

REFERENCES

- ชัยยศ คุณานุสนธิ และคณะ. การเปรียบเทียบ Reaction time ของคนงานกะเช้า & กะดึก.
เวชศาสตร์อุตสาหกรรม 1(2532) 29-36.
- ชาติชาย อัครศักดิ์. ผลกระทบของงานและกะการทำงานต่อระดับความล้า : กรณีศึกษาโรงงาน
เครื่องสูบก๊าซ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2536.
- Åstrand, P.O. and Ronald, K. Text book of work physiology . 3rd ed.
New York: McGraw-Hill, 1986.
- Baidya, K.N. and Stevenson, M.G. Effect of rest breaks on local muscle
fatigue during repetitive work. In A.S. Adams, R.R. Hall, B.J.
McPhee and M.S. Oxenburgh (eds.), Proceedings of the Tenth
Congress of the International Ergonomics Association 2 (1988)
421-423.
- Bailey, R.W. Human Performance Engineering. New Jersey: Prentice-Hall,
1989.
- Blåder, S., et al. Neck and shoulder complaints among sewing-machine
operators. Applied Ergonomics. 22 (August 1991) : 251-257.
- Chignell, M.H., and Hancock, P.A. Comparison of mental workload and
available capacity in complex person-machine systems. In W.
Karwowski and A. Mital (eds.), Application of Fuzzy Set Theory
in Human Factors, pp. 271-288. New York : Elsevier Science
Publishers B.V., 1986.
- Drury, C.G. Ergonomics in quality control. Proceedings of 1984
International Conference on Occupational Ergonomics. 2(May 1984)
47-55.
- Dul, J., Douwes, M. and Smitt, P. A work-rest-model for static postures. In Y.
Quéinnec and F. Daniellou (eds.), Proceedings of the 11th Congress
of the International Ergonomics Association 1 (1991) 93-95.
- Grandjean, E., et al. Fatigue and stress in air traffic controllers. Ergonomics.
14 (1971):159-165.
- Haider, M. Experimentelle untersuchungen uber daueraufmerksamkeit und
cerebrale vigilanz bei einformigen tatigkeitem. Zeitschrift fur
experimentelle und angewandte Psychologie. (1963) : 10, quoted
in Grandjean, E. Fatigue in Industry. Britain Journal of Industrial
Medicine 36 (August 1979) : 175-186.
- International Labour Organization. Introduction to Work Study. 3rd
(revised) ed. Geneva: International Labour Organization, 1981, pp.
425-434.

- Janaro, R.E., and Bechtold, S.E. A study of the reduction of fatigue impact on productivity through optimal rest break scheduling. Human Factors 27 (April 1985) : 459-466.
- Kalsbeek, J.W.K. Do you believe in sinus arrhythmia ? Ergonomics 16 (1973) : 99-104.
- Kitti Intaranont and Vanwonterghem, K. Study of the exposure limits in constraining climatic conditions or strenuous tasks : An Ergonomic Approach, Final Report to the European Communities. 1993.
- Konz, S. Work Design:Industrial Ergonomics. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1983.
- Mahathevan, R. Overview of shiftwork in developing countries. In K. Kogi, T. Miura and H. Saito (eds) , Shift Work : Its Practice and Improvement,pp.139-145. Japan : Center for Academic Publications, 1982.
- Marek, T., and Noworol, C. Z. The possibility function of fuzzy critical flicker frequency - changes under mental load and fatigue. In W. Karwowski and A. Mital (eds.), Application of Fuzzy Set Theory in Human Factors,pp.289-299. New York : Elsevier Science Publishers B.B., 1986.
- McCormick, E.J. and Tiffin, J. Industrial Psychology. 6th ed. New Jersey: 1974.
- McFarling, L.H. and Heimstra, N.W. Pacing, product complexity, and task perception in simulated inspection. Human Factors 17 (April 1975) : 361-367.
- Mital, A., and Karwowski, W. Development of acceptable work limits for cognitive tasks. In W. Karwowski and A. Mital (eds.), Application of Fuzzy Set Theory in Human Factors, pp. 301-314. New York: Elsevier Science Publishers B.V., 1986.
- Pulat, M.B. Fundamentals of Industrial Ergonomics. New Jersey : Printice-Hall, 1992.
- Sanders, M.S., and McCormick, E.J. Human Factors in Engineering and Design. Singapore : Mcgraw-Hill Book Co., 1987.
- Schüldt, K., et al. Effects of changes in sitting work posture on static neck and shoulder muscle activity. Ergonomics 29 (December 1986) : 1525-1537.
- Srirak Srithongchai. Evaluation of mental fatigue in pipe cutting and pipe machining work by fuzzy set. Master's Thesis, Chulalongkorn University, 1992.
- Wang, M.J., Sharit, J., and Drury, C.G. An application of fuzzy set theory for evaluation of human performance on inspection task. In W. Karwowski and A. Mital (eds.), Application of Fuzzy Set Theory in Human Factors, pp.257-268. New York : Elsevier Science Publishers B.V., 1986.

- _____, M.J., and Drury C.G. A method of evaluating inspector's performance differences and job requirement. Applied Ergonomics 20 (March 1989) : 181-190.
- Weber, A., Jermini, C. and Grandjean, E.P. Relationship between objective and subjective assessment of experimentally induced fatigue. Ergonomics 18 (1975) 151-164.
- Yager, R.R., and Basson, D. Decision-making with fuzzy sets. Decision Sciences 6 (1975) : 590-600.
- Zadeh, L.A. Fuzzy sets. Information and Control 8 (1965): 338-353.

Appendices

Appendix A

Figures of working posture and equipment used in the experiment

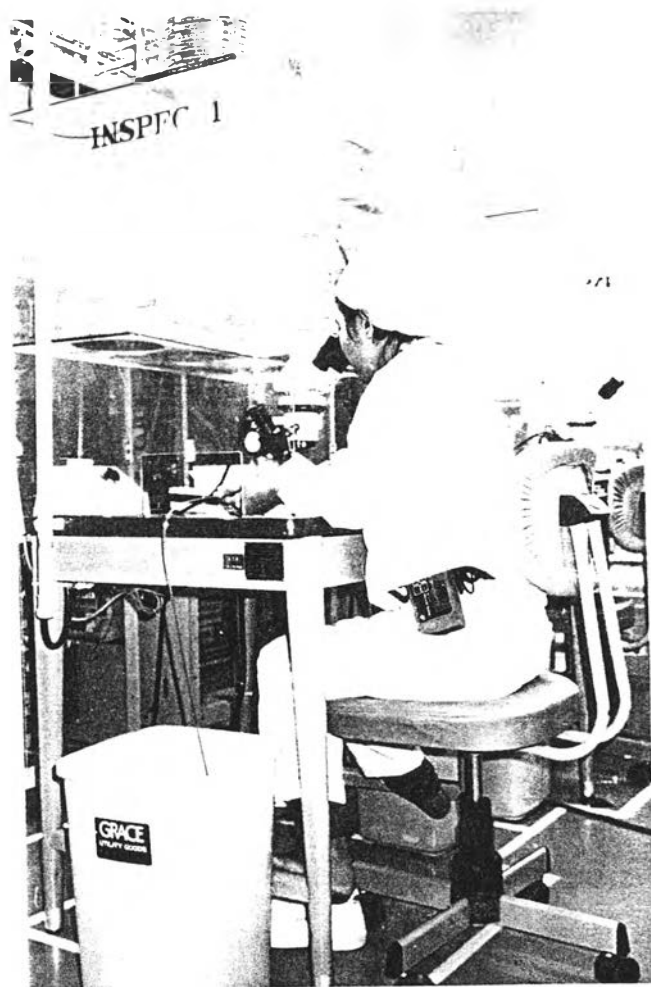


Figure A.1 Working posture of inspection

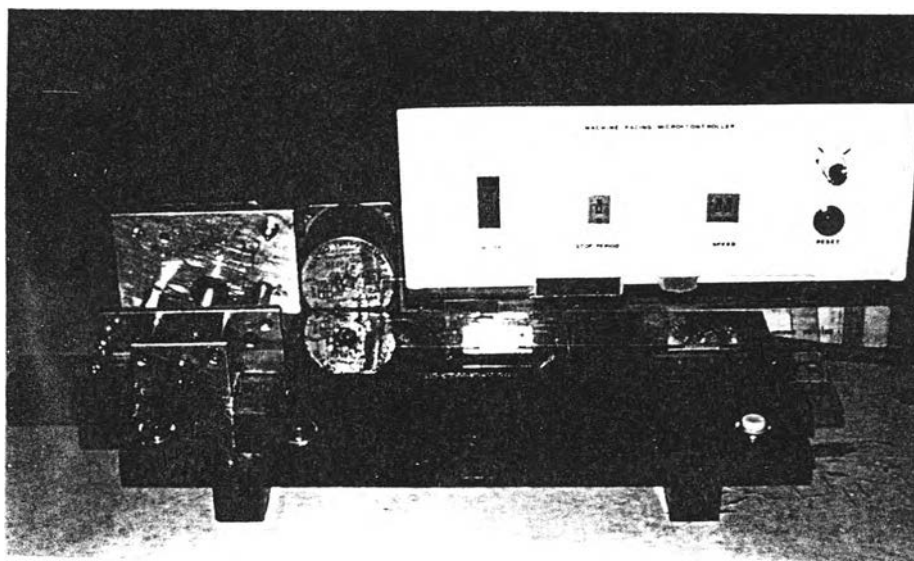


Figure A.2 Machine designed for use in paced work

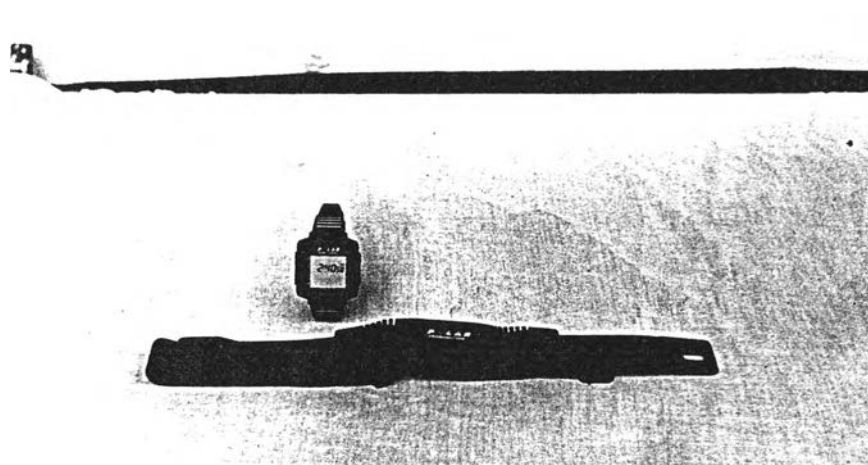


Figure A.3 Sport Tester



Figure A.4 Electromyographic Recorder (ME-3000)

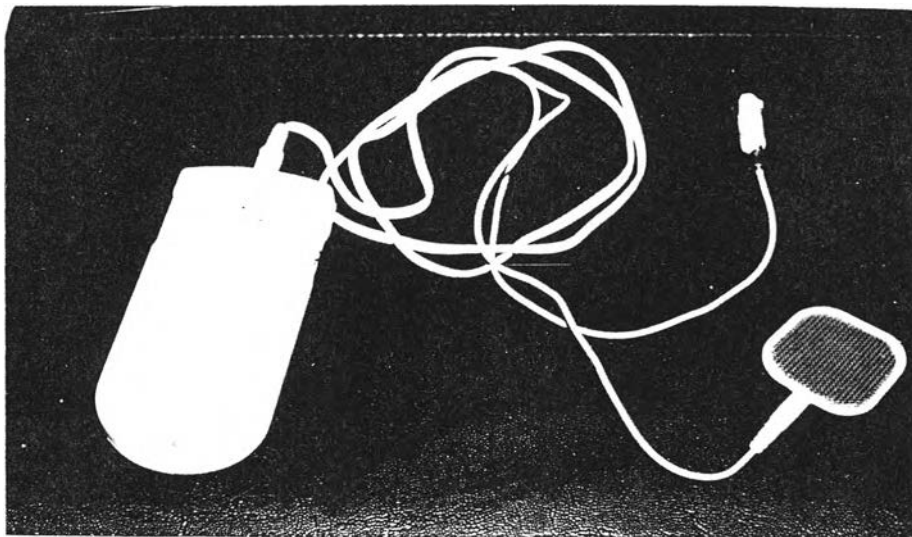


Figure A.5 Electronic Pulse Massager



Figure A.6 Critical Flicker Fusion Frequency Apparatus

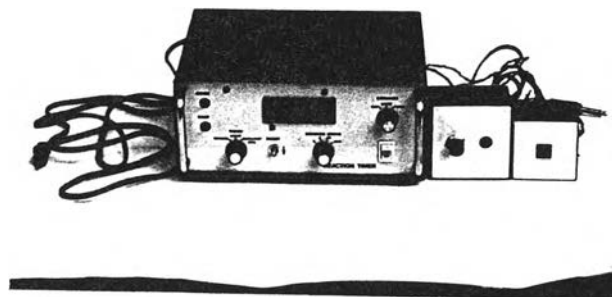


Figure A.7 Reaction Time Apparatus



Figure A.8 Stop Watch

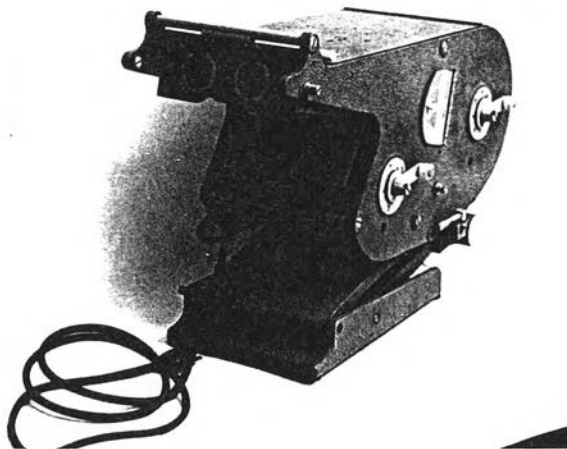


Figure A.9 Ortho-rater

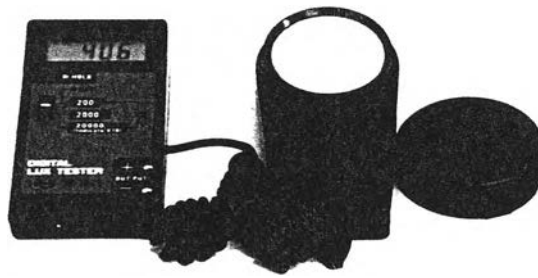


Figure A.10 Lux-meter

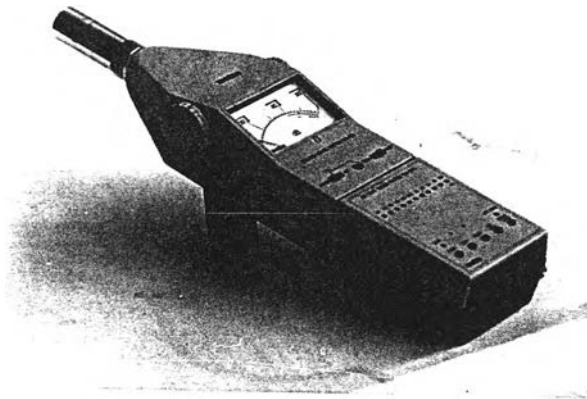


Figure A.11 Sound Level Meter

Appendix B.1

CERGO questionnaire on health

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ประเภทของงาน แขนงงาน ชื่อหัวหน้างานโดยตรง หน้าทำงาน
(ระบุ).....

อายุ ปี ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา ปี/เดือน

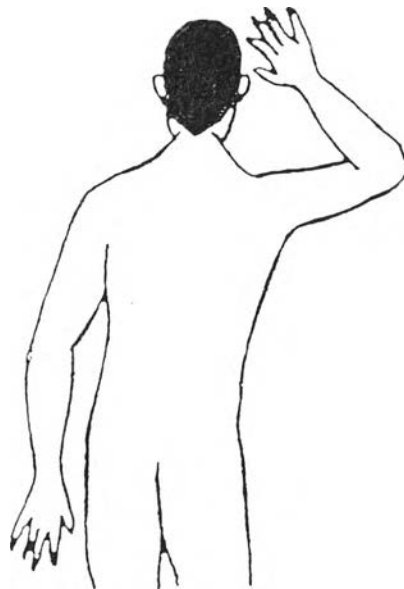
เพศ ชาย/หญิง ได้มาทำงานในหน้าทำงานนี้เป็นเวลา ปี/เดือน

1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือ ส่วนมือ บ้างไหม
เคย ไม่เคย

ถ้าท่านตอบว่า ไม่เคย ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ทันทีโดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

ถ้าท่านตอบว่า เคย ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือ เจ็บปวด บนรูปภาพต่อไปนี้



2. ความเจ็บปวดตามที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมาในช่วงเวลา

เช้า

กลางวัน

เย็น

Appendix B.1 (cont.)

3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับ ท่านรู้สึกว่าเป็น **พอทนได้**
เจ็บปวดมาก
4. ขณะที่กำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว **หายไปหมดแล้ว**
ยังคงมีอยู่
5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด **เมื่อเร็ว ๆ นี้เอง**
เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว
เมื่อประมาณ 1 ปีมาแล้ว
มากกว่า 1 ปี มาแล้ว
6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร **ไม่ทำอะไรเลย**
การนวดด้วยยาและครีม
ไปพบแพทย์เพื่อรักษา
7. การรักษาของท่าน **หายขาด**
ไม่ดีขึ้นเลย
เป็น ๆ หาย ๆ
8. ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย **นั่ง ทำงาน**
ยืน ทำงาน
ทั้งนั่งและยืน ทำงาน
9. ท่านเล่นกีฬา หรือ ออกกำลังกายประเภทใด บ้างหรือไม่ **เล่น**
ไม่เล่น
ถ้าท่านเล่น โปรดระบุประเภท
10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศ **ใช่**
ไม่ใช่



Appendix B.2

CERGO questionnaire on job

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ชื่อ-สกุล อายุ ปี เพศ ชาย/หญิง

ความสูง ซม. น้ำหนักตัว กก.

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา ปี/เดือน

ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้เป็นเวลา ปี/เดือน

ระดับการศึกษา ประถมศึกษาปีที่ มัธยมปีที่ ปวช ปวส ปริญญาตรี

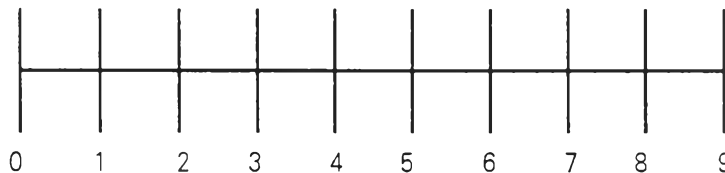
มีครอบครัวหรือยัง มีแล้ว ยังไม่มี

ถ้ามีครอบครัวแล้ว มีบุตร คน ยังไม่มีบุตร

ลักษณะครอบครัว แยกกันอยู่ หย่าขาดจากกัน ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ

คู่สมรส ทำงานที่เดียวกัน แยกที่ทำงานกัน ทำงานที่บ้าน

1. ความล้าโดยทั่วไป (GENERAL FATIGUE)



สบายมาก

สุดแสนจะทนนทน

แบ่งการทำงานออกเป็นกิจกรรมย่อยๆ ในรอบการทำงานหนึ่งๆ (ถ้าทำได้)

แล้วระบุระดับความล้าของแต่ละกิจกรรม กล่าวคือ

กิจกรรมที่ 1									
กิจกรรมที่ 2									
กิจกรรมที่ 3									
กิจกรรมที่ 4									

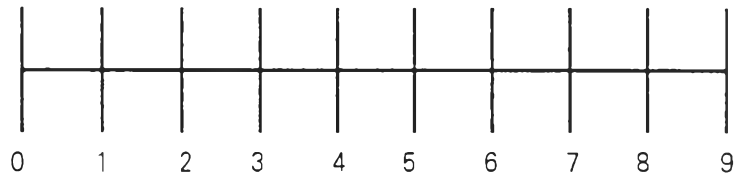
ระดับ

สบายมาก

สุดแสนจะทนนทน

Appendix B.2 (cont.)

2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ



ไม่เสี่ยงเลย

มีความเสี่ยงสูงมาก

แบ่งการทำงานออกเป็นกิจกรรมย่อยๆ ในรอบการทำงานหนึ่งๆ (ถ้าทำได้)

แล้วระบุระดับความเสี่ยงของแต่ละกิจกรรม กล่าวคือ

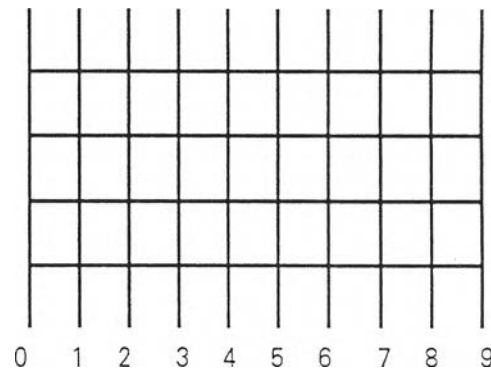
กิจกรรมที่ 1

กิจกรรมที่ 2

กิจกรรมที่ 3

กิจกรรมที่ 4

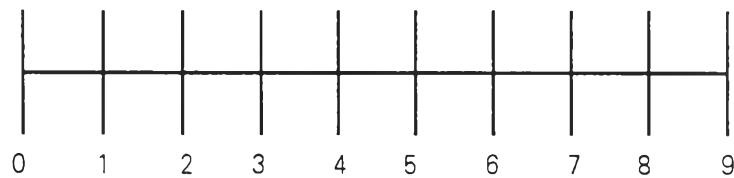
ระดับ



ไม่เสี่ยงเลย

มีความเสี่ยงสูงมาก

3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



ไม่น่าสนใจเลย

น่าสนใจมากที่สุด

แบ่งการทำงานออกเป็นกิจกรรมย่อยๆ ในรอบการทำงานหนึ่งๆ (ถ้าทำได้)

แล้วระบุระดับความน่าสนใจของแต่ละกิจกรรม กล่าวคือ

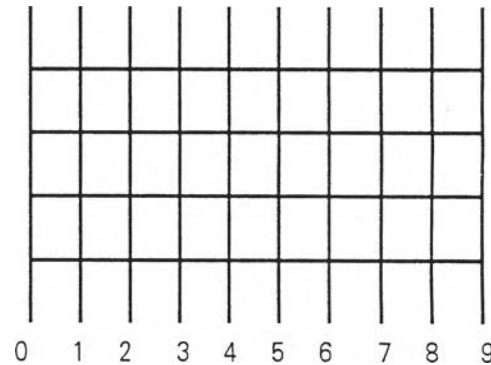
กิจกรรมที่ 1

กิจกรรมที่ 2

กิจกรรมที่ 3

กิจกรรมที่ 4

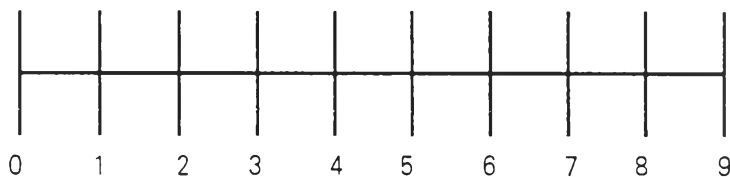
ระดับ



ไม่น่าสนใจเลย

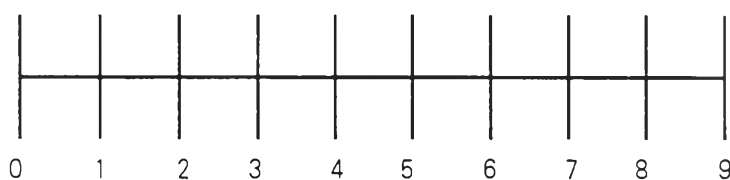
น่าสนใจมากที่สุด

Appendix B.2 (cont.)

4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน

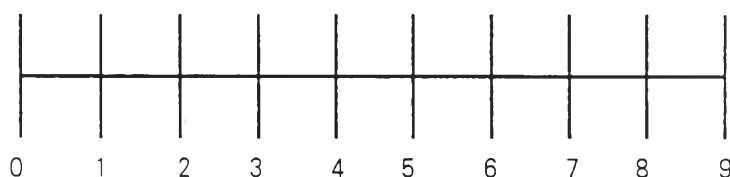
ไม่ซับซ้อนเลย

ซับซ้อนจนน่าเวียนหัว

5. ความยากง่ายของการทำงาน

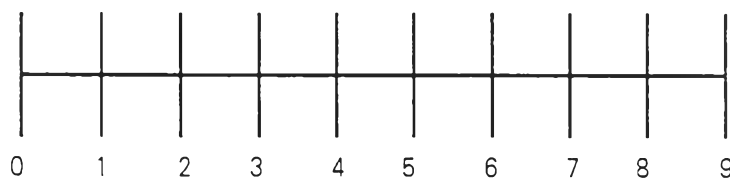
ง่ายมากที่สุด

ยากมากที่สุด

6. จังหวะของการทำงาน

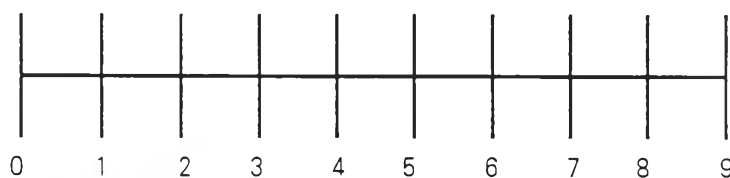
ไม่มีปัญหา

มีปัญหามาก

7. ความรับผิดชอบในการทำงาน

ไม่ต้องรับผิดชอบ

ต้องรับผิดชอบสูง

8. ความเป็นอิสระในการทำงาน

ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น

จะทำงานอย่างไรก็ได้

Appendix B.2 (cont.)

การคำนวณ

$$\frac{\text{SUM}[1, 2, 4, 5, 6, 7] - \text{SUM}[3, 8]}{8} = \text{AI} \text{ (ดัชนีความไม่ปกติ)}$$

AI ≤ 0	ไม่มีปัญหาอะไรเลย
0 < AI ≤ 2	มีปัญหาเล็กน้อย พอกทน
2 < AI ≤ 3	ต้องระมัดระวัง เอาใจใส่
3 < AI ≤ 4	เริ่มเป็นปัญหามากจนจะทนไม่ไหว
AI > 4	ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

กิตติ อินทรานนท์

2 มกราคม 2536

Appendix B.3

Questionnaire on personal data

Questionnaire 1

Factory _____
Date _____
Time _____

Name _____ Age _____

Sex Male Female

Education (highest grade completed) _____

Status Single Married Divorced

No. of children _____

Meal Time _____

Meals per day _____ Type of food _____

Smoking A lot A little Never

Smoking habit per day _____

Drinking A lot A little Never

Brand name _____

Taking stimulant habit _____

Pain-relieving drugs A lot A little Never

Brand name _____

Taking stimulant habit _____

Physiotherapy A lot A little Never

Sleeping hours in the last night _____

Have you ever been attacked by the following disease ?

- Heart attack
- Blood pressure
- Diabetes
- Visual system
- Audible system
- others, describe _____

Appendix B.3 (cont.)

Working experience in other factories Yes No
 If yes; experienced _____ years; type of task _____
 reason for leaving _____

Experience of other works in this factories Yes No
 If yes; experienced _____ years; type of task _____
 reason for changing _____

Experience of current work in this factories
 Experienced _____ years; type of task _____

Overtime working Yes No
 Reason for working _____

Net income enough not enough
 Average incom _____ bahts/month

How long does it take to commute from your house to the factory ?
 _____ hours
 Kind of vehicle _____

How often are you absent per month ? _____ days
 Cause _____

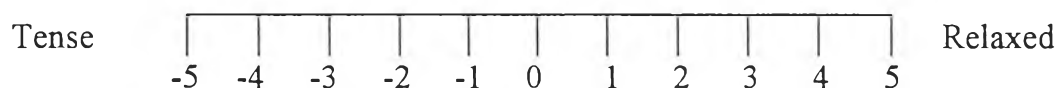
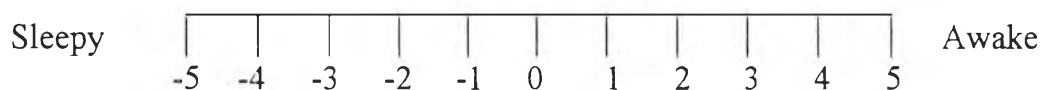
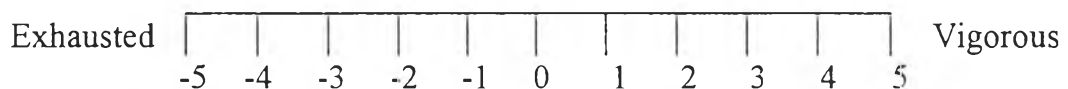
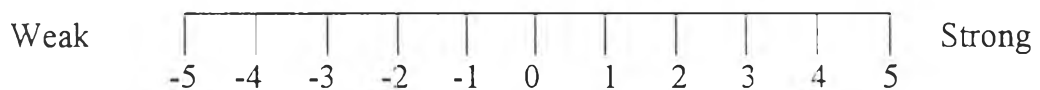
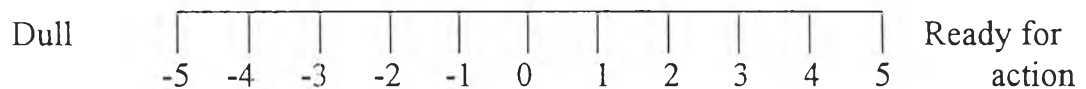
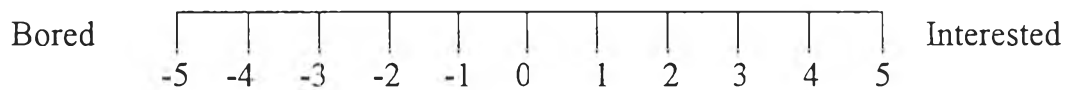
How often do you have accidents during working ? _____
 Kind of accident _____
 Cause _____

Appendix B.4

Subjective scaling questionnaire on fatigue

Questionnaire 2

Using the scale below and indicate the degree of fatigue in performing work.



Note : X = Before work 0 = After work

Appendix C

Rest allowances

Rest allowances or relaxation allowances is an addition to the basic time intended to provide the worker with the opportunity to recover from the physiological and psychological effects of carrying out specified work under specified conditions and to allow attention to personal needs. The amount of allowance will depend on the nature of the job (International Labour Organisation, 1981). There are two major components of rest allowances i.e. fixed allowances and variable allowances.

Fixed allowances generally include personal allowances and basic fatigue allowances. Personal allowances provide for such interruptions of the work cycle as blowing your nose, coughing, itching, going to the lavatory and getting a drink. The other one, basic fatigue allowances, provides for taking account of the energy expended while carrying out work and alleviating monotony.

Variable allowances are added to fixed allowances when working in such conditions as poor environment that cannot be improved, and added stress and strain in performing the job.

The ILO assume a personal allowance of 5% for men and 7% for women and a basic fatigue allowance of 4% for everyone.

Based on information supplied by Peter Steele and Partners, variable allowances of inspection task in the studied factory can be calculated as follows.

Table C.1 Calculation of relaxation allowances

Type of strain	Stress	Points
A. Physical strains		
1. Average force	-	-
2. Posture	L	2
3. Vibration	L	-
4. Short cycle	H	10
5. Restrictive Clothing	-	-
B. Mental strains		
1. Concentration/anxiety	M	7
2. Monotony	H	11
3. Eye strain	H	10
4. Noise	L	2

Table C.1(cont.) Calculation of relaxation allowances

Type of strain	Stress	Points
C. Working conditions		
1. Temperature/humidity	M/L	6
2. Ventilation	-	-
3. Fumes	-	-
4. Dust	-	-
5. Dirt	-	-
6. Wet	-	-
Total points		48
Relaxation allowances, including tea breaks (%)		23

In present situation of the studied task, working time is seven and a half hours. Management has set up the target for each inspector as 18 reels per shift. Thus, the standard time of inspection per reel is 21.11 min. The contingency allowances has also set as 5%.

According to the basic model for calculation of allowances illustrated by ILO(1981), the calculated basic time and rest allowances are 17.02 and 3.24 min, respectively. Therefore total rest allowances are 87.48 min per shift. By taking a 30 min tea break and 7% personal allowances for woman, the workers in inspection section would still have 36.03 min at their disposal. On the other hands, Konz (1983) reported his personal preference to keep meal and tea breaks out of allowances and calculated allowances as percentage of actual working time. One method that he mentioned is the ILO recommendation (ILO,1971) which is shown as follows.

Table C.2 Personal allowances (%) and Fatigue allowances (%) of physiological, psychological and environmental factors.

Type of strain	Allowances (%)
Personal allowances for female	7
<u>Physiological</u>	
Weight, Force or Pressure	1
Posture	0
<u>Psychological</u>	
Visual strain	2
Mental strain	4
Mental monotony	1
Physical monotony	2
<u>Environmental</u>	
Air conditions: Well ventilated fresh air	0
Noise: Intermittent loud	0
Light	0
TOTAL ALLOWANCES	17

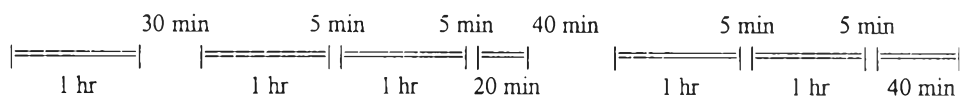
From the above table, the rest allowances are 17 percent of 380 min which is 64.6 min. Subtracting personal allowances, fatigue allowances are 38 min. Both ILO's and Konz's give nearly the same value.

Comparing the calculated fatigue allowances with the one set by management (20min/shift), the workers in inspection section need more allowances. In practice, the standard time used in this calculation might not comply with the present situation since the average production output is about 30 reels/shift. Therefore, the standard time should be adjusted to suit the situation, i.e that it should be lower. Setting the practical standard time, however, needs a systematical measurement of time and motion study which is beyond the scope of this study. It is highly recommended to set up as a separate research.

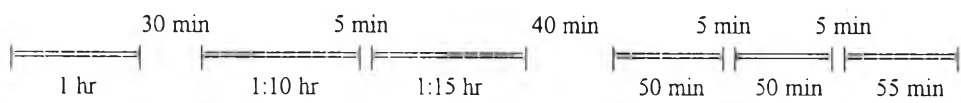
Appendix D

Working and rest time of shift

The existing rest allowances in each shift (R1) are as follows:



The rearranged rest allowances (R2) in each shift are shown below:



Appendix E.1

Calculation of AI

Operator No.	AI
1	-0.50
2	-0.12
3	0.00
4	-0.75
5	1.62
6	0.50
7	-0.12
8	1.12
9	1.75
10	0.62
11	-0.12
12	-0.12

Appendix E.2

The results of training on measuring apparatus

CFF on training

Subject	UP- MEASUREMENT						DOWN- MEASUREMENT					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	39.216	36.364	37.037	38.462	39.216	36.364	39.216	39.216	40.000	39.216	38.462	39.216
	37.736	39.216	39.216	37.736	39.216	36.364	40.816	42.553	37.736	38.462	38.462	37.736
	36.364	39.216	37.736	37.736	37.736	37.037	37.736	39.216	37.037	40.000	40.000	39.216
	35.714	39.216	37.736	37.037	38.462	37.736	39.216	40.816	40.000	40.816	40.000	38.462
	37.037	37.736	37.736	36.364	37.736	36.364	40.000	39.216	37.736	37.736	40.000	40.000
MEAN	37.213	38.349	37.892	37.467	38.473	36.773	39.397	40.203	38.502	39.246	39.385	38.926
STD	1.207	1.146	0.715	0.712	0.662	0.548	1.020	1.328	1.250	1.089	0.754	0.769
2	38.462	37.037	39.216	38.462	37.736	36.364	41.667	39.216	38.462	37.037	38.462	36.364
	35.714	36.364	37.736	39.216	37.037	36.364	40.000	40.000	37.736	38.462	39.216	36.364
	36.364	38.462	36.364	40.000	37.736	35.714	41.667	40.816	37.736	37.037	37.736	37.736
	36.364	37.037	37.037	39.216	37.037	35.714	41.667	40.816	40.000	37.736	37.736	37.037
	35.088	35.714	37.736	38.462	36.364	35.088	38.462	42.553	38.462	38.462	37.736	37.037
MEAN	36.398	36.923	37.618	39.071	37.182	35.849	40.692	40.680	38.479	37.747	38.177	36.907
STD	1.135	0.913	0.948	0.574	0.515	0.479	1.289	1.109	0.829	0.637	0.591	0.512
	38.462	37.736	35.088	38.462	37.736	36.364	39.216	40.000	39.216	40.000	40.000	39.216
	37.736	37.037	35.088	37.736	37.736	36.364	40.000	40.816	38.462	39.216	40.000	38.462
	37.736	38.462	36.364	37.037	38.462	35.714	38.462	39.216	38.462	40.816	39.216	37.736
	35.714	37.037	36.364	37.736	37.037	35.088	38.462	40.000	39.216	40.000	40.816	38.462
	36.364	36.364	36.364	37.037	38.462	35.714	38.462	40.816	40.000	40.000	40.000	38.462
MEAN	37.202	37.327	35.853	37.601	37.886	35.849	38.920	40.170	39.071	40.006	40.006	38.467
STD	1.007	0.714	0.625	0.532	0.534	0.479	0.614	0.601	0.574	0.506	0.506	0.468

Appendix E.2 (cont.)

Reaction time on training

Subject	LIGHT STIMULUS						SOUND STIMULUS					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	0.261	0.352	0.262	0.248	0.200	0.231	0.273	0.266	0.218	0.227	0.184	0.145
	0.225	0.258	0.326	0.265	0.206	0.245	0.183	0.228	0.199	0.196	0.141	0.148
	0.265	0.220	0.207	0.232	0.182	0.214	0.171	0.201	0.163	0.185	0.163	0.168
	0.292	0.216	0.211	0.214	0.183	0.194	0.187	0.191	0.191	0.151	0.175	0.146
	0.179	0.237	0.200	0.235	0.238	0.157	0.166	0.184	0.176	0.162	0.161	0.182
	0.310	0.273	0.191	0.202	0.219	0.196	0.163	0.192	0.169	0.193	0.156	0.160
	0.221	0.232	0.207	0.190	0.251	0.190	0.203	0.169	0.155	0.189	0.208	0.192
	0.254	0.269	0.214	0.202	0.187	0.246	0.176	0.254	0.146	0.162	0.169	0.176
	0.257	0.238	0.213	0.196	0.244	0.206	0.173	0.171	0.167	0.209	0.163	0.179
	0.229	0.288	0.209	0.246	0.240	0.197	0.189	0.235	0.200	0.170	0.156	0.159
	MEAN	0.249	0.258	0.224	0.223	0.215	0.208	0.188	0.209	0.178	0.184	0.168
STD	0.036	0.038	0.038	0.024	0.026	0.026	0.030	0.033	0.022	0.022	0.017	0.016
2	0.354	0.210	0.208	0.214	0.241	0.251	0.226	0.204	0.162	0.195	0.181	0.155
	0.267	0.239	0.216	0.253	0.246	0.218	0.143	0.152	0.189	0.166	0.191	0.165
	0.245	0.207	0.207	0.290	0.237	0.249	0.206	0.197	0.178	0.153	0.170	0.175
	0.228	0.253	0.248	0.194	0.245	0.245	0.157	0.168	0.175	0.151	0.166	0.169
	0.205	0.224	0.212	0.228	0.244	0.259	0.200	0.167	0.145	0.152	0.185	0.172
	0.254	0.259	0.174	0.243	0.231	0.271	0.189	0.176	0.170	0.149	0.192	0.168
	0.217	0.312	0.164	0.297	0.174	0.285	0.224	0.155	0.153	0.167	0.160	0.176
	0.191	0.220	0.148	0.223	0.183	0.221	0.196	0.180	0.189	0.187	0.176	0.175
	0.231	0.244	0.253	0.184	0.193	0.218	0.176	0.163	0.178	0.160	0.166	0.165
	0.207	0.290	0.191	0.243	0.185	0.295	0.160	0.182	0.145	0.146	0.179	0.169
	MEAN	0.240	0.246	0.202	0.237	0.218	0.251	0.188	0.174	0.168	0.163	0.177
STD	0.044	0.032	0.032	0.035	0.029	0.026	0.027	0.016	0.016	0.016	0.010	0.006
3	0.222	0.238	0.216	0.212	0.236	0.220	0.166	0.168	0.223	0.179	0.151	0.159
	0.204	0.252	0.213	0.197	0.250	0.213	0.148	0.228	0.226	0.214	0.152	0.149
	0.182	0.150	0.266	0.197	0.193	0.207	0.133	0.214	0.200	0.223	0.168	0.198
	0.206	0.213	0.159	0.235	0.233	0.210	0.151	0.216	0.179	0.168	0.187	0.178
	0.218	0.166	0.165	0.270	0.212	0.221	0.139	0.223	0.167	0.215	0.150	0.177
	0.294	0.250	0.170	0.209	0.171	0.203	0.137	0.221	0.213	0.228	0.155	0.160
	0.165	0.199	0.161	0.158	0.245	0.221	0.142	0.256	0.186	0.175	0.182	0.146
	0.215	0.266	0.243	0.232	0.220	0.193	0.154	0.200	0.189	0.230	0.175	0.170
	0.246	0.246	0.227	0.253	0.189	0.210	0.197	0.189	0.149	0.188	0.155	0.179
	0.219	0.187	0.212	0.222	0.207	0.201	0.234	0.249	0.239	0.214	0.146	0.155
	MEAN	0.217	0.217	0.203	0.219	0.216	0.210	0.160	0.216	0.197	0.203	0.162
STD	0.033	0.038	0.036	0.030	0.025	0.009	0.030	0.025	0.027	0.022	0.014	0.015

Appendix E.3

Means of CFF and reaction time

FACTOR	CFF - UP			CFF - DOWN			LIGHT			SOUND		
	BEF	AFT	DIFF	BEF	AFT	DIFF	BEF	AFT	DIFF	BEF	AFT	DIFF
MR1	40.823	38.950	1.873	39.228	38.613	0.615	0.226	0.229	-0.003	0.193	0.196	-0.003
	40.032	39.379	0.653	38.334	37.887	0.447	0.224	0.230	-0.007	0.187	0.188	-0.001
	39.693	39.222	0.471	39.228	39.071	0.157	0.192	0.201	-0.010	0.183	0.187	-0.004
	37.887	37.317	0.570	38.032	37.182	0.850	0.251	0.246	0.005	0.184	0.179	0.005
	38.618	38.333	0.285	37.602	36.908	0.694	0.213	0.231	-0.018	0.172	0.189	-0.017
	37.602	36.364	1.238	37.741	36.768	0.974	0.224	0.232	-0.008	0.184	0.183	0.001
	38.026	36.633	1.393	38.317	37.741	0.575	0.231	0.255	-0.024	0.186	0.193	-0.007
	35.213	35.213	0.000	38.172	38.317	-0.145	0.189	0.200	-0.011	0.163	0.165	-0.002
	35.714	35.589	0.125	38.037	37.881	0.156	0.172	0.176	-0.004	0.159	0.163	-0.004
MR2	38.322	37.623	0.699	38.769	38.775	-0.006	0.237	0.235	0.002	0.186	0.189	-0.002
	39.222	39.234	-0.012	38.026	38.032	-0.005	0.212	0.213	-0.001	0.177	0.181	-0.004
	38.485	38.485	0.000	38.322	37.881	0.441	0.207	0.219	-0.012	0.171	0.178	-0.007
	40.993	40.823	0.170	36.643	36.778	-0.135	0.225	0.230	-0.005	0.196	0.196	-0.001
	36.773	36.658	0.115	35.719	35.719	0.000	0.214	0.224	-0.010	0.185	0.193	-0.008
	37.187	37.053	0.135	36.768	36.503	0.265	0.206	0.221	-0.014	0.173	0.185	-0.012
	36.499	36.113	0.385	37.747	37.741	0.005	0.175	0.190	-0.015	0.164	0.174	-0.010
	34.967	34.854	0.113	37.332	37.327	0.005	0.188	0.188	0.001	0.164	0.166	-0.002
	35.338	35.464	-0.125	37.177	37.456	-0.280	0.182	0.180	0.002	0.165	0.166	-0.001
NR1	38.618	38.037	0.581	37.741	37.607	0.135	0.206	0.217	-0.011	0.171	0.183	-0.011
	40.522	38.333	2.189	40.006	39.071	0.935	0.213	0.226	-0.013	0.176	0.181	-0.005
	39.222	37.887	1.335	39.555	38.172	1.384	0.201	0.211	-0.010	0.183	0.190	-0.007
	38.769	37.177	1.592	38.172	37.193	0.979	0.205	0.218	-0.013	0.189	0.193	-0.004
	39.391	38.780	0.611	38.333	37.037	1.296	0.209	0.218	-0.009	0.182	0.186	-0.004
	40.333	39.843	0.490	37.058	36.248	0.810	0.194	0.195	-0.001	0.175	0.179	-0.004
	36.768	36.571	0.197	38.613	38.317	0.296	0.190	0.203	-0.013	0.178	0.187	-0.009
	36.503	36.499	0.005	37.881	37.322	0.559	0.200	0.208	-0.008	0.180	0.194	-0.014
	36.772	36.633	0.139	38.914	37.456	1.458	0.199	0.207	-0.008	0.185	0.196	-0.011
NR2	38.764	38.618	0.145	37.741	37.193	0.549	0.188	0.202	-0.014	0.163	0.181	-0.018
	39.084	38.781	0.303	37.182	36.913	0.269	0.186	0.204	-0.019	0.173	0.186	-0.014
	40.006	39.862	0.144	38.920	38.618	0.302	0.188	0.191	-0.002	0.179	0.183	-0.004
	37.887	37.596	0.290	36.239	35.719	0.520	0.203	0.208	-0.005	0.169	0.183	-0.014
	39.542	39.222	0.320	36.773	35.753	1.020	0.182	0.194	-0.012	0.174	0.180	-0.006
	40.359	39.560	0.799	35.724	35.594	0.130	0.174	0.189	-0.015	0.174	0.187	-0.013
	35.974	35.728	0.246	36.768	36.503	0.265	0.178	0.178	0.000	0.143	0.151	-0.009
	35.858	35.728	0.130	37.752	37.053	0.699	0.171	0.175	-0.005	0.143	0.153	-0.010
	35.092	34.604	0.488	35.844	35.473	0.371	0.164	0.171	-0.007	0.144	0.154	-0.010

NOTE : M = Morning shift
N = Night shift

R1 = Existing allowances
R2 = Rearranged allowances

Appendix E.4

Means of sleeping hours on the day before test and work output

FACTOR	SLEEPING HOUR	OUTPUT
MR1	5.0	38.0
	7.5	31.0
	4.0	31.0
	8.0	28.0
	5.0	32.0
	7.0	36.0
	6.0	32.0
	6.0	34.0
	10.0	37.0
MR2	8.0	27.0
	5.0	30.0
	5.5	29.0
	7.0	37.0
	7.5	34.0
	6.0	36.0
	6.0	36.0
	6.0	41.0
	6.5	37.0
NR1	7.0	23.0
	8.0	36.0
	7.5	28.0
	8.0	24.0
	6.0	25.0
	5.0	32.0
	9.0	29.0
	7.0	23.0
	8.5	23.0
NR2	8.0	27.0
	7.5	30.0
	8.0	31.0
	6.5	37.0
	6.0	24.0
	6.5	36.0
	4.0	41.0
	6.0	36.0
	9.0	30.0

Appendix E.5

Paired-sample test of fatigue appearance hypothesis

Variable : CFF-UP

Time	N	Mean	Std dev	STD error	Min	Max
Before work	36	38.079	1.7899	0.2983	34.967	40.993
After work	36	37.577	1.6070	0.2678	34.604	40.823

Analysis variable : DIFF = Before work - After work

N Observations	Mean	STD error	T	Prob> T
36	0.50	0.09	5.36	0.0001

Variable : CFF-DOWN

Time	N	Mean	Std dev	STD error	Min	Max
Before work	36	37.789	1.0514	0.1752	35.719	40.006
After work	36	37.328	0.9833	0.1639	35.473	39.071

Analysis variable : DIFF = Before work - After work

N Observations	Mean	STD error	T	Prob> T
36	0.46	0.07	6.20	0.0001

Appendix E.5 (cont.)

Variable : LIGHT

Time	N	Mean	Std dev	STD error	Min	Max
Before work	36	0.2005	0.0204	0.0034	0.1640	0.2510
After work	36	0.2087	0.0208	0.0034	0.1710	0.2550

Analysis variable : DIFF = Before work - After work

N Observations	Mean	STD error	T	Prob> T
36	-0.01	0.00	-7.61	0.001

Variable : SOUND

Time	N	Mean	Std dev	STD error	Min	Max
Before work	36	0.1742	0.0130	0.0022	0.1430	0.1960
After work	36	0.1810	0.0123	0.0020	0.1510	0.1960

Analysis variable : DIFF = Before work - After work

N Observations	Mean	STD error	T	Prob> T
36	-0.01	0.00	-7.77	0.0001

Appendix E.6

Calculation of correlation

Dependent variable : CFF_UP

Independent variable : SHIFT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.09445	0.09445	0.291	0.5930
Error	34	11.03087	0.32444		
C Total	35	11.12532			
Root MSE		0.56959	R-Square	0.0085	
Dep Mean		0.50056	Adj R-Sq	-0.0207	C.V. 113.79234

Dependent variable : CFF-DOWN

Independent variable : SHIFT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1.39397	1.39397	8.655	0.1158
Error	34	5.47630	0.16107		
C Total	35	6.87027			
Root MSE		0.40133	R-Square	0.2029	
Dep Mean		0.46861	Adj R-Sq	0.1795	C.V. 85.64292

Dependent variable : LIGHT

Independent variable : SHIFT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.00003	0.00003	0.751	0.3921
Error	34	0.00145	0.00004		
C Total	35	0.00149			
Root MSE		0.00654	R-Square	0.0216	
Dep Mean		0.00828	Adj R-Sq	-0.0072	C.V. 78.97619

Dependent variable : SOUND

Independent variable : SHIFT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.00021	0.00021	9.030	0.0050
Error	34	0.00077	0.00002		
C Total	35	0.00098			
Root MSE		0.00477	R-Square	0.2099	
Dep Mean		0.00683	Adj R-Sq	0.1866	C.V. 69.80294

Appendix E.6 (cont.)

Dependent variable : CFF_UP

Independent variable : REST

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	2041802	2.41802	9.442	0.0042
Error	34	8.70729	0.25610		
C Total	35	11.12532			
Root MSE		0.50606	R-Square	0.2173	
Dep Mean		0.50056	Adj R-Sq	0.1943	C.V. 101.09970

Dependent variable : CFF-DOWN

Independent variable : REST

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1.79560	1.79560	12.030	0.0014
Error	34	5.07467	0.14926		
C Total	35	6.87027			
Root MSE		0.38634	R-Square	0.2614	
Dep Mean		0.46861	Adj R-Sq	0.2396	C.V. 82.44264

Dependent variable : LIGHT

Independent variable : REST

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.00003	0.00003	0.751	0.3921
Error	34	0.00145	0.00004		
C Total	35	0.00149			
Root MSE		0.00654	R-Square	0.0216	
Dep Mean		0.00828	Adj R-Sq	-0.0072	C.V. 78.97619

Dependent variable : SOUND

Independent variable : REST

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.00005	0.00005	1.976	0.1689
Error	34	0.00093	0.00003		
C Total	35	0.00098			
Root MSE		0.00522	R-Square	0.0549	
Dep Mean		0.00683	Adj R-Sq	0.0271	C.V. 76.33979



Appendix E.6

The average of EMG on activity

Period	Activity	Lower Trapezius		Upper trapezius		Output (x1000)	Defects
		μv	%RVC	μv	%RVC		
B1	D	17.5	-	43.0	23.76	33	228
	I	21.2	-	35.7	19.72		
	X	16.0	-	32.9	18.18		
	R	3.4	-	2.0	-		
E1	D	11.5	-	17.4	9.61	15	124
	I	15.6	-	17.4	9.61		
	X	9.8	-	5.9	3.26		
	R	3.4	-	3.1	-		
B2	D	11.8	-	37.4	20.66	35	176
	I	12.2	-	41.7	23.04		
	X	12.8	-	27.4	15.14		
	R	3.0	-	1.0	-		
E2	D	13.6	-	21.3	11.77	37	94
	I	15.9	-	22.6	12.49		
	X	16.1	-	15.9	8.78		
	R	2.0	-	1.0	-		

Period	Activity	Neck		Upper trapezius		Output (x1000)	Defects
		μv	%RVC	μv	%RVC		
B3	D	9.8	10.54	21.5	11.88	27	226
	I	10.7	11.50	23.6	13.04		
	X	9.2	9.89	19.1	10.55		
	R	2.2	-	1.9	-		
E3	D	8.2	8.82	20.1	11.10	27	149
	I	9.7	10.43	27.1	14.97		
	X	10.1	10.86	15.7	8.67		
	R	2.0	-	1.1	-		
B4	D	8.9	9.57	16.5	9.12	29	238
	I	12.0	12.9	23.8	13.15		
	X	12.5	13.44	13.2	7.29		
	R	1.7	-	1.0	-		
E4	D	6.5	6.99	21.7	11.99	20	283
	I	7.4	7.96	19.9	10.99		
	X	6.8	7.31	11.1	6.13		
	R	2.0	-	1.2	-		

Appendix E.7

The average of heart rate on activity

Period	Activity	Heart Rate		Output (1000)	Defects
		bpm	%WHR		
B1	D	79.19	18.08	33	228
	I	82.82			
	X	82.12			
	R	67.38			
E1	D	77.26	19.99	15	124
	I	79.78			
	X	76.77			
	R	64.20			
B2	D	78.81	23.74	35	176
	I	82.76			
	X	88.94			
	R	63.20			
E2	D	76.03	16.24	37	94
	I	80.13			
	X	82.96			
	R	65.42			
B3	D	93.55	21.90	27	226
	I	93.44			
	X	94.06			
	R	79.24			
E3	D	100.95	31.47	27	149
	I	94.66			
	X	96.68			
	R	80.39			
B4	D	88.51	23.66	29	238
	I	95.08			
	X	89.48			
	R	73.05			
E4	D	79.79	21.52	20	283
	I	81.84			
	X	81.84			
	R	65.73			

BIOGRAPHY

Miss Wanida Chaichalotorn was born on July 31, 1965 in Bangkok. She received a B.Sc.(Industrial Chemistry) with Second Class Honours from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang in 1989. She began her study for a master degree in industrial engineering at Chulalongkorn University in 1991.

