การออกแบบแผนการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์เพื่อลดต้นทุนคุณภาพ

นายวิสวัส เลิศวณิชกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Design of Electronic Testing Plan for Head Gimbal Assembly of Harddisk to Reduce Cost of Quality

Mr. Visvas Lerswanichkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแผนการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์เพื่อลดต้นทุนคุณภาพ
โดย	นายวิสวัส เลิศวณิชกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

……กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ตีไชย)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

วิสวัส เลิศวณิชกุล : การออกแบบแผนการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์เพื่อลดต้นทุนคุณภาพ (Design of Electronic Testing Plan for Head Gimbal Assembly of Harddisk to Reduce Cost of Quality) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 96 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ โดยการสร้างวิธีการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ของหัวอ่านเขียนเพื่อใช้แทนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิม วิธีการทดสอบแบบใหม่ใช้เทคนิค Discriminant Analysis (DA) มาช่วยพยากรณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการทดสอบแบบเดิมซึ่งมีผล 2 แบบคือ ผ่านและไม่ผ่าน หาก DA พยากรณ์ว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะมีผล “ผ่าน” การทดสอบ บริษัทจะไม่ทดสอบหัวอ่านเขียนตัวนั้น แต่หาก DA พยากรณ์ว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะ “ไม่ผ่าน” การทดสอบบริษัทจะทดสอบหัวอ่านเขียนตัวนั้นตามปกติ วิธีการทดสอบแบบใหม่ซึ่งจะมีการข้ามการทดสอบหัวอ่านเขียนบางส่วน จะช่วยประหยัดต้นทุนในการตรวจสอบลงได้ แต่การข้ามการทดสอบจะทำให้มีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากของเสียที่จะพบในกระบวนการถัดไป ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารายการต้นทุนที่จะเปลี่ยนแปลงจากการใช้แผนการทดสอบแบบใหม่ และศึกษาว่าแผนการทดสอบแบบใหม่สามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้

ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่สามารถพยากรณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ถูกต้องสูงถึง 90% และหากนำไปประยุกต์ใช้จริงในบริษัทต้นแบบ จะสามารถลดการใช้งานเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ลงได้ 20% อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้ 15,667,625 บาทต่อปี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

ปีการศึกษา 2556 .....

5371445021: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: PREDICTION/ COST REDUCTION/ DISCRIMINANT ANALYSIS/ HEAD GIMBAL ASSEMBLY/ HARD DISK DRIVE.

VISVAS LERSWANICHKUL: DESIGN OF ELECTRONIC TESTING PLAN FOR HEAD GIMBAL ASSEMBLY OF HARDDISK TO REDUCE COST OF QUALITY. ADVISOR: ASST.PROF. NAPASSAVONG ROJANAROWAN, Ph.D., 96 pp.

This thesis has the objective to present the method to reduce the total cost of quality a case study company, which is the manufacturer of Head Gimbal Assembly of hard disk drive. This thesis introduced the new electronic testing plan of the Head Gimbal Assembly (HGA) to replace the old electronic testing method. The new electronic testing plan used the Discriminant Analysis (DA) technique to predict the testing result of each HGA, which was either “pass” or “fail”. If the prediction result showed “pass”, the company would skip the testing of that HGA but if prediction result showed “fail”, the company would test that HGA as usual. The new electronic testing plan, which had partial testing would save some inspection cost but would increase the failure cost found in the next process. This thesis thus studied the cost elements that would be affected by the new electronic testing plan and studied whether the new testing plan could save the total cost of quality.

The results found that the new electronic testing plan could predict the results with 90% accuracy. If applying this new testing plan in the production, the case study company could reduce the tester usage up to 20%. Moreover, it was expected that the new electronic testing plan could reduce the total cost of quality of 15,667,625 Baht per year.

Department : Industrial Engineering Student’s Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor’s Signature .....

Academic Year : 2013

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพจน์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความรู้ที่คณาจารย์ได้ประสิทธิประสาทวิชา และด้วยความช่วยเหลือและคำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพจน์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไข และชี้แนวทางการทำงานวิทยานิพจน์เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพจน์ อีกทั้งยังคอยเอาใจใส่และคอยติดตามอย่างสม่ำเสมอ ผู้ทำงานวิจัยถือโอกาสนี้ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย กรรมการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนแนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ในการทำวิทยานิพจน์เป็นอย่างดี ขอขอบคุณหัวหน้างานที่คอยให้คำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าซึ่งหากขาดส่วนนี้ไปแล้ว วิทยานิพจน์ของข้าพเจ้าคงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จ ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 1

1.2.1 ขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ 2

1.2.2 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ 5

1.2.3 กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA 6

1.3 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 7

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 8

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 8

1.6 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 9

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 9

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 ต้นทุนคุณภาพ 11

2.1.1 ความหมายของต้นทุนคุณภาพ 11

2.1.2 ประเภทของต้นทุนคุณภาพ 11

2.2 Discriminant Analysis 15

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 18

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดต้นทุนคุณภาพ 22

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดการตรวจสอบ 24

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการลดต้นทุนคุณภาพโดยลดการตรวจสอบ 25

2.4.4 งานวิจัยที่นำ Discriminant Analysis มาใช้ 27

บทที่ 3 สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา 29

3.1 โรงงานกรณีศึกษา 29

3.2 การทดสอบที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน 29

3.3 เงื่อนไขการผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA 31

3.4 ของเสียที่พบในกระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA 32

3.5 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา 33

3.6 สภาพปัญหาปัจจุบัน 34

บทที่ 4 การแก้ไขปัญหา 36

4.1 แนวทางการแก้ไขปัญหา 36

4.2 แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ 38

หน้า

4.3 ข้อเปรียบเทียบแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่และแบบเดิม 44

4.4 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปของการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่เทียบกับแบบเดิม 54

4.5 การกำหนดตัวชี้วัด.....65

บทที่ 5 ผลที่ได้จากงานวิจัย 66

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย และการสร้าง Discriminant Analysis 66

5.2 ผลที่ได้จากการทำงานวิจัย.....70

5.3 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไป.....73

5.4 การศึกษาผลกระทบของจำนวนตัวแปรที่ใช้สร้าง Discriminant Function ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์และต้นทุน 75

5.5 การวิจารณ์ผล 77

บทที่ 6 สรุปผลจากงานวิจัย 80

6.1 สรุปผล 80

6.2 อุปสรรค 81

6.3 ข้อเสนอแนะ.....82

รายการอ้างอิง 83

ภาคผนวก 86

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 96

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ต้นทุนคุณภาพในงานวิจัย....26

2.2 ต้นทุนในแต่ละกระบวนการในงานวิจัย....27

2.3 เปอร์เซ็นต์การทำนายถูกตามตัวแปรที่เพิ่มขึ้น....28

3.1 ตัวอย่างเงื่อนไขการผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA....32

4.1 ตัวแปรที่จะใช้สร้าง Discriminant Function....40

4.2 ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนและกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน....43

4.3 ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน....50

4.4 ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งานที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA....53

4.5 ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน....54

4.6 ต้นทุนที่ใช้สำหรับการผลิตและทดสอบหัวอ่านเขียน HGA....57

4.7 ต้นทุนที่ใช้สำหรับการผลิตและทดสอบฮาร์ดดิสก์....57

4.8 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงจากการลดการใช้งานเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์....59

4.9 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงจากการลดการใช้งานแผ่นจานบันทึกข้อมูลสำหรับการทดสอบ....60

4.10 ต้นทุนที่สามารถลดได้จากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่....61

4.11 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของหัวอ่านเขียนที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์....62

ตารางที่ หน้า

4.12 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของการผลิตอื่นๆที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ 63

4.13 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของการเปลี่ยนวัสดุที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ 64

4.14 ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่.....65

5.1 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์ 72

5.2 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายถูกต้องและความผิดพลาดของการทำนาย.....72

5.3 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้งานสมการช่วยในการพยากรณ์.....74

5.4 เปรียบเทียบผลที่ได้รับจาการนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาปรับใช้ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA 74

5.5 สรุปผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร.....75

5.6 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายถูกต้องและความผิดพลาดของการทำนาย ของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร 76

5.7 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้งานสมการช่วยในการพยากรณ์ของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร 77

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์....2

1.2 แผ่น Wafer....3

1.3 การตัดหัวอ่านเขียน....3

1.4 หัวอ่านเขียนและฮาร์ดดิสก์....4

1.5 Flow Chart กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์....5

1.6 หัวอ่านเขียน (HGA)....5

1.7 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน (HGA)....7

2.1 ความสัมพันธ์ของต้นทุนทางด้านการป้องกันและตรวจสอบและต้นทุนความเสียหายภายในและภายนอก....14

2.2 ความสามารถในการจำแนก....16

2.3 ตัวแปร 2 กลุ่ม แบบ Scatter....16

2.4 สมการจำแนกตัวแปร 2 กลุ่ม....17

2.5 สมการจำแนกด้วยวิธีการคำนวนแบบ Linera Method และ Quadratic Method....17

2.6 โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ....19

2.7 การเชื่อมต่อแบบ SCSI....21

2.8 PAF Model ที่ได้จากงานวิจัยของ Hisham M.E. Abdelsalam (2008)....23

2.9 เปอร์เซ็นต์การทำนายถูกตามตัวแปรที่เพิ่มขึ้น....28

รูปที่ หน้า

3.1 กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA 30

3.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน ตั้งแต่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียนจนถึงกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์.....33

3.3 กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA ผลิตภัณฑ์ A 34

4.1 ผลของหัวอ่านด้อยคุณภาพที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์.....37

4.2 แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ 38

4.3 โอกาสของผลที่ได้จากการทำนายเทียบกับค่าจริง 42

4.4 อัตราส่วนระหว่างการทดสอบบางส่วนและการทดสอบแบบปกติ 45

4.5 จำนวน HGAที่สามารถทดสอบได้ในหนึ่งชั่วโมง เมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่.....46

4.6 ความสามารถของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน HGA ที่เพิ่มขึ้นมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่ 47

4.7 อัตราส่วนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ลดลงมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่.....48

4.8 โอกาสของหัวอ่านเขียนที่จะผ่านการทดสอบเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่.....49

4.9 โอกาสที่เพิ่มขึ้นของการทดสอบผ่านการทดสอบผ่านที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน.....50

4.10 โอกาสที่เพิ่มขึ้นของการทดสอบผ่านการทดสอบผ่านที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน....51

4.11 โอกาสของฮาร์ดดิสก์ที่จะผ่านการทดสอบเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่.....52

5.1 ตัวอย่างการทดสอบ Normal Distribution ของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง.....68

5.2 ตัวอย่างการทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง.....69

5.3 การทดสอบความสัมพันธ์ในข้อมูลตัวอย่าง.....69

รูปที่ หน้า

5.4 ผลของตัวแปรจากการทดสอบด้วย Stepwise Regression Analysis 70

5.5 ผลที่ได้จากการทดสอบ Test of Significant สำหรับ Discriminant Analysis.....71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์เป็นอุตสาหกรรมใหญ่อย่างหนึ่งที่สำคัญต่อวงการอิเล็กทรอนิกส์ของโลก ในโลกปัจจุบันนี้ฮาร์ดดิสก์ได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนทั่วไป ฮาร์ดดิสก์นั้นถูกนำไปใช้มากมายในการจัดเก็บข้อมูล ทั้งในคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์พกพา กล้องถ่ายรูป และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ

การแข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์นั้นมีการแข่งขันที่สูง ผู้ผลิตทั้งหลายจำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงสินค้าให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ตลอดจนพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนให้ต่ำลง เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้ทัดเทียมหรือสูงกว่าคู่แข่งขัน

คุณภาพและความเชื่อมั่นของลูกค้าเป็นสิ่งที่สำคัญในอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ การตรวจสอบคุณภาพเข้ามามีส่วนสำคัญในการทำให้ผู้ผลิตมั่นใจว่าอุปกรณ์ที่ถูกส่งไปให้ลูกค้านั้นมีคุณสมบัติตามที่ลูกค้าคาดหวัง แต่การทดสอบคุณภาพที่ละเอียดมากขึ้นนั้นจะตามมาด้วยต้นทุนในการทดสอบที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตาม เพราะฉะนั้นผู้ผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จึงต้องพยายามหาทางที่จะลดต้นทุนการผลิตในขณะที่ยังคงรักษาคุณภาพของงานที่ส่งไปยังลูกค้าไว้ได้

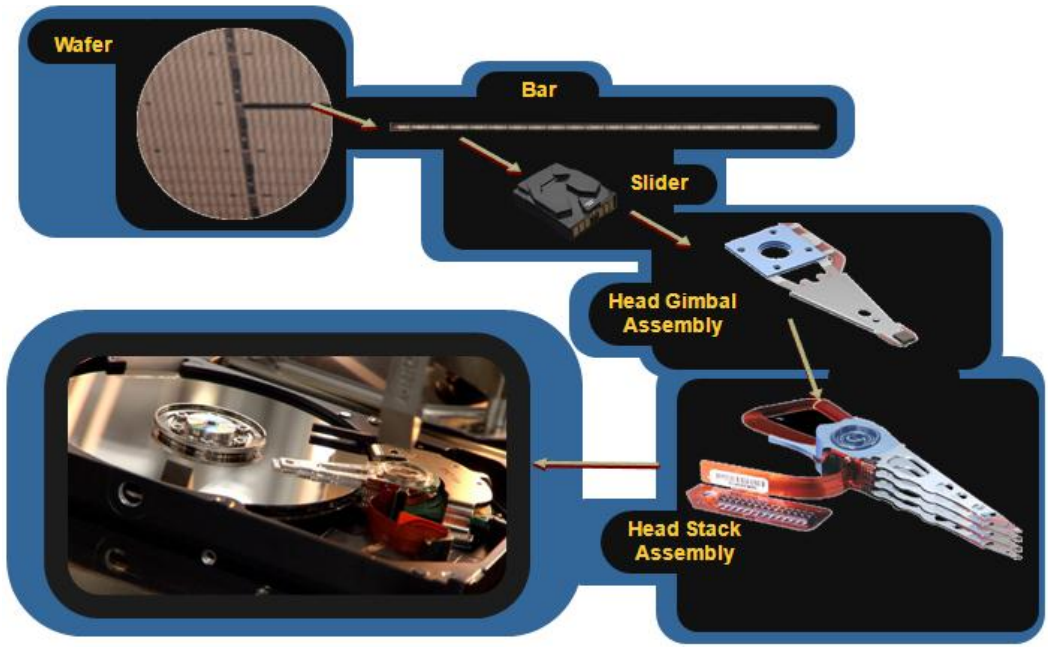
1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานกรณีศึกษาผลิตฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) และหัวอ่านเขียนที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์ เรียกว่า Head Gimbal Assembly ซึ่งมีชื่อย่อว่า HGA หัวอ่านเขียนนี้มีหน้าที่ในการบันทึกและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นมีเดีย (Media) โดยในปัจจุบันมีการผลิตหัวอ่านเขียน อยู่ 2 ประเภท คือ

1. หัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว
2. หัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว

1.2.1 ขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์

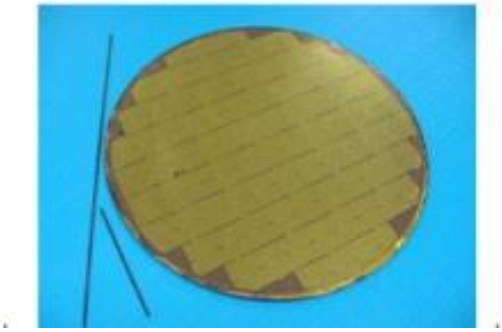
ลำดับการผลิตในขั้นตอนของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์นั้น กระบวนการผลิตจะคล้ายกับกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป คือเริ่มการผลิตที่กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนบนแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) หลังจากนั้น Wafer เหล่านี้จะถูกส่งไปยังกระบวนการตัดหัวอ่านเขียน (Dicing) ที่กระบวนการนี้หัวอ่านเขียนจะถูกเปลี่ยนจากที่เป็นส่วนหนึ่งบนแผ่น Wafer ออกมาเป็นหัวอ่านเขียนที่เป็นตัวๆ โดยหัวอ่านเขียนที่ถูกตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกเรียกว่าสไลเดอร์ (Slider) ถัดจากกระบวนการตัดหัวอ่านเขียน Slider จะถูกส่งไปประกอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA โดย Slider จะถูกแปะเข้ากับแขนที่มีคุณสมบัติเป็นเหมือนกับสปริงค์ (TGA) เมื่อ Slider ถูกแปะเข้ากับ TGA แล้วจะถูกเรียกว่าหัวอ่านเขียน (Head Gimbal Assembly หรือ HGA) จากนั้น HGA จะถูกส่งไปประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ต่อไป



รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์

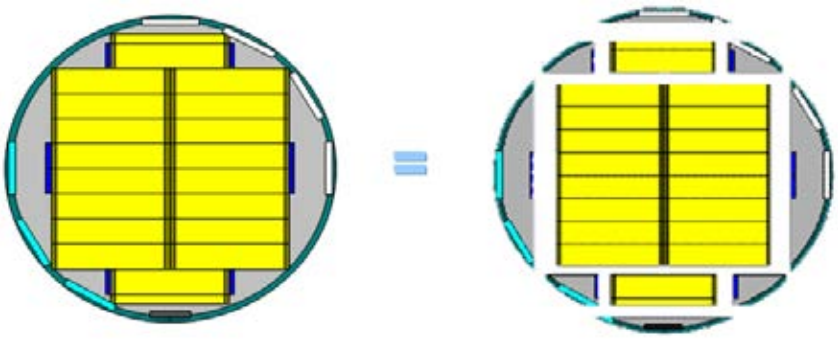
การผลิตแผ่น Wafer ถูกใช้อย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น การผลิตวงจรรวมต่างๆ(IC) การผลิตตัวประมวลผลในคอมพิวเตอร์(CPU) ฯลฯ ในขั้นตอนการ

ผลิต Wafer นั้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบไว้จะถูกสร้างลงไปบนแผ่น Wafer ในกระบวนการผลิต Wafer ของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ จะทำการผลิตตัวที่ใช้อ่านสัญญาณและตัวที่ใช้เขียนสัญญาณ (หัวอ่านเขียน) ที่กระบวนการนี้ ใน 1 แผ่น Wafer นั้นจะสามารถสร้างหัวอ่านเขียนได้มากกว่า 80,000 ตัว



รูปที่ 1.2 แผ่น Wafer

กระบวนการตัดแผ่น Wafer เป็นกระบวนการที่อุตสากรรมผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมี เมื่อผลิตอุปกรณ์ทางอิเลกทรอกนิกส์ออกมาครั้งละมากๆที่อยู่ในรูปของแผ่น Wafer แล้ว ผู้ผลิตจำเป็นต้องตัดอุปกรณ์เหล่านั้นให้ออกจากกัน ในกระบวนการตัดหัวอ่านเขียนของการผลิตฮาร์ดดิสก์นั้น แผ่น Wafer จะถูกส่งมายังที่โรงงานกรณีศึกษานี้ จากนั้นจะถูกดำเนินการตัดจาก Wafer จนได้หัวอ่านเขียนออกมาเป็นตัว ซึ่งจะถูกเรียกว่า Slider นอกจากนั้น Slider จะถูกสร้างลวดลายที่ใช้สำหรับการทำงานในฮาร์ดดิสก์ที่กระบวนการนี้

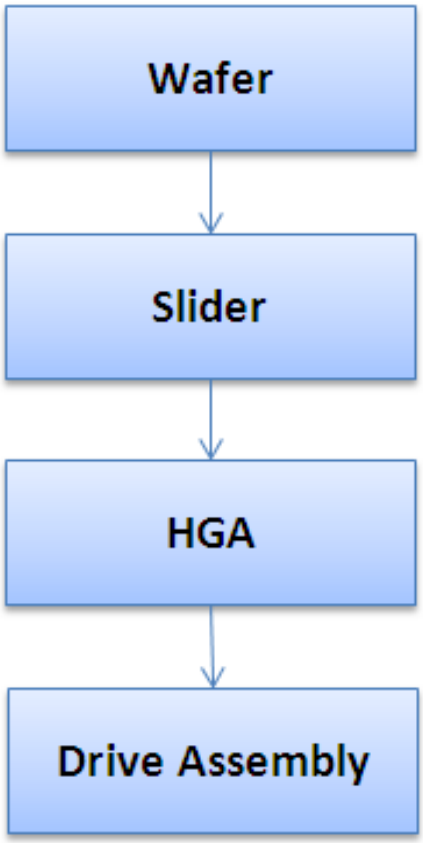


รูปที่ 1.3 การตัดหัวอ่านเขียน

เมื่อกระบวนการตัดหัวอ่านเขียน ส่ง Slider มายังกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ที่กระบวนการนี้ Slider จะถูกนำไปแปะที่ปลายส่วนยอดของแขนที่มีลักษณะคล้ายสปริง ที่ถูกเรียกว่า TGA เมื่อถูกแปะลงไปแล้ว Slider ที่ถูกติดอยู่กับ TGA จะถูกเรียกว่า HGA (Head Gimbal Assembly)

รูปที่ 1.4 หัวอ่านเขียนและฮาร์ดดิสก์

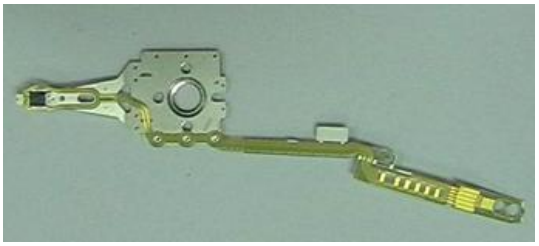
กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เป็นกระบวนการที่นำอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์มาประกอบเข้าด้วยกัน เช่น หัวอ่านเขียน(HGA) แผ่นจานบันทึกข้อมูล (Media) มอเตอร์ แผงวงจร(PCBA) ฯลฯ เมื่อการประกอบฮาร์ดดิสก์เสร็จสิ้น ฮาร์ดดิสก์เหล่านั้นจะถูกทำการทดสอบความสามารถ ทดสอบคุณภาพ และถูกส่งไปยังลูกค้าเพื่อใช้งานต่อไป



รูปที่ 1.5 Flow Chart กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์

1.2.2 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์

หัวอ่านเขียน HGA (Head Gimbal Assembly) มีหน้าที่เป็นตัวอ่านและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นดิสก์ (Disc) ซึ่งเป็นแหล่งเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ ส่วนประกอบที่สำคัญของ HGA มีอยู่ 2 ส่วนคือ



รูปที่ 1.6 หัวอ่านเขียน (HGA)

1. สไลเดอร์ (Slider) คือ หัวอ่านและเขียนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมสีดำ เป็นชิ้นส่วนหลักของ HGA ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าขนาดเล็ก ชิ้นส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดขึ้นในขณะที่ HGA อ่านและเขียนข้อมูลลงบน disc

2. เฟรกเซอร์ (Flexure) คือ แกนโลหะ ซึ่งเป็นแกนที่เชื่อมระหว่างสไลเดอร์และวงจรไฟฟ้าที่จะถูกต่อไปยังฮาร์ดดิสก์

1.2.3 กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

1. Slider Attach คือกระบวนการนำ TGA มาทำให้ติดกับ Slider ด้วยกาว

2. Oven คือกระบวนการอบ HGA ที่พึ่งถูกประกอบเพื่อให้กาวติดกัน Slider อย่างสมบูรณ์

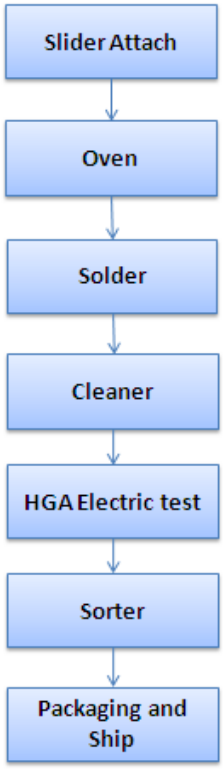
3. Solder คือกระบวนการเชื่อมต่อระหว่างวงจรไฟฟ้าที่อยู่ใน Slider กับวงจรไฟฟ้าที่อยู่บน TGA

4. Cleaning คือกระบวนการการทำความสะอาดหัวอ่านเขียนทั้งส่วนของ Slider และส่วนของ TGA

5. HGA Electrical Test คือกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหัวอ่านเขียน

6. Sorter คือกระบวนการแยกงานเป็นกลุ่มหลังจากกระบวนการ HGA Electrical Test

7. Packaging and Ship คือการบรรจุหีบห่อของตัวผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตและทดสอบเสร็จสมบูรณ์แล้วก่อนที่จะนำไปส่งให้ลูกค้าที่เป็นขั้นตอนการผลิตต่อไป



รูปที่ 1.7 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน (HGA)

1.3 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ในปัจจุบัน มีการแข่งขันกันระหว่างผู้ผลิตที่สูง อีกทั้งมีความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การลดต้นทุนของการผลิตโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์แข่งขันกับคู่แข่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังไม่ส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นที่ลูกค้ามีต่อผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้สูงขึ้นโดยที่ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติม ดังนั้นผู้ผลิตจึงความให้ความสำคัญกับระบบการจัดการการผลิตให้ดีขึ้น โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ของหัวอ่านเขียนที่เป็นกรณีศึกษา พบว่ามีงานที่สามารถผ่านการทดสอบได้สูงถึง 98% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของหัวอ่านเขียนที่ใช้นั้นมีคุณภาพดี ซึ่งแสดงว่าความเข้มการตรวจสอบในจุดนี้สามารถลดลงได้หากการลดการตรวจสอบทำให้ค่าใช้จ่ายในการ

ตรวจสอบที่ลดลงและคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายของของเสียที่อาจจะมีมากขึ้น นอกจากนี้การทดสอบงานไม่ได้เป็นการเพิ่มมูลค่าของตัวชิ้นงาน ในทางกลับกันยังเป็นการเพิ่มต้นทุนสำหรับการทดสอบ ดังนั้นแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทดสอบหัวอ่านเขียนได้คือ การเปลี่ยนจากการทดสอบจากทุกๆหัวอ่านเขียน HGA ไปเป็นการทดสอบแบบปกติแค่บางหัวอ่านเขียน และทดสอบแค่บางส่วนในบางหัวอ่านเขียน ถึงแม้ว่าการทดสอบบางส่วนจะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบได้แต่หากมีการลดการทดสอบมากจนเกินไปจะส่งผลเสียขึ้นมาในภายหลัง โดยผลเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ต้นทุนจากของเสียที่จะพบมากขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ สำหรับการข้ามการตรวจสอบบางหัวอ่านเขียน จำเป็นจะต้องมีวิธีการที่มีประสิทธิผลในการกำหนดว่าจะสามารถข้ามการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA ตัวใดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการออกแบบแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่มีประสิทธิผลในเรื่องคุณภาพของการทำนายผลการทดสอบและช่วยให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมต่ำลง

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ออกแบบแผนการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน (HGA) เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพรวมต่ำลง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ในการออกแบบหมายถึงการกำหนดในเรื่องต่างๆดังนี้
   1.1 ตัวแปรที่ใช้สร้างแผนคัดกรองเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะทดสอบแบบบางส่วนหรือแบบปกติ
   1.2 วิธีการในการนำตัวแปรเหล่านั้นมากำหนดเป็นแผนการตัดสินใจ
2. ในการออกแบบแผนการคัดกรองจะดำเนินการศึกษาเฉพาะผลกระทบที่มีต่อต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการการประกอบหัวอ่านเขียนและด้านความเสียหายภายในที่เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เท่านั้น

1.6 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี บทความทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนคุณภาพ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย

2. รวบรวมข้อมูลทั่วไปของการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ เช่น ข้อมูลจำนวนหัวอ่านที่ผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิตหัวอ่านเขียน ต้นทุนของการผลิตหัวอ่านเขียน วิธีการทดสอบหัวอ่านเขียน

3. สร้างองค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการการประกอบหัวอ่านเขียนและด้านความเสียหายภายในที่เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

4. เลือกตัวแปรและออกแบบแผนการคัดกรองเพื่อใช้เป็นตัวช่วยตัดสินใจ

5. วิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลและด้านความเสียหายภายในหลังจากการนำแผนการคัดกรองหัวอ่านเขียนเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแผนการทดสอบบางส่วนในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ฮาร์ดดิสก์

6. ทำการนำเสนอและนำไปปรับใช้ในการผลิตตามผลที่ได้จากการวิจัย

7. เปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง โดยพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้น ศึกษาผลกระทบที่ตามมา พร้อมทั้งปรับปรุงให้ได้วิธีการและผลลัพธ์ที่มีต้นทุนคุณภาพต่ำลง

8. สรุปผลวิจัย และข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ตัวแปรและแผนการคัดกรองที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ผลจากการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่าน ซึ่งจะใช้แบ่งว่าวัตถุดิบชนิดใดจะถูกทดสอบแบบบางส่วนหรือทดสอบแบบปกติโดยจะมีผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมระหว่างต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลและด้านความเสียหายภายในต่ำลงสำหรับการทดสอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดเวลาในการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนลงได้
2. ผลผลิตที่ได้จากสายการผลิตมีมากขึ้น
3. ได้พื้นที่ในสายการผลิตเพื่อนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นตามต้องการ
4. ต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลและด้านความเสียหายภายในของการผลิตต่อหน่วยการผลิตลดลง ซึ่งจะเป็นผลทำให้ต้นทุนโดยรวมของการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ลดลงไปด้วย
5. สามารถสร้างแบบการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนที่เหมาะสม และสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ต้นทุนคุณภาพ

2.1.1 ความหมายของต้นทุนคุณภาพ

ต้นทุนคุณภาพ (ทัศนีย์ โพธิสรณ์ , 2548) นั้นเป็นต้นทุนที่กระจายอยู่ในทุกๆกิจกรรมขององค์กรต่างๆ นอกเหนือจากต้นทุนที่สามารถมองเห็นแล้ว ของที่จำเป็นต้องซ่อมแซม หรือต้นทุนที่ไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเงิน ก็ถือเป็นต้นทุนคุณภาพด้วยเช่นกัน ดังนั้น ต้นทุนคุณภาพจึงหมายถึง การคำนวณหาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมถึงเวลาที่ใช้ในการผลิต เวลาที่เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ การแก้ไขตัวงานที่บกพร่องหรือไม่ได้มาตราฐาน เศษวัสดุที่เหลือจากการประกอบตัวงานต่างๆ และเวลาที่เกิดจากการรอคอยในกระบวนการผลิตต่างๆ

2.1.2 ประเภทของต้นทุนคุณภาพ

ต้นทุนคุณภาพนั้นเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการคุณภาพ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ทัศนีย์ โพธิสรณ์ , 2548) คือ

a. ด้านการป้องกัน (Prevention) ต้นทุนทางด้านนี้รวมอยู่ในหน่วยงานทางด้านการออกแบบ เครื่องมือ และระบบคงไว้ซึ่งคุณภาพ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้วัดได้จากการลงทุนก่อนที่จะผลิตสินค้า เป็นค่าใช้จ่ายในระดับที่ประหยัดที่ทำให้สินค้ามีคุณภาพตามที่ต้องการ แบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

a) ด้านวิศวกรรมคุณภาพ (Quality Engineering) เป็นต้นทุนเกี่ยวกับการสร้างแผนคุณภาพทั้งระบบ แผนการตรวจสอบ แผนความเชื่อมั่นได้ ระบบข้อมูล และแผนพิเศษอื่น ๆ รวมทั้งเครื่องมือ และการซ่อมบำรุงของแผนการเหล่านั้นด้วย

b) ด้านออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์ (Design and Development of Equipment) เป็นต้นทุนของบุคคลในหน่วยงานการตรวจสอบและหน่วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ

c) ด้านการวางแผนคุณภาพโดยบุคคลอื่น เป็นต้นทุนของบุคคลอื่นที่ไม่ได้มีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ แต่ต้องเสียเวลามาวางแผนคุณภาพให้

d) ด้านการฝึกอบรมด้านคุณภาพ (Quality Training) เป็นต้นทุนในการฝึกอบรมบุคคลตามโปรแกรมปกติ การฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคคลในระดับต่าง ๆ

e) ด้านอื่น ๆ เป็นต้นทุนสำนักงาน ได้แก่ เงินเดือนเสมียน ค่าโทรศัพท์ ค่ารถ เป็นต้น

ต้นทุนทางด้านการป้องกันนี้จะจ่ายไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการป้องกันผลิตภัณฑ์ชำรุดเสียหาย

b. ด้านการตรวจสอบประเมินผล (Appraisal) ต้นทุนทางด้านนี้เกี่ยวกับทางด้านวัดค่าการประเมินผลของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ เป็นต้นทุนเพื่อการตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด แบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

a) ด้านการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่สั่งเข้ามา เป็นต้นทุนในการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่ผู้ผลิตข้างนอกส่งมา ทั้งนี้อาจรวมไปถึงต้นทุนที่ต้องไปตรวจสอบวัสดุ ณ โรงงานกรณีศึกษาของผู้ผลิตด้วย

b) ด้านการตรวจสอบและทดสอบ เป็นต้นทุนในการตรวจสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ได้แก่ การปรับตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ ตรวจผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต จนกระทั่งถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปรวมทั้งการทดสอบความเชื่อมั่นได้ของผลิตภัณฑ์

c) ด้านการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้นทุนในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตและสำเร็จรูป

d) ด้านการใช้วัสดุและบริการ เป็นต้นทุนในด้านเกี่ยวกับวัสดุและบริการที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งค่าวัสดุที่ถูกทดสอบโดยการทำลาย

e) การปรับตั้งเครื่องมือและการบำรุงรักษา เป็นต้นทุนในการปรับแต่งและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ

สิ่งสำคัญของกิจกรรมด้านการตรวจสอบและประเมินผลคือการประเมินและวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

c. ต้นทุนความล้มเหลว โดยต้นทุนทางด้านนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อยๆคือ

a) ด้านความเสียหายภายใน (Internal Failure) ต้นทุนในด้านนี้เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน และวัสดุมีคุณภาพไม่ตรงตามที่ต้องการก่อนส่งไปถึงมือลูกค้า แบ่งย่อยออกเป็นดังนี้

i. ของชำรุด (Scrap) ของเมื่อชำรุดเสียหายจนซ่อมแซมใหม่ไม่ได้ ทำให้สูญเสียค่าแรงงาน ค่าวัสดุ ค่าโสหุ้ยไปทั้งหมด

ii. ซ่อมแซม (Rework) เป็นต้นทุนที่เสียไปในการซ่อมผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้คุณภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

iii. การวิเคราะห์ความเสียหาย เป็นต้นทุนในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายและไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

iv. การตรวจสอบซ้ำ เป็นต้นทุนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่นำไปซ่อม

v. ตรวจของเสียที่ปนเข้ามาจากผู้ส่งไม่พบ เมื่อผู้ส่งวัสดุมาให้เรามีของเสียปนมาแต่เราตรวจไม่พบ ทำให้ต้องยอมรับของเสียปนเข้ามาด้วย

vi. ลดราคา ต้องลดราคาขายต่อหน่วยลงมาจากราคาปกติ เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ได้มาตรฐานแต่ยังใช้งานได้

ต้นทุนทางด้านความเสียหายภายใน ใช้ไปกับกิจกรรมที่แก้ไข สิ่งบกพร่องของผลิตภัณฑ์ก่อนจะเป็นที่ยอมรับของลูกค้า

b. ด้านความเสียหายภายนอก (External Failure) ต้นทุนทางด้านนี้เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว แต่ใช้งานได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ต้นทุนด้านนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าผลิตภัณฑ์ไม่มีข้อบกพร่อง แบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

i. การต่อว่า (Complaints) เป็นต้นทุนในการปรับปรุงด้านต่าง ๆ ที่ได้รับการต่อว่าจากผู้บริโภค

ii. การไม่ยอมรับและการเปลี่ยนใหม่ เป็นต้นทุนในการขนส่งและนำไปเปลี่ยนให้ใหม่ในกรณีส่งคืน

iii. การซ่อมแซม เป็นต้นทุนการซ่อมแซมของที่ส่งคืนมา

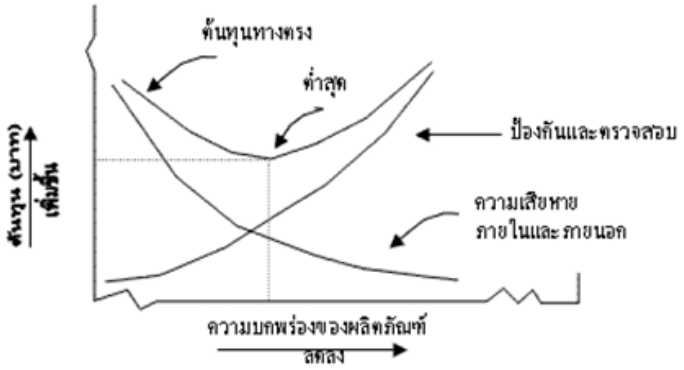
iv. การรับประกัน เป็นต้นทุนสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องนำไปเปลี่ยนให้ใหม่ในช่วงการรับประกัน

v. ความผิดพลาด เป็นต้นทุนสำหรับการที่ต้องนำผลิตภัณฑ์ไปเปลี่ยนให้ใหม่เนื่องจากความผิดพลาดใด ๆ

vi. ความรับผิดชอบ เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถูกฟ้องร้อง

ต้นทุนด้านความเสียหายภายนอกเป็นการเสียไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่แก้ไขความเสียหายหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว

โดยความสัมพันธ์ของต้นทุนด้านคุณภาพทางประเภทต่าง ๆ เช่น ต้นทุนการดำเนินงานด้านคุณภาพ ประเภทการป้องกันและการตรวจสอบประเมินผลถือว่าเป็นประเภทที่ควบคุมได้ ส่วนความเสียหายภายในและภายนอกเป็นประเภทที่ควบคุมไม่ได้ดังภาพแสดงความสัมพันธ์ของกราฟต้นทุนประเภทที่ควบคุมได้และไม่ได้



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของต้นทุนทางด้านการป้องกันและตรวจสอบและต้นทุนความเสียหายภายในและภายนอก

ขณะที่ต้นทุนทางด้านการป้องกันและตรวจสอบเสียเพิ่มขึ้น ค่าความเสียหายภายในและภายนอกจะลดลงจนกระทั่งเลยจุดตัดของกราฟ 2 เส้นนี้ไปเพียงเล็กน้อย ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ณ จุดนี้ ความเสียหายของผลิตภัณฑ์จะน้อยและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ เมื่อพิจารณาจะพบว่าการลงทุนด้านการป้องกันและตรวจสอบค่อนข้างสูง แต่ก็ได้ผลคือความเสียหายลดลง อีกทั้งยังได้ประโยชน์จากการที่ผลิตภัณฑ์มีของเสียน้อย เมื่อผู้บริโภคนำไปใช้จะเกิดความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และชื่อเสียงของบริษัททำให้เกิดการซื้อซ้ำ

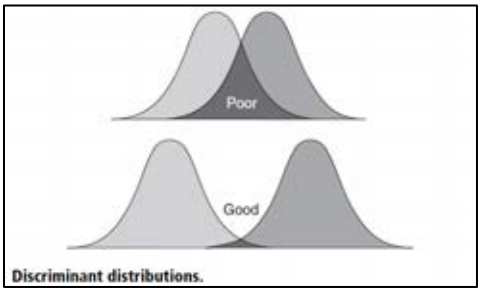
2.2 Discriminant Analysis

Discriminant Analysis นั้นเป็น Function หนึ่งที่ใช้ในกรณีที่ต้องการพยากรณ์ผลลัพท์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะคล้ายกับผลที่ได้จะรับจาก Multiple Linear Regression แต่ผลลัพท์ที่แตกต่างกับของ Multiple Linear Regression และ Discriminant Analysis นั้นคือ Multiple Linear Regression นั้นจะถูกใช้ในกรณีที่ผลลัพท์ของการพยากรณ์นั้นมีค่าเป็นค่าต่อเนื่อง แต่ในขณะที่ Discriminant Analysis นั้นจะมีค่าผลลัพท์ออกมาอยู่ในรูปของกลุ่ม ตัวอย่าเช่น ลูกค้าที่ซื้อของกับลูกค้าที่ไม่ซื้อของ ลูกค้าขับรถหรือลูกค้าใช้บริการรถสาธราณะ หรือการจำแนกความเสี่ยงในการอนุมัติบัตรเครดิตของลูกค้ามากหรือน้อย ซึ่งการทำนายผลลัพท์ที่มีการแบ่งกลุ่มนี้ Discriminant Analysis เหมาะที่จะถูกนำมาใช้มากกว่า Multiple Linear Regression

เป้าหมายของ Discriminant Analysis นั้นเป็นการสร้างสมการที่จะลดโอกาสในการพยากรณ์ที่ผิดพลาดให้ต่ำที่สุด โดยการจัดกลุ่มนั้นจะรวมผลของตัวแปรต่อเนื่องต่างๆที่ใส่เข้าไปเป็น input ของ Discriminant Analysis จากนั้นตัว Discriminant Analysis จะสร้างสมการพยากรณ์ที่สามารถแยกสิ่งที่ต้องการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มได้

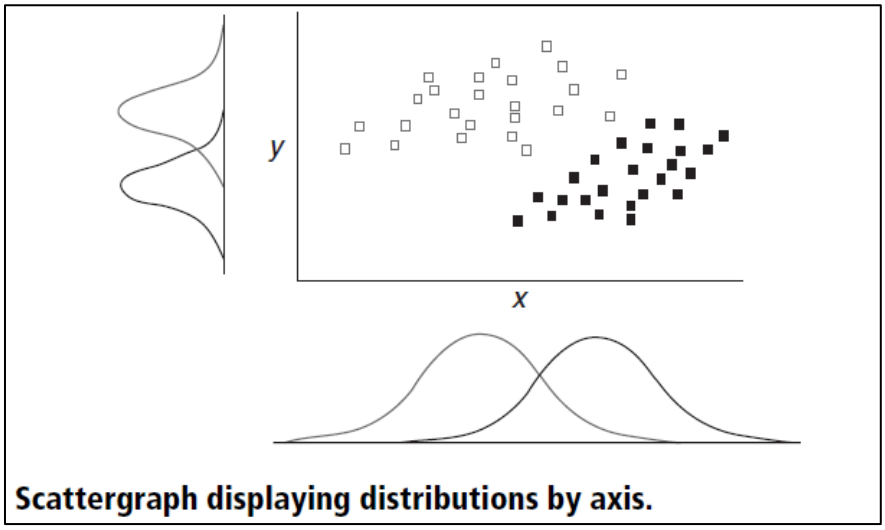
Discriminant Analysis สามารถแยกกลุ่มที่ต้องการจำแนกได้เป็นอย่างดี โดยการการกระจายตัวของ Discriminant Score เป็นสิ่งที่ใช้วัดว่าสมการที่สร้างขึ้นมาสามารถแยกกลุ่มได้เป็นอย่างดีหรือไม่ หากพิจารณารูปภาพที่ 2.2 ซึ่งรูปภาพบนซึ่งมีส่วนที่เป็นงานที่ดีและงานที่ไม่ดีทับกันอยู่เยอะ นั่นถือเป็น

ผลลัพธ์ที่ไม่ดีของ Discriminant Analysis เมื่อเทียบกับรูปภาพด้านล่างในรูปภาที่ 2.2 รูปภาพล่างที่มีส่วนที่ดีและไม่ดีทับกันอยู่น้อยกว่า ซึ่งโอกาสที่จะพยากรณ์ผิดพลาดเมื่อเราได้ผลออกมาเป็นเหมือนกับรูปภาพบนนั้นจะสูงกว่าผลที่ออกมาเหมือนรูปภาพที่ 2.2



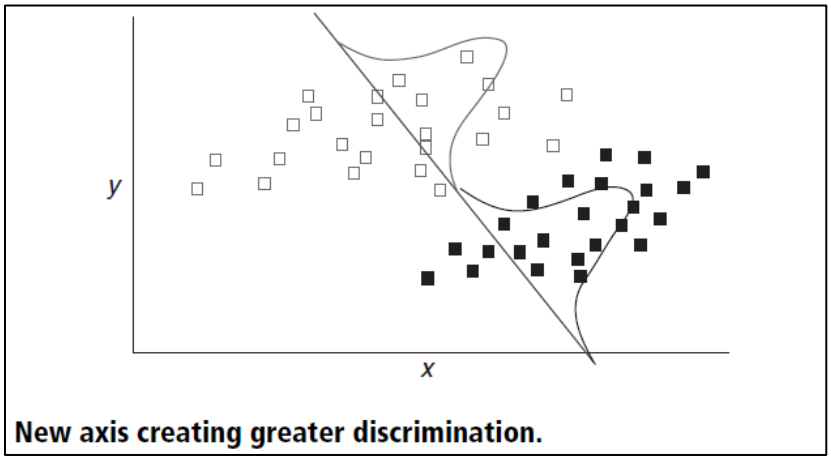
รูปที่ 2.2 ความสามารถในการจำแนก

หลักการสร้างสมการเพื่อใช้ในการพยากรณ์กลุ่มของ Discriminant นั้นสามารถบอกเล่าได้ด้วยกราฟของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีค่าแตกต่างกัน เมื่อเรานำ 2 ตัวแปรจาก 2 กลุ่มมาใส่ลงไปในกราฟแบบ Scatter จะได้กราฟออกมาดังรูป 2.3



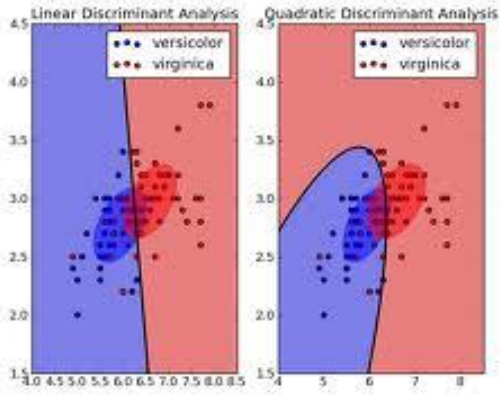
รูปที่ 2.3 ตัวแปร 2 กลุ่ม แบบ Scatter

แกนใหม่จะถูกสร้างขึ้นจากตัว Function ของ Discriminant ซึ่งเป็นการสมการเส้นหนึ่งที่เป็นนำแกน X และ แกน Y รวมเข้าด้วยกัน โดยเราจะเรียกสมการนี้ว่า Discriminant function ซึ่งการพยากรณ์ของนั้นก็จะใช้สมการที่ได้จาก Discriminant นั่นเอง



รูปที่ 2.4 สมการจำแนกตัวแปร 2 กลุ่ม

โดยปกติแล้วเราจะเห็นว่า Discriminant Analysis นั้นจะมีวิธีการทำอยู่หลายแบบซึ่งขึ้นอยู่กับค่าที่ถูกใส่เข้าไปเพื่อพยากรณ์ผลออกมา ซึ่งตัวที่เราจะพบเห็นบ่อยๆนั่นจะมี Linear Discriminant analysis และ Quadratic Discriminant analysis



รูปที่ 2.5 สมการจำแนกด้วยวิธีการคำนวนแบบ Linera Method และ Quadratic Method

สำหรับ Linear Discriminant analysis นั้น เราจะถือว่าผลลัพท์ที่ออกมาจะถือว่าผลที่ได้จากการพยากรณ์นั้นเป็นการกระจายตัวแบบปกติทั้งความแปรปรวน(Variances)และความแปรปรวนร่วม (Covariances) แต่ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X ที่แตกต่างกัน ในขณะที่ Quadratic Discriminant analysis นั้น ความแปรปรวนสามารถแตกต่างในแต่ละตัวแปร X ได้ ซึ่งทั้งสองกระบวนการนั้นจะทำการวัดระยะทางระหว่างแต่ละจุดของข้อมูลและทำการจำแนกว่าจุดดังกล่าวควรจะถูกจำแนกอยู่ใกล้กับกลุ่มใด โดยระยะห่างนั้นจะถูกเรียกว่าระยะห่างของ Mahalanobis ที่เป็นค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

- **วิวัฒนาการของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ** (อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร, 2549)

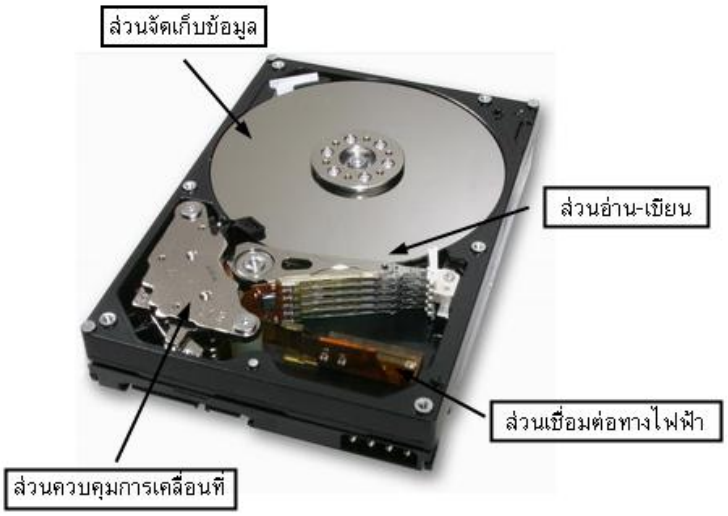
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหรือกล่องจานบันทึกแบบแข็งเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้จัดเก็บข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยอาศัยหลักการทางแม่เหล็ก ซึ่งได้มีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ ค.ศ. 1955 เมื่อ บริษัท ไอบีเอ็ม ได้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวแรกของโลก ที่สร้างขึ้นโดยนายเรย์ จอห์นสัน (Rey Johnson) เพื่อให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเข้าหาข้อมูลได้โดยการสุ่ม เนื่องจากในสมัยก่อนนั้นข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปของเทปบันทึกข้อมูล ซึ่งมีข้อจำกัดในการเข้าหาข้อมูลที่อยู่ส่วนหลังของเทป ดังนั้นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจึงเป็นการแก้ปัญหานี้ได้เพราะสามารถเข้าหาข้อมูลได้ในทุกตำแหน่งโดยไม่ต้องเริ่มจากตำแหน่งเริ่มต้น

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวแรกมีชื่อว่า ไอบีเอ็ม 305 (IBM 305) หรือราแมค (IBM RAMAC) โดยในยุคแรกนี้ ส่วนอ่านและส่วนเขียนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้น อาศัยขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก ซึ่งเป็นส่วนจำกัดในการเพิ่มความจุ เนื่องจากในการที่จะเพิ่มความจุนั้น ต้องเพิ่มความหนาแน่นของบิตและความหนาแน่นของเส้นแนว ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นแผ่นฟิล์มบางทางแม่เหล็กแบบเอเอ็มอาร์ (AMR) และแผ่นฟิล์มบางทางแม่เหล็กแบบสปินวาล์ว (SV) โดยมักเรียกรวมกันว่า แผ่นฟิล์มบางทางแม่เหล็กหรือเอ็มอาร์ (MR)

ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้มีการนำไปใช้เป็นส่วนเก็บข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น กล้องดิจิทัล กล้องถ่ายวีดีโอแบบดิจิทัลหรือโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

- **โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ** (อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร, 2549)

ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเมื่อแบ่งตามหน้าที่การทำงาน สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1) ส่วนอ่าน-เขียน (Read-Write Part) สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

- ส่วนหัวบันทึก ประกอบด้วย ส่วนอ่านมีลักษณะเป็นฟิล์มบางทางแม่เหล็กที่มีความหนาในระดับนาโนเมตร ทำให้สามารถอ่านข้อมูลที่มีขนาดของบิตเล็กลงได้ ส่วนเขียนมีลักษณะเป็นขดลวดที่พันรอบแกนเฟอร์ไรต์ โดยป้อนแรงดันที่เป็นบวกและลบผ่านทางสัญญาณ 2 เส้น ไปยังที่ปุ่มเขียนเพื่อให้บิตในแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่เป็นส่วนจัดเก็บข้อมูล และส่วนป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอกมีลักษณะเป็นแกนโลหะที่ป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอกที่เข้ามารบกวนการอ่านเขียนข้อมูล

- ส่วนแขนจับ เนื่องจากหัวบันทึกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง ดังนั้นจึงต้องอาศัยแขนจับหัวบันทึกเพื่อให้เคลื่อนที่ยังบิตหรือตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งแขนจับนี้สามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ ชุดหัวบันทึกที่กรอกไปมาได้ (HGA) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับหัวบันทึกที่อยู่ในรูปของสไลเดอร์และนำสไลเดอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหรือบิตที่ต้องการ โดย HGA หนึ่งชิ้นจะอ่านข้อมูลจากจานแม่เหล็กได้เพียง 1 ด้าน และชุดหัวบันทึกแบบชั้น (HSA) ประกอบด้วย HGA จำนวนหลายๆชิ้นที่จัดเรียงในแนวตั้งเพื่อใช้ในการอ่านเขียนข้อมูลจากแผ่นจานบันทึกข้อมูลหลายๆแผ่น

2) ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage Part) ส่วนนี้จะอาศัยหลักการทางแม่เหล็ก โดยโครงสร้างของจานบันทึกข้อมูลจะประกอบไปด้วยฐาน ชั้นย่อยนิกเกิล-ฟอสฟอรัส (Ni-P Sublayer) ชั้นเคลือบด้านล่าง (Underlayer) ชั้นแม่เหล็ก (Magnetic Layers) ชั้นคาร์บอนเคลือบด้านบน (Carbon Overcoat) ชั้นสารหล่อลื่น (Lubricant) แต่ก่อนกันบันทึกข้อมูลจะเป็นการบันทึกในแนวนอน (Horizontal Recording) ซึ่งต้องใช้พื้นที่และปริมาตรในการเปลี่ยนแปลงทางแม่เหล็ก แต่เมื่อหัวบันทึกได้ลดขนาดลงมาอย่างมาก ทำให้การจัดเก็บข้อมูลวิธีนี้ไม่สามารถลดขนาดของบิตลงมาได้ ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนมาเป็นการบันทึกข้อมูลในแนวดิ่ง (Perpendicular Recording) ที่มีแมกเนไตเซชันจะวางตัวในแนวดิ่งซึ่งมีผลทำให้ขนาดบิตเล็กลงอย่างมาก

3) ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ (Movement Controlling Part) สามารถแบ่งตามอุปกรณ์หลักที่ถูกเคลื่อนที่ ได้แก่ ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวบันทึก (Controlling part for Moving Head) มีการควบคุมการเคลื่อนที่หัวบันทึกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การควบคุมการเคลื่อนที่แบบหยาบ และการควบคุมการเคลื่อนที่แบบละเอียด และส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของจานบันทึกข้อมูล (Controlling Part for Media) ซึ่งในการอ่านเขียนข้อมูลนั้น หัวบันทึกจะเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีเพื่อหาแนวข้อมูล (Track) ที่ต้องการ แต่ไม่สามารถหาแนวข้อมูลได้ทั้งจานบันทึกข้อมูล ดังนั้นจานบันทึกข้อมูลต้องหมุนเพื่อให้หัวบันทึกสามารถหาบิตที่ต้องการได้ โดยทั่วไปบนจานบันทึกข้อมูลจะมีการเขียนรูปแบบเซอร์โว (Servo Pattern) เพื่อให้หัวบันทึกสามารถหาตำแหน่งของข้อมูลได้ถูกต้องและรวดเร็ว

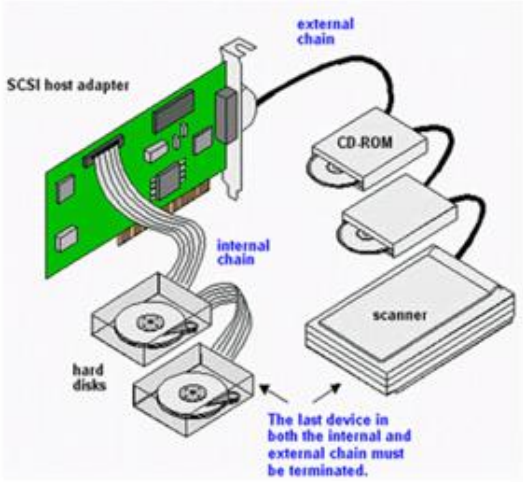
4) ส่วนเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Electrical Interconnection Part) สัญญาณจากการอ่านเขียนจะถูกเชื่อมต่อกับวงจรควบคุมของคอมพิวเตอร์หรือหน่วยประมวลผลข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางสายสัญญาณโดยผ่านวงจรควบคุมที่อยู่ในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและตัวเชื่อมต่อแบบที่มีหมุด 18 หรือ 20 ตัว ก่อนส่งสัญญาณเข้า-ออกจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งวงจรควบคุมต่างๆในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เช่น วงจรควบคุมขดลวดเสียงและมอเตอร์แบบหมุน วงจรสำหรับควบคุมช่องทางการอ่านเขียน วงจรรวมสำหรับการสั่นสะเทือน เป็นต้น รวมทั้งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดนั้นจะอยู่ในรูปแผงวงจรที่อยู่ใต้ฐานของชุดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

- **ชนิดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแบ่งตามการเชื่อมต่อ (Interface)**

1) แบบ IDE (Integrate Drive Electronics) เป็นการเชื่อมต่อแบบเก่า ที่มีเชื่อมต่อด้วยสายแพทั้งหมด 40 เส้น ซึ่งสายแพ 1 เส้นนั้นสามารถเชื่อมต่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 2 ตัว มีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล 8.3 เมกะไบต์ต่อวินาที และมีความจุ 504 เมกะไบต์

2) แบบ E-IDE (Enhanced Integrated Drive Electronics) ได้พัฒนามาจากแบบ IDE แต่มีการเชื่อมต่อด้วยสายแพ 80 เส้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล 133 เมกะไบต์ต่อวินาที และมีความจุสูงกว่า 504 เมกะไบต์

3) แบบ SCSI (Small Computer System Interface) แบบนี้จะมีการ์ดสำหรับควบคุมการทำงานโดยเฉพาะ เรียกว่า การ์ด SCSI ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานโดยผ่านสายแพรแบบ SCSI มีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล 320 เมกะไบต์ต่อวินาที และมีความเร็วรอบในการหมุนของจานบันทึกข้อมูลอยู่ที่ 10,000 – 15,000 รอบต่อนาที การเชื่อมต่อแบบนี้ส่วนใหญ่นำมาใช้กับงานด้านเครือข่าย (Server) เท่านั้น



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบ SCSI

4) แบบ Serial ATA เป็นการเชื่อมต่อที่เป็นที่นิยมและมีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สามาขยายช่องสัญญาณการถ่ายข้อมูลเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าและสามารถรับส่งข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การเชื่อมต่อแบบนี้ทำให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆได้ อาทิเช่น CD-RW หรือ DVD พร้อมทั้งการเชื่อมต่อแบบนี้ยังช่วยลดปัญหาการส่งข้อมูลระหว่างซีพียูกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงได้ และยังสามารถกำหนดได้ว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวไหนเป็นตัวหลักเป็นตัวรองเพื่อง่ายต่อการใช้งานได้อีกด้วย

- **ความเร็วรอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ**

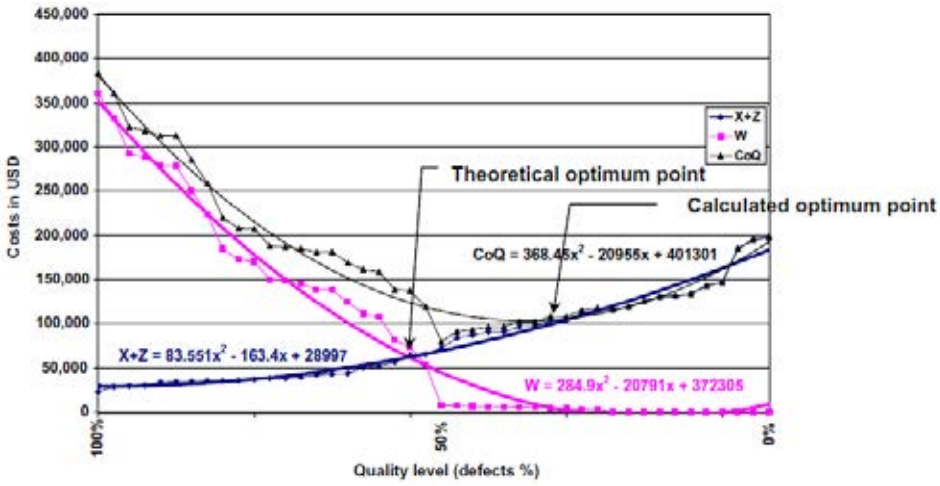
ความเร็วรอบของฮาร์ดดิสก์นั้นมีความสำคัญ เนื่องจากยิ่งความเร็วรอบสูง การส่งข้อมูลก็จะเร็วขึ้นตามไปด้วย ปัจจุบันความเร็วรอบในการหมุนของจานบันทึกข้อมูลมาตรฐานของ พีซีและแล็บท็อปอยู่ที่ 7,200 รอบต่อนาที (ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้ว) และความเร็วรอบ 5,400 รอบต่อนาที (ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้ทำงานวิจัยได้ทำการศึกษาและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ แนวคิดเรื่องการลดต้นทุนคุณภาพ แนวคิดการลดการตรวจสอบ และแนวคิดเรื่องการลดต้นทุนคุณภาพโดยลดการตรวจสอบ เพื่อเป็นแนวทางในการทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยประกอบไปด้วย

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดต้นทุนคุณภาพ

จากการสำรวจงานวิจัยต่างๆทั้งในประเทศไทยและงานวิจัยจากต่างประเทศพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนคุณภาพนั้นจะเป็นงานที่จะทำการศึกษาต้นทุนคุณภาพเพื่อวิเคราะห์หาต้นทุนของการผลิต ดังเช่นงานวิจัยของกังวาน ชยุติมันต์กุล (2545) ที่นำต้นทุนคุณภาพไปศึกษา ระบบต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโรงหล่อโลหะที่ใช้เตาไฟฟ้า โดยปัญหาที่พบของโรงงานกรณีศึกษาคือโรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถแยกต้นทุนที่เกิดจากคุณภาพได้ จึงการทำการศึกษาต้นทุนด้านต่างๆในแต่ละแผนก ของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยทำให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งต้นทุนคุณภาพและต้นทุนซ่อนเร้นออกจากต้นทุนรวมได้ ส่วนงานวิจัยของ (Hisham M.E. Abdelsalam และ Medhat M. Gad,2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยต้นทุนคุณภาพของบริษัทสร้างที่อยู่อาศัยในดูไบ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรเรตส์ โดยอ้างอิง PAF Model ตามรูปที่ 2.5 พบว่าบริษัทรับสร้างที่อยู่อาศัยเหล่านี้มีค่าเฉลี่ยต้นทุนคุณภาพด้านความล้มเหลว (Failure Cost) ที่สูงถึง 7% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างที่อยู่อาศัย ซึ่งถ้าบริษัทเหล่านี้สามารถลดปัญหาการสร้างผิดและงานแก้ไขลงได้จะสามารถลดต้นทุนด้านความล้มเหลวได้มากทีเดียว



รูปที่ 2.8 PAF Model ที่ได้จากงานวิจัยของ Hisham M.E. Abdelsalam (2008)

การนำต้นทุนคุณภาพไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอีกด้านหนึ่งที่สามารถพบงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ โดยการมุ่งเน้นการนำไปประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพกับงานในโรงงานกรณีศึกษาอุตสาหกรรมแบบโรงงานกรณีศึกษาที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตลงหรือต้องการปรับปรุงให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น เช่นตัวอย่างงานวิจัยของ สุภารัตน์ ธาราสายทอง (2549) ได้ทำการพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด โดยทำการศึกษาต้นทุนคุณภาพทั้ง 4 ส่วน ประกอบไปด้วยต้นทุนการตรวจสอบ (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และการประเมินผล (Appraisal Costs) ต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) และต้นทุนคุณภาพที่ซ่อนเร้น (Hidden Quality Costs) โดยหลังจากทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแล้วพบว่าสามารถทำให้ต้นทุนคุณภาพของบริษัทลดลงได้ 27.72% ซึ่งช่วยให้บริษัทสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากกระบวนการผลิตแบบเดิมลงได้ หรืองานวิจัยของวัสชัย ลิมปนวาร (2542) เสนอแนะขั้นตอนการจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพในกระบวนการผลิตเครื่องครัว เพื่อเป็นตัววัดคุณภาพของระบบการผลิต เพื่อจะได้พัฒนาคุณภาพของการผลิตให้ดียิ่งขึ้น ผลของงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ต้นทุนคุณภาพของบริษัทสูงถึง 26.45% ซึ่งหลังจากวิเคราห์และทำการแก้ปัญหา 1 เดือน บริษัทสามารถลดต้นทุนส่วนนี้ลงได้ถึง 12%

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดการตรวจสอบ

ในโรงงานกรณีศึกษาอุตสาหกรรมที่เป็นภาคการผลิตนั้น การลดต้นทุนเป็นสิ่งสำคัญที่โรงงานกรณีศึกษาต่างๆจะต้องทำเพื่อการเพิ่มสัดส่วนของผลกำไรและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่ง การนำเทคนิคการลดการตรวจสอบแบบต่างๆมาใช้ในโรงงานกรณีศึกษาจึงเป็นสิ่งที่โรงงานกรณีศึกษาที่ต้องการลดต้นทุนโดยการลดการตรวจสอบนำมาใช้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของอุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545) ได้ทำงานวิจัยการลดของเสียในกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยส่วนหนึ่งของงานวิจัยได้ใช้วิธีการพิจารณาว่าการตรวจสอบใดจำเป็นและการตรวจสอบใดไม่จำเป็นต่อกระบวนการผลิต โดยใช้แนวคิดที่ว่าถึงแม้ว่าการตรวจจะเป็นส่วนของต้นทุนผลิตที่สำคัญ แต่การตรวจสอบที่มากเกินไปอาจก่อนให้เกิดความสูญเสียเพราะการตรวจสอบไม่ก่อให้เกิดผลผลิตใดๆ หลังจากการปรับปรุง ด้วยวิธีการลดจำนวนหรือความถี่ในการตรวจสอบในกระบวนการที่ในกระบวนการที่พบปัญหาน้อย และสามารถลดของเสียซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการได้จาก 2,849 DPM ลงเหลือ 2,000 DPM แต่การลดการทดสอบลงอาจจะทำให้เกิดของเสียที่กระบวนการถัดไปหรือหลุดลอดไปหาลูกค้าโดยทำการตรวจจับที่ลดลงนั้นไม่สามารถตรวจจับได้ ซึ่งในงานวิจัยฉบับคำนึงถึงปัญหาในส่วนนี้ โดยปัญหาการหลุดลอดของของเสียจากการสุ่มทดสอบสามารถถูกตรวจจับได้ด้วยการตรวจสอบในขั้นตอนต่อจากกระบวนการศึกษาซึ่งเป็นการตรวจสอบแบบ 100% นอกจากนี้ยังมีการปรับใช้การสุ่มทดสอบเช่นตัวอย่างงานวิจัยของ (Hong-Fwu Yu a, Wen-Ching Yu, Wen Ping Wu ,2009) ที่นำเสนอแนวทางการตรวจสอบแบบปกติร่วมกับการตรวจสอบโดยใช้การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 (CSP-1) โดยงานวิจัยทำการศึกษาแยกกันระหว่าง ชิ้นงานที่ไม่สามารถซ่อมได้และชิ้นงานที่สามารถซ่อมได้ ด้วยใช้วิธีการพิจารณาการตรวจสอบที่ผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) และแบบที่ 2 (Type II error) และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับการตรวจสอบ

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการลดต้นทุนคุณภาพโดยลดการตรวจสอบ

เป้าหมายของทุกอุตสาหกรรมคือความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งในการลดต้นทุนด้วยการลดการตรวจสอบนั้นสามารถลดต้นทุนได้อย่างมาก แต่หากการลดการตรวจสอบส่งผลให้ระดับคุณภาพของงานที่ส่งไปถึงลูกค้าด้อยลงไป การลดต้นทุนนั้นอาจจะส่งผลเสียต่ออุตสาหกรรมและความน่าเชื่อถือของบริษัทได้ ดังนั้นการลดต้นทุนแต่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องส่งไปยังลูกค้าจึงเป็นแนวคิดที่ถูกนำมาใช้และสามารถพบได้ในงานวิจัย ตัวอย่างงานวิจัยที่นำแนวคิดทางด้านนี้มาใช้ เช่น งานวิจัยของเสริมสุข แซ่ตั้ง (2552) ที่ใช้วิธีการลดการตรวจสอบโดยใช้การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 (CSP-1) ออกแบบการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหัวอ่าน Head Stack Assembly (HSA) โดยพิจารณาให้ได้ต้นทุนคุณภาพที่ต่ำที่สุด ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยที่ทำการวิจัยกับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์เช่นเดียวกันกับงานวิจัยฉบับนี้ โดยในงานวิจัยของเสริมสุขนั้นพิจาณาต้นทุนคุณภาพ 3 ส่วนคือ ต้นทุนการตรวจสอบ ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และการประเมินผล และต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวมีการสำรวจต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหัวอ่าน HSA ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้กับงานวิจัยฉบับนี้ได้ ข้อจำกัดของงานวิจัยที่คาดว่าจะพบเช่นเดียวกับงานวิจัยชิ้นนี้คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 นั้นจะมีการสุ่มทดสอบเกิดขึ้นซึ่งอาจจะมีงานบางส่วนที่มีปัญหาหลุดลอดไปยังกระบวนการถัดไปหรือหลุดไปยังลูกค้าซึ่งผลของงานที่มีปัญหาจะทำให้เกิด defect ในกระบวนการถัดไปได้ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะคำนึงถึงปัญหาในส่วนนี้ด้วย

ตารางที่ 2.1 ตารางศึกษาต้นทุนคุณภาพในงานวิจัย

ที่มา : เสริมสุข แซ่ตั้ง (2552)

ประเภทของค่าใช้จ่าย	
การป้องกันความบกพร่อง	ค่าการฝึกอบรมพนักงาน
	ค่าวางแผนคุณภาพ
	ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ
การตรวจสอบ	ค่าสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต
	ค่าสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบ
ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่อง	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง
	ค่าใช้จ่ายในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้
	ค่าใช้จ่ายของการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง
	ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์เสีย

นอกจากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ยังมีงานวิจัยของ Surin Sirikhumhom (2009) ที่ศึกษาแบบจำลองค่าใช้จ่ายโดยใช้การอ้างอิงต้นทุนคุณภาพเพื่อที่จะนำมาใช้กับกระบวนการตรวจสอบหลายๆกระบวนการ โดยกระบวนการที่มีอยู่เดิมคือกระบวนการตรวจสอบ 100% เหมือนกับกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของงานวิจัยนี้ จากนั้นงานวิจัยได้ทำการออกแบบแผน การหาจำนวนชิ้นสำหรับการตรวจสอบต่อครั้ง (Sample Size , n) และ ค่าที่จะยอมรับ (Acceptance number , c) สำหรับการสุ่มทดสอบแบบ ANSI/ASQC Z1.4 เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับต้นทุนคุณภาพ ในงานวิจัยมีการกำหนดต้นทุนค่าต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยฉบับนี้ได้ ผลของงานวิจัยจากการใช้การสุ่มทดสอบเพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพที่ลดลงและระดับคุณภาพที่ดีขึ้นนั้น ต้นทุนรวมสามารถลดลงได้ถึง 6.19% ซึ่งสามารถช่วยบริษัทประหยัดเงินจากต้นทุนได้ถึง 8,809,611 บาทต่อปี

ตารางที่ 2.2 ตารางศึกษาต้นทุนในแต่ละกระบวนการในงานวิจัย (Surin Sirikhumh, 2009)

ที่มา : Surin Sirikhumh (2009)

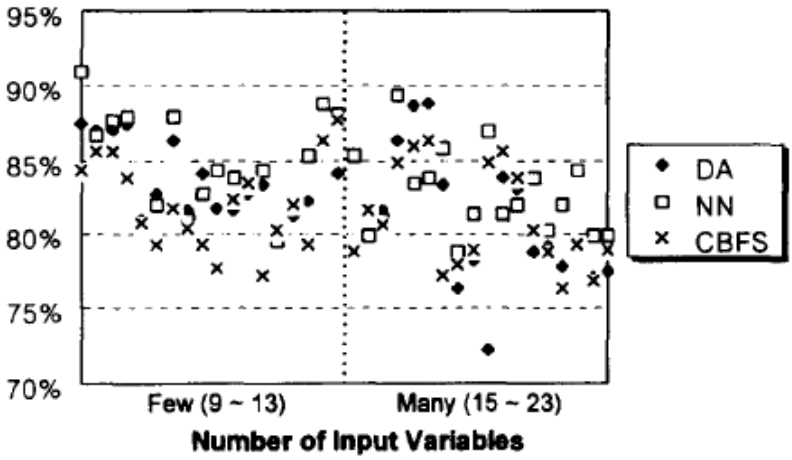
Inspection cost	×					
Cost of Lot Rejection		×	×	×		
Cost of Lot Acceptance			×		×	×
Types of Costs / Cost elements / Processes	Cost of inspection per product unit	Cost of reworking per product unit	Product cost per unit	Cost of scrap destruction per production unit	Penalty cost of defective product delivery to customer per product unit	Cost of defective investigation per product unit
PTH	×	×	×	×		
PP	×	×	×	×		
S/M	×	×	×	×		
E-Test	×	×	×	×		
Visual Inspection	×	×	×	×		
Customer			×		×	×

2.4.4 งานวิจัยที่นำ Discriminant Analysis มาใช้

Discriminant Analysis ถูกใช้อย่างแพร่หลายเพื่อที่จะนำมาจำแนกกลุ่มต่างๆออกจากกันด้วยการใช้ตัวแปรที่ถูกเก็บเข้ามา ตัวอย่างเช่น งานวิจัย การวิเคราะห์ตัวแปรจำแนกกลุ่มป่วยซ้ำและไม่ป่วยซ้ำของจิตเภทไทยมุสลิมของนาถนภา วงษ์ศีล (2555) ที่นำ Discriminant Analysis มาประยุกต์ใช้เพื่อแยกผู้ป่วยซ้ำทางจิตเภทซึ่งพบว่า Discriminant Analysis สามารถทำนายได้ถูกต้อง 97.3% แบ่งออกเป็นผู้ป่วยซ้ำสามารถทำนายได้ถูกต้อง 96.4% และสามารถทำนายผู้ป่วยไม่ซ้ำได้ถูกต้อง 98.2%

นอกจากนั้นยังพบงานวิจัยที่นำ Discriminant Analysis ไปเปรียบเทียบกับ Function อื่นๆที่คล้ายคลึงกันเช่น Case-Base forecasting และ Neural Network ตัวอย่างเช่นงานวิจัยเรื่อง Bankruptcy Prediction Using Case-Based Reasoning, Neural Networks, and Discriminant Analysis โดย (JO, Hongkyu; HAN, Ingoo; LEE, Hoonyoung , 1997) พบว่า Case-Base Forecasting และ Discriminant

Analysis สามารถจำแนกกลุ่มได้ไม่ต่างกัน ในขณะที่ Neural Network สามารถทำนายถูกต้องได้ต่ำกว่าสมการ 2 แบบข้างต้น นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ผู้ทำงานวิจัยได้ทำการเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการทำนาย พบว่าการเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการทำนายไม่มีผลกับความถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในผลสรุปการเพิ่มตัวแปรกับ Discriminant Analysis พบว่า จำนวนตัวแปรที่ 9 และ 16 มีโอกาสในการทำนายถูกสูงกว่าจำนวนตัวแปรอื่นๆ



รูปที่ 2.9 เปอร์เซ็นต์การทำนายถูกตามตัวแปรที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การทำนายถูกตามตัวแปรที่เพิ่มขึ้น

ที่มา : (JO, Hongkyu; HAN, Ingoo; LEE, Hoonyoung , 1997)

	DA	NN	CBFS	Average of the three methods
Number of input variables				
9	87.10	88.40	85.15	86.89
10	83.70	83.52	81.33	82.85
11	84.07	84.87	80.54	82.83
12	82.08	83.86	81.21	82.38
12[a]	81.38	81.87	79.86	81.04
13	84.25	87.37	84.41	85.34
15	80.58	82.09	80.37	81.01
16	87.90	85.55	85.68	86.38
16[a]	79.30	82.02	78.07	79.80
18	79.72	83.42	84.74	82.62
20	78.60	82.05	78.53	79.73
23	77.97	81.40	78.39	79.25

บทที่ 3

สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

ในส่วนของบทนี้จะนำเสนอสภาพปัญหาปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งจะทำเสนอข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา กระบวนการผลิต กระบวนการตรวจสอบ วิธีการทดสอบของโรงงานกรณีศึกษา

ข้อมูลทั่วไปที่จะนำเสนอในบทนี้ได้กล่าวเบื้องต้นไปแล้วในบทที่ 1 บทนำ แต่ในบทที่ 1 ไม่ได้มีการลงลายละเอียดในเชิงลึก จึงขอกล่าวรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

3.1 โรงงานกรณีศึกษา

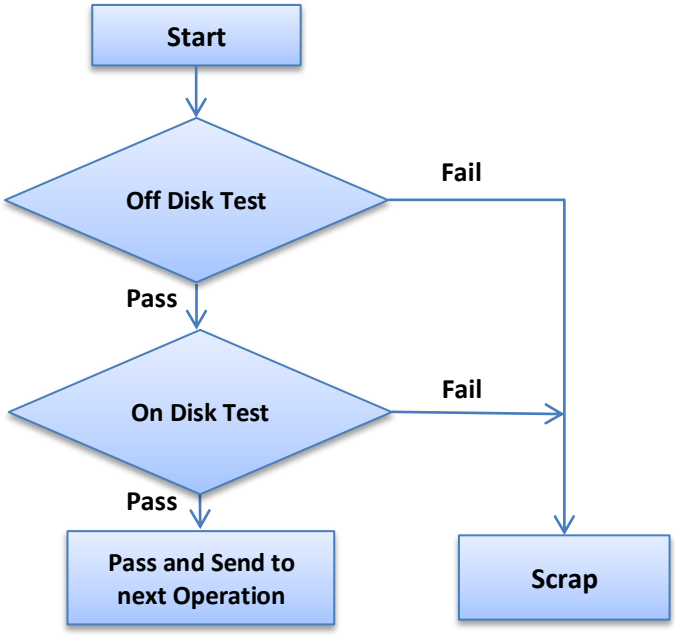
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับใช้งานในฮาร์ดดิสก์ โดยกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ทำโดยเครื่องจักร เมื่อกระบวนการผลิตเสร็จสิ้นโรงงานกรณีศึกษาจะส่งหัวอ่านเขียน HGA ทุกๆหัวอ่านเขียนเข้าไปทดสอบยังเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนที่จะเข้าเครื่องแยกว่าหัวอ่านเขียน HGA ตัวใดผ่านคุณสมบัติตามกำหนดซึ่งจะถูกส่งไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป แต่ถ้าหัวอ่านเขียน HGA ตัวใดไม่สามารถผ่านคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ได้ หัวอ่านเขียน HGA ตัวนั้นจะถูกนับเป็นของเสียและถูกส่งไปทำลาย

3.2 การทดสอบที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

การทดสอบในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมาก สิ่งหนึ่งที่ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์มองว่าการทดสอบเป็นเรื่องสำคัญเพราะต้องการให้คุณภาพของสินค้าที่ส่งไปยังมือของลูกค้านั้นมีคุณภาพที่ดี เพราะเมื่อส่งสินค้าด้อยคุณภาพไปให้ลูกค้าแล้ว ผลที่ตามมาคือบริษัทจะขาดความน่าเชื่อถือในสายตาของลูกค้าและจะส่งผลต่อยอดขายในระยะยาว

ในกระบวนการตัดหัวอ่านเขียนออกมาเป็น Slider นั้น จะมีการทดสอบหลายๆรูปแบบที่อยู่ระหว่างการทำกระบวนการตัด เช่น การวัดความหนา การวัดเวลาที่ถูกใช้ไป การวัดคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของ Slider เป็นต้น ซึ่งการทดสอบในกระบวนการนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นการสุ่มทดสอบบางส่วนผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตเท่านั้น และมีการทดสอบบางส่วนที่เป็นการทดสอบทั้งหมด 100% นั่นคือการทดสอบความหนาของ Slider และ ทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของ Slider

การทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นั้น มีการทดสอบแค่ครั้งเดียวคือการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA ซึ่งทำการทดสอบหลังจากกระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียนเสร็จสิ้นแล้ว ในระหว่างการทดสอบ กระบวนการทดสอบจะใช้แผ่นจานบันทึกข้อมูลเพื่อช่วยในการทดสอบดูคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน จากการศึกษาพบอีกว่า ที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของการประกอบหัวอ่านเขียนนี้สามารถแบ่งออกเป็นการทดสอบย่อยได้ 2 แบบคือ การทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล และการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.1 กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA

การทดสอบในกระบวนการการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้น จะทำการทดสอบหลังจากประกอบฮาร์ดดิสก์เสร็จเรียบร้อยแล้ว การทดสอบทำเพื่อทดสอบดูว่า คุณสมบัติของฮาร์ดดิสก์ที่ประกอบสำเร็จนั้น ตรงตามความต้องการของการผลิตหรือไม่ ซึ่งฮาร์ดดิสก์ทุกตัวจะต้องผ่านการทดสอบที่กระบวนการนี้เท่านั้นจึงจะสามารถผ่านไปยังกระบวนการทดสอบต่อไปได้

การทดสอบหลังกระบวนการการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นเป็นการทดสอบคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ ผู้ผลิตมีการทดสอบกระบวนการนี้เพื่อทดสอบดูว่าฮาร์ดดิสก์ที่ประกอบเสร็จแล้ว สามารถใช้งานในรูปแบบการใช้งานที่แตกต่างกันออกไปได้ไหม การทดสอบมีทั้งการเขย่าฮาร์ดดิสก์ ทดสอบการใช้งานที่อุณหภูมิต่างๆเป็นต้น ฮาร์ดดิสก์ที่ผ่านกระบวนการทดสอบนี้จะสามารถส่งไปขายได้ต่อไป

3.3 เงื่อนไขการผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

ที่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียน เงื่อนไขการผ่านการทดสอบของ Slider ที่กระบวนการการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของ Slider จะเป็นการทดสอบทุกๆ Slider ซึ่ง Slider ที่จะผ่านไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไปได้นั้นจำเป็นจะต้องผ่านทุกเงื่อนไขของการทดสอบ แต่ถ้าการทดสอบที่กระบวนการอื่นๆ อาจทำการทดสอบแค่เพียงบาง Slider ค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นจะต้องผ่านเงื่อนไขของค่าเฉลี่ยที่กำหนดไว้ จึงจะสามารถผ่านไปยังกระบวนการถัดไปได้

สำหรับกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นั้น หัวอ่านเขียน HGA จะผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของการประกอบหัวอ่านเขียนได้จะต้องผ่านย่อยทั้ง 2 แบบคือ ผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล (Off Disc testing) และผ่านการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล (On Disc Testing) จึงจะสามารถผ่านไปยังขั้นตอนการประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ได้ต่อไป โดยตารางที่ 3.1 เป็นตัวอย่างเงื่อนไขของการผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างเงื่อนไขการผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

ชื่อตัวแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
Voltage	1000	37000
ความเสถียรของหัวอ่าน		3.5
ความกว้างของหัวเขียน	3	6
ความกว้างหัวอ่าน	1.8	
ความต้านทาน 1	100	600
ความต้านทาน 2	10	150
ความต้านทาน 3	3	15
ความต้านทาน 4	-30	30
ความต้านทาน 5	-20	20
ความผิดพลาดในการอ่านเขียน		-3.5
ความสมมาตรของสัญญาณ	-20	20
ความสามารถการอ่านเขียน	0.81	
ความสามารถของหัวเขียน		-20
ระยะห่างการบิน	0	

3.4 ของเสียที่พบในกระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA

ในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA สำหรับฮาร์ดดิสก์ของผลิตภัณฑ์ A นั้นสามารถจำแนกของเสียที่เกิดขึ้นได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. หัวอ่านเขียนเสีย คือลักษณะของหัวอ่านเขียนที่เสียโดยที่ไม่สามารถอ่านหรือเขียนสัญญาณได้เลย หัวอ่านในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกว่า Dead HGA โดยพบว่าของเสียในกลุ่มนี้จะไม่สามารถผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลได้ ซึ่งของเสียชนิดนี้ถือเป็นของเสียร้ายแรงที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์และห้ามไม่ให้มีงานเหล่านี้ถูกส่งไปโดยเด็ดขาด

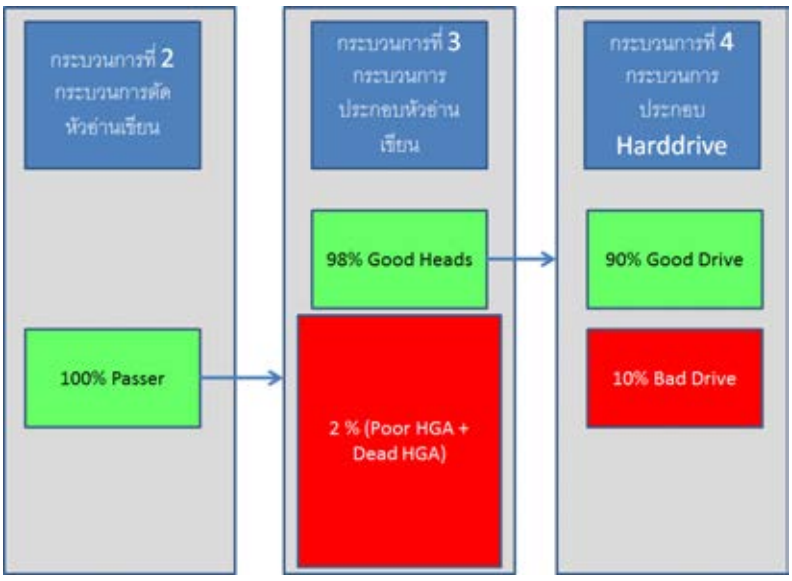
2. หัวอ่านเขียนมีคุณภาพต่ำ คือลักษณะของหัวอ่านเขียนที่สามารถใช้ได้เหมือนกับหัวอ่านเขียนทั่วไป แต่หัวอ่านเขียนเหล่านี้มีความสามารถในการอ่านและความสามารถในการเขียนที่ด้อยกว่าหัวอ่านเขียนส่วนใหญ่ หัวอ่านในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกว่า Poor HGA โดยปกติแล้วจะไม่มีหัวอ่านใน

กลุ่ม Poor HGA นี้ถูกส่งไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เนื่องจากของเสียในกลุ่มนี้จะถูกตรวจพบในกระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลซึ่งมีการทดสอบในทุกๆชิ้นงาน

3.5 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

ผลิตภัณฑ์ A เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย ผลิตภัณฑ์นี้เป็นหนึ่งในฮาร์ดดิสก์ที่ใช้งานในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Laptop) มีขนาดของแผ่นจานบันทึกข้อมูลเท่ากับ 3.5 นิ้ว

โรงงานกรณีศึกษานั้นอยู่ในลำดับที่ 3 ของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ หากมองย้อนกลับไปยังกระบวนการที่ 2 หรือกระบวนการตัดหัวอ่านเขียนจะพบว่า หัวอ่านเขียนที่ส่งมายังกระบวนการที่ 3 นั้นจะต้องเป็นหัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบที่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียนเท่านั้น จากนั้นกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA จะทำการประกอบหัวอ่านเขียนและนำไปทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพบว่า 98% ของหัวอ่านเขียนนั้นสามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการนี้ได้ หัวอ่านที่ผ่านกระบวนการนี้ไปได้จะถูกเรียกว่า Good HGA จากนั้นหัวอ่านในกลุ่มนี้จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการที่ 4 หรือกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อประกอบเสร็จแล้ว ฮาร์ดดิสก์ทั้งหมดจะถูกทดสอบและพบว่า 90% ของฮาร์ดดิสก์สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการนี้ได้

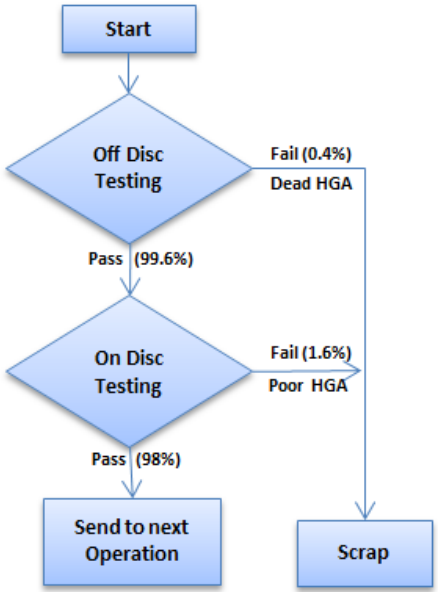


รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน ตั้งแต่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียนจนถึงกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

3.6 สภาพปัญหาปัจจุบัน

ในปัจจุบันนี้พบว่าเครื่องที่ใช้ในการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหัวอ่านเขียน HGA ไม่พอเพียงที่จะใช้ในการทดสอบในแต่ละวัน นอกจากนั้นความต้องการของหัวอ่านเขียนที่เพิ่มขึ้นทุกๆปี ทำให้โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องหาทางเพิ่มความสามารถของกระบวนการผลิตและความสามารถของกระบวนการทดสอบ

ผลิตภัณฑ์ A ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นั้น ในกระบวนการผลิต 1 วัน โรงงานกรณีศึกษาต้องทำการสร้างหัวอ่านเขียนที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ A ทั้งหมด 500,000 ตัว ดังนั้นโรงงานกรณีศึกษานี้จำเป็นจะต้องใช้เครื่องทดสอบทั้งหมด 60 เครื่อง สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ซึ่งคิดเป็น 50% ของความสามารถในการทดสอบของโรงงานกรณีศึกษา นอกจากนั้นยังพบว่าการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหัวอ่านเขียนที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ A นั้น สามารถผ่านการทดสอบได้สูงถึง 98% ของหัวอ่านเขียนทั้งหมด มี 1.6% เป็นหัวอ่านที่เป็นของเสียประเภท Poor HGA ที่ไม่สามารถผ่านการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ในขณะที่ 0.4% ของทั้งหมด เป็นหัวอ่านเขียนที่เป็นของเสียประเภท Dead HGA คือไม่สามารถผ่านการทดสอบแบบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลได้



รูปที่ 3.3 กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA ผลิตภัณฑ์ A

การที่ผลิตภัณฑ์ A นั้นใช้ทรัพยากรเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ในโรงงานกรณีศึกษาสูงถึง 50% ของเครื่องทดสอบทั้งหมดที่มี หากมีสมการหรือแผนการทดสอบใดที่สามารถพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียนได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จะส่งผลให้สามารถใช้ผลการพยากรณ์นั้นมาแทนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนจริง ซึ่งจะส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถลดการใช้เครื่องการทดสอบลงได้

ผลิตภัณฑ์ A ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหัวอ่านเขียน HGA 2 ตัว และแผ่นจากบันทึกข้อมูล 1 แผ่น ซึ่งที่กระบวนการนี้ ฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบนั้นมีอัตราส่วนประมาณร้อยละ 90 ของฮาร์ดดิสก์ทั้งหมด เมื่อฮาร์ดดิสก์ตัวใดไม่สามารถผ่านการทดสอบหัวอ่านเขียนได้ หัวอ่านเขียน หรือ ชิ้นส่วนอื่นๆ ที่คาดว่าจะเป็นต้นเหตุที่ทำให้ทดสอบไม่ผ่านจะถูกถอดออกจากชิ้นงานและนำไปเปลี่ยนเป็นชิ้นส่วนใหม่และนำมาทดสอบใหม่อีกครั้งหนึ่ง

บทที่ 4

การแก้ไขปัญหา

4.1 แนวทางการแก้ไขปัญหา

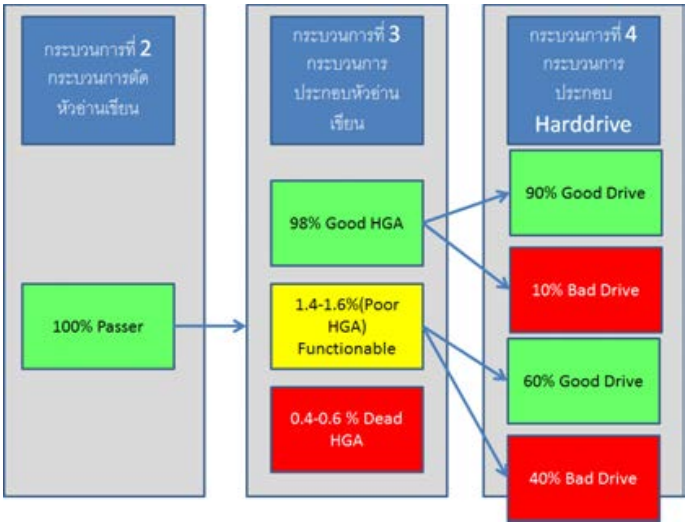
จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา ผู้ทำงานวิจัยมีแนวคิดว่า หากมีสมการหรือตัวช่วยในการพยากรณ์ซึ่งสามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการตรวจสอบของกระบวนการการประกอบหัวอ่านเขียนได้อย่างแม่นยำแล้วนั้น สมการหรือตัวช่วยในการพยากรณ์นี้จะสามารถนำมาใช้แทนการทดสอบหัวอ่านเขียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อมีกระบวนการที่สามารถนำมาใช้แทนการทดสอบได้แล้วนั้น เครื่องทดสอบที่ปกติต้องนำมาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ก็จะไม่ต้องนำมาใช้ ส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนจากการใช้เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน HGA ของผลิตภัณฑ์นี้ลงได้และสามารถนำเครื่องทดสอบที่ใช้ในการทดสอบนี้ไปใช้กับหัวอ่านเขียนผลิตภัณฑ์อื่นได้ต่อไป แต่หากสมการหรือตัวช่วยในการพยากรณ์ที่ถูกนำมาใช้พยากรณ์ได้ไม่แม่นยำ จะส่งผลให้หัวอ่านเขียนที่ไม่ควรจะผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA บางส่วนหลุดไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งจะส่งผลให้หัวอ่านเขียนเหล่านี้ไม่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของฮาร์ดดิสก์ และจะส่งผลให้สัดส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่ประกอบเสร็จแล้วไม่ผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์มีสูงขึ้น ซึ่งจะก่อนให้เกิดเป็นต้นทุนที่สูญเสียเป็นตัวเงินตามมา

จากการศึกษากระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA พบว่าหัวอ่านเขียน HGA ทุกๆตัวจำเป็นจะต้องผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลเพราะหัวอ่านเขียน HGA ที่ไม่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์นอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลได้นั้นเป็นหัวอ่านเสียที่ไม่สามารถทำงานได้เลย หากทำการส่งหัวอ่านเขียน HGA ในกลุ่มนี้ไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์แล้ว จะทำให้ฮาร์ดดิสก์ที่ถูกประกอบเสร็จไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลให้เป็นการสูญเสียที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ในขณะที่หัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลแต่ไม่สามารถผ่านการ

ทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลได้จะเป็นหัวอ่านเขียนที่ยังสามารถทำงานได้อยู่แต่มีคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ด้อยกว่าหัวอ่านเขียนที่สามารถผ่านทั้งการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลและการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลเท่านั้น

ดังนั้นหากผู้ทำงานวิจัยต้องการใช้สมการหรือตัวช่วยในการพยากรณ์มาช่วยในการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นในการบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน โดยที่ไม่ต้องการให้หัวอ่านเขียนในกลุ่มที่ไม่สามารถทำงานได้เลยนั้นหลุดไปยังกระบวนผลิตกระบวนการถัดไป ผู้ทำงานวิจัยจำเป็นต้องให้ทุกๆหัวอ่านเขียนผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลเสียก่อนเพื่อให้การทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลกรองหัวอ่านเขียนที่ไม่สามารถทำงานได้ จากนั้นจึงจะสามารถใช้สมการหรือตัวช่วยในการพยากรณ์เพื่อทำนายผลที่เกิดขึ้นที่การทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล

จากข้อมูลที่ศึกษาในอดีตพบว่า หากส่งหัวอ่านเขียนที่อยู่ในกลุ่มของ Poor HGA ไปผลิตฮาร์ดดิสก์ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ จากนั้นนำไปทดสอบที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของฮาร์ดดิสก์พบว่าหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Poor HGA นั้นสามารถผ่านการทดสอบได้เพียง 60% เท่านั้น เมื่อเทียบกับหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Good HGA ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ได้ 90%

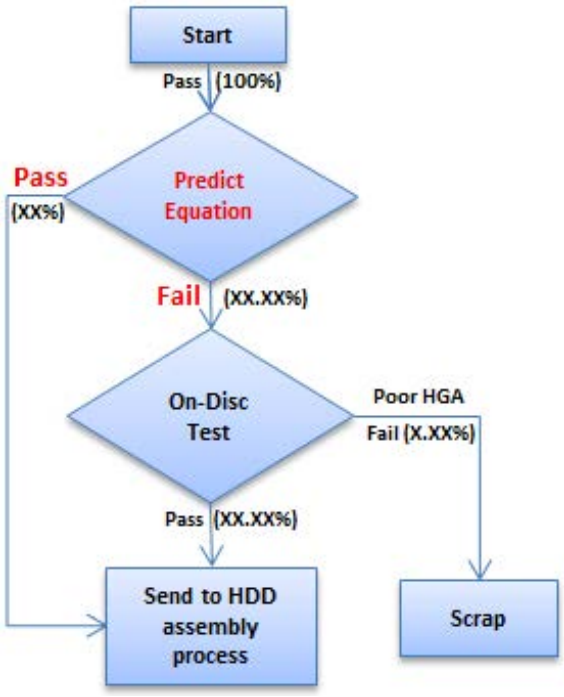


รูปที่ 4.1 ผลของหัวอ่านด้อยคุณภาพที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

4.2 แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

เป้าหมายของแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่นั้นคือการสร้างสมการช่วยในการพยากรณ์ผลการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ดังนั้นผู้ทำงานวิจัยจึงมีแนวคิดว่าสมการช่วยในการพยากรณ์นั้นควรจะอยู่ระหว่างกระบวนการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลและการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล เพราะต้องการให้หัวอ่านเขียนที่จะถูกพยากรณ์เป็นหัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลแล้วเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงในการที่จะมีหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Dead HGA หลุดไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

ดังนั้นข้อมูลที่ผู้ทำงานวิจัยจะสามารถใช้นำมาสร้างสมการช่วยในการพยากรณ์จะต้องเป็นข้อมูลที่มีการทดสอบก่อนกระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ซึ่งก็คือข้อมูลที่ได้จากการทดสอบที่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียน Slider และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.2 แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่นี้จะนำเข้ามาใช้เพื่อแทนที่การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิม โดยแผนการทดสอบแบบใหม่นี้จะอ้างอิงแผนการทดสอบแบบเดิมแต่จะเพิ่มในส่วนของสมการช่วยในการพยากรณ์เพิ่มเข้ามาหลังจากการทดสอบหัวอ่านเขียนนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล เนื่องจากหลีกเลี่ยงการส่งหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Dead HGA ไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

สมการช่วยในการพยากรณ์ จะเข้ามาช่วยพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล หากผลการพยากรณ์จากสมการช่วยในการพยากรณ์ได้ออกมาว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะผ่าน (Pass) ที่กระบวนการทดสอบในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA เครื่องทดสอบก็จะทำการข้ามการทดสอบในส่วนของการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล แต่ถ้าสมการช่วยในการพยากรณ์ ทำการพยากรณ์ว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะไม่ผ่าน (Fail) ที่กระบวนการทดสอบในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA เครื่องทดสอบจะทำการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลตามปกติ

จากการศึกษาดูเครื่องมือทางสถิติต่างๆ พบว่ามีหลายๆเครื่องมือสามารถนำมาใช้ในการสร้างสมการช่วยในการพยากรณ์แต่ผู้ทำงานวิจัยได้เลือกนำเทคนิค Discriminant Analysis มาใช้ในการทำงานวิจัย เพราะ Discriminant Analysis เหมาะสมกับข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่ง Input เป็น Variables data ซึ่งเป็นตัวแปรที่ถูกวัดค่าจากกระบวนการทดสอบนอกจานบันทึกข้อมูลในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ค่าที่ถูกวัดจากกระบวนการตัดหัวอ่านเขียน ค่าที่ถูกวัดที่กระบวนการสร้าง Wafer และผลของการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน ซึ่งในส่วนของสมการช่วยในการพยากรณ์นั้น ค่าที่ผู้ทำงานวิจัยต้องการออกมานั้น คือค่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” ที่กระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล อีกทั้ง Discriminant Analysis นั้นสามารถสร้างออกมาเป็นสมการ และใช้ทำนายตัวที่จะเข้ามาในอนาคตได้

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรที่จะใช้สร้าง Discriminant Function

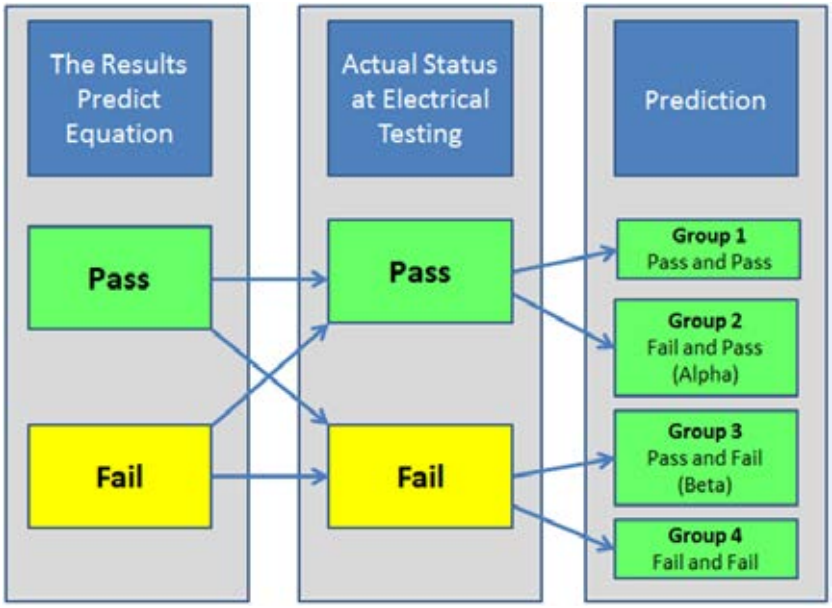
ตัวแปรที่	กระบวนการทดสอบที่	ตัวย่อ	ชื่อกระบวนการ
1	Wafer	T1	ค่าความกว้างของหัวเขียน
2	การตัดหัวอ่านเขียน	A1	ความหนาของ Slider
3	การตัดหัวอ่านเขียน	I1	Voltage
4	การตัดหัวอ่านเขียน	I2	ความสมมาตรของสัญญาณ
5	การตัดหัวอ่านเขียน	I3	ความต้นทาน
6	การตัดหัวอ่านเขียน	I4	อัตราส่วนความสามารถของหัวอ่าน
7	การตัดหัวอ่านเขียน	I5	สัญญาณรบกวน 1
8	การตัดหัวอ่านเขียน	I6	สัญญาณรบกวน 2
9	การตัดหัวอ่านเขียน	I7	สัญญาณรบกวน 3
10	การประกอบหัวอ่านเขียน	E1	ความต้นทาน 1
11	การประกอบหัวอ่านเขียน	E2	ความต้นทาน 2
12	การประกอบหัวอ่านเขียน	E3	ความต้นทาน 3

เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์และ Discriminant Analysis เข้ามาใช้งานแล้ว หัวอ่านเขียนบางส่วนซึ่งถูกสมการช่วยในการพยากรณ์ทำนายว่า “ผ่าน” จะผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลและผ่านไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ทันที ส่งผลให้เครื่องทดสอบสามารถทำการทดสอบหัวอ่านเขียนที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ได้เร็วขึ้น แต่ในทางกลับกันหากผลที่ Discriminant Analysis ทำการพยากรณ์ผลออกมาผิดพลาด จะส่งผลให้ หัวอ่านเขียนที่ปกติไม่ผ่านการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลแบบ Poor HGA นั้น ผ่านไปยังกระบวนประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ และส่งผลกระทบต่ออัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้และส่งผลกระทบทำให้เกิดต้นทุนของชิ้นงานที่ถูกทิ้งและถูกเปลี่ยนสูงขึ้น

เมื่อนำแนวคิดข้างต้นมาใช้ในการพยากรณ์พบว่าผลการพยากรณ์ที่ได้จากสมการพยากรณ์อาจจะตรงหรือไม่ตรงกับค่าที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการทดสอบจริง นั่นคือการพยากรณ์นั้นเป็นไปได้ที่จะพยากรณ์ได้ถูกต้องหรือพยากรณ์ไม่ถูกต้อง โดยผลที่สามารถเป็นไปได้จากทั้งการพยากรณ์มีทั้งหมด 4 กลุ่มคือ

- **<u>กลุ่มที่ 1</u>** พยากรณ์ว่า “ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ “ผ่าน” ผลที่เกิดขึ้นคือ หัวอ่านในกลุ่มนี้จะถูกข้ามการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ความเร็วในการทดสอบที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียนเพิ่มขึ้น และไม่มีผลเสียต่อกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

- **<u>กลุ่มที่ 2</u>** พยากรณ์ว่า “ไม่ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ“ผ่าน” ผลที่เกิดขึ้นคือ หัวอ่านในกลุ่มนี้จะไม่ถูกข้ามการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล แต่เมื่อทำการทดสอบหัวอ่านเขียนในกลุ่มนี้จะสามารถผ่านการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลได้ นับเป็นการสูญเสียโอกาสที่จะข้ามการทดสอบและลดต้นทุนการตรวจสอบ ความผิดพลาดของการพยากรณ์ในกลุ่มนี้เรียกว่า Type I Error ในทางสถิติ ซึ่งมีความน่าจะเป็นเท่ากับค่า Alpha โดยที่ค่า Alpha คือ อัตราส่วนของหัวอ่านเขียนที่ถูกพยากรณ์ว่า “ไม่ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ “ผ่าน”
- **<u>กลุ่มที่ 3</u>** พยากรณ์ว่า “ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ“ไม่ผ่าน” ผลที่เกิดขึ้นคือ หัวอ่านในกลุ่มนี้จะถูกข้ามการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ความเร็วในการทดสอบเพิ่มขึ้น แต่จะส่งผลเสียต่อกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เนื่องจากได้หัวอ่านเขียนที่ด้อยคุณภาพจะหลุดเข้ามายังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ความผิดพลาดของการพยากรณ์ในกลุ่มนี้เรียกว่า Type II Error ในทางสถิติ ซึ่งมีความน่าจะเป็นเท่ากับค่า Beta โดยที่ค่า Beta คือ อัตราส่วนของหัวอ่านเขียนที่ถูกพยากรณ์ว่า “ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ “ไม่ผ่าน”
- **<u>กลุ่มที่ 4</u>** พยากรณ์ว่า “ไม่ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงคือ “ไม่ผ่าน” ผลที่เกิดขึ้นคือ หัวอ่านในกลุ่มนี้จะมีการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลตามปกติ ไม่มีผลเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.3 โอกาสของผลที่ได้จากการทำนายเทียบกับค่าจริง

โดยผลดีและผลเสียที่จะเกิดขึ้นจากการที่สมการช่วยในการพยากรณ์ทำการทำนายถูกต้อง หรือทำนายผิดนั้น จะส่งผลให้ผลกระทบต่อกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์แตกต่างกันออกไป แต่สำหรับลูกค้าปลายทางที่ซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้นั้น จะไม่ถูกกระทบเพราะฮาร์ดดิสก์ทุกตัวที่จะถูกส่งไปยังลูกค้านั้น จะต้องผ่านการทดสอบทางคุณภาพที่อยู่หลังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งจะไม่ส่งมองสินค้าด้อยคุณภาพออกไปยังลูกค้า ผลที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนและกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน

กลุ่ม	ค่าที่ได้จากการทำนาย	ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นจริง	การทดสอบที่เครื่องทดสอบ	ผลต่อกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA	ผลต่อกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์	ผลต่อลูกค้าปลายทาง
1	**ผ่าน**	**ผ่าน**	ข้ามการทดสอบ	ความเร็วในการทดสอบเพิ่มขึ้น	ไม่มีผลต่อกระบวนการนี้	**ไม่มีผล**
2	**ผ่าน**	**ไม่ผ่าน**	ข้ามการทดสอบ	ความเร็วในการทดสอบเพิ่มขึ้น แต่จะมีหัวอ่านเขียนบางตัวที่ด้อยคุณภาพหลุดไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์	อัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบในกระบวนการนี้จะลดลงจากหัวอ่านที่ด้อยคุณภาพที่ผ่านมาที่กระบวนการนี้มากขึ้น	**ไม่มีผล**
3	**ไม่ผ่าน**	**ผ่าน**	ทดสอบแบบปกติ	เสียโอกาสในการเพิ่มความเร็วในการทดสอบ	ไม่มีผลต่อกระบวนการนี้	**ไม่มีผล**
4	**ไม่ผ่าน**	**ไม่ผ่าน**	ทดสอบแบบปกติ	ไม่มีผล	ไม่มีผลต่อกระบวนการนี้	**ไม่มีผล**

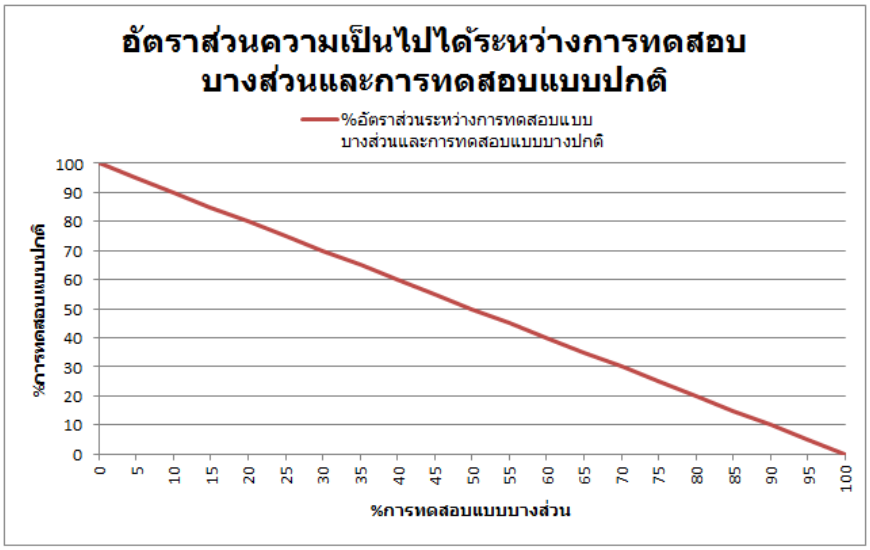
4.3 ข้อเปรียบเทียบแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่และแบบเดิม

เมื่อนำ Discriminant Analysis มาประยุกต์ใช้สร้างสมการช่วยในการพยากรณ์เพื่อแยกหัวอ่านเขียนออกเป็น 2 กลุ่มแล้ว กระบวนการทดสอบที่โดยปกติจะทำการทดสอบทั้งการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์นอกแผ่นจานบันทึกและการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นจานบันทึกข้อมูลในทุกหัวอ่านเขียน จะถูกเปลี่ยนเป็นกลุ่มที่จะทดสอบแค่บางส่วนหรือเฉพาะการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์นอกแผ่นจานบันทึกเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ทำการทดสอบแบบปกติ หรือกลุ่มที่ทำการทดสอบทั้งการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์นอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลและการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นจานบันทึกข้อมูล

หลังจากนำแผนการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบใหม่มาใช้งานนั้น จะทำให้กระบวนการการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA สามารถทดสอบหัวอ่านได้เร็วขึ้น อีกทั้งลดอุปกรณ์สำหรับการใช้ทดสอบลงได้ ซึ่งจะเป็นผลให้ต้นทุนคุณภาพในด้านการตรวจสอบประเมินผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนลดลง โดยสามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA ได้ดังนี้

- อัตราส่วนของหัวอ่านเขียน HGA ที่สามารถผ่านการทดสอบในกระบวนการประกอบหัวอ่านจะสูงขึ้น เกิดจากหัวอ่านในกลุ่มของ Poor HGAs สามารถผ่านไปกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ได้มากขึ้นเนื่องจากข้ามการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์บนจานบันทึกข้อมูลไปได้
- สามารถทำการทดสอบหัวอ่านเขียนได้เร็ว ส่งผลให้ความต้องการในการใช้เครื่องทดสอบลดลง และต้นทุนการใช้เครื่องทดสอบลดลงตามไปด้วย
- ลดปริมาณการใช้อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ เกิดจากการข้ามการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์บางอย่างในการทดสอบ เช่น แผ่นจานบันทึกข้อมูล ส่งผลให้สามารถลดการใช้อุปกรณ์ลงได้

จากผลที่เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA จากการนำแผนการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบใหม่เข้ามาใช้ จะเกิดหัวอ่านเขียนที่ถูกทดสอบ 2 แบบ คือ กลุ่มที่ทำการทดสอบแบบบางส่วน และกลุ่มที่ทำการทดสอบแบบปกติ โดยอัตราส่วนของการทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม จะส่งผลต่อความเร็วในการทดสอบที่หัวอ่านเขียน HGA ถ้าหากเปอร์เซ็นต์ของการทดสอบเฉพาะการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล คือ X และเปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ คือ Y แล้ว ดังนั้น X + Y = 100%



รูปที่ 4.4 อัตราส่วนที่เป็นไปได้ระหว่างการทดสอบบางส่วนและการทดสอบแบบปกติ

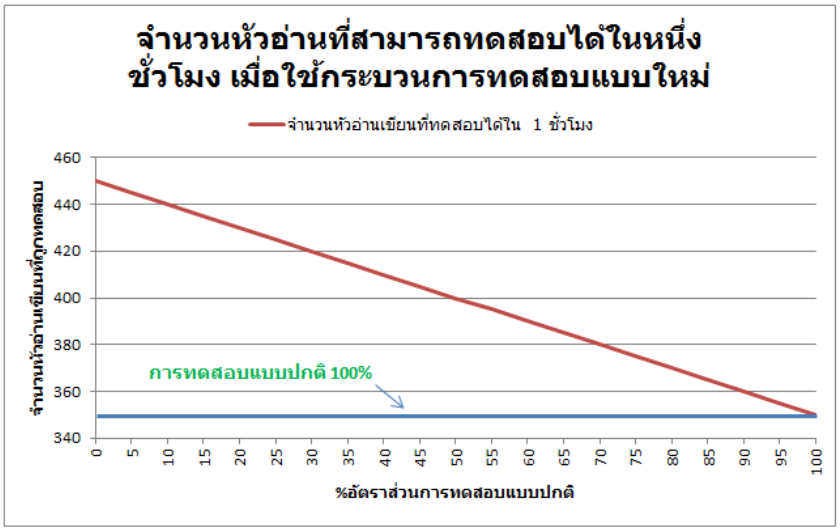
การทดสอบเฉพาะนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลนั้นสามารถทำการทดสอบหัวอ่านเขียนด้วยเครื่องทดสอบได้ชั่วโมงละ 450 ตัว ในขณะที่การทดสอบแบบปกติจะสามารถทำการทดสอบหัวอ่านเขียนด้วยเครื่องทดสอบได้ชั่วโมงละ 350 ตัวเท่านั้น ดังนั้นหากอัตราส่วนของ X และ Y มีอัตราส่วนที่เปลี่ยนไปจะส่งทำให้เกิดความช้าหรือเร็วของกระบวนการทดสอบ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยความเร็วในการทดสอบเมื่อใช้งานการทดสอบแบบใหม่ = ((X*450)+(Y*350))/100

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

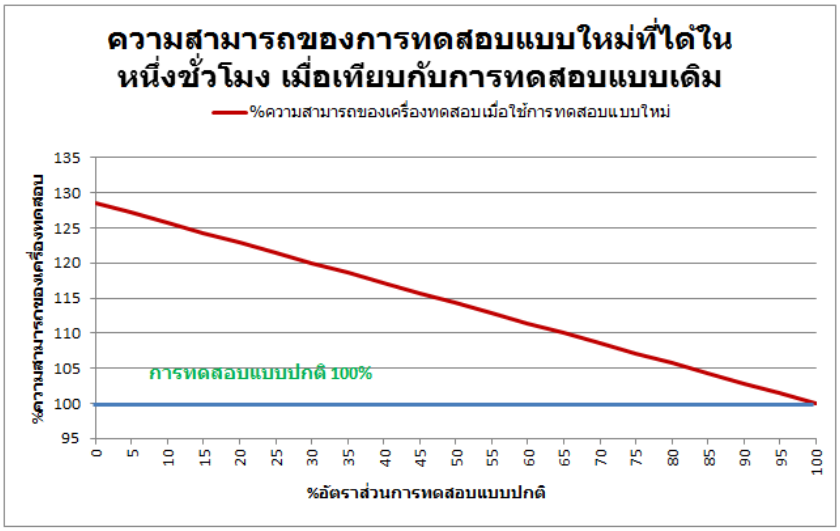
Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %



รูปที่ 4.5 จำนวน HGAที่สามารถทดสอบได้ในหนึ่งชั่วโมง เมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่

หากวิเคราะห์ถึงจำนวน HGA ที่สามารถทดสอบได้ในหนึ่งชั่วโมงพบว่า หากเป็นการทดสอบแบบปกติ 100% แล้วเครื่องทดสอบทุกเครื่องจะทำการทดสอบหัวอ่านเขียนได้ชั่วโมงละ 350 ตัว แต่เมื่อสมการช่วยในการพยากรณ์ถูกนำมาปรับใช้แล้ว หัวอ่านเขียนที่ถูกทดสอบเฉพาะนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลจะถูกทดสอบได้ด้วยเครื่องทดสอบที่ใช้เวลาทดสอบน้อยกว่าเดิม ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างค่า X และค่า Y จะส่งผลทำให้เครื่องทดสอบสามารถทดสอบได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นต่างกันไป และเมื่อพิจารณาเทียบความสามารถจำนวนหัวอ่านเขียนที่สามารถทดสอบได้ในหนึ่งชั่วโมงด้วยการทดสอบแบบปกติ 100% กับแบบแผนการทดสอบใหม่พบว่าเครื่องทดสอบสามารถเพิ่มการทดสอบได้สูงสุดถึง 128% หากทั้งหัวอ่านเขียน HGA ทั้งหมดถูกทดสอบเฉพาะแบบบางส่วน ซึ่งจำนวน HGAที่สามารถทดสอบได้ในหนึ่งชั่วโมง เมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่ที่สัดส่วนการทดสอบบางส่วนที่ค่าต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ส่วนอัตราส่วนความสามารถของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน HGA ที่เพิ่มขึ้นมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสามารถของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน HGA ที่เพิ่มขึ้นมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่

เมื่อวิเคราะห์ถึงแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่พบว่าในส่วนของการทดสอบแบบบางส่วนนั้นไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นจานบันทึกข้อมูล ในการทดสอบ เพราะทำการทดสอบเฉพาะนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลเท่านั้น ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบนั่นคือแผ่นจานบันทึกข้อมูลลงได้ อัตราส่วนระหว่าง X และ Y กับอัตราการลดการใช้แผ่นจานบันทึกข้อมูล จะมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

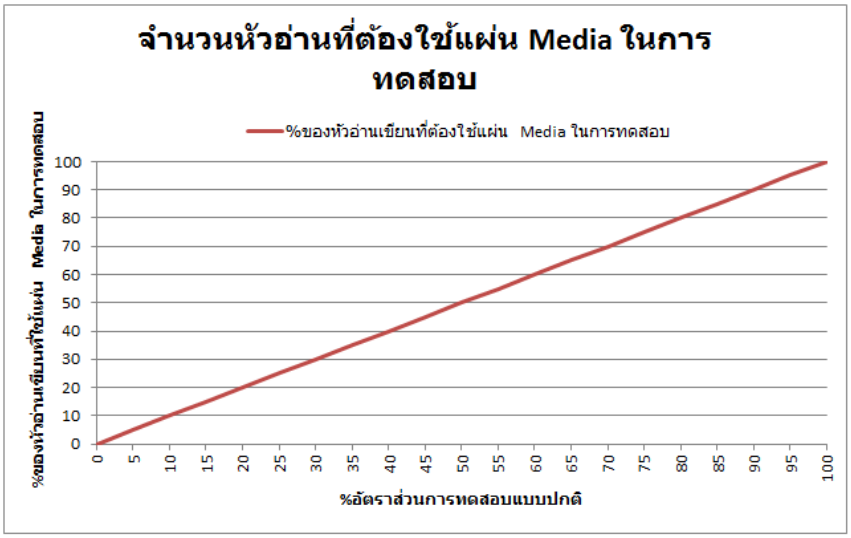
อัตราส่วนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล = ((X * 0) + (Y * 1))/100

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %

โดยอัตราส่วนของการทดสอบแบบปกติและการทดสอบแบบบางส่วนจะส่งผลถึงอัตราส่วนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ลดลงเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 อัตราส่วนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ลดลงเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่

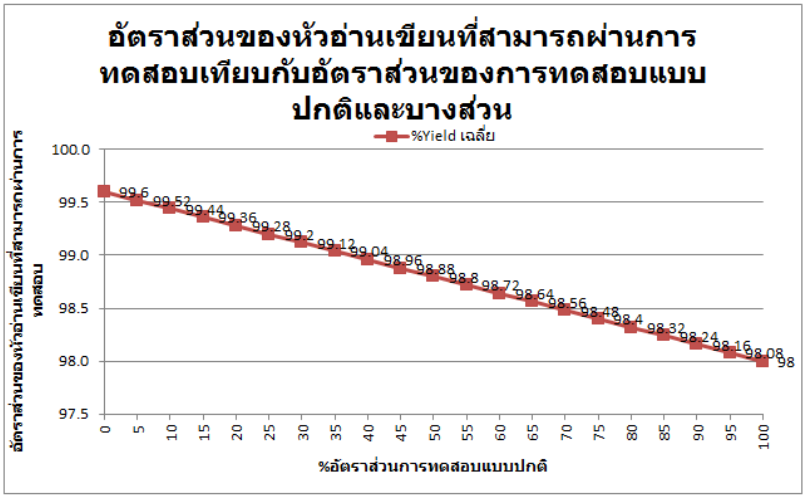
หัวอ่านในกลุ่มของ Poor HGA โดยปกตินั้นจะไม่สามารถผ่านไปกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ได้หากมีการตรวจสอบแบบปกติ 100% ซึ่งโดยปกติแล้วกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนจะมีหัวอ่านเขียน HGA ผ่านการทดสอบไปได้ 98% แต่เมื่อแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA แบบใหม่ถูกนำมาใช้ Poor HGA บางส่วนจะสามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ เป็นผลทำให้หัวอ่านเขียนบางส่วนที่ปกติจะถือว่าเป็นหัวอ่านเขียนที่ไม่ผ่านการทดสอบและจำเป็นจะต้องทิ้ง (Scrap) จะกลายเป็นหัวอ่านเขียนที่สามารถผ่านไปยังกระบวนการถัดไป(Pass) ได้ ดังนั้นหากหัวอ่านเขียน HGA ถูกทดสอบเฉพาะบางส่วนจะมีโอกาสที่จะผ่านการทดสอบ 99.6% แต่สำหรับหัวอ่านเขียนที่ทำการทดสอบแบบปกติจะมีโอกาสที่จะผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ 98% ซึ่งอัตราส่วนระหว่างการทดสอบแบบปกติและการทดสอบแบบบางส่วนกับจำนวนงานที่ผ่านการทดสอบหัวอ่านเขียนได้มากขึ้น จะมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

ค่าเฉลี่ยใหม่เมื่อใช้งานการทดสอบแบบใหม่ = ((X * 99.6) + (Y * 98.0))/100

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %



รูปที่ 4.8 โอกาสของหัวอ่านเขียนที่จะผ่านการทดสอบเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่

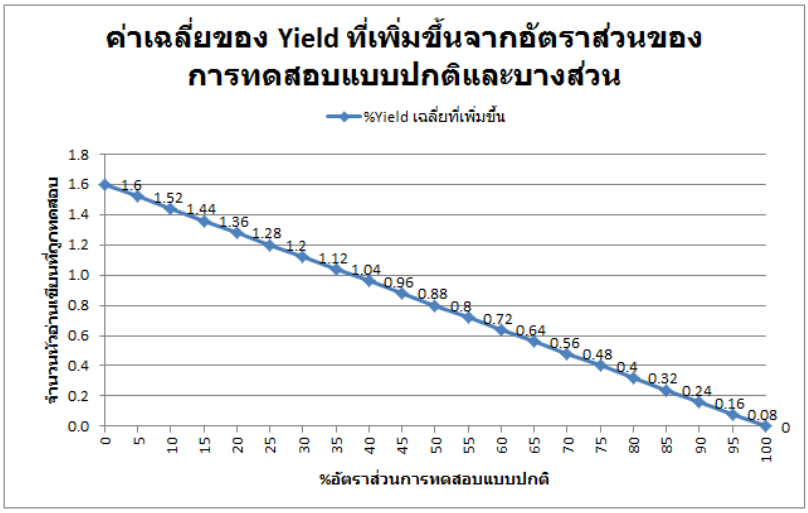
เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบผ่านที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่จะสูงขึ้น เนื่องจาก Poor HGA บางส่วนจะผ่านไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการทดสอบผ่านที่มากขึ้นกว่าแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิมนั้นจะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

ค่าเฉลี่ยใหม่เมื่อใช้งานการทดสอบแบบใหม่ = [((X * 99.6) + (Y * 98.0))/100] – 98.0

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %



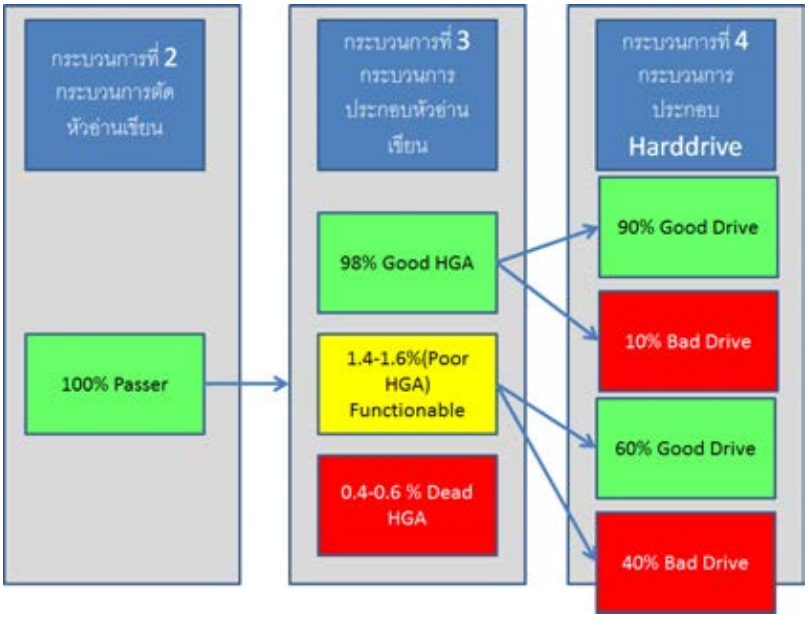
รูปที่ 4.9 โอกาสที่เพิ่มขึ้นของการทดสอบผ่านการทดสอบผ่านที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน

หากสรุปสิ่งที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA จะได้รับจากการใช้งานแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบใหม่ จะสามารถสรุปออกมาได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน HGA เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบตัว/ชิ้วโมง	%หัวอ่านเขียนที่ถูกวัดได้เพิ่มขึ้น	%Yield กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน	%ของหัวอ่านเขียนที่สามารถผ่านการทดสอบได้มากขึ้น
	100	0	450	128.57	99.60	1.60
	95	5	445	127.14	99.52	1.52
	90	10	440	125.71	99.44	1.44
	85	15	435	124.29	99.36	1.36
	80	20	430	122.86	99.28	1.28
	75	25	425	121.43	99.20	1.20
	70	30	420	120.00	99.12	1.12
	65	35	415	118.57	99.04	1.04
	60	40	410	117.14	98.96	0.96
	55	45	405	115.71	98.88	0.88
	50	50	400	114.29	98.80	0.80
	45	55	395	112.86	98.72	0.72
	40	60	390	111.43	98.64	0.64
	35	65	385	110.00	98.56	0.56
	30	70	380	108.57	98.48	0.48
	25	75	375	107.14	98.40	0.40
	20	80	370	105.71	98.32	0.32
	15	85	365	104.29	98.24	0.24
	10	90	360	102.86	98.16	0.16
	5	95	355	101.43	98.08	0.08
Baseline	0	100	350	100.00	98.00	0.00

เมื่อทำการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบบางส่วนเทียบกับทดสอบแบบปกตินั้น จะส่งผลให้กระบวนการการประกอบฮาร์ดดิสก์ซึ่งเป็นกระบวนการถัดจากกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA มีอัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบต่ำลงไป เพราะในการทดสอบแบบปกติทั้งหมดนั้น หัวอ่านเขียน HGA ทุกตัวจะต้องผ่านเงื่อนไขการทดสอบทั้งหมดก่อน จึงจะผ่านการทดสอบและส่งไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ แต่เมื่อหัวอ่านเขียนบางตัวถูกทดสอบเฉพาะการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ส่งผลให้มีหัวอ่านเขียนบางตัวซึ่งเป็นหัวอ่านเขียนที่ไม่สามารถผ่านการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลกลับผ่านไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ ส่งผลให้ต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายภายในที่เพิ่มสูงขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์



รูปที่ 4.10 โอกาสที่เพิ่มขึ้นของการทดสอบผ่านการทดสอบผ่านที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียน

จากรูปที่ 4.10 ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ นั้น หัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Poor HGA นั้นสามารถผ่านการทดสอบได้เพียง 60% เท่านั้น เมื่อเทียบกับหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Good HGA ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ได้ 90% ดังนั้นเมื่อมีหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Poor HGA มากขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ลดลง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการทดสอบแบบปกติกับอัตราส่วนของ

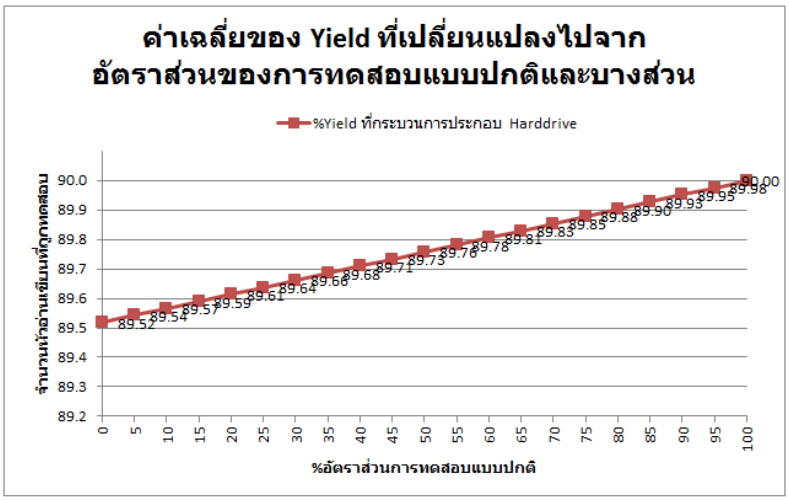
ฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบของการประกอบฮาร์ดดิสก์ มีความสัมพันธ์กันดังสมการ

อัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการทดสอบของการประกอบฮาร์ดดิสก์เมื่อใช้งานการแผนการทดสอบแบบใหม่ = ((X * 60) + (Y * 90))/100

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %



รูปที่ 4.11 โอกาสของฮาร์ดดิสก์ที่จะผ่านการทดสอบเมื่อใช้กระบวนการทดสอบแบบใหม่

ซึ่งอัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่คาดว่าจะลดลงที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เมื่อใช้การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA แบบใหม่เทียบกับอัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบที่จะได้จากการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิมนั้นจะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการข้างล่างนี้

ส่วนต่างของอัตราส่วนของฮาร์ดดิสก์ที่สามารถผ่านการทดสอบเมื่อใช้งานการทดสอบแบบใหม่เทียบกับการทดสอบแบบเดิมจะสามารถคำนวณได้จาก = [[((X * 60) + (Y * 90))] /100] – 90

ดังนั้นหากสรุปสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้แผนการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบใหม่ทั้งข้อดีที่จะได้รับจากการนำวิธีการทดสอบหัวอ่านเขียนทางอิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้หรือในข้อเสียที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA แล้วนั้น จะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งานที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)
	100	0	89.518	0.482
	95	5	89.542	0.458
	90	10	89.566	0.434
	85	15	89.589	0.411
	80	20	89.613	0.387
	75	25	89.637	0.363
	70	30	89.661	0.339
	65	35	89.685	0.315
	60	40	89.709	0.291
	55	45	89.733	0.267
	50	50	89.757	0.243
	45	55	89.781	0.219
	40	60	89.805	0.195
	35	65	89.830	0.170
	30	70	89.854	0.146
	25	75	89.878	0.122
	20	80	89.902	0.098
	15	85	89.927	0.073
	10	90	89.951	0.049
	5	95	89.976	0.024
Baseline	0	100	90.000	0.000

ดังนั้นหากสรุปผลดีที่จะเกิดขึ้นกับผลเสียที่จะตามมาเมื่อนำการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่เข้ามาใช้ จะสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาใช้งาน

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบ ตัว/ชั่วโมง	%หัวอ่านเขียนที่ถูกวัดได้เพิ่มขึ้น	%Yield กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)
	100	0	450	128.57	99.60	89.518	0.482
	95	5	445	127.14	99.52	89.542	0.458
	90	10	440	125.71	99.44	89.566	0.434
	85	15	435	124.29	99.36	89.589	0.411
	80	20	430	122.86	99.28	89.613	0.387
	75	25	425	121.43	99.20	89.637	0.363
	70	30	420	120.00	99.12	89.661	0.339
	65	35	415	118.57	99.04	89.685	0.315
	60	40	410	117.14	98.96	89.709	0.291
	55	45	405	115.71	98.88	89.733	0.267
	50	50	400	114.29	98.80	89.757	0.243
	45	55	395	112.86	98.72	89.781	0.219
	40	60	390	111.43	98.64	89.805	0.195
	35	65	385	110.00	98.56	89.830	0.170
	30	70	380	108.57	98.48	89.854	0.146
	25	75	375	107.14	98.40	89.878	0.122
	20	80	370	105.71	98.32	89.902	0.098
	15	85	365	104.29	98.24	89.927	0.073
	10	90	360	102.86	98.16	89.951	0.049
	5	95	355	101.43	98.08	89.976	0.024
Baseline	**0**	**100**	350	100.00	98.00	90.000	0.000

4.4 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปของการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่เทียบกับแบบเดิม

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ ต้นทุนในส่วนอื่น เช่น ต้นทุนการจ้างพนักงาน ต้นทุนการบำรุงซ่อมแซมเครื่องทดสอบ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า ฯลฯ โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องจ่ายไม่ว่าจะใช้การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิมหรือว่าใช้การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบขึ้นมาใหม่

หากพิจารณาต้นทุนที่เกี่ยวข้องหากทำการเปลี่ยนวิธีการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบเดิมไปเป็นแบบใหม่จะพบว่า ต้นทุนที่จะเปลี่ยนแปลงไปนั้นจะเกิดขึ้นทั้งที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นั้นเมื่อทำการใช้การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่แล้ว หัวอ่านเขียนบางส่วนจะไม่ถูกทดสอบที่การทดสอบหัวอ่านเขียนแบบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ทำให้การทดสอบหัวอ่านเขียนที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำได้เร็วขึ้น เครื่องที่ใช้ในการทดสอบจะถูกใช้น้อยลง นอกจากนั้นเมื่อทำการข้ามการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลจะทำให้การทดสอบหัวอ่านเขียนทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับบางหัวอ่านเขียนนั้น ทดสอบแค่การทดสอบหัวอ่านเขียนนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้จานบันทึกข้อมูลในการทดสอบ

ในขณะที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นจะถูกผลกระทบจากกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA แบบใหม่คือ จะมีหัวอ่านเขียนบางส่วนซึ่งไม่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบปกติได้ แต่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบใหม่ได้ ซึ่งหัวอ่านเขียนเหล่านี้นั้นมีความสามารถทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ด้อยกว่าหัวอ่านเขียนแบบปกติ ส่งผลให้ที่การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นจะได้ค่าเฉลี่ยของการทดสอบผ่านต่ำลง หัวอ่าน ส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์เหล่านั้นจะต้องถอดหัวอ่านเขียนที่เสียออกเพื่อเปลี่ยนใหม่ และหัวอ่านเขียนเหล่านั้นก็จะถูกทิ้งที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์อีกด้วย

หากจะสรุปต้นทุนที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่นั้นจะสามารถสรุปออกมาโดยแยกด้วยข้อดีที่เกิดขึ้นและข้อเสียที่จะต้องพบได้ดังนี้

ต้นทุนที่จะประหยัดได้จากกระบวนการทดสอบแบบใหม่

- ต้นทุนการทิ้งหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Poor HGA ที่จริงๆแล้วสามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ด้วย
- ต้นทุนของการใช้งานเครื่องทดสอบที่จะถูกลดการใช้งาน
- ต้นทุนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ไม่ต้องใช้เมื่อข้ามการทดสอบ

ต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการทดสอบแบบใหม่

- ต้นทุนของหัวอ่านเขียนในกลุ่มของ Poor HGA ที่ต้องทิ้งเมื่อพบของเสียที่ไม่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์
- ต้นทุนของวัสดุประกอบที่ใช้ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ที่ต้องทิ้งเมื่อพบว่าเป็นของเสียในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์
- ต้นทุนการเปลี่ยนอุปกรณ์และนำไปทดสอบใหม่

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนพบว่า ในหัวอ่านเขียน 1 ตัว ซึ่งประกอบด้วย Slider 1 ตัว และ TGA 1 อัน นั้นอยู่ที่ตัวละ 62 บาท หัวอ่านเหล่านี้จะถูกนำไปทดสอบโดยเครื่องที่ใช้ทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีต้นทุนในการใช้งานโดยประมาณ 9,132.42 บาทต่อวันต่อเครื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์ A โดยปกตินั้นสามารถทดสอบได้ทั้งหมด 350 ตัวต่อชั่วโมง หรือ 8400 ตัวต่อวัน ซึ่งเท่ากับค่าใช้จ่ายในการทดสอบหัวอ่านเขียนหนึ่งตัวจะมีค่าเท่ากับ 1.09 บาทต่อตัว โดยการทดสอบนั้นจำเป็นจะต้องใช้จานบันทึกข้อมูลมาช่วยในการทดสอบ ซึ่ง 1 แผ่นของจานบันทึกข้อมูลนั้นราคาแผ่นละ 90 บาท สามารถใช้ทดสอบหัวอ่านเขียนได้ทั้งหมด 2,000 หัวอ่านเขียน ซึ่งต้นทุนการทดสอบใช้จานบันทึกข้อมูลในการทดสอบจะเท่ากับ 0.045 บาทต่อตัว

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนที่ใช้สำหรับการผลิตและทดสอบหัวอ่านเขียน HGA

ต้นทุน	**ราคา**	**หน่วย**
หัวอ่านเขียน	62	บาท
เครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์	1.09	บาทต่อตัว
แผ่นจานบันทึกข้อมูล	0.045	บาทต่อตัว

ในขณะที่ต้นทุนการผลิตที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์และการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นพบว่า ในฮาร์ดดิสก์ 1 ตัวจะมีหัวอ่านเขียน 2 ตัว ซึ่งเท่ากับ 124 บาท นอกจากนั้นยังมีค่าอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบหัวอ่านเขียนขึ้นมาอีก 124 บาท และหากฮาร์ดดิสก์ไม่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ ฮาร์ดดิสก์ตัวนั้นจะถูกนำมาถอดหัวอ่านเขียนออกอีก โดยจะมีค่าถอดหัวอ่านเขียนออกเป็นจำนวนเงิน 21.7 บาทต่อตัว

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนที่ใช้สำหรับการผลิตและทดสอบฮาร์ดดิสก์

ต้นทุน	**ราคา**	**หน่วย**
หัวอ่านเขียน 2 ตัว	124	บาท
การประกอบหัวอ่านเขียนเข้าด้วยกัน	130.2	บาท
เปลี่ยนหัวอ่านเขียน	21.7	บาท/ครั้ง

หากนำการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ซึ่งจะมีอัตราส่วนของการทดสอบเฉพาะการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล และอัตราส่วนของการทดสอบแบบปกติ เมื่ออัตราส่วนของการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลเพิ่มขึ้นจะส่งผลอัตราส่วนของหัวอ่านเขียนที่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA เพิ่มขึ้นไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และเมื่อพิจารณาอัตราการผลิตของผลิตภัณฑ์ Aใน 1 วันที่ผลิต 500,000 ตัวนั้น ด้วยการใช้วิธีการ

ทดสอบแบบใหม่จะพบว่า ในการผลิต 1 วันกระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียนซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

จำนวนหัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบมากขึ้น = [((X * 99.6) + (Y * 98.0))/100 – 98]/100 * 500000

จำนวนต้นทุนที่ลดได้ = [[((X * 99.6) + (Y * 98.0))/100 – 98]/100 * 500000] * 62

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

ในขณะที่การทดสอบนอกจานบันทึกข้อมูลอย่างเดียวมีมากขึ้นจะส่งผลให้การทดสอบที่กระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนสามารถทำได้เร็วขึ้นเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนของการใช้เครื่องทดสอบสำหรับผลิตภัณฑ์ A นั้นลดลงไปด้วย ซึ่งอัตราส่วนของต้นทุนการทดสอบที่ลดลงไปเมื่อใช้การทดสอบทาอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่สามารถคำนวณได้จากสมการ

จำนวนเครื่องทดสอบที่ต้องใช้ใน 1 วัน 500000/((((X * 450) + (Y * 350))/100)*24)

โดยต้นทุนการใช้งานเครื่องทดสอบ 1 วัน = จำนวนเครื่องทดสอบใน 1 วัน * ต้นทุนการใช้เครื่องทดสอบใน 1 วัน

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงจากการลดการใช้งานเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบตัว/ชั่วโมง	%หัวอ่านเขียนที่ถูกวัดได้เพิ่มขึ้น	จำนวนเครื่องทดสอบที่ต้องการใช้งาน	ต้นทุการใช้งานเครื่องทดสอบ	ต้นทุนของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน
	100	0	450	128.571	46.30	422797	120799
	95	5	445	127.143	46.82	427548	116049
	90	10	440	125.714	47.35	432406	111190
	85	15	435	124.286	47.89	437376	106220
	80	20	430	122.857	48.45	442462	101134
	75	25	425	121.429	49.02	447668	95929
	70	30	420	120.000	49.60	452997	90599
	65	35	415	118.571	50.20	458455	85142
	60	40	410	117.143	50.81	464046	79551
	55	45	405	115.714	51.44	469775	73822
	50	50	400	114.286	52.08	475647	67950
	45	55	395	112.857	52.74	481668	61929
	40	60	390	111.429	53.42	487843	55753
	35	65	385	110.000	54.11	494179	49418
	30	70	380	108.571	54.82	500681	42916
	25	75	375	107.143	55.56	507357	36240
	20	80	370	105.714	56.31	514213	29384
	15	85	365	104.286	57.08	521257	22340
	10	90	360	102.857	57.87	528497	15100
	5	95	355	101.429	58.69	535940	7656
Baseline	0	100	350	100.000	59.52	543596	0

จากนั้นหากพิจารณาต้นทุนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่สามารถลดการใช้งานได้จากการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่แล้วนั้น การใช้งานแผ่นจานบันทึกข้อมูลจะใช้เฉพาะการทดสอบแบบปกติเท่านั้น ดังนั้นต้นทุนการใช้งานแผ่นจานบันทึกข้อมูลในการทดสอบจะสามารถคำนวณได้ตามสมการ

จำนวนหัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบมากขึ้น = (Y / 100) * 500000 * 0.045

โดยที่ X คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบบางส่วน

Y คือ เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบแบบปกติ

X + Y = 100 %

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงจากการลดการใช้งานแผ่นจานบันทึกข้อมูลสำหรับการทดสอบ

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบตัว/ชั่วโมง	อัตราส่วนการใช้แผ่นจานบันทึกข้อมูลในการทดสอบ	ต้นทุนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ไม่ต้องใช้
	100	0	450	0	22500.00
	95	5	445	5	21375.00
	90	10	440	10	20250.00
	85	15	435	15	19125.00
	80	20	430	20	18000.00
	75	25	425	25	16875.00
	70	30	420	30	15750.00
	65	35	415	35	14625.00
	60	40	410	40	13500.00
	55	45	405	45	12375.00
	50	50	400	50	11250.00
	45	55	395	55	10125.00
	40	60	390	60	9000.00
	35	65	385	65	7875.00
	30	70	380	70	6750.00
	25	75	375	75	5625.00
	20	80	370	80	4500.00
	15	85	365	85	3375.00
	10	90	360	90	2250.00
	5	95	355	95	1125.00
Baseline	**0**	**100**	350	100	0.00

ดังนั้นหากจะสรุปต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจากข้อดีที่จะได้รับที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA จากการใช้งานกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ จะพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นสามารถลดลงได้ตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สรุปต้นทุนที่สามารถลดได้จากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

	ผลดีที่ได้รับ							
	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	ความเร็วเฉลี่ยในการทดสอบตัว/ชั่วโมง	%หัวอ่านเขียนที่ถูกวัดได้เพิ่มขึ้น	ต้นทุนหัวอ่านเขียนที่ประหยัดได้	ต้นทุนของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียน	ต้นทุนของแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ไม่ต้องใช้	รวมต้นทุนที่สามารถลดลงได้
	100	0	450	128.571	496000.00	120799	22500.00	639299.21
	95	5	445	127.143	471200.00	116049	21375.00	608623.68
	90	10	440	125.714	446400.00	111190	20250.00	577840.18
	85	15	435	124.286	421600.00	106220	19125.00	546944.99
	80	20	430	122.857	396800.00	101134	18000.00	515934.22
	75	25	425	121.429	372000.00	95929	16875.00	484803.78
	70	30	420	120.000	347200.00	90599	15750.00	453549.41
	65	35	415	118.571	322400.00	85142	14625.00	422166.61
	60	40	410	117.143	297600.00	79551	13500.00	390650.70
	55	45	405	115.714	272800.00	73822	12375.00	358996.74
	50	50	400	114.286	248000.00	67950	11250.00	327199.55
	45	55	395	112.857	223200.00	61929	10125.00	295253.71
	40	60	390	111.429	198400.00	55753	9000.00	263153.48
	35	65	385	110.000	173600.00	49418	7875.00	230892.86
	30	70	380	108.571	148800.00	42916	6750.00	198465.51
	25	75	375	107.143	124000.00	36240	5625.00	165864.76
	20	80	370	105.714	99200.00	29384	4500.00	133083.59
	15	85	365	104.286	74400.00	22340	3375.00	100114.58
	10	90	360	102.857	49600.00	15100	2250.00	66949.90
	5	95	355	101.429	24800.00	7656	1125.00	33581.29
Baseline	0	100	350	100.000	0.00	0	0.00	0.00

ในขณะเดียวกันการนำแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์มาแบบใหม่มาใช้นั้นจะส่งผลกระทบต่ออัตราส่วนการผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ เมื่อพิจารณาต้นทุนที่คาดว่าน่าจะสูญเสียไปที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์พบว่าที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้น หากฮาร์ดดิสก์ไม่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการนี้ได้นั้นวัสดุบางอย่างที่ถูกติดเพิ่มเข้าไปในหัวอ่านเขียน HGA (HSA) จะถูกถอดออกจากฮาร์ดดิสก์ จากนั้นเครื่องประกอบจะทำการใส่ HSA ชิ้นใหม่เข้าไปในฮาร์ดดิสก์และจะนำไปทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการที่ HSA ไม่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้นั้น จะส่งผลให้ HSA จะถูกนำไปทิ้ง ดังนั้นเมื่อพิจารณาต้นทุนหากเกิดข้อเสียที่มากขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เนื่องจากการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA แบบใหม่แล้ว จะพบว่าต้นทุนของหัวอ่านที่เสียมากขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

ต้นทุนของหัวอ่านที่เสียมากขึ้น = อัตราส่วนงานซ่อมที่เพิ่มขึ้น * ต้นทุนหัวอ่านเขียน

ตารางที่ 4.11 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของหัวอ่านเขียนที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)	ต้นทุนที่เกิดจากหัวอ่านเขียน
	100	0	89.518	0.482	298795.18
	95	5	89.542	0.458	284083.60
	90	10	89.566	0.434	269348.35
	85	15	89.589	0.411	254589.37
	80	20	89.613	0.387	239806.61
	75	25	89.637	0.363	225000.00
	70	30	89.661	0.339	210169.49
	65	35	89.685	0.315	195315.02
	60	40	89.709	0.291	180436.54
	55	45	89.733	0.267	165533.98
	50	50	89.757	0.243	150607.29
	45	55	89.781	0.219	135656.40
	40	60	89.805	0.195	120681.27
	35	65	89.830	0.170	105681.82
	30	70	89.854	0.146	90658.00
	25	75	89.878	0.122	75609.76
	20	80	89.902	0.098	60537.02
	15	85	89.927	0.073	45439.74
	10	90	89.951	0.049	30317.85
	5	95	89.976	0.024	15171.29
Baseline	**0**	**100**	**90.000**	**0.000**	**0.00**

ในขณะเดียวกัน หาก HSA ไม่สามารถผ่านการทดสอบที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ แล้วต้นทุนที่เกิดจากการประกอบ HSA จะกลายเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมาด้วยเช่นกัน ซึ่งต้นทุนวัสดุและค่าประกอบ HSA ที่เพิ่มขึ้นนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

ต้นทุนวัสดุและค่าประกอบ HSA ที่เพิ่มขึ้น = อัตราส่วนงานซ่อมที่เพิ่มขึ้น * ต้นทุนวัสดุและค่าประกอบ HSA

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของการผลิตอื่นๆที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)	ต้นทุนค่าวัสดุและค่าผลิต HSA
	100	0	89.518	0.482	298795
	95	5	89.542	0.458	284084
	90	10	89.566	0.434	269348
	85	15	89.589	0.411	254589
	80	20	89.613	0.387	239807
	75	25	89.637	0.363	225000
	70	30	89.661	0.339	210169
	65	35	89.685	0.315	195315
	60	40	89.709	0.291	180437
	55	45	89.733	0.267	165534
	50	50	89.757	0.243	150607
	45	55	89.781	0.219	135656
	40	60	89.805	0.195	120681
	35	65	89.830	0.170	105682
	30	70	89.854	0.146	90658
	25	75	89.878	0.122	75610
	20	80	89.902	0.098	60537
	15	85	89.927	0.073	45440
	10	90	89.951	0.049	30318
	5	95	89.976	0.024	15171
Baseline	**0**	**100**	**90.000**	**0.000**	**0**

นอกจากนั้น ฮาร์ดดิสก์ไม่สามารถทดสอบผ่านได้เกิดการซ่อมขึ้น ต้นทุนค่าซ่อมที่เกิดขึ้นนั้นสามารถคำนวณได้ตามสมการ

ต้นทุนค่าซ่อมที่เพิ่มขึ้น = อัตราส่วนงานซ่อมที่เพิ่มขึ้น * ค่า Rework

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงของการเปลี่ยนวัสดุที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์

	%การทดสอบบางส่วน	%การทดสอบแบบปกติ	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)	ต้นทุนค่า Rework
	100	0	89.518	0.482	52289
	95	5	89.542	0.458	49715
	90	10	89.566	0.434	47136
	85	15	89.589	0.411	44553
	80	20	89.613	0.387	41966
	75	25	89.637	0.363	39375
	70	30	89.661	0.339	36780
	65	35	89.685	0.315	34180
	60	40	89.709	0.291	31576
	55	45	89.733	0.267	28968
	50	50	89.757	0.243	26356
	45	55	89.781	0.219	23740
	40	60	89.805	0.195	21119
	35	65	89.830	0.170	18494
	30	70	89.854	0.146	15865
	25	75	89.878	0.122	13232
	20	80	89.902	0.098	10594
	15	85	89.927	0.073	7952
	10	90	89.951	0.049	5306
	5	95	89.976	0.024	2655
Baseline	**0**	**100**	**90.000**	**0.000**	**0**

ดังนั้นหากจะสรุปต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจากข้อเสียที่จะได้รับที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์จากการใช้งานกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ จะพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นสามารถเพิ่มขึ้นมาตามตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สรุปต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

	ผลเสียที่อาจจะเกิดขึ้น						
	%Yield กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน	%Yield กระบวนการประกอบ Harddrive	%งาน Rework ที่เพิ่มขึ้น (Drive)	ต้นทุนที่เกิดจากหัวอ่านเขียน	ต้นทุนค่าวัสดุและค่าผลิต HSA	ต้นทุนค่า Rework	รวมต้นทุนที่เพิ่มขึ้น
	99.600	89.518	0.482	298795	298795	52289	649880
	99.520	89.542	0.458	284084	284084	49715	617882
	99.440	89.566	0.434	269348	269348	47136	585833
	99.360	89.589	0.411	254589	254589	44553	553732
	99.280	89.613	0.387	239807	239807	41966	521579
	99.200	89.637	0.363	225000	225000	39375	489375
	99.120	89.661	0.339	210169	210169	36780	457119
	99.040	89.685	0.315	195315	195315	34180	424810
	98.960	89.709	0.291	180437	180437	31576	392449
	98.880	89.733	0.267	165534	165534	28968	360036
	98.800	89.757	0.243	150607	150607	26356	327571
	98.720	89.781	0.219	135656	135656	23740	295053
	98.640	89.805	0.195	120681	120681	21119	262482
	98.560	89.830	0.170	105682	105682	18494	229858
	98.480	89.854	0.146	90658	90658	15865	197181
	98.400	89.878	0.122	75610	75610	13232	164451
	98.320	89.902	0.098	60537	60537	10594	131668
	98.240	89.927	0.073	45440	45440	7952	98831
	98.160	89.951	0.049	30318	30318	5306	65941
	98.080	89.976	0.024	15171	15171	2655	32998
Baseline	98.000	90.000	0.000	0	0	0	0

4.5 การกำหนดตัวชี้วัด

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้างต้น ตัวชี้วัดที่เหมาะสมของการตัดสินใจว่าแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่นั้นเหมาะสมที่จะถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ A หรือไม่นั้น ควรใช้ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นตัวตัดสิน หากต้นทุนที่ลดลงที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นั้นสูงกว่าต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์แล้ว แผนการทดสอบแบบใหม่นี้ก็ควรถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตจริงเพราะสามารถลดต้นทุนโดยรวมของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A ลงได้ แต่ถ้าหากต้นทุนที่แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่สามารถลดลงได้ต่ำกว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมา แผนการทดสอบแบบใหม่ก็ไม่ควรถูกนำมาใช้ต่อไปเพราะจะทำให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมของผลิตภัณฑ์ A สูงขึ้น

บทที่ 5

ผลที่ได้จากงานวิจัย

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย และการสร้าง Discriminant Analysis

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ A มา 1 ชุดเพื่อวิเคราะห์ ชุดข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลหัวอ่านทั้งหมด 229,806 ตัว(คิดเป็นข้อมูล45.96% ของข้อมูลที่ทำการทดสอบในหนึ่งวัน) มีหัวอ่านเขียนที่ผ่านการทดสอบหัวอ่านเขียนจำนวน 225,267 ตัว คิดเป็น 98.02% มีหัวอ่านเขียนที่ไม่ผ่านการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลจำนวน 3,524 ตัว คิดเป็น 1.53% และมีหัวอ่านเขียนที่ไม่ผ่านการทดสอบหัวอ่านเขียนนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลจำนวน 1,015 ตัว คิดเป็น 0.44%

ข้อมูลที่เก็บมาได้ประกอบไปด้วยผลของการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นอกจากนั้นมีข้อมูลการทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA จำนวน 12 ตัวแปร ซึ่งแบ่งออกเป็นข้อมูลการทดสอบจากการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูลจำนวน 3 ตัวแปร ข้อมูลการทดสอบที่กระบวนการตัดหัวอ่านเขียนจำนวน 8 ตัวแปร และข้อมูลการทดสอบที่กระบวนการสร้าง Wafer จำนวน 1 ตัวแปร โดยตัวแปรทุกตัวที่ถูกเก็บเป็นตัวแปรที่ถูกทดสอบในกระบวนการก่อนหน้ากระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูล ซึ่งตัวแปรที่ถูกเก็บมาถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ก่อนการนำ Discriminant Analysis มาใช้งานนั้น ข้อมูลที่ใช้สร้าง Discriminant Function จำเป็นที่จะต้องถูกทดสอบก่อนใช้งาน จากเอกสาร DISCRIMINANT FUCNTION ANALYSIS(Poulsen and French 2004) กล่าวว่า ก่อนการสร้าง discriminant function นั้นจะต้องทดสอบเงื่อนไขต่างๆดังนี้

a) Sample Size โดยกลุ่มของข้อมูลที่นำมาใช้จำแนกนั้นควรมีข้อมูลเท่าๆกัน
b) ข้อมูลควรเป็น Normal Distribution

c) Homogeneity of variances/covariances โดยกลุ่มต่างๆจะถูกจำแนกควรมีความแปรปรวนเท่ากัน

d) ไม่ควรมี Outliers ในข้อมูล

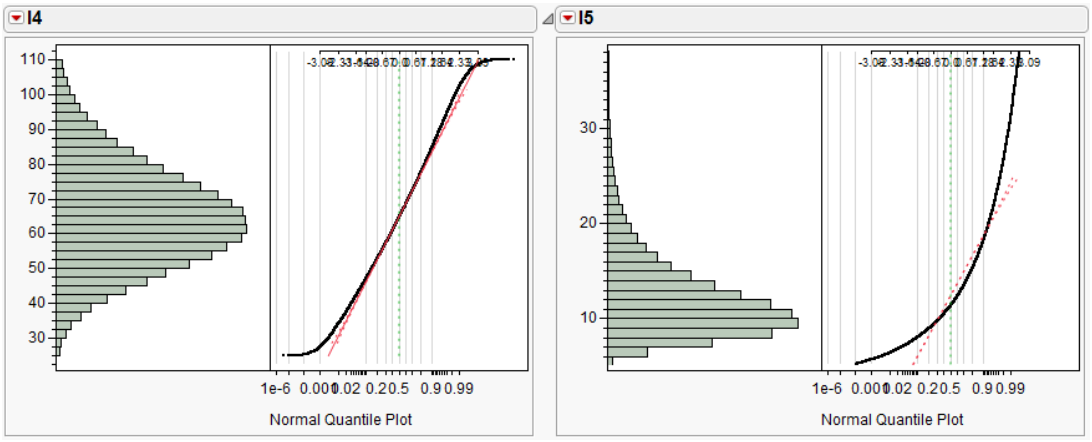
e) Non-multicollinearity ตัวแปรที่จะถูกใช้สร้าง Discriminant Function ไม่ควรมีความสัมพันธ์กันสูง

ผู้ทำงานวิจัยได้ทำการทดสอบเงื่อนไขต่างๆตามเงื่อนไขทั้ง 5 ข้อ พบว่า

1. ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทำการวิเคราะห์มีกลุ่มข้อมูลอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่สามารถ “ผ่าน” การทดสอบได้มีจำนวนหัวอ่านเขียน HGA 225,268 ตัว กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่หัวอ่านเขียนที่ไม่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบ Poor HGA มีอยู่ 3,524 ตัวจากเอกสาร DISCRIMINANT FUCNTION ANALYSIS(Poulsen and French 2004) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการไม่เท่ากันของข้อมูลในกลุ่มที่ต้องการที่จะจำแนกไว้ว่า ข้อมูลที่ไม่เท่ากันในแต่ละกลุ่มสามารถยอมรับได้หากข้อมูลของกลุ่มที่มีข้อมูลน้อยกว่านั้นจะต้องมีจำนวนอย่างน้อย 20 ข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้เก็บมาเพื่อทำงานวิจัยนั้นพบว่า ซึ่งกลุ่มที่มีข้อมูลต่ำกว่านั้นมีจำนวนข้อมูลมากกว่า 20 ข้อมูล ดังนั้น ข้อมูลที่เก็บมานั้นสามรถผ่านเงื่อนไขข้อนี้ไปได้

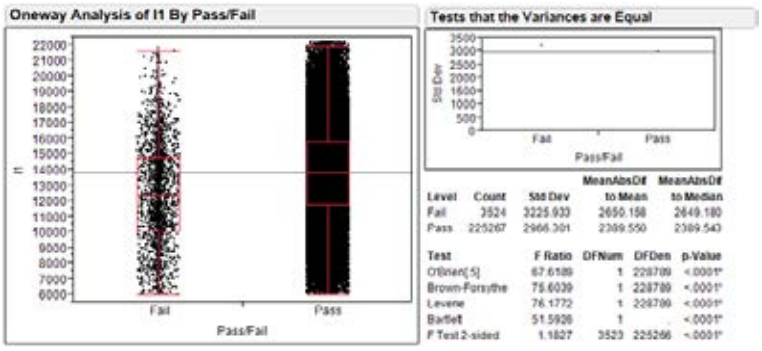
2. ผู้ทำงานวิจัยตรวจกลุ่มข้อมูลที่ใช้วิจัยพบว่า ข้อมูลของหลายๆตัวแปรมีลักษณะคล้าย Normal Distribution แต่บางตัวแปรมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ (Skewed) และเมื่อทำการทดสอบ Normal Distribution ด้วย Normal Quantile Plot พบว่าข้อมูลไม่เป็น normal distribution ซึ่งเอกสาร DISCRIMINANT FUCNTION ANALYSIS(Poulsen and French 2004) ได้ให้คำแนะนำว่า กลุ่มข้อมูลที่ควรใช้เพื่อการสร้างสมการ DA นั้นควรจะมีการกระจายตัวเป็นแบบ normal distribution แต่ถ้าข้อมูลไม่ได้เป็น Normal Distribution ก็ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์หากการกระจายตัวนั้นเป็นการกระจายตัวแบบ Skewed และไม่ได้มีผลกระทบจาก Outliers จากการ

ตรวจสอบกลุ่มข้อมูลพบว่าข้อมูลชุดนี้ไม่มี Outliers เข้ามาเนื่องจากกลุ่มตัวแปรทั้งหมดเป็นตัวแปรที่จำเป็นต้องผ่านการทดสอบในกระบวนการก่อนกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนมาแล้ว ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้สร้าง discriminant function ได้



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการทดสอบ Normal Distribution ของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

3. ทำการทดสอบความแปรปรวนระหว่างข้อมูล 2 กลุ่มบนข้อมูลที่ได้เก็บมาพบว่าการทดสอบด้วย Welch's Test ดังในรูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ผลจากการทดสอบพบว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันของความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเอกสารของ BÖKEOĞLU ÇOKLUK, Ö, & BÜYÜKÖZTÜRK, Ş. (2008) ได้ให้คำแนะนำในเรื่องนี้ไว้ว่า linear discriminant analysis (LDA) จะถูกใช้เมื่อความแปรปรวนของกลุ่มที่ต้องการจำแนกที่เท่ากัน ในขณะที่ quadratic discriminant analysis (QDA) นั้นสามารถใช้ได้เมื่อความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่ต้องการจำแนกไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้นในการสร้าง discriminant function จะทำการสร้างเฉพาะส่วนของ QDA เท่านั้น



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างการทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

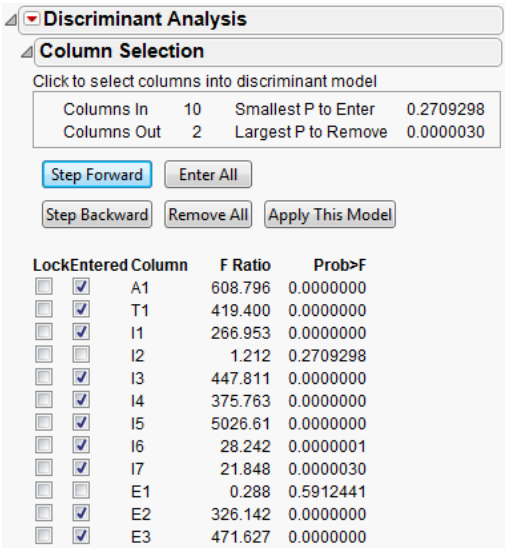
4. เมื่อทำการตรวจสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพบว่า มีแค่ตัวแปร I3 และ E2 ที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.7 ซึ่งจากคำแนะนำในเอกสาร DISCRIMINANT FUCNTION ANALYSIS(Poulsen and French 2004) กล่าวว่าหากตัวแปรที่จะนำมาใช้สร้าง discriminant function มีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นจึงควรทดสอบด้วย Stepwise Regression Analysis เพื่อพิสูจน์ว่า I3 และ E2 นั้นจะมีผลต่อ Discriminant Function หรือไม่ ถ้าหากทั้ง 2 ตัวแปรมีผลต่อ Discriminant Function แล้ว Stepwise Regression Analysis จะเลือกตัวแปรตัวทั้ง 2 ตัวเข้ามาใส่ใน Discriminant Function แต่ถ้าหากตัวแปรตัวหนึ่งมีผลกับ Discriminant Function โดยที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้ตัวแปรอีกตัวหนึ่ง Stepwise Regression Analysis จะเลือกตัวแปรเพียงตัวเดียวจากสองตัวแปรเพื่อที่จะสร้าง Discriminant Function

Correlations

	A1	T1	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	E1	E2	E3
A1	1.0000	0.0938	-0.0117	0.0296	-0.0679	0.0418	-0.0271	-0.0135	-0.0152	0.0196	-0.0682	-0.0185
T1	0.0938	1.0000	-0.0209	0.0318	-0.0900	0.0510	0.0042	0.0117	-0.0117	0.0418	-0.0909	-0.1680
I1	-0.0117	-0.0209	1.0000	-0.2861	0.3312	0.6971	-0.3604	-0.1863	-0.2447	-0.0018	0.3159	-0.0062
I2	0.0296	0.0318	-0.2861	1.0000	-0.3493	-0.0005	0.0504	0.0407	0.0960	0.0075	-0.3366	-0.0079
I3	-0.0679	-0.0900	0.3312	-0.3493	1.0000	-0.4230	0.1541	0.0329	0.0463	-0.0203	0.9915	0.0520
I4	0.0418	0.0510	0.6971	-0.0005	-0.4230	1.0000	-0.4524	-0.2019	-0.2647	0.0147	-0.4308	-0.0466
I5	-0.0271	0.0042	-0.3604	0.0504	0.1541	-0.4524	1.0000	0.2666	0.1632	0.0030	0.1555	-0.0072
I6	-0.0135	0.0117	-0.1863	0.0407	0.0329	-0.2019	0.2666	1.0000	0.3744	0.0038	0.0325	0.0049
I7	-0.0152	-0.0117	-0.2447	0.0960	0.0463	-0.2647	0.1632	0.3744	1.0000	0.0135	0.0492	-0.0020
E1	0.0196	0.0418	-0.0018	0.0075	-0.0203	0.0147	0.0030	0.0038	0.0135	1.0000	-0.0149	0.0388
E2	-0.0682	-0.0909	0.3159	-0.3366	0.9915	-0.4308	0.1555	0.0325	0.0492	-0.0149	1.0000	0.0562
E3	-0.0185	-0.1680	-0.0062	-0.0079	0.0520	-0.0466	-0.0072	0.0049	-0.0020	0.0388	0.0562	1.0000

รูปที่ 5.3 การทดสอบความสัมพันธ์ในข้อมูลตัวอย่าง

จาก Stepwise Regression Analysis ในรูปที่ 5.4 พบว่า ตัวแปร 10 ตัวจาก 12 ตัว มีผลในต่อ Discriminant Function อย่างมีนัยสำคัญ และยังพบอีกว่าทั้งตัวแปร I3 และ E2 นั้นมีผลต่อ Discriminant Function อย่างมีนัยสำคัญทั้งคู่อีกด้วย ดังนั้นทั้งตัวแปร I3 และตัวแปร E2 จะถูกใช้ในการสร้าง Discriminant Function



รูปที่ 5.4 ผลของตัวแปรจากการทดสอบด้วย Stepwise Regression Analysis

5. จากการตรวจสอบกลุ่มข้อมูลพบว่าข้อมูลชุดนี้ไม่มี Outliers เข้ามาเนื่องจากกลุ่มตัวแปรทั้งหมดเป็นตัวแปรที่จำเป็นต้องผ่านการทดสอบในกระบวนการก่อนกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนมาแล้ว

ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้ในงานวิจัยชุดนี้สามารถนำไปใช้สร้าง discriminant function ได้เพราะสามารถผ่านเงื่อนไขในการสร้าง discriminant function ได้ทุกเงื่อนไข

5.2 ผลที่ได้จากการทำงานวิจัย

ผู้ทำงานวิจัยได้แบ่งข้อมูลที่เก็บมาได้ออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆกัน กลุ่มหนึ่งจะใช้เพื่อการสร้างสมการพยากรณ์ (Analysis Sample) และอีกกลุ่มหนึ่งจะใช้เพื่อการทดสอบความถูกต้องของสมการพยากรณ์ (Validation Sample) โดยกลุ่มที่ 1 มีข้อมูล 114,396 HGA จากนั้นนำข้อมูลของกลุ่มที่ 1 ใส่เข้า

ไปยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้าง Discriminant Analysis โดยทำการเพิ่มตัวแปรที่ใส่เพิ่มเข้าไปเรื่อยๆทีละ 1 ตัวในแบบ Stepwise ซึ่งพบว่า ตัวแปร 10 จาก 12 ตัวแปร มีผลต่อกลุ่มที่ต้องการพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญ (ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05)

ผลที่ได้จากการสร้าง discriminant function พบว่า discriminant function นี้มีนัยสำคัญในการแยกความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยการใช้ Wilk's Lambda ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 5.5

Eigenvalue	Percent	Cum Percent	Canonical Corr
0.03199089	100.0000	100.0000	0.17606589

Test	Value	Exact F	NumDF	DenDF	Prob>F
Wilks' Lambda	0.9690008	457.4177	8	114387	<.0001*
Pillai's Trace	0.0309992	457.4177	8	114387	<.0001*
Hotelling-Lawley	0.0319909	457.4177	8	114387	<.0001*
Roy's Max Root	0.0319909	457.4177	8	114387	<.0001*

รูปที่ 5.5 ผลที่ได้จากการทดสอบความมีนัยสำคัญของ discriminant function

ผลที่ได้รับจากการสร้าง Discriminant Function พบว่าจำนวนตัวแปร 10 ตัวแปรจากทั้งหมด 12 ตัวแปรมีผลต่อการจำแนกกลุ่มของ Discriminant Function อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลของ Discriminant Function ในส่วนของ Validation Analysis สามารถนำมาใช้เป็นสมการช่วยในการพยากรณ์ได้เป็นอย่างดีเพราะอัตราส่วนของการพยากรณ์ถูกต้องเมื่อใช้ Validation Sample (กลุ่มที่ 1 + กลุ่มที่ 4) สูงถึง 90.77% ของข้อมูลทั้งหมด โดยจะพบค่า Alpha อยู่ที่ 8.47% และพบค่า Betaอยู่ที่ 0.86%

โดยตารางที่ 5.1 แสดงสัดส่วนผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามกลุ่มโดยกลุ่มทั้ง 4 กลุ่มคือ

- กลุ่มที่ 1 พยากรณ์ว่าจะ "ผ่าน" ซึ่งค่าจริงคือ "ผ่าน"
- กลุ่มที่ 2 พยากรณ์ว่าจะ "ไม่ผ่าน" ซึ่งค่าจริงคือ "ผ่าน"
- กลุ่มที่ 3 พยากรณ์ว่าจะ "ผ่าน" ซึ่งค่าจริงคือ "ไม่ผ่าน"
- กลุ่มที่ 4 พยากรณ์ว่าจะ "ไม่ผ่าน" ซึ่งค่าจริงคือ "ไม่ผ่าน"

ตารางที่ 5.1 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์

	Analysis Sample				Validation Sample			
Input	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
10 Parameters	89.830	8.658	0.841	0.671	89.964	8.468	0.862	0.706

เมื่อพิจารณาถึงผลความถูกต้องและความผิดพลาดของการทำนาย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 โดยที่

- อัตราส่วนการพยากรณ์ถูกต้อง (%Correct) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 4
- อัตราส่วนการพยากรณ์ผิดพลาด (%Misclassified) มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3
- อัตราส่วนการพยากรณ์ผลว่า “ไม่ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงเป็น “ผ่าน” (%Alpha) มีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของกลุ่มที่ 2
- อัตราส่วนการพยากรณ์ผลว่า “ผ่าน” โดยที่ผลของการทดสอบจริงเป็น “ไม่ผ่าน” (%Beta) มีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของกลุ่มที่ 3

ตารางที่ 5.2 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายถูกต้องและความผิดพลาดของการทำนาย

	Analysis Sample				Validation Sample			
Input	% Correct	%Misclassified	%Alpha	%Beta	% Correct	%Misclassified	%Alpha	%Beta
10 Parameters	90.501	9.499	8.658	0.841	90.670	9.330	8.468	0.862

** %Correct = Group 1 และ Group 4
** %Misclassified = Group 2 และ Group 3
** Alpha = Group 2
** Beta = Group 3

นอกจากนั้นพบว่าผลที่ได้จาก Analysis Sample นั้นมีค่าใกล้เคียง Validation Sample ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่า discriminant function ที่สร้างมาสามารถใช้ทำนายผลได้อย่างแม่นยำเมื่อใช้กลุ่มตัวอย่างที่ต่างออกไป

เมื่อนำ Discriminant Analysis เข้ามาประยุกต์ใช้กับกระบวนการการทดสอบหัวอ่านเขียนทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่พบว่า ต้นทุนที่จะเปลี่ยนแปลงไปนั้นขึ้นอยู่กับส่วนของต้นทุนที่จะลดลงได้กับต้นทุนที่จะเพิ่มขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ถ้า Discriminant Analysis สามารถพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นได้แม่นยำมากจะส่งผลให้หัวอ่านเขียนที่จะถูกทดสอบที่กระบวนการทดสอบหัวอ่านเขียนลดลงและหัวอ่านเขียนที่อยู่ในกลุ่มของ Poor HGA จะถูกส่งไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์น้อย ซึ่งจะทำให้ต้นทุนโดยรวมสามารถลดต่ำลงได้มากที่สุด

5.3 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไป

เมื่อนำผลที่ได้จากการนำสมการพยากรณ์ไปใช้แทนที่สมการช่วยในการพยากรณ์ของกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่แล้วนั้นพบว่าหาก discriminant function สามารถลดการตรวจสอบที่กระบวนการทดสอบบนแผ่นจานบันทึกข้อมูลลงได้ 90.77% ของกลุ่มข้อมูลที่นำมาวิจัย

ตารางที่ 5.3 เป็นผลที่ได้จากการนำอัตราส่วนระหว่างการทดสอบบางส่วน, การทดสอบแบบปกติ , ค่า Alpha และ ค่า Beta ไปแทนค่าลงในสมการต้นทุน พบว่าแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่ใช้ข้อมูลในการสร้าง Discriminant Function จำนวน 10 ตัวแปรจะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ถึง 91,432 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัย ในขณะเดียวกันแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่จะส่งผลเป็นต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ 81,611 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัยเช่นกัน ซึ่งพบว่าหากแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ไปใช้ในการสร้างกระบวนการสมการช่วยในการพยากรณ์ไปใช้งานได้จริงเพราะสามารถลดต้นทุนการผลิตโดยรวมลงได้สูงสุด 9,821 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัย

ตารางที่ 5.3 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้งานสมการช่วยในการพยากรณ์

			Cost Reduced				Cost Increased			
Input	% Skip On Disk Testing	%Poor Head	Cost of Head Gimbal Assembly	Cost of tester reduced	Cost of disc usage saving	Total costs reduced	Cost of scrap Head Gimbal Assembly	Cost of Rework process at Harddisk Assembly	Total Costs Increased	Tatal Cost Saved
10 Parameters	90.83	0.86	61132	25624	4676	91432	75192	6419	81611	9821

ข้อดีที่ได้รับจากการใช้แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4 ซึ่งจากข้อมูลที่นำมาทำงานวิจัยพบว่าที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนสามารถข้ามการทดสอบได้มากกว่า 90% ของหัวอ่านเขียนทั้งหมดที่จะถูกทดสอบที่กระบวนการทดสอบนอกแผ่นจานบันทึกข้อมูล โดยเครื่องทดสอบสามารถทำการทดสอบหัวอ่านเขียนได้เร็วกว่าเดิม โดยความเร็วในการทดสอบหัวอ่านเขียนเมื่อนำแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบใหม่มาใช้พบว่าสามารถทดสอบหัวอ่านเขียนได้เร็วมากกว่า 440 ตัวต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งหากเปรียบเทียบกับความเร็วในการทดสอบของแผนการทดสอบแบบเดิมที่ 350 ตัวต่อหนึ่งชั่วโมง พบว่าเครื่องทดสอบสามารถทำการทดสอบได้เร็วขึ้น 125% และยังส่งผลให้การทดสอบที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนสามารถลดการใช้งานเครื่องทดสอบลงได้ 2.8 เครื่องจากที่ปกติจะต้องใช้เครื่องทดสอบ 13.6 เครื่อง หรือคิดเป็น 20.6% ของเครื่องทดสอบที่จะถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ A

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบผลที่ได้รับจาการนำสมการช่วยในการพยากรณ์มาปรับใช้ที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA

Input	% Skip On Disk Testing	Average testing heads in 1 hour	%Capacity gained of tester	Tester Reduced
10 Parameters	90.83	440.83	125.95	2.806

**Tester Usage Baseline = 13.62 machine

5.4 การศึกษาผลกระทบของจำนวนตัวแปรที่ใช้สร้าง Discriminant Function ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์และต้นทุน

จากการศึกษางานวิจัย Bankruptcy prediction using case-based reasoning, neural networks, and discriminant analysis (JO, Hongkyu; HAN, Ingoo; LEE, Hoonyoung , 1997) พบว่าการเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการสร้างสมการที่ใช้ในการทำนายไม่มีผลกับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนการทำนายถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะศึกษาผลของจำนวนของตัวแปรที่ใช้สร้าง Discriminant Function ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการทำนาย ค่า Alpha และ ค่า Beta ซึ่งค่าเหล่านี้จะส่งผลต่อต้นทุนโดยรวมของแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ เพื่อต้องการหาว่าที่จำนวนตัวแปรในการสร้างสมการ Discriminant Function ค่าใด ที่จะทำให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

ผู้ทำงานวิจัยได้ทำการศึกษาโดยทำการเปลี่ยนจำนวนตัวแปรที่ใช้สร้าง Discriminant Function โดยทำการเพิ่มตัวแปรโดยวิธีการ Stepwise Regression Analysis ตั้งแต่ 3 ตัวแปรไปจนถึง 10 ตัวแปร ซึ่งสามารถสรุปผลที่เกิดจากการทำนายได้ตามตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 สรุปผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร

	Analysis Sample				Validation Sample			
Input	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
3 Parameters	87.242	11.298	0.832	0.628	87.175	11.283	0.876	0.666
4 Parameters	89.740	8.748	0.818	0.694	89.803	8.629	0.879	0.690
5 Parameters	89.637	8.851	0.855	0.657	89.756	8.676	0.897	0.671
6 Parameters	91.994	6.494	0.935	0.577	92.091	6.341	0.955	0.613
7 Parameters	92.036	6.452	0.923	0.589	92.168	6.263	0.962	0.606
8 Parameters	90.262	8.227	0.858	0.654	90.354	8.078	0.878	0.691
9 Parameters	90.020	8.468	0.849	0.663	90.137	8.295	0.871	0.698
10 Parameters	89.830	8.658	0.841	0.671	89.964	8.468	0.862	0.706

จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 5.5 พบว่าสัดส่วนของการพยากรณ์ถูกต้อง (Group 1 + Group 4) เมื่อใช้ Validation Sample มีค่าสูงที่สุดที่ 92.77 % เมื่อใช้ 7 ตัวแปรในการสร้าง Discriminant Function และพบว่า สัดส่วนการพยากรณ์ถูกต้อง มีค่าต่ำที่สุดที่ 87.84 % เมื่อใช้ 3 ตัวแปรในการสร้าง Discriminant Function

เมื่อพิจารณาถึงผลที่มีการทำนายถูกต้อง ทำนายผิดพลาด ค่า Alpha และ ค่า Beta ของการพยากรณ์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลที่ได้รับจากการสร้างและการทดสอบสมการพยากรณ์แยกตามผลการทำนายถูกต้องและความผิดพลาดของการทำนาย ของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร

	Analysis Sample				Validation Sample			
Input	% Correct	%Misclassified	%Alpha	%Beta	% Correct	%Misclassified	%Alpha	%Beta
3 Parameters	87.869	12.131	11.298	0.832	87.841	12.159	11.283	0.876
4 Parameters	90.434	9.566	8.748	0.818	90.493	9.507	8.629	0.879
5 Parameters	90.294	9.706	8.851	0.855	90.427	9.573	8.676	0.897
6 Parameters	92.571	7.429	6.494	0.935	92.703	7.297	6.341	0.955
7 Parameters	92.625	7.375	6.452	0.923	92.774	7.226	6.263	0.962
8 Parameters	90.916	9.084	8.227	0.858	91.044	8.956	8.078	0.878
9 Parameters	90.683	9.317	8.468	0.849	90.834	9.166	8.295	0.871
10 Parameters	90.501	9.499	8.658	0.841	90.670	9.330	8.468	0.862

** %Correct = Group 1 และ Group 4 ** Alpha = Group 2

** %Misclassified = Group 2 และ Group 3 ** Beta = Group 3

จากตารางที่ 5.6 พบว่า เมื่อใช้สมการ Discriminant Function ในการพยากรณ์ข้อมูลใน Validation Sample พบว่า ค่า Alpha มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 6.263% เมื่อใช้ 7 ตัวแปร และค่า Alpha มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 11.283% เมื่อใช้ 3 ตัวแปร ในส่วนของค่า Beta พบว่า ค่า Beta มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.862% เมื่อใช้ 10 ตัวแปร และค่า Beta มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.962% เมื่อใช้ 7 ตัวแปร

จากนั้นหากนำอัตราส่วนระหว่างการทดสอบบางส่วน, การทดสอบแบบปกติ , ค่า Alpha และค่า Beta ไปแทนค่าลงในสมการต้นทุนพบว่าแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่ใช้ข้อมูลในการสร้าง 7 ตัวแปรจะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้สูงสุดถึง 99,194 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัย ในขณะที่

แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่ใช้ข้อมูลในการสร้าง 10 ตัวแปรจะส่งผลเป็นต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ต่ำสุดที่ 81,611 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัย ซึ่งพบว่าหากนำแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่ใช้ข้อมูลในการสร้าง 10 ตัวแปรไปใช้ในการสร้างสมการช่วยในการพยากรณ์จะสามารถลดต้นทุนการผลิตโดยรวมลงได้มากที่สุดเท่ากับ 9,821 บาทต่อข้อมูลที่นำมาวิจัย

ตารางที่ 5.7 ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้งานสมการช่วยในการพยากรณ์ของจำนวนตัวแปร 3 – 10 ตัวแปร

			Cost Reduced				Cost Increased			
Input	% Skip On Disk Testing	%Poor Head	Cost of Head Gimbal Assembly	Cost of tester reduced	Cost of disc usage saving	Total costs reduced	Cost of scrap Head Gimbal Assembly	Cost of Rework process at Harddisk Assembly	Total Costs Increased	Tatal Cost Saved
3 Parameters	90.68	0.88	62124	25592	4668	92384	76413	6523	82936	9448
4 Parameters	90.68	0.88	62310	25592	4668	92570	76641	6543	83184	9386
5 Parameters	90.65	0.90	63612	25586	4667	93864	78243	6679	84922	8942
6 Parameters	93.05	0.96	67766	26119	4790	98675	83352	7115	90468	8208
7 Parameters	93.13	0.96	68262	26138	4794	99194	83962	7168	91130	8065
8 Parameters	91.23	0.88	62248	25715	4696	92660	76565	6536	83101	9559
9 Parameters	91.01	0.87	61752	25665	4685	92102	75955	6484	82439	9663
10 Parameters	90.83	0.86	61132	25624	4676	91432	75192	6419	81611	9821

5.5 การวิจารณ์ผล

จากงานวิจัยพบว่า การนำเสนอวิธีการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบใหม่นั้นสามารถลดต้นทุนการผลิตหัวอ่านเขียนในส่วนของการทดสอบลง เพราะการทดสอบหัวอ่านเขียนด้วยวิธีการใหม่นั้นสามารถทำการทดสอบได้เร็วกว่าแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตอื่นๆลดลงอีกด้วย ในขณะเดียวกันต้นทุนการผลิตที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นสูงขึ้นเพราะจะมีหัวอ่านเขียนบางส่วนที่ไม่ผ่านการทดสอบแบบปัจจุบันหลุดผ่านไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งหากมองถึงต้นทุนที่เปลี่ยนไปแล้ว ผลจากงานวิจัยฉบับนี้บอกว่าควรที่จะใช้งานแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่เพราะต้นทุนที่ลดลงได้นั้นสูงกว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมา

ต้นทุนที่ได้แสดงมาคิดจากปริมาณการผลิตในส่วน Validation Sample ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 22.88 ของการผลิต 1 วัน เพราะฉะนั้นหากแปลงข้อมูลการผลิตที่นำมาใช้ทดสอบให้เป็นการผลิตใน 1 วันแล้วนั้น ในหนึ่งวัน แผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่ใช้ข้อมูลในการสร้าง 10 ตัวแปรจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 42,925 บาทต่อวัน หรือคิดเป็น 15,667,625 บาทต่อปี และสามารถลดการใช้งานเครื่องทดสอบของผลิตภัณฑ์ A ได้จาก 60 เครื่องต่อวัน เหลือเพียง 48 เครื่องต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 20% ของจำนวนเครื่องทดสอบที่ใช้งานสำหรับผลิตภัณฑ์ A หรือคิดเป็น 10% ของเครื่องทดสอบที่มีทั้งหมดในโรงงานกรณีศึกษา

จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 5.5 พบว่าสัดส่วนการพยากรณ์ถูกต้อง (Group 1 + Group 4) เมื่อใช้ Validation Sample มีค่าสูงที่สุดที่ 92.77 % เมื่อใช้ 7 ตัวแปรในการสร้าง Discriminant Function และพบว่า สัดส่วนการพยากรณ์ถูกต้อง มีค่าต่ำที่สุดที่ 87.84 % เมื่อใช้ 3 ตัวแปรในการสร้าง Discriminant Function และจากตารางที่ 5.6 พบว่า ค่า Alpha มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 6.26% เมื่อใช้ 7 ตัวแปร และค่า Alpha มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 11.28% เมื่อใช้ 3 ตัวแปร ในส่วนของค่า Beta พบว่า ค่า Beta มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.86% เมื่อใช้ 10 ตัวแปร และค่า Beta มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.96% เมื่อใช้ 7 ตัวแปร เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนพบว่า เมื่อใช้ 10 ตัวแปรจะทำให้ต้นทุนรวมนั้นต่ำที่สุด

ฉะนั้นจึงสังเกตได้ว่า ที่จำนวนตัวแปรที่ให้ความถูกต้องในการทำนายสูงที่สุดไม่ได้ทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำที่สุด

จากการสังเกตผลที่ได้จากงานวิจัยพบว่า จำนวนตัวแปร 7 ตัวแปรนั้นได้ผลของการพยากรณ์ที่มี เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงที่สุดและได้ค่า Alpha ที่ต่ำที่สุดอีกด้วย แต่ผลของต้นทุนรวมที่ได้จากตารางที่ 5.7 พบว่า จำนวนตัวแปรที่นำไปสร้าง Discriminant Function ที่ได้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดคือตัวแปรจำนวน 10 ตัวแปรเนื่องจากจำนวนตัวแปร 10 ตัวแปรมีค่า beta อยู่ที่ 0.86% ซึ่งต่ำกว่าจำนวนตัวแปร 7 ตัวแปรที่ได้ค่า Beta ที่ 0.96% ส่งผลให้ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ของ 7 ตัวแปรสูงกว่าที่ 10 ตัวแปร 9,519 บาท ในขณะที่ต้นทุนที่จำนวนตัวแปร 7 ตัวแปรสามารถลดลงได้สูงกว่าที่ 10 ตัวแปรที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนได้เพียง 7,762 บาท จึงทำให้ต้นทุนรวมของ

จำนวนตัวแปร 10 ตัวแปรต่ำกว่าจำนวนตัวแปร 10 ตัวแปร ในกรณีศึกษานี้ค่า Beta ส่งผลต่อต้นทุนมากกว่าค่า Alpha เนื่องจากเมื่อเกิดความผิดพลาดแบบ Type II error ซึ่งคือการยอมรับให้ชิ้นงานที่ไม่ควรผ่าน ผ่านไปยังกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ได้ จะทำให้ชิ้นงานที่เป็น Poor head นั้นก่อความเสียหายต่อฮาร์ดดิสก์ที่มาประกอบ ซึ่งฮาร์ดดิสก์มีต้นทุนการผลิตที่สูงจะทำให้เกิดต้นทุนความเสียหายที่สูงตามมา

วิธีการตัดสินใจสามารถเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของโรงงานกรณีศึกษาในเวลาปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงไปของต้นทุน หรือเหตุการณ์อื่นๆบริษัทตัวอย่างต้องเผชิญ ตัวอย่างเช่น หากโรงงานกรณีศึกษาต้องการเพิ่มความสามารถในการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นสำคัญเพราะเกิดวิกฤตความสามารถในการผลิตไม่เพียงพอ ในขณะที่โรงงานกรณีศึกษาประกอบฮาร์ดดิสก์ยังสามารถเพิ่มการผลิตเพื่อทดแทนชิ้นงานที่สูญเสียมากขึ้นได้ หรือ โรงงานกรณีศึกษาตัวอย่างจำเป็นต้องขยายโรงงานกรณีศึกษาเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตซึ่งคิดเป็นต้นทุนที่แพงมากเมื่อเทียบกับความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น โรงงานกรณีศึกษาต้นแบบก็ควรเลือกงานวิจัยนี้มาเพิ่มความสามารถในการผลิตได้

บทที่ 6

สรุปผลจากงานวิจัย

6.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ โดยการสร้างวิธีการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ของหัวอ่านเขียนเพื่อใช้แทนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบเดิม วิธีการทดสอบแบบใหม่ใช้เทคนิค Discriminant Analysis (DA) มาช่วยพยากรณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการทดสอบแบบเดิมซึ่งมีผล 2 แบบคือ ผ่านและไม่ผ่าน หาก DA พยากรณ์ว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะมีผล “ผ่าน” การทดสอบ บริษัทจะไม่ทดสอบหัวอ่านเขียนตัวนั้น แต่หาก DA พยากรณ์ว่าหัวอ่านเขียนตัวนั้นจะ “ไม่ผ่าน” การทดสอบ บริษัทจะทดสอบหัวอ่านเขียนตัวนั้นตามปกติ วิธีการทดสอบแบบใหม่ซึ่งจะมีการข้ามการทดสอบหัวอ่านเขียนบางส่วน จะช่วยประหยัดต้นทุนในการตรวจสอบลงได้ แต่การข้ามการทดสอบจะทำให้มีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากของเสียที่จะพบในกระบวนการถัดไป ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารายการต้นทุนที่จะเปลี่ยนแปลงจากการใช้แผนการทดสอบแบบใหม่ และศึกษาว่าแผนการทดสอบแบบใหม่สามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้

ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่สามารถพยากรณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ถูกต้องสูงถึง 90% และหากนำไปประยุกต์ใช้จริงในบริษัทต้นแบบ จะสามารถลดการใช้งานเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ลงได้ 20% อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้ 15,667,625 บาทต่อปี

หากนำกระบวนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ไปใช้ที่กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HGA พบว่าสามารถลดต้นทุนที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนได้ลงได้ 399,633 บาทต่อวัน นอกจากต้นทุนที่สามารถลดลงได้จากแผนการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียนแบบใหม่แล้ว โรงงานกรณีศึกษาสามารถลดการใช้งานเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ลงได้ 12 เครื่องต่อวัน หรือคิดเป็น 20% ของเครื่องทดสอบที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ A หรือคิดเป็น 10% ของเครื่องทดสอบทาง

อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดที่มีอยู่ในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาสามารถนำเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ลดได้จากผลิตภัณฑ์ A ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆได้ต่อไปโดยที่ไม่ต้องซื้อเครื่องทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์เพิ่ม นอกจากนั้นโรงงานกรณีศึกษาสามารถลดการใช้งานแผ่นจานบันทึกข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ได้มากกว่า 90% สำหรับผลิตภัณฑ์ A อีกด้วย

สิ่งที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์หากที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA นำการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ไปใช้นั้น ที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์จะพบอัตราส่วนของของเสียในกระบวนการผลิตที่เกิดจากฮาร์ดดิสก์ไม่ผ่านการทดสอบมากขึ้น โดยของเสียที่มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเกิดจากหัวอ่านในกลุ่ม Poor HGA ที่สามารถผ่านการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ไปได้ ซึ่งพบว่าจากข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ต้นทุนการผลิตในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์จะเพิ่มขึ้น 356,798 บาทต่อวัน

และหากจะสรุปผลของการทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ของหัวอ่านเขียน HGA แบบใหม่ที่ดีที่สุดพบว่า การทดสอบทางอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตของบริษัทโดยรวมลงได้ 42,925 บาทต่อวัน หรือคิดเป็น 15,667,625 บาทต่อปี

6.2 อุปสรรค

เมื่อเริ่มทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้ทำงานวิจัยพบว่ามีงานวิจัยที่เป็นลักษณะการลดการทดสอบด้วยการทำนายผลที่เกิดขึ้นน้อย โดยหากเป็นงานวิจัยที่เป็นการลดการทดสอบลง งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่นำ Continuous Sampling Plan มาประยุกต์ใช้มากกว่า ทำให้ผู้ทำงานวิจัยขาดแนวทางการทำงานวิจัยใช้ช่วงแรก

หลังจากการศึกษา Discriminant Analysis พบว่าไม่ค่อยมีการนำ Discriminant Analysis มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสมการที่ช่วยในการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นและนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิต โดยงานวิจัยที่พบส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อกลุ่มที่ต้องการทำนายเท่านั้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

ในการเสนอวิธีการทดสอบหัวอ่านเขียนแบบใหม่ได้นำกระบวนการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ ผลที่ได้รับจาก Discriminant Analysis ที่ผู้ทำงานวิจัยเลือกใช้นั้นแสดงให้เห็นว่าสามารถทำนายได้ถูกต้องแม่นยำในอัตราส่วนที่สูง แต่ยังพบว่าการพยากรณ์ที่ผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta) ก็ยังอยู่มีเปอร์เซ็นต์ที่สูงเช่นกัน และจากการศึกษาในด้านของต้นทุนระหว่างกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน HGA และกระบวนประกอบฮาร์ดดิสก์พบว่า ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการพยากรณ์ที่ผิดพลาดในแบบที่ 2 จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้นที่กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์เป็นอย่างมาก ในอนาคตหากมี Function ใดหรือวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆแบบใดที่สามารถทำให้อัตราส่วนการพยากรณ์ผิดพลาดในแบบที่ 2 ต่ำลงมากกว่า Discriminant Analysis ได้แล้ว Function หรือวิธีการพยากรณ์แบบนั้นน่าจะทำให้ต้นทุนการผลิตรวมของโรงงานกรณีศึกษาต้นแบบนี้ลดลงได้มากขึ้นไปอีก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กังวาน ชยุติมันต์กุล และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงหล่อโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,. 2545.

นาถนภา วงษ์ศีล และ จินตนา ยูนิพันธุ์. การวิเคราะห์ตัวแปรจำแนกกลุ่มป่วยซ้ำและไม่ป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภทไทยมุสลิม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

วัสชัย ลิมปนวาร. การจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพในกระบวนการผลิตเครื่องครัว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ภาควิชาศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุพิชญา ฉลวยเจริญวงศ์ และ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์. การจัดทำระบบวิเคราะห์ต้นทุนความสูญเสียและปรับปรุงต้นทุนคุณภาพโดยรวมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

สุภารัตน์ ธาราสายทอง และ นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์. การพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพและการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพ สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

เสริมสุข แซ่ตั้ง และ ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่าน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำสุด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. 2552.

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋องโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Hisham, M.E., Abdelsalam, Medhat, and Gad, M. Cost of quality in Dubai: An analytical case study of residential construction projects. International Journal of Project Management 27. (2009) : 501–511

JO, H., HAN, I., and LEE, H. Bankruptcy prediction using case-based reasoning, neural networks, and discriminant analysis. Expert Systems with Applications, 1997, 13.2: 97-108.

Onoufriou, T., Frangopol, D.M., and Wohlrabe. Reliability-based inspection optimization of complex structures: a brief retrospective. Computers and Structures 80. (2002) : 1133–1144.

Oppermann, M., Sauer, W., and Wohlrabe, H. Optimization of quality costs. Robotics and Computer Integrated Manufacturing 19. (2003) : 135–140.

Poulsen, J., and French, A. Discriminant function analysis (DA),2004,

Sirikhumhom, S., and Rojanarowan, N. Development of Cost-Based Acceptance Sampling Plans for Multi-Stage Inspection Processes. (2009)

Yasin, M.M., Czuchry, A.J., Dorsch, J.J., and Small, M. In search of an optimal cost of quality: an integrated framework of operational efficiency and strategic effectiveness. Journal of ENGINEERING AND TECHNOLOGY MANAGEMENT. (1999) : 171–189.

Yu, H.F., Yu, W.C., and Wen , P.W. A mixed inspection policy for CSP-1 and precise inspection under inspection errors and return cost. Computers & Industrial Engineering 57. (2009) : 652–659.

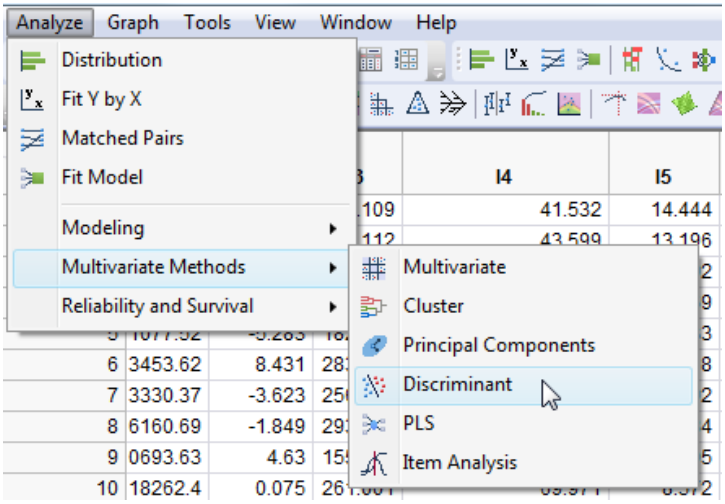
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

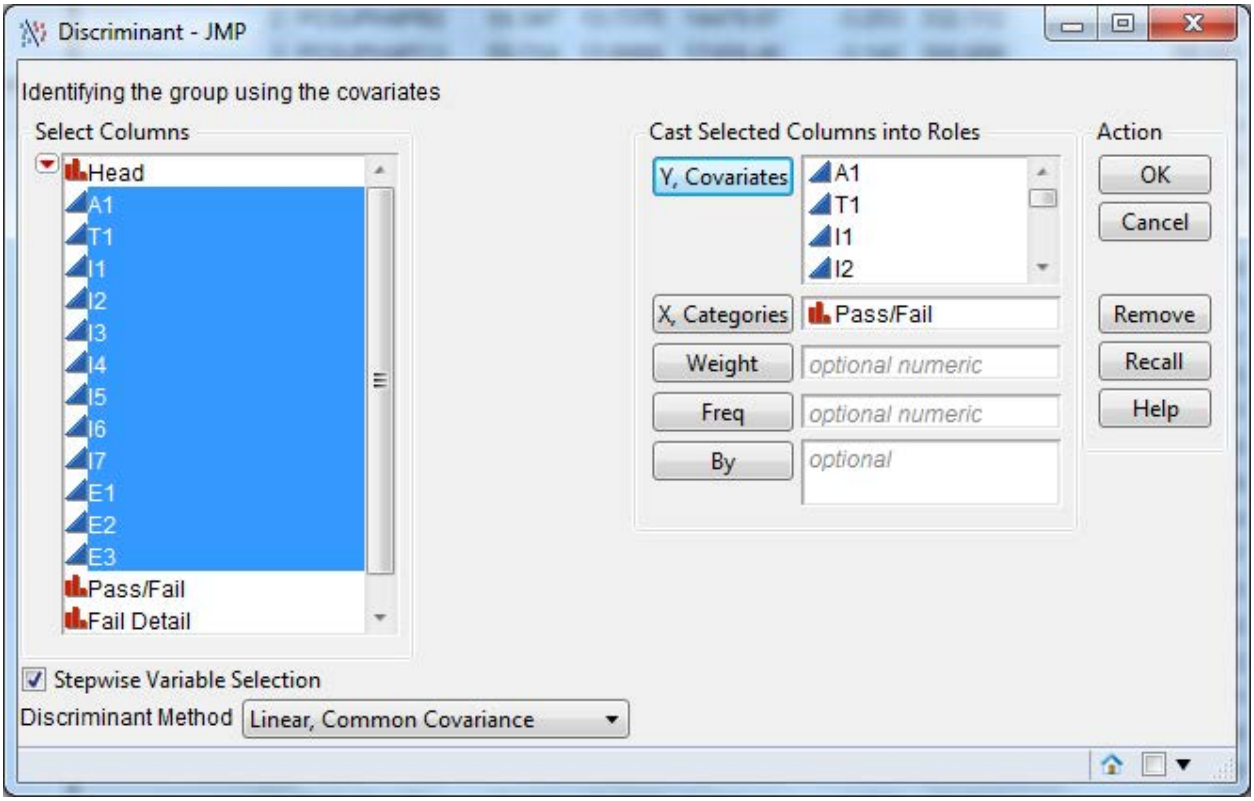
วิธีการใช้ Discriminant โดยใช้ Software JMP (SAS , Business Analytics and Business Intelligence Software)

การเลือกใช้งาน Discriminant Analysis ในโปรแกรม JMP

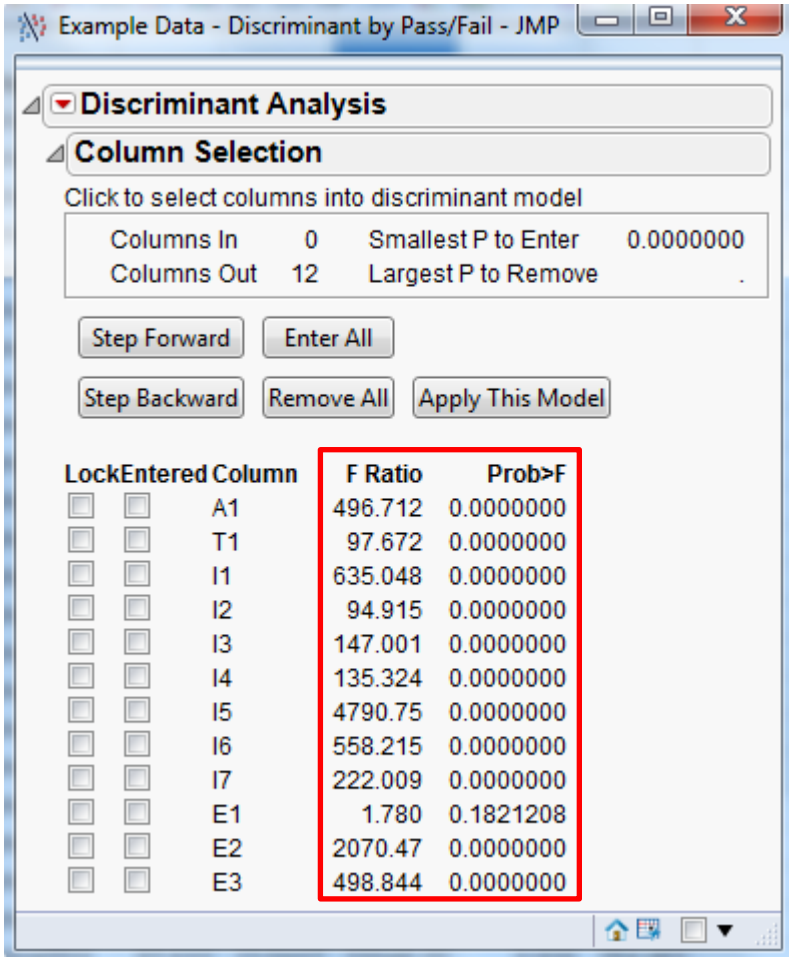
วิธีการใช้ Discriminant โดยใช้ Software JMP



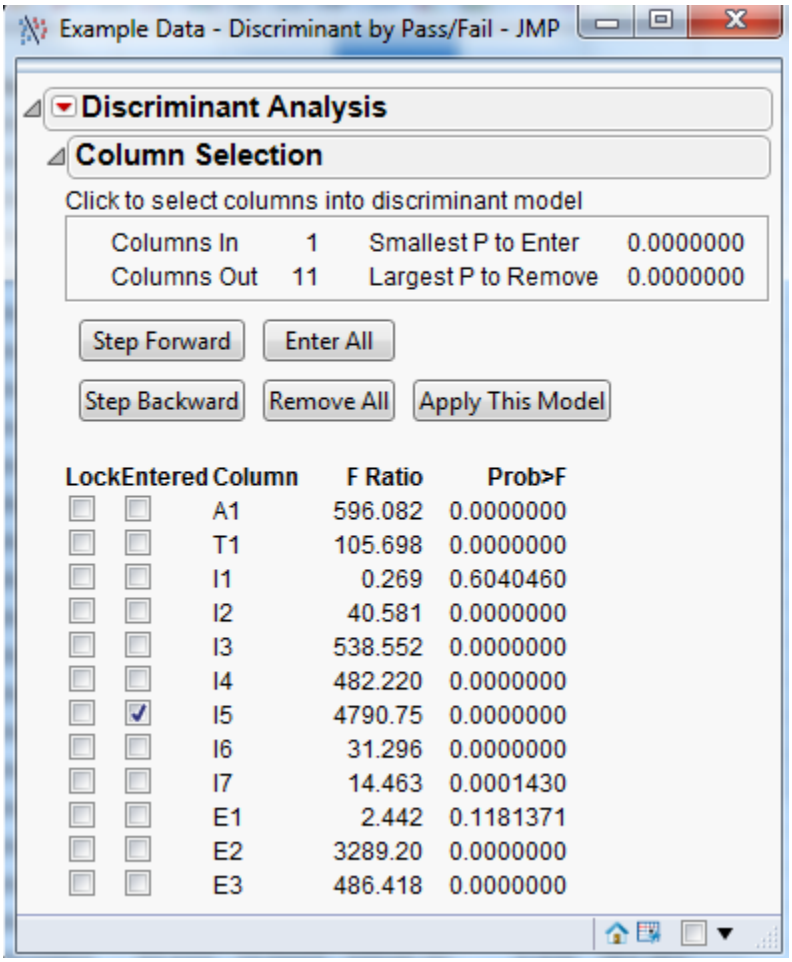
ทำการเลือกค่า Y ซึ่งเป็นค่าที่จะใช้ในการพยากรณ์ และค่า X เป็นค่าที่ต้องการที่จะพยากรณ์

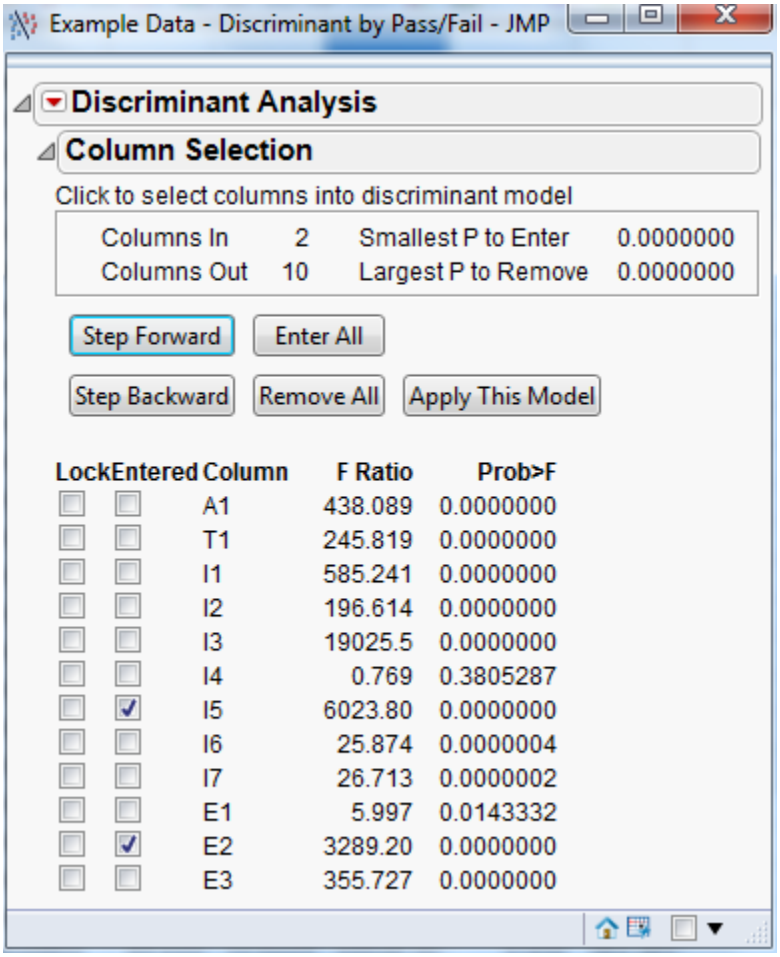


ตัว Software จะให้เลือกตัวแปรที่ใส่เข้าไปใน function หรือสามารถกด Step Forward เพื่อให้ตัว software เลือกตัวแปรที่มีค่า F Ratio สูงสุด หรือ P-Value ต่ำสุดใส่เข้าไปในสมการ

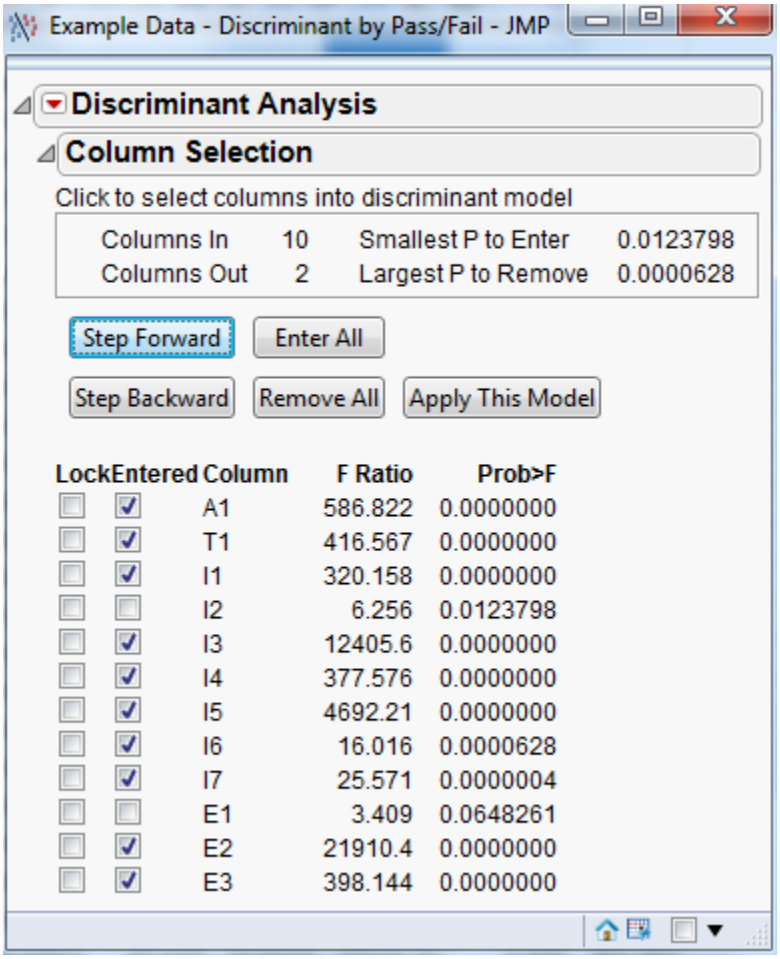


เลือกตัวแปรใส่เข้าไปยังสมการพยากรณ์




Example Data - Discriminant by Pass/Fail - JMP
Discriminant Analysis
Column Selection
Click to select columns into discriminant model
Columns In 2 Smallest P to Enter 0.0000000
Columns Out 10 Largest P to Remove 0.0000000
Step Forward
Enter All
Step Backward
Remove All
Apply This Model
Lock Entered Column F Ratio Prob>F
A1 438.089 0.0000000
T1 245.819 0.0000000
I1 585.241 0.0000000
I2 196.614 0.0000000
I3 19025.5 0.0000000
I4 0.769 0.3805287
I5 6023.80 0.0000000
I6 25.874 0.0000004
I7 26.713 0.0000002
E1 5.997 0.0143332
E2 3289.20 0.0000000
E3 355.727 0.0000000

พบว่าตัวเลือกถัดไป มีค่า Prob>F ที่มากกว่า 0.05 จึงทำการหยุดเลือก จากนั้นจึงสั่งให้ตัวโปรแกรมสร้าง Model ขึ้น



ผลที่ได้จาก Discriminant Analysis แบบ Linear Method

Discriminant Analysis

Discriminant Method: Linear

Discriminant Scores

Columns

A1
T1
I1
I3
I4
I5
I6
I7
E2
E3

	Training	Excluded
Number Misclassified	9591	141
Percent Misclassified	4.188	65.28
-2LogLikelihood	74728	

Training

Counts: Actual Rows by Predicted Columns

	Fail	Pass
Fail	1391	2364
Pass	7227	2e+5

Excluded

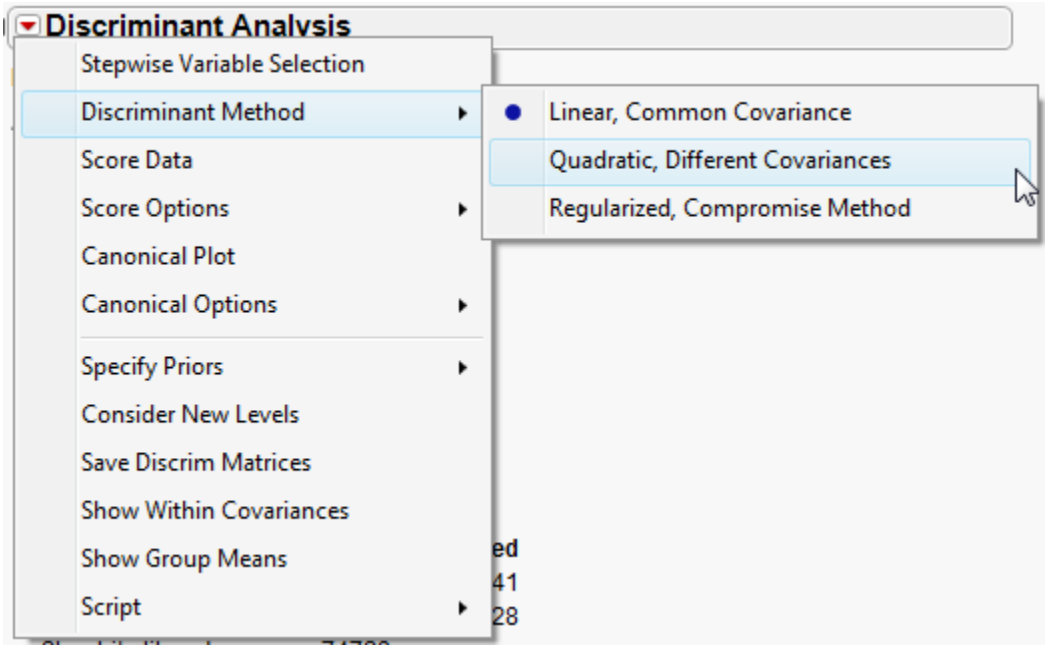
Counts: Actual Rows by Predicted Columns

	Fail	Pass
Fail	75	141
Pass	0	0

Groups

Pass/Fail	Count
Fail	3755
Pass	2e+5

เปลี่ยนให้ Model มีการคำนวนด้วยระบบ Quadratic Method



ผลที่ได้จาก Discriminant Analysis แบบ Quadratic Method

Discriminant Analysis

Discriminant Method: Quadratic

Discriminant Scores

Columns

A1
T1
I1
I3
I4
I5
I6
I7
E2
E3

	Training	Excluded
Number Misclassified	14125	134
Percent Misclassified	6.168	62.04
-2LogLikelihood	2e+5	

Training

Counts: Actual Rows by Predicted Columns

	Fail	Pass
Fail	1615	2140
Pass	11985	2e+5

Excluded

Counts: Actual Rows by Predicted Columns

	Fail	Pass
Fail	82	134
Pass	0	0

Groups

Pass/Fail	Count
Fail	3755
Pass	2e+5

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิสวัส เลิศวณิชกุล เกิดวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550 ภายหลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายผลิตภัณฑ์ในบริษัทผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแห่งหนึ่ง หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553