แบบจำลองคนสามมิติในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเพื่อใช้ในการประเมินภาระงาน

นายประจวบ กล่อมจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2538

ISBN 974-632-393-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16700326

A THREE-DIMENSIONAL HUMAN MODEL OF A COMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR WORK LOAD EVALUATION

Mr. Prachuab Klomjit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Patial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-632-393-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองคนสามมิติในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเพื่อใช้ในการประเมินภาระงาน
โดย	นายประจวบ กล่อมจิตร
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ประจวบ กล่อมจิตร : แบบจำลองคนสามมิติในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ เพื่อใช้ในการประเมินภาระงาน (A THREE-DIMENSIONAL HUMAN MODEL OF A COMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR WORK LOAD VALUATION)
อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. กิตติ อินทรานนท์, 315 หน้า. ISBN 974-632-393-8

การวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองรูปคนสามมิติขึ้นในโปรแกรมช่วยออกแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบจำลองคนสามมิติเพื่อใช้คำนวณค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำ ณ ข้อต่อของร่างกายในภาวะสถิตจากภาพการทำงานจริงในแต่ละช่วงเวลา โดยอาศัยข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนไทย ในโปรแกรมช่วยออกแบบ AutoCAD โดยใช้คำสั่ง AutoLISP 2) ใช้แบบจำลองที่ได้ประเมินภาระงานจากท่าทางโดยใช้เกณฑ์ทางชีวกลศาสตร์ การประเมินภาระงานแบบ OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) และการประเมินภาระงานแบบ RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีโครงสร้างหลัก 3 ส่วนคือ 1) ส่วนการประมวลผลและควบคุมการทำงานโดยใช้คำสั่ง AutoLISP 2) ส่วนแฟ้มฐานข้อมูลประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลชิ้นส่วนร่างกาย ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและแฟ้มข้อมูลท่าทางของแบบจำลองรูปคน และ 3) แฟ้มผลลัพธ์แสดงผลการคำนวณค่าแรงและโมเมนต์ที่ต้องการบันทึก

ในการทดสอบความถูกต้องของการคำนวณจากแบบจำลอง ใช้ผู้ถูกทดสอบเพศชาย 4 คน เพศหญิง 3 คน ทดสอบบน Force Platform ด้วยท่ายืนในลักษณะต่างๆ แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง

ผลการทดสอบสรุปได้ว่าค่าจาก Force Platform และค่าจากการคำนวณของแบบจำลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) นอกจากนี้แบบจำลองนี้ได้ผ่านการทดลองใช้ประเมินภาระงานกับคนงานเพศหญิงในโรงงานผลิตไก่แช่แข็งจากภาพวีดิทัศน์ ซึ่งพบว่ามีความรวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C516328 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: WORK LOAD EVALUATION / BIOMECHANICAL MODEL
PRACHUAB KLOMJIT : A THREE-DIMENSIONAL HUMAN MODEL OF A COMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR WORK LOAD EVALUATION.
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. KITTI INTARANONT, Ph.D., 315 pp.
ISBN 974-632-393-8

This research was to develop a three-dimensional human model using a computer-aided design program. The objectives were : 1) to calculate force and moment at the body joints based on statics condition simulalated from real work postures by videotaping using Thai anthropometric data on AutoCAD program with AutoLISP commands, and 2) to evaluate work load of those working postures using the biomechanical criteria, OWAS (Ovako Working Posture Analysing System), and RULA (Rapid Upper Limb Assessment).

The model structures consisted of 3 parts, namely, 1) processing and controlling using AutoLISP commands, 2.) data base files consisting of body segment data, anthropometric data, and postural data, and 3) output file after processing showing the forces and moments to be recorded.

Seven subjects, 4 males and 3 females participated in different standing postures on the force platform to validate the model. The developed model calculated the biomechanical work load. The results were compared to those computed by the force platform.

It was concluded that no significant difference (at 0.05 significant level) between the biomechanical values computed by the model and by the force platform. The model was also applied in chicken processing plant while a female worker being observed using videotaping technique, It was found that an analytical work effort was faster and much easier than the other techniques.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำอย่างใกล้ชิดจาก รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคำแนะนำจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันมี ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร ผู้วิจัยขอถือโอกาสกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้ง 3 ท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้ และเนื่องจากการวิจัยนี้ต้องใช้เครื่องมือและสถานที่ทำการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ชัยพร วงศ์พิศาล หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านจากห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ผู้มีพระคุณทุกท่านและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ประจวบ กล่อมจิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

เรื่อง หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ 1

- ที่มาและความสัมพันธ์ของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
- ขอบเขตของการวิจัย 4
- วิธีการดำเนินการวิจัย 5
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6

- การคำนวณค่าทางชีวกลศาสตร์แบบสถิต 6
- เกณฑ์ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้ของภาระงานที่กระทำต่อ กระดูกสันหลัง L5/S1 7
- สัดส่วนของร่างกาย 13
- การประเมินภาระงานแบบ OWAS 20
- การประเมินภาระงานแบบ RULA 22

3 การดำเนินงานวิจัย 27

- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 27
- วิธีการดำเนินการวิจัย 27

4 การเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง 29

- มวลของชิ้นส่วน 29
- ความยาวของชิ้นส่วน 31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของชิ้นส่วน 35
- การเทียบหาความยาวของชิ้นส่วนจากสัดส่วนร่างกาย. 37
5 การสร้างและการใช้งานแบบจำลอง. 36
- แนวความคิดในการสร้างแบบจำลอง. 39
- โครงสร้างของแบบจำลอง. 40
- การใช้งานแบบจำลอง. 44
- ตัวอย่างการใช้งานแบบจำลอง. 48
6 การทดสอบและแก้ไขแบบจำลอง. 59
- การทดสอบสัดส่วนร่างกายในแบบจำลอง. 59
- การทดสอบการคำนวณของแบบจำลอง 61
- การนำแบบจำลองไปประเมินภาระงานจากภาพวีดิทัศน์. 79
- การเปรียบเทียบกับโปรแกรม MANNEQUIN. 86
7 สรุปและข้อเสนอแนะ. 88
- สรุปผลวิจัย 88
- ข้อเสนอแนะ. 89
รายการอ้างอิง. 91
ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ. 96
ภาคผนวก ข. การคำนวณในจำลอง. 104
ภาคผนวก ค. ข้อมูลจาก Force Platform 118
ภาคผนวก ง. สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ. 127
ภาคผนวก จ. แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง. 130
ภาคผนวก ฉ. Program List. 136
ประวัติผู้เขียน. 315

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย	13
2.2	ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย	14
2.3	ระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย	15
2.4	สัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรอ้างอิงเพศชาย	17
2.5	สัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรอ้างอิงเพศหญิง	18
2.6	การให้คะแนนจากท่าทางจากท่าทางของร่างกายและภาระงานของ OWAS	20
2.5	การแบ่งระดับงานตามเกณฑ์ OWAS โดยใช้คะแนนในตารางที่ 2.6	21
2.7	ตารางคะแนน A โดยใช้ท่าทางของส่วนของร่างกายในกลุ่ม A	23
2.8	ตารางคะแนน B โดยใช้ท่าทางของส่วนของร่างกายในกลุ่ม B	24
2.9	คะแนนจากการใช้กล้ามเนื้อ	25
2.10	คะแนนจากแรงหรือภาระงาน	26
2.11	ตารางคะแนนผลลัพท์ โดยใช้คะแนน C และ D	26
4.1	มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ปรับแก้	30
4.2	การเทียบหาความยาวของชิ้นส่วนร่างกายของเพศหญิง	32
4.3	ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ปรับแก้	34
4.4	ระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ปรับแก้	36
4.5	การเทียบหาความยาวของชิ้นส่วนร่างกายจากค่าที่วัดได้	44
6.1	สัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรอ้างอิง	60
6.2	ความยาวของชิ้นส่วนของร่างกายของผู้ถูกทดสอบจากระยะที่วัด โดยเทียบเป็นสัดส่วนตามตารางที่ 4.5	64
6.3	โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่ได้จากแบบจำลอง	66
6.4	แรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่ได้จากแบบจำลอง	66
6.5	โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่ได้จากแบบจำลองครั้งที่ 2	73
6.6	แรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่ได้จากแบบจำลองครั้งที่ 2	73

6.7 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง Paired-comparisons t-test ของการทดสอบครั้งที่ 1 77
6.8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง Paired-comparisons t-test ของการทดสอบครั้งที่ 2 77
6.9 ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างที่ยอมรับได้ 81
6.10 ผลการประเมินภาระงานจากภาพวิดิทัศน์ 82
6.11 การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่ได้จาก Force Platform จากแบบจำลอง และจากโปรแกรม MANNEQUIN 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ระดับคะแนนจากท่าทางของส่วนร่างกายในกลุ่ม A	23
2.2	ระดับคะแนนจากท่าทางของส่วนร่างกายในกลุ่ม B.	23
5.1	แบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น	40
5.2	โครงสร้างของแบบจำลองในโปรแกรมช่วยออกแบบ AutoCAD.	41
5.3	Flow Chart โปรแกรม AutoLISP ของส่วนควบคุมและประมวลผล	43
5.4	ดับการทำงานทำงานเมื่อใช้เมนูในแบบจำลองในโปรแกรมช่วยออกแบบ.	45
5.5	ภาพเมนูเมื่อเริ่มเข้าโปรแกรมช่วยออก AutoCAD	48
5.6	ภาพเมนูเมื่อเริ่มใช้แฟ้มข้อมูล 3dman.dwg	49
5.7	ภาพเมนูเมื่อเริ่ม run โปรแกรม AutoLISP	49
5.8	ภาพที่ได้หลังจากเลือกเมนู "Thaimale"	50
5.9	ภาพที่ได้หลังจากเลือกเมนู "Standing"	50
5.10	ภาพที่ได้จากการจัดท่าทางแล้วเลือกเมนู "Hum.Body".	51
5.11	ภาพจากการจัดมุมมองโดย "view-Set"	52
5.12	ตัวอย่างการใช้เมนู "L5/S1".	52
5.13	ตัวอย่างการใช้เมนู "F,M -cal.1".	53
5.14	ตัวอย่างการใช้เมนู "RULA".	55
5.15	ตัวอย่างการใช้เมนู "OWAS".	56
5.16	ตัวอย่างการใช้เมนู "Changd-Id"	57
5.17	ตัวอย่างการใช้เมนู "Change-BD".	58
6.1	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเพศชายกับกลุ่มประชากรอ้างอิง	60
6.2	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเพศหญิงกับกลุ่มประชากรอ้างอิง	61
6.3	ท่ายืนบน Force Platform ท่าที่ 1 (ยืนตรง).	62
6.4	ท่ายืนบน Force Platform ท่าที่ 2 (ยืนเอน).	62
6.5	ท่ายืนบน Force Platform ท่าที่ 3 (ยืนก้มตัว)	63

6.6 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 1. 67
6.7 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 2. 68
6.8 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 3. 68
6.9 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 1 68
6.10 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 2 69
6.11 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 3 69
6.12 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 1. 70
6.13 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 2. 70
6.14 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 3. 70
6.15 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 1 70
6.16 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 2 71
6.17 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 3 71
6.18 ตำแหน่งการยืนบน Force Platform 72
6.19. โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2. 74
6.20 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 2. 75

6.21 โมเมนต์ที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2. 75
6.22 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2. 75
6.23 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชาย คนที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 2. 76
6.24 ค่าแรงที่ได้จากเท้าบน Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก
แบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิง คนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2. 76
6.25 การทำงานของแผนกบรรจุในโรงงานไก่แช่แข็ง. 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

RULA	=	Rapid Upper Limb Assessment
OWAS	=	Ovako Working Posture Analysng System
ซม.	=	เซนติเมตร
กก.	=	กิโลกรัม
N-m	=	นิวตัน-เมตร
m	=	มวล
g	=	ค่าความเร่งอันเนื่องจากแรงดึงดูดโลก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย