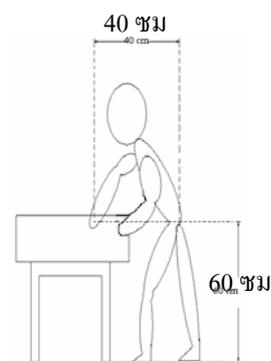


สถานีนงานขณะวาง

2.) การเปิด FOOT



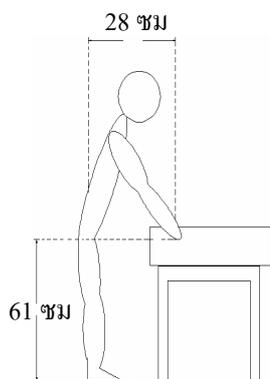
สถานีนงานเริ่มยก



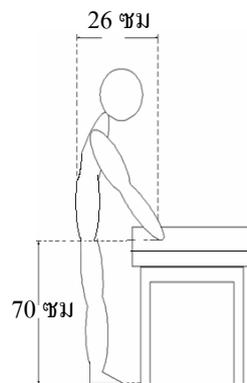
สถานีนงานขณะวาง

ภาพที่ 59 สภาพของการทำงานและสถานีนงานที่เลือกศึกษา

3.) การเปิดครีม

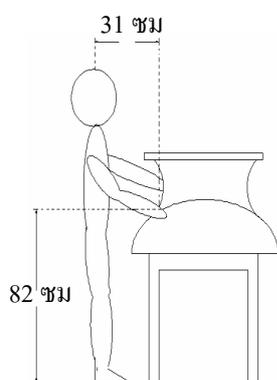


สถานีงานเริ่มยก

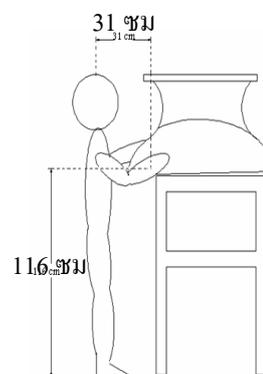


สถานีงานขณะวาง

4.) การยกชิ้นงานไปขึ้นตาก

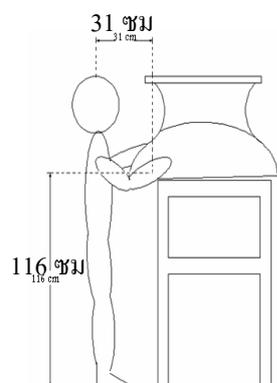


สถานีงานเริ่มยก

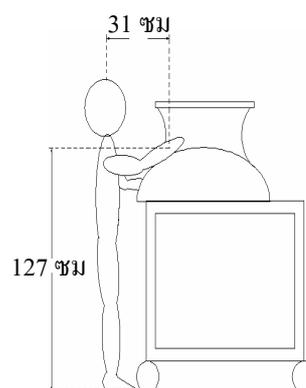


สถานีงานขณะวาง

5.) การยกชิ้นงานไปรถเข็นชั้นบน

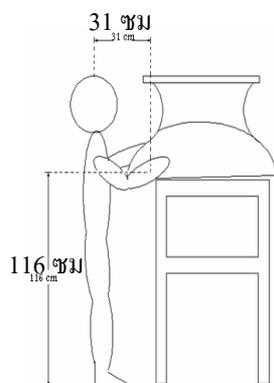


สถานีงานเริ่มยก

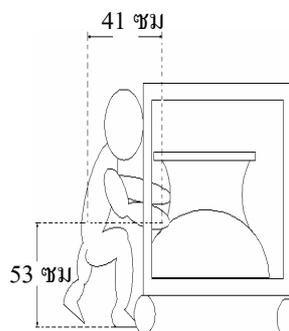


สถานีงานขณะวาง

6.) การยกชิ้นงานไปรถเข็นชั้นล่าง

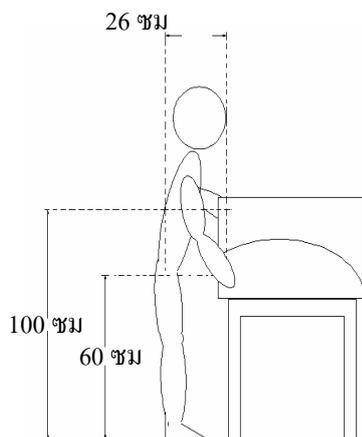


สถานีงานเริ่มยก

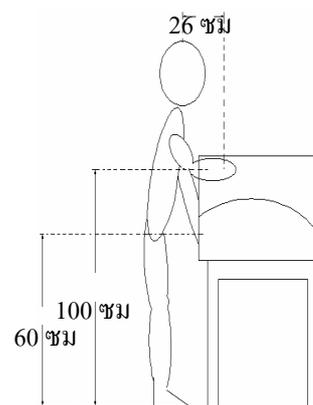


สถานีงานขณะวาง

7.) การเปิด SIDE



สถานีงานเริ่มยก



สถานีงานขณะวาง

ภาพที่ 59 (ต่อ)

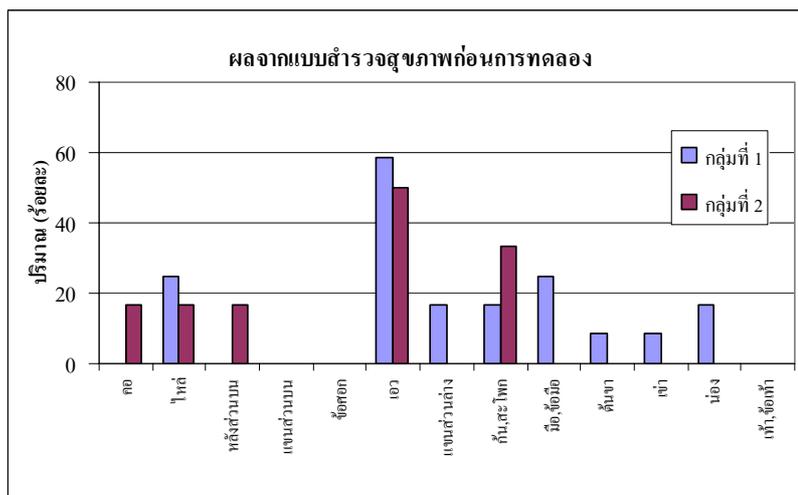


ผู้ปฏิบัติงาน : อายุ: 26 ปี น้ำหนัก: 84 ส่วนสูง: 177 น้ำหนักชิ้นงานที่ยก: 22.5 กิโลกรัม
 ระยะเวลาในการทำงาน: 13 วินาที / ชิ้น แต่ทำเป็นช่วงๆ ละ 20 ชิ้น วันละ ประมาณ 100 ชิ้น
 ค่าจากการวิเคราะห์ ด้านชีวกลศาสตร์ : $F_C = 4685.90$ นิวตัน

ภาพที่ 60 ตัวอย่างของงาน ขณะพนักงานยกชิ้นงานเพื่อวางบนรถเข็น

จากการศึกษาสภาพการทำงานภายในสถานประกอบการ เพื่อพิจารณางานยกของด้วยมือที่มีผลกระทบต่อพนักงาน ทั้งในด้านอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์ ทำให้ทราบกระบวนการที่มีปัญหาในปัจจุบันคือกระบวนการหล่อ ซึ่งเป็นงานยกสิ่งของที่มีน้ำหนักมากโดยไม่มีเครื่องมือทุ่นแรงช่วยยก ดังนั้นจึงเลือกลักษณะงานดังกล่าวเพื่อเป็นกลุ่มทดลอง

ข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจคือ มีพนักงานในแผนกหล่อสายการผลิตตัวอย่างทั้งหมด 12 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นผู้ชาย มีอายุงานเฉลี่ย 2.38 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.53 ปี โดยพนักงานที่ตอบว่าเคยเมื่อยล้าบริเวณหลังส่วนล่างมีสูงเฉลี่ยถึงร้อยละ 54 จากการวิเคราะห์แบบสอบถามนี้ โดยดูจากกลุ่มที่มีลักษณะงานมีความเสี่ยง และตอบว่ามีการเจ็บปวดบริเวณหลังเป็นพนักงานที่ต้องยกของที่มีน้ำหนักมากอยู่บ่อยครั้ง และยังพบว่าพนักงานมีอาการเจ็บปวดที่หลังมาเป็นเวลานานพอสมควร โดยเป็นๆ หายๆ ดังสถิติแสดงในภาพที่ 61

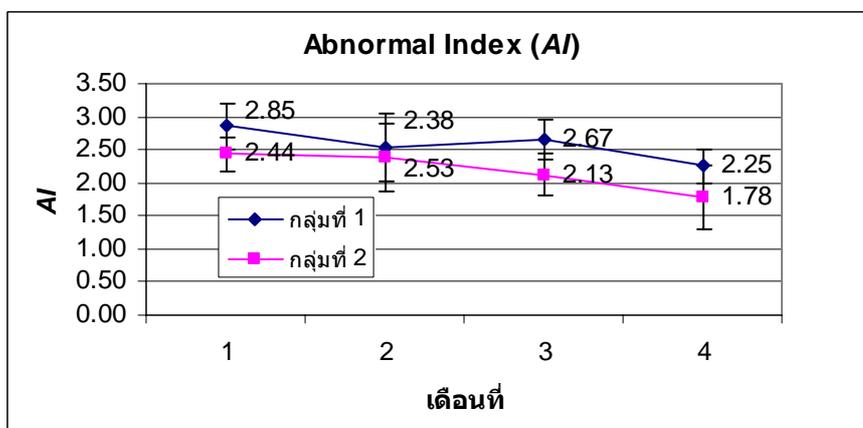


ภาพที่ 61 แสดงส่วนของร่างกายที่ได้รับการเจ็บปวดที่ได้จากแบบสำรวจสุขภาพพนักงาน

1. เปรียบเทียบกับวิธีอื่น

ทำการเปรียบเทียบ ML-Expert กับการวิธีอื่นๆ ด้วยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม ซึ่งมีสภาพการทำงานเหมือนกัน โดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ทำการปรับปรุงงานยกของด้วยมือ ด้วยความรู้เบื้องต้นด้านการยศาสตร์ที่ได้อบรมให้ และกลุ่มที่ 2 ทำการปรับปรุงงานโดยใช้ความรู้เบื้องต้นด้านการยศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม ML-Expert แล้วเก็บข้อมูลของการปรับปรุงงานตามกระบวนการการปรับปรุงงานเป็นช่วงๆ ช่วงละ 1 เดือน เป็นเวลา 4 เดือน ได้ผลดังนี้

1.1 ดัชนีความผิดปกติ AI (Abnormal Index)



ภาพที่ 62 ผลการวัดค่าความผิดปกติ AI

กิตติ (2548) ได้กำหนดการวัดค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormal Index: *AI*) โดยคำนวณจากระดับคะแนนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ประกอบด้วยค่า ความล่า ความเสี่ยงในการบาดเจ็บ ความสนใจในงานที่ทำ ความซับซ้อนของงาน ความยากของงาน จังหวะของงาน ความรับผิดชอบ และความอิสระในการทำงาน ซึ่งผลของการปรับปรุงของทั้งสองกลุ่ม พบว่ามีค่าลดลง โดยกลุ่ม 2 มีการลดลงมากกว่าเล็กน้อย ตามภาพที่ 62

1.2 ผลจากการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

เมื่อพิจารณาขั้นตอนที่มีการปรับปรุงพบว่า ค่าแรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังส่วนล่างมีค่าลดลงโดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ในส่วนของขั้นตอนการเปิด TOP CORE ขั้นตอนการเปิด FOOT มีการปรับเปลี่ยนลักษณะ ท่าทางในการยกทำให้ค่าแรงกดที่กระทำต่อหมอนรองกระดูกลดลงร้อยละ 15.95 และ 24.57 ตามลำดับและในขั้นตอนการย้ายขึ้นไปบนชั้นตาก และการย้ายฝาแม่พิมพ์ มีค่าแรงกดลดลงร้อยละ 41.65 และ 29.54 ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองขั้นตอนนี้ได้มีการปรับปรุงงานยกโดยสามารถลดน้ำหนักชิ้นงานต่อคนลงร้อยละ 50 ของน้ำหนักเดิม สำหรับกลุ่มการทดลองที่ 2 ในส่วนของขั้นตอนการเปิด SIDE และขั้นตอนการย้ายชิ้นงานไปบนชั้นตาก มีค่าแรงกดลดลงร้อยละ 4.85 และ 5.44 ตามลำดับ

1.3 ผลจากการวิเคราะห์ตามสมการ *RLE*

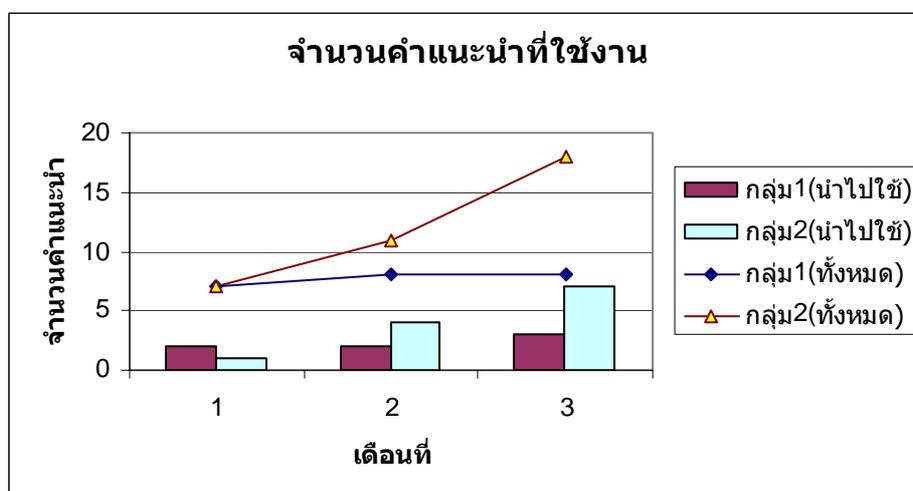
เมื่อพิจารณาขั้นตอนที่มีการปรับปรุง พบว่าค่า *LI* มีค่าลดลงทั้งสองกลุ่มการทดลอง โดยในกลุ่มการทดลองที่ 1 ค่า *LI* ณ จุดเริ่มต้น ในขั้นตอนการย้ายชิ้นงานไปวางบนชั้นตาก ของกลุ่มที่ 1 ลดลงร้อยละ 49.12 และ 42.94 ตามลำดับ ส่วนค่า *LI* ณ จุดวาง ลดลงร้อยละ 47.14 และ 43.10 ตามลำดับ สำหรับในกลุ่มการทดลองที่ 2 ในขั้นตอนการเปิดริมค่า *LI* ณ จุดเริ่มต้น และ *LI* ณ จุดวาง ลดลงร้อยละ 14.68 และ 13.51 ตามลำดับ

1.4 จำนวนคำแนะนำ

กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มใช้แนวทางการปรับปรุงงาน เพื่อหาแนวทางปรับปรุงและนำไปเป็นแผนในการปรับปรุงได้ตามตัวอย่างในตารางที่ 30-31 ซึ่งได้ผลสรุปของจำนวนคำแนะนำดังนี้

ตารางที่ 29 สรุปจำนวนคำแนะนำเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้งสองกลุ่ม

ครั้งที่ทำ การ ปรับปรุง	กลุ่มการทดลองที่ 1		กลุ่มการทดลองที่ 2		เปอร์เซ็นต์ที่ใช้งาน	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2
	จำนวน คำแนะนำ ทั้งหมด	จำนวน คำแนะนำ ที่ใช้ได้จริง	จำนวน คำแนะนำ ทั้งหมด	จำนวน คำแนะนำ ที่ใช้ได้จริง			
ครั้งที่ 1	7	2	7	1	28.57	14.29	
ครั้งที่ 2	8	2	11	4	25.00	36.36	
ครั้งที่ 3	8	3	18	7	37.50	38.89	



ภาพที่ 63 จำนวนของคำแนะนำที่นำไปใช้งานในเดือนต่างๆ

จากผลการทดสอบพบว่า ร้อยละของการนำไปใช้งานได้จริงของ ML-Expert สูงกว่าในการปรับปรุงงานด้วยสมการ *RLE* ปกติ ดังภาพที่ 63 และ ตารางที่ 29

ตารางที่ 30 ตัวอย่างคำแนะนำครั้งที่ 2 ของกลุ่มการทดลองที่ 1

ปัญหา	แนวทางแก้ไข	ใช้ได้ ทันที	รอกการ อนุมัติ	เหตุผล
1. การประกอบแบบ	เปลี่ยนวิธีการทำงานจากการยก Side	√		
1.1 ยก Side Mold	Mold ประกอบกับ TOP CORE เปลี่ยนเป็นยก TOP CORE ประกอบกับ Side Mold แล้วพลิกแบบทั้งชุด			
1.2 ยก FOOT	ใช้เครื่องทุ่นแรงในการยก		√	ต้องมีการขออนุมัติงบประมาณ Spring Balancer 1 Set ราคา 10,000 บาทแถวหล่อ 1 แถวใช้ ทั้งหมด 16 Set
1.3 ยก TOP CORE	ใช้เครื่องทุ่นแรงในการยก		√	ใช้ Spring Balancer ชุดเดียวกับ ข้อ 1.2
2. การเปิดแบบ	ใช้เครื่องทุ่นแรงในการยก		√	ใช้ Spring Balancer ชุดเดียวกับ ข้อ 1.2
2.1 การเปิด TOP CORE				
2.2 การย้าย TOP CORE	ให้เปลี่ยนวิธีการยกย้ายจากการยกคน เดียวเป็นให้พนักงานยก 2 คน	√		
2.3 การเปิด Foot	ใช้เครื่องทุ่นแรงในการยก		√	ใช้ Spring Balancer ชุดเดียวกับ ข้อ 1.2
3. การทำชิ้นงานแห้ง	ให้เปลี่ยนวิธีการยกย้ายจากการยกคน เดียวเป็นให้พนักงานยก 2 คน			
3.1 การยกชิ้นงานวาง บนราวตาก		√		
4. การเปิดแบบ	เปลี่ยนวิธีการทำงานจากการพลิกแบบ เพื่อเปิด TOP CORE เป็นเปิด Foot ก่อน แล้วค่อยพลิกแบบเพื่อเปิด TOP CORE			แบบเกิดความเสียหายขณะที่ทำ การพลิกแบบเพื่อเปิด FOOT

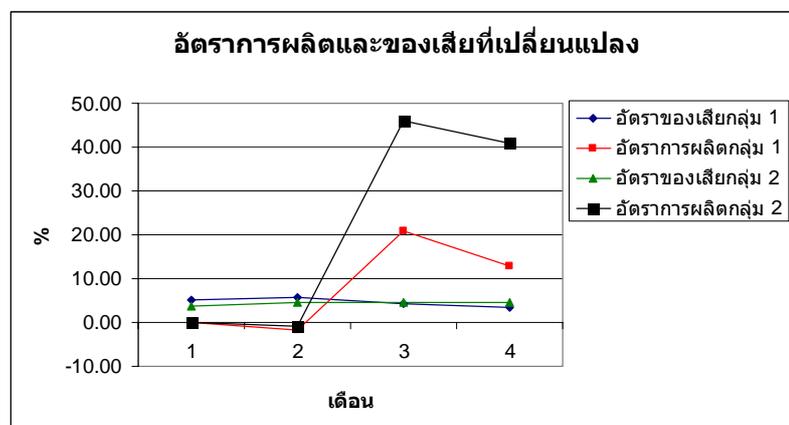
ตารางที่ 31 ตัวอย่างคำแนะนำครั้งที่ 2 ของกลุ่มการทดลองที่ 2

ปัญหา	แนวทางแก้ไข	ใช้ได้ทันที	รอการอนุมัติ	เหตุผล
1. สถานีงาน ราวตาก ชั้นงานมีความสูงไม่ เหมาะสม	1. ออกแบบให้สามารถปรับระดับเลื่อน ขึ้นลงได้ตามความสูงของพนักงานและ สื่อไว้ในความสูงที่ต้องการ		✓	ค่าใช้จ่ายสูง
	2. ปรับชั้นราวตากให้มี Roller ช่วยลด ระยะในการยกลง		✓	ค่าใช้จ่ายสูง
	3. หาความสูงของชั้นที่เหมาะสม ครอบคลุมประชากรทั่วถึง		✓	ค่าใช้จ่ายสูง
2. รดแต่งชั้นงานกีดขวาง การทำงาน	ให้มีการสร้างรางน้ำภายในพื้นที่หล่อ		✓	ไม่สะดวกต่อการทำงานใน สถานีงาน
3. ตัวพนักงานมีสภาพ เหนื่อยล้าสะสม	ควรจัดให้มีกิจกรรมผ่อนคลาย ออก กำลังกาย	✓		
4. รูปร่างพนักงาน แตกต่างกันสำหรับงาน เดียวกัน	1. กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการรับ พนักงานให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ภายในโรงงาน		✓	
	2. พิจารณาจัดพนักงานใหม่เข้าทำงาน โดยพิจารณารูปร่างใกล้เคียงกันให้ ทำงานเดียวกัน เพื่อสามารถปรับสถานี งานได้ง่ายขึ้น		✓	
5. การขาดความชำนาญ งานของพนักงานใหม่	1. จัดให้มีการอบรมสอนงานจริงก่อน การเริ่มงาน 2 สัปดาห์	✓		
	2. เพิ่มค่าเรียนงานช่วงที่พนักงานใหม่ลง มาหล่อ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พนักงาน ตั้งใจเรียนรู้งานให้เร็ว		✓	ค่าใช้จ่ายสูง
6. พนักงานมีทัศนคติไม่ ดีต่องานที่ทำ	1. ให้มีสื่อข่าวสาร โฆษณาความสำคัญ ของการทำงาน	✓		
	2. มีกิจกรรมที่ช่วยเสริมสร้าง ความสัมพันธ์อันดีภายในโรงงาน	✓		

1.5 อัตราการผลิตและของเสีย

ตารางที่ 32 จำนวนผลิตและจำนวนของเสีย

กลุ่มการทดลอง	เดือน	จำนวนชิ้นงานทั้งหมด ที่ผลิตได้	จำนวนของ เสีย	%ของเสีย	% อัตราการ ผลิต
กลุ่มที่ 1	พ.ย.	667.5	34	5.09	0.00
	ธ.ค.	656	37	5.64	-1.72
	ม.ค.	806	35	4.34	20.75
	ก.พ.	753	26	3.45	12.81
กลุ่มที่ 2	พ.ย.	820	31	3.78	0.00
	ธ.ค.	813	37	4.55	-0.85
	ม.ค.	1197	56	4.68	45.98
	ก.พ.	1155	54	4.68	40.85



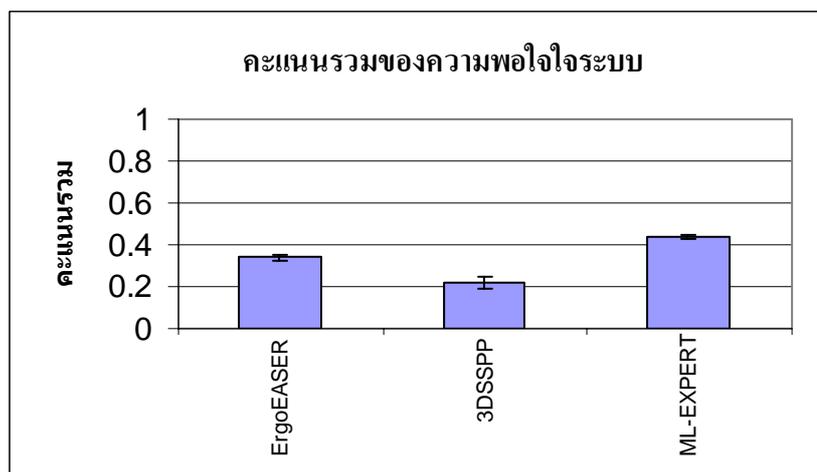
ภาพที่ 64 อัตราการผลิตและของเสีย

เมื่อพิจารณาจากกราฟจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตก่อนการทดลองของทั้งสองกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยกลุ่มการทดลองที่ 2 จะมีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อทดสอบทางสถิติด้วย t-test พบว่า ในกลุ่มที่ 2 ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในขณะที่กลุ่มที่ 1 ไม่พบความแตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเสียมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างก่อนและหลังทดลองในทั้งสองกลุ่ม

1.6 ความพอใจในระบบ

เมื่อสิ้นสุดการใช้โปรแกรมและปรับปรุงงาน ได้ทดสอบความพึงพอใจในแต่ละระบบ โดยทำการวัดด้วยวิธีทาง Usability Testing (Rubin, 1994; Nielsen, 1993) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้ โปรแกรม ML-Expert กับ โปรแกรม Ergo EASER (U.S. Department of Energy, 1995) และ 3DSSPP (Center for Ergonomics, University of Michigan, 2006) การให้คะแนนใช้แนวทางของ Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1980; 2001) ที่จำลองงานสำหรับประเมินโดยทั้ง 3 โปรแกรมแล้วสัมภาษณ์กับพนักงานหลังจากได้ฝึกและทดลองใช้โปรแกรมจนคล่องแล้ว ในแต่ละหัวข้อคือ คุณทันสมัย ความชัดเจนของภาพ ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ ลำดับการทำงาน รูปแบบคำแนะนำ ความเข้าใจคำแนะนำ คำแนะนำถูกต้อง คำแนะนำครบถ้วน ความรวดเร็ว ใช้งานง่าย ความคุ้นเคย ความสวยงาม ความน่าสนใจ ขนาดเล็ก ความยืดหยุ่น ตรงตามความต้องการ ความน่าเชื่อถือ ผลปรากฏว่าโปรแกรม ML-Expert มีคะแนนรวมสูงกว่าโปรแกรมอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 33-34) ส่วนหัวข้อที่ดีกว่าโปรแกรมอื่นๆ จะเป็นในเรื่องของการให้คำแนะนำปรับปรุงที่ชัดเจน ดังภาพที่ 65-67



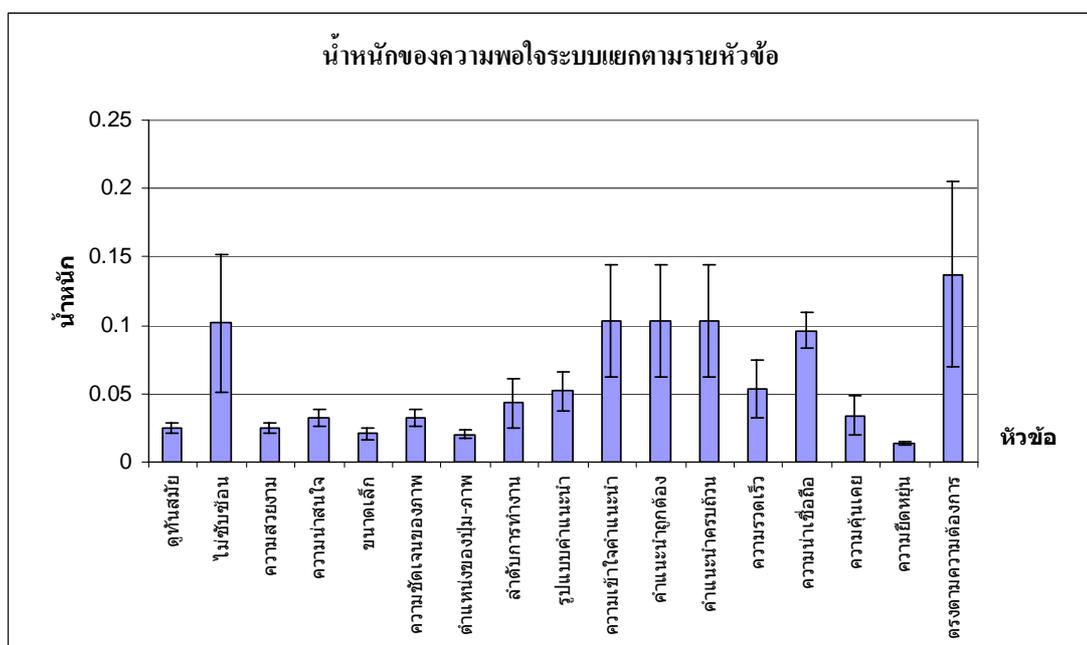
ภาพที่ 65 คะแนนรวมของความพอใจในระบบ

ตารางที่ 33 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

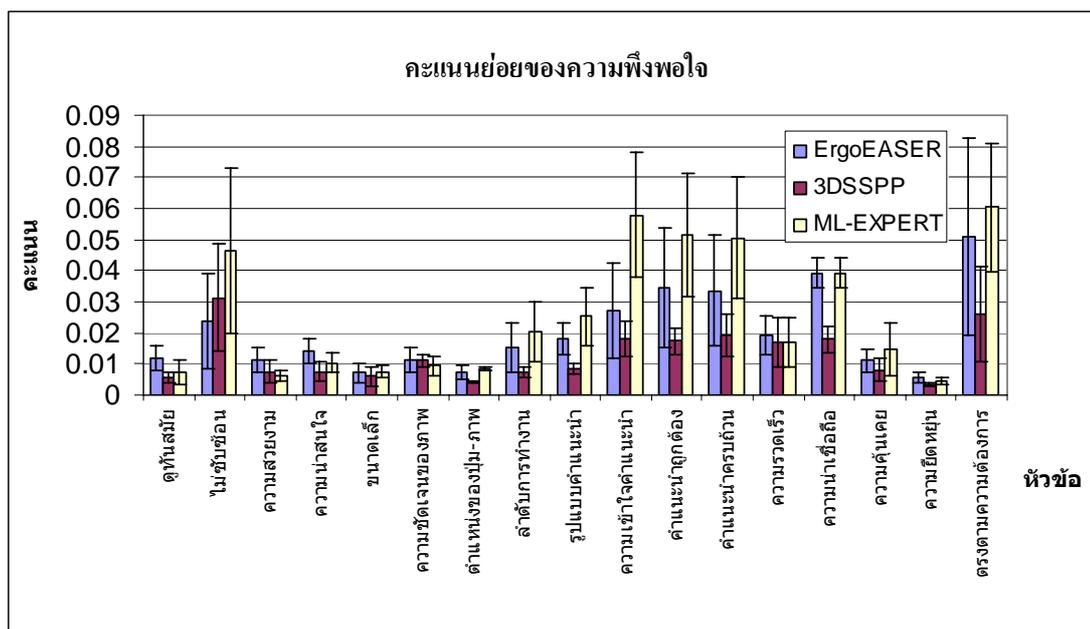
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0% CI	
					Lower	Upper
ErgoEASER	4	0.3518	0.0209	0.0105	0.3186	0.3851
3DDSSPP	4	0.2211	0.0344	0.0172	0.1664	0.2758
ML-Expert	4	0.4213	0.0381	0.0190	0.3607	0.4819

ตารางที่ 34 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับระบบอื่นๆ

Compare with	T-Value	Degree of difference
ErgoEASER	3.20	Significant at the 0.05 level (2-tailed)
3DDSSPP	7.80	Significant at the 0.05 level (2-tailed)



ภาพที่ 66 น้ำหนักของความพอใจระบบแยกตามรายหัวข้อในการประเมิน

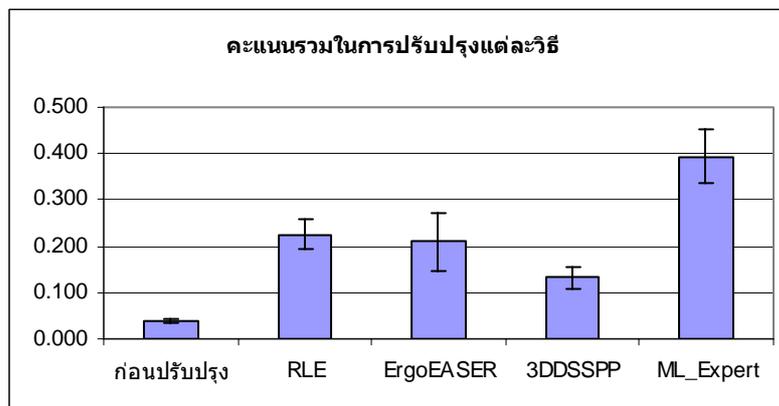


ภาพที่ 67 คะแนนของความพอใจระบบแยกตามรายชื่อ

การวัดระดับคะแนนความพอใจในระบบพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วในหัวข้อต่างๆ ในด้านการให้คำแนะนำของ โปรแกรม ML-Expert จะมีค่าสูงกว่าโปรแกรมอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบเบื้องต้นในหัวข้อก่อนหน้านี้

1.7 สมรรถนะในการวิเคราะห์ปรับปรุงงาน

นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดสมรรถนะในการปรับปรุงงานของแต่ละระบบ สมรรถนะในการปรับปรุงงานได้ทำการวัดโดยให้พนักงานทดลองวิธีการปรับปรุงงานต่างๆ จนคล่อง แล้วให้ประเมินงานที่จำลองขึ้น แล้วสัมภาษณ์ประเมินคะแนนด้านต่างๆ ในแต่ละหัวข้อคือ ความเข้าใจในทฤษฎี ความเข้าใจในงานของ ความสามารถในการคำนวณ ความถูกต้องในการคำนวณ ความเร็วในการคำนวณ ความสามารถในการหาวิธีปรับปรุง ความเร็วในการหาวิธีปรับปรุง จำนวนการปรับปรุงที่ใช้งานได้โดยวิธี AHP ซึ่งปรากฏว่าวิธีการที่ใช้โปรแกรม ML-Expert ให้ผลดีกว่าวิธีการอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 35-36) โดยเฉพาะในด้านการให้คำแนะนำ ดังภาพที่ 68-70



ภาพที่ 68 คะแนนรวมในการปรับปรุงแต่ละวิธี

ตารางที่ 35 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

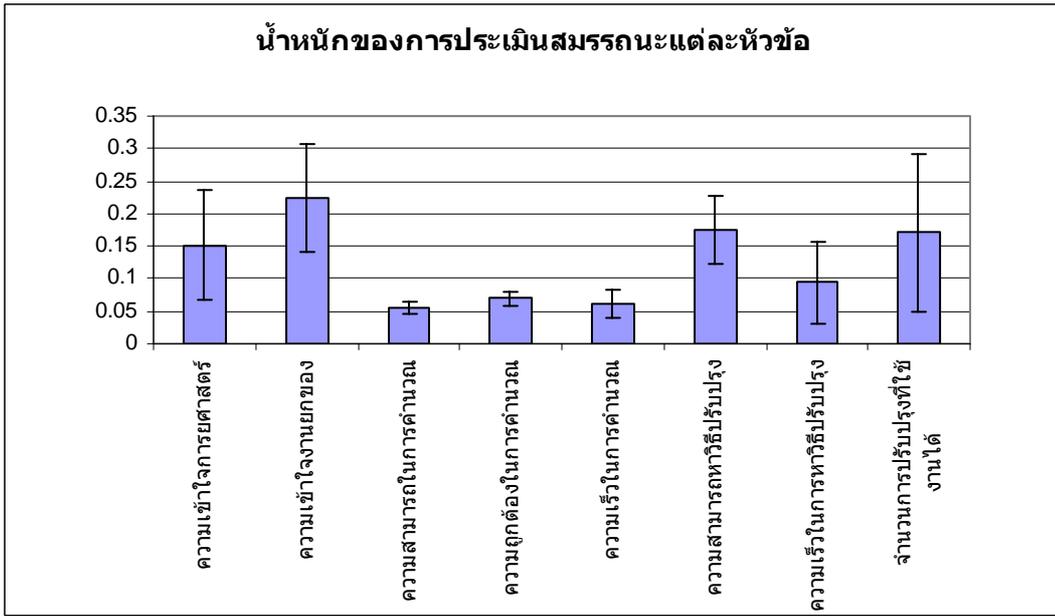
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0% CI	
					Lower	Upper
ก่อนปรับปรุง	5	0.03945	0.00463	0.00207	0.03369	0.04520
RLE	5	0.2261	0.0316	0.0141	0.1868	0.2653
ErgoEASER	5	0.2099	0.0633	0.0283	0.1313	0.2885
3DDSSPP	5	0.1325	0.0244	0.0109	0.1022	0.1629
ML-Expert	5	0.3929	0.0585	0.0262	0.3203	0.4655

ตารางที่ 36 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับวิธีอื่นๆ

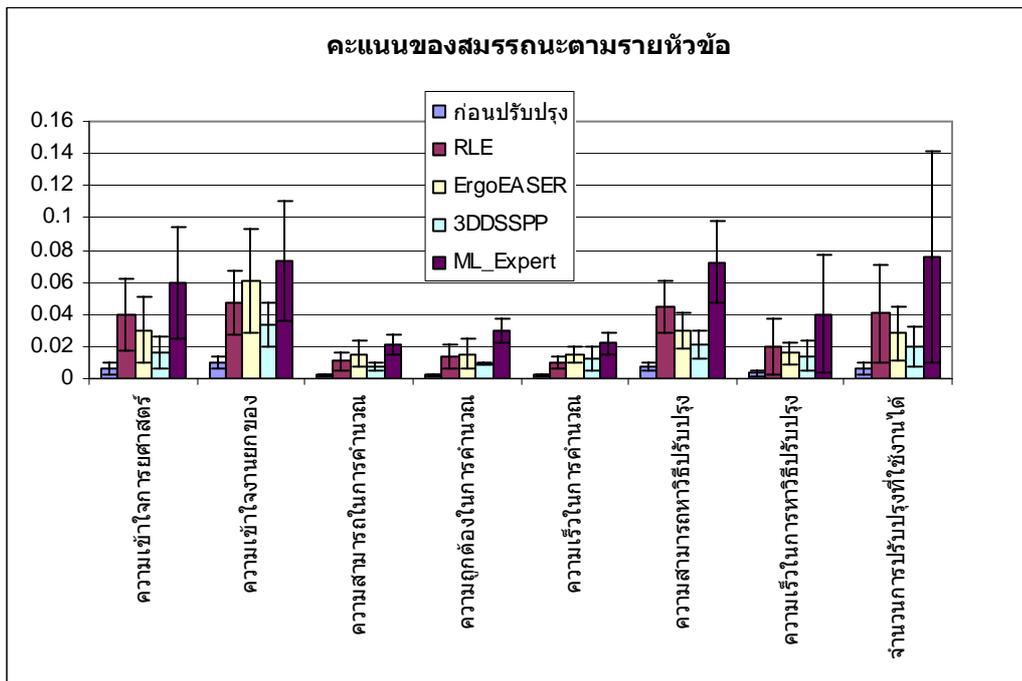
Compare with	T-Value	Degree of difference
ก่อนปรับปรุง	13.47	Significant at the 0.05 level (2-tailed)
RLE	5.61	Significant at the 0.05 level (2-tailed)
ErgoEASER	4.75	Significant at the 0.05 level (2-tailed)
3DDSSPP	9.18	Significant at the 0.05 level (2-tailed)

ตารางที่ 37 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์การประเมินสมรรถนะโดยวิธี AHP

ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุง	มากกว่า								เท่า กัน	น้อยกว่า								ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุง
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								2. ความเข้าใจในงานของ	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								3. ความสามารถในการคำนวณ	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								4. ความถูกต้องในการคำนวณ	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								5. ความเร็วในการคำนวณ	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								6. ความสามารถในการหาวิธีปรับปรุง	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								7. ความเร็วในการหาวิธีปรับปรุง	
1. ความเข้าใจในการยศาสตร์									1								8. จำนวนการปรับปรุงที่ใช้งานได้	



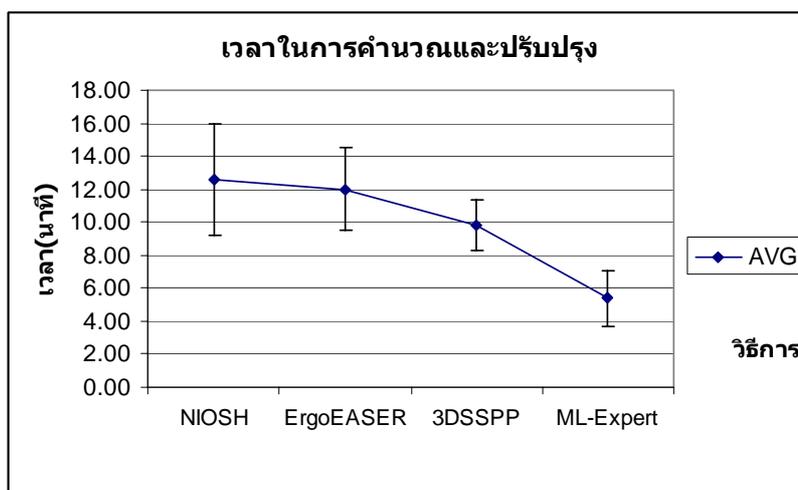
ภาพที่ 69 น้ำหนักของการประเมินสมรรถนะแยกตามรายหัวข้อ



ภาพที่ 70 คะแนนของสมรรถนะของแต่ละวิธีแยกตามรายหัวข้อ

1.8 ความเร็วในการคำนวณและปรับปรุงงาน

ประสิทธิภาพในการปรับปรุงงานด้านหนึ่งที่สามารถวัดได้คือ ความเร็วในการคำนวณและปรับปรุงงาน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในการคำนวณและปรับปรุงงาน เมื่อคำนวณเองโดยใช้สมการ *RLE* (ในหัวข้อทดสอบ *NIOSH*) คือ 12.60 นาที (± 3.35 นาที) และเมื่อใช้โปรแกรม *ML-Expert* จะลดลงน้อยที่สุดเหลือ 5.38 นาที (± 1.70 นาที) ซึ่งลดลงแตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 71 ประสิทธิภาพในการใช้เวลาคำนวณและปรับปรุงงาน

ตารางที่ 38 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0% CI	
					Lower	Upper
<i>NIOSH (RLE)</i>	5	12.60	3.35	1.50	8.44	16.76
ErgoEASER	4	12.00	2.49	1.24	8.04	15.96
3DSSPP	4	9.778	1.547	0.774	7.315	12.240
ML-Expert	5	5.384	1.703	0.762	3.269	7.499

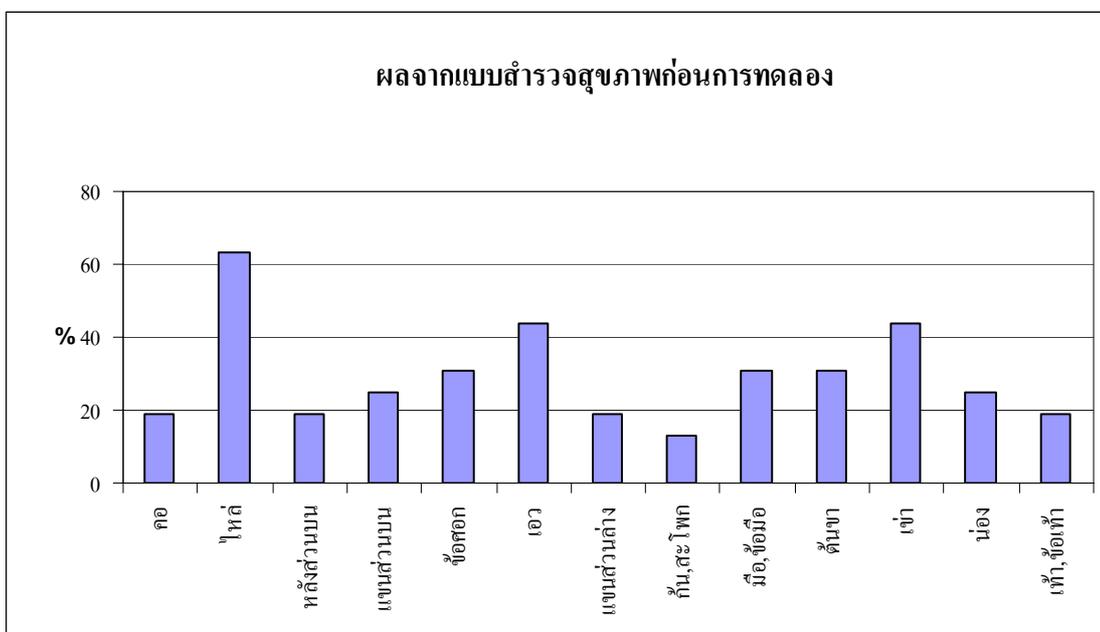
ตารางที่ 39 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม *ML-Expert* เทียบกับวิธีอื่นๆ

Compare with	T-Value	Degree of difference
<i>NIOSH (RLE)</i>	-4.30	Significant at the 0.008 level (2-tailed)
ErgoEASER	-4.54	Significant at the 0.006 level (2-tailed)
3DSSPP	-4.05	Significant at the 0.007 level (2-tailed)

2. การใช้งานในระยะยาว

หลังจากเปรียบเทียบการปรับปรุงแบบต่างๆ มา 6 เดือนแล้ว พบว่า ML-Expert ให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธีการอื่นๆ เป็นส่วนใหญ่ แต่เพื่อยืนยันผลดังกล่าวจึงทำการทดสอบต่อในระยะยาวโดยใช้ ML-Expert เพียงกลุ่มเดียว เนื่องจากทั้งสองกลุ่มได้ทราบถึงเงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างแล้ว ซึ่งไม่สามารถควบคุมและแยกกลุ่มได้ จึงศึกษาคุณแนวโน้มระยะยาวโดยทำการทดลองกับกลุ่มทดลองกลุ่มใหม่จำนวน 16 คน

ในเบื้องต้นจากการแจกแบบสำรวจสุขภาพพนักงานในแผนกหล่อทั้งหมด 16 คน ซึ่งเป็นผู้ชายทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย 28.34 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.27 ปี และมีอายุงานเฉลี่ย 2.67 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.93 ปี โดยพนักงานที่ตอบว่าเคยเมื่อยล้าหรือเจ็บปวดบริเวณไหล่ 10 คน หลังส่วนล่าง (เอว) และเข่า มีจำนวน 7 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 63 44 และ 44 ตามลำดับ ซึ่งผู้ที่รู้สึกเจ็บปวดตลอดเวลา เจ็บปวดเฉพาะช่วงเช้าและช่วงเย็น เจ็บปวดเฉพาะช่วงเช้าช่วง กลาง หรือเย็น คิดเป็นร้อยละ 19, 19 และ 62 ตามลำดับโดยรู้สึกพอทนได้คิดเป็นร้อยละ 96 และเจ็บปวดมากคิดเป็นร้อยละ 4 ดังภาพที่ 72

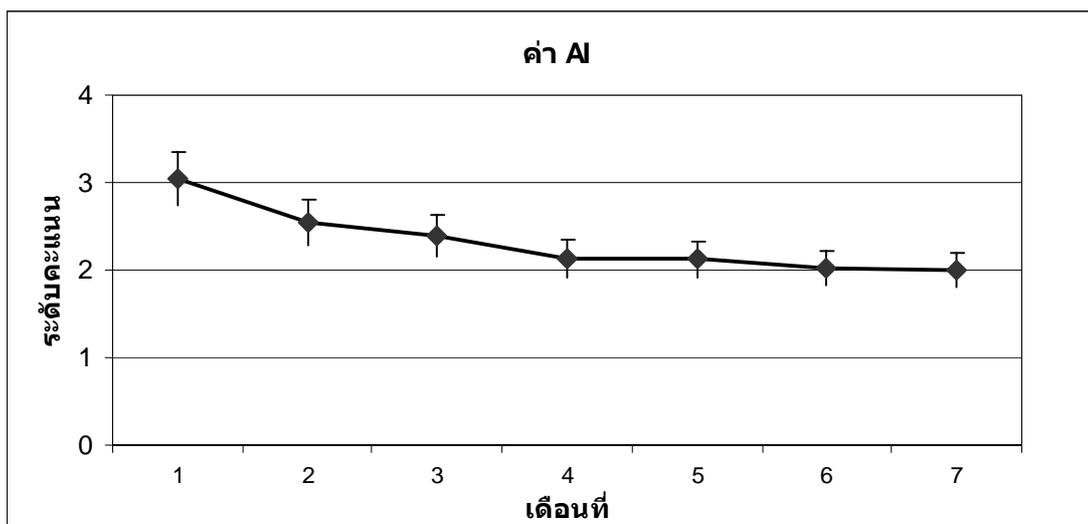


ภาพที่ 72 แสดงส่วนของร่างกายที่ได้รับการเจ็บปวดที่ได้จากแบบสำรวจสุขภาพพนักงาน

จากการทดสอบกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นเวลา 7 เดือน พบว่าจะได้ค่า *AI* การปวดเมื่อย การเจ็บป่วย *LI* และค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง มีค่าลดลง โดยลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและอัตราการลดลงจะน้อยลงในช่วงหลัง ดังภาพที่ 73-82 ในขณะนี้โปรแกรมยังได้เพิ่มการประเมินท่าทางที่ผิดปกติ ด้วยวิธีการประเมินท่าทาง *OWAS* ที่ให้ผลในการปรับปรุงได้ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากวิธีการเดิมที่ไม่สามารถประเมินขั้นตอนการพลิกแบบ หรือกรณีที่มีท่าทางผิดธรรมชาติได้

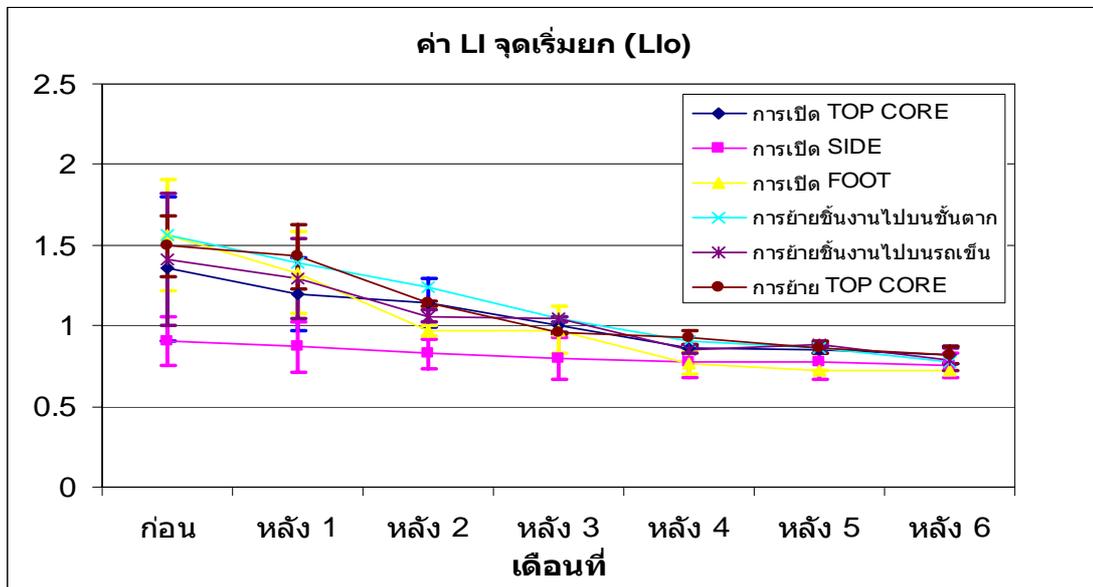
2.1 ค่า *AI*

จากการพิจารณาค่า *AI* ที่ได้จากการทดลองจะพบว่าค่า *AI* ที่ได้จากผลหลังการทดลอง มีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อเทียบกับผลก่อนการทดลองคิดเป็นร้อยละ 34.2 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจาก มีการปรับปรุงการทำงานและลักษณะในการทำงานของพนักงาน

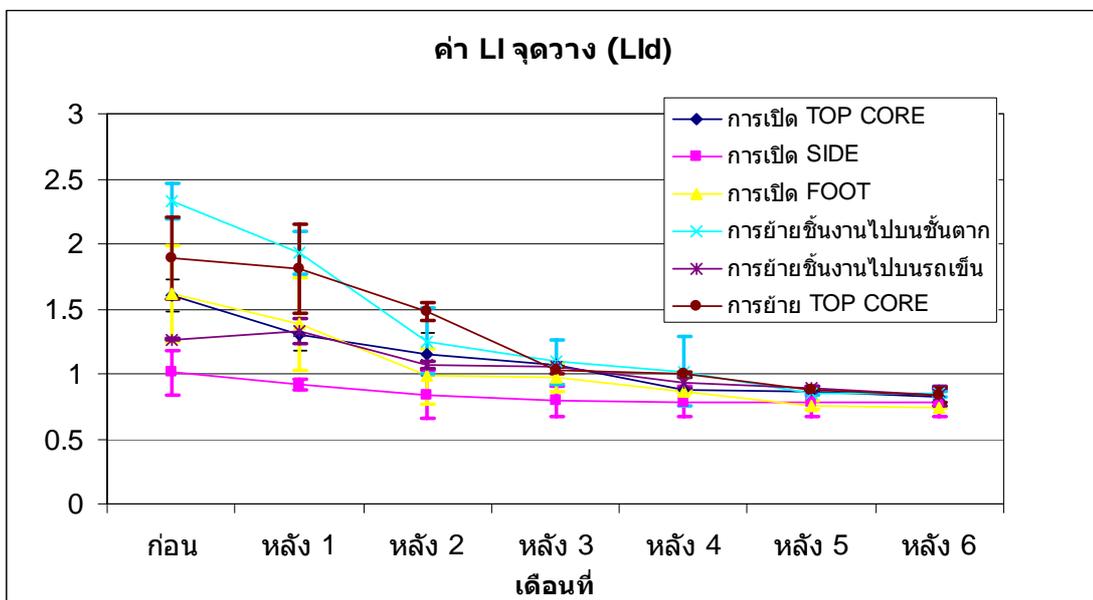


ภาพที่ 73 แสดง ค่า *AI* ในการปรับปรุงแต่ละเดือน

2.2 ค่า LI



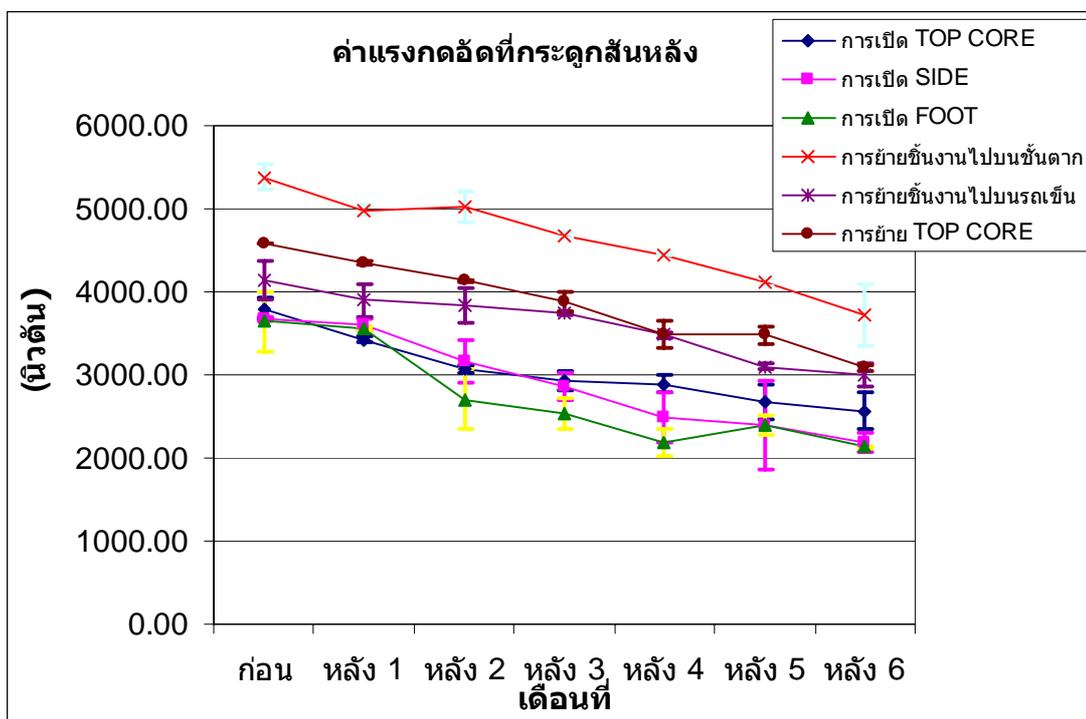
ภาพที่ 74 แสดง ค่า LI ที่จุดเริ่มต้นในการปรับปรุงแต่ละเดือน



ภาพที่ 75 แสดง ค่า LI ที่จุดวาง ในการปรับปรุงแต่ละเดือน

ค่า LI มีค่าลดลงอย่างชัดเจนทุกขั้นตอน เช่น ค่า LI_0 ในขั้นตอนการย้ายชิ้นงานเปียกไปวางบนชั้นตาก การย้าย TOP CORE ของกลุ่มการทดลอง ลดลงร้อยละ 52.97 และ 17.31 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ในขณะที่ ค่า LI_d ในขั้นตอนการย้ายชิ้นงานเปียกไปวางบนชั้นตาก การย้าย TOP CORE ของกลุ่มการทดลอง ลดลงร้อยละ 50.21 และ 42.38 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง

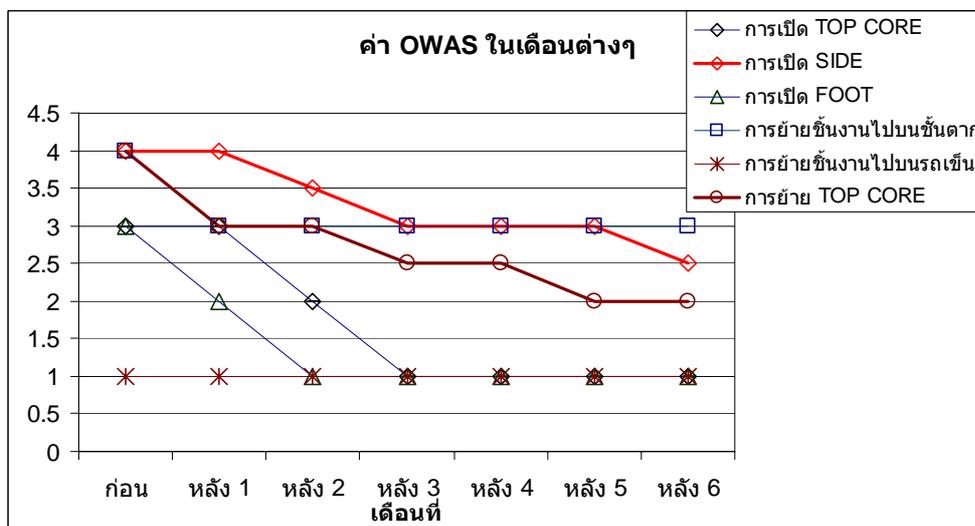
2.3 ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1



ภาพที่ 76 แสดง ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง ในการปรับปรุงแต่ละเดือน

ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังบริเวณหมอนรองกระดูก $L5/S1$ ทุกขั้นตอนมีการปรับปรุงอย่างชัดเจน เช่น ขั้นตอนการเปิด TOP CORE ขั้นตอนการเปิด FOOT มีการมีการปรับเปลี่ยนลักษณะท่าทางในการยกทำให้ค่าแรงกดที่กระทำต่อหมอนรองกระดูกลดลงร้อยละ 23.99 และ 32.14 ตามลำดับและในขั้นตอนการย้ายชิ้นไปบนชั้นตาก และการย้าย TOP CORE มีค่าแรงกดลดลงร้อยละ 18.17 และ 21.31 ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองขั้นตอนนี้ได้มีการปรับปรุงงานยกโดยการเพิ่มพนักงานในการยกเป็น 2 คน

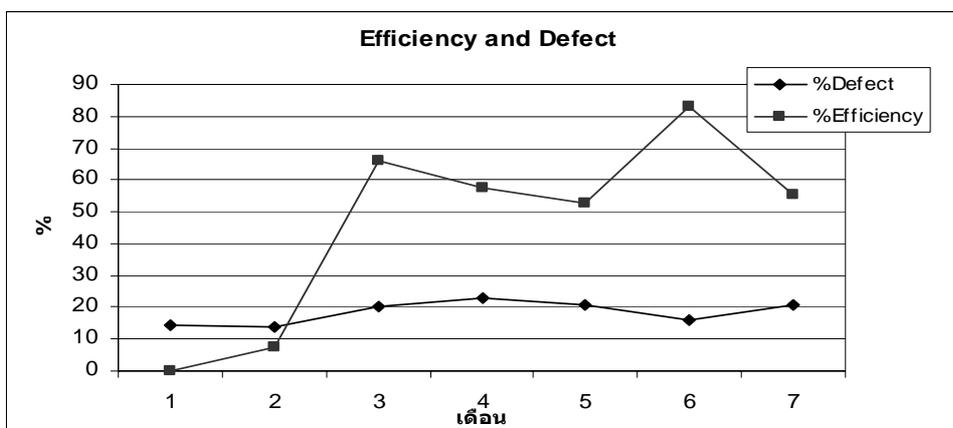
2.4 ค่าท่าทางผิดปกติ (OWAS)



ภาพที่ 77 แสดง ค่าท่าทางผิดปกติ (OWAS) ในการปรับปรุงแต่ละเดือน

เกือบทุกขั้นตอนมีค่าระดับคะแนนท่าทาง OWAS ลดลง เช่น ในขั้นตอนการเปิด SIDE และขั้นตอนการย้าย TOP CORE โดยลดลงร้อยละ 62.5 และ 50 ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองขั้นตอนได้มีการปรับปรุงลักษณะงานโดยการปรับเปลี่ยนลักษณะท่าทางในการยกชิ้นงาน

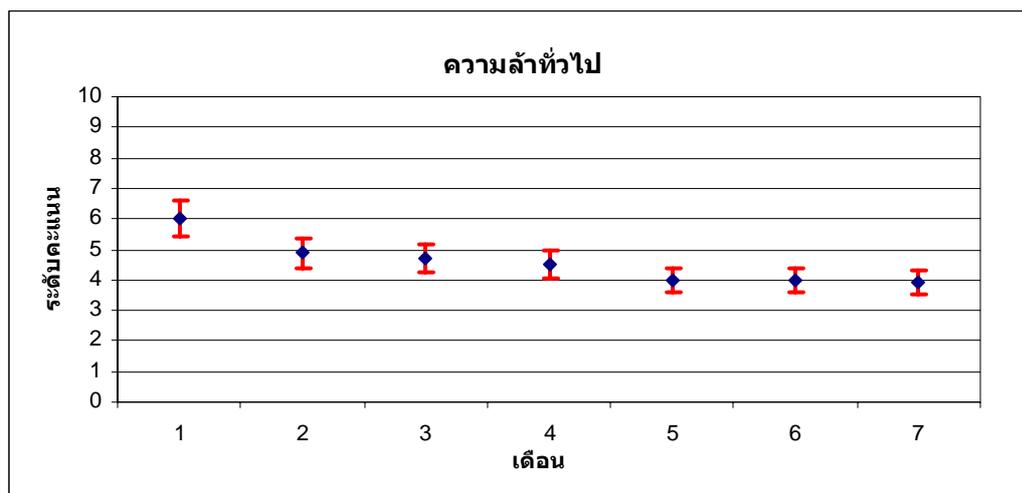
2.5 ประสิทธิภาพการผลิตและอัตราของเสีย



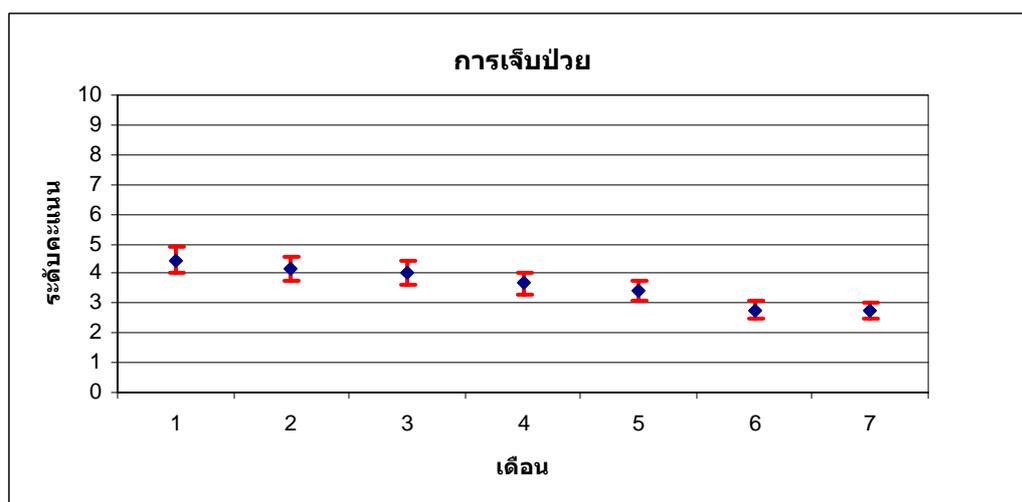
ภาพที่ 78_ แสดงค่าอัตราการผลิตและของเสียแต่ละเดือน

ประสิทธิภาพการผลิต (%Efficiency) ของมีแนวโน้มนำเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเสีย (% Defect) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงของระยะเวลาการทดลอง

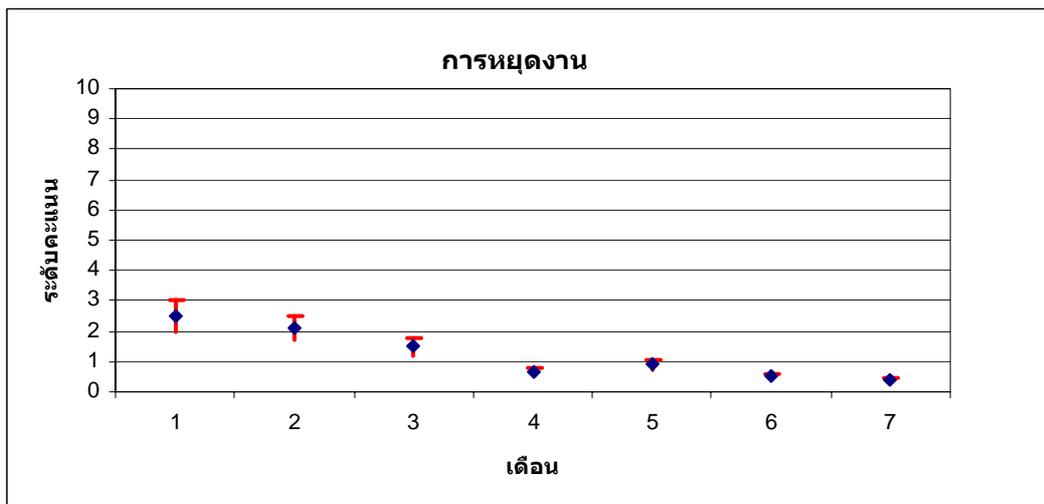
2.6 ค่าความล่า การเจ็บป่วย และการหยุดงาน



ภาพที่ 79 แสดงค่าความล่าทั่วไปเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน



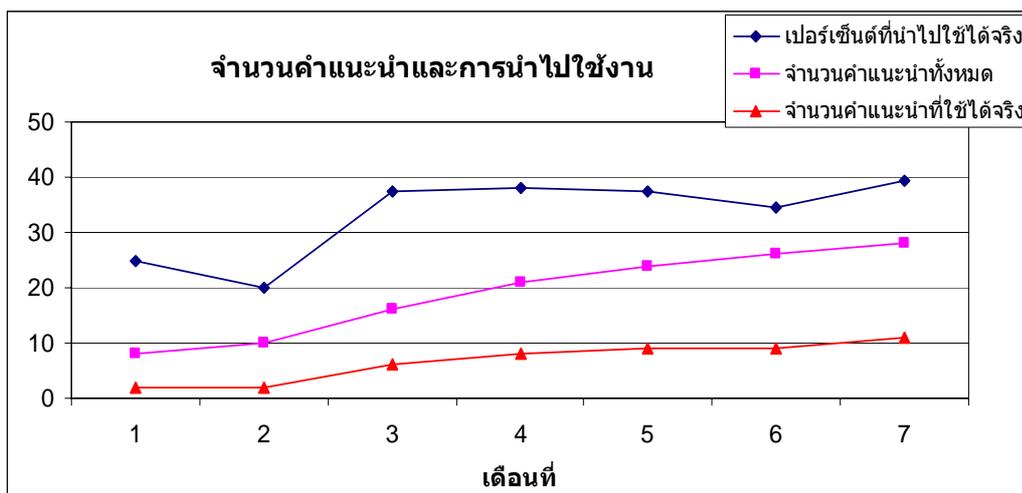
ภาพที่ 80 แสดงการเจ็บป่วยเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน



ภาพที่ 81 แสดงการหยุดงานเฉลี่ยของพนักงานแต่ละเดือน

จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานในกลุ่มการทดลอง ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานในกลุ่มการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่าระดับความล่า ระดับการเจ็บป่วย และระดับการหยุดงาน มีแนวโน้มที่ลดลงร้อยละ 35, 40 และ 84 ตามลำดับ

2.7 จำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งาน

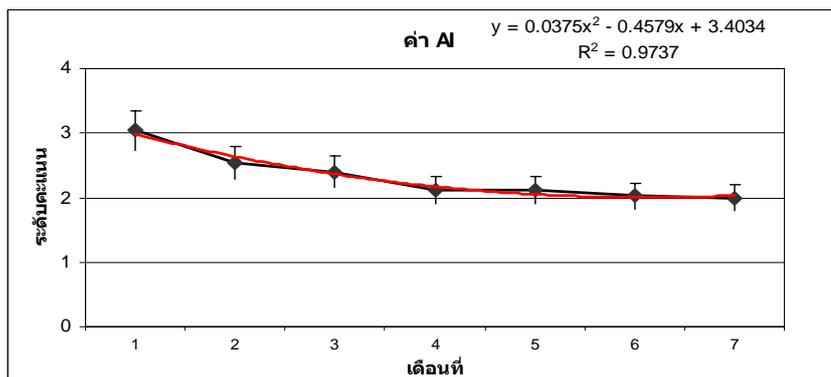


ภาพที่ 82 แสดงจำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งานแต่ละเดือน

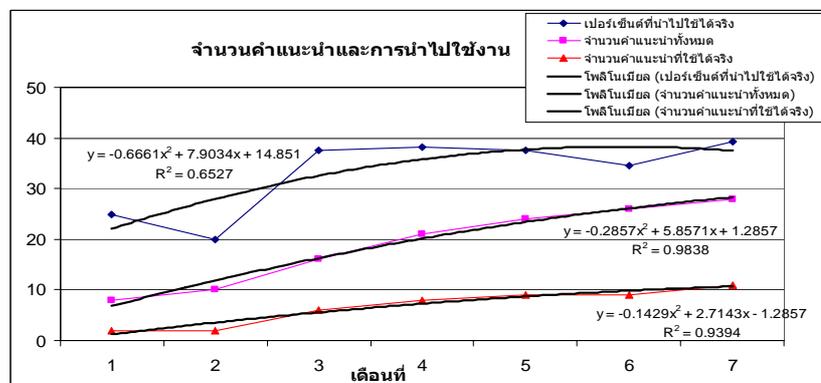
แนวโน้มของการนำคำแนะนำไปใช้งานนั้นพบว่าปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีมากในช่วงแรกๆ ซึ่งในการให้คำแนะนำนั้น โปรแกรมได้คำนวณและระบุค่าคาดหวังการปรับปรุง หรือ ผลต่อปัญหาจากการประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและผลกระทบต่อปัจจัยที่สร้างปัญหาด้วย

2.8 วิเคราะห์แนวโน้ม

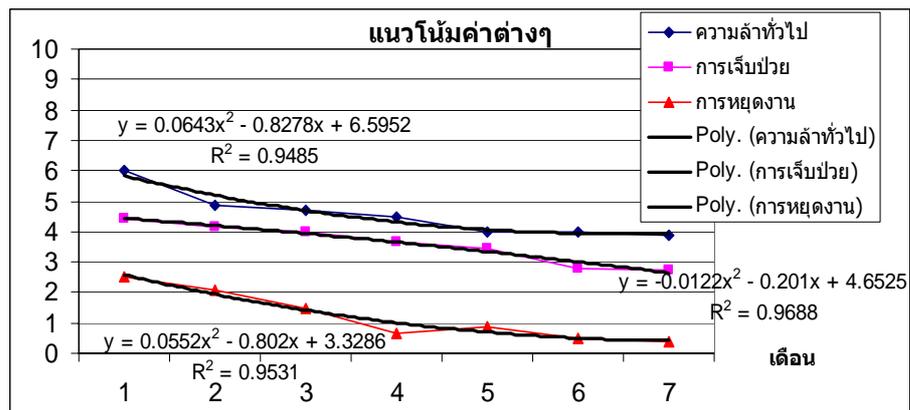
หากวิเคราะห์แนวโน้ม ค่า *AI* ค่า *LI* ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังบริเวณ *L5/S1* ค่าท่าทางผิดปกติ (*OWAS*) ค่าความล้า การเจ็บป่วย และการหยุดงาน จำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งาน ประสิทธิภาพการผลิต จะพบว่า การปรับปรุงในช่วงแรกๆ จะส่งผลมากกว่า ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการปรับปรุงในช่วงแรก ขณะที่มมีปัญหาหลายๆ จะเห็นผลอย่างรวดเร็ว ส่วนอัตราของเสียไม่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ดังภาพที่ 83 – 86



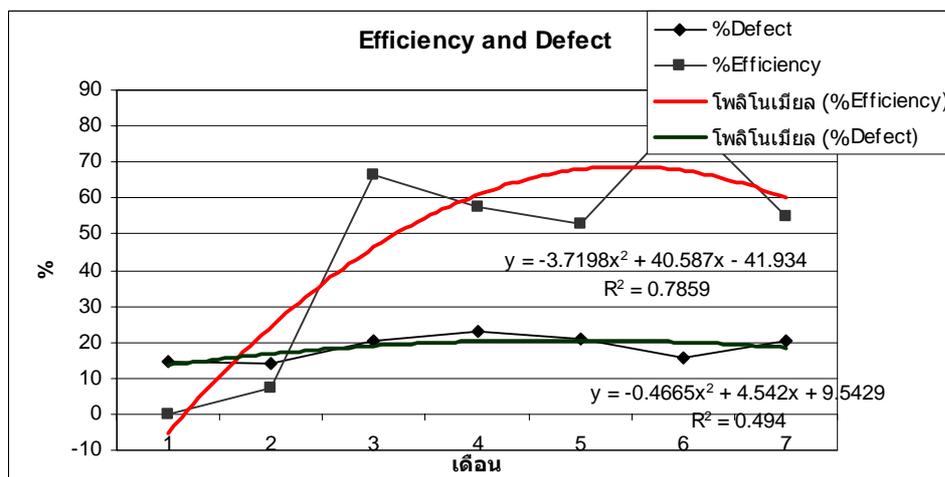
ภาพที่ 83 แสดงแนวโน้มของค่า *AI* ในเดือนต่างๆ



ภาพที่ 84 แสดงแนวโน้มของ จำนวนคำแนะนำและการนำไปใช้งานในแต่ละเดือน



ภาพที่ 85 แสดงแนวโน้มของ ความล่า การเจ็บป่วย และ การหยุดงานแต่ละเดือน



ภาพที่ 86 แสดงแนวโน้มของอัตราการผลิตและของเสียแต่ละเดือน

2.9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย

เมื่อนำตัวแปรต่างๆ ในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้แก่ จำนวนคำแนะนำ (RecNo) จำนวนคำแนะนำที่นำไปใช้งาน (RecUse) เปอร์เซ็นต์คำแนะนำที่นำไปใช้งาน (%RecUse), LI_o , LI_p ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง (BIO-M) คะแนน OWAS ค่าความล่า (Fatigue) การเจ็บป่วย (Injury_p) การหยุดงาน (Absent) ประสิทธิภาพการผลิต (%Efficiency) อัตราของเสีย (%Defect) ค่า AI แล้วได้ค่า ดังตารางที่ 40 และภาพที่ 87 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 40 ค่าตัวแปรต่างๆ ในแต่ละเดือน

Month	ปัจจัยกระทบ							ปัจจัยตอบสนอง					
	RecNo	RecUse	%RecUse	Lio	LId	BIO_M	OWAS	AI	Fatigue	Injury_p	Absent	%Defect	%Efficiency
1	8	2	25.00	1.38	1.62	4204	3.17	3.04	6.00	4.44	2.50	14.44	0
2	10	2	20.00	1.25	1.45	3970	2.67	2.54	4.89	4.14	2.10	14.05	7.29
3	16	6	37.50	1.06	1.13	3656	2.25	2.40	4.70	4.00	1.50	20.11	66.23
4	21	8	38.10	0.97	1.00	3439	1.92	2.13	4.50	3.67	0.67	22.8	57.78
5	24	9	37.50	0.85	0.91	3164	1.92	2.12	4.00	3.44	0.90	20.87	52.75
6	26	9	34.62	0.83	0.84	3027	1.83	2.02	4.00	2.78	0.50	15.84	82.95
7	28	11	39.29	0.78	0.81	2782	1.75	2.00	3.90	2.75	0.40	20.55	55.12

และเมื่อทำการวิเคราะห์ ค่าความสัมพันธ์ Correlation ได้ผลดังนี้

RecNo	Month	RecNo	RecUse	%RecUse	LIO	LId	BIO_M	OWAS
	0.982							
	0.000							
RecUse	0.957	0.988						
	0.001	0.000						
%RecUse	0.737	0.822	0.893					
	0.059	0.023	0.007					
LIO	-0.969	-0.990	-0.979	-0.830				
	0.000	0.000	0.000	0.021				
LId	-0.951	-0.983	-0.977	-0.858	0.995			
	0.001	0.000	0.000	0.013	0.000			
BIO_M	-0.997	-0.991	-0.973	-0.778	0.984	0.969		
	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000		
OWAS	-0.920	-0.955	-0.948	-0.831	0.977	0.987	0.940	
	0.003	0.001	0.001	0.021	0.000	0.000	0.002	
AI	-0.915	-0.935	-0.910	-0.745	0.961	0.966	0.929	0.990
	0.004	0.002	0.004	0.055	0.001	0.000	0.002	0.000
Fatigue	-0.918	-0.921	-0.886	-0.691	0.958	0.948	0.933	0.960
	0.004	0.003	0.008	0.086	0.001	0.001	0.002	0.001
Injury_p	-0.982	-0.949	-0.902	-0.639	0.925	0.907	0.966	0.869
	0.000	0.001	0.006	0.122	0.003	0.005	0.000	0.011
Absent	-0.944	-0.976	-0.967	-0.830	0.970	0.980	0.954	0.979
	0.001	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.001	0.000
%Defect	0.497	0.605	0.704	0.873	-0.632	-0.664	-0.553	-0.698
	0.256	0.150	0.078	0.010	0.128	0.104	0.198	0.081
%Effic.	0.762	0.824	0.825	0.842	-0.851	-0.892	-0.786	-0.875
	0.047	0.023	0.022	0.018	0.015	0.007	0.036	0.010

	AI	Fatigue	Injury_p	Absent	%Defect
Fatigue	0.979				
	0.000				
Injury_p	0.877	0.878			
	0.010	0.009			
Absent	0.962	0.911	0.912		
	0.001	0.004	0.004		
%Defect	-0.623	-0.548	-0.347	-0.663	
	0.135	0.203	0.445	0.104	
%Effic.	-0.835	-0.790	-0.743	-0.855	0.585
	0.019	0.035	0.056	0.014	0.168

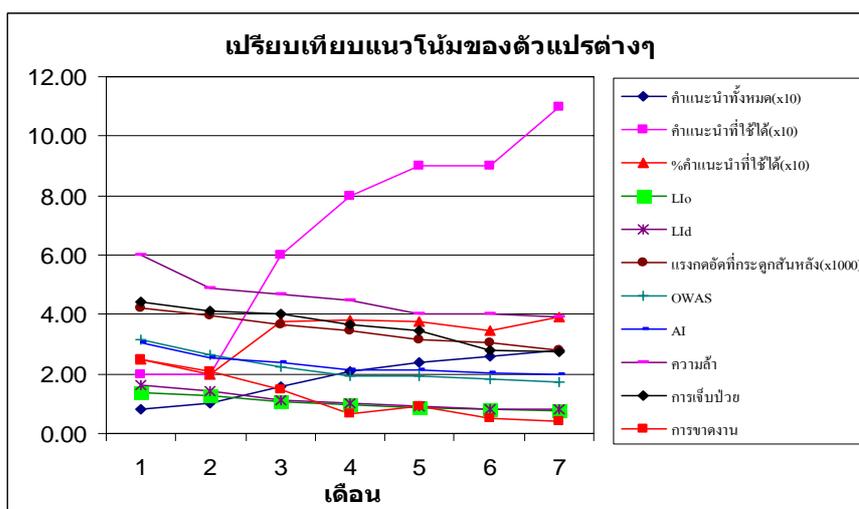
Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

เมื่อวิเคราะห์ในเชิงเหตุและผลแล้ว จึงกำหนดให้ AI เป็นปัจจัยตอบสนองโดยปัจจัยอื่นๆ เป็น ปัจจัยกระทบ และเมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ (Correlation) จะพบว่า ค่าที่มีผลต่อ AI มากที่สุด คือ ค่าจำนวนคำแนะนำ (RecNo), LI_o , LI_d ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง (BIO-M) และ คะแนน OWAS จึงทดลองวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบพหุ ได้ความสัมพันธ์ คือ

$$AI = - 0.22 + 0.0077 RecNo + 0.97 LI_o - 1.47 LI_d + 0.000159 BIO_M + 1.12 OWAS... (36)$$

โดยมีค่าความสัมพันธ์ R-Sq (adj) =94.9 %

ดังนั้นจึงควรใช้ค่าจำนวนคำแนะนำ (RecNo), LI_o , LI_d ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง (BIO-M) และ คะแนน OWAS เป็นตัวดัชนีวัดการปรับปรุงในเบื้องต้น



ภาพที่ 87 แสดงแนวโน้มของค่าปัจจัยในเดือนต่างๆ

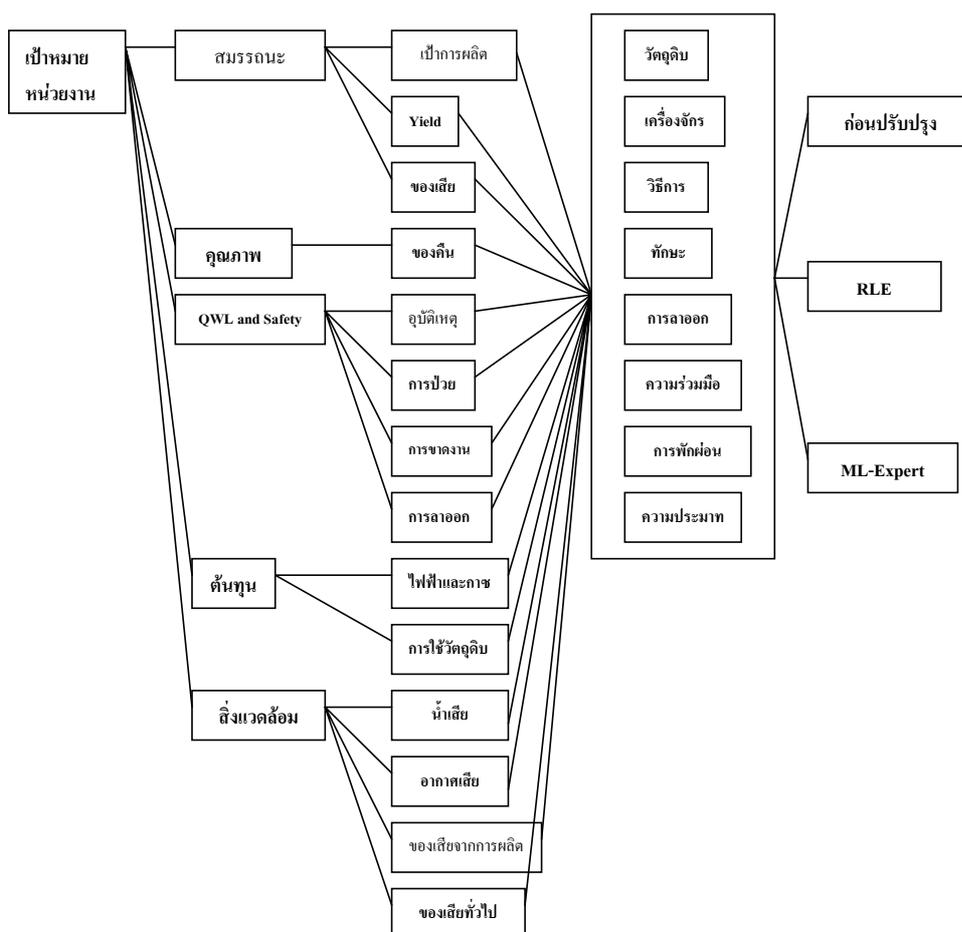
2.10 วิเคราะห์ผลกระทบของการปรับปรุงต่อเป้าหมายของหน่วยงาน

เมื่อทดลองใช้การประเมินผลกระทบต่อเป้าหมายของหน่วยงานในแต่ละด้าน โดยวิธี AHP สัมภาษณ์จากหัวหน้างาน 7 คน ในด้าน สมรรถนะ (T1) คุณภาพ (T2) คุณภาพชีวิตในการทำงาน และ ความปลอดภัย (QWL and Safety: T3) ต้นทุน (T4) และ สิ่งแวดล้อม (T5) พบว่า การใช้โปรแกรม ML-Expert มีผลต่อเป้าหมายขององค์กรแตกต่างจากวิธีอื่นเล็กน้อย (ระดับคะแนน 3) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือ

ก่อนปรับปรุง (A_1) = 0.153 (± 0.008)

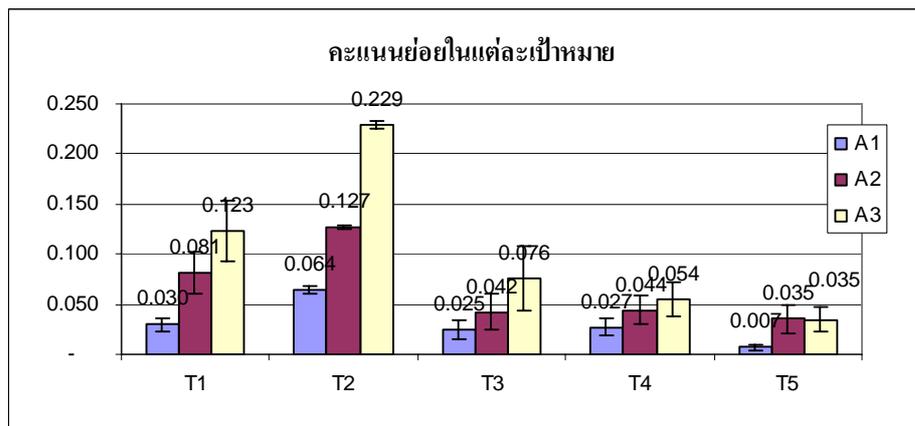
เมื่อใช้สมการ RLE (A_2) = 0.329 (± 0.004)

เมื่อใช้โปรแกรม ML-Expert (A_3) = 0.517 (± 0.009)

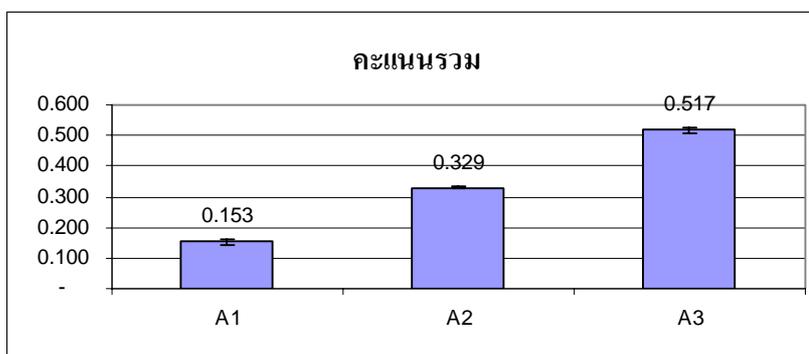


เป้าหมายหลัก (T₁-T₅) เป้าหมายย่อย (T₁₁-T₃₄) ปัจจัยที่ส่งผลแต่ละด้าน (F₁₁₁-F₃₄₁) ทางเลือกแต่ละวิธี (A₁-A₃)

ภาพที่ 88 ลำดับชั้นของเป้าหมายหลัก เป้าหมายย่อย และปัจจัยที่กระทบในการปรับปรุงแต่ละวิธี



ภาพที่ 89 ผลของคะแนนเมื่อแยกตามเป้าหมายแต่ละด้าน



ภาพที่ 90 คะแนนรวมของแต่ละวิธีในการปรับปรุงงาน

ตารางที่ 41 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0% CI	
					Lower	Upper
ก่อนปรับปรุง	7	0.15314	0.00752	0.00284	0.14619	0.16010
RLE	7	0.32943	0.00360	0.00136	0.32610	0.33276
ML-Expert	7	0.51671	0.00909	0.00343	0.50831	0.52512

ตารางที่ 42 ผลของการทดสอบทางสถิติ t-test ของโปรแกรม ML-Expert เทียบกับวิธีอื่นๆ

Compare with	T-Value	Degree of difference
ก่อนปรับปรุง	81.57	Significant at the 0.05 level (2-tailed)
RLE	50.70	Significant at the 0.05 level (2-tailed)

วิจารณ์ผล

ค่าปัจจัยเสี่ยงในงานยกของด้วยมือที่ได้จากการสำรวจ มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยในอดีตของ Dempsey (2003) และ Ciriello and Snook (1999) ดังแสดงในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 เปรียบผลการสำรวจค่าพารามิเตอร์ของงานยกของด้วยมือในงานวิจัยต่างๆ

ปัจจัยในงานยกของด้วยมือ	Dempsey (2003)	Ciriello and Snook (1999)	การศึกษานี้
น้ำหนักชิ้นงาน W (กก)	9.5	20.0	17.5
ระยะจากข้อมือในแนวตั้งจุดเริ่มยก V_o (ซม)	76.2	68.6	63.5
ระยะจากข้อมือในแนวตั้งจุดวาง V_d (ซม)	104.1	-	82.5
ระยะจากข้อมือในแนวราบจุดเริ่มยก H_o (ซม)	40.6	36.6	30.0
ระยะจากข้อมือในแนวราบจุดวาง H_d (ซม)	43.2	-	30.0
ระยะทางที่ยกในแนวตั้ง D (ซม)	30.5	45.7	37.0
มุมในการบิดตัวจุดเริ่มยก A_o (องศา)	10.1	-	15.0
มุมในการบิดตัวจุดวาง A_d (องศา)	15.1	-	15.0
ความถี่ในการยก F (ครั้งต่อนาที)	1.0	0.4	0.9

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง สามารถสร้างฐานความรู้ที่ประเมินงานยกของได้มากยิ่งขึ้นในด้านอุณหภูมิ และกลุ่มประชากรผู้ใช้ โดยระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้ เกิดจากการรวมกันของ ฐานกฎ (Rule Base) กับการตัดสินใจแบบมีโครงสร้าง (แผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ)

เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการปรับปรุงงานโดยใช้ค่าคาดหวังการปรับปรุงในงานวิจัยนี้ กับกระบวนการบริหารความเสี่ยง จะพบว่าคำแนะนำของ ML-Expert นี้ มีลักษณะครอบคลุมถึงการประเมินทางเลือกในการปรับปรุงของวงจรเต็มมิ่ง (PDCA) คือประเมินความเป็นไปได้ของการปฏิบัติตามแผนก่อนลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ได้ทางเลือกที่ดีก่อนปฏิบัติจริง ซึ่งกระบวนการบริหารความเสี่ยงทั่วไปยังไม่ได้กล่าวถึง ดังแสดงในภาพผนวกที่ ฅ1 และคล้ายกับการประเมินความเสี่ยงของ กิตติ (2544) ที่ อ้างถึง Fine (1977) ดังแสดงในภาคผนวก ฅ

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและ *TLI* (Threshold Lifting Index) (Karwowski et al., 1999) โดยที่ค่า *TLI* เป็นค่า Lifting Index ที่พัฒนาให้เหมาะสมกับความสามารถของกลุ่มประชากร ซึ่งใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จะพบว่ามีความแตกต่างกันเฉลี่ย 12.23 % ดังแสดงในตารางที่ 44

ตารางที่ 44 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและ *TLI* (Threshold Lifting Index)

เปอร์เซ็นต์ไคส์ที่	<i>PM</i> (จากการศึกษา)	<i>TLI</i> ($V < 75$ ซม.)	<i>TLI</i> ($V > 75$ ซม.)
5	3.05	-	-
10	2.81	2.90	2.35
25	2.45	-	-
50	2.03	1.95	1.67
75	1.61	-	-
90	1.25	1.00	1.00
95	1.00	-	-

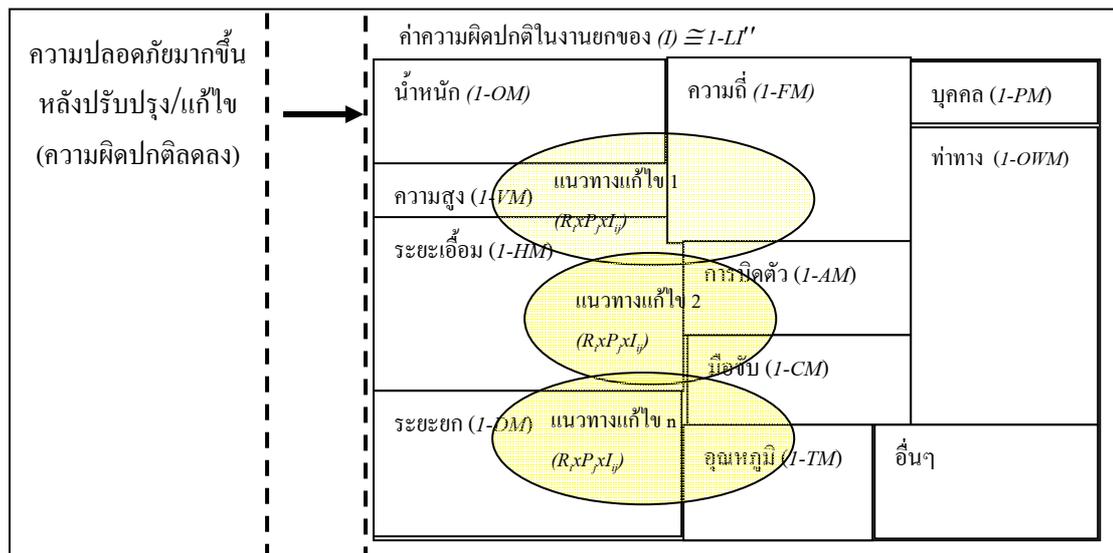
เมื่อเปรียบเทียบกับฐานความรู้อื่นๆ ในการประเมิน กับ ML-Expert ที่มีการเพิ่มปัจจัย อุณหภูมิ กลุ่มประชากรผู้ใช้ ท่าทาง และการประเมินค่าคาดหวังการปรับปรุงของทางเลือก สรุปได้ดังตารางที่ 45 รวมทั้งสามารถนำไปเปรียบเทียบได้กับตารางที่ 6 ที่ได้ประเมินไว้ก่อนแล้ว

ผลการทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ แสดงถึงสมรรถนะในการใช้งานที่ดีขึ้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นและวิธีเดิม รวมถึงการนำไปทดสอบการใช้งานจริง ก็แสดงถึงการเกิดภาวะความสบายในการทำงานขึ้นอย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาถึงแบบจำลองในการปรับปรุง จะพบว่าโปรแกรมสามารถประเมินระดับความผิดปกติลดลงหรือความปลอดภัยที่มากขึ้นหลังปรับปรุง ทำให้สามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมได้ดังภาพที่ 91 ส่วนการใช้งานปัจจัยหรือดัชนีที่ได้จากโปรแกรมของผู้เกี่ยวข้องแต่ละส่วนงาน คือ พนักงาน หัวหน้างาน และผู้บริหาร อาจแยกการใช้งานตามระดับของการตัดสินใจได้ดังตารางที่ 46

ตารางที่ 45 ML-Expert เปรียบเทียบกับฐานความรู้อื่นๆ

โปรแกรม	เป้าหมาย	แบบจำลอง	แบบจำลองสถานการณ์งาน	ลักษณะงาน	การวิเคราะห์	ผู้ใช้	
		คน					
ERGO	ประเมิน	แสดงผลเป็น	ระยะแนวราบ, ระยะ	ความถี่ของการ	<i>RLE</i>	ผู้ใช้ทั่วไป	
EASER	สถานการณ์	รูปภาพ	แนวตั้ง, ระยะการยก	ยก		วิศวกร	
(DOE, และให้			น้ำหนักชิ้นงานและ			และ	
1995)	คำแนะนำ		ลักษณะมือจับ			นักศึกษา	
3DSSPP	การวิเคราะห์	แสดงผลเป็น	ระยะทาง ทิศทาง	แรง (น้ำหนัก	ชีวกลศาสตร์	ผู้ใช้ทั่วไป	
(Michigan	ชีวกลศาสตร์	รูปภาพ		ของวัตถุ)		วิศวกร	
University	3 มิติ	3 มิติ		แรงที่กระทำ		และ	
2001)				ต่อข้อต่อ		นักศึกษา	
ML-Expert	ประเมินและให้คำแนะนำงานยกของด้วยมือจัดลำดับแผนการปรับปรุงแต่ละแนวทาง	แสดงผลเป็นรูปภาพและคำแนะนำกลุ่มประชากรผู้ใช้ท่าทาง	ระยะแนวราบ, ระยะแนวตั้ง, ระยะการยกน้ำหนักชิ้นงานและลักษณะมือจับ	ความถี่ของการยก การเดิน อุณหภูมิ	<i>RLE'</i> (ปรับเพิ่ม อุณหภูมิ และกลุ่มประชากร), <i>OWAS</i> , ข้อบังคับ, มาตรฐาน, ประเมินค่าคาดหวังการปรับปรุงการลดความเสี่ยง	ผู้ใช้ทั่วไป วิศวกร และนักศึกษา	



ภาพที่ 91 แบบจำลองของความผิดปกติที่ลดลงหลังการปรับปรุงงาน

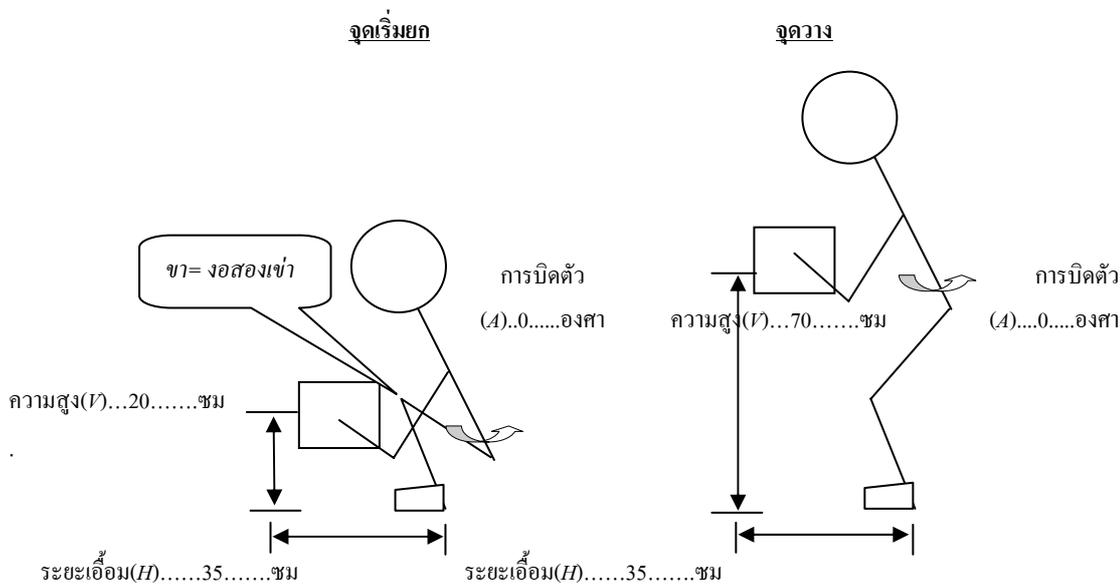
ตารางที่ 46 การใช้งานดัชนีที่ได้จากโปรแกรมของผู้เกี่ยวข้องแต่ละส่วน

ตัวชี้วัด	ผู้เกี่ยวข้อง	ความหมาย	ใช้ในการตัดสินใจ
LI' , ตัวคุณ, ทำทาง, คำแนะนำ	พนักงาน	ความปวดเมื่อย, ความสบายในการทำงาน	ใช้ในการปฏิบัติงานให้ถูกต้อง, ใช้ในการปรับปรุงงาน
LI' , ตัวคุณ, ทำทาง, คำแนะนำ, ค่าคาดหวังการปรับปรุง	หัวหน้างาน	ความปวดเมื่อย, ความสบายในการทำงาน, ระดับการลดลงของปัญหา	ใช้ในการปรับปรุงงาน, ผลต่อตัวชี้วัดในองค์กร, ผลสัมฤทธิ์ของแผนการปรับปรุงงาน
ค่าคาดหวังการปรับปรุง	ผู้บริหาร	ระดับการลดลงของปัญหา เช่น การปวดเมื่อย เจ็บป่วย การขาดงาน ประสิทธิภาพการผลิต	ผลต่อตัวชี้วัดในองค์กร, ผลสัมฤทธิ์ของแผนการปรับปรุงงาน

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ในภาคผนวก ๓ ร่วมกับไบบันทึกรการปรับปรุงฯ ในภาคผนวก ๓ หลังจากการป้อนข้อมูล จะได้ผลเบื้องต้น (ก่อนปรับปรุง) ดังต่อไปนี้

แนวทางปรับปรุงนั้นพิจารณาจากดัชนีการยก LI'' ($LI'' = 1/LI'$) (ในตารางที่ 47) ว่ามีค่าน้อยกว่า 1 มากเพียงใด ในตัวอย่างนี้ $LI'' = 0.78$ ซึ่งใกล้กับจุดวิกฤต (หากค่าต่ำกว่า 0.71 จะทำให้ระดับการเจ็บป่วยและหยุดงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วดังภาพที่ 51 หน้า 92) จากนั้นจึงพิจารณาตัวคุณที่มีค่าน้อยกว่า 1 มากที่สุด เพราะจะส่งผลกระทบต่อ LI'' ในตัวอย่างนี้พบว่า ตัวคุณระยะจากข้อมือในแนวราบ (HM) และ ตัวคุณทำทาง $OWAS$ (OWM) มีค่าน้อยที่สุดคือ 0.71 และ 0.75 ตามลำดับ (ผลที่ได้จากโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ๓ หน้า 261) หมายความว่าปัจจัยผิดปกติที่ไม่เหมาะสมและควรพิจารณาปรับปรุงมากที่สุดคือ ระยะแนวราบและทำทาง (ภาพที่ 92 และ ตารางที่ 47) ซึ่งมีระดับความผิดปกติ คือ $1-HM$ และ $1-OWM$ เท่ากับ 0.29 (29%) และ 0.25 (25%) ตามลำดับ

เมื่อได้ปัจจัยที่ควรปรับปรุงคือ HM และ OWM แล้ว จะพิจารณาเลือกแนวทางการปรับปรุงในแต่ละปัจจัยดังกล่าว โดยจะพิจารณาเรียงลำดับแต่ละแนวทาง ตามค่าคาดหวังการปรับปรุง ซึ่งโปรแกรมจะนำค่า $1-HM$ และ $1-OWM$ ไปคูณกับค่าความเป็นไปได้ในการปรับปรุงและผลกระทบต่อปัจจัยระยะเอื่อม H และปัจจัยทำทาง $OWAS$ ในไฟล์ Dtree.txt (ภาคผนวก ๓ หน้า 280) ทำให้ได้ค่าคาดหวังการปรับปรุงดังตารางที่ 48 (ภาคผนวก ๓ หน้า 256)



ภาพที่ 92 ภาพงานยกของเพื่อแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าจากโปรแกรม

ตารางที่ 47 ตัวอย่างสรุปผลเบื้องต้นจากโปรแกรม

ปัจจัย	ค่าปัจจัยที่ป้อน		ตัวคูณ (และผลลัพธ์)	
	จุดเริ่มยก	จุดวาง	จุดเริ่มยก	จุดวาง
น้ำหนักชิ้นงาน W (กก)	15	15	1.00	1.00
ชาติ และ เงื่อนไข	ไทย เพศชาย ผู้ใหญ่		HM_v	ผ่าน
ระยะจากข้อมือในแนวราบ H (ซม)	35	35	0.71	0.71
ระยะจากข้อมือในแนวตั้ง V (ซม)	20	70	0.84	HM_v 0.98
ความถี่ในการยก F (ครั้งต่อนาที)	1	1	0.94	0.94
มุมในการบิดตัว A ($^{\circ}$)	0	0	1.00	1.00
ลักษณะมือจับ	ดี	ดี	1.00	1.00
อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	25	25	1.00	1.00
ท่าทาง $OWAS$	หลัง=ตรง แขน=ต่ำกว่าไหล่ 2 ข้าง ขา=งอสองเข่า		OWM 0.75	
น้ำหนักที่แนะนำ RWL'	-	-	11.73	13.84
ดัชนีการยก $L1''$ ($L1''=1/L1'$)	-	-	0.78	0.93

ตัวอย่างการคำนวณค่าคาดหวังการปรับปรุง ของปัจจัยระยะเอื่อม H สำหรับแนวทางการปรับปรุงตามแนวทางแรก มีการคำนวณดังนี้ (สำหรับแนวทางเลือก “สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง” ในตารางที่ 48 ถ้าค่าคาดหวังการปรับปรุงของทางเลือกอื่นมีค่าเท่ากันดังตัวอย่างที่ทีมงานปรับปรุงควรพิจารณาทบทวนทางเลือกจากผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายอีกครั้ง แล้วจึงตัดสินใจจัดลำดับในการเลือกนำไปใช้อีกครั้งหนึ่ง)

$$\text{ค่าคาดหวังการปรับปรุง} = 0.29 \times 0.70 \times 0.70 = 0.14 = 14 \%$$

โดยมีที่มาดังนี้ ค่า $1 - HM = 0.29$ (29% จากที่คำนวณในช่วงแรก) ค่าความเป็นไปได้ในการปรับปรุง $= 0.70$ และผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง $= 0.70$ (ในทางเลือกที่ 83 ภาคผนวก ๓ หน้า 284) ส่วนแนวทางการปรับปรุงอื่นๆ ก็คำนวณในลักษณะเดียวกัน ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 48

ความหมายของ ค่าคาดหวังการปรับปรุง 14 % หมายถึง หากปฏิบัติตามแนวทางนี้อย่างครบถ้วน จะสามารถลดลงได้ 14% จากระดับความผิดปกติของปัจจัยระยะเอื่อม H คือ 29% หรือ 0.29 ($1 - HM$) ในที่นี้มีเป็นเกือบครึ่งหนึ่งของความผิดปกติที่มีอยู่ ซึ่งหากพิจารณาผลในด้านการบริหาร พบว่าจะส่งผลต่อการลดลงของการหยุดงาน (Number of Lost Days) ดังภาพที่ 51 หน้า 92

แต่เนื่องจากค่าคาดหวังการปรับปรุงของแต่ละแนวทางมีความไม่เป็นอิสระ และคาบเกี่ยวต่อกัน (Intersection) ทำให้เมื่อปฏิบัติหลายแนวทางแล้วไม่สามารถนำค่าคาดหวังการปรับปรุงเหล่านั้นมารวมกันเป็นผลลัพธ์ได้ (ต้องทำตามแนวทางนี้จนสำเร็จแล้วจึงประเมินใหม่ จึงจะได้ค่าจริง) ซึ่งในที่นี้จะใช้เพื่อจัดลำดับสำหรับเลือกแนวทางที่มีศักยภาพในการจัดทำแผนการปรับปรุงต่อไปเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การประเมินผลภาพรวมของการปรับปรุงจากค่า LI' สามารถทำได้โดยทดลองป้อนค่าปัจจัยที่คาดว่าจะทำได้หลังการปรับปรุง (ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป)

เมื่อพิจารณารายละเอียดแนวทางการปรับปรุงในแต่ละปัจจัยแล้ว สามารถเลือกนำไปจัดทำแผนการปรับปรุงต่อไปได้ โดยพิจารณาเลือกแนวทางที่มีค่าคาดหวังการปรับปรุงมากที่สุดจากที่ได้ในโปรแกรมในเบื้องต้น ซึ่งทำให้ได้แนวทางที่ชัดเจนสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเป็นรูปธรรม

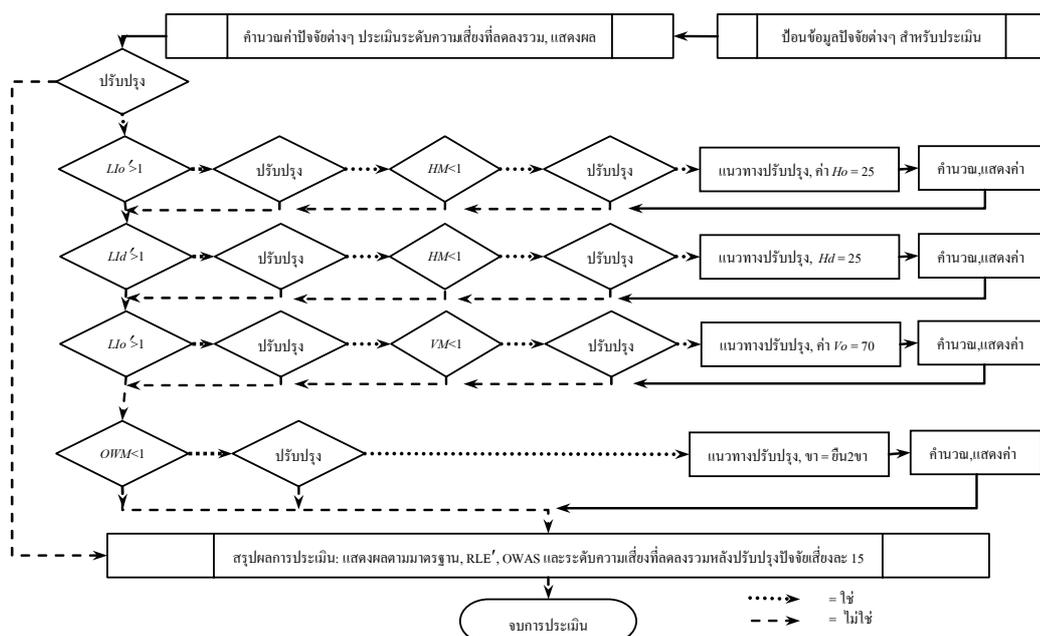
ตารางที่ 48 ตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและค่าคาดหวังการปรับปรุงจากโปรแกรม

แนวทางปรับปรุง	ค่าคาดหวังการปรับปรุง (%)	ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง (%)	ผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง (%)
สำหรับปัจจัยเสี่ยง H ($1 - HM = 0.29$)			
สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง	14.00	70.00	70.00
กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	14.00	70.00	70.00
ใช้หลักของการยศาสตร์	14.00	70.00	70.00
หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรระวัง	14.00	70.00	70.00
มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอขึ้น	14.00	70.00	70.00
พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	12.00	70.00	60.00
การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	12.00	70.00	60.00
ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	12.00	70.00	60.00
ใช้วิดีโอประกอบ	12.00	70.00	60.00
ลดการยึดตัวตลอดวัน	10.29	60.00	60.00
ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	10.29	60.00	60.00
ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	10.29	60.00	60.00
กระจายข้อความและแผ่นป้าย	10.29	60.00	60.00
ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	10.29	60.00	60.00
มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	10.29	60.00	60.00
สำหรับปัจจัยเสี่ยง $OWAS$ ($1 - OWM = 0.25$)			
มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอขึ้น	12.25	70.00	70.00
กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	12.25	70.00	70.00
สวมใส่เสื้อผ้าที่พอดี	12.25	70.00	70.00
มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ดี	12.25	70.00	70.00
ใช้หลักของการยศาสตร์	12.25	70.00	70.00
หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรระวัง	12.25	70.00	70.00
ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	10.50	70.00	60.00
ใช้วิดีโอประกอบ	10.50	70.00	60.00
มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	10.00	80.00	50.00
ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	9.00	60.00	60.00
ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	9.00	60.00	60.00
กระจายข้อความและแผ่นป้าย	9.00	60.00	60.00
ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	9.00	60.00	60.00

ตารางที่ 48 (ต่อ)

แนวทางปรับปรุง	ค่าคาดหวังการปรับปรุง (%)	ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง (%)	ผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง (%)
สำหรับปัจจัยเสี่ยง <i>OWAS</i> ($1 - OWM = 0.25$)			
มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	9.00	60.00	60.00
มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	9.00	60.00	60.00

นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถประเมินผลลัพธ์หลังการปรับปรุง จากการทดลองป้อนค่าที่เป็นไปได้ โดยการป้อนค่าปัจจัยที่คาดว่าจะได้รับหลังจากการปรับปรุงแต่ละด้าน เพื่อประเมินผลลัพธ์ของการปรับปรุงงาน ตามขั้นตอนปฏิบัติงานในภาพที่ 93 ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้ ได้เปลี่ยนค่า H จาก 35 ซม เป็น 25 ซม ทำทาง จาก “ข้างอสองขา” เป็น “ยืนตรง 2 ขา” และค่า V จาก 20 ซม เป็น 70 ซม ตามที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข หน้า 261-272



ภาพที่ 93 ตัวอย่างขั้นตอนการปรับปรุงงาน

จะได้ผลลัพธ์ดังหน้าที่ 277-278 ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 49 คือได้สภาพงานที่ปลอดภัยทั้งจุดเริ่มยกและจุดวาง โดย $LII' = 1.00$ รวมทั้งทำทางที่เหมาะสม ($OWM = 1$) โดยระบบ ML- Expert จะพิจารณาการปรับปรุงตามกฎที่สอดคล้องกับค่า $LII' < 1$ และตัวคุณน้อยกว่า 1 (ในโปรแกรมใช้ $LII' > 1$ เนื่องจากผู้มีความคุ้นเคย) หากไม่มีสภาพผิดปกติ จะจบการปรับปรุง ดังเช่นในกรณีนี้คือ

เมื่อ $LI'' < 1$ จะไม่สนใจการปรับปรุงอีก แม้ FM และ VM จะมีค่าน้อยกว่า 1 ก็ตาม (ดังภาพที่ 93 และตารางที่ 49)

ตารางที่ 49 ตัวอย่างผลที่คาดว่าจะได้รับหลังปรับปรุงจากการประเมินโดยโปรแกรม

ปัจจัย	ค่าปัจจัยที่ป้อน		ตัวคูณ (และผลลัพธ์)	
	จุดเริ่มขย	จุดวาง	จุดเริ่มขย	จุดวาง
น้ำหนักชิ้นงาน W (กก)	15	15	1.00	1.00
ชาติ และ เงื่อนไข	ไทย เพศชาย ผู้ใหญ่		ผ่าน	
ระยะจากข้อมือในแนวราบ H (ซม)	25	25	VM_o 1.00	VM_d 1.00
ระยะจากข้อมือในแนวตั้ง V (ซม)	70	70	0.98	0.98
ความถี่ในการยก F (ครั้งต่อนาที)	1	1	FM_o 0.94	FM_d 0.94
มุมในการบิดตัว A ($^{\circ}$)	0	0	1.00	1.00
ลักษณะมือจับ	ดี	ดี	1.00	1.00
ท่าทาง $OWAS$	หลัง=ตรง แขน=ต่ำกว่าไหล่ 2 ซ้ำง ขา=ยืนตรงสองขา		1.00	1.00
อุณหภูมิ T ($^{\circ}C$)	25	25	1.00	1.00
น้ำหนักที่แนะนำ RWL' (กก)	-	-	21.30	21.30
ดัชนีการยก LI'' ($LI''=1/LI'$)	-	-	1.00	1.00

หากพิจารณาในลักษณะผลประโยชน์ต่อการลงทุน โดยมองความเป็นไปได้หรือความยากง่ายเป็นต้นทุน โดยพิจารณาจากจากสมการเดิม คือ

$$\text{ค่าคาดหวังการปรับปรุง } T_{ij} (\%) = P_j \times I_{ij} \times R_i \quad (\text{สมการที่ 35})$$

แล้วกำหนดให้ $1-P_j$ เป็นความต้องการทรัพยากร (Resource Demand: D) จากนั้นคิดอัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร (Benefit to Resource Demand: B/D) (รายละเอียดทำการวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ค) จะพบว่าการจัดลำดับโดยใช้เงื่อนไขใหม่นี้ ทางเลือกที่ดีหมายถึงทางที่เป็นไปได้และได้ผลมากโดยที่ใช้ทรัพยากรน้อยๆ ดังนั้นจึงเลือกแนวทางที่อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากรมีค่าที่สุดไปปรับปรุง ซึ่งจะสอดคล้องกันกับวิธีเดิม อย่างไรก็ตาม ด้ผลการคำนวณนี้ ก็ยังไม่สามารถนำค่าการปรับปรุงที่ได้ทุกแนวทางมารวมกันได้ เนื่องจากการ

ปรับปรุงของแต่ละแนวทางมีความไม่เป็นอิสระและคาบเกี่ยวต่อกัน (Intersection) ตามที่กล่าวข้างต้น (ต้องทำตามแนวทางนี้จนสำเร็จแล้วจึงประเมินใหม่ จึงจะได้ค่าจริง)

จากการเก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ทำให้สามารถจัดกลุ่มของค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยหรือดัชนี ได้ดังนี้

- 1) LI'' ไม่ควรมีน้อยกว่า 1 หากน้อยกว่า 1 ต้องทำการแก้ไข
- 2) LI'' หากมีค่าน้อยกว่า 0.71 จะต้องทำการแก้ไขโดยทันที เนื่องจากจะทำให้การเจ็บป่วยและการหยุดงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- 3) ตัวคุณ ตัวใดตัวหนึ่งหากมีค่า น้อยกว่า 0.70 ต้องรีบทำการแก้ไขทันที เพราะจะทำให้ LI'' น้อยกว่า 0.71 ซึ่งเป็นค่าวิกฤต ทำให้อัตราการเจ็บป่วยและหยุดงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- 4) หากตัวคุณใดๆ มีค่าน้อยกว่า 0.90 ควรเริ่มทำการแก้ไข เพราะจากการสำรวจพบว่า ตัวคุณที่ส่งผลต่อค่า LI'' มาก คือ $HM VM FM$ ซึ่ง ส่วนใหญ่จะมีค่า 0.90 -1.00 ทำให้เมื่อสามค่านี้คูณกัน ได้ประมาณ 0.70 ซึ่งทำให้ LI'' เป็นค่าวิกฤต แม้ตัวคุณอื่นจะเท่ากับ 1 ก็ตาม
- 5) จากกรณีที่ $HM VM FM$ ที่มักจะมามีค่า 0.90 -1.00 และเมื่อสามค่านี้คูณกัน ได้ประมาณ 0.70 นั้น ทำให้ค่า OM ต้องเริ่มพิจารณาปรับปรุงตั้งแต่ที่ 16.10 กก ($23 * 0.70$) แทนที่จะเป็น 23 กก ตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่มาของสมการตัวคุณ

ในการใช้งานโปรแกรมนี้ จะใช้ค่า LI' เนื่องจากผู้ใช้มีความคุ้นเคยกับค่า LI และ LI' อยู่ก่อน ในอนาคตหากแนะนำ LI'' ให้เป็นที่รู้จักอาจเปลี่ยนมาใช้ LI'' ต่อไป ส่วนการหาแนวทางปรับปรุงนั้นอาจจะพัฒนาต่อไปให้ได้แนวทางที่ชัดเจนมีความคาบเกี่ยวต่อกันน้อยลงและเป็นอัตโนมัติมากขึ้น

นอกจากนั้น ในอนาคตควรหาวิธีการรวมการประเมินท่าทาง เข้าไว้กับสมการ RLE เนื่องจากท่าทางที่ผิดปกติมีผลต่อการเจ็บป่วย และสมการ RLE ไม่สามารถประเมินได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การสำรวจ

จำนวนโรงงานที่ทำการสำรวจท่าทางการยกของด้วยมือ ทั้งหมด 7 โรงงาน มีท่าทางการยก 31 ประเภท งาน เป็นเพศชายเกือบทั้งหมดคือ 78 คน เป็นเพศหญิงเพียง 3 คน

การสำรวจงานยกของด้วยมือพบว่า น้ำหนักที่ยกเฉลี่ย 17.5 กก. ความสูงเฉลี่ย 63.9 ซม. ระยะการยกเฉลี่ย 37.8 ซม ความถี่ในการยกเฉลี่ย 0.9 ครั้งต่อนาที เป็นงานที่ค่อนข้างหนัก โดยมีค่า *RWL* เฉลี่ย 13.2 กก. ค่า *LI* เฉลี่ย 1.4 สภาพในงานยกของด้วยมือส่วนใหญ่มีรูปแบบอยู่นอกข้อจำกัดการประเมินที่ใช้อาศัยคือ เป็นการยกและเดินช่วงสั้นๆ จำนวน 30 งาน เป็นการยกสองคน จำนวน 13 งาน อุณหภูมิ เฉลี่ย เป็น 29.8 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 58.2 % ปัจจัยต่างๆ ใกล้เคียงกับการสำรวจในต่างประเทศ ดังตารางที่ 43 (งานยกที่สำรวจครั้งนี้ จะเป็นงานยกที่เป็นงานหนักเป็นส่วนใหญ่)

2. การทดลอง

จากการทดลองโดยใช้แนวทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา และจิตฟิสิกส์ เพื่อทดสอบและพัฒนาสมการ สรุปได้ดังนี้

2.1 จากการทดสอบกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง แขน ขา ไหล่ มือ และกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของผู้ถูกทดสอบทุกคนพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ไตล์ที่ 5 ถึง เปอร์เซ็นต์ไตล์ที่ 95 ของกำลังสถิติที่ได้จากกลุ่มประชากรภาคอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่ศึกษาโดยกิตติ และคณะ (2531) อาจกล่าวได้ว่าผู้ถูกทดสอบทุกคนในงานวิจัยนี้มีกำลังสถิติไม่ต่างจากกลุ่มประชากรอาชีพอุตสาหกรรม

2.2 จากการทดสอบตามปัจจัยที่ได้กำหนดทุกปัจจัย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณตามแนวทางชีวกลศาสตร์พบว่าในสภาวะสถิตค่าและสภาวะพลวัต เมื่อทำการเปรียบเทียบพบว่า

การคำนวณในสภาวะพลวัตให้ค่าแรงกดอัดสูงสุดสูงกว่าในสภาวะสถิตทุกการทดลอง แต่มีบางช่วงในขณะยกภาระงานที่ค่าแรงกดอัดจากการคำนวณในสภาวะสถิตสูงกว่าในสภาวะพลวัต

2.3 จากการเปรียบเทียบค่าแรงกดอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างตามมาตรฐานของ NIOSH จะได้น้ำหนักที่ยกแล้วทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานตามสมการ $W_{AL} = 15.060 - 0.052H - 0.612F + 2.359L + 0.889M$ และไม่ควรยกภาระเกินน้ำหนักที่คำนวณได้ตามสมการ $W_{MPL} = 40.701 - 0.052H - 0.612F + 2.359L + 0.889M$

2.4 จากผลการทดลองในแนวทางสรีระวิทยา แล้ววิเคราะห์ผลโดยใช้การประมาณค่าถดถอยแบบพหุและประมาณค่าที่ $MAW = 29\%$ ของ VO_{2max} (Legg และ Pateman, 1985) ได้สมการสรีระวิทยารวม คือ $\%VO_{2max} = -45.7 + 0.735 Temp. + 1.16 Weight + 0.126 Height + 4.93 Freq + 7.45 People$ มี และได้ $MAW = 68.40 - 0.11 Height - 4.66 Freq - 0.63 Temp - 6.42 People$

2.5 ผลการทดลองหาความสามารถในการยกของด้วยมือ ที่สภาวะต่างๆ ตามเกณฑ์ทางด้านชีวกลศาสตร์ สรีระวิทยา และจิตฟิสิกส์ พบว่าค่าความสามารถในการยกของชายไทยมีค่าใกล้เคียงกับชาวตะวันตก

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการยกของด้วยมือ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามสมการ $STD = 0.802 + 0.308 * MAW_{50\%}$ (ค่าความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 85.4%) จึงทำให้สามารถประมาณค่าความสามารถตามกลุ่มประชากรต่างๆ ได้กว้างยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสมการ RLE มีความสัมพันธ์ กับค่าเปอร์เซ็นต์ไคล์ที่ 95 ของตารางของ Mital โดยมีความสัมพันธ์เป็น $MAW_{95\%} = 0.818 + 0.957 * RWL$ (ค่าความสัมพันธ์ R-Sq(adj) = 76.3%) ทำให้สามารถประมาณค่าตัวคุณต่างๆ ได้ตามสมการของ Mital เช่น ตัวคุณด้านอุณหภูมิ ความสามารถประชากร เป็นต้น ในด้านความแตกต่างด้านการยกและยกเดี่ยว พบว่า การยกจะมีความสามารถเพิ่มขึ้นตามเกณฑ์ด้านชีวกลศาสตร์จิตฟิสิกส์ แต่จะมีค่าลดลงตามเกณฑ์ทางด้านสรีระวิทยา

3. พัฒนาโปรแกรม

จากฐานความรู้ที่เดิมและฐานความรู้ที่ได้ใหม่ จึงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญด้วย *JESS* (Java Expert System Shell) ที่ประกอบด้วยเกณฑ์หลักคือ *RLE'* (สำหรับประเมินปัจจัยเสี่ยงต่างๆ) *OWAS* (สำหรับประเมินท่าทางที่อันตราย) มาตรฐานที่ต้องการประเมิน และคำแนะนำต่างๆ ในรูปของกฎ และแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree Diagram) ให้ประเมินผลครอบคลุมการใช้งานมากขึ้นและสามารถประเมินค่าคาดหวังการปรับปรุงของทางเลือกในการปรับปรุงให้ชัดเจน อันนำไปสู่การปรับปรุงงานในที่มีประสิทธิภาพ

ML-Expert ที่พัฒนาโดย “*JESS*” (Java Expert System Shell) ใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ML-Expert ถูกออกแบบให้ทำงาน: (1) กำหนดให้หน้าหน้าที่เหมาะสมสามารถทำงานได้ภายใต้มาตรฐาน หรือกฎหมาย, (2) จัดเตรียมข้อเสนอแนะหรือการค้นหาเพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บให้น้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จาก ML-Expert จะประกอบด้วยการค้นหา กลุ่มคำแนะนำ การทดสอบ ML-Expert พบว่าใช้งานง่าย (User-Friendliness) นอกจากนั้นยังมีความยืดหยุ่น สามารถใช้งานได้จริง และใช้งานกับระบบเครือข่ายได้

จากการเปรียบเทียบในเบื้องต้นกับโปรแกรม ErgoEASER และ 3DSSPP พบว่า ML-Expert ใช้เวลาน้อยกว่า ErgoEASER และได้คะแนนความพึงพอใจค่อนข้างดี ในส่วนการให้คำแนะนำ

4. การทดสอบในโรงงาน

4.1 เปรียบเทียบกับวิธีอื่น

การทดสอบในโรงงานโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้กระบวนการกลุ่มการปรับปรุงงาน ซึ่งใช้รอบระยะเวลาครั้งละ 1 เดือนเป็นเวลา 6 เดือน เปรียบเทียบกันระหว่าง กลุ่มที่ใช้โปรแกรมและไม่ใช้โปรแกรม พบว่า

4.1.1 ดัชนีความผิดปกติ (AI)

การวัดค่าค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormal Index: AI) มีค่าลดลง โดยกลุ่มที่ 2 มีการลดลงมากกว่าเล็กน้อย

4.1.2 การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

เมื่อพิจารณาขั้นตอนที่มีการปรับปรุงพบว่าค่าแรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังส่วนล่างมีค่าลดลงโดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ในส่วนของขั้นตอนการเปิด TOP ขั้นตอนการเปิด FOOT มีการปรับเปลี่ยนลักษณะ ท่าทางในการยกทำให้ค่าแรงกดที่กระทำต่อหมอนรองกระดูกลดลงร้อยละ 15.95 และ 24.57 ตามลำดับและในขั้นตอนการย้ายขึ้นไปบนชั้นตึก และการย้าย TOP CORE มีค่าแรงกดลดลงร้อยละ 41.65 และ 29.54 ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองขั้นตอนนี้ได้มีการปรับปรุงงานยกโดยสามารถลดน้ำหนักชิ้นงานต่อคนลงร้อยละ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม สำหรับกลุ่มการทดลองที่ 2 ในส่วนของขั้นตอนการเปิด SIDE และขั้นตอนการย้ายขึ้นไปบนชั้นตึก มีค่าแรงกดลดลงร้อยละ 4.85 และ 5.44 ตามลำดับ

4.1.3 การวิเคราะห์ตามสมการ RLE

เมื่อพิจารณาขั้นตอนที่มีการปรับปรุง พบว่าค่า LI มีค่าลดลงทั้งสองกลุ่มการทดลอง โดยในกลุ่มการทดลองที่ 1 ค่า LI_0 ในขั้นตอนการย้ายชิ้นงานเปียกไปวางบนชั้นตึก การย้าย TOP CORE ของกลุ่มที่ 1 ลดลงร้อยละ 49.12 และ 42.94 ตามลำดับ ส่วนค่า LI_d ลดลงร้อยละ 47.14 และ 43.10 ตามลำดับ สำหรับในกลุ่มการทดลองที่ 2 ในขั้นตอนการเปิดริมค่า LI_0 และ LI_d ลดลงร้อยละ 14.68 และ 13.51 ตามลำดับ

4.1.4 ร้อยละของการนำไปใช้งาน

จากการทดสอบพบว่า ร้อยละของการนำไปใช้งานได้จริงของ ML-Expert สูงกว่าประสิทธิภาพในการปรับปรุงงานด้วยสมการ RLE ปกติ

4.1.5 อัตราการผลิตและของเสีย

พบว่าอัตราการผลิตของทั้งสองกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราของเสียคงที่ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มการทดลอง พบว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 ที่

ใช้โปรแกรมมีการอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นสูงและเร็วกว่า และจากการทดสอบทางสถิติด้วย $t - test$ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.6 การสำรวจความพอใจในระบบ ML-Expert

จากแบบสอบถามพบว่า ML-Expert มีความพอใจในระบบอยู่ในระดับที่สูงกว่าระบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยเฉพาะในด้านการให้คำแนะนำ

4.1.7 สมรรถนะการปรับปรุง

จากการทดสอบโดยวิธี *AHP* พบว่า สมรรถนะในการการปรับปรุงงานทั้ง 8 ด้านของ ML-Expert สูงกว่าสมรรถนะในการปรับปรุงงานด้วยวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.8 เวลาที่ใช้ในการคำนวณ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในการคำนวณและปรับปรุงงาน เมื่อคำนวณเอง โดยใช้สมการ *RLE* คือ 11.96 นาที (± 3.49 นาที) และเมื่อใช้โปรแกรม ML-Expert จะลดลงน้อยที่สุดเหลือ 5.38 นาที (± 1.70 นาที) ซึ่งลดลงแตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การใช้งานในระยะยาว

4.2.1 แนวโน้มด้านต่างๆ

หลังจากทดสอบผลในขั้นต้นแล้วทดลองผลในระยะยาวต่อมาอีก 7 เดือน เพื่อพิจารณาแนวโน้มผลกระทบ ซึ่งได้ค่า *AI* การปวดเมื่อย การเจ็บป่วย *LI* ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง ลดลง ซึ่งลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกส่วนช่วงต่อหลังๆ มีอัตราการลดน้อยลง

4.2.2 วิเคราะห์แนวโน้ม

หากวิเคราะห์แนวโน้มจะพบว่าการปรับปรุงในช่วงแรกๆ จะส่งผลมากกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาผลทางด้านอื่นๆ ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการปรับปรุงในช่วงแรก ขณะที่มมีปัญหาหลายๆ จะเห็นผลอย่างรวดเร็ว

4.2.3 ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย

นำปัจจัยต่างๆ มาพิจารณาวิเคราะห์ในเชิงเหตุและผลแล้ว จึงกำหนดให้ *AI* เป็นปัจจัยตอบสนองโดยปัจจัยอื่นๆ เป็นปัจจัยกระทบ จะพบว่า ค่าที่มีผลต่อ *AI* มากที่สุด คือ ค่าจำนวนคำแนะนำ (*RecNo*), LI_o , LI_d ค่าแรงกอดัดที่กระดูกสันหลัง (*BIO-M*) และ คะแนน *OWAS* จึงทดลองวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบพหุ ได้ความสัมพันธ์ คือ

$$AI = -0.22 + 0.0077 \text{ RecNo} + 0.97 \text{ LI}_o - 1.47 \text{ LI}_d + 0.000159 \text{ BIO_M} + 1.12 \text{ OWAS}$$

โดยมีค่าความสัมพันธ์ R-Sq (adj) =94.9 %

ดังนั้นจึงควรใช้ค่าจำนวนคำแนะนำ (*RecNo*), LI_o , LI_d ค่าแรงกอดัดที่กระดูกสันหลัง (*BIO-M*) และ คะแนน *OWAS* เป็นวัดดัชนีวัดการปรับปรุงในเบื้องต้น

4.2.4 วิเคราะห์ผลกระทบของการปรับปรุงต่อเป้าหมายของหน่วยงาน

ผลกระทบต่อเป้าหมายจากการปรับปรุงงานด้วยวิธีการต่างๆ โดยสัมภาษณ์จากหัวหน้างาน 7 คน โดยวิธี *AHP* ซึ่งผลการประเมินพบว่าโปรแกรม *ML-Expert* ดีกว่าวิธีการอื่นเล็กน้อย (ประมาณ 3 คะแนน จาก 1-9 คะแนน) แต่ก็มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

1) วิธีการจัดลำดับตามค่าคาดหวังการปรับปรุงของแนวทางในปรับปรุง ที่ใช้แนวทางของแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ สามารถจัดลำดับแนวทางการปรับปรุงได้อย่างชัดเจน จึงอาจนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นได้

2) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นยังมีอีกหลายด้านที่พัฒนาให้ดีขึ้นได้ เช่น การตอบสนองต่อผู้ใช้งาน การแสดงผลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น การจัดลำดับที่เป็นอัตโนมัติมากขึ้น เป็นต้น งานวิจัยต่อไปอาจพัฒนาโปรแกรมปัจจุบันให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้นทั้งในด้านการปรับเปลี่ยนกฎและการทำงานด้านเอกสาร

3) การทดสอบใช้งาน โปรแกรมนี้ยังมีขอบเขตที่จำกัด ในด้านจำนวนตัวอย่างและการทดสอบส่วนหนึ่งเป็นการใช้แบบสอบถาม ซึ่งเกิดความลำเอียงได้ง่าย แม้จะใช้วิธีการ AHP ช่วยแล้วก็ตาม จึงน่าจะต้องทำเพิ่มขึ้นเพื่อยืนยันผลที่ชัดเจนและทดสอบในหลายด้านมากขึ้น

4) โปรแกรมนี้ใช้พื้นฐานจากสมการ *RLE OWAS* และมาตรฐานต่างๆ จึงสามารถนำไปประเมินได้ทันที แต่มีส่วนที่ต้องระมัดระวังคือ หากต้องการปรับระดับกลุ่มผู้ใช้จะต้องได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านสุขอนามัยในการตรวจสภาพความแข็งแรงของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงานเกินความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน

5) ผู้ใช้โปรแกรมนี้ต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการยศาสตร์ การยกของด้วยมือ การประเมินโดยสมการ *RLE OWAS* ดังนั้นผู้ใช้งานจึงควรได้รับการอบรมในเรื่องเหล่านี้ก่อน

6) การปรับปรุงทางด้านการยศาสตร์ปัจจุบันได้รับความสนใจมากขึ้นในบริษัทใหญ่ที่มีมาตรฐาน แต่การจะทำให้ประสบผลสำเร็จต้องใช้ระยะเวลา และความร่วมมือจากทุกฝ่าย ซึ่งการกำหนดตัวชี้วัดหรือเป้าหมายควรมาจากระดับนโยบายเพื่อให้ได้ผลต่อเนื่องและทั่วถึง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกวรรณ กิ่งผดุง. 2548. การทดสอบและทวนสอบกรอบสมมติฐาน ตามหลักการสคอรัคาร์ด แบบสมดุลและแบบตามลำดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิตติ อินทรานนท์, เสรี สมณาแซม, พรเทพ ขอบจายเกียรติ และ นิวิธ เจริญใจ. 2531. สัดส่วน ร่างกายและความสามารถสูงสุดในการทำงานของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรรมและ อุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กิตติ อินทรานนท์. 2538. การศึกษาปัญหาของการเคลื่อนย้ายวัสดุและวิเคราะห์สาเหตุของการ บาดเจ็บ: กรณีในโรงงานบริษัท จอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน (ประเทศไทย) จำกัด. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- _____. 2548. การยศาสตร์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- _____. 2544. วิศวกรรมความปลอดภัยพื้นฐานของวิศวกร. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2545. สถิติอุณหภูมิจึงความชื้นสัมพัทธ์ 2544. สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
- กองชีวนามัย, กรมอนามัย. 2541. โครงการศึกษาปัญหาความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อต่อเนื่องจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม: ปัจจัยเสี่ยงและการแก้ไขปรับปรุง. กระทรวงสาธารณสุข.
- กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม, กองวิชาการและแผนงาน. 2445. รายงานสถิติแรงงาน พ.ศ.2544. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม.
- กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. 2547. รายงานสถิติแรงงาน กระทรวงแรงงานและ สวัสดิการสังคม.

_____. 2547. **กฎกระทรวง. กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม.**

นรินทร์ จีสัม. 2549. **การกำหนดน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับการยกภาระด้วยมือโดยใช้แบบจำลองทางชีวกลศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประจวบ กล่อมจิตร. 2547. **การสำรวจงานยกของด้วยมือ เพื่อจัดทำระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินภาระงาน.** การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 13.

_____. และ กิตติ อินทรานนท์. 2547. **การประเมินภาระงานยกของด้วยมือในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยสมการ NIOSH.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. , 23(3):135-144.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2543. **การควบคุมคุณภาพ.** บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

พศุ เดชะรินทร์. 2545. **เส้นทางจากกลยุทธ์สู่การปฏิบัติด้วย Balanced Scorecard และ KeyPerformance Indicators.** พิมพ์ครั้งที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โรสมารินทร์ สุขเกษม. 2546. **การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ของงานยกผู้ป่วยในโรงพยาบาล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิลาศ ววงศ์ และ บุญเจริญ ศิรินวกุล. 2535. **ระบบผู้เชี่ยวชาญ.** สถาบันอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

วุฒิชัย ตั้งขทรัพย์. 2550. **การศึกษาปัจจัยสนับสนุนการดำเนินงานการยศาสตร์โดยอาศัยกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุดธิดา กรุงไกรวงศ์, รัตนาภรณ์ และ อมรรัตนไพโรจิต. 2544. **การยศาสตร์ในสถานที่ทำงาน, สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน.** กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, กรุงเทพฯ.

อัศนีย์ ก่อตระกูล. 2535. **เอกสารประกอบการสอน, ปัญญาประดิษฐ์.** ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ayoub, M. M. and A. Mital. 1989. **Manual Materials Handling**. Taylor and Francis, London.

Asfour, S.S. and A.M. Genaidy. 1987. A Knowledge-1Base System for Assessment of Human Physiological Abilities in Manual Lifting Task. **Computer Ind. Engng.** 13(1-4): 319-322.

Bhattachara, A. and J. D. McGlothlin. 1996. **Occupational Ergonomics: Theory and Applications**. Marcel Dekker Inc., New York.

Brown, M. 1996. **Keeping Score: Using the Right Metrics to Drive World Class Performance**. Quality Resources. New York.

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor (DOL). 2006. **Number of nonfatal occupational injuries and illnesses involving days away from work by selected worker and case characteristics and source of injury/illness, All U.S., private industry, 2003 and 2004**, <http://www.bls.gov>

Burke, M. 1992. **Applied Ergonomics Handbook**. Lewis Publishers, MI, USA.

Center for Ergonomics, University of Michigan. **3DSSPP**. 2006. <http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP>

Chaffin, D. B. and M.M. Ayoub, 1976. The Problem of Manual Materials Handling. **Professional Safety**. April, 1976.

Charoenporn, N. 2006. **Understanding ergonomics situation in Thailand Base on the survey result reported in from 74 factories**. The 22nd Annual Conference of Asia Pacific Occupational Safety & Health Organization Proceedings, May 9-12, 2006, Bangkok Thailand.

- Chung, M. K. and D. Kee. 2000. Evaluation of lifting tasks frequently performed during fire brick manufacturing processes using NIOSH lifting equations. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 25, 423-433
- Ciriello, V.M. and S. H. Snook. 1999. Survey of Manual Handling Tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 23: 149-156.
- Dempsey, P.G. 2003. A Survey of Lifting and Lowering Tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 31: 11-16.
- Dempsey, P.G., A.Burdorf, F. A.Fathallah, G. S. Sorock and L. Hashemi. 2001. Influence of measurement accuracy on the application of the 1991NIOSH equation. **Applied Ergonomics**. 32, 90-99
- Department of Energy (DOE). 1995. **ErgoEASER Software Available to Analyze and Solve Ergonomic Hazards**. <http://tis.eh.doe.gov/others/ergoeaser>
- European Organization for the Safety of Air Navigation. 2001. **KPI Measurement Monitoring and Analysis Guide**. Available Source:
http://www.eurocontrol.int/ais/project/management/service_levels/pdf/kpi_measurement_guide_s_lev_0008.pdf, November 1, 2003.
- Fine, W. T. 1971. Mathematical Evaluation for Controlling Hazards. **Journal of Safety Research**. V.3
- Harbour, J.L. 1997. **The Basics of Performance Measurement**. Productivity Press, Oregon.
- Harper, J. 1984. **Measuring Business Performance: A Manager's Guide**. Gower Publ. Co. Ltd. Brookfield, Vermont.

- Intaranont, K. and K. Vanwonderghem. 1993. **Study of the Exposure Limits in Constraining Climatic Conditions for Strenuous Tasks: An Ergonomic Approach.** The Final Report CII-0519-M, The commission of The European Union DGXII International Scientific Cooperation, Brussels.
- Issachar, G. and R. Karni. 1999. Architecture of an expert system for ergonomics analysis and design. **International Journal of Industrial Ergonomics.** 23: 205-221.
- Kabuka, M., A.M. Genaidy and S.S. Asfour. 1988. A Knowledge-Base System for the design of manual materials handling. **Applied Ergonomics.** 19(2): 147-155.
- Karhu, O., P. Kansi and I. Kuorinka. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. **Applied Ergonomics.** V.8 , No.4 , pp.199 - 201.
- Kaplan, R.S. and D.P. Norton. 1992. The Balanced Scorecard—measures that drive performance. **Harvard Business Rev.** 70 (1): 71-79.
- _____. 1996. **The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action.** Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Karwowski, W., Mital A., Palenque L.Q. and Ward E.L. 1987. Development of a Microcomputer-Base Expert System for Analysis of Manual Materials Handling Tasks in Industrial Setting. **International Journal of Industrial Ergonomics.** 2: 49-59.
- Karwowski, W., P. Gaddie, R. Jang and W. G. Lee. 1999. A Population-Base Load Threshold Limit (LTL) for Manual Lifting Task Performed by Males and Females, **The Occupational Ergonomics Handbook.** CRC Press, pp1063- 1073
- Kivi, P. and M. Mattilam. 1991. Analysis and improvement of work posture in bulking industry: Application of the computerized OWAS method. **Applied Ergonomics.** 22: 43-48

- Klomjit, P., K. Pusavat and K. Intranont. 2006. **The ML-Expert System for Manual Lifting Task Evaluation**. The 36th International Conference of Computers and Industrial Engineering. June 20-23, 2006, Taipei, Taiwan.
- Laring, J. 2004. **Ergonomic Workplace Design Development of a practitioner's tool for enhanced productivity**. Ph.D. Thesis, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Göteborg, Sweden.
- Lee, K.S., H. S.Park and Y. H. Chun. 1996. The validity of the revised NIOSH weight limit in a Korean young male population: A psychophysical approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 18, 181 - 186
- Legg, S.J. and C.M. Pateman. 1985. Human Capabilities in Repetitive Lifting. **Ergonomics**. 28, 309-321.
- Lourig, W. and V. Rombach. 1989. Expert systems in ergonomic: requirements and approach. **Ergonomics**. 32(7): 795-811.
- Marakas, G.M. 2003. **Decision Support Systems in the 21st Century**. Prentics Halls.
- Ministry of Labor and Social. 2004. **Manual Lifting Regulation**. Ministry of Labor and Social Affair. Bangkok.
- Mital A., A.S. Nicholson and M. M. Ayoub. 1997. **A Guide to Manual Materials Handling**. Taylor and Francis, London.
- Nelson, G. S. and H. G. Wickes. 1993. **Manual Lifting : Historical Sources of Current Standards Regarding Acceptable Weights of Lift**. www.hardzardcontrol.com/ml-historical.html.

- Neely, A., M. Gregory and K. Platts. 1995. Performance measurement design a literature review and research review and research agenda. **Int. Jour. of Operation and Prod. Manage.** 15(4): 80-116.
- Nielsen, J. 1993. **Usability Engineering.** London.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1981. **Work Practices Guide for Manual Lifting.** National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Publication No.81-122.
- Occupational Safety and Health Administration. U.S. Department of Labor (DOL). 2004. **OSHA Technical Manual, Section VII: Ergonomics, Chapter 1, Back Disorders and Injuries.** http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_vii/otm_vii_1.htm, Retrieved March, 2004.
- Rolstadås, A. 1995. **Performance Management: A Business Process Benchmarking Approach.** Chapman and Hall, London, UK.
- Rubin, J. 1994. **Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests.** John Wiley & Sons, INC., Toronto.
- Saaty, T.L. 1980. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.** McGraw-Hill, New York.
- Sander, M.S. and E. J. McCormick. 1993. **Human Factor and Design.** McGraw-Hill, NY.
- Sandia National Laboratories. 2004. **JESS, The Rule Engine for the Java Platform.** [www.http://herzberg.ca.sandia.gov/jess](http://herzberg.ca.sandia.gov/jess)
- Saaty T.L. 2001. **Decision Making for Leaders.** Pittsburgh: RWS Publications.

- Sim, K.L. and H. C. Koh. 2001. Balanced Scorecard: a rising trend in strategic performance measurement. **Measuring Business Excellence**. 5 (2): 18-26.
- Sink, D.C. 1985. **Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement**. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- _____. and T.C. Tuttle. 1989. **Planning and Measurement in Your Organization of the Future**. IE Press, Norcross, Georgia.
- Snook, S. H., R. A. Campanelli and J. W. Hart. 1978. A Study of Three Preventive Approaches to Low Back Injury. **Journal of Occupational Medicine**. 20, 478-481.
- Tayyari, F. and J.L. Smith. 1997. **Occupational Ergonomics**. Chapman & Hall, London, UK.
- Thor, C.G. 1993. The family of measures method for improving organization performance, pp. 2: 9.1-9.10. *In* **Christopher W.F. and Thor, C.G. Handbook for Productivity Measurement and Improvement**. Productivity Press, Portland, Oregon.
- Townley. 2005. **Quantifying Lifting Hazards Alternatives Beyond the NIOSH Lifting Equation**.
- Department of Energy (DOE). 2001. **Performance-based Management Handbook Vol. 1-6**. Available Source: <http://www.ora.gov/pbm>, November 4, 2003.
- Waters, T.R., V. Putz-Anderson, A. Garg and L.J. Fine. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. **Ergonomics**. 36: 749-776.
- Waters, T.R., V. Putz-Anderson and A. Garg. 1994. **Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation**. DHHS (NIOSH), Cincinnati, OH.

Wickens, C.D. and J. G. Hollands. 2000. **Engineering Psychology and Human Performance.**
Prentice-Hall Inc. New Jersey

Wu, S. 2003. Maximum acceptable weights for asymmetric lifting of Chinese females. *Applied Ergonomics*. 34, 215–224.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสำรวจสำหรับพนักงาน

แบบสำรวจสำหรับพนักงาน

ส่วนข้อมูลพนักงาน

แผนกงาน ประเภทงาน ชื่อ นามสกุล

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กก. ความสูง.....ซม. เพศ ชาย หญิง

หน้าที่ที่ทำ 1.....(งานหลักประจำ)

2.....(งานรองอื่นๆ)

3.....(งานรองอื่นๆ)

1. ได้ทำงานในแผนกนี้เป็นเวลา ... ปี ...เดือน ได้ทำงานในหน้าที่นี้เป็นเวลา ปีเดือน
ลักษณะของงานเดิมที่ทำก่อนทำงานนี้.....เป็นเวลา ปีเดือน

2. มือที่ถนัดในการทำงาน ขวา ซ้าย

ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ ไม่มี มี เป็น

ส่วนข้อมูลผลกระทบต่อร่างกาย (งานยกของด้วยมือ)

ประเภท/ลักษณะของที่ยก.....ขนาด กว้าง.....ซม x ยาว.....ซม x สูง.....ซม.

น้ำหนักของที่ยกเฉลี่ยกก. ระยะทางที่เดินหิ้ว/แบก ประมาณ.....เมตร

ความสูงจากพื้น จุดเริ่มยก เฉลี่ยซม. จุดสุดท้าย เฉลี่ยซม.

ระยะจากลำตัว จุดเริ่มยก เฉลี่ยซม. จุดสุดท้าย เฉลี่ยซม.

จำนวนที่ยกครั้ง/นาทีครั้ง/กะ ช่วงเวลาทำงาน จาก.....--.....น. พัก.....--.....น.

ลักษณะงาน

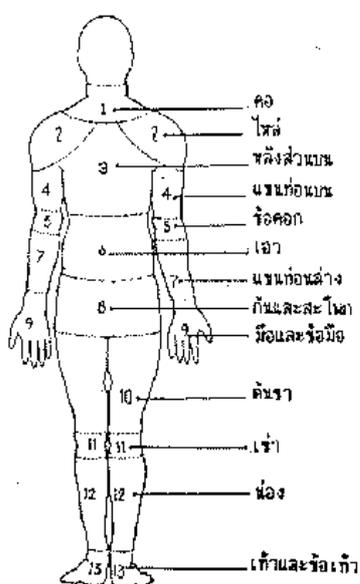
(เพิ่มเติม).....

1.ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือส่วนมือ และส่วนอื่นๆ ของร่างกายบ้าง

ไหม เคย

ไม่เคย

ภาพด้านล่างนี้แสดงให้เห็นส่วนต่างๆของร่างกายที่จะใช้ตอบคำถามโดยแบ่งออกเป็น 13 ส่วน คุณมีอาการปวดหรือไม่สบายที่บริเวณส่วนใดของร่างกายในภาพต่อไปนี้ให้ระบายตำแหน่งที่ปรากฏอาการลงในภาพ พร้อมทั้งเขียนเครื่องหมาย ลงที่อยู่ด้านหน้าบริเวณนั้น



- 1 ○ คอ
- 2 ○ ไหล่
- 3 ○ หลังส่วนบน
- 4 ○ แขนท่อนบน
- 5 ○ ข้อศอก
- 6 ○ แอว
- 7 ○ แขนท่อนล่าง
- 8 ○ ก้นและสะโพก
- 9 ○ มือและข้อมือ
- 10 ○ ต้นขา
- 11 ○ ขา
- 12 ○ น่อง
- 13 ○ เท้าและข้อเท้า

2.ความเจ็บปวดที่ท่านระบุในข้อ 1 นั้นท่านเจ็บมากในช่วงเวลา

 เช้า

 กลางวัน

 เย็น

3.ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับ ท่านรู้สึกว่

 พอทนได้

 เจ็บปวดมาก

4.ขณะที่กำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว

 หายไปหมดแล้ว

 ยังคงมีอยู่

5.ท่านรู้สึกเจ็บปวด

 เมื่อเร็วๆนี้

 เมื่อ 3 เดือนที่แล้ว

 เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว

6.ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร

 มากกว่า 1 ปี มาแล้ว

 ปล่อยให้หายเอง

 การนวดยาและครีม

 ไปพบแพทย์

 อื่นๆ

7.การรักษาของท่าน

- หายขาด
- ไม่ดีขึ้นเลย
- เป็นๆหายๆ

8.ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย

- นั่งทำงาน
- ยืนทำงาน
- ทั้งนั่งและยืนทำงาน

9.ท่านเล่นกีฬา หรือ ออกกำลังกายประเภทใด บ้างหรือไม่

- เล่น
- ไม่เล่น

ถ้าเล่น โปรดระบุประเภท

ภาคผนวก ข
แบบสัมภาษณ์พนักงาน

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

ชื่อ-สกุล อายุ ปี เดือน เพศ ชาย/หญิง
 ความสูง ซม. น้ำหนักตัว กก. ทำงานในหน้าที่มาแล้ว ปี เดือน
 ระดับการศึกษา ประถมศึกษาปีที่ มัธยมศึกษาปีที่ ประกาศนียบัตรปริญญา
 มีครอบครัวหรือยัง มีแล้ว ยังไม่มี
 ถ้ามีครอบครัวแล้ว มีบุตร คน ยังไม่มีบุตร
 ครอบครัว อยู่ด้วยกัน แยกกันอยู่ หย่าขาดกัน
 คู่สมรส ทำงานที่เดียวกัน แยกที่ทำงานกัน ทำงานบ้าน

1. ความล้าโดยทั่วไป (General Fatigue) เมื่อทำงานครบรอบการทำงาน (Full Work Cycle)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่มีปัญหา

ล้ามากที่สุด

ต่อไปพยายามแบ่งการทำงานของพนักงานออกเป็นกิจกรรมย่อย หลายกิจกรรม ให้ครบรอบงานหนึ่ง (Full Work Cycle) แล้วระบุความล้าของแต่ละกิจกรรมลงในตารางของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1										
กิจกรรมที่ 2										
กิจกรรมที่ 3										
กิจกรรมที่ 4										
กิจกรรมที่ 5										
ระดับ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่มีปัญหา

ล้ามากที่สุด

2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด การบาดเจ็บ

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่เสี่ยง

เสี่ยงมากที่สุด

ต่อไปพยายามแบ่งการทำงานของพนักงานออกเป็นกิจกรรมย่อย หลายกิจกรรม ให้ครบรอบงานหนึ่ง (Full Work Cycle) แล้วระบุความถี่ของแต่ละกิจกรรมลงในตารางของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1										
กิจกรรมที่ 2										
กิจกรรมที่ 3										
กิจกรรมที่ 4										
กิจกรรมที่ 5										
ระดับ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่เสี่ยง

เสี่ยงมากที่สุด

3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่น่าสนใจ

น่าสนใจมากที่สุด

ต่อไปพยายามแบ่งการทำงานของพนักงานออกเป็นกิจกรรมย่อย หลายกิจกรรม ให้ครบรอบงานหนึ่ง (Full Work Cycle) แล้วระบุความถี่ของแต่ละกิจกรรมลงในตารางของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1										
กิจกรรมที่ 2										
กิจกรรมที่ 3										
กิจกรรมที่ 4										
กิจกรรมที่ 5										
ระดับ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่น่าสนใจ

น่าสนใจมากที่สุด

4. ความซับซ้อนของงานที่ทำ

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่ซับซ้อน

ซับซ้อนมากที่สุด

5. ความยากง่ายของงานที่ทำ

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ง่ายมาก

ยากมากที่สุด

6. จังหวะของการทำงาน

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่มีปัญหา

มีปัญหามากที่สุด

7. ความรับผิดชอบในการทำงาน

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ไม่ต้องรับผิดชอบ

ต้องรับผิดชอบสูง

8. อีสระในการทำงาน

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น

จะทำงานอย่างไรก็ได้

การคำนวณดัชนีความไม่ปกติ (Calculation of Abnormal Index = AI)

$$\frac{\sum[1,2,4,5,6,7] - \sum[3,8]}{8} = AI$$

 $AI \leq 0$ = ไม่มีปัญหาอะไร $0 < AI \leq 2$ = มีปัญหาเล็กน้อยพอทนได้ $2 < AI \leq 3$ = ต้องเอาใจใส่ ระมัดระวัง $3 < AI \leq 4$ = มีปัญหามากขึ้นจะรับไม่ได้ $4 < AI$ = รับไม่ได้ แก้ไขทันที

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสถานะสถิตและพลวัต
และการวิเคราะห์เชิงสถิติสำหรับการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการยกภาระงาน

ตารางผนวกที่ ๑๑ การคำนวณค่าแรงที่จุดศูนย์กลางมวลโดยใช้ค่าความเร่งที่ข้อมือ

ค่าความเร่งที่ข้อมือ																				
<i>Head</i>			<i>Shoulder</i>			<i>Elbow</i>			<i>Wrist</i>			<i>Hip</i>			<i>Box</i>			<i>Hand</i>		
<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
-1.959	-1.629	2.548	-2.556	-1.392	2.911	-1.784	-0.599	1.881	-0.517	-1.762	1.836	-3.080	-0.764	3.173	-1.769	-3.582	3.995	-0.415	-3.566	3.590
-2.695	-1.614	3.141	-1.093	-1.567	1.911	-1.005	-0.526	1.134	-2.624	-2.018	3.310	-1.713	-0.192	1.723	-1.781	-3.259	3.714	-2.306	-3.633	4.303
-3.819	-0.726	3.887	-1.108	-1.021	1.507	-1.192	0.144	1.201	-2.321	-2.560	3.456	-2.126	0.103	2.129	-1.818	-2.621	3.190	-2.796	-2.744	3.917
-3.868	-0.607	3.916	-2.565	-0.125	2.568	-1.624	0.792	1.807	-0.355	-2.990	3.011	-2.948	-0.259	2.959	-0.946	-2.531	2.701	-1.079	-2.061	2.326
-2.954	-1.830	3.475	-3.020	0.045	3.021	-1.671	0.683	1.805	-0.292	-3.146	3.159	-2.180	-0.900	2.358	-0.808	-2.885	2.996	-0.149	-2.561	2.565
-1.766	-2.737	3.257	-1.268	-0.714	1.455	-1.339	-0.045	1.340	-0.949	-2.533	2.705	-1.464	-1.442	2.055	-2.175	-2.952	3.667	-0.444	-3.077	3.109
-0.670	-2.501	2.589	-0.104	-1.651	1.655	-0.491	-0.708	0.861	-0.463	-1.611	1.676	-1.138	-1.670	2.021	-2.016	-3.058	3.663	-1.138	-2.679	2.911
-0.633	-1.978	2.077	-0.714	-2.223	2.335	0.407	-0.749	0.852	-0.436	-1.675	1.731	-1.095	-1.465	1.829	-0.411	-3.510	3.534	-0.820	-2.140	2.292
-1.883	-1.037	2.149	-1.108	-2.066	2.344	0.655	-0.278	0.711	-1.058	-2.461	2.679	-1.176	-0.840	1.446	-0.231	-3.323	3.331	0.316	-2.151	2.174
-2.781	1.186	3.023	-1.028	-0.491	1.139	0.996	0.127	1.005	-0.580	-2.451	2.518	-0.336	0.348	0.483	-0.773	-2.186	2.318	0.134	-2.493	2.497
-2.451	3.679	4.421	-1.559	2.524	2.967	2.026	0.398	2.065	0.648	-1.716	1.834	0.735	1.962	2.095	-0.442	-1.527	1.590	-0.627	-2.910	2.977

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	Hand				LowerArm				Upperarm				Head				
74	0.013	% น้ำหนักมือ				0.033	0.577			0.066	0.544			0.079	0.429		
	0.932	น้ำหนักมือ				2.405	ระยะจากศูนย์กลาง			4.891				5.831			
	-0.415	-0.387	-3.566	-3.325	-1.248	-3.002	-1.090	-2.622	-2.204	-10.779	-1.030	-5.040	-2.215	-12.916	-1.494	-8.712	
ภาระหนัก	-2.306	-2.150	-3.633	-3.388	-1.689	-4.063	-1.157	-2.782	-1.053	-5.150	-1.092	-5.342	-2.007	-11.706	-1.587	-9.256	
12	-2.796	-2.607	-2.744	-2.559	-1.670	-4.015	-0.999	-2.404	-1.147	-5.609	-0.490	-2.395	-2.656	-15.486	-0.895	-5.217	
	-1.079	-1.006	-2.061	-1.922	-1.087	-2.615	-0.807	-1.941	-2.135	-10.446	0.294	1.436	-3.309	-19.295	-0.332	-1.934	
	-0.149	-0.139	-2.561	-2.388	-1.088	-2.616	-0.936	-2.250	-2.405	-11.762	0.336	1.644	-2.982	-17.391	-0.760	-4.429	
	-0.444	-0.414	-3.077	-2.869	-1.174	-2.824	-1.097	-2.638	-1.300	-6.361	-0.409	-1.999	-1.552	-9.053	-1.582	-9.224	
	-1.138	-1.061	-2.679	-2.498	-0.479	-1.152	-1.090	-2.621	-0.281	-1.373	-1.221	-5.972	-0.427	-2.492	-2.016	-11.756	
	-0.820	-0.765	-2.140	-1.995	0.051	0.122	-1.140	-2.742	-0.203	-0.991	-1.550	-7.584	-0.668	-3.895	-2.118	-12.350	
	0.316	0.295	-2.151	-2.005	-0.069	-0.166	-1.201	-2.888	-0.303	-1.484	-1.250	-6.116	-1.550	-9.039	-1.624	-9.473	
	0.134	0.125	-2.493	-2.325	0.330	0.794	-0.963	-2.315	-0.105	-0.511	-0.209	-1.021	-2.029	-11.830	0.229	1.334	
	-0.627	-0.584	-2.910	-2.713	1.443	3.471	-0.496	-1.193	0.076	0.374	1.554	7.603	-2.068	-12.061	3.020	17.610	

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

<i>Body</i>		<i>Box</i>				<i>F=ma</i>		<i>F=ma</i>	
							<i>x</i>	<i>y</i>	
0.487	0.478								
36.053			12.000						<i>CM</i>
-2.807	-101.183	-1.065	-38.381	-1.769	-21.223	-3.582	-42.989	-149.489	-101.069
-1.389	-50.093	-0.850	-30.630	-1.781	-21.369	-3.259	-39.113	-94.530	-90.510
-1.595	-57.518	-0.435	-15.667	-1.818	-21.820	-2.621	-31.449	-107.055	-59.690
-2.748	-99.070	-0.195	-7.019	-0.946	-11.348	-2.531	-30.366	-143.779	-41.746
-2.618	-94.394	-0.448	-16.158	-0.808	-9.694	-2.885	-34.624	-135.996	-58.205
-1.362	-49.093	-1.094	-39.437	-2.175	-26.098	-2.952	-35.422	-93.843	-91.589
-0.599	-21.579	-1.661	-59.886	-2.016	-24.192	-3.058	-36.701	-51.849	-119.433
-0.896	-32.313	-1.828	-65.893	-0.411	-4.926	-3.510	-42.121	-42.767	-132.685
-1.140	-41.117	-1.427	-51.433	-0.231	-2.767	-3.323	-39.870	-54.279	-111.785
-0.697	-25.128	-0.053	-1.922	-0.773	-9.279	-2.186	-26.228	-45.829	-32.476
-0.462	-16.651	2.231	80.429	-0.442	-5.305	-1.527	-18.328	-30.755	83.407

ตารางผนวกที่ ค2 การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุม

ค่าระยะในแนวราบและแนวตั้งระหว่างข้อต่อ																				
<i>Head</i>			<i>Shoulder</i>			<i>Elbow</i>			<i>Wrist</i>			<i>Hip</i>			<i>Box</i>			<i>Hand</i>		
<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1.985	2.002	2.819	2.033	1.800	2.715	2.039	1.539	2.555	1.763	1.544	2.344	2.034	1.310	2.420	1.681	1.477	2.238	1.710	1.578	2.327
1.987	2.001	2.820	2.027	1.799	2.710	2.024	1.538	2.542	1.751	1.556	2.343	2.023	1.309	2.409	1.668	1.492	2.238	1.700	1.591	2.328
1.988	2.000	2.820	2.021	1.797	2.704	2.008	1.537	2.529	1.737	1.567	2.339	2.012	1.308	2.400	1.654	1.506	2.237	1.688	1.601	2.326
1.988	1.998	2.818	2.015	1.794	2.698	1.992	1.535	2.515	1.722	1.576	2.334	1.999	1.308	2.389	1.638	1.519	2.234	1.674	1.611	2.323
1.986	1.997	2.816	2.007	1.792	2.691	1.976	1.534	2.501	1.707	1.585	2.329	1.985	1.307	2.377	1.623	1.530	2.231	1.660	1.621	2.320
1.982	1.995	2.812	1.998	1.790	2.682	1.958	1.533	2.487	1.692	1.592	2.323	1.971	1.306	2.364	1.608	1.541	2.227	1.646	1.629	2.316
1.978	1.991	2.807	1.988	1.787	2.674	1.940	1.533	2.473	1.676	1.598	2.316	1.956	1.304	2.351	1.591	1.550	2.222	1.632	1.636	2.311
1.974	1.986	2.800	1.979	1.784	2.665	1.922	1.532	2.458	1.661	1.603	2.308	1.940	1.302	2.336	1.573	1.559	2.215	1.618	1.642	2.305
1.970	1.981	2.794	1.970	1.780	2.655	1.904	1.530	2.443	1.645	1.608	2.301	1.925	1.298	2.322	1.556	1.565	2.207	1.602	1.647	2.298
1.965	1.975	2.786	1.959	1.775	2.644	1.887	1.529	2.428	1.629	1.612	2.292	1.908	1.295	2.306	1.539	1.570	2.199	1.588	1.651	2.291
1.958	1.969	2.777	1.949	1.769	2.632	1.869	1.527	2.414	1.612	1.615	2.282	1.891	1.291	2.290	1.521	1.575	2.189	1.574	1.654	2.283
1.951	1.966	2.770	1.938	1.765	2.621	1.853	1.526	2.400	1.596	1.617	2.272	1.875	1.289	2.275	1.503	1.579	2.180	1.559	1.656	2.274
1.943	1.964	2.762	1.926	1.762	2.610	1.837	1.525	2.388	1.580	1.619	2.262	1.859	1.288	2.262	1.485	1.582	2.170	1.543	1.657	2.264
1.935	1.964	2.757	1.913	1.763	2.602	1.823	1.524	2.376	1.564	1.619	2.252	1.844	1.287	2.249	1.467	1.584	2.159	1.528	1.656	2.254
1.925	1.965	2.750	1.899	1.765	2.593	1.808	1.524	2.365	1.548	1.619	2.241	1.831	1.288	2.239	1.449	1.584	2.147	1.514	1.655	2.243

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

Lower arm				Upper arm				Body				ค่าระยะระหว่างข้อต่อ				
θ	$(d_3-2d_2+d_1)$ $/4*\Delta l^2$	α	<u>Smoot</u> (3)	θ	$(d_3-2d_2+d_1)$ $/4*\Delta l^2$	α	<u>Smoot</u> (3)	θ	$(d_3-2d_2+d_1)$ $/4*\Delta l^2$	α	<u>Smoot</u> (3)	Head	Lower Arm	Upper Arm	Body	Hand
173.282	167.908	2.929	2.236	-88.75	24.598	0.429	-0.170	90.133	61.207	1.068	-0.527	0.207	0.261	0.275	0.490	0.063
170.778	143.359	2.501	2.054	-90.81	-55.674	-0.971	1.067	89.459	-59.907	-1.045	0.071	0.206	0.261	0.273	0.489	0.062
168.542	73.336	1.279	1.965	-92.83	1.798	0.031	0.646	88.884	-91.859	-1.602	-0.027	0.206	0.261	0.273	0.488	0.061
166.536	136.576	2.382	1.896	-94.94	237.323	4.140	0.175	88.212	163.923	2.860	0.218	0.206	0.260	0.273	0.487	0.060
164.647	127.939	2.232	1.603	-97.04	-128.062	-2.234	-0.716	87.394	-76.726	-1.338	-0.615	0.206	0.260	0.273	0.486	0.059
162.976	61.501	1.073	1.119	-98.76	-79.208	-1.382	0.630	86.837	-49.774	-0.868	-0.326	0.205	0.259	0.272	0.485	0.059
161.510	86.204	1.504	1.469	-100.69	84.085	1.467	0.857	86.158	20.784	0.363	-0.064	0.204	0.259	0.272	0.484	0.058
160.143	44.811	0.782	2.044	-102.75	103.455	1.805	1.805	85.400	-27.073	-0.472	0.268	0.202	0.259	0.271	0.484	0.058
158.913	121.595	2.121	3.190	-104.67	-40.158	-0.701	3.878	84.675	-4.795	-0.084	1.242	0.201	0.258	0.271	0.484	0.057
157.755	185.048	3.228	3.678	-106.43	247.037	4.309	4.955	83.906	78.000	1.361	1.586	0.200	0.257	0.271	0.483	0.056
156.792	241.897	4.220	2.825	-108.25	460.109	8.026	5.169	83.130	140.431	2.450	2.957	0.200	0.255	0.272	0.481	0.055
156.125	205.655	3.588		-109.67	145.015	2.530		82.478	54.329	0.948		0.201	0.254	0.272	0.480	0.054
155.845	38.298	0.668		-110.36	283.791	4.951		82.051	313.750	5.473		0.202	0.254	0.274	0.480	0.053
155.894				-110.82				81.711				0.202	0.255	0.275	0.481	0.052
156.004				-110.82				81.873				0.202	0.257	0.276	0.481	0.050

ตารางผนวกที่ ค3 การคำนวณค่าโมเมนต์เชิงมุม

ผู้ทดสอบ		<i>Hand to Lower Arm</i>			<i>Upper Arm</i>			<i>Head and Body</i>			<i>M=IQ</i>	
74	0.013	1.000	0.033	0.827	0.066	0.544	0.542	0.079	0.429	0.487	0.607	
	0.932	0.577	2.405		4.891			5.831	0.478	36.053		
	0.063	0.151	0.239	0.152	0.150	0.109	0.110	0.089	0.234	7.500	4.376	-5.417
ภาระหนัก	0.062	0.150	0.238	0.151	0.148	0.107	0.108	0.089	0.234	7.471	4.360	1.864
12	0.061	0.150	0.236	0.149	0.148	0.107	0.108	0.088	0.234	7.433	4.338	0.575
	0.060	0.150	0.234	0.147	0.149	0.107	0.108	0.088	0.233	7.402	4.319	3.310
	0.059	0.150	0.233	0.146	0.149	0.107	0.108	0.088	0.232	7.379	4.305	-6.729
	0.059	0.150	0.232	0.146	0.148	0.107	0.107	0.088	0.232	7.349	4.288	-3.236
	0.058	0.150	0.230	0.144	0.148	0.106	0.107	0.087	0.232	7.311	4.267	-0.014
	0.058	0.149	0.229	0.143	0.147	0.105	0.106	0.087	0.232	7.273	4.246	4.232
	0.057	0.149	0.227	0.142	0.147	0.105	0.106	0.086	0.231	7.237	4.226	16.236
	0.056	0.148	0.224	0.139	0.147	0.105	0.106	0.086	0.231	7.200	4.205	20.472
	0.055	0.147	0.219	0.136	0.148	0.106	0.107	0.086	0.230	7.174	4.189	35.702
	0.054	0.146	0.216	0.134	0.148	0.107	0.107	0.086	0.230	7.166	4.183	0.000
	0.053	0.146	0.214	0.133	0.149	0.108	0.108	0.087	0.229	7.171	4.185	0.000
	0.052	0.147	0.215	0.132	0.150	0.109	0.110	0.087	0.230	7.185	4.194	0.000
0.050	0.148	0.216	0.132	0.150	0.110	0.111	0.087	0.230	7.200	4.203	0.000	

ตารางผนวกที่ ๓4 การคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะสถิต

ค่าระยะในแนวราบและแนวตั้งระหว่างข้อต่อใช้คำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะสถิต																				
<i>Head</i>			<i>Shoulder</i>			<i>Elbow</i>			<i>Wrist</i>			<i>Hip</i>			<i>Box</i>			<i>Hand</i>		
<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1.985	2.002	2.819	2.033	1.800	2.715	2.039	1.539	2.555	1.763	1.544	2.344	2.034	1.310	2.420	1.681	1.477	2.238	1.710	1.578	2.327
1.987	2.001	2.820	2.027	1.799	2.710	2.024	1.538	2.542	1.751	1.556	2.343	2.023	1.309	2.409	1.668	1.492	2.238	1.700	1.591	2.328
1.988	2.000	2.820	2.021	1.797	2.704	2.008	1.537	2.529	1.737	1.567	2.339	2.012	1.308	2.400	1.654	1.506	2.237	1.688	1.601	2.326
1.988	1.998	2.818	2.015	1.794	2.698	1.992	1.535	2.515	1.722	1.576	2.334	1.999	1.308	2.389	1.638	1.519	2.234	1.674	1.611	2.323
1.986	1.997	2.816	2.007	1.792	2.691	1.976	1.534	2.501	1.707	1.585	2.329	1.985	1.307	2.377	1.623	1.530	2.231	1.660	1.621	2.320
1.982	1.995	2.812	1.998	1.790	2.682	1.958	1.533	2.487	1.692	1.592	2.323	1.971	1.306	2.364	1.608	1.541	2.227	1.646	1.629	2.316
1.978	1.991	2.807	1.988	1.787	2.674	1.940	1.533	2.473	1.676	1.598	2.316	1.956	1.304	2.351	1.591	1.550	2.222	1.632	1.636	2.311
1.974	1.986	2.800	1.979	1.784	2.665	1.922	1.532	2.458	1.661	1.603	2.308	1.940	1.302	2.336	1.573	1.559	2.215	1.618	1.642	2.305
1.970	1.981	2.794	1.970	1.780	2.655	1.904	1.530	2.443	1.645	1.608	2.301	1.925	1.298	2.322	1.556	1.565	2.207	1.602	1.647	2.298
1.965	1.975	2.786	1.959	1.775	2.644	1.887	1.529	2.428	1.629	1.612	2.292	1.908	1.295	2.306	1.539	1.570	2.199	1.588	1.651	2.291
1.958	1.969	2.777	1.949	1.769	2.632	1.869	1.527	2.414	1.612	1.615	2.282	1.891	1.291	2.290	1.521	1.575	2.189	1.574	1.654	2.283
1.951	1.966	2.770	1.938	1.765	2.621	1.853	1.526	2.400	1.596	1.617	2.272	1.875	1.289	2.275	1.503	1.579	2.180	1.559	1.656	2.274
1.943	1.964	2.762	1.926	1.762	2.610	1.837	1.525	2.388	1.580	1.619	2.262	1.859	1.288	2.262	1.485	1.582	2.170	1.543	1.657	2.264
1.935	1.964	2.757	1.913	1.763	2.602	1.823	1.524	2.376	1.564	1.619	2.252	1.844	1.287	2.249	1.467	1.584	2.159	1.528	1.656	2.254
1.925	1.965	2.750	1.899	1.765	2.593	1.808	1.524	2.365	1.548	1.619	2.241	1.831	1.288	2.239	1.449	1.584	2.147	1.514	1.655	2.243

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	Hand	Lower Arm		Upper Arm		Head		Body		Box	ระยะจาก	Fx	F	M	Fc	Fs	
74	0.013	0.033	0.577	0.066	0.544	0.079	0.429	0.487	0.478		Box to	Hip	Fcos45				
	0.932	2.405		4.891		5.831		36.053		12.000	Hip						
	1.710	1.595	1.922	4.623	2.036	9.958	2.005	11.694	2.034	73.323	1.681	0.353	609.327	430.855	105.433	3066.670	430.855
ภาระหนัก	1.700	1.585	1.908	4.590	2.026	9.908	2.004	11.686	2.025	73.009	1.668	0.355	609.327	430.855	105.040	3056.852	430.855
12	1.688	1.573	1.894	4.554	2.015	9.857	2.002	11.676	2.017	72.701	1.654	0.358	609.327	430.855	104.658	3047.298	430.855
	1.674	1.560	1.878	4.516	2.004	9.805	1.999	11.658	2.007	72.373	1.638	0.361	609.327	430.855	104.245	3036.983	430.855
	1.660	1.548	1.862	4.478	1.993	9.748	1.995	11.633	1.997	71.994	1.623	0.363	609.327	430.855	103.752	3024.661	430.855
	1.646	1.535	1.846	4.439	1.980	9.684	1.989	11.597	1.985	71.566	1.608	0.363	609.327	430.855	103.180	3010.344	430.855
	1.632	1.522	1.829	4.398	1.966	9.619	1.983	11.560	1.973	71.128	1.591	0.365	609.327	430.855	102.603	2995.933	430.855
	1.618	1.508	1.812	4.357	1.953	9.553	1.976	11.523	1.961	70.685	1.573	0.367	609.327	430.855	102.030	2981.600	430.855
	1.602	1.494	1.795	4.316	1.940	9.488	1.970	11.485	1.948	70.236	1.556	0.369	609.327	430.855	101.443	2966.933	430.855
	1.588	1.481	1.778	4.275	1.926	9.421	1.962	11.444	1.935	69.752	1.539	0.369	609.327	430.855	100.803	2950.922	430.855
	1.574	1.467	1.760	4.234	1.913	9.355	1.954	11.395	1.921	69.270	1.521	0.371	609.327	430.855	100.168	2935.063	430.855
	1.559	1.453	1.744	4.194	1.899	9.289	1.946	11.345	1.908	68.783	1.503	0.372	609.327	430.855	99.532	2919.163	430.855
	1.543	1.439	1.729	4.158	1.885	9.222	1.935	11.286	1.894	68.279	1.485	0.375	609.327	430.855	98.879	2902.837	430.855
	1.528	1.425	1.713	4.121	1.872	9.157	1.925	11.228	1.880	67.789	1.467	0.377	609.327	430.855	98.245	2886.985	430.855
1.514	1.411	1.698	4.085	1.858	9.087	1.914	11.161	1.867	67.308	1.449	0.382	609.327	430.855	97.635	2871.722	430.855	

ตารางผนวกที่ ค5 การคำนวณค่าแรงกดอัดสูงสุดในสภาวะพลวัต

ผู้ทดสอบ	Hand				LowerArm				Upperarm				Head				Body			
74	0.013				0.033 0.577				0.066 0.544				0.079 0.429				0.487 0.478			
	0.932				2.405				4.891				5.831				36.053			
	1.710	1.595	1.578	1.471	1.922	4.623	1.541	3.707	2.036	9.958	1.681	8.223	2.005	11.694	1.886	11.000	2.034	73.323	1.544	55.681
ภาระหนัก	1.700	1.585	1.591	1.483	1.908	4.590	1.546	3.717	2.026	9.908	1.680	8.217	2.004	11.686	1.886	10.995	2.025	73.009	1.543	55.644
12	1.688	1.573	1.601	1.493	1.894	4.554	1.549	3.726	2.015	9.857	1.678	8.208	2.002	11.676	1.884	10.985	2.017	72.701	1.542	55.594
	1.674	1.560	1.611	1.502	1.878	4.516	1.552	3.734	2.004	9.805	1.676	8.198	1.999	11.658	1.882	10.973	2.007	72.373	1.540	55.538
	1.660	1.548	1.621	1.511	1.862	4.478	1.555	3.741	1.993	9.748	1.674	8.190	1.995	11.633	1.880	10.962	1.997	71.994	1.539	55.483
	1.646	1.535	1.629	1.519	1.846	4.439	1.558	3.747	1.980	9.684	1.673	8.183	1.989	11.597	1.878	10.949	1.985	71.566	1.537	55.425
	1.632	1.522	1.636	1.525	1.829	4.398	1.560	3.752	1.966	9.619	1.671	8.175	1.983	11.560	1.875	10.932	1.973	71.128	1.535	55.350
	1.618	1.508	1.642	1.531	1.812	4.357	1.562	3.756	1.953	9.553	1.669	8.164	1.976	11.523	1.871	10.910	1.961	70.685	1.532	55.248
	1.602	1.494	1.647	1.535	1.795	4.316	1.563	3.760	1.940	9.488	1.666	8.149	1.970	11.485	1.866	10.883	1.948	70.236	1.529	55.118
	1.588	1.481	1.651	1.539	1.778	4.275	1.564	3.761	1.926	9.421	1.663	8.132	1.962	11.444	1.861	10.851	1.935	69.752	1.524	54.962
	1.574	1.467	1.654	1.542	1.760	4.234	1.564	3.762	1.913	9.355	1.659	8.114	1.954	11.395	1.855	10.817	1.921	69.270	1.520	54.797
	1.559	1.453	1.656	1.544	1.744	4.194	1.564	3.762	1.899	9.289	1.656	8.098	1.946	11.345	1.851	10.792	1.908	68.783	1.516	54.666
	1.543	1.439	1.657	1.545	1.729	4.158	1.565	3.763	1.885	9.222	1.654	8.091	1.935	11.286	1.849	10.781	1.894	68.279	1.515	54.608
	1.528	1.425	1.656	1.544	1.713	4.121	1.565	3.763	1.872	9.157	1.654	8.091	1.925	11.228	1.849	10.782	1.880	67.789	1.515	54.616
	1.514	1.411	1.655	1.543	1.698	4.085	1.564	3.763	1.858	9.087	1.655	8.095	1.914	11.161	1.850	10.790	1.867	67.308	1.516	54.650

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

	Box			CM		CM		Box		F=ma	F=ma	M=IQ	Mdy1		
	x	y	x	y	x	y	x	x	y						
12.000															
1.681	20.173	1.477	17.728	1.954	1.575	2.034	0.080	1.310	0.265	0.353	-149.489	-101.069	609.327	-5.417	26.987
1.668	20.010	1.492	17.909	1.945	1.577	2.023	0.078	1.309	0.268	0.355	-94.530	-90.510	609.327	1.864	49.531
1.654	19.842	1.506	18.071	1.935	1.579	2.012	0.076	1.308	0.271	0.358	-107.055	-59.690	609.327	0.575	47.056
1.638	19.661	1.519	18.224	1.925	1.581	1.999	0.074	1.308	0.273	0.361	-143.779	-41.746	609.327	3.310	40.931
1.623	19.473	1.530	18.366	1.914	1.582	1.985	0.072	1.307	0.275	0.363	-135.996	-58.205	609.327	-6.729	31.612
1.608	19.295	1.541	18.491	1.902	1.583	1.971	0.069	1.306	0.277	0.363	-93.843	-91.589	609.327	-3.236	44.231
1.591	19.095	1.550	18.603	1.889	1.583	1.956	0.067	1.304	0.279	0.365	-51.849	-119.433	609.327	-0.014	57.235
1.573	18.882	1.559	18.703	1.876	1.583	1.940	0.065	1.302	0.281	0.367	-42.767	-132.685	609.327	4.232	63.245
1.556	18.674	1.565	18.784	1.863	1.581	1.925	0.062	1.298	0.283	0.369	-54.279	-111.785	609.327	16.236	73.378
1.539	18.466	1.570	18.845	1.849	1.579	1.908	0.059	1.295	0.284	0.369	-45.829	-32.476	609.327	20.472	84.767
1.521	18.249	1.575	18.897	1.835	1.577	1.891	0.056	1.291	0.285	0.371	-30.755	83.407	609.327	35.702	110.666
1.503	18.033	1.579	18.946	1.821	1.575	1.875	0.054	1.289	0.286	0.372					
1.485	17.816	1.582	18.985	1.806	1.574	1.859	0.053	1.288	0.287	0.375					
1.467	17.604	1.584	19.007	1.792	1.575	1.844	0.052	1.287	0.287	0.377					
1.449	17.394	1.584	19.011	1.778	1.575	1.831	0.053	1.288	0.288	0.382					

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

<i>Fdy</i>	<i>Fst</i>	<i>Fycos45</i>	<i>Fcdy</i>	<i>Smoot</i> (5) <i>Fcdy</i>	<i>Fsdy</i>	<i>Fsst</i>
459.837	609.327	325.151	999.820	1322.227	325.151	3066.670
514.796	609.327	364.012	1602.295	1416.319	364.012	3056.852
502.271	609.327	355.156	1531.549	1460.872	355.156	3047.298
465.547	609.327	329.189	1352.473	1550.910	329.189	3036.983
473.331	609.327	334.692	1124.997	1725.802	334.692	3024.661
515.484	609.327	364.499	1470.282	2004.330	364.499	3010.344
557.478	609.327	394.193	1825.060	2345.424	394.193	2995.933
566.559	609.327	400.614	1981.737	1980.412	400.614	2981.600
555.047	609.327	392.474	2226.936	1584.064	392.474	2966.933
563.498	609.327	398.449	2517.634	1138.677	398.449	2950.922
578.571	609.327	409.108	3175.752	635.150	409.108	2935.063

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๑1 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านชีวกลศาสตร์

Regression Analysis: Fc versus Weight, Height, Frequency, Lifting, Motion

The regression equation is

$$Fc = 1638 + 117 \text{ Weight} + 6.11 \text{ Height} + 71.6 \text{ Frequency} - 276 \text{ Lifting} - 104 \text{ Motion}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1638.36	71.88	22.79	0.000
Weight	117.475	2.037	57.67	0.000
Height	6.1113	0.3992	15.31	0.000
Frequency	71.617	6.111	11.72	0.000
Lifting	-275.73	19.96	-13.81	0.000
Motion	-104.10	19.96	-5.22	0.000

S = 84.68 R-Sq = 98.3% R-Sq(adj) = 98.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	28076049	5615210	783.08	0.000
Residual Error	66	473266	7171		
Total	71	28549315			

ตารางผนวกที่ ๑2 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (รวม)

Regression Analysis: %VO2max versus Temp., Weight, Height, Freq., People

The regression equation is

$$\%VO2max = -45.7 + 0.735 \text{ Temp.} + 1.16 \text{ Weight} + 0.126 \text{ Height} + 4.93 \text{ Freq.} + 7.45 \text{ People}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-45.683	3.882	-11.77	0.000
Temp.	0.7352	0.1157	6.35	0.000
Weight	1.15806	0.08268	14.01	0.000
Height	0.12551	0.01620	7.75	0.000
Freq.	4.9286	0.2480	19.87	0.000
People	7.4500	0.8101	9.20	0.000

S = 3.437 R-Sq = 92.2% R-Sq(adj) = 91.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	9166.0	1833.2	155.21	0.000
Residual Error	66	779.5	11.8		
Total	71	9945.5			

ตารางผนวกที่ ๓3 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (ยกคนเดียว)

Regression Analysis: %VO2max versus Temp., Weight, Height, Freq. (Single)

The regression equation is

$$\%VO2max = -31.7 + 0.591 \text{ Temp.} + 1.11 \text{ Weight} + 0.119 \text{ Height} + 4.45 \text{ Freq.}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-31.673	5.610	-5.65	0.000
Temp.	0.5914	0.1761	3.36	0.002
Weight	1.1084	0.1258	8.81	0.000
Height	0.11856	0.02465	4.81	0.000
Freq.	4.4454	0.3774	11.78	0.000

S = 3.697 R-Sq = 89.0% R-Sq(adj) = 87.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	3429.10	857.28	62.71	0.000
Residual Error	31	423.78	13.67		
Total	35	3852.89			

ตารางผนวกที่ ๓4 ผลการทดสอบสมการถดถอยทางด้านสรีรวิทยา (ยกสองคน)

Regression Analysis: %VO2max versus Temp., Weight, Height, Freq. (Dual)

The regression equation is

$$\%VO2max = -37.3 + 0.879 \text{ Temp.} + 1.21 \text{ Weight} + 0.132 \text{ Height} + 5.41 \text{ Freq.}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-37.344	4.611	-8.10	0.000
Temp.	0.8789	0.1447	6.07	0.000
Weight	1.2077	0.1034	11.68	0.000
Height	0.13247	0.02026	6.54	0.000
Freq.	5.4119	0.3102	17.45	0.000

S = 3.039 R-Sq = 94.4% R-Sq(adj) = 93.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	4807.3	1201.8	130.14	0.000
Residual Error	31	286.3	9.2		
Total	35	5093.6			

ตารางผนวกที่ ๓5 ผลการทดสอบสมการ *RLE* กับค่า $MAW_{95\%}$ เพศชาย ของ Mital

Regression Analysis: MAW95 versus RWL

The regression equation is
 $MAW95 = 0.818 + 0.957 \text{ RWL}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.8181	0.3719	2.20	0.030
RWL	0.95658	0.05142	18.60	0.000

S = 1.679 R-Sq = 76.6% R-Sq(adj) = 76.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	975.77	975.77	346.04	0.000
Residual Error	106	298.90	2.82		
Total	107	1274.66			

ตารางผนวกที่ ๓6 ผลการทดสอบสมการ *STD* กับค่า $MAW_{50\%}$ เพศชาย ของ Mital

Regression Analysis: STD versus MAW50

The regression equation is
 $STD = 0.802 + 0.308 \text{ MAW50}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.8020	0.2228	3.60	0.000
MAW50	0.30810	0.01232	25.00	0.000

S = 0.8199 R-Sq = 85.5% R-Sq(adj) = 85.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	420.10	420.10	624.97	0.000
Residual Error	106	71.25	0.67		
Total	107	491.35			

ตารางผนวกที่ ๗ ผลการทดสอบสมการ RLE กับค่า $MAW_{75\%}$ เพศหญิง ของ Mital

Regression Analysis: MAW75 versus RWL

The regression equation is
 $MAW75 = 4.05 + 0.588 RWL$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.0526	0.1654	24.50	0.000
RWL	0.58848	0.02287	25.73	0.000

S = 0.7468 R-Sq = 86.2% R-Sq(adj) = 86.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	369.29	369.29	662.18	0.000
Residual Error	106	59.11	0.56		
Total	107	428.40			

ตารางผนวกที่ ๘ ผลการทดสอบสมการ STD กับค่า $MAW_{50\%}$ เพศหญิง ของ Mital

Regression Analysis: STD versus MAW50

The regression equation is
 $STD = 0.522 + 0.198 MAW50$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.5224	0.1699	3.07	0.003
MAW50	0.19794	0.01741	11.37	0.000

S = 0.4108 R-Sq = 55.4% R-Sq(adj) = 55.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	21.813	21.813	129.29	0.000
Residual Error	104	17.547	0.169		
Total	105	39.360			

ภาคผนวก จ

ตาราง *MAW* ของ Mital และคณะ

ตาราง *MAW* ของ Mital และคณะ (Mital et al., 1997)

ตารางผนวกที่ ๑1 ค่า *MAW* ของเพศชายที่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่างๆ (กก)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับพื้น ถึงระดับความสูง 80 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	14	11	9	7	6	4.5
	75	20	16	13	10.5	9	7
	50	27	22	17	14	12	9.5
	25	27	27	21	17.5	15	12
	10	27	27	25	20.5	18	14.5
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	16	13	10	7	7	6.5
	75	24	19	14	10	10	9
	50	27	26	19	15	12.5	10
	25	27	27	24	18.5	15	12
	10	27	27	27	22	17.5	15
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	19	15	11	7	7	6.5
	75	27	22	17	10	10	9.5
	50	27	27	22	15	14	12
	25	27	27	27	20	17	14
	10	27	27	27	25	21	15
จากระดับพื้น ถึงระดับความสูง 132 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	13	10	8	6	6	4
	75	19	14.5	12	10	9	7
	50	24	20	15	13	11	9
	25	27	24.5	18	15	12	11
	10	27	27	22	19	16	13
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	15	12.5	9	6	6	5
	75	22.5	18	14	10	9	8
	50	27	24	18	14	12	10
	25	27	27	22	18	14	11
	10	27	27	27	21	17	14
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	18	14	11	6	6	5
	75	25	21	16	10	9	8
	50	27	27	22	14	12	10
	25	27	27	27	20	14	11
	10	27	27	27	21	17	14

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับพื้น ถึง ระดับความสูง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	12	9.5	8	6	5	3
	75	17	14	11	9	8	6
	50	23	19	15	12	10	8
	25	27	24	18	14	12	9
	10	27	27	22	18	15	12
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	14	11	9	6	6	4
	75	21	16	12	9	9	7
	50	27	22	16	14	12	10
	25	27	27	20	17	14	11
	10	27	27	23	20	17	14
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	16	13	9	6	6	4
	75	24	19	15	9	9	7
	50	27	26	19	14	12	10
	25	27	27	23	20	14	11
	10	27	27	27	24	17	14
จากระดับความสูง 80 ซม ถึง 132 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	16	15	13	7	6	5
	75	21	20	17	8	8	7
	50	26	25	21	12	11	9
	25	27	27	26	17	13	12
	10	27	27	27	23	20	16
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	16	15	13	7	6	5
	75	21	20	17	8	8	7
	50	26	25	21	12	11	9
	25	27	27	26	17	13	12
	10	27	27	27	23	20	16
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	18	17	14	7	6	5
	75	23	22	18	8	8	7
	50	27	27	23	12	11	9
	25	27	27	27	17	13	12
	10	27	27	27	24	21	16

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับความสูง 80 ซม ถึง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	13	12	11	7	6	5
	75	18	17	15	8	8	6
	50	23	21	19	12	11	8
	25	27	26	23	17	13	11
	10	27	27	27	22	18	13
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	13	12	11	7	6	5
	75	18	17	15	8	8	6
	50	23	21	19	12	11	8
	25	27	26	23	17	13	11
	10	27	27	27	22	18	13
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	15	14	12	7	6	5
	75	20	19	16	8	8	7
	50	25	24	20	12	11	9
	25	27	27	24	20	16	12
	10	27	27	27	22	18	13
จากระดับความสูง 132 ซม ถึง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	12	12	9	7	6	4
	75	15	15	12	9	8	6
	50	20	19	16	12	10	7
	25	25	23	19	15	12	10
	10	27	27	22	17	13	12
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	14	14	11	7	7	5
	75	19	18	14	9	8	6
	50	24	23	18	12	10	9
	25	27	27	21	15	12	10
	10	27	27	25	17	13	11
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	17	16	13	7	6	5
	75	22	21	17	9	8	8
	50	27	26	21	12	11	10
	25	27	27	25	15	14	13
	10	27	27	27	17	16	15

ตารางผนวกที่ จ2 ตัวคูณการบิดตัว (Asymmetrical Lifting Multiplier)

มุม	ตัวคูณ
0-30	1.000
30-60	0.924
60-90	0.848
มากกว่า 90	0.800

หมายเหตุ * Interpolate สำหรับค่าระหว่างช่วง

* มีการเคลื่อนที่ของเท้าร่วมด้วย

ตารางผนวกที่ จ3 ตัวคูณอุณหภูมิ (Heat Stress Multiplier: *WBGT*)

Heat Stress (<i>WBGT</i>)	ตัวคูณ
ไม่เกิน 27 องศาเซลเซียส	1.00
ที่ 32 องศาเซลเซียส	0.88

หมายเหตุ * Interpolate สำหรับค่าระหว่างช่วง

ตารางผนวกที่ ๑๔ ค่า *MAW* ของเพศหญิงที่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่างๆ (กก)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับพื้น ถึง ระดับความสูง 80 ซม.							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	8	7	7	6	5	4
	75	10	9	9	8	7	6
	50	12	11	10	9	8	7
	25	14	13	12	11	9	7
	10	16	14	14	13	11	9
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	8	8	8	7	6	5
	75	10	10	9	8	7	6
	50	13	12	11	10	9	8
	25	15	14	13	11	10	8
	10	17	15	15	13	13	9
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	10	9	9	8	7	6
	75	13	12	11	9	8	7
	50	16	14	13	11	10	8
	25	18	17	15	13	12	10
	10	22	19	18	15	13	11
จากระดับพื้น ถึงระดับความสูง 132 ซม.							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	6.5	6	6	5	4	3
	75	8	7.5	7.5	6.5	6	5
	50	10	8	8	7.5	6.5	6
	25	11.5	11	10	9	7.5	6.5
	10	13	11.5	11.5	11	9	8
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	6.5	6.5	6.5	6	5	4
	75	8	8	7.5	6.5	6	5
	50	11	10	9	8	7.5	6.5
	25	12.5	11.5	11	9.5	8	7
	10	14	12.5	12.5	11	9	7.5
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	8	7.5	7.5	6.5	6	5
	75	11	10	9	8	6.5	5.5
	50	13	11.5	11	9.5	8	7
	25	15	14	12.5	11	10	9
	10	17	16	15	13	11	9

ตารางผนวกที่ จ4 (ต่อ)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับพื้น ถึงระดับความสูง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	6	5	5	4.5	4	3
	75	7	7	7	6	5	4.5
	50	9	8	7	7	6	5.5
	25	10	10	9	8	7	6
	10	12	10	10	10	8	7
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	7	6	6	5.5	4.5	3.5
	75	7	7	7	6	5	4.5
	50	10	9	8	7	7	6
	25	11	10	10	8.5	7	6.5
	10	12	11	11	10	8	7
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	7	7	7	6	5	4.5
	75	10	9	8	7	6	5
	50	12	10	10	8.5	7	6
	25	13.5	12	11	10	9	8
	10	15	14	13.5	12	10	8
จากระดับความสูง 80 ซม. ถึง 132 ซม.							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	10	9	8	6	6	5
	75	12	11	9	7	7	6
	50	14	13	11	9	9	8
	25	16	14	12	11	10	9
	10	17	16	14	12.5	11	9.5
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	10	9	8	6	6	5
	75	12	11	9	7	7	6
	50	14	13	11	9	9	8
	25	16	14	12	11	10	9
	10	17	16	14	12.5	11	9.5
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	11	10	9	7	6.5	6.5
	75	13	12	11	8.5	8.5	8
	50	15	14	13	11	10	8.5
	25	17	16	14	13.5	11.5	11
	10	19	18	16	14.5	13	11.5

ตารางผนวกที่ จ4 (ต่อ)

ความถี่ ครั้งต่อนาที	%	0.2	1	4	8	12	16
จากระดับความสูง 80 ซม ถึง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	9	8	7	5	5	4.5
	75	10.5	9.5	8	6	6	5
	50	12	11	10	8	8	7
	25	14	12	10.5	10	9	8
	10	15	14	12	11	10	8
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	9	8	7	5	5	4.5
	75	10.5	9.5	8	6	6	5
	50	12	11	10	8	8	7
	25	14	12	10.5	10	9	8
	10	15	14	12	11	10	8
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	10	9	8	6	6	6
	75	11	10.5	10	7.5	7.5	7
	50	13	12	11	10	9	7.5
	25	15	14	12	11	10	10
	10	17	16	14	13	11	10
จากระดับความสูง 132 ซม ถึง 183 ซม							
ขนาดกล่อง (ซม) 75	90	7	7	7	5	4	3
	75	9	8	8	6	5	4
	50	10	9	9	8	7	6
	25	11	10	10	9	8	7
	10	13	12	11	10	9	8
ขนาดกล่อง (ซม) 49	90	8	7	7	5	4	3
	75	9	9	8	6	5	4
	50	11	10	9	8	7	6
	25	12	11	10	9	8	7
	10	14	13	11	10	9	8
ขนาดกล่อง (ซม) 34	90	10	9	8	6	6	6
	75	11	11	9	7	7	7
	50	13	12	11	9	9	8
	25	15	14	12	11	10	9
	10	16	15	14	12	11	9.5

ภาคผนวก ฉ
ฐานข้อมูลมาตรฐานแต่ละประเทศ

ฐานข้อมูลมาตรฐานแต่ละประเทศ (Mital et al., 1997)

ตารางผนวกที่ ๑๑ ฐานข้อมูลมาตรฐานคนงานชาย (ผู้ใหญ่)

ประเทศ	เงื่อนไข	น้ำหนักสูงสุด (กก.)
บราซิล	ถือเค็น 60 เมตร	60
	ยกโดยแรงตัวเอง	40
โคลัมเบีย	แบกบนบ่า	50
	ยกของ	25
เชกโกสโลวาเกีย	มีมือจับอย่างดี	50
เอ็กวาดอร์	ไม่มี	60
เยอรมันตะวันออก	อายุมากกว่า 45 ปี ยก/ขน เป็นช่วงๆ	45
	อายุมากกว่า 45 ปี ยก/ขน ยกบ่อยๆ	25
	อายุ 19-45 ปี ยก/ขน เป็นช่วงๆ	55
	อายุ 19-45 ปี ยก/ขน ยกบ่อยๆ	30
เยอรมันตะวันตก	งานหนัก/หนักมาก < 8 % ต่อกะ	33
	งานหนักปานกลาง < 8 % ต่อกะ	38
	งานเบา < 8 % ต่อกะ	45
	งานหนัก/หนักมาก > 30 % ต่อกะ	8
	งานหนักปานกลาง > 30 % ต่อกะ	12
	งานเบา > 30 % ต่อกะ	15
กรีซ	ยกเนื้อสัตว์	100
ฮอนดูรัส	ไม่มี	50
ฮังการี	ขนไม่เกิน 90 เมตร	50
โมแซมบิก	ไม่มี	55
ปากีสถาน	ไม่มี	90
ฟิลิปปินส์	ในงานก่อสร้าง (ยกต่อเนื่อง)	50
โปแลนด์	ยกต่อเนื่อง/ขน ไม่เกิน 25 เมตร	50
	บันได 60 องศา/ พื้นเอียง 45 องศา ระยะไม่เกิน 4 เมตร	30

ตารางผนวกที่ ๓2 ฐานข้อมูลมาตรฐานคนงานหญิง (ผู้ใหญ่)

ประเทศ	เงื่อนไข	น้ำหนักสูงสุด (กก.)
ออสเตรเลีย		15
บัลแกเรีย	อายุ 16 ปีขึ้นไป	20
คาเมรูน	ยก ค้าง ดัน	25
โคลัมเบีย	อายุเกิน 18 ปี / ยกของ	12.5
	อายุเกิน 18 ปี / ขนของ	15
ไอวอรีโคสต์	ยก ค้าง ดัน	25
เชกโกสโลวาเกีย	ยกและขนของ	15
	ไม่เกิน 90 ครั้งต่อกะ	16
	ไม่เกิน 70 ครั้งต่อกะ	18
	ไม่เกิน 44 ครั้งต่อกะ	20
เยอรมันตะวันออก	ยกเป็นช่วง ๆ	15
	ยกบ่อย ๆ	10
เยอรมันตะวันตก	งานหนัก/หนักมาก < 8 % ต่อกะ	19
	งานหนักปานกลาง < 8 % ต่อกะ	22
	งานเบา < 8 % ต่อกะ	25
	งานหนัก/หนักมาก > 30 % ต่อกะ	4
	งานหนักปานกลาง > 30 % ต่อกะ	7
	งานเบา > 30 % ต่อกะ	10
ฮังการี	อายุมากกว่า 18 ปี ระยะทางมากกว่า 60 เมตร	40
ญี่ปุ่น	อายุ 18 ปี หรือมากกว่า ทำงานต่อเนื่อง	20
	อายุ 18 ปี หรือมากกว่า ทำงานเป็นระยะ	30
ลักเซมเบิร์ก	แม่หลังคลอด / 3 เดือน	5
มาเลเซีย	อายุมากกว่า 18 ปี / ยก	25
โมแซมบิก	อายุมากกว่า 21 ปี / ยก	41.25
ปากีสถาน	อายุ 17 ปีและมากกว่า	23
ฟิลิปปินส์	แบก / ยก	25
โปแลนด์	ขน / ยก บนพื้นราบ	20
	ขน / ยก บนพื้นเอียง	15
	ยกเป็นช่วงๆ บนพื้นราบ	30
	ยกเป็นช่วงๆ บนพื้นเอียง	25

ตารางผนวกที่ ๓3 ฐานข้อมูลมาตรฐานแรงงานเด็ก

ประเทศ	เงื่อนไข	น้ำหนักสูงสุด (กก.)
โบลีเวีย	เด็กชาย อายุต่ำกว่า 16 ปี	10
	เด็กหญิง อายุต่ำกว่า 16 ปี	5
	หญิงอายุ 16-20 ปี	10
โคลัมเบีย	ชน ยก เป็นระยะๆ 16 – 18 ปี	15
	ชน ยก ต่อเนื่อง 16 – 18 ปี	11.25
ไอวอรีโคต	ยก 16 – 18 ปี	20
	เด็กชาย อายุ 14 – 16 ปี	15
เชกโกสโลวาเกีย	ยกเป็นช่วง ๆ อายุมากกว่า 16 ปี	10
อิกัวดอร์	ชาย 16 – 18 ปี	23
	หญิง 18 – 21 ปี	12
	ชายต่ำกว่า 16 ปี	16
	หญิงต่ำกว่า 18 ปี	9
อียิปต์	ยก ชาย อายุ 12 – 15 ปี	10
	ยกหญิงอายุ 12 – 15 ปี	7
เยอรมันตะวันออก	ยกเป็นช่วงๆ ชายอายุ 15 – 18 ปี	35
	ยกบ่อยๆ ชายอายุ 15 – 18 ปี	20
	ยกเป็นช่วงๆ หญิงอายุ 15 – 18 ปี	15
	ยกบ่อย ๆ หญิงอายุ 15 – 18 ปี	10
ฟินแลนด์	ชายอายุ 15 – 17 ปี	20
	หญิงอายุ 15 – 17 ปี	15
กาบอง	ยกของ ชายอายุ 17 – 18 ปี	20
	ยกของ ชายอายุ 16 – 17 ปี	15
	ยกของหญิง อายุ 17 – 18 ปี	10
กรีซ	ชนของยกของ ทำงาน 16 – 18 ปี	10
	ชนของ ยกของ เด็กอายุ 16 ปี	5
ฮังการี	ชน /ยก ของ มากกว่า 60 เมตร คนเดี่ยว อายุ 16 – 18 ปี	20
	ชน / ยก มากกว่า 60 เมตรคู่ อายุ 16 - 18 ปี	40
	ชน / ยก ชาย อายุ 14- 16 ปี ยกคนเดียว	15
	ชน / ยก ชายอายุ 14- 16 ปี ยกคู่	30
	ชน /ยก หญิง อายุ 16 – 18 ปี ยกคนเดียว	15
	ชน /ยกหญิงอายุ 16 – 18 ปี ยกคู่	30

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

ประเทศ	เงื่อนไข	น้ำหนักสูงสุด (กก.)
	ยกของ 1% พื้นเอียงชายอายุ 14- 16 และหญิง อายุ 16 – 18 ปี	10
	ยกของ 2% พื้นเอียง ชายอายุ 14 – 16 และหญิง อายุ 16 – 18 ปี	5
อิสราเอล	ชาย 16- 18 ปี < 2 ชม / วัน	20
	ชายอายุ 16 – 18 ปี > 2 ชม / วัน	16
	ชายอายุต่ำกว่า 16 ปี < 2 ชม / วัน	12.5
	ชายอายุต่ำกว่า 16 ปี > 2 ชม / วัน	10
	หญิง 16- 18 ปี < 2 ชม / วัน	10
	หญิง อายุต่ำกว่า 16 ปี < 2 ชม / วัน	8
	ญี่ปุ่น	ชน / ยกชาย 16- 18 ปี เป็นระยะๆ
ชน / ยก หญิง อายุ 16 – 18 ปี เป็นระยะๆ		25
ชน / ยก ชายอายุ < 16 ปี เป็นระยะๆ		15
ชน / ยก หญิง อายุ < 16 ปี เป็นระยะๆ		12
ชน / ยก ชาย 16 – 18 ปี ต่อเนื่อง		20
ชน / ยก หญิง 16 – 18 ปี ต่อเนื่อง		15
ชน/ ยก ชาย < 16 ปี ต่อเนื่อง		10
ชน / ยก หญิง < 16 ปี ต่อเนื่อง		8
มาเลเซีย	ยกของชาย 16 – 18 ปี	20
	ยกของ ชาย 14- 16 ปี	15
	ยกของหญิง 16 -18 ปี	10
	ยกของหญิง 14- 16 ปี	8
เม็กซิโก	ยกของชายอายุต่ำกว่า 16 ปี	20
	ยกของหญิงอายุต่ำกว่า 16 ปี	10
ปากีสถาน	ชน / ยก ชาย 15 – 17 ปี	23
	ชน / ยก หญิง 15 – 17 ปี	18
	ชน / ยกอายุต่ำกว่า 15 ปี	16
โปแลนด์	ยก วิทยทำงาน 16 – 18 บนพื้นเอียง < 30 และสูง < 5 เมตร	8
	ยกของชาย อายุต่ำกว่า อายุ 16 ปี บนพื้นราบ	16
	ยกของหญิง ต่ำกว่า อายุ 16 ปี บนพื้นราบ	10
	ยกของชาย อายุต่ำกว่า 16 ปี บนพื้นเอียงหรือบันได	5
	ยกของหญิง อายุต่ำกว่า 16 ปี บนพื้นเอียง หรือ บันได	3

ภาคผนวก ข
แนวทางการหาคำตอบในการปรับปรุง

แนวทางการหาคำตอบในการปรับปรุง (Burke, 1992)

ชิ้นงาน ภาษาระบบ และนโยบาย (Method)

เปลี่ยนขนาดของภาษาระบบ

จัดลำดับการวางชิ้นงาน

ให้ผู้ผลิตเป็นผู้ทำแทน

มีบรรจุภัณฑ์หลายรูปแบบ

ฝ่ายประกันคุณภาพเข้มงวดมาตรฐานการรับเข้าวัสดุ

ลดการจัดส่งวัสดุไปยังที่ต่างๆ

เพิ่มน้ำหนักของภาษาระบบ/รายการ

เปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงาน

ลดน้ำหนักของภาษาระบบ

เปลี่ยนจำนวนชิ้นงานที่ขน

เปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงาน

เปลี่ยนคุณสมบัติของชิ้นงาน

เปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อชิ้นงาน

เปลี่ยนทิศทางหรือตำแหน่งของ Input

เปลี่ยนภาษาระบบของชิ้นงานที่รับเข้า

แยกงานในแต่ละชิ้นส่วน

รวมชิ้นตอนไว้ในที่เดียว

มีผู้ควบคุมอัตรา Input

ยกเลิกนโยบายการจ่ายค่าแรงรายชิ้น

มีผู้นับจำนวนรวม

ลดอัตราการจัดส่ง

เพิ่มพนักงาน

แบ่งน้ำหนักบรรจุภัณฑ์โดยใช้สี

พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์

การปรับปรุงที่ตัวพนักงาน (Man)

ลดหรือเพิ่มขั้นตอนทำงานของพนักงานแต่ละคน

ลดขั้นตอนการทำงาน บรรจุ หรือขนด้วย

ใช้คนงานเพิ่ม

ปรับอัตรา output ได้

ไม่ปรับแก้ Input

ทำให้คุณภาพอยู่ในระดับที่ลูกค้าพอใจ

ปรับ/ยกเลิกการใช้พื้นที่เก็บปัจจุบัน

จัดส่งสินค้าที่มีการประกอบบางส่วน

ปัจจัยเสี่ยงที่สามารถลดได้ด้วยการฝึกอบรม Method, Management

อบรมการลดปัจจัยเสี่ยงที่บ้าน

อบรมการลดปัจจัยเสี่ยงในที่ทำงาน

ลดกิจกรรมที่เพิ่มปัจจัยเสี่ยงที่บ้าน

ลดปัจจัยเสี่ยงในที่ทำงาน

การปรับปรุงกรณี

การปรับที่นั่ง

การปรับสถานที่ทำงาน

การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข

การดูแลรักษาอุปกรณ์

ลดการยึดตัวตลอดวัน

การกระตุ้นเตือนในการดูแลระบบบำรุงรักษา

ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ ขึ้นตอนเฉพาะ

กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน

สวมใส่เสื้อผ้าที่พอดี

มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ดี

ใช้หลักของการยศาสตร์

หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น

การฝึกอบรมที่ดี

ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง

ใช้วิดีโอประกอบ

ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ

ใช้สไลด์ประกอบ

ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม

กระจายข้อความและแผ่นป้าย

ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม

มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอขึ้นเอง

ปัจจัยเสี่ยงที่สามารถลดได้ด้วยการจูงใจ

พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม

มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม

มีระบบลดความไม่พอใจด้วยการลาออกหรือทำงานล่าช้า

มีการให้เงินรางวัลตอบแทน

การออกกำลังกาย

มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง

มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ

ระหว่างเวลางาน

ระหว่างเวลาพัก

นอกเวลางาน

สนับสนุนการเป็นสมาชิก Health Club

ใช้อุปกรณ์ป้องกัน (Machine)

สวมสายรัดข้อมือ

สวม Back Brace

สวม lift belt

ใช้อุปกรณ์เฝ้าระวัง

มีการตรวจสอบงานซ้ำซาก

มีอุปกรณ์แจ้งเหตุเมื่อมีการทำงานที่มีความเครียด

ใช้การหมุนเวียนงาน (Method)

มีหมุนเวียนการทำงานหนัก-เบาสลับกัน

มีช่วงเวลาพัก

มีการหมุนเวียนงานระหว่างสัปดาห์เพื่อเปลี่ยนชุดกล้ามเนื้อที่ทำงาน

มีการหมุนเวียนงานระหว่างวันเพื่อเปลี่ยนชุดกล้ามเนื้อที่ทำงาน

มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ

มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่

ใช้การเลือกพนักงาน (Method)

มีระบบการทดสอบความแข็งแรงเพื่อคัดเลือกพนักงาน

มีระบบการทดสอบความยืดหยุ่นเพื่อคัดเลือกพนักงาน

มีระบบการตรวจสอบประวัติสุขภาพเพื่อคัดเลือกพนักงาน

มีระบบการทดสอบความสามารถตามหน้าที่งานเพื่อคัดเลือกพนักงาน

มีระบบการทดสอบสมรรถภาพเพื่อคัดเลือกพนักงาน

การปรับปรุงที่เครื่องจักร (Machine)

สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่งของพนักงาน

ปรับความสูงของพื้น ความสูง มุม

เปลี่ยนเป็นเก้าอี้รุ่นที่ปรับได้

ทำฐานรองยกกระดานพนักงาน

ลดระดับพนักงานด้วยการปรับพื้น

รองพนักงานด้วยพลาแท

ปรับความสูงของพื้น

จัดหาพื้นที่ปรับระดับได้

จัดหาเก้าอี้นั่ง/ยืน

ใช้ Scaffolding หรือ Gantry

ปรับตำแหน่งของสถานีงาน (Machine)

ปรับรถ โตะ หรือสถานีงาน

เปลี่ยนเป็นรุ่นที่ปรับความสูงได้

เปลี่ยนพื้นรองสถานีงานหรือถังเก็บ

ลดระดับสถานีงานหรือถังเก็บ

วางสถานีงานบนพาเลท

ยึดสถานีงานหรือถังเก็บกับผนังในระดับที่พอเหมาะ

ใช้แขนหรือก้านเพิ่มเติม

ต่อขา โตะ หรือสถานีงาน

แยกพื้นที่ทำงานออกเป็น 2 ระดับ

ใช้ถังที่มีพื้นสปริง พื้นสองระดับหรือปรับได้

เพิ่มพื้นรองเล็กๆ บนพื้นที่ทำงาน

ใช้หมอนรองบนเก้าอี้

ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงานด้วยการปรับ โตะ ที่ขาหลังขึ้น

ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงานด้วยการรองหรือเสริม โตะ ที่ขาหลัง

ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงานด้วยการยึดกับผนัง

เปลี่ยนมุมของสายพาน

ใส่โตะหมุน

ตัดพื้นผิวพื้นที่ทำงานเพื่อให้พนักงานทำงานได้ใกล้มากขึ้น

เปลี่ยนฝั่งของพื้นที่ทำงานจาก 180 องศาเป็น 90 องศา

เพิ่มเก้าอี้ระหว่างเส้นทาง

เพิ่ม Swing Arm

เพิ่มตัวช่วยจับยึด Coup

การเคลื่อนย้ายสิ่งของ (Machine, Method)

ใช้ hand tool

ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น

ใส่โตะหมุน

ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน

ใช้งานหรือออกแบบรถของให้มีประสิทธิภาพ

ใช้ล้อเลื่อนช่วย

ติดตั้งอุปกรณ์ loading

ใช้แจคช่วย

ใช้ถาดรองที่เบาขึ้น

ใช้เครนช่วยยก

ติดตั้งที่เก็บชิ้นงานให้ต่ำกว่าเพื่อใช้ประโยชน์จากแรงโน้มถ่วง

ติดตั้งพื้นเอียง

ใช้อุปกรณ์ป้อนชิ้นงาน

ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ

ติดตั้ง Roller ที่ขอบโต๊ะ

ใช้สายพานลำเลียง

ใช้โฟลกลิฟต์

ใช้อุปกรณ์ช่วยยก

ใช้อุปกรณ์ Suction

ใช้ two-man stretcher device

มีอุปกรณ์แขน (machine)

มีการใช้ Hand tool

ใช้จิก

ใช้แจ็ก

ใช้โฟลกลิฟต์

ใช้เครน

มีกิจกรรมซ้ำซาก Freq (Method)

มีการใช้ hand tool เช่น ค้อน ปะแจ็ก คีม รีเวด สเตปเปิลอร์ ปืนอัดกาว ยึดกับจิก

ปรับตำแหน่งการเก็บให้หยิบง่าย

ใช้ระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ บางส่วน หรือทั้งหมด

ใช้การหมุนเวียนงาน

คัดเลือกพนักงาน

เพิ่มคน

มีบางกิจกรรมที่ไม่มีเครื่องช่วย

จัดให้มีเก้าอี้

ใช้พื้นรองที่เท้า

จัดให้มีที่พักเท้า

จัดให้มีที่พักแขน

จัดให้มีเก้าอี้ปรับความสูงได้ หมุนได้ และมีพนักพิง

มีที่พักแขนบนโต๊ะ

มี sit/stand chair

ลดการทำงานในเงื่อนไขจำกัด

ปรับมุมของ โต๊ะหรือตัวชิ้นงาน

ปรับประตูหรือหรืออุปกรณ์เพื่อหลีกเลี่ยงท่าที่ผิดปกติ

ปรับสายพานลำเลียงให้ใช้งานได้สะดวก

สภาพแวดล้อมเป็นที่พอใจหรือไม่

มีเครื่องปรับอากาศ

มีชุดป้องกันที่สวมใส่สบาย

มีการรวมถึงอุปกรณ์ input ข้อมูล

อุปกรณ์ป้อนข้อมูลและแสดงผลมีการจัดวางเหมาะสม

ปรับแสงสว่างได้

มีหูฟังสำหรับการป้อนข้อมูล

จัดเตรียมจอที่ไม่สะท้อนแสง

ปรับตำแหน่งของจอแสดงผลได้

การทำงานของพนักงานมีการควบคุมหรือไม่

มือจับมีรูปร่างต่างๆ กัน

ปุ่มจับมีขนาดใหญ่

ปรับปุ่มหรือคันบังคับให้ใช้งานได้ง่าย

จัดให้มีการเลือกใช้มือหรือเท้าในการควบคุมได้

สามารถปรับปรุงสภาพแวดล้อมด้วยการซ่อมบำรุงหรือไม่

กำหนดให้มีระบบการแจ้งซ่อมอุปกรณ์หรือสถานงาน

จัดทำขั้นตอนการซ่อมบำรุงให้ง่าย

มีตารางการซ่อมบำรุง

ภาคผนวก ข

สมการ *RLE* เพศหญิงที่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่างๆ

สมการ *RLE* เพศหญิงที่เปอร์เซ็นต์ไต้ต่างๆ

ความสัมพันธ์ของสมการ *RLE* กับค่า *MAW* เพศหญิงสามารถหาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการถดถอยแบบพหุได้ดังต่อไปนี้ (การวิเคราะห์ทางสถิติอยู่ในภาคผนวก ง)

เมื่อนำค่าจากตารางของ Mital (ภาคผนวก จ) มาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยแทนค่า ปัจจัยต่างๆ คือ ความสูง ระยะเอี้อม ความถี่ ลงในสมการ *RLE* จะพบว่าค่า *MAW* เปอร์เซ็นต์ไต้ที่ 75 (หญิง) ของ Mital ($MAW_{75\%}$) จะมีความสัมพันธ์กับค่า *RWL* ในสมการ *RLE* ดังภาพผนวกที่ ซ1 และค่า $MAW_{75\%}$ ยังมีความสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตนเอง *STD* ด้วย (ภาพผนวกที่ ซ2) จากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบพหุจะได้สมการ ดังนี้

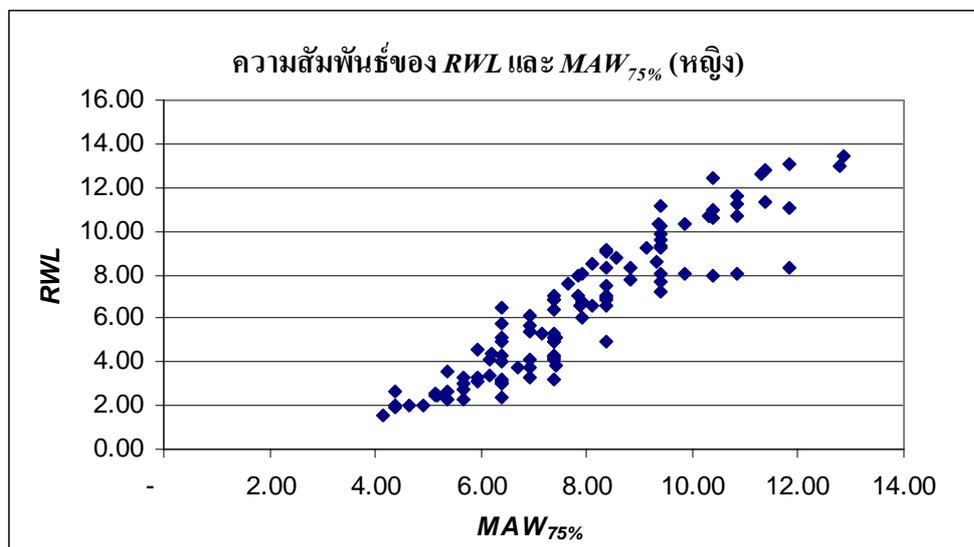
$$MAW_{75\%} = 4.05 + 0.588 RWL$$

$$\text{ระดับ ความสัมพันธ์ R-Sq(adj)} = 86.1\%$$

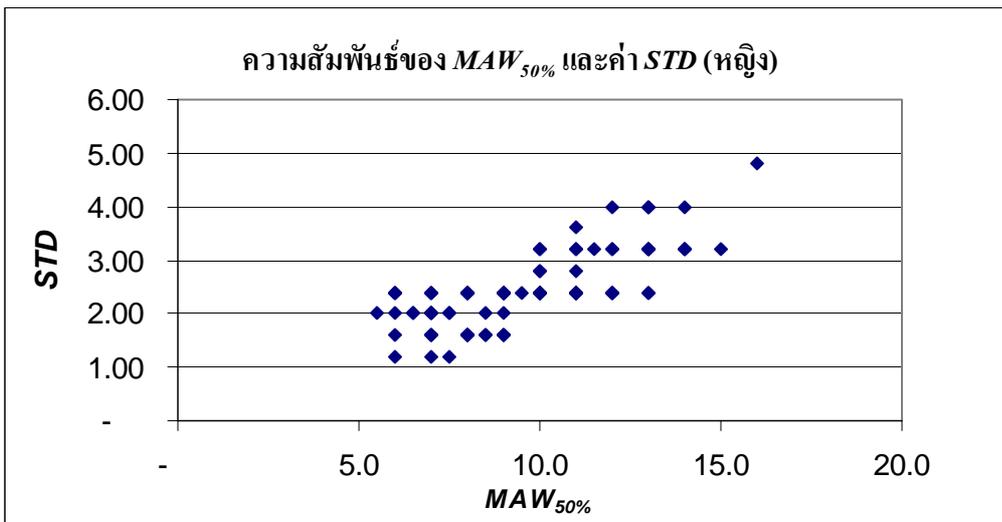
และ

$$STD = 0.522 + 0.198 MAW_{50\%}$$

$$\text{ระดับ ความสัมพันธ์ R-Sq(adj)} = 55.0\%$$



ภาพผนวกที่ ซ1 ความสัมพันธ์ของค่าจากสมการ *RLE* ค่า เปอร์เซ็นต์ไต้ที่ 75 (หญิง) ของ Mital



ภาพผนวกที่ ข2 เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 (หญิง) ของ Mital กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อกำหนด $RLW_{75\%}$ (RLW จากสมการ RLE) = $MAW_{75\%}$ และ $RWL_{50\%} = MAW_{50\%}$

$$\begin{aligned} \text{จาก } RWL_{75\%} &= RWL_{50\%} - 0.674 * STD \\ &= RWL_{50\%} - 0.674 * (0.522 + 0.198 * RWL_{50\%}) \\ &= RWL_{50\%} - 0.352 - 0.198 * RWL_{50\%} \\ &= 0.802 * RWL_{50\%} - 0.352 \end{aligned}$$

จะได้

$$RLW_{50\%} = 1.247 * RWL_{75\%} + 0.352$$

และในทำนองเดียวกันจะได้

$$\begin{aligned} STD &= 0.522 + 0.198 * RWL_{50\%} \\ &= 0.522 + 0.198 * (1.247 * RWL_{75\%} + 0.352) \\ &= 0.247 * RWL_{75\%} + 0.592 \end{aligned}$$

เมื่อ แทนค่า $RWL_{90\%}$ ในเทอมของ $RWL_{75\%}$ จะได้

$$\begin{aligned} RWL_{90\%} &= RWL_{50\%} - 1.25 * STD \\ &= [1.247 * RWL_{75\%} + 0.352] - [1.25 * (0.247 * RWL_{75\%} + 0.592)] \\ &= 0.938 * RWL_{75\%} - 0.388 \end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกันจะสามารถหา $RWL_{75\%}$, $RWL_{25\%}$, $RWL_{10\%}$ และ $RWL_{5\%}$ ได้เช่นกัน

ภาคผนวก ฅ**แบบตรวจสอบสถานประกอบการ (Checklist)**

แบบตรวจสอบสถานประกอบการ (Checklist)

หน่วยงาน _____.

แบบตรวจที่ 1

คำตอบว่า “ใช่” แสดงว่ามีสภาพเสี่ยงจริง และต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมให้ลึกลงในรายละเอียด

การขนย้ายสิ่งของ (Manual Material Handling)

- มีกิจกรรมการยกสิ่งของ เครื่องมือ หรือชิ้นส่วน “ขึ้น” หรือ ไม่
- มีกิจกรรมการยกสิ่งของ เครื่องมือ หรือชิ้นส่วน “ลง” หรือ ไม่
- มีกิจกรรมการเอื้อมหยิบสิ่งของ เครื่องมือ หรือชิ้นส่วน “เหนือศีรษะ” หรือ ไม่
- มีกิจกรรม “การก้มตัวในระดับเอว” เพื่อหยิบสิ่งของ เครื่องมือ หรือชิ้นส่วนหรือไม่
- มีกิจกรรม “การบิดตัวในระดับเอว” เพื่อหยิบสิ่งของ เครื่องมือ หรือชิ้นส่วนหรือไม่

ภาระที่ต้องใช้พลังงานทำงาน (Physical Energy Demand)

- มีการใช้เครื่องมือและชิ้นส่วนหนักเกินกว่า “5 kg” หรือ ไม่
- มีระยะเอื้อมหยิบสิ่งของเกินกว่า “50 cm” หรือ ไม่
- “การก้มตัวหรือการนั่งยอง” เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการทำงานหรือไม่
- “การยกของขึ้นหรือการยกของลง” เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการทำงานหรือไม่
- “การเดินหรือการแบกสิ่งของ” เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการทำงานหรือไม่
- “การเข็นหรือการลากสิ่งของ” เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการทำงานหรือไม่
- “การหยิบสิ่งของเหนือศีรษะ” เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการทำงานหรือไม่
- งานใน 7 ข้อ ข้างต้น งานใดงานหนึ่งทำซ้ำซากเกินกว่า 5 ครั้ง/นาที หรือ ไม่
- มีผู้ปฏิบัติงานร้องเรียนว่ามีเวลาพัก เวลาเพื่อทำกิจกรรมส่วนตัว ไม่เพียงพอหรือไม่

ภาระต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Demands)

- งานที่ต้องทำ เป็นงานที่ต้องใช้มือเคลื่อนไหวไปมาซ้ำซากหรือไม่
- งานที่ต้องก้มคอ เงยหน้า ขยับไหล่ หรือศอก หรือข้อมือ หรือข้อมือซ้ำซากหรือไม่
- เมื่อนั่งทำงานระยะเอื้อมหยิบอุปกรณ์และสิ่งของห่างออกไปมากกว่า 40 cm หรือ ไม่
- ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนอิริยาบถในการทำงานได้บ้างหรือไม่
- งานที่ต้องใช้แรง ต้องใช้ความเร็วหรือต้องเคลื่อนไหวแบบกระตุกหรือไม่
- งานที่เกี่ยวข้องกับการกระตุกอย่างแรง หรือต้องใช้แรงมากขึ้นเรื่อยๆ หรือ ไม่
- งานที่ต้องใช้นิ้วคิปลิงของบ้างหรือไม่
- งานที่ต้องใช้กล้ามเนื้อหดตัวแบบสติดอย่างต่อเนื่องบ้างหรือไม่

สภาพแวดล้อม (Environment)

- อุณหภูมิในห้องเย็นเกินไปหรือร้อนเกินไปหรือไม่
- มือของผู้ปฏิบัติงานต้องกระทบกับอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศา หรือไม่
- ระบบส่องสว่างในที่ทำงานไม่เพียงพอหรือไม่
- มีแสงสะท้อนเข้าตาบ้างหรือไม่
- มีเสียงดังรบกวนหรือดังมากจนทำให้สูญเสียการได้ยินบ้างหรือไม่
- มีการสั่นสะเทือนต่อร่างกายผู้ปฏิบัติงานบ้างหรือไม่
- การไหลเวียนของอากาศภายในห้องมีเพียงพอหรือไม่

สถานที่ทำงานโดยทั่วไป (General Workplace)

- พื้นถนน ทางเดินไม่เรียบ หรือระดับไม่เท่ากัน หรือลื่น หรือมีของวางเกะกะหรือไม่
- การรักษาความสะอาดในที่ทำงานไม่เรียบร้อยหรือไม่
- มีช่องว่างสำหรับไว้ของ ขยับตัว หรือเคลื่อนไหวพอที่จะทำงานได้หรือไม่
- บันไดขึ้นลงมีราวจับ หรือมีบันไดที่ไม่ลื่นไถลหรือไม่
- พื้นรองเท้าที่สวมใส่สึกหรอหรือไม่

เครื่องมือ (Tools)

- ด้ามจับเครื่องมือมีขนาดใหญ่ หรือเล็กเกินไปหรือไม่
- รูปร่างของด้ามจับทำให้ข้อมือเวลาใช้งานหรือไม่
- การเข้าไปหยิบเครื่องมือมาใช้งานทำได้ง่ายหรือไม่
- เครื่องมือหนักเกินกว่า 4 kg หรือไม่
- เครื่องมือมีการสั่นสะเทือนมากหรือไม่
- อุณหภูมิของเครื่องมือมักจะเย็นหรือร้อนเกินไปหรือไม่

ถุงมือ (Gloves)

- ถุงมือเมื่อสวมใส่แล้ว ทำให้ต้องออกแรงทำงานมากขึ้นหรือไม่
- ถุงมือทำให้ป้องกันอันตรายแก่มือได้มากขึ้นหรือไม่
- ถุงมือทำให้เกิดสภาพเสี่ยงในการจับใช้เครื่องมือหรือไม่

ลักษณะงาน (Job Characteristics)

- งานที่ทำเป็นงานซ้ำซากที่มีรอบเวลา (Cycle time) สั้นหรือไม่
- งานที่ทำเป็นงานสำคัญที่ต้องมีความรับผิดชอบสูง ผิดพลาดไม่ได้เลยหรือไม่
- ชั่วโมงการทำงานและเวลาพัก ไม่พอเพียงและไม่สัมพันธ์กันหรือไม่
- ผู้ปฏิบัติงานไม่มีสิทธิ์เปลี่ยนแปลงรายละเอียดของงานต้องทำตามวิธีการทุกอย่างหรือไม่

แบบตรวจที่ 2

แบบตรวจเพื่อระบุชี้สภาพเสี่ยงทางการยศาสตร์ (Ergonomics Hazard Identification Checklist) แบบตรวจนี้สำหรับงานพื้นฐานหรืองานหลักที่ปฏิบัติอยู่ เพื่อระบุสภาพที่จะสร้างปัญหาต่อไป

ลักษณะงาน	ไม่ เลข	บาง ครั้ง	เสมอไป (ระบุชื่องานด้วย)
1. เป็นงานที่ต้องทำให้เร็วตามความเร็วของเครื่องจักร			
2. ผู้ปฏิบัติงานต้องออกแรงด้วยมือ (เช่น จับ ค้ำ ดึง หยิบ)			
3. ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เครื่องมือต้องหยิบชิ้นส่วนหรือสิ่งของในการทำงาน			
4. ผู้ปฏิบัติงานต้องยืนทำงานตลอดนานกว่า 30 นาที			
5. ผู้ปฏิบัติงานต้องนั่งทำงานตลอดนานกว่า 30 นาที โดยไม่มีโอกาสยืนหรือเคลื่อนตัวไปไหน			
6. ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ป้อนข้อมูล (เช่น แป้นพิมพ์เมาส์ คันทังค์) นานกว่า 30 นาทีอย่างต่อเนื่อง			
7. ผู้ปฏิบัติงานต้องคุกเข่าทำงาน (ข้างเดียวหรือสองข้าง)			
8. ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานโดยมีอยู่เหนือศีรษะ			
9. ผู้ปฏิบัติงานต้องก้มตัวหรือเอี้ยวตัวทำงาน			
10. ผู้ปฏิบัติงานต้องสัมผัสหรือกระทบกับความสั่นสะเทือน			
11. ผู้ปฏิบัติงานต้องยกของขึ้น-ลง ระหว่างพื้นถึงระดับเอว หรือเหนือระดับไหล่			
12. ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการยกขึ้น-ลง มากกว่า 1 ครั้ง/นาที ต่อเนื่องนานกว่า 15 นาที			
13. ผู้ปฏิบัติงานต้องยกขึ้น-ลง หรือแบก-อุ้ม ของขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถแนบติดลำตัวได้			
14. ผู้ปฏิบัติงานต้องยกขึ้น-ลงหรือแบก-อุ้มของหนักกว่า 25 kg			

แบบตรวจที่ 3 แบบตรวจสถานีงาน (Workstation Checklist)

1. มีช่องว่างบริเวณสถานีงานพอเพียงที่จะขยับตัว หยิบ เอื้อม เข้า-ออก พอเพียง ใช่ ไม่ใช่
2. มีเครื่องมือกลช่วยจับ ช่วยยก ช่วยตั้ง เพื่อให้งานสะดวกขึ้น ใช่ ไม่ใช่
3. ความสูงของสถานีงานสามารถปรับแต่งได้ ใช่ ไม่ใช่
4. พื้นโต๊ะทำงานสามารถปรับเอียงได้ ใช่ ไม่ใช่
5. สถานีงานได้รับการออกแบบเพื่อลดหรือกำจัด
 - กิจกรรมที่ต้องบิดหรืองอข้อมือ ใช่ ไม่ใช่
 - กิจกรรมที่ต้องเอื้อมหยิบของเหนือระดับไหล่ ใช่ ไม่ใช่
 - กิจกรรมการทำงานแบบสถิต (Static posture) ใช่ ไม่ใช่
 - กิจกรรมการเหยียดแขนออกไปจนสุดเอื้อม ใช่ ไม่ใช่
 - กิจกรรมที่ต้องยกข้อศอก ใช่ ไม่ใช่
6. ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเปลี่ยนท่าทรงตัวในการทำงานได้ ใช่ ไม่ใช่
7. สถานีงานมีขอบหรือมุมหรือเหลี่ยมที่มีความคม และอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บ ใช่ ไม่ใช่
8. ที่พักแขนมีจัดไว้ให้ที่สถานีงาน ใช่ ไม่ใช่
9. ที่พักเท้ามีจัดไว้ให้ที่สถานีงาน ใช่ ไม่ใช่
10. เสื่อหรือพรมนุ่ม มีจัดไว้ให้สำหรับผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เมื่อต้องยืนเป็นเวลานาน ใช่ ไม่ใช่
11. พื้นทำงานเรียบและปราศจากสิ่งของวางเกะกะขวางทาง ใช่ ไม่ใช่
12. เก้าอี้นั่งทำงานเหมาะสมและปรับความสูงได้ง่าย ใช่ ไม่ใช่
13. การหยิบ จับ คว้ ยกขึ้น-ลง สามารถทำได้สะดวก มองเห็นได้ในทุกท่าทาง
 - การทำงาน ใช่ ไม่ใช่
14. มีการบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานอย่างสม่ำเสมอและ
 - ต่อเนื่อง ใช่ ไม่ใช่

แบบตรวจที่ 4 แบบตรวจเพื่อวิเคราะห์งาน (Task Analysis Checklist)

1. การออกแบบงานพื้นฐานทำไปเพื่อลดหรือกำจัด
 - การก้มตัวหรือการเอี้ยวตัวของหลังหรือลำตัว ใช่ ไม่ใช่
 - การนั่งยองๆ ใช่ ไม่ใช่
 - การงอหรือการบิดข้อมือ ใช่ ไม่ใช่
 - การเหยียดแขน ใช่ ไม่ใช่
 - การยกข้อศอก ใช่ ไม่ใช่
 - การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบสถิต ใช่ ไม่ใช่
 - การเคลื่อนไหวของมือและแขนเป็นเกลียวแบบบิดผ้า ใช่ ไม่ใช่
 - การคืบหยิบของโดยใช้นิ้ว ใช่ ไม่ใช่
2. มีเครื่องมือกลและอุปกรณ์ไว้ใช้เมื่อจำเป็น ใช่ ไม่ใช่
3. กิจกรรมงานสามารถใช้มือข้างใดก็ได้ทำ ใช่ ไม่ใช่
4. กิจกรรมงานสามารถใช้มือทั้งสองข้างทำ ใช่ ไม่ใช่
5. กิจกรรมการเข็นหรือลาก อันเป็นส่วนหนึ่งของงานนั้นมีน้อยมาก ใช่ ไม่ใช่
6. แรงที่ใช้ในการทำงานคุณเป็นที่ยอมรับของผู้ปฏิบัติงาน ใช่ ไม่ใช่
7. วัสดุตั้งของ เครื่องมือ ชิ้นส่วนต่างๆ
 - สามารถหยิบจับได้โดยไม่ลื่นหลุด ใช่ ไม่ใช่
 - ง่ายต่อการหยิบจับ ใช่ ไม่ใช่
 - ไม่มีมุมหรือเหลี่ยมที่คม หรือเป็นอันตรายต่อมือ ใช่ ไม่ใช่
8. มีมือจับสำหรับกล่องที่ด้อยยก ใช่ ไม่ใช่
9. มีเครื่องมือจับ (jigs) ปากกาจับของ (fixtures) ไว้ใช้เมื่อต้องการ ใช่ ไม่ใช่
10. มีถุงมือขนาดพอดีเหมาะกับการใช้งานและทำด้วยวัสดุที่เหมาะสม ใช่ ไม่ใช่
11. ผู้ปฏิบัติงานต้องพยายามหลีกเลี่ยงมุมหรือขอบที่แหลมคมในขณะที่ทำงาน ใช่ ไม่ใช่
12. สามารถใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลได้เมื่อต้องการ ใช่ ไม่ใช่
13. ปุ่มควบคุมหรือปุ่มบังคับ ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม ใช่ ไม่ใช่
14. ผู้ปฏิบัติงานสามารถหลีกเลี่ยงงานซ้ำซากที่มีรอบเวลาด้าน ได้โดย
 - วิธีการหมุนเวียนเปลี่ยนไปทำงานอื่น (job rotation) ใช่ ไม่ใช่
 - ควบคุมความเร็วด้วยตนเอง (self-pacing) ใช่ ไม่ใช่
 - พักระหว่างงานให้พอ (sufficient pauses) ใช่ ไม่ใช่
 - ปรับความชำนาญให้เก่งขึ้น คีขึ้น เร็วขึ้น (increase skill level) ใช่ ไม่ใช่
15. ผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับ
 - การทำงานที่ถูกต้อง เหมาะสม ใช่ ไม่ใช่
 - การปรับแต่ง เมื่อไรควรปรับ และจะปรับแต่งอย่างไร ใช่ ไม่ใช่
 - รู้จักสัญญาณอันตราย อาการที่แสดงถึงอันตรายหรือปัญหาที่จะเกิดขึ้น ใช่ ไม่ใช่

แบบตรวจที่ 5 แบบตรวจวิเคราะห์เครื่องมือ (Hand-Tool Analysis Checklist)

1. เครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องมือที่คัดเลือกมาโดย
 - ลดขนาดของการสั่นสะเทือนในการทำงาน ใช่ ไม่ใช่
 - ไม่ต้องใช้แรงมากเกินไปในการทำงาน ใช่ ไม่ใช่
 - ไม่ต้องงอหรือบิดข้อมือทำงาน ใช่ ไม่ใช่
 - ไม่ต้องใช้นิ้วคิบบีบจับในการทำงาน ใช่ ไม่ใช่
 - ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเหนียวไวกังคับ ใช่ ไม่ใช่
2. เครื่องมือมีมอเตอร์ส่งกำลังติดมาด้วย เพื่อผ่อนแรงตามความจำเป็น ใช่ ไม่ใช่
3. เครื่องมือที่ใช้ผ่านการถ่วงดุลมาแล้ว ใช่ ไม่ใช่
4. มีการแขวนเครื่องมือที่หนักซึ่งจะดึงลงมาใช้งานได้ หรือถ่วงดุลไว้เพื่อใช้งาน ใช่ ไม่ใช่
5. ขณะใช้เครื่องมือทำงาน ผู้ปฏิบัติงานสามารถมองเห็นได้ทุกส่วนบริเวณงาน ใช่ ไม่ใช่
6. ด้ามจับเครื่องมือในขณะที่ทำงาน ขอบลื่นไถล จับได้ไม่มั่นคง ใช่ ไม่ใช่
7. ด้ามจับเครื่องมือหุ้มด้วยวัสดุที่จับได้มั่นคงและไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ใช่ ไม่ใช่
8. ด้ามจับเครื่องมือมีหลายขนาด เพื่อให้เหมาะสมกับมือขนาดต่างๆ ใช่ ไม่ใช่
9. ด้ามจับของเครื่องมือได้รับการออกแบบไม่ให้จมเข้าไปในมือของผู้ใช้ ใช่ ไม่ใช่
10. เครื่องมือสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องกดปุ่มเมื่อผู้ใช้สวมใส่ถุงมือ ใช่ ไม่ใช่
11. เครื่องมือสามารถใช้ได้โดยมือข้างใดข้างหนึ่ง ใช่ ไม่ใช่
12. มีการปฏิบัติตามโครงการบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เครื่องมือใช้ได้ ใช่ ไม่ใช่
13. ผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับ
 - การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง เหมาะสม ใช่ ไม่ใช่
 - การรายงานปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือ และเมื่อไรควรรายงาน ใช่ ไม่ใช่
 - การบำรุงรักษาเครื่องมือที่ถูกต้อง ใช่ ไม่ใช่

แบบตรวจที่ 6 แบบตรวจการขนย้ายสิ่งของ (Material Handling Checklist)

1. น้ำหนักของสิ่งของที่จะต้องยกขึ้น-ลงเป็นที่ยอมรับของผู้ปฏิบัติงาน ใช่ ไม่ใช่
2. ระยะทางที่ต้องยกสิ่งของเป็นระยะทางที่สั้น ใช่ ไม่ใช่
3. ระยะทางระหว่างสิ่งของกับร่างกายใกล้กันมาก ใช่ ไม่ใช่
4. ทางเดินเป็นทางที่
 - เรียบและอยู่ในระดับเดียวกัน โดยตลอด ใช่ ไม่ใช่
 - กว้างเพียงพอ ใช่ ไม่ใช่
 - สะอาดและแห้ง ใช่ ไม่ใช่
5. สิ่งของที่ต้องยกมี
 - ง่ายต่อการจับ ใช่ ไม่ใช่
 - ความมั่นคงแข็งแรง ใช่ ไม่ใช่
 - ความแน่นหนาสามารถจับต้องได้โดยไม่ลื่นหลุดมือ ใช่ ไม่ใช่
6. สิ่งของที่ต้องยกมีมือจับทำให้ยกได้ง่าย ใช่ ไม่ใช่
7. เมื่อต้องใช้ถุงมือก็จับยกสิ่งของได้ง่าย ใช่ ไม่ใช่
8. ผู้ปฏิบัติงานสวมใส่รองเท้าอย่างเหมาะสม ใช่ ไม่ใช่
9. มีช่องว่างมากพอที่จะปรับรูปแบบการยกของให้ถูกต้องและเหมาะสมได้ ใช่ ไม่ใช่
10. มีเครื่องมือกลช่วยยกสิ่งของได้เมื่อต้องการ ใช่ ไม่ใช่
11. ความสูงของพื้น โต๊ะเหมาะกับการเคลื่อนย้ายสิ่งของ ใช่ ไม่ใช่
12. การเคลื่อนย้ายสิ่งของที่มีขึ้นในสถานที่นี้ พยายามที่จะหลีกเลี่ยง
 - การทำงานในระดับต่ำกว่าเข่า และในระดับสูงกว่าไหล่ ใช่ ไม่ใช่
 - การทำงานที่ยอมให้มรการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบสถิต ใช่ ไม่ใช่
 - การทำงานที่ยอมให้มีการกระตุก กระชากในระหว่างการเคลื่อนย้ายสิ่งของ ใช่ ไม่ใช่
 - การทำงานที่ยอมให้มีการเอี้ยวตัวในระดับเอว ใช่ ไม่ใช่
 - การทำงานที่ยอมให้มีการเอื้อมหีบของ ใช่ ไม่ใช่
13. เมื่อจะต้องยกของโดยใช้ท่าทรงตัวที่ผิดปกติ การเรียกขอให้ผู้อื่นช่วยทำได้ง่าย ใช่ ไม่ใช่
14. งานซ้ำซากที่มีรอบเวลาสั้นที่จำเป็นต้องทำ สามารถผ่อนคลายหรือหลีกเลี่ยงได้โดย
 - จัดให้มีการหมุนเวียนงานเปลี่ยนไปทำอย่างอื่น ใช่ ไม่ใช่
 - จัดให้มีการควบคุมความเร็วและรอบเวลาด้วยตนเอง ใช่ ไม่ใช่

- จัดให้มีการพักระหว่างเวลาทำงานทำได้อย่างเพียงพอ ใช่ ไม่ใช่
- 15.แรงที่ใช้ในการเข็นหรือการลาก สามารถลดลงได้หรือกำจัดกิจกรรมนี้
ออกไปเลย ใช่ ไม่ใช่
- 16.ในขณะที่ทำการเคลื่อนย้ายสิ่งของ ผู้ยกสามารถเห็นสรรพสิ่งรอบตัว ใช่ ไม่ใช่
- 17.เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ช่วยในการยกหรือเคลื่อนย้าย มีการบำรุงรักษา
อย่างสม่ำเสมอ ใช่ ไม่ใช่
- 18.ผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกฝนให้ทำการยกและเคลื่อนย้ายสิ่งของ
อย่างถูกต้อง ใช่ ไม่ใช่

ที่มา: กิตติ (2548), สุทธิดา และคณะ (2544)

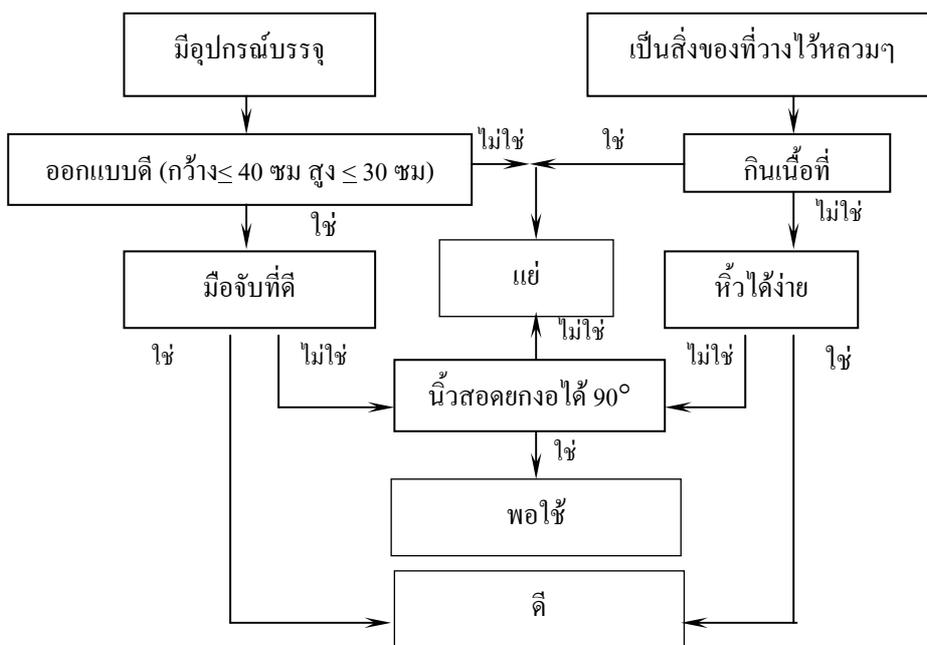
ภาคผนวก ๓

ตารางประกอบการประเมินงานของด้วยมือ โดยสมการ *RLE*

ตารางประกอบการประเมินงานยกของด้วยมือ โดยสมการ RLE
(REVISED NIOSH 1991 LIFTING EQUATION)

ตารางผนวกที่ ๑๑ แสดงค่า CM

ลักษณะการจับยก	CM	
	V < 75 ซม	V ≥ 75 ซม
ระดับดี	1.00	1.00
ระดับพอใช้	0.95	1.00
ระดับแย่	0.90	0.90



ภาพผนวกที่ ๑๑ การประเมินมือจับก่อนนำไปคำนวณค่า CM

ตารางผนวกที่ ๒ แสดงค่า FM

F ความถี่ครั้ง ต่อนาที	FM ในแต่ละช่วงเวลาการทำงาน (Work Duration)					
	≤ 1 ชั่วโมง		$\leq 1 \leq 2$ ชั่วโมง		$\leq 2 \leq 8$ ชั่วโมง	
	$V < 75$ cm.	$V \geq 75$ cm.	$V < 76$ cm.	$V \geq 75$ cm.	$V < 75$ cm.	$V \geq 75$ cm.
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ๓ แสดงค่า F_{max}

ช่วงเวลาทำงานต่อเนื่อง	F_{max} (ครั้ง ต่อ นาที)	
	$V > 75$ ซม	$V \leq 75$ ซม
1 ชั่วโมง	18	15
> 1 ชั่วโมง	15	12

ภาคผนวก ๓
คู่มือการใช้โปรแกรม ML-Expert

คู่มือการใช้โปรแกรม ML-Expert

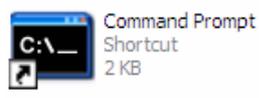
การประเมินโดยใช้โปรแกรม ML-Expert ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รวบรวม
 ฐานความรู้และแปลงความรู้เพื่อการแสดงผล ทำให้การประเมินภาระงานมีความเฉพาะและได้
 คำแนะนำที่ชัดเจนสามารถปรับปรุงงานอันส่งผลต่อการลดการเจ็บป่วยของพนักงาน จนเกิด
 ประสิทธิภาพและการเพิ่มผลผลิตต่อไป

ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาโดย JESS (Java Expert System Shell) ใช้งานได้บนเครื่อง
 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ระบบผู้เชี่ยวชาญออกแบบให้ทำงานดังต่อไปนี้

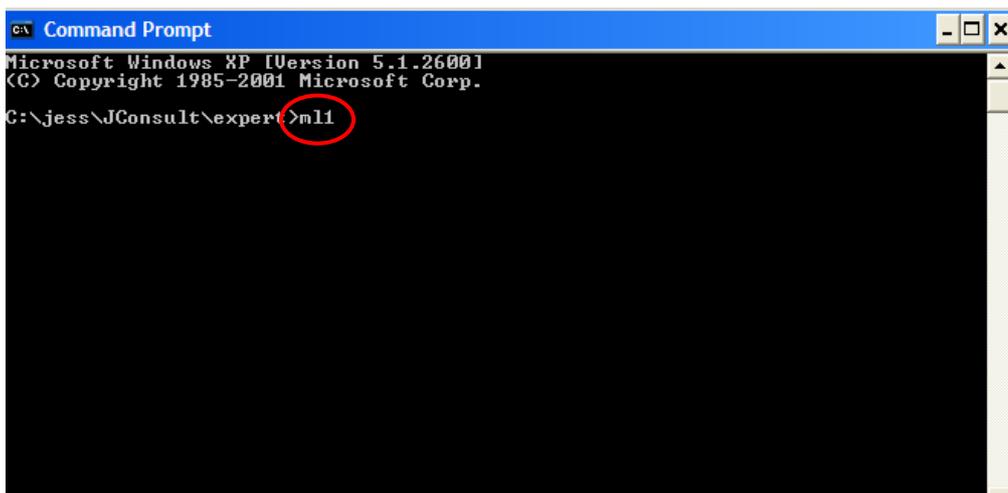
- (1) กำหนดให้หน้าหน้าที่เหมาะสมสามารถทำงานได้ภายใต้ สมการ *RLE* มาตรฐาน
 หรือกฎหมาย
- (2) จัดเตรียมข้อเสนอแนะหรือการค้นหาเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยให้น้อยที่สุด

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม ML-Expert

1. เปิดโปรแกรม โดยเข้าไปที่ MS-Dos Promp



2. พิมพ์ ml1 กด Enter

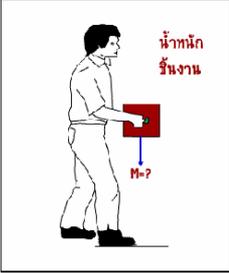


จะได้ลักษณะโปรแกรมดังแสดงในภาพ การป้อนและใช้งานแสดงเป็นขั้นตอนตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
โปรแกรม ปรู เป็นภาระงานของสัตว์มือ จากสมการ NIOSH, OWAS และมาตรฐานอื่นๆ การใช้งาน => ช้อนลักษณะงานเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักที่ขีดสุด ระยะเบรค บนเขียงสูง ความถี่ บนเขียงสูง ลักษณะมือจับ ท่าทาง แผล ก บัญชี แล้วโปรแกรม จะประเมินว่า มีค่าเกิน หรือมี, ตัวอย่างต่างๆ มีค่าต่ำกว่า 1 หรือมี จากนั้นโปรแกรมจะเสนอทางเลือก ปรับปรุง จึงสามารถเลือกนำไปใช้ลดความรุนแรงกับสภาพงานที่เป็นอยู่

น้ำหนักขึ้นงานที่ยกานปีจจุบัน (กิโลกรัม)?



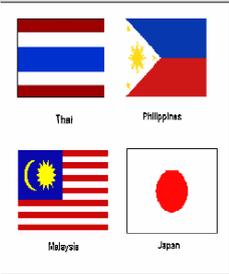
Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม 'proceed'.

Restart Proceed

น้ำหนักของที่จะยก (กิโลกรัม) : 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
เป็นชนชาติใด?



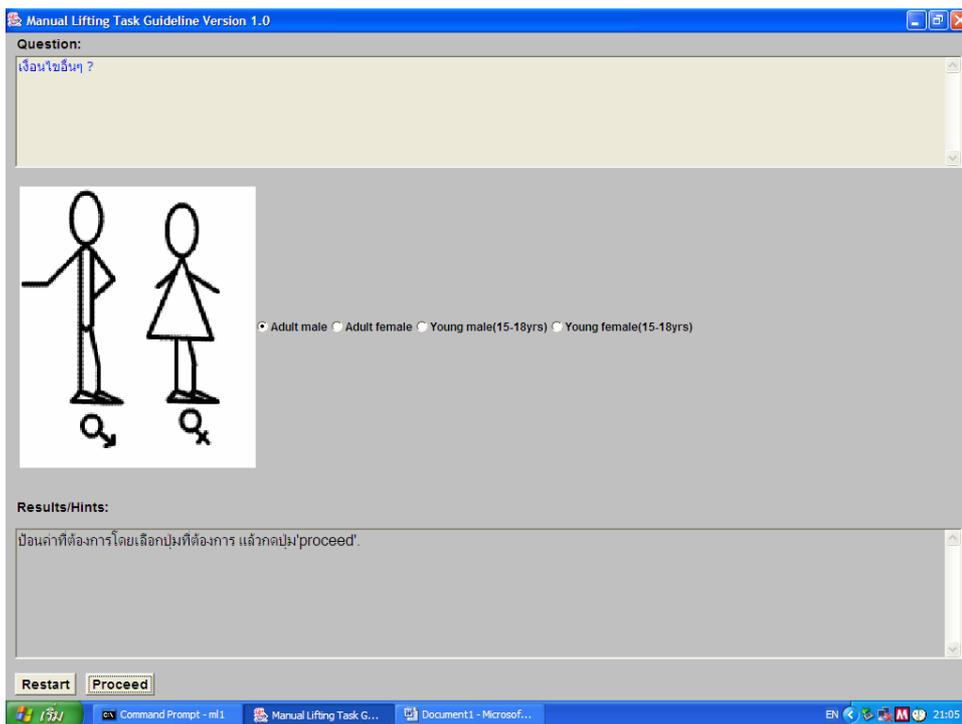
Thai Philippines Malaysia Japan

Thai Japan Malaysia Philippines Other

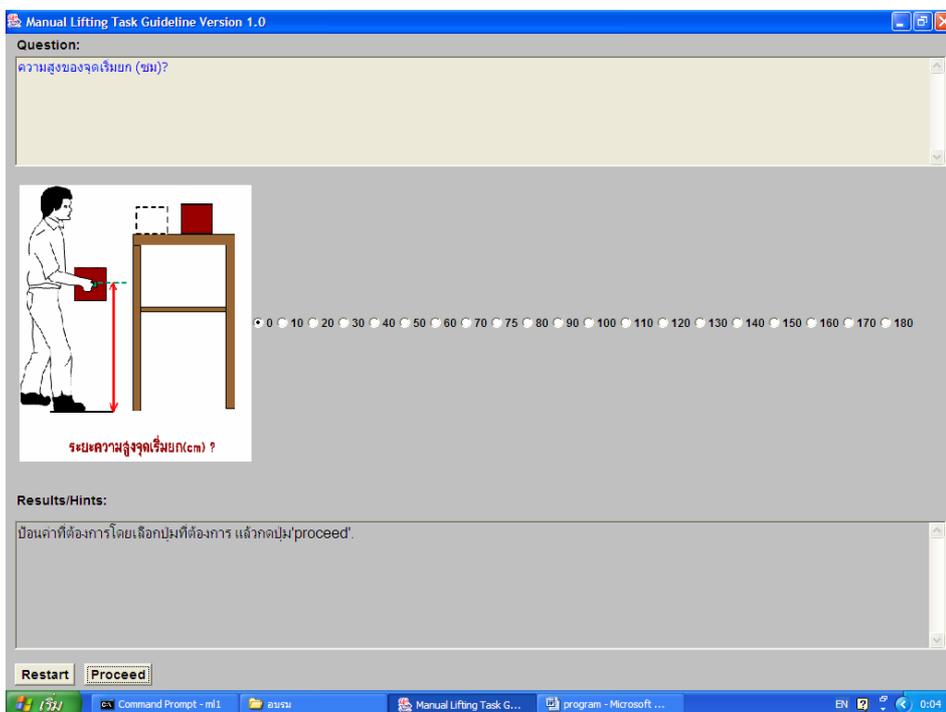
Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม 'proceed'.

Restart Proceed

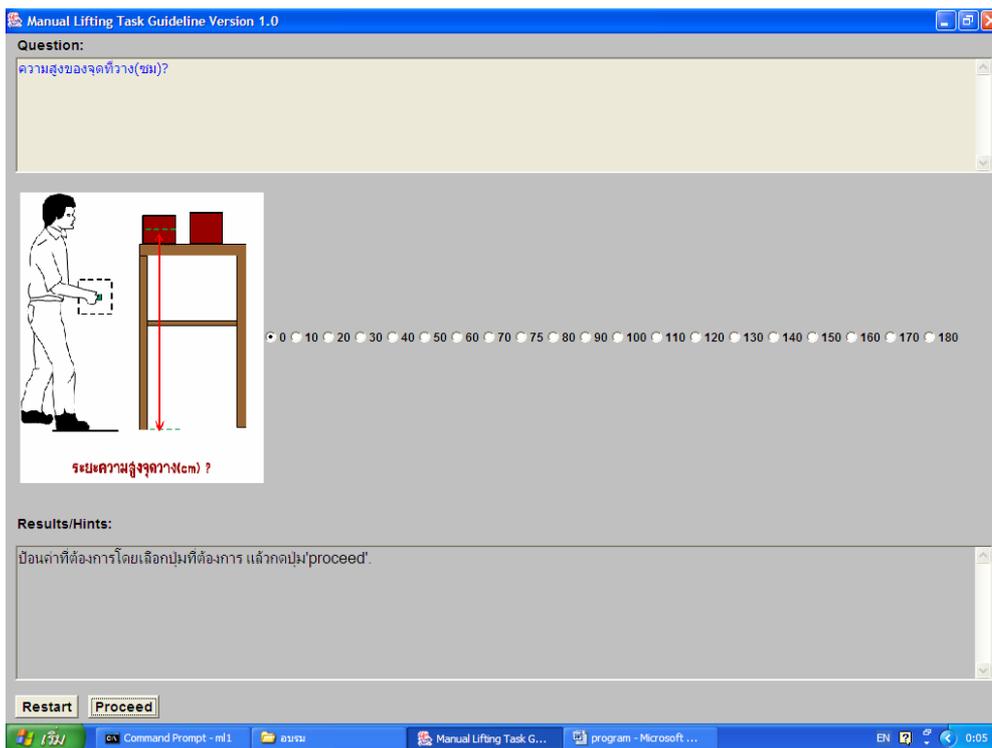
สัญชาติและเงื่อนไขของข้อบังคับนั้น : ไทย, ญี่ปุ่น, มาเลเซีย, ฟิลิปปินส์, อื่นๆ



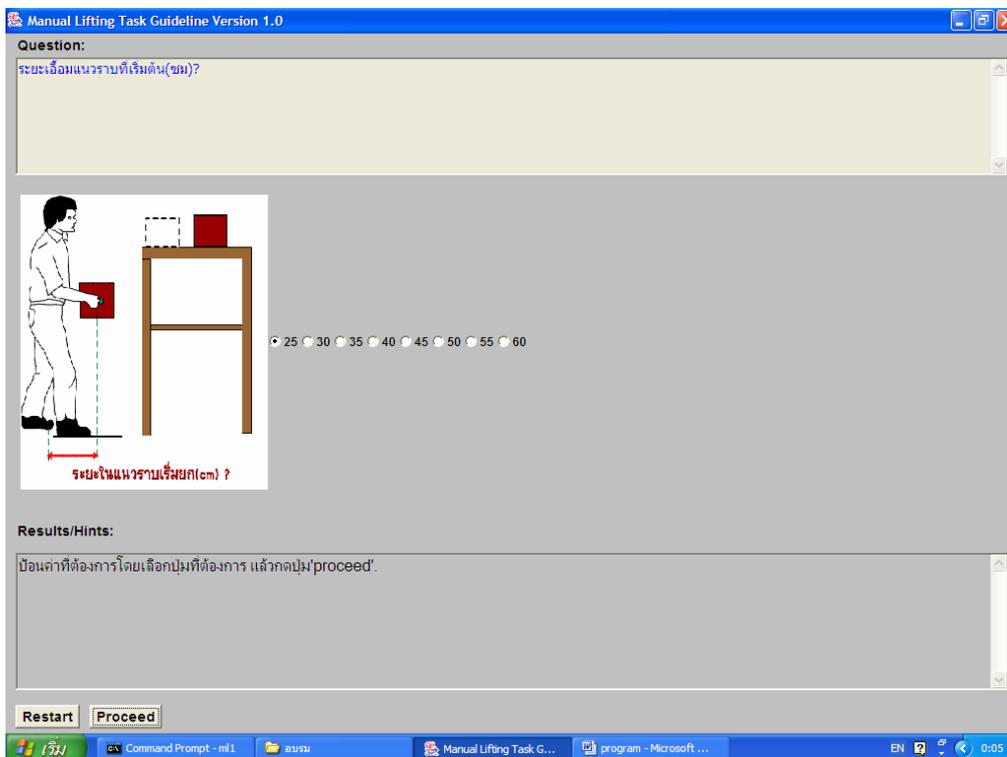
เงื่อนไขอื่นๆ ดังต่อไปนี้ : Adult male,Adult female,Young male (15-18 years),Young female(15-18 years)



ความสูงจุดที่เริ่มยก (ซม): 0, 5, 10, 15, ..., 170, 180



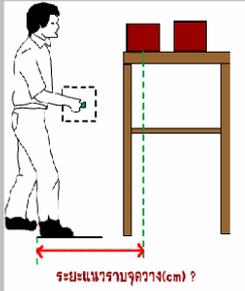
ความสูงเมื่อจุดวาง (ซม): 0, 5, 10, 15, ..., 170, 180



ระยะเอื้อมจุดที่เริ่มยก (ซม): 25 , 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
ระยะเอื้อมแนวราบที่จุดวางชิ้นงาน (ซม)?



ระยะแนวราบจุดวาง(ซม) ?

25 30 35 40 45 50 55 60

Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

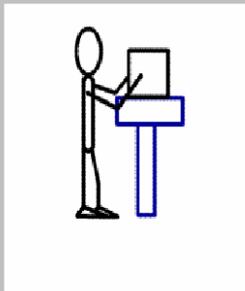
Restart Proceed

Command Prompt - m1 | Manual Lifting Task G... | program - Microsoft ... | 0:05

ระยะเอื้อมจุดวาง (ซม) : 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
ระยะเวลาพักต่อเนื่อง(ชั่วโมง)?



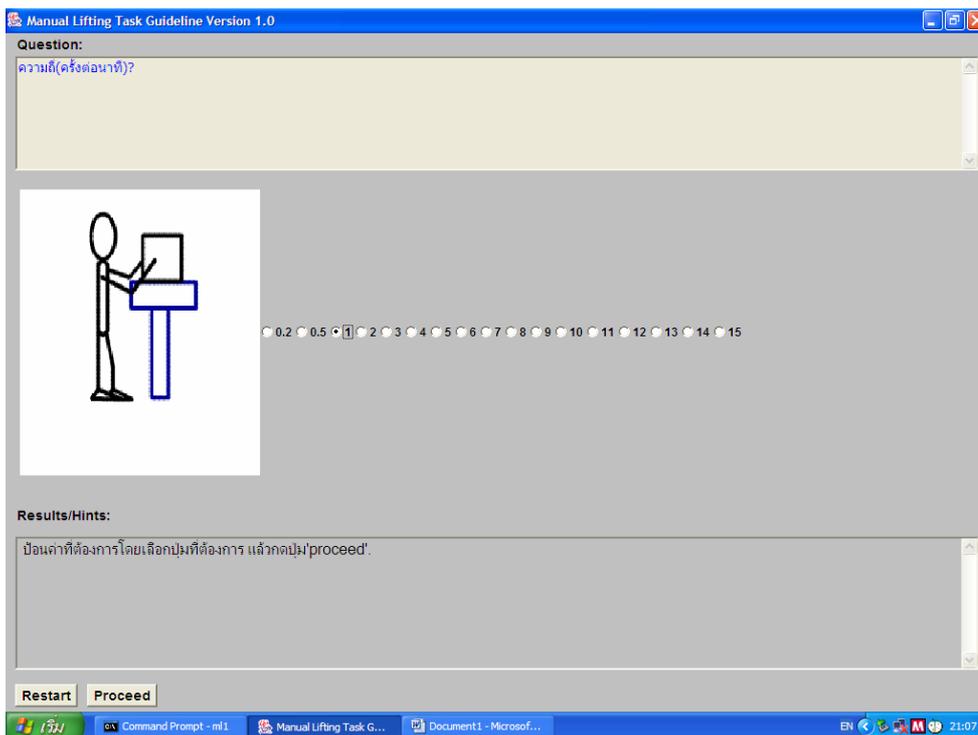
1 2 3 4 5 6 7 8

Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

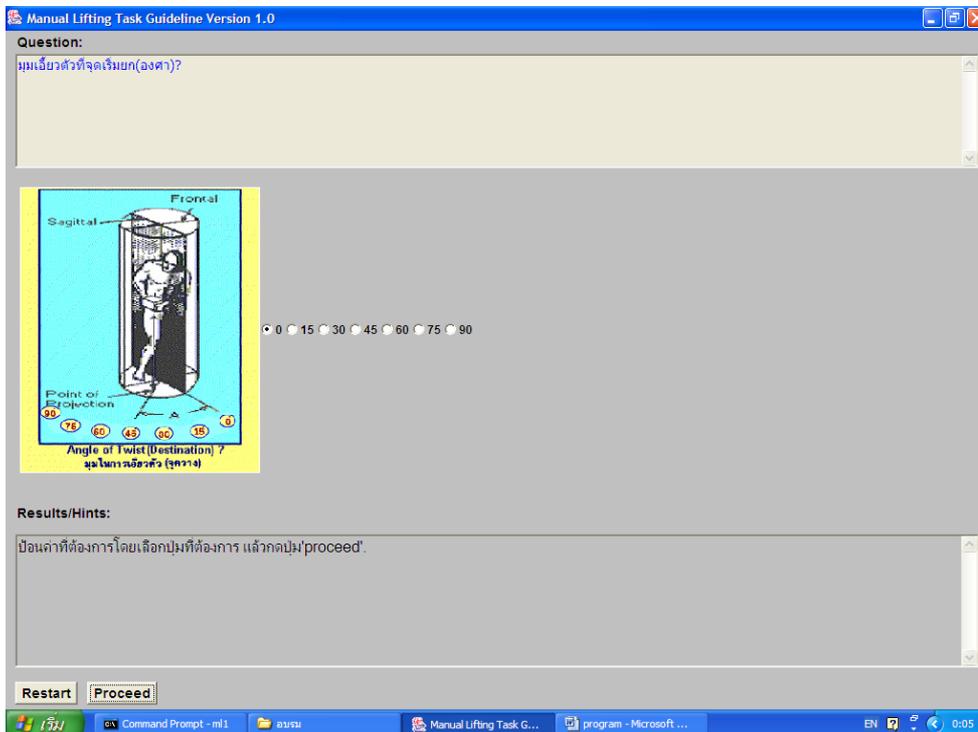
Restart Proceed

Command Prompt - m1 | Manual Lifting Task G... | Document1 - Microsof... | 21:06

ระยะเวลาการทำงานต่อเนื่อง(ชั่วโมง): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8



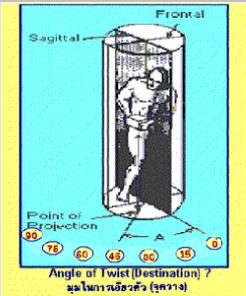
ความถี่ของการยก (ครั้ง/นาที): 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 , 11 ,12, 13, 14, 15



มุมบิดตัวที่จุดเริ่มต้น (องศา): 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
มุมบิดตัวที่จุดวางชิ้นงาน(องศา)?



0
 15
 30
 45
 60
 75
 90

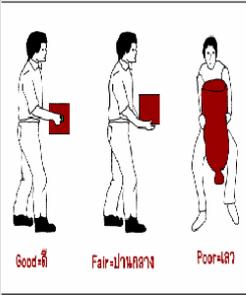
Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม 'proceed'.

Restart Proceed

มุมบิดตัวที่จุดวาง (องศา): 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
คุณภาพมือจับ (ดี/ปานกลาง/เลว)?



Good
 Fair
 Poor

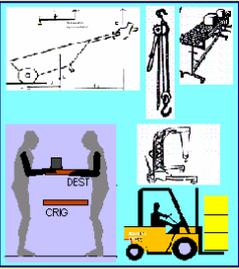
Results/Hints:
ป้อนค่าที่ต้องการโดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม 'proceed'
ซึ่งแบ่งออกเป็น ดี-มีห้จับ, ปานกลาง-ซ่อนได้ทดลอง, เลว-ต้องอ้อม/จับด้านข้าง

Restart Proceed

ลักษณะมือจับ: ดี ปานกลาง แย่

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 =====แนวทางการปรับปรุงจุดเริ่มยก=====
 แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงของน้ำหนักวัตถุ (Weight)
 ทางเลือกที่ 1. = รายละเอียดยืด ===== % ระดับความสำเร็จ =====
 76 มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ 4.57
 77 มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่ 3.27
 23 แบ่งน้ำหนักบรรทุกโดยใช้ 2.94
 25 ลดหรือเพิ่มขั้นตอนทำงานตามหลักงานแต่ละต? 94



ปรับปรุง ไม่ปรับปรุง

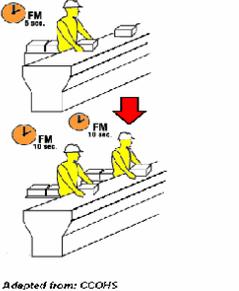
Results/Hints:
 ตัวคูณแนวราบ(จุดวาง) = 0.71, ตัวคูณแนวตั้ง(จุดวาง) = 0.98, ตัวคูณการเอี้ยวตัว(จุดวาง) = 1.00
 ตัวคูณอุณหภูมิ = 1, เปอร์เซนต์ไคล์ที่ 95
 ตัวคูณน้ำหนัก = 0.92, ตัวคูณท่าทาง (OWAS) = 1.00
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มต้น) = 11.73, Lifting Index = 1.28
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง) = 13.84, Lifting Index = 1.08
 คะแนน OWAS = 1, เป็นท่าทางที่ไม่อันตราย ยอมรับได้

Restart Proceed

ต้องการปรับปรุงหรือไม่: ต้องการ ไม่ต้องการ

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 25
 น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก) = 17.274379999999997
 Lifting Index = 1.4472299439979903
 ประสิทธิภาพปรับปรุง ==>:
 ตัวคูณความถี่ คือ 0.94 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1
 ==> ปรับลดความถี่โดยวิธีใด?

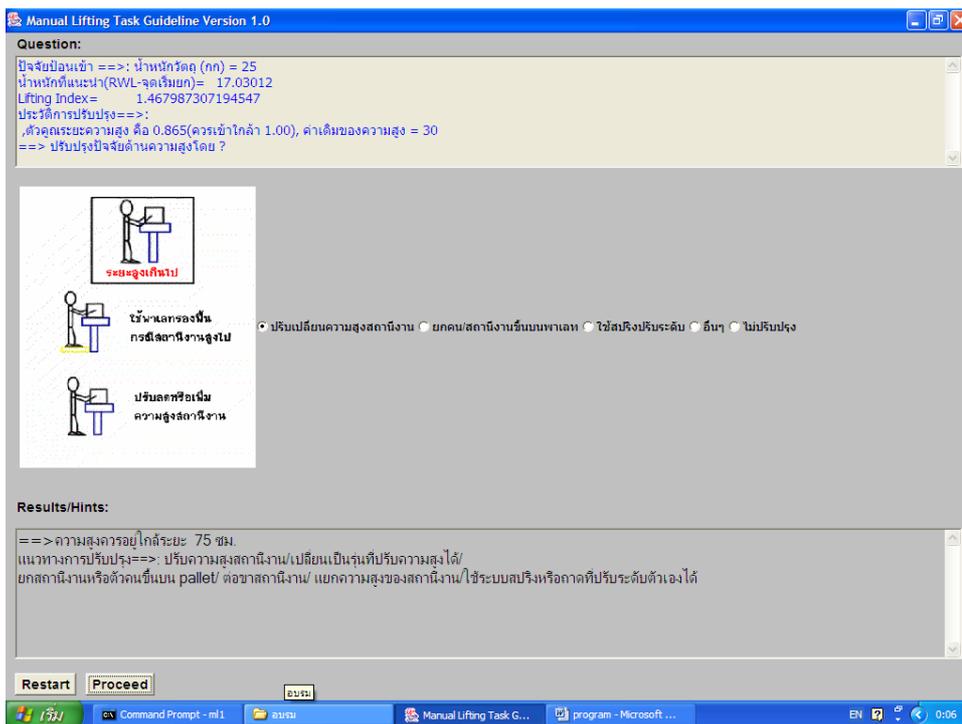


เพิ่มคน หมุนเวียนการทำงาน ใช้เครื่องมือช่วย อื่นๆ ไม่ปรับปรุง

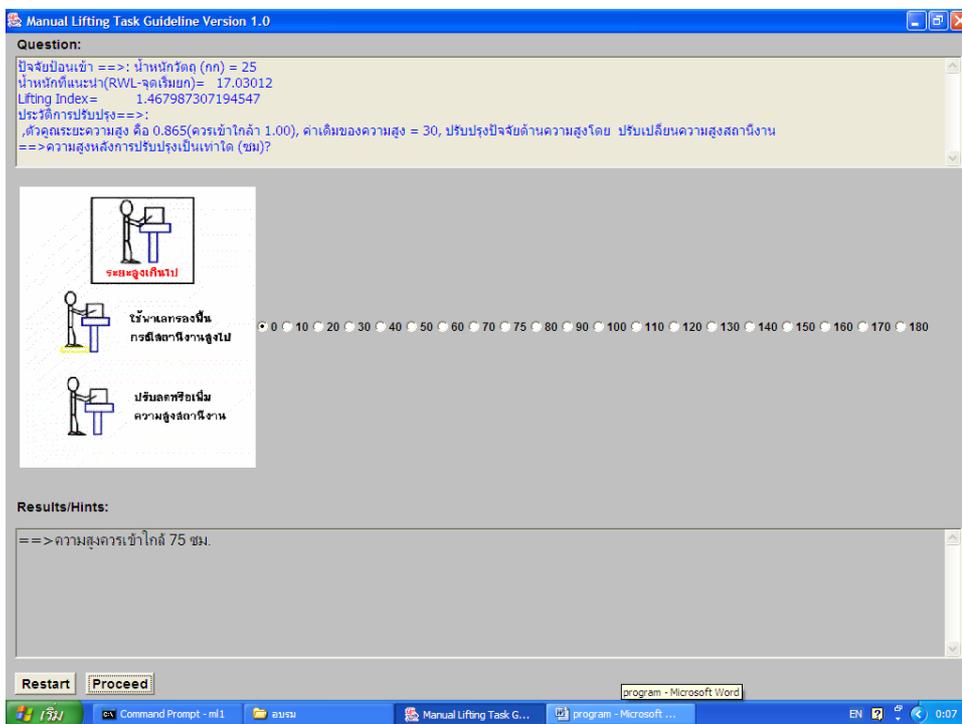
Results/Hints:
 ==> ความถี่ควรน้อยกว่า 1 ครั้ง/นาที
 แนวทางการปรับปรุง ==> ใช้เครื่องมืออัตโนมัติช่วยบางส่วนหรือทั้งหมด/หมุนเวียนการทำงาน/เพิ่มคน

Restart Proceed

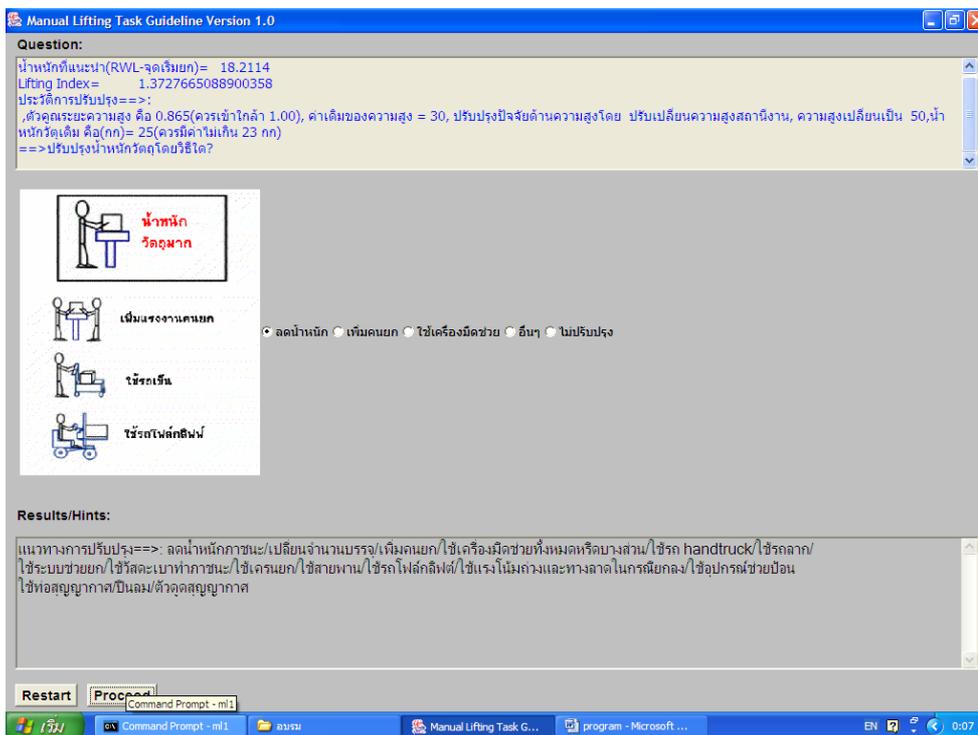
ปรับปรุงเรื่องความถี่ โดย: การ เพิ่มคน หมุนเวียนงาน ใช้เครื่องมือช่วยอื่นๆ ไม่ปรับปรุง



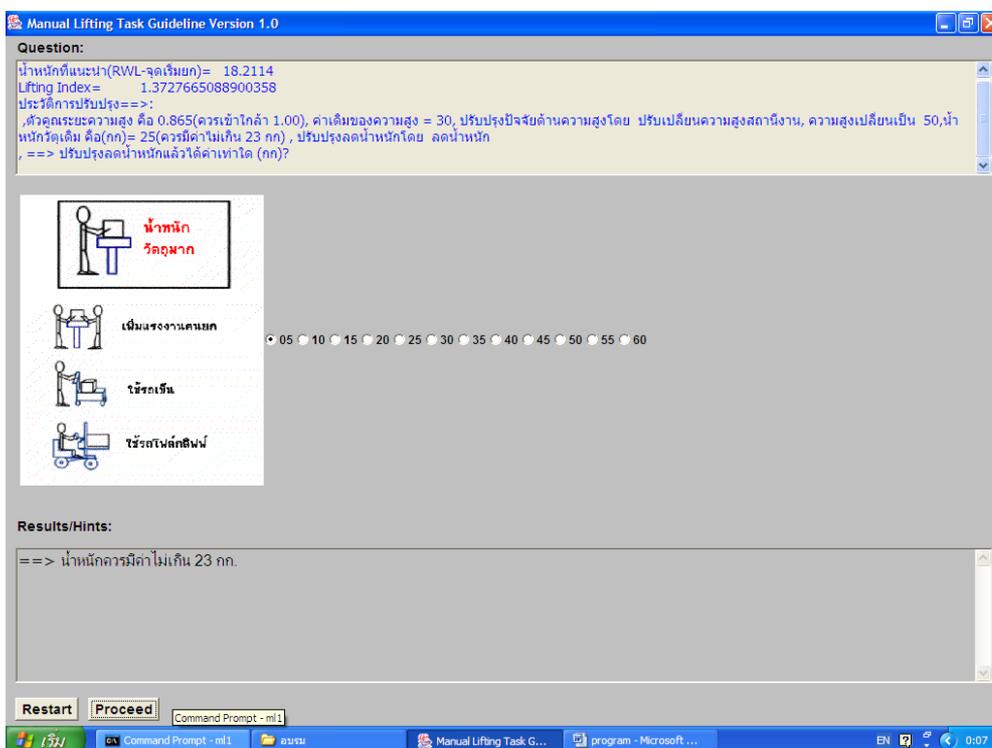
ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูง โดย: ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน ยกคน/ สถานีงานขึ้นบนพาเลท ใช้สปริงปรับระดับ อื่นๆ ไม่ปรับปรุง



ป้อนค่าความสูงหลังการปรับปรุง(ซม): 0, 5, 10, 15, ... , 170, 180



ปรับปรุงน้ำหนักวัตถุ โดย: ลดน้ำหนัก เพิ่มคนยก ใช้เครื่องมือช่วยอื่นๆ ไม่ปรับปรุง



ป้อนค่าน้ำหนักหลังการปรับปรุงแล้ว : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 ปัจจัยที่ป้อนเข้า ==> น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15
 ชนิด = Thai, เจนเมชาย = Adult male
 ระยะแนวราบ (cm) = 35, ความสูง (cm) = 20, มุมเอียงตัว (degree) = 0
 ระยะแนวราบ (จุดวาง-cm) = 35, ความสูง (จุดวาง-cm) = 70, มุมเอียงตัว (จุดวาง-degree) = 0
 ความถี่ (ครั้ง/นาที) = 1, มือจับ = Good, อุณหภูมิ (degree celcius) = 25
 จากผลลัพธ์ที่ได้ด้านล่าง ต้องการปรับปรุงงานหรือไม่ ?



ปรับปรุง ไม่ปรับปรุง

Intervention Discovery ?

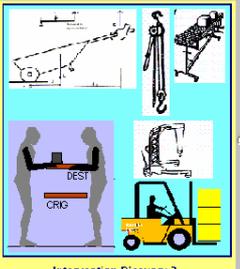
Results/Hints:
 ตัวคูณลดทอน = 1, เปอร์เซนต์ไคลส์ที่ 95
 ตัวคูณน้ำหนัก = 0.92, ตัวคูณท่าทาง (OWAS) = 1.00
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ (RWL-จุดเริ่มต้น) = 11.73, Lifting Index = 1.28
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ (RWL-จุดวาง) = 13.84, Lifting Index = 1.08
 ==> น้ำหนักที่แนะนำของNIOSH (Old) = 11.73
 คะแนน OWAS = 1, เป็นท่าทางที่ไม่อันตราย ยอมรับได้

Restart Proceed

ต้องการปรับปรุงงานต่อไปหรือไม่: ปรับปรุง ไม่ปรับปรุง

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 ปัจจัยป้อนเข้า ==> น้ำหนักวัตถุ (กก) = 20
 น้ำหนักที่แนะนำ (RWL-จุดวาง) = 18.188905999999996
 Lifting Index = 1.3744641926237897
 ==> จะปรับปรุงจุดวางหรือไม่ (ปรับปรุงกรณีที่ต้องการประคองหรือพื้นที่แคบ)?



ปรับปรุง ไม่ปรับปรุง

Intervention Discovery ?

Results/Hints:
 ==> ปรับปรุงกรณีที่ต้องการประคองหรือพื้นที่แคบ ต้องออกแรงขณะวาง

Restart Proceed

ปรับปรุงงานจุดวางหรือไม่ (กรณีที่ต้องการประคองหรือพื้นที่แคบ): ปรับปรุง ไม่ปรับปรุง

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 Lifting Index = 1.2891462139322671
 ประสิทธิภาพการปรับปรุง=>:
 ,ตัวคูณระยะความสูง คือ 0.865(ควรเข้าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูง = 30, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงเปลี่ยนเป็น 50, น้ำหนักวัตถุเดิม คือ(กก)= 25(ควรมีค่าไม่เกิน 23 กก) , ปรับปรุงลดน้ำหนักโดย ลดน้ำหนัก, น้ำหนักเปลี่ยนเป็น 5, ตัวคูณระยะความสูง คือ 0.985(ควรเข้าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูง = 80
 ==> ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ?

Results/Hints:
 ==>ความสูงการอยู่ใกล้ระยะ 75 ซม.
 แนวทางการปรับปรุง=>: ปรับความสูงสถานีงาน/เปลี่ยนเป็นรุ่นที่ปรับความสูงได้/ ยกสถานีงานหรือตัวคอนแทก pallet/ ต่อขาสถานีงาน/ แยกความสูงของสถานีงาน/ใช้ระบบลิฟท์หรือถาดที่ปรับระดับตัวเองได้

Restart Proceed

วิธีการปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงของจุดวาง : ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน ยกคน/สถานีงาน ขึ้นบนพาเลท ใช้สปริงปรับระดับความสูง อื่นๆ ไม่ปรับปรุง

Manual Lifting Task Guideline Version 1.0

Question:
 ตัวคูณความถี่ คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 0.2, ตัวคูณระยะแนวราบเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบ เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูง คือ 0.835(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูง = 20, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงเปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณระยะแนวราบเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบ เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงเปลี่ยนเป็น 70
 ==> สรุปผลดังข้อมูลด้านล่าง

Results/Hints:
 ตัวคูณน้ำหนัก = 0.92, ตัวคูณท่าทาง (OWAS) = 1.00
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มต้น) = 20.62, Lifting Index = 0.73
 ==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง) = 20.62, Lifting Index = 0.73
 คะแนน OWAS = 1, เป็นท่าทางที่ไม่อันตราย ยอมรับได้
 แนวทางการปรับปรุงเพิ่มเติม==>:
 ใช้การอบรม/การบริหารร่างกาย/การหมุนเวียนงาน/การใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น เข็มขัด/การคัดเลือกพนักงาน

Restart Proceed

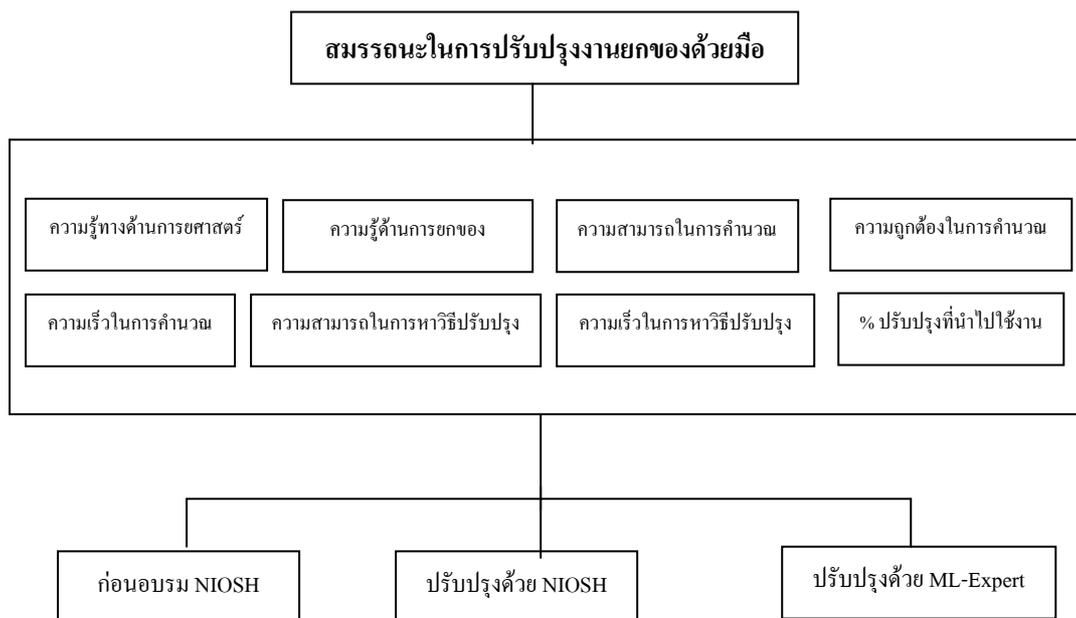
สรุปผลที่ได้จากการปรับปรุง: ลื่นสุดการใช้โปรแกรม ถ้าต้องการใช้งานอีกครั้งให้กด Restart

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ *AHP*

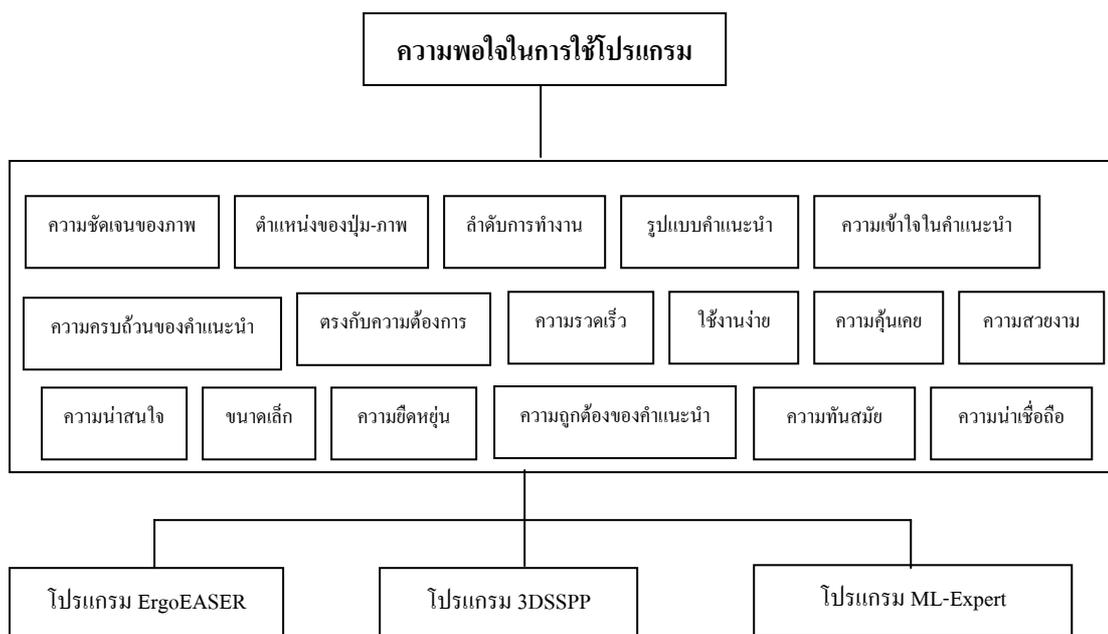
การวิเคราะห์ AHP

จากหลักการของ AHP จึงนำมาวิเคราะห์ปัญหาการปรับปรุงงานได้ดังต่อไปนี้

1. สมรรถนะในการปรับปรุงงาน



2. ความพอใจในการใช้โปรแกรม



แบบสอบถาม

วิธีการตอบแบบสอบถาม

1. ทำความเข้าใจความหมายของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
2. ตอบแบบสอบถามโดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ทีละคู่จนครบทุกปัจจัยโดยให้คะแนนจาก 1-9 ตามระดับความสำคัญตามที่อธิบายไว้ในตาราง

ระดับ ความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน (Equally important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์ เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญ มากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญ มากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very strongly more important)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญ มากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely more important)	ค่าความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ใน การพิจารณาเปรียบเทียบ
2,4,6,8	ความสำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate judgment value)	ความสำคัญที่ก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญ แต่ ละระดับตามลำดับตัวเลข

ที่มา: Saaty, 1980

2. พิจารณาเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า ทำ
การเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

3.

ตัวอย่างการตอบแบบสอบถาม

ปัจจัย	วัตถุประสงค์/เป้าหมาย																ปัจจัย	
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
A1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A2
A1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A3
A2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A3

แบบสอบถาม เปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือปรับปรุงงาน

1. ความเข้าใจในการยศาสตร์

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

2. ความเข้าใจในงานยกของ

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

3. ความสามารถในการคำนวณ

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

4. ความถูกต้องในการคำนวณ

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

5. ความเร็วในการคำนวณ

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

6. ความสามารถในการหาวิธีปรับปรุง

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

7. ความเร็วในการหาวิธีปรับปรุง

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

8. จำนวนการปรับปรุงที่ใช้งานได้

ช่วงเวลา	มากกว่า							เท่ากัน	น้อยกว่า							ช่วงเวลา		
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ NIOSH
ก่อนใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert
ใช้ NIOSH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ใช้ ML-Expert

แบบสอบถาม เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ

ชื่อ.....หน่วยงาน.....อายุ.....
 ส่วนสูง.....น้ำหนัก.....

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งาน	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งาน
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3. ลำดับการทำงาน
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4. รูปแบบคำแนะนำ
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5. ความเข้าใจคำแนะนำ
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6. คำแนะนำถูกต้อง
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7. คำแนะนำครบถ้วน
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	8. ความรวดเร็ว
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9. ใช้งานง่าย
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10. ความคุ้นเคย
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11. ความสวยงาม
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12. ความน่าสนใจ
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	13. ขนาดเล็ก
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14. ความยืดหยุ่น
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	15. ตรงตามความต้องการ
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16. ดูทันสมัย
1. ความชัดเจนของภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	17. ความน่าเชื่อถือ
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3. ลำดับการทำงาน
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4. รูปแบบคำแนะนำ
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5. ความเข้าใจคำแนะนำ
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6. คำแนะนำถูกต้อง
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7. คำแนะนำครบถ้วน
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	8. ความรวดเร็ว
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9. ใช้งานง่าย
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10. ความคุ้นเคย
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11. ความสวยงาม
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12. ความน่าสนใจ
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	13. ขนาดเล็ก
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14. ความยืดหยุ่น
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	15. ตรงตามความต้องการ
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16. ดูทันสมัย
2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	17. ความน่าเชื่อถือ
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4. รูปแบบคำแนะนำ
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5. ความเข้าใจคำแนะนำ
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6. คำแนะนำถูกต้อง
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7. คำแนะนำครบถ้วน
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	8. ความรวดเร็ว
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9. ใช้งานง่าย
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10. ความคุ้นเคย
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11. ความสวยงาม
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12. ความน่าสนใจ
3. ลำดับการทำงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	13. ขนาดเล็ก

แบบสอบถามเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม

1. ความชัดเจนของภาพ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

2. ตำแหน่งของปุ่ม-ภาพ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

3. ลำดับการทำงาน

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

4. รูปแบบคำแนะนำ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

5. ความเข้าใจคำแนะนำ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

6. คำแนะนำถูกต้อง

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

7. คำแนะนำครบถ้วน

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

8. ความรวดเร็ว

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

9. ใช้งานง่าย

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

10. ความคุ้นเคย

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

11. ความสวยงาม

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

12. ความน่าสนใจ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

13. ขนาดเล็ก

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

14. ความยืดหยุ่น

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

15. ตรงตามความต้องการ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

16. คู่มือสมัย

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

17. ความน่าเชื่อถือ

โปรแกรม	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								โปรแกรม
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3DSSPP
ErgoEASER	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert
3DSSPP	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ML-Expert

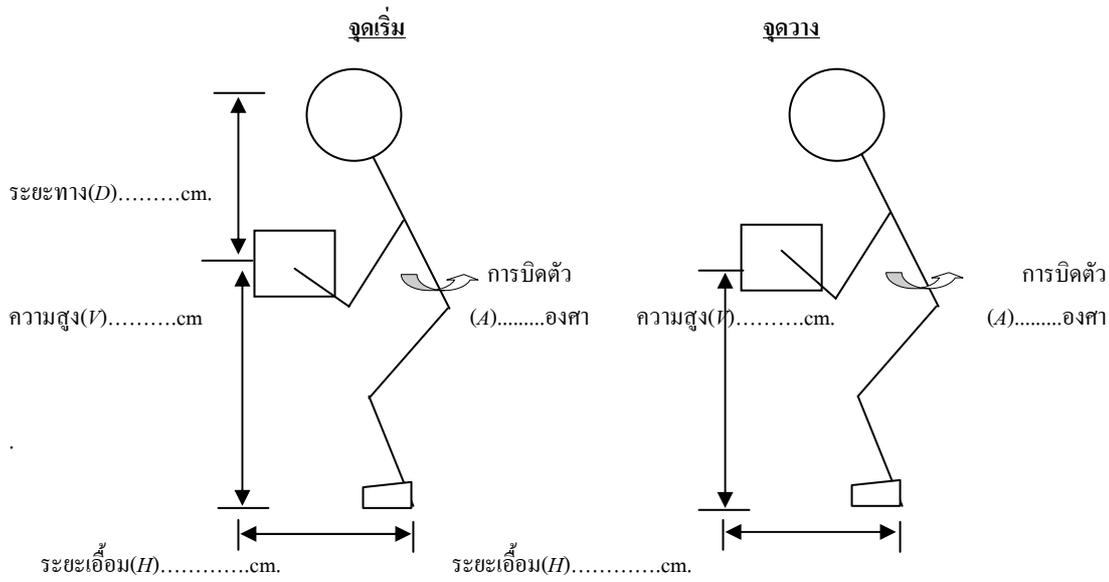
ภาคผนวก ฐ

ใบบันทึกการปรับปรุงงานของ โปรแกรม ML-Expert

ใบบันทึกการปรับปรุงงานยกของ โปรแกรม ML-Expert

วันที่..... ผู้ปฏิบัติงาน..... ขั้นตอน.....

ข้อมูล น้ำหนักชิ้นงาน..... Kg. ความถี่(f) ครั้ง/นาที
 ลักษณะมือจับ ดี (มีหู) ปานกลาง (ใช้มือสอดได้) แย่ (อุ้ม)



ค่าจากโปรแกรม

<p>จุดเริ่ม</p> <p>HM.....</p> <p>VM.....</p> <p>DM.....</p> <p>FM.....</p> <p>AM.....</p> <p>CM.....</p> <p>RWL.....</p> <p>LI.....</p>	<p>จุดวาง</p> <p>HM.....</p> <p>VM.....</p> <p>DM.....</p> <p>FM.....</p> <p>AM.....</p> <p>CM.....</p> <p>RWL.....</p> <p>LI.....</p>
--	--

ผ่าน/ไม่ผ่าน มาตรฐาน รายละเอียด.....

แนวทางปรับปรุง (จากโปรแกรม)

จุดเริ่มยก

ปัจจัย

แนวทาง

<i>HM</i>	1.	2.	3.		
	4.	5.	6.		
	7.	8.	9.		
	10.	11.	12.		
	13.	14.	15.		
	<i>OM</i>	1.	2.	3.	
		4.	5.	6.	
		7.	8.	9.	
		10.	11.	12.	
		13.	14.	15.	
		<i>VM</i>	1.	2.	3.
			4.	5.	6.
			7.	8.	9.
			10.	11.	12.
			13.	14.	15.
<i>AM</i>			1.	2.	3.
			4.	5.	6.
			7.	8.	9.
			10.	11.	12.
			13.	14.	15.
	<i>FM</i>		1.	2.	3.
			4.	5.	6.
			7.	8.	9.
			10.	11.	12.
			13.	14.	15.
		<i>OWAS</i>	1.	2.	3.
			4.	5.	6.
			7.	8.	9.
			10.	11.	12.
			13.	14.	15.

จุดวาง

ปัจจัย

HM

แนวทาง

- 1. 2. 3.
- 4. 5. 6.
- 7. 8. 9.
- 10. 11. 12.
- 13. 14. 15.

OM

- 1. 2. 3.
- 4. 5. 6.
- 7. 8. 9.
- 10. 11. 12.
- 13. 14. 15.

VM

- 1. 2. 3.
- 4. 5. 6.
- 7. 8. 9.
- 10. 11. 12.
- 13. 14. 15.

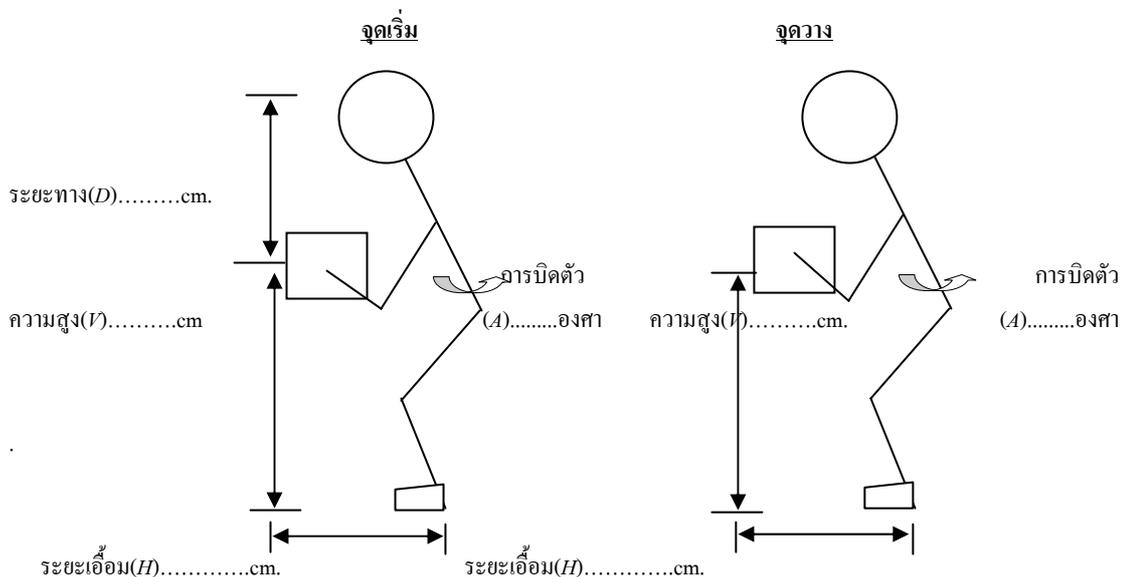
AM

- 1. 2. 3.
- 4. 5. 6.
- 7. 8. 9.
- 10. 11. 12.
- 13. 14. 15.

FM

- 1. 2. 3.
- 4. 5. 6.
- 7. 8. 9.
- 10. 11. 12.
- 13. 14. 15.

หลังปรับปรุง น้ำหนักชิ้นงาน..... Kg. ความถี่(f) ครั้ง/นาที
 ลักษณะมือ ดี (มีหู) ปานกลาง (ใช้มือสอดใต้) แย่ (อุ้ม)
 จับ



ค่าหลังจากปรับปรุง

จุดเริ่มยก
 ปรับปรุง?
 HM..... โดย.....
 VM..... โดย.....
 DM..... โดย.....
 FM..... โดย.....
 AM..... โดย.....
 CM..... โดย.....
 RWL..... โดย.....
 LI..... โดย.....

จุดวาง
 ปรับปรุง?
 HM..... โดย.....
 VM..... โดย.....
 DM..... โดย.....
 FM..... โดย.....
 AM..... โดย.....
 CM..... โดย.....
 RWL..... โดย.....
 LI..... โดย.....

ภาคผนวก ๓

เพิ่มบันทึกผลการใช้โปรแกรม ML-Expert1

แฟ้มบันทึกผลการใช้โปรแกรม ML-Expert1

Processing rule base: RuleBase/lifttext.clp

Date of processing: 25 ก.พ. 2552, 7:09:46

- Start Consultation -

Question: โปรแกรม ประเมินภาระงานของด้วยมือ จากสมการ NIOSH, OWAS และมาตรฐานอื่นๆ
การใช้งาน ==> ป้อนลักษณะงานเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักวัตถุ ระยะแนวราบ แนวตั้ง ความถี่ มุมเอี้ยวตัว
ลักษณะมือจับ ท่าทาง เพศ กลุ่มผู้ใช้
แล้วโปรแกรม จะประเมินว่า LI มีค่าเกิน หรือไม่, ตัวคูณต่างๆ มีค่าต่ำกว่าหรือไม่
จากนั้นโปรแกรมจะเสนอทางแก้ไข ปรับปรุง ซึ่งสามารถเลือกนำไปใช้ได้ตามความเหมาะสมกับสภาพงานที่
เป็นอยู่

น้ำหนักชิ้นงานที่ยกในปัจจุบัน (กิโลกรัม)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

- [1]10
- [2]15
- [3]05
- [4]10
- [5]20
- [6]25
- [7]30
- [8]35
- [9]40
- [10]45
- [11]50
- [12]55
- [13]60

User selected: 15

Question: เป็นคนชาติใด?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

- [1]10
- [2]Thai
- [3]Japan
- [4]Malaysia
- [5]Philippines
- [6]Other

User selected: Thai

Question: เงื่อนไขอื่นๆ ?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

- [1]Adult male
- [2]Adult female
- [3]Young male(15-18yrs)
- [4]Young female(15-18yrs)

User selected: Adult male

Question: ความสูงของจุดเริ่มยก (ซม)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

- [1]10
- [2]20
- [3]0
- [4]10
- [5]30
- [6]40
- [7]50
- [8]60
- [9]70
- [10]75
- [11]80
- [12]90
- [13]100
- [14]110
- [15]120
- [16]130

[17]140

[18]150

[19]160

[20]170

[21]180

User selected: 20

Question: ความสูงของจุดที่วาง(ชม)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]70

[3]0

[4]10

[5]20

[6]30

[7]40

[8]50

[9]60

[10]75

[11]80

[12]90

[13]100

[14]110

[15]120

[16]130

[17]140

[18]150

[19]160

[20]170

[21]180

User selected: 70

Question: ระยะเอี่ยมแนวราบที่เริ่มต้น(ชม)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]35

[3]25

[4]30

[5]40

[6]45

[7]50

[8]55

[9]60

User selected: 35

Question: ระยะเอี่ยมแนวราบที่จุดวางชิ้นงาน (ชม)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]35

[3]25

[4]30

[5]40

[6]45

[7]50

[8]55

[9]60

User selected: 35

Question: ระยะเวลายกต่อเนื่อง(ชั่วโมง)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]1

[3]2

[4]3

[5]4

[6]5

[7]6

[8]7

[9]8

User selected: 1

Question: ความถี่(ครั้งต่อนาที)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]1

[3]0.2

[4]0.5

[5]2

[6]3

[7]4

[8]5

[9]6

[10]7

[11]8

[12]9

[13]10

[14]11

[15]12

[16]13

[17]14

[18]15

User selected: 1

Question: มุมเอียงตัวที่จุดเริ่มยก(องศา)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]0

[3]15

[4]30

[5]45

[6]60

[7]75

[8]90

User selected: 0

Question: มุมเอี้ยวตัวที่จุดวางชิ้นงาน(องศา)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]0

[3]15

[4]30

[5]45

[6]60

[7]75

[8]90

User selected: 0

Question: คุณภาพมือจับ (ดี/ปานกลาง/เลว)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'

ซึ่งแบ่งออกเป็น ดี-มีหูจับ, ปานกลาง-ซ่อนใต้กล่อง, เลว-ต้องอุ้ม/จับด้านข้าง

[1]10

[2]Good

[3]Fair

[4]Poor

User selected: Good

Question: อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)?

Information/Warning: ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]25

[3]26

- [4]27
- [5]28
- [6]29
- [7]30
- [8]31
- [9]32
- [10]33
- [11]34
- [12]35
- [13]36
- [14]37
- [15]38
- [16]39
- [17]40

User selected: 25

Question: ประเมินสำหรับเพศ (ชาย/หญิง)?

Information/Warning: ระวัง!!!ค่านี้ต้องประเมินความแข็งแรงของผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้เชี่ยวชาญ ถ้าไม่ทราบใส่ค่าเท่ากับ 'ชาย' ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'

- [1]10
- [2]ชาย
- [3]หญิง

User selected: ชาย

Question: ครอบคลุมกี่เปอร์เซ็นต์ของประชากร ?

Information/Warning: ระวัง!!!ค่านี้ต้องประเมินความแข็งแรงของผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้เชี่ยวชาญ ถ้าไม่ทราบใส่ค่าเท่ากับ '95%' ป้อนค่าที่ต้องการ โดยเลือกปุ่มที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม'proceed'.

- [1]10
- [2]95
- [3]90
- [4]75
- [5]50
- [6]25

[7]10

[8]5

User selected: 95

Question: ประเมิน OWAS ทำทางของหลัง?

Information/Warning: ป้อนค่าทำทางของหลัง แล้วกดปุ่ม'proceed.'

[1]10

[2]ตรง

[3]ก้ม

[4]ตรงและเอี้ยว

[5]ก้มและเอี้ยว

User selected: ตรง

Question: ประเมิน OWAS ทำทางของมือ?

Information/Warning: ป้อนค่าทำทางของมือ แล้วกดปุ่ม'proceed'

[1]10

[2]2 ช้างต่ำกว่าไหล่

[3]1 ช้างสูงกว่าไหล่

[4]2 ช้างสูงกว่าไหล่

User selected: 2 ช้างต่ำกว่าไหล่

Question: ประเมิน OWAS ทำทางของขา?

Information/Warning: ป้อนค่าทำทางของขา แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]ยืน 2 ขา

[3]นั่ง

[4]ยืน 1 ขา

[5]งอ 2 เข่า

[6]งอ 1 เข่า

[7]คุกเข่า

[8]เดิน

User selected: งอ 2 เข้า

Question:

=====แนวทางการปรับปรุงจุดเริ่มยก=====

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงของน้ำหนักวัตถุ (Weight)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ 2.80

77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่ 2.00

23แบ่งน้ำหนักบรรทุกภัณฑ์ 1.80

25ลดหรือเพิ่มขึ้นขั้นตอนทำงานของพนักงานแต่ละคน1.80

06ลดการจัดส่งวัสดุไปยังที่ต่างๆ 1.50

26ลดขั้นตอนการทำงาน บรรจุ หรือขนด้วย 1.25

43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ 1.25

67พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม 1.25

58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม 1.25

71มีอุปกรณ์แจ้งเหตุเมื่อมีการทำงาน1.20

116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น 1.20

118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน 1.20

120ใช้ล้อเลื่อนช่วย 1.20

128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ 1.20

39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข 1.05

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวราบ Horizontal

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง14.00

44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน 14.00

47ใช้หลักของการยศาสตร์ 14.00

48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรระวัง 14.00

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ14.00

24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรทุกภัณฑ์12.00

39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข 12.00

49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง 12.00

50ใช้วิดีโอประกอบ 12.00

41ลดการยึดตัวตลอดวัน 10.29

51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ 10.29

53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกรอบรม	10.29
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	10.29
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกรอบรม	10.29
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	10.29

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในท่าทางที่ผิดปกติ (Abnormal Posture: OWAS)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	12.25
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	12.25
45สวมใส่เสื้อผ้าที่พอดี	12.25
46มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ดี	12.25
47ใช้หลักของการยศาสตร์	12.25
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	12.25
49ฝึกรอบรมในสภาพทำงานจริง	10.50
50ใช้วิดีโอประกอบ	10.50
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	10.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการ ได้ตอบประกอบ	9.00
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกรอบรม	9.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	9.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกรอบรม	9.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	9.00
62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	9.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวตั้ง (Vertical)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง	8.09
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	8.09
47ใช้หลักของการยศาสตร์	8.09
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	8.09
56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	8.09
24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	6.93
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	6.93
49ฝึกรอบรมในสภาพทำงานจริง	6.93
50ใช้วิดีโอประกอบ	6.93
41ลดการยืดตัวตลอดวัน	5.94

51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	5.94
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	5.94
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	5.94
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	5.94
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	5.94

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงความถี่ในการยก (Frequency)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	2.94
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	2.94
47ใช้หลักของการยศาสตร์	2.94
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	2.94
24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	2.52
25ลดหรือเพิ่มขั้นตอนทำงานของพนักงานแต่ละคน	2.52
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	2.52
50ใช้วิดีโอประกอบ	2.52
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	2.40
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	2.40
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	2.16
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	2.16
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	2.16
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	2.16
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	2.16

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในการเอี้ยวตัว (Asymmetry)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	1.00
25ลดหรือเพิ่มขั้นตอนทำงานของพนักงานแต่ละคน	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00

77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	1.00
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	1.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	1.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	1.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	1.00

=====แนวทางการปรับปรุงจุดวาง=====

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวราบ Horizontal

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง	14.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	14.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	14.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	14.00
56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	14.00
24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	12.00
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	12.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	12.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	12.00
41ลดการยึดตัวตลอดวัน	10.29
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	10.29
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	10.29
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	10.29
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	10.29
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	10.29

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวดิ่ง (Vertical)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง	8.09
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	1.00
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	1.00

49ฝีกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
41ลดการยืดตัวตลอดวัน	1.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	1.00
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝีกอบรม	1.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	1.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝีกอบรม	1.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในการเอี้ยวตัว (Asymmetry)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง1.00

44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน 1.00

47ใช้หลักของการยศาสตร์ 1.00

48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรรงควั้น 1.00

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ1.00

24พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์1.00

39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข 1.00

49ฝีกอบรมในสภาพทำงานจริง 1.00

50ใช้วิดีโอประกอบ 1.00

41ลดการยืดตัวตลอดวัน 1.00

51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ 1.00

53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝีกอบรม 1.00

54กระจายข้อความและแผ่นป้าย 1.00

55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝีกอบรม 1.00

61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง 1.00

ปัจจัยที่ป้อนเข้า ==>:น้ำหนักวัตถุ(กก) = 15

ชาติ = Thai, เจริญใจ = Adult male

ระยะแนวราบ(cm)= 35, ความสูง(cm)= 20, มุมเอี้ยวตัว(degree)= 0

ระยะแนวราบ(จุดวาง-cm)= 35, ความสูง(จุดวาง-cm)= 70, มุมเอี้ยวตัว(จุดวาง-degree)= 0

ความถี่(ครั้ง/นาที)= 1,มือจับ = Good, อุณหภูมิ(degree Celsius)= 25

จากผลลัพธ์ที่ได้ด้านล่างเป็นค่าเบื้องต้น ตามมาตรฐานชาติ สมการ NIOSH สมการ OWAS ต้องการปรับปรุงงานหรือไม่?

Information/Warning: =====ผลลัพธ์เบื้องต้น =====

ผลลัพธ์เบื้องต้น ==>: ผ่าน มาตรฐานชาติ Thai ค่ามาตรฐาน(กก) = 50

ค่าจากสมการ NIOSH

ตัวคูณแนวราบ= 0.71, ตัวคูณแนวตั้ง= 0.84

ตัวคูณความถี่ = 0.94, ตัวคูณการเอี้ยวตัว= 1.00

coupling multiplier= 1

ตัวคูณแนวราบ(จุดวาง)= 0.71, ตัวคูณแนวตั้ง(จุดวาง)= 0.98, ตัวคูณการเอี้ยวตัว(จุดวาง)= 1.00

ตัวคูณอุณหภูมิ = 1.00, เปอร์เซนต์ไคล์ที่ 95, เพศ ชาย

ตัวคูณน้ำหนัก = 0.95, ตัวคูณท่าทาง (OWAS) = 0.75

==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มต้น)= 11.73, Lifting Index= 1.28

==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง) = 13.84, Lifting Index= 1.08

คะแนน OWAS = 2, เป็นท่าทางที่มีความเครียดบ้าง ควรตรวจสอบและแก้ไข

[1]10

[2]ปรับปรุง

[3]ไม่ปรับปรุง

User selected: ปรับปรุง

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 13.842205

Lifting Index= 1.0836423821204786

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1

==> ปรับลดความถี่จุดวาง โดยวิธีใด?

Information/Warning: ==> ความถี่ควรน้อยกว่า 1 ครั้ง/นาที

แนวทางการปรับปรุง==> ใช้เครื่องมืออัตโนมัติช่วยบางส่วนหรือทั้งหมด/หมุนเวียนการทำงาน/เพิ่มคน

[1]10

[2]เพิ่มคน

[3]หมุนเวียนการทำงาน

[4]ใช้เครื่องมือช่วย

[5]อื่นๆ

[6]ไม่ปรับปรุง

User selected: เพิ่มคน

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 13.842205

Lifting Index= 1.0836423821204786

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน

==> เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดจุดวางเปลี่ยนเป็น (ครั้ง/นาที ?

Information/Warning:

==> ความถี่ควรมีค่าน้อยกว่า 1 ครั้ง/นาที.

[1]10

[2]0.2

[3]0.5

[4]1

[5]2

[6]3

[7]4

[8]5

[9]6

[10]7

[11]8

[12]9

[13]10

[14]11

[15]12

[16]13

[17]14

[18]15

User selected: 0.2

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 12.48325

Lifting Index= 1.201610157611199

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2
 ==> ปรับลดความถี่จุดเริ่มยกโดยวิธีใด?

Information/Warning: ==> ความถี่ควรน้อยกว่า 1 ครั้ง/นาที

แนวทางการปรับปรุง==> ใช้เครื่องมืออัตโนมัติช่วยบางส่วนหรือทั้งหมด/หมุนเวียนการทำงาน/เพิ่มคน

[1]10

[2]เพิ่มคน

[3]หมุนเวียนการทำงาน

[4]ใช้เครื่องมือช่วย

[5]อื่นๆ

[6]ไม่ปรับปรุง

User selected: เพิ่มคน

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 12.48325

Lifting Index= 1.201610157611199

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน

==> เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดเริ่มยกเปลี่ยนเป็น (ครั้ง/นาที) ?

Information/Warning:

==> ความถี่ควรมีค่าน้อยกว่า 1 ครั้ง/นาที.

[1]10

[2]0.2

[3]0.5

[4]1

[5]2

[6]3

[7]4

[8]5

[9]6

[10]7

[11]8

[12]9

[13]10

[14]11

[15]12

[16]13

[17]14

[18]15

User selected: 1

Question: ปล่อยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 13.842205

Lifting Index= 1.0836423821204786

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35

==> ปรับปรุงลดระยะแนวราบจุดวางโดย ?

Information/Warning: ==>ระยะแนวราบเข้าใกล้ 25 ซม.

แนวทางการปรับปรุง==> ลดสิ่งกีดขวาง/ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[1]10

[2]ลดสิ่งกีดขวาง

[3]ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[4]อื่นๆ

[5]ไม่ปรับปรุง

User selected: ลดสิ่งกีดขวาง

Question: ปล่อยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 13.842205

Lifting Index= 1.0836423821204786

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง

==> ปรับปรุงแล้วได้ระยะแนวราบจุดวางเท่าใด (ชม)?

Information/Warning: ==> ระยะแนวราบควรเข้าใกล้ 25 ชม.

[1]10

[2]25

[3]30

[4]35

[5]40

[6]45

[7]50

[8]55

[9]60

User selected: 25

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 11.734255

Lifting Index= 1.2783086783097863

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25,ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ

0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35

==> ปรับปรุงลดระยะแนวราบจุดเริ่มยกโดย ?

Information/Warning: ==>ระยะแนวราบเข้าใกล้ 25 ชม.

แนวทางการปรับปรุง==> ลดสิ่งกีดขวาง/ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[1]10

[2]ลดสิ่งกีดขวาง

[3]ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[4]อื่นๆ

[5]ไม่ปรับปรุง

User selected: ลดสิ่งกีดขวาง

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 11.734255

Lifting Index= 1.2783086783097863

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ

0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25,ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ

0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง

==> ปรับปรุงแล้วได้ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเท่าใด (ชม)?

Information/Warning: ==> ระยะแนวราบควรเข้าใกล้ 25 ชม.

[1]10

[2]25

[3]30

[4]35

[5]40

[6]45

[7]50

[8]55

[9]60

User selected: 25

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 19.379087

Lifting Index= 0.774030272943199

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25,ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25,ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70

==> ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงจุดวางโดย ?

Information/Warning: ==>ความสูงควรอยู่ใกล้ระยะ 75 ซม.

แนวทางการปรับปรุง==>: ปรับความสูงสถานีงาน/เปลี่ยนเป็นรุ่นที่ปรับความสูงได้/ยกสถานีงานหรือตัวคนขึ้นบน pallet/ ต่อขาสถานีงาน/ แยกความสูงของสถานีงาน/ใช้ระบบสปริงหรืออากาศที่ปรับระดับตัวเองได้

[1]10

[2]ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

[3]ยกคน/สถานีงานขึ้นบนพาเลท

[4]ใช้สปริงปรับระดับ

[5]อื่นๆ

[6]ไม่ปรับปรุง

User selected: ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง)= 19.379087

Lifting Index= 0.774030272943199

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1,ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25,ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลด

สิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

==>ความสูงจุดวางหลังการปรับปรุงเป็นเท่าใด (ชม)?

Information/Warning: ==>ความสูงควรเข้าใกล้ 75 ชม.

[1]10

[2]70

[3]0

[4]10

[5]20

[6]30

[7]40

[8]50

[9]60

[10]75

[11]80

[12]90

[13]100

[14]110

[15]120

[16]130

[17]140

[18]150

[19]160

[20]170

[21]180

User selected: 70

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 16.42795699999996

Lifting Index= 0.9130776273641332

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลด

ความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1, ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดวาง เปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณระยะความสูงจุดเริ่มยก คือ 0.835(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดเริ่มยก = 20
=> ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงจุดเริ่มยกโดย ?

Information/Warning: ==>ความสูงควรรออยู่ใกล้ระยะ 75 ซม.

แนวทางการปรับปรุง==>: ปรับความสูงสถานีงาน/เปลี่ยนเป็นรุ่นที่ปรับความสูงได้/
ยกสถานีงานหรือตัวคนขึ้นบน pallet/ ต่อขาสถานีงาน/ แยกความสูงของสถานีงาน/ ใช้ระบบสปริงหรืออากาศที่ปรับระดับตัวเองได้

[1]10

[2]ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

[3]ยกคน/สถานีงานขึ้นบนพาเลท

[4]ใช้สปริงปรับระดับ

[5]อื่นๆ

[6]ไม่ปรับปรุง

User selected: ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 16.427956999999996

Lifting Index= 0.9130776273641332

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2, ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1, ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดวาง

เปลี่ยนเป็น 70,ตัวคูณระยะความสูงจุดเริ่มยก คือ 0.835(ควรวเข้าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดเริ่มยก = 20, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน

==>ความสูงจุดเริ่มยกหลังการปรับปรุงเป็นเท่าใด (ชม)?

Information/Warning: ==>ความสูงควรวเข้าใกล้ 75 ชม.

[1]10

[2]70

[3]0

[4]10

[5]20

[6]30

[7]40

[8]50

[9]60

[10]75

[11]80

[12]90

[13]100

[14]110

[15]120

[16]130

[17]140

[18]150

[19]160

[20]170

[21]180

User selected: 70

Question: ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มยก)= 21.2957

Lifting Index= 0.7043675483783111

ประวัติการปรับปรุง==>:

,ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อ

ปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2,ตัวคูณความถี่ คือ 1.0(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลด

ความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1, ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดวาง เปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณระยะความสูงจุดเริ่มยก คือ 0.835(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดเริ่มยก = 20, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดเริ่มยกเปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณท่าทาง OWAS เดิม คือ 0.75(ควรมีค่าใกล้ 1.00), ท่าทางเดิมคือเดิม = ตรง 2 ข้างต่ำกว่าไหล่ 2 เซ็น

==> ปรับปรุงท่าทางผิดปกติโดย ?

Information/Warning: ==> ไม่ยกแขนมาก ไม่ก้ม หรือบิดตัว.

แนวทางการปรับปรุง==> ลดสิ่งกีดขวาง/ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[1]10

[2]หลีกเลี่ยงท่าทางที่ไม่เหมาะสม

[3]ลดสิ่งกีดขวาง

[4]ปรับขนาดของที่ยกให้กระชับ

[5]อื่นๆ

[6]ไม่ปรับปรุง

User selected: หลีกเลี่ยงท่าทางที่ไม่เหมาะสม

Question: ประเมิน OWAS ท่าทางของหลัง?

Information/Warning: ป้อนค่าท่าทางของหลัง แล้วกดปุ่ม'proceed.'

[1]10

[2]ตรง

[3]ก้ม

[4]ตรงและเอี้ยว

[5]ก้มและเอี้ยว

User selected: ตรง

Question: ประเมิน OWAS ท่าทางของมือ?

Information/Warning: ป้อนค่าท่าทางของมือ แล้วกดปุ่ม'proceed'

[1]10

[2]2 ช้างต่ำกว่าไหล่

[3]1 ช้างสูงกว่าไหล่

[4]2 ช้างสูงกว่าไหล่

User selected: 2 ช้างต่ำกว่าไหล่

Question: ประเมิน OWAS ท่าทางของขา?

Information/Warning: ป้อนค่าท่าทางของขา แล้วกดปุ่ม'proceed'.

[1]10

[2]ยืน 2 ขา

[3]นั่ง

[4]ยืน 1 ขา

[5]งอ 2 เข่า

[6]งอ 1 เข่า

[7]คุกเข่า

[8]เดิน

User selected: ยืน 2 ขา

Conclusion: =====แนวทางการปรับปรุงจุดเริ่มยกต่อไป (หลังจากปรับปรุง)=====

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงของน้ำหนักวัตถุ (Weight)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ 2.80

77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่ 2.00

43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ 1.25

67พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม 1.25

58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม 1.25

71มีอุปกรณ์แฉ่งเหตุเมื่อมีการทำงาน 1.20

116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น 1.20

118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน 1.20

120ใช้ล้อเลื่อนช่วย 1.20

128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ 1.20

39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข 1.05

44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน 1.05

47ใช้หลักของการยศาสตร์ 1.05

48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรระวัง	1.05
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.05

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวราบ Horizontal

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ	1.00
67พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม	1.00
58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม	1.00
71มีอุปกรณ์แจ้งเหตุเมื่อมีการทำงาน	1.00
116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น	1.00
118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน	1.00
120ใช้ล้อเลื่อนช่วย	1.00
128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ	1.00
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรระวัง	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในท่าทางที่ผิดปกติ (Abnormal Posture: OWAS)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ	1.00
67พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม	1.00
58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม	1.00
71มีอุปกรณ์แจ้งเหตุเมื่อมีการทำงาน	1.00
116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น	1.00
118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน	1.00
120ใช้ล้อเลื่อนช่วย	1.00
128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ	1.00
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00

47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวดิ่ง (Vertical)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ	1.00
67พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม	1.00
58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม	1.00
71มีอุปกรณ์แจ้งเหตุเมื่อมีการทำงาน	1.00
116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น	1.00
118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน	1.00
120ใช้ล้อเลื่อนช่วย	1.00
128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ	1.00
39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงความถี่ในการยก (Frequency)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	2.94
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	2.94
47ใช้หลักของการยศาสตร์	2.94
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	2.94
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	2.52
50ใช้วิดีโอประกอบ	2.52
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	2.40
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	2.40
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	2.16
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	2.16
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	2.16

55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	2.16
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	2.16
62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	2.16
63มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลายาน	2.16

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในการเอี้ยวตัว (Asymmetry)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	1.00
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	1.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	1.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	1.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	1.00
62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	1.00
63มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลายาน	1.00

=====แนวทางการปรับปรุงจุดวาง=====

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวราบ Horizontal

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	1.00

53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	1.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	1.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	1.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	1.00
62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	1.00
63มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลางาน	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในแนวดิ่ง (Vertical)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00
51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	1.00
53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	1.00
54กระจายข้อความและแผ่นป้าย	1.00
55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	1.00
61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	1.00
62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	1.00
63มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลางาน	1.00

แนวทางการปรับลดปัจจัยเสี่ยงในการเอียงตัว (Asymmetry)

ทางเลือกที่ ===รายละเอียด===== % ค่าคาดหวังการปรับปรุง ===

56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ	1.00
44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	1.00
47ใช้หลักของการยศาสตร์	1.00
48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	1.00
49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	1.00
50ใช้วิดีโอประกอบ	1.00
76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ	1.00
77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	1.00

51 ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ 1.00

53 ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม 1.00

54 กระจายข้อความและแผ่นป้าย 1.00

55 ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม 1.00

61 มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง 1.00

62 มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ 1.00

63 มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลางาน 1.00

ปัจจัยป้อนเข้า ==>: น้ำหนักวัตถุ (กก) = 15

ระยะแนวราบ(cm)= 25, ความสูง(cm)= 70, มุมเอี้ยวตัว(degree)= 0

ระยะแนวราบ(จุดวาง-cm)= 25, ความสูง(จุดวาง-cm)= 70, มุมเอี้ยวตัว(จุดวาง-degree)= 0

ความถี่(ครั้ง/นาที)= 1, มือจับ = Good, อุณหภูมิ(degree Celsius)= 25

ประวัติการปรับปรุง==>:

, ตัวคูณความถี่จุดวาง คือ 0.94 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 1, ปรับลดความถี่จุดวางโดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่จุดวางเปลี่ยนเป็น 0.2, ตัวคูณความถี่ คือ 1.0 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าความถี่เดิม = 0.2, ปรับลดความถี่โดย เพิ่มคน, เมื่อปรับปรุงแล้วความถี่เปลี่ยนเป็น 1, ตัวคูณระยะแนวราบจุดวางเดิม คือ 0.7142857142857143 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดวางเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดวาง เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม คือ 0.7142857142857143 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ระยะแนวราบจุดเริ่มยกเดิม = 35, ปรับปรุงลดระยะแนวราบโดย ลดสิ่งกีดขวาง, ระยะแนวราบจุดเริ่มยก เปลี่ยนค่าเป็น 25, ตัวคูณระยะความสูงจุดวาง คือ 0.985 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดวาง = 70, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดวาง เปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณระยะความสูงจุดเริ่มยก คือ 0.835 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ค่าเดิมของความสูงจุดเริ่มยก = 20, ปรับปรุงปัจจัยด้านความสูงโดย ปรับเปลี่ยนความสูงสถานีงาน, ความสูงจุดเริ่มยกเปลี่ยนเป็น 70, ตัวคูณท่าทาง OWAS เดิม คือ 0.75 (ควรมีค่าใกล้ 1.00), ท่าทางเดิมคือเดิม = ตรง 2 ข้างต่ำกว่าไหล่ 2 เซน, ปรับปรุงท่าทางโดย หลีกเลียงท่าทางที่ไม่เหมาะสม, ท่าทาง OWAS เปลี่ยนค่าเป็น ตรง 2 ข้างต่ำกว่าไหล่ 2 เซน

===== สรุปผลตั้งข้อมูลหลังปรับปรุงด้านล่าง =====

ผลลัพธ์หลังปรับปรุง ==>: ผ่าน มาตรฐานชาติ Thai ค่ามาตรฐาน(กก) = 50

ค่าต่างๆ ตามแนวทางของ NIOSH

ตัวคูณแนวราบ= 1.00, ตัวคูณแนวตั้ง= 0.98

ตัวคูณความถี่ = 0.94, ตัวคูณการเอี้ยวตัว= 1.00

coupling multiplier= 1

ตัวคูณแนวราบ(จุดวาง)= 1.00, ตัวคูณแนวตั้ง(จุดวาง)= 0.98, ตัวคูณการเอี้ยวตัว(จุดวาง)= 1.00

ตัวคูณอุณหภูมิ = 1.00, เปอร์เซนต์ไคล์ที่ 95, เพศ ชาย

ตัวคูณน้ำหนัก = 0.95, ตัวคูณท่าทาง (OWAS) = 1.00

==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดเริ่มต้น)= 21.30, Lifting Index= 0.70

==> น้ำหนักที่แนะนำ(RWL-จุดวาง) = 21.30, Lifting Index= 0.70

คะแนน OWAS = 1, เป็นท่าทางที่ไม่อันตราย ขอมรับได้

แนวทางการปรับปรุงเพิ่มเติม==> :

ใช้การอบรม/การบริหารร่างกาย/การหมุนเวียนงาน/การใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น เข็มขัด/การคัดเลือกพนักงาน

- End of Consultation -

ภาคผนวก ข
เพิ่มทางเลือกสำหรับป้อนเข้าโปรแกรม ML-Expert

เพิ่มทางเลือกสำหรับป้อนเข้าโปรแกรม ML-Expert

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 1)(TextValue1 "01เปลี่ยนขนาดของภาชนะบรรจุ ") (ProbValue1 10)(IpWt 30)(IpVer 20)(IpHor 30)(IpDist 10)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 10)(IpPercent 10)(IpTemp 10)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 2)(TextValue1 "02จัดลำดับการวางชิ้นงาน ") (ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 40)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 10)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 3)(TextValue1 "03ให้ผู้ผลิตเป็นผู้ทำแทน ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 4)(TextValue1 "04มีบรรจุภัณฑ์หลายรูปแบบ ") (ProbValue1 10)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 10)(IpDist 10)(IpFre 10)(IpAsy 10)(IpPeriod 10)(IpPercent 10)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 5)(TextValue1 "05ฝ่ายประกันคุณภาพเข้มงวดมาตรฐานการรับเข้า") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 6)(TextValue1 "06ลดการจัดส่งวัสดุไปยังที่ต่างๆ ") (ProbValue1 50)(IpWt 60)(IpVer 50)(IpHor 60)(IpDist 50)(IpFre 60)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 7)(TextValue1 "07เพิ่มน้ำหนักของภาชนะบรรจุ/รายการ ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 8)(TextValue1 "08เปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงาน ") (ProbValue1 20)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 80)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 9)(TextValue1 "09ลดน้ำหนักของภาชนะบรรจุ ") (ProbValue1 20)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 10)(TextValue1 "10เปลี่ยนจำนวนชิ้นงานที่ขน ") (ProbValue1 20)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 20)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 11)(TextValue1 "11เปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 10)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 12)(TextValue1 "12เปลี่ยนคุณสมบัติของชิ้นงาน ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 13)(TextValue1 "13เปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อชิ้นงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 0)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 14)(TextValue1 "14เปลี่ยนทิศทางหรือตำแหน่งของ Input ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 15)(TextValue1 "15เปลี่ยนภาชนะบรรจุของชิ้นงานที่รับเข้า ") (ProbValue1 10)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 10)(IpDist 10)(IpFre 10)(IpAsy 10)(IpPeriod 10)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 16)(TextValue1 "16แยกงานในแต่ละชิ้นส่วน ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 17)(TextValue1 "17รวมขั้นตอนไว้ในที่เดียว ") (ProbValue1 30)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 18)(TextValue1 "18มีผู้ควบคุมอัตรา Input ") (ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 19)(TextValue1 "19ยกเลิกนโยบายการจ่ายค่าแรงรายชิ้น ") (ProbValue1 20)(IpWt 20)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 20)(TextValue1 "20มีผู้นับจำนวนรวม ") (ProbValue1 50)(IpWt 20)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 21)(TextValue1 "21ลดอัตราการจัดส่ง ") (ProbValue1 20)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 22)(TextValue1 "22เพิ่มพนักงาน ") (ProbValue1 20)(IpWt 60)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 23)(TextValue1 "23แบ่งน้ำหนักบรรทุกกันท์ ") (ProbValue1 60)(IpWt 60)(IpVer 40)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 24)(TextValue1 "24เพิ่มแผนทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรทุกกันท์") (ProbValue1 70)(IpWt 20)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 10)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 25)(TextValue1 "25ลดหรือเพิ่มขึ้นขั้นตอนทำงานของพนักงานแต่ละคน") (ProbValue1 60)(IpWt 60)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 26)(TextValue1 "26ลดขั้นตอนการทำงาน บรรจุ หรือขนด้วย ") (ProbValue1 50)(IpWt 50)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 27)(TextValue1 "27ใช้คนงานเพิ่ม ") (ProbValue1 20)(IpWt 60)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 70)(IpAsy 70)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 28)(TextValue1 "28ปรับอัตรา output ไต ") (ProbValue1 20)(IpWt 20)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 20)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 29)(TextValue1 "29ไม่ปรับแก้ Input ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 30)(TextValue1 "30ทำให้คุณภาพอยู่ในระดับที่ลูกค้าพอใจ ") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 31)(TextValue1 "31ปรับ/ยกเลิกการใช้พื้นที่เก็บปัจจุบัน ") (ProbValue1 20)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 32)(TextValue1 "32จัดส่งสินค้าที่มีการประกอบบางส่วน ") (ProbValue1 10)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 33)(TextValue1 "33อบรมการลดปัจจัยเสี่ยงที่บ้าน ") (ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 34)(TextValue1 "34อบรมการลดปัจจัยเสี่ยงในที่ทำงาน ") (ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 35)(TextValue1 "35ลดกิจกรรมที่เพิ่มปัจจัยเสี่ยงที่บ้าน ") (ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 36)(TextValue1 "36ลดปัจจัยเสี่ยงในที่ทำงาน ") (ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 37)(TextValue1 "37การปรับที่นั่ง ") (ProbValue1 30)(IpWt 10)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 40)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 38)(TextValue1 "38การปรับสถานที่ทำงาน ") (ProbValue1 40)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 40)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 39)(TextValue1 "39การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข ") (ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 40)(TextValue1 "40การดูแลรักษาอุปกรณ์ ") (ProbValue1 40)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 41)(TextValue1 "41ลดการยึดตัวตลอดวัน")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 42)(TextValue1 "42การกระตุ้นเตือนในการดูแลระบบบำรุงรักษา")(ProbValue1 40)(IpWt 30)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 40)(IpFre 40)(IpAsy 40)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 43)(TextValue1 "43ลดการปฏิบัติที่มีความเครียด งานยกของ")(ProbValue1 50)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 44)(TextValue1 "44กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 70)(IpAsy 70)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 45)(TextValue1 "45สวมใส่เสื้อผ้าที่พอดี")(ProbValue1 70)(IpWt 0)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 46)(TextValue1 "46มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ดี")(ProbValue1 70)(IpWt 0)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 40)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 47)(TextValue1 "47ใช้หลักของการยศาสตร์")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 70)(IpAsy 70)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 48)(TextValue1 "48หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 70)(IpAsy 70)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 49)(TextValue1 "49ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 50)(TextValue1 "50ใช้วิธีโอประกอบ")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 51)(TextValue1 "51ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 52)(TextValue1 "52ใช้สไลด์ประกอบ")(ProbValue1 30)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 53)(TextValue1 "53ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 54)(TextValue1 "54กระจายข้อความและแผ่นป้าย")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 55)(TextValue1 "55ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 56)(TextValue1 "56มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอ")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 70)(IpAsy 70)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 70))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 57)(TextValue1 "57พนักงานแต่ละคนมีส่วนร่วมในกลุ่ม")(ProbValue1 50)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 58)(TextValue1 "58มีระบบการจัดการแบบทันเวลาในกลุ่ม")(ProbValue1 50)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 59)(TextValue1 "59มีระบบลดความไม่พอใจด้วยการลาออกหรือทำงาน")(ProbValue1 40)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 60)(TextValue1 "60มีการให้เงินรางวัลตอบแทน")(ProbValue1 40)(IpWt 50)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 61)(TextValue1 "61มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 62)(TextValue1 "62มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 63)(TextValue1 "63มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลางาน")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 64)(TextValue1 "64มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างเวลาพัก")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 65)(TextValue1 "65มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อนอกเวลางาน")(ProbValue1 60)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 66)(TextValue1 "66สนับสนุนการเป็นสมาชิก Health Club")(ProbValue1 30)(IpWt 30)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 60))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 67)(TextValue1 "67สวมสายรัดข้อมือ")(ProbValue1 30)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 68)(TextValue1 "68สวม Back Brace")(ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 69)(TextValue1 "69สวม lift belt")(ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 50)(IpFre 50)(IpAsy 50)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 70)(TextValue1 "70มีการตรวจสอบงานซ้ำซาก")(ProbValue1 30)(IpWt 30)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 30)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 71)(TextValue1 "71มีอุปกรณ์แฉ่งเหตุเมื่อมีการทำงานที่")(ProbValue1 60)(IpWt 40)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 60)(IpFre 60)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 72)(TextValue1 "72มีหมุนเวียนการทำงานหนัก-เบาสลับกัน")(ProbValue1 50)(IpWt 40)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 73)(TextValue1 "73มีช่วงเวลาพัก")(ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 74)(TextValue1 "74มีการหมุนเวียนงานระหว่างสัปดาห์เพื่อเปล")(ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 75)(TextValue1 "75มีการหมุนเวียนงานระหว่างวันเพื่อเปลี่ยน")(ProbValue1 50)(IpWt 30)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 76)(TextValue1 "76มีงานเบาสำหรับผู้บาดเจ็บ")(ProbValue1 80)(IpWt 70)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 77)(TextValue1 "77มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่")(ProbValue1 80)(IpWt 50)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 50)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 78)(TextValue1 "78มีระบบการทดสอบความแข็งแรงเพื่อคัดเลือก")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 70)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 79)(TextValue1 "79มีระบบการทดสอบความยืดหยุ่นเพื่อคัดเลือก")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 70)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 80)(TextValue1 "80มีระบบการตรวจสอบประวัติสุขภาพเพื่อคัด")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 70)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 81)(TextValue1 "81มีระบบการทดสอบความสามารถตามหน้าที่งาน")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 70)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 82)(TextValue1 "82มีระบบการทดสอบสมรรถภาพเพื่อคัดเลือก")(ProbValue1 70)(IpWt 30)(IpVer 30)(IpHor 30)(IpDist 30)(IpFre 30)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 70)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 83)(TextValue1 "83สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง")(ProbValue1 70)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 84)(TextValue1 "84ปรับความสูงของพื้น ความสูง มุม ") (ProbValue1 50)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 85)(TextValue1 "85เปลี่ยนเป็นเก้าอี้รุ่นที่ปรับได้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 86)(TextValue1 "86ทำฐานรองยกระดับพนักงาน ") (ProbValue1 40)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 87)(TextValue1 "87ลดระดับพนักงานด้วยการปรับพื้น ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 88)(TextValue1 "88รองพนักงาด้วยพลาต ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 89)(TextValue1 "89ปรับความสูงของพื้น ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 90)(TextValue1 "90จัดหาพื้นที่ปรับระดับได้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 91)(TextValue1 "91จัดหาเก้าอี้นั่งขึ้น ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 92)(TextValue1 "92ใช้ scaffolding หรือ Gantry ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 93)(TextValue1 "93ปรับรถ โด้ะ หรือสถานีงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 94)(TextValue1 "94เปลี่ยนเป็นรุ่นที่ปรับความสูงได้ ") (ProbValue1 50)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 95)(TextValue1 "95เปลี่ยนพื้นรองสถานีงานหรือถังเก็บ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 96)(TextValue1 "96ลดระดับสถานีงานหรือถังเก็บ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 97)(TextValue1 "97วางสถานีงานบนพลาต ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 98)(TextValue1 "98ยึดสถานีงานหรือถังเก็บกับผนังในระดับที่") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 99)(TextValue1 "99ใช้แขนหรือก้านเพิ่มเติม ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 100)(TextValue1 "100ค่อขาโต๊ะหรือสถานีงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 101)(TextValue1 "101แยกพื้นที่ทำงานออกเป็น 2 ระดับ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 102)(TextValue1 "102ใช้ถังที่มีพื้นสปริง พื้นสองระดับ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 103)(TextValue1 "103เพิ่มพื้นรองเล็กๆ บนพื้นที่ทำงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 104)(TextValue1 "104ใช้หมอนรองบนเก้าอี้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 105)(TextValue1 "105ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงาน") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 106)(TextValue1 "106ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงาน") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 107)(TextValue1 "107ปรับมุมของพื้นที่ทำงานเข้าหาพนักงาน") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 108)(TextValue1 "108เปลี่ยนมุมของสายพาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 109)(TextValue1 "109ใส่โต๊ะหมุน ") (ProbValue1 20)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 110)(TextValue1 "110ตัดพื้นผิวพื้นที่ทำงานเพื่อให้พนักงาน") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 111)(TextValue1 "111เปลี่ยนฝั่งของพื้นที่ทำงานจาก 180 องศา") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 60)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 112)(TextValue1 "112เพิ่มเก้าอี้ระหว่างเส้นทาง ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 60)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 113)(TextValue1 "113เพิ่ม Swing Arm ") (ProbValue1 20)(IpWt 0)(IpVer 70)(IpHor 70)(IpDist 70)(IpFre 0)(IpAsy 60)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 114)(TextValue1 "114เพิ่มตัวช่วยจับยึด Coup ") (ProbValue1 20)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 20)(IpDist 20)(IpFre 0)(IpAsy 60)(IpPeriod 60)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 115)(TextValue1 "115ใช้ hand tool ") (ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 80)(IpAsy 80)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 116)(TextValue1 "116ปรับเปลี่ยนงานงานให้ง่ายขึ้น ") (ProbValue1 30)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 117)(TextValue1 "117ใส่โต๊ะหมุน ") (ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 118)(TextValue1 "118ลดแรงเสียดทานด้วยรถเลื่อน หรือ สายพาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 119)(TextValue1 "119ใช้งานหรือออกแบบรถของให้มีประสิทธิภาพ")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 120)(TextValue1 "120ใช้ล้อเลื่อนช่วย")(ProbValue1 30)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 121)(TextValue1 "121ติดตั้งอุปกรณ์ loading")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 122)(TextValue1 "122ใช้แจกช่วย")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 123)(TextValue1 "123ใช้ถาดรองที่เบาขึ้น")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 124)(TextValue1 "124ใช้เกรนช่วยยก")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 125)(TextValue1 "125ติดตั้งที่เก็บชิ้นงานให้ต่ำกว่า")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 126)(TextValue1 "126ติดตั้งพื้นเอียง")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 127)(TextValue1 "127ใช้อุปกรณ์ป้องกันชิ้นงาน")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 128)(TextValue1 "128ใช้ชั้นวางหรือรถหลายระดับ")(ProbValue1 30)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 129)(TextValue1 "129ติดตั้ง Roller ที่ขอบโต๊ะ")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 130)(TextValue1 "130ใช้สายพานลำเลียง")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 131)(TextValue1 "131ใช้โฟลท์ลิฟต์")(ProbValue1 10)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 132)(TextValue1 "132ใช้อุปกรณ์ช่วยยก")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 133)(TextValue1 "133ใช้อุปกรณ์ Suction")(ProbValue1 10)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 134)(TextValue1 "134ใช้ two-man stretcher device")(ProbValue1 10)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 135)(TextValue1 "135มีการใช้ Hand tool")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 136)(TextValue1 "136ใช้จิ๊ก")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 137)(TextValue1 "137ใช้แจ็ก")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 138)(TextValue1 "138ใช้โฟลท์ลิฟต์")(ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 139)(TextValue1 "139ใช้เครื่อง ") (ProbValue1 20)(IpWt 80)(IpVer 80)(IpHor 80)(IpDist 80)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 80)(IpPercent 80)(IpTemp 30)(IpAbPost 80))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 140)(TextValue1 "140มีการใช้ hand tool เช่น ค้อน ปะแฉ คีม") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 141)(TextValue1 "141ปรับตำแหน่งการเก็บให้หยิบง่าย ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 142)(TextValue1 "142ใช้ระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ บางส่วน หรือ") (ProbValue1 20)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 143)(TextValue1 "143ใช้การหมุนเวียนงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 144)(TextValue1 "144คัดเลือกพนักงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 145)(TextValue1 "145เพิ่มคน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 70)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 146)(TextValue1 "146จัดให้มีเก้าอี้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 147)(TextValue1 "147ใช้พื้นรองที่เท้า ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 148)(TextValue1 "148จัดให้มีที่พักเท้า ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 149)(TextValue1 "149จัดให้มีที่พักแขน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 150)(TextValue1 "150จัดให้มีเก้าอี้ปรับความสูงได้ หมุนได้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 151)(TextValue1 "151มีที่พักแขนบนโต๊ะ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 152)(TextValue1 "152มี sit/stand chair ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 153)(TextValue1 "153รับมุมมองโต๊ะหรือตัวชิ้นงาน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 30)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 154)(TextValue1 "154ปรับประตูหรือหรืออุปกรณ์") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 155)(TextValue1 "155ปรับสภาพกลิ่นให้ใช้งาน ได้สะดวก ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 60)(IpHor 60)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 30)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 50))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 156)(TextValue1 "156มีเครื่องปรับอากาศ Temp ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 70)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 157)(TextValue1 "157มีชุดป้องกันที่สวมใส่สบาย ") (ProbValue1 50)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 50)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 158)(TextValue1 "158อุปกรณ์ป้อนข้อมูลและแสดงผลมีการจัดวาง") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 159)(TextValue1 "159ปรับแสงสว่างได้ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 30)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 160)(TextValue1 "160มีหูฟังสำหรับการป้อนข้อมูล ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 161)(TextValue1 "161จัดเตรียมจอที่ไม่สะท้อนแสง ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 162)(TextValue1 "162ปรับตำแหน่งของจอแสดงผลได้ Hor ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 40)(IpHor 40)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 163)(TextValue1 "163มีจอจับมีรูปร่างต่างๆ กัน ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 164)(TextValue1 "164ปุ่มจับมีขนาดใหญ่ ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 165)(TextValue1 "165ปรับปุ่มหรือคันบังคับให้ใช้งานได้ง่าย ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 166)(TextValue1 "166จัดให้มีการเลือกใช้มือหรือเท้าในการควบคุม") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 70)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 167)(TextValue1 "167กำหนดให้มียาระบบการแจ้งซ่อมอุปกรณ์") (ProbValue1 0)(IpWt 0)(IpVer 0)(IpHor 0)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 0)(IpTemp 0)(IpAbPost 0))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 168)(TextValue1 "168จัดทำขั้นตอนการซ่อมบำรุงให้ง่าย ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 0)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

(MAIN::Dtree1 (IDvalue1 169)(TextValue1 "169มีตารางการซ่อมบำรุง ") (ProbValue1 30)(IpWt 0)(IpVer 50)(IpHor 50)(IpDist 0)(IpFre 0)(IpAsy 0)(IpPeriod 50)(IpPercent 30)(IpTemp 30)(IpAbPost 30))

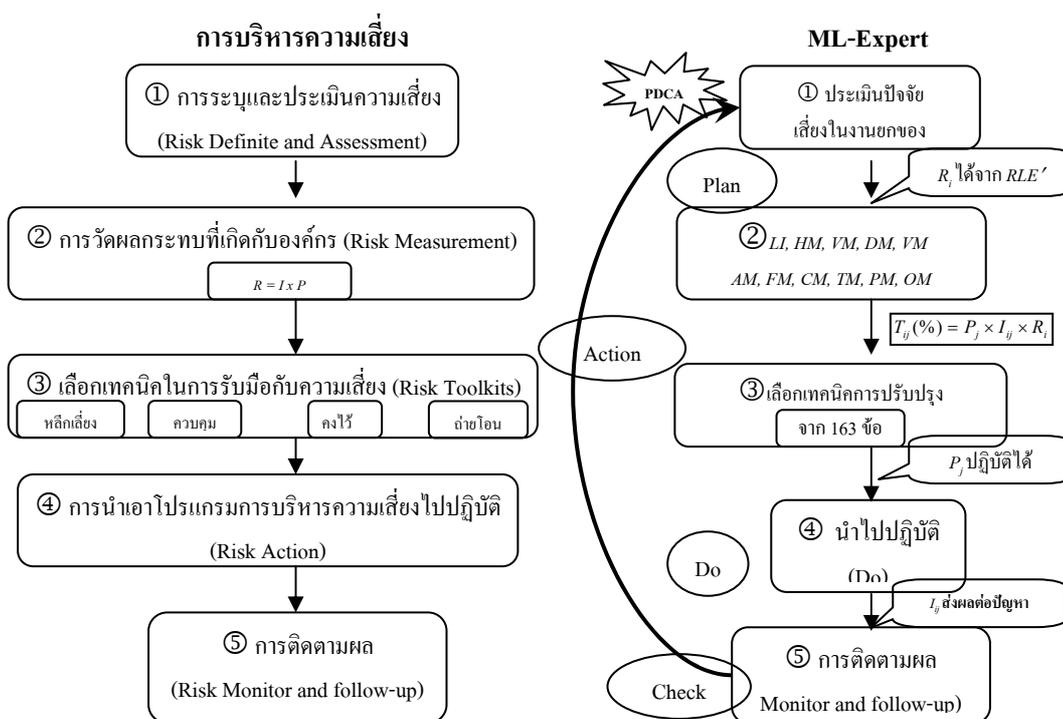
ภาคผนวก ฅ

การปรับปรุงในงานวิจัยเปรียบเทียบกับการบริหารความเสี่ยง

การปรับปรุงในงานวิจัยเปรียบเทียบกับการบริหารความเสี่ยง

เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการปรับปรุงงานโดยใช้ค่าคาดหวังการปรับปรุงในงานวิจัยนี้ กับกระบวนการบริหารความเสี่ยง จะพบว่าคำแนะนำของ ML-Expert นี้ มีลักษณะครอบคลุมถึงการประเมินทางเลือกในการปรับปรุงตามวงจรเต็มมิ่ง (PDCA) คือประเมินความเป็นไปได้ของการปฏิบัติตามแผนก่อนลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ได้ทางเลือกที่ดีก่อนปฏิบัติจริง ซึ่งกระบวนการบริหารความเสี่ยงทั่วไปยังไม่ได้กล่าวถึง ดังแสดงในภาพที่ 91 นอกจากนี้ค่าคาดหวังการปรับปรุงยังคล้ายกับการประเมินความเสี่ยงของ กิตติ (2544) ที่ อ้างถึง Fine (1977) โดยกำหนดเป็นสมการคือ

$$\text{ความคุ้มค่า} = \text{คะแนนความเสี่ยง} / (\text{คะแนนค่าใช้จ่าย} * \text{อัตราการแก้ไข})$$



ภาพผนวกที่ ๑๑ แบบจำลองการปรับปรุงในงานวิจัยเปรียบเทียบกับการบริหารความเสี่ยง

ภาคผนวก ค
อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร

อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร

หากพิจารณาวิเคราะห์ในลักษณะผลประโยชน์ต่อการลงทุน โดยมองความเป็นไปได้หรือความยากง่ายเป็นต้นทุน อาจเทียบเคียงกับสูตรความคุ้มกันของ กิตติ (2544) ได้ดังนี้

$$\text{ความคุ้มกัน} = \text{คะแนนความเสี่ยง} / (\text{คะแนนค่าใช้จ่าย} * \text{อัตราการแก้ไข})$$

และจากสมการเดิม

$$\text{ค่าคาดหวังการปรับปรุง } T_{ij} (\%) = P_j \times I_{ij} \times R_i \quad (\text{สมการที่ 35})$$

ถ้าให้ $1-P_j$ เป็นความต้องการทรัพยากร (Resource Demand: D) และ $D = 0.1$ ถ้า $P_j \geq 0.9$ จะได้

อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร (Benefit to Resource Demand: B/D)

โดย

$$B/D = \frac{I_{ij} \times R_i}{(1 - P_j)}$$

ได้ผลดังตารางผนวกที่ ๑1 ซึ่งจะเห็นว่า การจัดลำดับโดยใช้เงื่อนไขใหม่นี้ จะสอดคล้องกับวิธีเดิม คือเลือกแนวทางที่อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากรมีค่ามากกว่าไปปรับปรุง แต่ก็ยังไม่สามารถนำค่าการปรับปรุงที่ได้ทุกแนวทางมารวมกันได้ เนื่องจากการปรับปรุงของแต่ละแนวทางมีความไม่เป็นอิสระและคาบเกี่ยวต่อกัน (Intersection) ตามที่กล่าวข้างต้น (ต้องทำตามแนวทางนี้จนสำเร็จแล้วจึงประเมินใหม่ จึงจะได้ค่าจริง)

อย่างไรก็ดี การพิจารณาผลลัพธ์รวมหลังการปรับปรุง ทำได้โดยการแทนค่าที่คาดไว้ แล้วโปรแกรมจะคำนวณค่าปัจจัยหรือดัชนีต่างๆ เพื่อใช้ประเมินการตัดสินใจได้ ดังตัวอย่างที่แสดงในหัวข้อวิจารณ์ผล

ตารางผนวกที่ ๑1 เมื่อวิเคราะห์ในลักษณะอัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร

แนวทางปรับปรุง	ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง (%)	ผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง (%)	อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร
สำหรับปัจจัยเสี่ยง H (1- HM = 0.29)			
สามารถลดความเสี่ยงได้ด้วยการปรับตำแหน่ง	70.00	70.00	0.68
กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	70.00	70.00	0.68
ใช้หลักของการยศาสตร์	70.00	70.00	0.68
หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	70.00	70.00	0.68
มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอขึ้น	70.00	70.00	0.68
พิมพ์แนวทางการเคลื่อนย้ายข้างบรรจุภัณฑ์	70.00	60.00	0.58
การสื่อสารให้ทราบถึงจุดที่ต้องแก้ไข	70.00	60.00	0.58
ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	70.00	60.00	0.58
ใช้วิดีโอประกอบ	70.00	60.00	0.58
ลดการยึดตัวตลอดวัน	60.00	60.00	0.44
ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	60.00	60.00	0.44
ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	60.00	60.00	0.44
กระจายข้อความและแผ่นป้าย	60.00	60.00	0.44
ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	60.00	60.00	0.44
มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	60.00	60.00	0.44

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวทางปรับปรุง	ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง (%)	ผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยง (%)	อัตราส่วนประโยชน์ต่อความต้องการทรัพยากร
สำหรับปัจจัยเสี่ยง OWAS (1- OWM = 0.25)			
มีการจัดทำ วิดีโอ สไลด์ และการนำเสนอขึ้น	70.00	70.00	0.68
กระตุ้นการปฏิบัติตามขั้นตอน	70.00	70.00	0.68
สวมใส่เสื้อผ้าที่พอดี	70.00	70.00	0.68
มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ดี	70.00	70.00	0.68
ใช้หลักของการยศาสตร์	70.00	70.00	0.68
หลีกเลี่ยงท่าทางที่ควรงดเว้น	70.00	70.00	0.68
ฝึกอบรมในสภาพทำงานจริง	70.00	60.00	0.58
ใช้วิดีโอประกอบ	70.00	60.00	0.58
มีงานเบา/ช่วงเวลาพักสำหรับพนักงานใหม่	80.00	50.00	0.73
ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการโต้ตอบประกอบ	60.00	60.00	0.44
ฝึกพนักงานให้รู้จักวิธีการฝึกอบรม	60.00	60.00	0.44
กระจายข้อความและแผ่นป้าย	60.00	60.00	0.44
ใช้เวลา 5 นาทีต่อวันในการฝึกอบรม	60.00	60.00	0.44
มีการ warm up กล้ามเนื้อหลัง	60.00	60.00	0.44
มีกิจกรรมการยืดเส้นและกระตุ้นกล้ามเนื้อ	60.00	60.00	0.44

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายประจวบ กล่อมจิตร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 13 ตุลาคม 2510
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	2533 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2537 วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท- เอก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2548