โปรแกรมช่วยระบุลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ชลธา ไกรวัตนุสสรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-1741-3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FAILURE MODE IDENTIFICATION SOFTWARE FOR A PROCESS FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS OF AUTOMOTIVE PART PROCESS

Mr. Chonlatha Kraiwatnussorn

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1741-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมช่วยระบุลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
โดย	นาย ชลธา ไกรวัตนุสสรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชลธา ไกรวัตนุสสรณ์ : โปรแกรมช่วยระบุลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของขบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. (FAILURE MODE IDENTIFICATION SOFTWARE FOR A PROCESS FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS OF AUTOMOTIVE PART PROCESS), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์,106 หน้า. ISBN 974–03-1741-3

วิทยานิพนธ์นี้ได้มีการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure mode and effect analysis, FMEA) เพื่อการออกแบบและจัดสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยระบุข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบได้อย่าง สะดวก ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบและจัดสร้างโปรแกรม FMEA ProFI 1.0 ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนได้แก่ ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information) ส่วนตั้งค่า (Options) ส่วนระบุข้อบกพร่อง (Failure Mode) ส่วนปฏิบัติการ (Worksheet) และส่วนข้อเสนอแนะ (Recommendation) และได้ส่งให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทที่ทำจากโลหะทดสอบ พบว่าแนวทางการใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูลและโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยระบุข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำ Process FMEA ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและถูกต้องน่าเชื่อถือ โดยวัดจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่าความพึงพอใจเพิ่มจากวิธีการทำในปัจจุบัน 62% ขึ้นมาอยู่ในระดับ 87% เทียบกับการนำโปรแกรม FMEA ProFI 1.0 มาใช้ในการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ..	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา .....วิศวกรรมอุตสาหการ.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา .....2544.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##4271414121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: QUANLITY/QS-9000 / TOOL / FMEA / SOFTWARE

CHONLATHA KRAIWATNUSSORN : FAILURE MODE IDENTIFICATION SOFTWARE FORA PROCESS FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS OF AUTOMOTIVE PART PROCESS. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. PRASERT AKKHARAPRATHOMPHONG, 106 pp. ISBN 974-03-1741-3

The objective of this thesis is to study a technique Failure mode and Effects analysis (FMEA) to design and initiate computer software for identifying the failure modes and analyzes the Process FMEA expediently correctly reliably and efficiently. The software FMEA ProFI 1.0 created consists of 5 modules as Information, Options, Failure modes, Work sheet and Recommendation. The result of that program validated by the users in metal automotive part industrial shows the using of database on computer software can help to identify failure mode and increase efficiency of Process FMEA expediently correctly and reliably measured by the users' satisfaction score is raising from status of 62% up to 87% after implementing the FMEA ProFI 1.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department .....Industrial Engineering..... Student's signature……..

Field of study .....Industrial Engineering..... Advisor's signature……

Academic year ……2001…….. Co-advisor's……...

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นประธานกรรมการ และกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลโชค , รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช ที่กรุณาให้ข้อแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ประกอบอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาของผู้วิจัยที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและเหตุผล..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3
บทที่ 2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 4
2.1 ชนิดของ FMEA..... 5
2.2 คณะทำงาน FMEA..... 7
2.3 แหล่งข้อมูล..... 7
2.4 ขั้นตอนการทำ FMEA..... 7
2.5 รายละเอียดของแบบฟอร์ม FMEA..... 8
บทที่ 3 ข้อบกพร่องในงานโลหะ..... 14
3.1 คำจำกัดความ..... 14
3.2 การบ่งชี้ข้อบกพร่อง..... 14
3.3 ข้อบกพร่องของงานโลหะที่พบโดยทั่วไป..... 15
บทที่ 4 รายละเอียดการออกแบบโปรแกรม FMEA ProFI..... 22
4.1 การออกแบบโปรแกรม..... 22
4.2 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI..... 28
4.3 แผนภูมิการไหล (Flow Chart)..... 32
4.4 ชนิดของหน้าจอและสภาพการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI..... 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ตัวอย่างการใช้งาน..... 49
บทที่ 5 การทดสอบโปรแกรม. 53
5.1 วิธีการทดสอบ.....53
5.2 ผลการทดสอบ.....56
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....61
6.1 บทสรุป.....61
6.2 ข้อเสนอแนะ.....63
รายการอ้างอิง.....64
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก Reference Manual Process FMEA..... 66
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้โปรแกรม FMEA ProFI..... 86
ภาคผนวก ค ผลการตอบแบบสอบถามจากผู้ทดสอบโปรแกรม.....100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงแบบฟอร์มที่ใช้วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 9
ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามโปรแกรม FMEA ProFI..... 55
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab).....56
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนการตั้งค่า (Options Tab).....57
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของFailure mode..... 57
ตารางที่ 5.5 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet) 58
ตารางที่ 5.6 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ (Recommendation).....58
ตารางที่ 5.7 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนทั่วไป..... 59
ตารางที่ 5.8 แสดงผลการเปรียบเทียบในแต่ละส่วนของโปรแกรม..... 59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของ FMEA กับเครื่องมืออื่นๆในระบบคุณภาพ QS-9000.....4
รูปที่ 2.2 ชนิดและความสัมพันธ์ของ FMEA.....5
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการทำ FMEA.....8
รูปที่ 2.3 แสดงแบบฟอร์มที่ใช้วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ.....9
รูปที่ 4.1แสดงการเปรียบเทียบลักษณะข้อบกพร่องที่ใช้ในโปรแกรม FMEA ProFI..... 23
รูปที่ 4.2แสดงตารางฐานข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI.....24
รูปที่ 4.3แสดงตารางฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันของโปรแกรม FMEA ProFI.....24
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอของโปรแกรม PHA-PRO 3.0..... 25
รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Relax 7.3.....26
รูปที่ 4.6 แสดงการหน้าจอการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic ในส่วนการออกแบบหน้าจอ..... 27
รูปที่ 4.7 แสดงการหน้าจอการ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้.....28
รูปที่ 4.8 แสดงการหน้าจอการเขียน Source Code..... 28
รูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของ FMEA ProFI..... 29
รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบ User Interface ของ Worksheet..... 30
รูปที่ 4.11 แผนภูมิการไหลแสดงFMEA ProFI ส่วนโปรแกรมหลัก..... 32
รูปที่ 4.12 แผนภูมิการไหลแสดงการเปิดโปรแกรมใหม่.....33
รูปที่ 4.13 แผนภูมิการไหลแสดงการเปิดโปรแกรม.....34
รูปที่ 4.14 แผนภูมิการไหลแสดงการปิด, การพิมพ์และการออกจากโปรแกรม.....35
รูปที่ 4.15 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Information Tab..... 36
รูปที่ 4.16 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Options Tab.....37
รูปที่ 4.17 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Failure mode Tab..... 38
รูปที่ 4.18 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Worksheet Tab..... 39
รูปที่ 4.19 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Recommendation Tab..... 40
รูปที่ 4.20 แสดงหน้าจอเมนูหลัก (Main Menu) 41
รูปที่ 4.21 แสดงหน้าจอส่วนข้อมูล (Information Tab) 41
รูปที่ 4.22 แสดงหน้าจอส่วนการป้อนข้อมูล Core Team.....42
รูปที่ 4.23 แสดงหน้าจอส่วนการตั้งค่า (Options Tab) 42
รูปที่ 4.24 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางภาวะความรุนแรง.....43
รูปที่ 4.25 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางโอกาสการเกิด..... 43
รูปที่ 4.26 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางการตรวจพบ..... 44
รูปที่ 4.27 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางค่า Classification..... 44

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.28 แสดงหน้าจอส่วนการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode Tab)..... 45
รูปที่ 4.29 แสดงหน้าจอการช่วยบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode Identification)..... 45
รูปที่ 4.30 แสดงหน้าจอส่วนปฏิบัติการ FMEA (FMEA Worksheet Tab)..... 46
รูปที่ 4.31 แสดงหน้าจอส่วนข้อปฏิบัติข้อเสนอแนะ (Recommendation Tab)..... 46
รูปที่ 4.32 **แสดงหน้าจอการพิมพ์รายงานตามแบบของ Ford / Chrysler / GM**..... 47
รูปที่ 4.33 **แสดงหน้าจอการพิมพ์รายงานตามแบบฟอร์มของกรมโรงงานอุตสาหกรรม**.....47
รูปที่ 4.34 **แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วนการใช้โปรแกรม**..... 48
รูปที่ 4.35 แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วนการทำ Process FMEA..... 48
รูปที่ 4.36 แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วน Failure Mode..... 49
รูปที่ 4.37ตัวอย่างการใช้งานและการกรอกข้อมูลในส่วน Information..... 49
รูปที่ 4.38ตัวอย่างการเลือกใช้แบบฟอร์ม Ford/Chrysler/GM ในส่วน Options..... 50
รูปที่ 4.39ตัวอย่างการเลือกใช้แบบฟอร์มกรมโรงงานในส่วน Options..... 50
รูปที่ 4.40 ตัวอย่างการใช้งานการระบุข้อบกพร่องและการจัดเก็บรายละเอียดและรูปภาพ..... 51
รูปที่ 4.41ตัวอย่างการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ Process FMEA ในส่วนของ Worksheet..... 51
รูปที่ 4.42ตัวอย่างการใช้โปรแกรมในแบ่งแยกข้อปฏิบัติเสนอแนะ
และการติดตามผลในส่วนของ Recommendation..... 52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันแนวคิดการปรับลดต้นทุนการผลิตโดยการขยายกำลังการผลิต (Economy of scale) หรือการทดแทนคนด้วยเครื่องจักร อาจไม่ใช่สิ่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาความสามารถทางการแข่งขันอีกต่อไป เนื่องจากสถานการณ์และปัจจัยสำคัญต่างๆเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้รูปแบบของการแข่งขันทางธุรกิจเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเป็นนโยบายการค้าเสรี การเกิดวิกฤตเศรษฐกิจการเงินในระดับโลก และ การเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคของข้อมูลข่าวสาร การปรับปรุงคุณภาพของสินค้ารวมถึงการประกันคุณภาพ กำลังเป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากจะเป็นแนวคิดที่สร้างความแตกต่างด้านคุณค่าของสินค้ามากกว่าที่จะเป็นเพียงการให้ลูกค้าเลือกสินค้าจากความแตกต่างด้านราคาเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นสิ่งที่ประเทศไทยมีความเสียเปรียบ เมื่อแข่งขันกับประเทศที่มีต้นทุนแรงงานต่ำกว่าเช่น ประเทศจีน เวียดนาม

แนวโน้มทางด้านระบบคุณภาพในเวทีการค้าโลกจึงไม่ได้มีความหมายแค่เพียงการควบคุมให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเท่านั้น ในภาคอุตสาหกรรมยังต้องให้ความสำคัญกับสนองความต้องการของลูกค้าและการออกแบบผลิตภัณฑ์ และคุณภาพในแต่ละขั้นตอนทั้งการผลิตและบริการ ข้อบกพร่อง (Failure mode) จึงเป็นสิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยงและหาวิธีป้องกันให้มีโอกาสในการเกิดน้อยที่สุด เครื่องมือทางระบบคุณภาพหลายอย่างจึงถูกคิดค้นขึ้นเพื่อแก้ปัญหานี้ หนึ่งในนั้นที่ได้รับความนิยมและได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

1.1 ความเป็นมาและเหตุผล

ในปัจจุบันภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมีการใช้ FMEA เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย (Risk Assessment)แล้ว ยังมีการนำมาประยุกต์ใช้ในระบบคุณภาพอันได้แก่ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเลคโทรนิค โดยเป็นการทำตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน QS-9000 หรือเป็นการทำตามขั้นตอนที่บริษัทผู้ซื้อสินค้าต่างประเทศกำหนดให้ ทำให้บุคคลากรบางส่วนยังไม่เข้าใจในหลักการและวิธีการใช้อย่างแท้จริง ประกอบกับอุปสรรคด้านภาษา เป็นผลให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องหรือน่าเชื่อถือพอที่

จะสามารถสรุปผลเพื่อการตัดสินใจและนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการจัดเก็บเอกสารจำนวนมากอาจเกิดปัญหาสูญหายเมื่อเวลาผ่านไป

เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนต่าง ๆการทำ FMEA จะเห็นว่าประเด็นสำคัญเพื่อให้การวิเคราะห์ที่สมบูรณ์คือการใช้กลุ่มบุคลาการที่มีประสบการณ์การทำงานสูงซึ่งเชี่ยวชาญทั้งด้านวิชาการและในสาขาต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับระบบ สินค้า การออกแบบ และ บริการ ซึ่งจะได้ข้อมูลความคิดเห็นอันหลากหลายจากหลายมุมมอง ซึ่งในการจัดทำ FMEA แต่ละครั้งนั้นจะต้องใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพจากหลายส่วนงานเป็นเวลานาน ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายสูงโดยเฉพาะการเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคจากต่างประเทศ ฉะนั้นการให้ความสำคัญกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์และการนำผลที่วิเคราะห์ไปสรุปเป็นแผนการดำเนินงานจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก

แนวคิดในการใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ได้รับการยอมรับในการประยุกต์ใช้ช่วยงานทางด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรม เช่น การออกแบบ การเขียนแบบ การประมาณราคา การบริหารโครงการ การจัดเก็บและบริหารข้อมูล การคำนวณที่ซับซ้อน การสร้างแบบจำลอง เครื่องมือทางสถิติ รวมไปถึง การเป็นโปรมแกรมช่วยในการตัดสินใจ เป็นวิธีที่น่าสนใจที่จะศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดทำ FMEA ในการประกันคุณภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างโปรแกรมพร้อมคู่มือการใช้งาน เพื่อช่วยในการระบุลักษณะข้อบกพร่องในการจัดทำ Process FMEA ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ได้อย่างสะดวก ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ในการนำไปปฏิบัติเพื่อประกันคุณภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- เป็นการศึกษา ออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับ Process FMEA ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทที่ทำจากโลหะ
- การออกแบบโปรแกรมจะคำนึงถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ความบกพร่อง สาเหตุ และผลกระทบจนถึงการทำรายการปฏิบัติการเสนอแนะ

- ขั้นตอนในการทำ Process FMEA จะยึดถือเอกสารคู่มืออ้างอิงของ Ford, Chrysler Corporation, GM เป็นมาตรฐานดังเอกสารภาคผนวก 1

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1 หาข้อมูลและศึกษาโปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน
2 ศึกษาลักษณะข้อบกพร่องของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทโลหะ
3 ออกแบบขอบเขตและโครงสร้างของโปรแกรม
4 ศึกษาและเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรม
5 ทำการสร้างโปรแกรม
6 ทดสอบโปรแกรมโดยการส่งให้ผู้ใช้ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ทดลองใช้
7 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุง
8 จัดทำคู่มือการใช้และรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

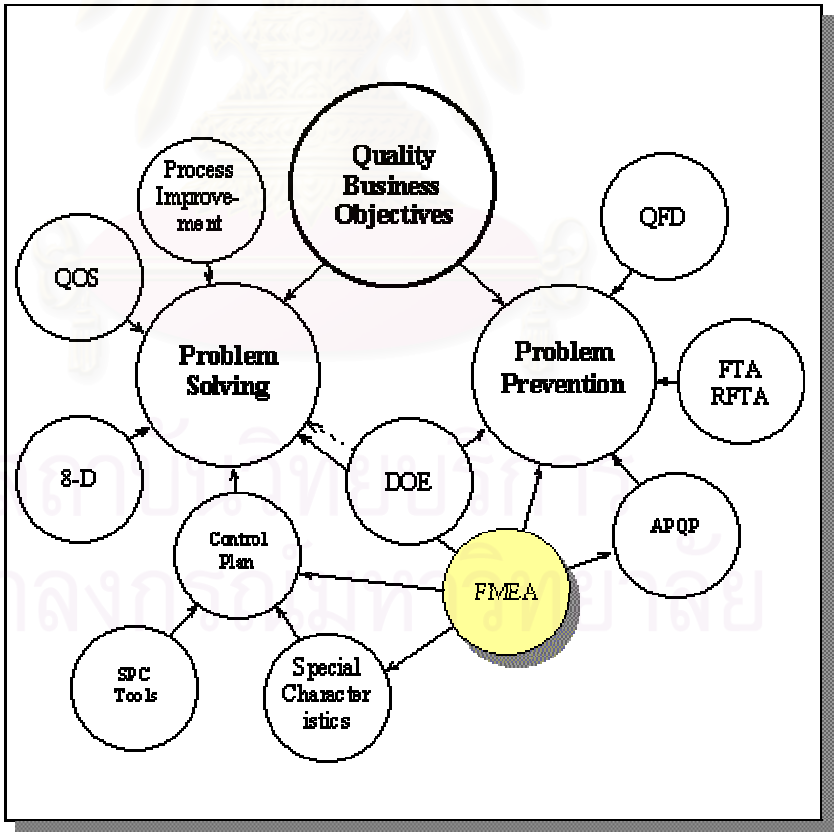
1 สามารถนำ Program ที่ได้มาใช้ช่วยระบุข้อบกพร่องในขบวนการผลิตได้อย่างครบถ้วน และครอบคลุมทุกข้อบกพร่องในการพิจารณา
2 ช่วยให้ผู้ใช้ Program สามารถใช้เครื่องมือ FMEA ได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน
3 สามารถนำ Program ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมอื่นๆได้จริง
4 ประหยัดเวลาและ ทรัพยากรในด้านบุคลากรรวมไปถึงการนำผลจากการวิเคราะห์ไปจัดเก็บและสรุปเพื่อการตัดสินใจ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5 เป็นแนวทางในการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาเครื่องมือต่างๆในงานวิศวกรรมอุตสาหการให้มีความทันสมัยและแพร่หลายเชื่อมโยงกับเครื่องมืออื่นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ
(Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA)

กระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA) เป็นกลวิธีเชิงวิเคราะห์ทางวิศวกรรมที่ถูกใช้ในการบ่งชี้, อธิบาย และกำจัดข้อบกพร่อง (Failure mode) ที่อาจจะเกิดขึ้นจาก ระบบ (System), การออกแบบ (Design), กระบวนการผลิต (Process) และ การบริการ (Service) เป็นแนวทางเพื่อป้องกันสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนต่างๆ ก่อนที่ข้อบกพร่องจะผ่านไปถึงลูกค้า

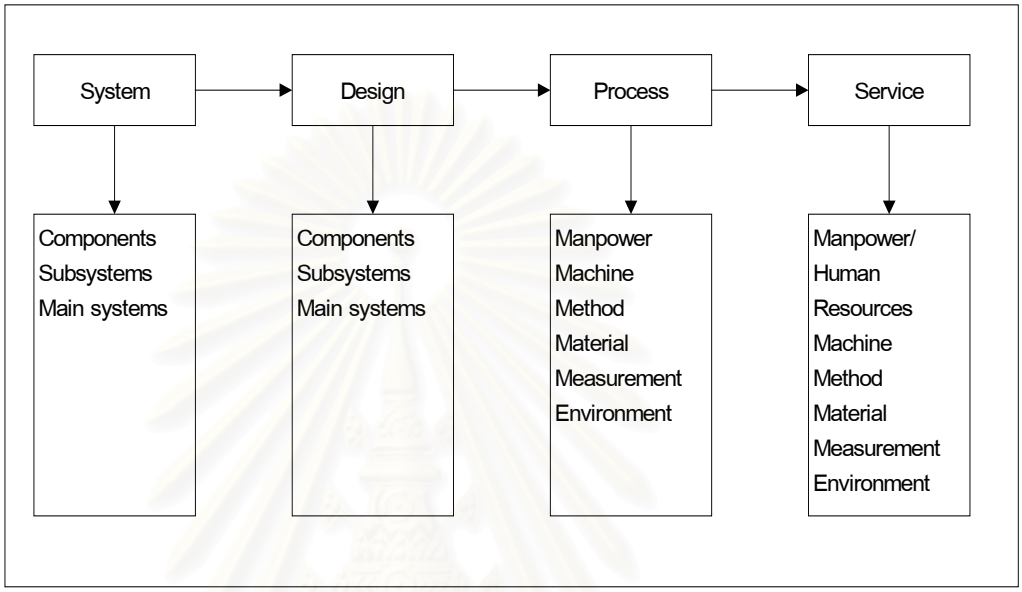
FMEA ได้ถูกใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในระบบคุณภาพ QS-9000 โดยสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่นได้ดังแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของ FMEA กับเครื่องมืออื่นๆในระบบคุณภาพ QS-9000

2.1 ชนิดของ FMEA

โดยทั่วไปจะมีการแบ่งชนิดของ FMEA ได้เป็น 4 ประเภท โดยความสัมพันธ์ของ FMEA นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชนิดและความสัมพันธ์ของ FMEA

2.1.1 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในระบบ (System FMEA)

ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและระบบย่อยเพื่อสรรหาแนวคิดและการออกแบบขั้นต้น โดยมุ่งเน้นในเรื่องความบกพร่องระหว่างหน้าที่ของแต่ละส่วนในระบบ ซึ่งผลของการวิเคราะห์จะได้

- รายการข้อบกพร่องที่สามารถเป็นไปได้เรียงลำดับตามค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number)
- รายการหน้าที่ของระบบที่ทำหน้าที่ตรวจพบข้อบกพร่อง
- รายการของข้อปฏิบัติในการออกแบบเพื่อขจัดข้อบกพร่อง, ประเด็นด้านความปลอดภัย และการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

2.1.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ (Design FMEA)

ใช้เพื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะทำการผลิตจริงในโรงงาน ว่ายังมีข้อบกพร่องเนื่องจากการออกแบบไม่ครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ ซึ่งผลของการวิเคราะห์จะได้

- รายการข้อบกพร่องที่สามารถเป็นไปได้เรียงลำดับตามค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number)
- รายการคุณลักษณะวิกฤตและ/หรือ คุณลักษณะที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ
- รายการของข้อปฏิบัติในการออกแบบเพื่อขจัดข้อบกพร่อง, ประเด็นด้านความปลอดภัย และการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง
- รายการค่าต่างๆที่ควรตรวจวัด ทดสอบ รวมถึงวิธีที่ใช้ในการทดสอบ
- รายการของข้อปฏิบัติเสนอแนะสำหรับคุณลักษณะวิกฤต และคุณลักษณะที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ

2.1.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Process FMEA)

ใช้ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในขบวนการผลิตในโรงงาน, การประกอบชิ้นส่วน และขั้นตอนต่างในการผลิต ซึ่งผลการการวิเคราะห์จะได้

- รายการข้อบกพร่องที่สามารถเป็นไปได้เรียงลำดับตามค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number)
- รายการคุณลักษณะวิกฤตและ/หรือ คุณลักษณะที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ
- รายการของข้อปฏิบัติเสนอแนะเพื่อเข้าถึงคุณลักษณะวิกฤต และคุณลักษณะที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ
- รายการของการขจัดสาเหตุของข้อบกพร่อง, การลดความถี่ของข้อบกพร่อง และการเพิ่มการตรวจวัดข้อบกพร่อง

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในงานบริการ (Service FMEA)

ใช้ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในงานบริการที่เกี่ยวข้องกับลูกค้าที่โดยมุ่งเน้นถึงความผิดพลาดอันเกิดมาจากระบบการทำงานหรือขั้นตอนการทำงาน ซึ่งผลการการวิเคราะห์จะได้

- รายการข้อผิดพลาด (Error) ที่สามารถเป็นไปได้เรียงลำดับตามค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number)
- รายการงานวิกฤตและ/หรือ งานที่สามารถส่งผลกระทบการบริการอย่างมีนัยสำคัญ
- รายการของจุดคอขวด (Bottleneck) ของขั้นตอนการทำงานหรืองาน
- รายการของการขจัดข้อผิดพลาด

- รายการของการระบบเฝ้าระวังข้อผิดพลาด

2.2 คณะทำงาน FMEA

การทำ FMEA ให้มีความสำเร็จและให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดนั้น ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดคือคณะทำงานที่มีส่วนร่วมในการเสนอ, การกระตุ้น และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยจำนวนของคณะทำงานควรอยู่ระหว่าง 5 – 9 คน โดยที่แต่ละคนควรมีความรู้ความชำนาญในส่วนงานของตน ซึ่งมีความสามารถในการให้คำปรึกษาปัญหาให้กับคณะทำงานทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งอาจรวมถึงการเชิญลูกค้าหรือผู้ขาย (Supplier) มาร่วมด้วย ซึ่งลักษณะของคณะทำงานไม่ควรจัดเป็นคณะทำงานประจำควรมีการจัดเป็นครั้ง ๆตามความเหมาะสมกับงานที่จะวิเคราะห์

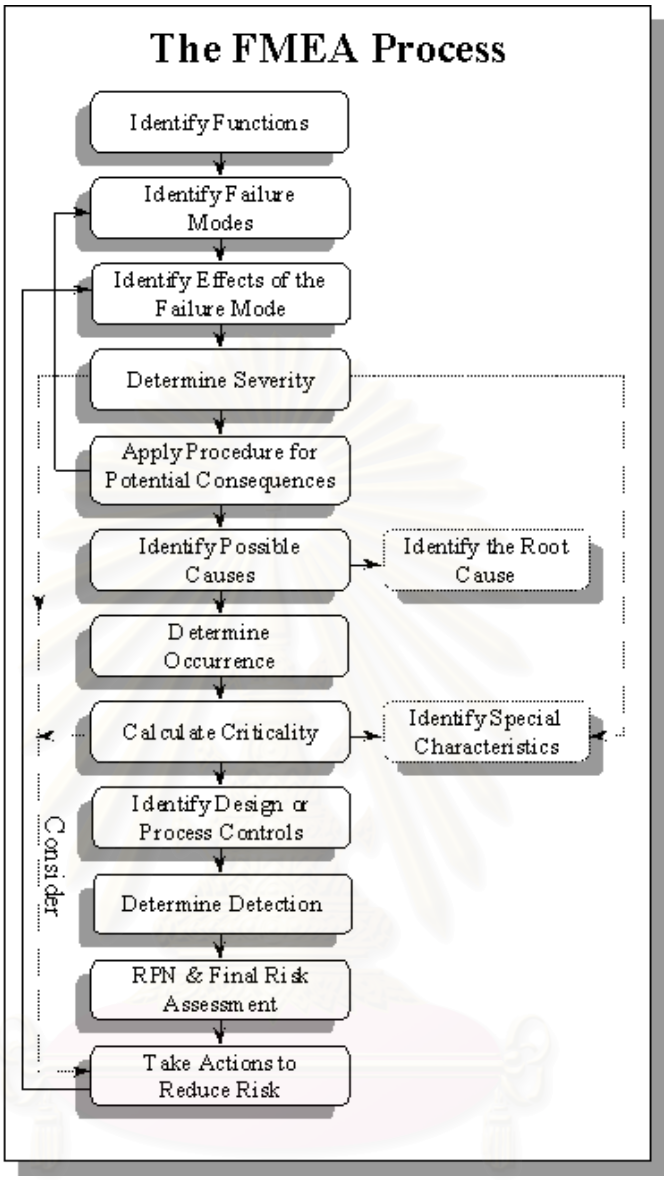
คณะทำงานในที่นี้นอกจากจะมีความรู้ความสามารถในงานส่วนต่าง ๆแล้วสิ่งที่สำคัญที่ไม่สามารถละเลยได้คือ การที่คณะทำงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิค FMEA เป็นอย่างดี ทั้ง หลักการ คำนิยาม และเทคนิคต่าง ๆในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา จึงจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่คณะทำงานควรได้รับการฝึกอบรมการทำ FMEA

2.3 แหล่งข้อมูล

การหาข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ FMEA นั้นอาจกระทำได้ 2 วิธีโดย วิธีแรกกระทำโดยการวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ (Historical data) หรืออาจจะวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีลักษณะคล้าย ๆกันจากผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ลักษณะใกล้เคียงกันเช่นบันทึกการรับประกันสินค้า, ใบคำร้องจากลูกค้า (Customer Complaints) และวิธีที่สองเป็นข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัย ซึ่งอาจมาจากการคำนวณทางวิศวกรรม, สมการทางคณิตศาสตร์, การสร้างแบบจำลอง หรือการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ (Simulation)

2.4 ขั้นตอนการทำ FMEA

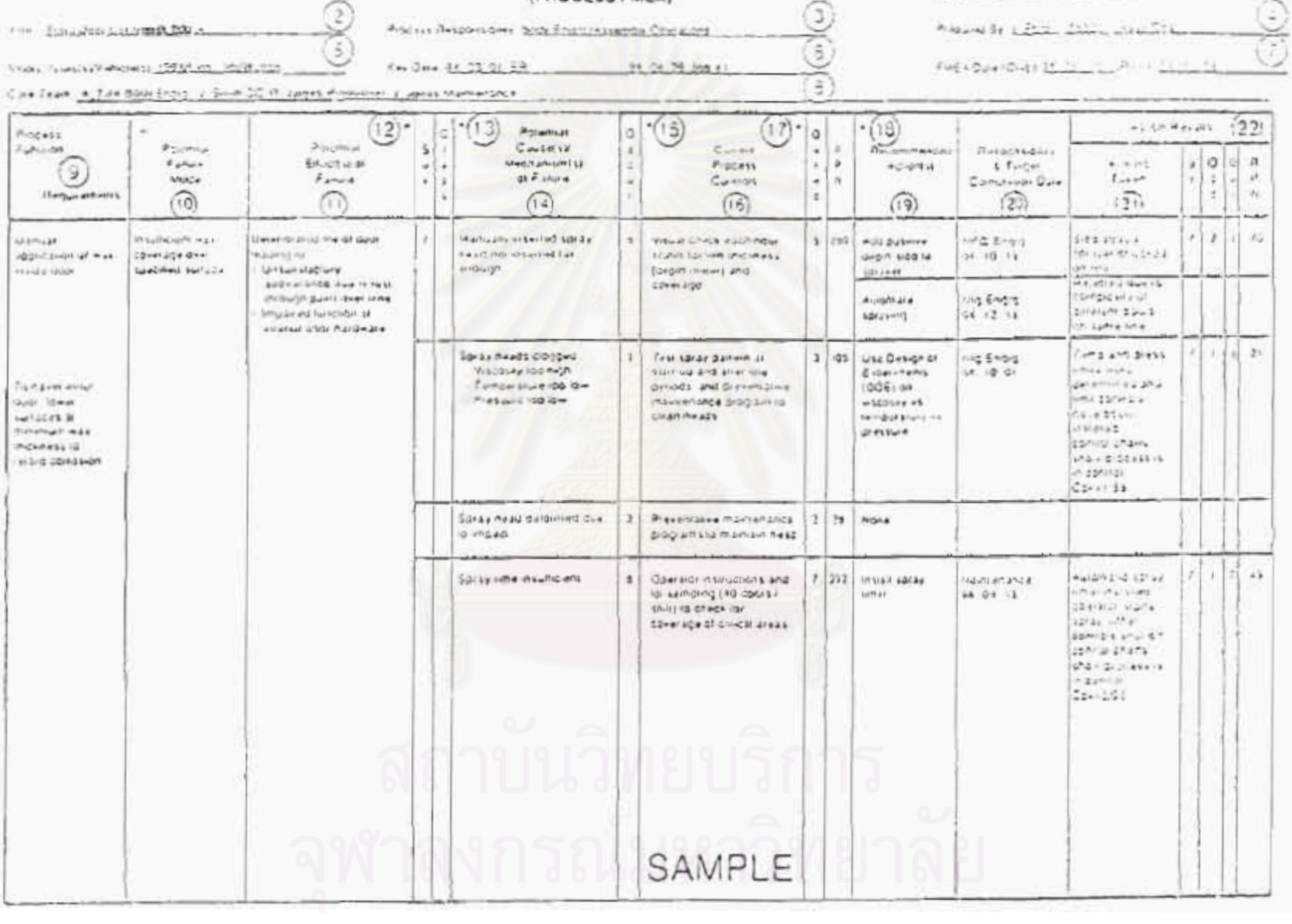
แม้ว่าในการทำ FMEA จะมีรายละเอียดปลีกย่อยในแต่ละขั้นตอนโดยขึ้นอยู่กับชนิดของ FMEA แต่โดยหลักการแล้วสามารถสรุปเป็นแผนภูมิการไหลได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการทำ FMEA

2.5 รายละเอียดของแบบฟอร์ม FMEA

เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกในการสรุปและจัดทำเอกสารในการทำFMEA แบบฟอร์มเอกสารได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ โดยในบทนี้จะทำการยกตัวอย่างแบบฟอร์มของ แบบฟอร์มเอกสาร Process FMEA ของ Ford, Chrysler Corporation, GM ดังรูปที่ 2.4



POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

SAMPLE

Process Function (9)	Potential Failure Mode (10)	Potential Effect(s) of Failure (11)	S e v (12)	C l a s s (13)	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure (14)	O c c u r (15)	Current Process Controls (16)	D e t e c (17)	R P N	Recommended Action(s) (18)	Responsibility & Target Completion Date (19)	Action Results (20)				
												Actions Taken (21)	S e v	O c c	D e t	R P N (22)
Improper application of wax resist coat Too much wax resist coat removed in developing station	Insufficient wax coverage over specified surface	Underplating rate of gold reduced due to: - Undersized plating solution due to heat (through Burn-down time) - Impaired function of external wax Antiwetter	7		Manually inserted solder resist not inserted far enough	5	Visual check each new board for wax thickness (depth check) and coverage	5	280	Add Automatic depth stop to fixture Alignfixture fixture)	NPE Engrg 04-10-93 Mfg Engrg 04-12-93	Side stops added to fixture to control depth Automatic stops installed on fixture	7	2	1	42
					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	1	Test spray pattern at start up and after idle periods and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) to establish optimum temperature and pressure	Mfg Engrg 04-10-93	Temp and Press settings determined and installed on spray machine Operators trained on settings	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	3	Preventative maintenance program to maintain heads	2	78	None						
					Spray valve malfunctions	8	Operator instructions and QA sampling (10 cpk>1 shall be check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 04-01-93	Maintenance timer installed, operator instructions updated, operator trained on proper use of timer, QA procedures updated	7	1	7	49

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.4 แสดงแบบฟอร์มที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบและข้อบกพร่องของกระบวนการ

โดยสามารถอธิบายส่วนต่างๆ ของแบบฟอร์มได้ตามตัวเลขในแบบฟอร์มดังนี้

1. **หมายเลข** FMEA (FMEA Number)

คือหมายเลขเลขเอกสาร FMEA ที่ใช้การจัดเก็บซึ่งอาจนำไปใช้การอ้างอิงหรือติดตามเอกสาร

2. **ชื่อชิ้นส่วนหรือกระบวนการ** (Item)

ให้ทำการใส่ชื่อและหมายเลขของระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบของกระบวนการ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์

3. **ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ** (Process Responsibility)

ให้ทำการกำหนดฝ่ายหรือกลุ่มที่รับผิดชอบกระบวนการ

4. **จัดทำโดย (**Prepared by**)**

ให้ทำการใส่ชื่อ เบอร์โทรศัพท์ และ ชื่อบริษัท ของวิศวกรที่รับผิดชอบในกาทำ FMEA

5. **รุ่น ปี / ยานพาหนะ** (Model Year(s) / Vehicle)

ให้ทำการใส่ชื่อ รุ่น ปี และ สายการผลิต ซึ่งมีผลต่อการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

6. **วันที่กำหนด** (Key Date)

เป็นการเริ่มระบุเป้าหมายวันที่การทำ FMEA จะเสร็จสิ้น ซึ่งไม่ควรเกินวันเริ่มการผลิต

7. **วันที่จัดทำตาราง** FMEA (FMEA Date)

ระบุวันที่ที่จัดทำเอกสาร FMEA ขึ้น รวมทั้งวันที่ได้รับการทบทวนครั้งสุดท้าย

8. **คณะทำงานหลัก** (Core team)

คือรายชื่อคณะทำงานหลักที่รับผิดชอบในงานส่วนที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายหรือแผนกนั้นๆ โดยมีอำนาจการตัดสินใจในการทำงาน (ซึ่ง ควรมีการบันทึกชื่อ แผนก เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่ เป็นต้น)

9. **หน้าที่ของกระบวนการ / ข้อกำหนด** (Process Function/ Requirements)

ให้กรอกรายละเอียดทั่วๆไปเกี่ยวกับกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์

10. **ข้อบกพร่อง** (Potential Failure Mode)

คือรายละเอียดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการปฏิบัติงานที่เจาะจงไว้ จาจเป็นสาเหตุหนึ่งร่วมกับสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในการปฏิบัติงานในส่วนก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ดีในการจัดทำ FMEA ควรมีการตั้งสมมุติฐานว่าชิ้นส่วน/วัตถุดิบที่เข้ามาในกระบวนการผลิตมีความถูกต้องอยู่แล้ว โดยการวิเคราะห์จะเริ่มจากกระบวนการที่สนใจ

11. **ผลกระทบของข้อบกพร่อง** (Potential Effect(s) of Failure)

คือ ผลกระทบของข้อบกพร่องของลูกค้า ซึ่งลูกค้าในที่นี้อาจหมายถึงการปฏิบัติงานขั้นตอนต่อไป หรือผู้ใช้ขั้นสุดท้าย สำหรับผู้ใช้ขั้นสุดท้ายผลกระทบต่างๆต้องได้รับการระบุในเชิงสมรรถภาพของระบบ หรือผลิตภัณฑ์

12. **ภาวะความรุนแรง** (Severity, (S))

คือ การประเมินสภาพความเลวร้ายของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า ภาวะความรุนแรงที่กล่าวถึงนี้ ควรได้รับการกำหนดเป็นตัวเลข ”1” ถึง “10”

13. **ประเภท** (Classification)

ในส่วนนี้จะเป็นระบุประเภทของคุณลักษณะพิเศษต่างๆในกระบวนการ อาจจะเป็นส่วนประกอบ ระบบย่อย หรือ ระบบ ซึ่งอาจต้องการเพิ่มการควบคุม

14. **สาเหตุของข้อบกพร่อง** (Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of failure)

เป็นรายละเอียดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องซึ่งอาจมีสาเหตุจาก คน, เครื่องจักร, วัตถุดิบ หรือขั้นตอนการผลิต

15. **โอกาสการเกิด** (Occurrence (O))

คือการคาดการณ์ถึงโอกาสของการเกิดข้อบกพร่อง ควรได้รับการกำหนดเป็นตัวเลข ”1” ถึง “10” ในกรณีที่สามารถทำได้ ให้ใช้ข้อมูลเชิงสถิติจากกระบวนการในลักษณะเดียวกัน เพื่อตัดสินการจัดอันดับการเกิดขึ้น

16. **การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน** (Current Process Controls)

การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน เป็นการระบุรายละเอียดที่ต้องการควบคุมเพื่อตรวจว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้มีข้อบกพร่องขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยที่สุด

17. **การตรวจพบ** (Detection (D))

คือ การประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันที่ได้เสนอไว้มาใช้เป็นสมมุติฐานที่เกิดขึ้นได้โดยควรได้รับการกำหนดเป็นตัวเลข ”1” ถึง “10”

18. **ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ** (Risk Priority Number (RPN))

เป็นผลการคำนวณจาก ภาวะความรุนแรง (S) , โอกาสการเกิด (O) , การตรวจพบ (D) โดยคำนวณได้จากสมการ

$$RPN = (S) \times (O) \times (D)$$

โดยในการทำ FMEA คณะทำงานควรมีการตกลงค่า RPN ที่ยอมรับได้ ไว้เพื่อเป็นเกณฑ์การตัดสินใจการนำไปปฏิบัติการเสนอแนะ

19. **ปฏิบัติการเสนอแนะ** Recommended Action(s)

เมื่อข้อบกพร่องได้รับการจัดอันดับโดยค่า RPN การแก้ไขควรพิจารณาจากสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN อันดับสูงที่สุดก่อน โดยมีเป้าหมายในการลดภาวะความรุนแรง, โอกาสการเกิด และการตรวจพบของข้อบกพร่อง

20. **หน่วยงานรับผิดชอบ** (Responsibility)

ให้กำหนดหน่วยงานที่จะรับผิดชอบในการนำปฏิบัติการเสนอแนะไปปฏิบัติ ควรวันที่คาดว่าจะเสร็จด้วย

21. **ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ** (Action taken)

หลังจากปฏิบัติการเสนอแนะไปปฏิบัติถูกกระทำ ให้ใส่รายละเอียดในการปฏิบัติและวันที่เริ่มปฏิบัติ

22. **ผลด้าน** RPN

หลังการปฏิบัติการเชิงแก้ไข ได้รับการดำเนินการแล้วให้ประมาณผลด้านภาวะความรุนแรงการเกิดขึ้นการการตรวจพบอีกครั้ง หลังจากนั้น ค่า RPN จะถูกพิจารณาถึงความจำเป็น ซึ่งอาจต้องทำการปรับปรุงใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนโลหะ

3.1 คำจำกัดความ

คือการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง หรือคุณสมบัติวัสดุของโครงสร้าง , เครื่องจักร ชิ้นส่วน ซึ่งทำความเสียหายให้ชิ้นส่วนจนไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ถูกออกแบบไว้

3.2 การระบุข้อบกพร่อง

ข้อบกพร่องต่างๆของชิ้นส่วนยานยนต์ที่ทำจากโลหะนั้น สามารถบ่งชี้และแบ่งแยกประเภทได้ตามปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

3.2.1 ลักษณะของข้อบกพร่อง (Manifestations of Failure)

3.2.1.1 การเปลี่ยนรูปแบบไม่คืนรูป (Elastic deformation)

3.2.1.2 การเปลี่ยนรูปแบบคืนรูป (Plastic deformation)

3.2.1.3 การแตก (Rupture or Fracture)

3.2.1.4 การเปลี่ยนแปลงวัสดุ (Material Change)

3.2.1.4.1 ทางโลหะ (Metallurgical)

3.2.1.4.2 ทางเคมี Chemical

3.2.1.4.3 ทางนิวเคลียร์ (Nuclear)

3.2.2 เหตุกระทำให้เกิดข้อบกพร่อง (Failure-inducing agents)

3.2.2.1 แรง (Force)

3.2.2.2 เวลา (Time)

3.2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

3.2.2.4 การกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม Reactive environment

3.2.2.4.1 ทางเคมี (Chemical)

3.2.2.4.2 ทางนิวเคลียร์ (Nuclear)

3.2.3 **ตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่อง (**Failure location)

3.2.3.1 ที่ตัวชิ้นงาน (Body type)

3.2.3.2 ที่พื้นผิวของชิ้นงาน (Surface type)

3.3 ข้อบกพร่องของงานโลหะที่พบโดยทั่วไป

3.3.1 **การเปลี่ยนรูปแบบไม่คืนรูป** (Elastic Deformation) **ที่เกิดจากแรง และ/หรือ อุณหภูมิ**

เกิดจากแรง และ/หรือ อุณหภูมิที่มากพอที่ทำให้เกิดการแปรรูปแบบไม่คืนรูปซึ่งส่งผลให้ชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.2 Yielding

เกิดจากแรงและ/หรือการเคลื่อนไหวที่มากพอที่ทำให้เกิดการแปรรูปแบบคืนรูปได้ซึ่งส่งผลให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.3 Brinnelling

เกิดจากผิวโค้ง 2 พื้นผิว ได้รับแรงกระทำ แล้วทำให้ผิวใดผิวหนึ่งหรือทั้งสองพื้นผิว เกิดการแปรรูปแบบคืนรูปได้ ซึ่งทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของพื้นผิว

3.3.4 Ductile Rupture

เกิดในชิ้นส่วน/เครื่องจักรที่ทำมาจากวัสดุที่มีลักษณะเหนียว (Ductile Behavior); ซึ่งจะมีการแปรรูปแบบคืนรูปได้ โดยที่ถ้ามีการแปรรูปจนถึงขีดจำกัด จะเกิดการแตกออกเป็น 2 ชั้น ซึ่งบริเวณที่แตกไปแล้ว ผิวจะมีลักษณะขรุขระ

3.3.5 Brittle Fracture

เกิดในชิ้นส่วน/เครื่องจักรที่ทำมาจากวัสดุที่มีลักษณะ Brittle เกิดจากมีการแปรรูปแบบไม่คืนรูปมากจนส่งผลให้พันธะระหว่างอะตอมเกิดการแตกออกจากกัน ทำให้ชิ้นส่วนแยกออกจากกันเป็น 2 ชิ้น หรือมากกว่านั้น รอยแตกจะไม่ขรุขระ

3.3.6 Fatigue

เกิดจากการได้รับ Load หรือการแปรรูปซ้ำๆ กัน ทำให้เกิดการแตกออกเป็น 2 ชิ้นหรือมากกว่านั้น

- **High – Cycle Fatigue** เกิดการแตกหักเมื่อได้รับภาระแรง (Load) ซ้ำๆ กัน มากกว่า 10,000 รอบการใช้งาน

- **Low – Cycle Fatigue** เกิดการแตกหักเมื่อได้รับภาระแรง ซ้ำๆ กัน น้อยกว่า 10,000 รอบการใช้งาน

- **Thermal Fatigue** เกิดจากภาระแรง หรือ Strain Cycling ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปมา

- **Surface Fatigue** เกิดกับพื้นผิวที่มีการ Rolling โดยการ Rolling นี้ มีลักษณะเป็น Hertz (รอบ/วินาที) ซึ่งจะทำให้เกิด Shear Stress บริเวณใต้ผิวเล็กน้อย และเกิดรอย แตกที่ใต้ผิว แล้วรอยนี้ก็จะแพร่ขึ้นมาที่ผิวทำให้เกิดการแตกออก

3.3.7 Corrosion

เป็นการกัดกร่อนที่เป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมี หรือไฟฟ้าเคมีกับสิ่งแวดล้อม มักจะเกิดร่วมกับการสึกหรอ (Wear) or Fatigue

- **Direct Chemical Attack** การกัดกร่อนจะเกิดที่ผิวของเครื่องจักรที่เป็นตัวกลาง โดยการกัดกร่อนที่ผิวนี้ อาจจะเกิดอย่างไม่สม่ำเสมอในแต่ละพื้นผิว

- **Galvanic Corrosion** การกัดกร่อนโดยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ระหว่างโลหะ 2 ชนิดที่แตกต่างกัน ที่ต่อกันอย่างครบวงจร

- **Crevice Corrosion** เกิดเนื่องจากสารละลายแทรกเข้าไปอยู่ในรอบแยก, Crack หรือ Joints ซึ่งทำให้เกิดการ Corrosion ขึ้น

- **Pitting Corrosion** เป็นการกัดกร่อนเฉพาะจุด ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นหลุมติดกัน หรือเป็นรูยาว ซึมเข้าไปในเนื้อโลหะ

- **Integranular Corrosion** การกัดกร่อนจะเกิดที่ขอบเครน มักเกิดกับ Copper, Chromium, Nickel, Aluminium, Magnesium และ Zinc Alloys จะเกิดเมื่อมีการทำ Heat Treated หรือเชื่อมที่ผิดวิธี การเกิด Intergranular Corrosion นี้จะทำให้ Strength แย่ลง

- **Selective Leaching** เป็นการกัดกร่อนที่เกิดกับธาตุเดียวใน Solid Alloy เช่น Dezincification ของ Brass Alloys หรือ Graphitization ของเหล็กหล่อเทา

- **Erosion Corrosion** เป็นผลทางเคมีที่เกิดเมื่อ Abrasive or Viscid Material ไหลผ่านพื้นผิว อย่างต่อเนื่อง เกิดกับโลหะที่ไม่มีการป้องกัน Corrosive Medium

- **Cavitation Corrosion** การกัดกร่อนทางเคมี ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความดัน ทำให้เกิดฟองหรือโพรงใน Fluid แล้วฟองนี้ไปแตกที่ผิว ทำให้ Partical ที่ผิวหลุดออกมา

- **Hydrogen Damage** จะไม่รวมถึงการกัดกร่อนโดยตรง แต่จะเป็นการเหนี่ยวนำให้เกิด Corrosion ซึ่งจะรวมไปถึง Hydrogen Blistering, Hydrogen Embitterment, Hydrogen Attack และ Decarburization

- **Biological Corrosion** เป็นการกัดกร่อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กๆ ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดในการย่อยอาหาร และการกำจัดของเสีย โดยที่ของเสียที่เกิดขึ้นมีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบส

3.3.8 **การสึกหรอ** (Wear)

- **Adhesive Wear** เกิดจากความดันสูงในบริเวณที่มีการสึกหรอ และการเชื่อมติดกันของผิวขรุขระ เมื่อมีการเคลื่อนที่ที่เหนี่ยวนำให้เกิดการแปรรูปแบบคืนรูปได้และการแตกออกของรอยเชื่อมของผิวขรุขระทำให้โลหะหลุดออกไปติดอยู่กับอีกพื้นผิวหนึ่ง

- **Abrasive Wear** เกิดจาก
    1. พื้นผิว 2 พื้นผิว เมื่อสัมผัสกับผิวที่อ่อนกว่า จะหลุดออกไป
    2. พื้นผิวแข็ง 2 พื้นผิว มี Particle แทรกอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดรอยขีดข่วน

- **Corrosive Wear** เกิดจากการที่มี Adhesive หรือ Abrasive Wear เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิด Corrosive Wear

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **Surface Fatigue Wear** เกิดจากพื้นผิวโค้ง 2 ผิว นำมา Rolling หรือ Sliding ทำให้เกิด Cyclic Shear Stress ซึ่งจะทำให้เกิด Micro Crack แล้วมันจะแพร่ขึ้นไปที่ผิว ทำให้ Particle ที่ผิวหลุดออกเป็น Pit

- **Deformation Wear** เกิดมาจากการแปรรูปแบบพลาสติกหลายๆ ครั้ง บริเวณพื้นผิวซึ่งจะเกิด Crack และจะขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ มีสาเหตุมาจากการได้รับแรงกระแทก

- **Impact Wear** เกิดมาจากการแปรรูปแบบ Elastic ซ้ำไปซ้ำมาบริเวณพื้นผิว ซึ่งจะทำให้เกิด Crack และจะขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ

3.3.9 Impact

- **Impact Fracture** เกิดเนื่องจากเครื่องจักรได้รับ Dynamic Load ซึ่งจะทำให้เกิด Stress สะสมขึ้น ถ้า Stress ที่เกิดขึ้นมากเกินไปจะทำให้เครื่องจักรทำงานผิดปกติ, Failure จะเกิดจากปฏิกิริยาของ Stress หรือ Strain

- **Impact Deformation** เมื่อเกิดการแปรรูปแบบ Elastic หรือ Plastic ที่เกินขีดจำกัด ก็จะเกิด Failure ขึ้น

- **Impact Wear** เป็น Elastic Strains ที่เกิดจากการได้รับแรงกระแทกหลายๆ ครั้ง โดยจะเกิด Fatigue Crack และมันจะโตขึ้นมาที่ผิว

- **Impact Fretting** เกิดจากมีช่องว่างเล็กๆ ระหว่าง 2 พื้นผิวขณะที่มันกระแทกกัน โดยที่ช่องว่างนี้ เกิดมาจาก Poisson Strain หรือการทำมุมกันเล็กๆ ระหว่าง 2 พื้นผิวขณะที่มีความเร็ว

- **Impact Fatigue Strain** หรือการทำมุมกันเล็กๆ ระหว่าง 2 พื้นผิวขณะที่มีความเร็ว

- **Impact Fatigue** เกิดจากการได้รับแรงกระแทกซ้ำๆ จนกระทั่งเกิด Fatigue Crack และเกิดการแพร่ของมันขึ้น

3.3.10 Fretting

เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวระหว่างของแข็ง 2 ชนิด เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำซ้ำๆ จะเกิดที่รอยต่อที่มีแนวโน้มจะไม่มีการเคลื่อนที่ แต่เพราะได้รับโหลดที่สั่นหรือการแปรรูป

- **Fretting fatigue** เกิดการแตกในเครื่องจักร เนื่องจากได้รับ Load ซ้ำๆ กัน หรือเกิด strain ในภาวะที่ทำให้เกิด Failure mode ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เพราะจะซ่อนอยู่ในรอยต่อ

- **Fretting wear** เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นส่วนที่นำมาต่อกัน ซึ่งเกิดเนื่องมาจาก Fretting Action ที่มีขนาดมาก จนไปขัดขวางการทำงานของชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบมาอย่างเหมาะสมแล้ว หรือ มากพอที่จะทำให้เกิด Stress concentration ซึ่งมีขนาดมากกว่า local stress level

- **Fretting corrosion** เกิดจากการที่เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เนื่องจากพื้นผิวถูกทำให้เสียหายโดย Fretting action

3.3.11 Creep

ความเสียหายของเครื่องจักร เนื่องจาก Plastic deformation ภายในชิ้นส่วนของเครื่องจักรภายในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากอุณหภูมิและ Stress จนกระทั่งทำให้ขนาดที่แน่นอนของเครื่องจักรเปลี่ยนไป จนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ Creep ส่วนใหญ่มี 3 ชนิด

- **Transient หรือ Primary creep** เกิดในช่วงเวลาที่อัตราการเกิด strain ลดลง

- **Steady stage หรือ Secondary stage** เกิดในช่วงเวลาที่อัตราการเกิด strain คงที่

- **Tertiary Creep** เกิดในช่วงเวลาที่อัตราการเกิด creep strain เพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเกิดการแตก ซึ่งการแตกนี้เรียกว่า creep Rupture

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.12 Thermal relaxation failure

เกิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดเนื่องจาก Creep ซึ่งเกิดจากการคลายตัวของชิ้นส่วนที่ถูกทำให้เกิด Pre-strained หรือ Pre-stressed จนกระทั่งไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.13 Stress Rupture

เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิด Creep ยกเว้นเรื่องของ stress, เวลา และอุณหภูมิในการเกิด stress rupture นั้น stress และอุณหภูมิมักอยู่ในช่วงที่เกิด steady stage creep สั้นๆ หรือไม่เกิดเลย

3.3.14 Thermal Shock

เนื่องจากอุณหภูมิในชิ้นส่วนของเครื่องจักรต่างกัน ทำให้ผลต่างของ Thermal strain มีมากเกินกว่าความสามารถในการรักษารูปทรงของชิ้นงานนั้นไว้ โดยไม่เกิด Yielding หรือ fracture

3.3.15 Spalling

เกิดเมื่อมีอนุภาคหลุดออกจากผิวหน้า ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.16 Radiation Damage

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุ ซึ่งถูกเหนี่ยวนำโดยกัมมันตภาพรังสี ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.17 Bucking Failure

เกิดจากการรวมกันระหว่างขนาดของ load และ/หรือ จุดที่ load กระทำกับรูปร่างของชิ้นส่วนเครื่องจักร การเปลี่ยนรูปของชิ้นส่วนจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load เพียงเล็กน้อย จนกระทั่งชิ้นส่วนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.18 Creep Buckling :

เป็นการผสมกันระหว่าง creep กับ buckling เกิดจากการเกิด buckling เป็นช่วงเวลาหนึ่งทำให้ชิ้นส่วนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.19 Stress corrosion :

เกิด Stress ภายในชิ้นงาน ภายใต้สภาวะที่มีการกัดกร่อน ทำให้ผิวหน้าเกิดการแตก โดยส่วนใหญ่จะเกิดการแตกตามขอบเกรน ทำให้ชิ้นส่วนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3.20 Corrosion wear :

เป็นการเกิดร่วมกันระหว่าง Corrosion กับ wear เนื่องจากการเกิด Corrosion จะทำให้ชิ้นส่วนที่เกิด Corrosion แข็ง ซึ่งจะไปเร่งการเกิด wear ในขณะที่การเกิด wear จะไปทำให้ชิ้นปกคลุมการเกิด Corrosion หลุดไป ซึ่งจะทำให้เกิด Corrosion ได้เร็วขึ้นเช่นกัน

3.3.21 Corrosion Fatigue

มีสาเหตุมาจากการเกิดร่วมกันของ Corrosion และ Fatigue, กระบวนการ Corrosion จะทำให้เกิด Pits และพื้นผิวที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้มี Stress มากขึ้น และทำให้เกิด Fatigue เร็วขึ้น, การ Crack โดยปกติจะเกิดใน Brittle Corrosion Layer ก่อน เมื่อเกิดแล้วจะแพร่เข้าไปใน Base Material ซึ่ง Cyclic Loads หรือ Strains จะเป็นสาเหตุให้เกิด Cracking และ Flaking ของ Corrosion Layer

3.3.22 Combined Creep and Fatigue

เป็นการเกิดร่วมกันของ Creep และ Fatigue ในสภาวะที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งคู่, โดยที่เมื่อเกิดอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดอีกอย่างด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
รายละเอียดการออกแบบโปรแกรม FMEA ProFI

โปรแกรม FMEA ProFI ที่ถูกออกแบบและจัดสร้างด้วยเครื่องมือพัฒนาแอพพลิเคชันโปรแกรม Visual Basic Version 6.0 ซึ่งเป็นตัวโปรแกรมเป็นเครื่องมือช่วยงานเฉพาะ (Knowledge Working System) ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการ (Process FMEA) โดยลักษณะทำงานของโปรแกรมเป็นลักษณะของฐานข้อมูลที่อยู่บนระบบปฏิบัติการ Windows ที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ FMEA ในด้านต่างๆ ดังนี้

- ช่วยในการระบุลักษณะของข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะในอุตสาหกรรมยานยนต์
- ช่วยจัดฐานข้อมูลเช่นข้อมูลทั่วไปของบริษัท ข้อมูลของการทำ Process FMEA ข้อมูลของคณะทำงาน ข้อปฏิบัติการเสนอแนะ เพื่อสะดวกในการจัดเก็บและสืบค้น
- ช่วยอำนวยความสะดวกในการกำหนดค่าความรุนแรง โอกาสที่จะเกิด และการตรวจพบข้อบกพร่องด้วยลักษณะ Pop up Menu
- แบ่งแยกข้อปฏิบัติเสนอแนะและจัดอันดับตามค่า RPN เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการนำไปปฏิบัติ

4.1 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบเพื่อจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นควรเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรมและกำหนดรายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตอนเขียนโปรแกรม จึงได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและออกแบบโปรแกรม FMEA ProFI ดังมีรายละเอียดดังนี้

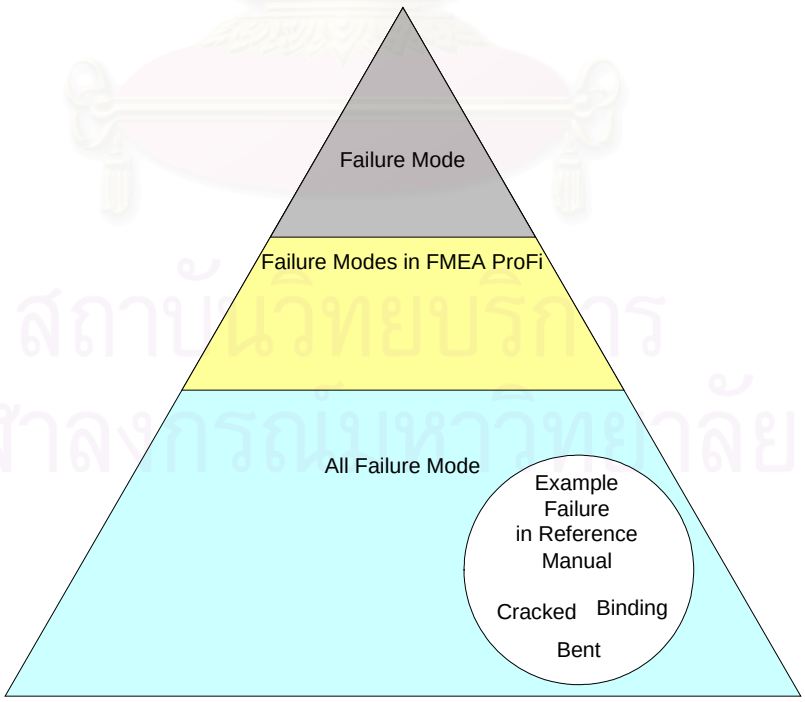
4.1.1 ศึกษาขั้นตอนในการทำ Process FMEA

เนื่องจากการออกแบบโปรแกรม FMEA ProFI เป็นการออกแบบเพื่อนำไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำมาจากโลหะ จึงต้องทำการศึกษาขั้นตอนในการทำ Process FMEA จากเอกสารคู่มืออ้าง Ford Chrysler Corporation GM ซึ่งจะใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการออกแบบ

4.1.2 **ศึกษาการระบุลักษณะข้อบกพร่อง**

การที่โปรแกรม FMEA ProFI สามารถช่วยผู้ใช้ในการระบุข้อบกพร่องนั้นถือเป็นส่วนสำคัญของโปรแกรม ผู้วิจัยจึงทำการศึกษารายละเอียดข้อบกพร่องในขบวนการผลิตต่าง ๆของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นเหตุให้เกิดทำให้เกิดข้อบกพร่องเพื่อออกแบบในส่วนของการระบุข้อบกพร่องในโปรแกรม พบว่าขบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์นั้นมีมากมายและมีความแตกต่างกันอย่างมากมาย ซึ่งเป็นการยากที่จะศึกษาและกำหนดข้อบกพร่องทั้งหมดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังเป็นการจัดกัดความยืดหยุ่นของโปรแกรมอีกด้วย การออกแบบจึงนำแนวคิดการใช้หลักการการระบุข้อบกพร่องจากปัจจัยสำคัญ โดยอาศัยความรู้ความเชี่ยวชาญของผู้ใช้งานเป็นผู้พิจารณาลักษณะข้อบกพร่อง

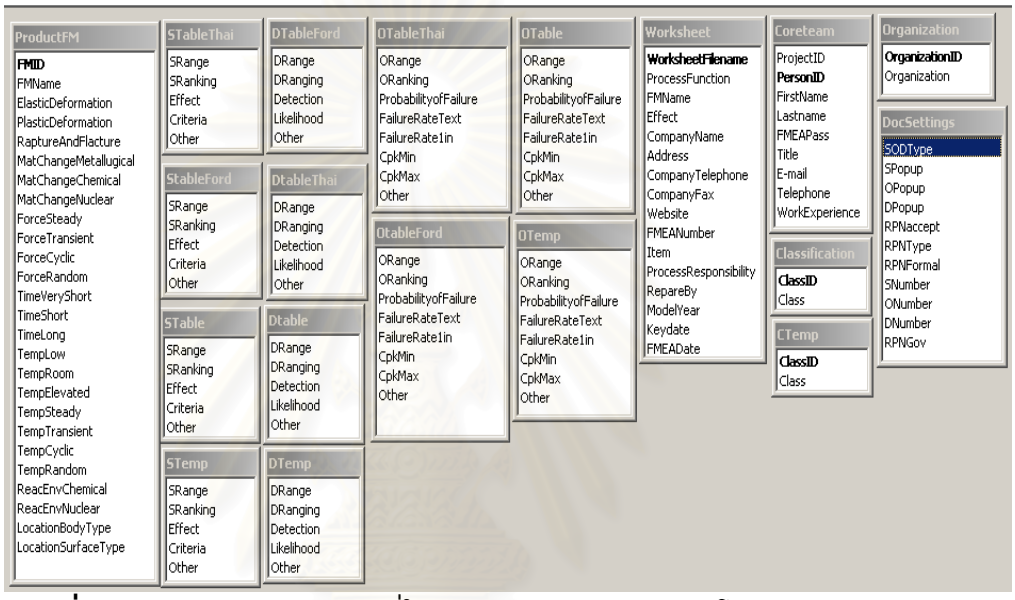
ลักษณะข้อบกพร่องที่ทำการศึกษานั้นและจัดเก็บในฐานข้อมูลของโปรแกรมFMEA ProFI เมื่อทำการเปรียบกับตัวอย่างของข้อบกพร่องในเอกสารคู่มืออ้างอิงของ Ford/Chrysler/GM จะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่กำหนดไว้ในโปรแกรมมีความหลากหลายและครอบคลุมข้อพร่องได้มากกว่า แต่ไม่ได้แสดงรายละเอียดในแต่ละลักษณะข้อบกพร่อง เนื่องมาจากในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หากกำหนดรายละเอียดข้อบกพร่องละเอียดเกินไป จะทำให้ผู้ใช้โปรแกรมไม่สามารถพิจารณาข้อบกพร่องได้ครบถ้วนและกลายเป็นอุปสรรคในการใช้โปรแกรม โดยตัวอย่างของการเปรียบเทียบลักษณะข้อบกพร่องสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



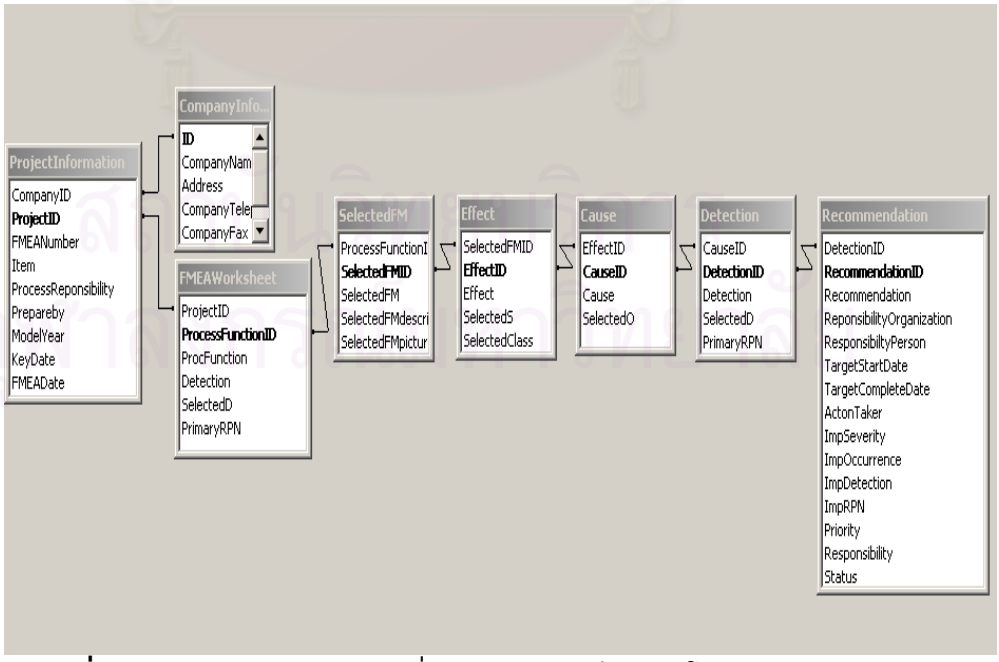
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะข้อบกพร่องที่ใช้ในโปรแกรม FMEA ProFI

4.1.3 ออกแบบฐานข้อมูลและกำหนดความสัมพันธ์

หลังจากที่มีความเข้าใจในขั้นตอนการทำ Process FMEA และการระบุลักษณะข้อบกพร่องต่าง ๆแล้วทำให้สามารถกำหนดจำนวนและจัดแบ่งชนิดของข้อมูลที่จะนำไปใช้ในโปรแกรมได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ที่แสดงรูปตารางฐานข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI จากนั้นก็กำหนดความสัมพันธ์ของข้อมูลในส่วนต่าง ๆที่จำเป็นดังที่แสดงรูปที่ 4.3 แสดงรูปตารางฐานข้อมูลที่ถูกกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกัน



รูปที่ 4.2แสดงตารางฐานข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI



รูปที่ 4.3 แสดงตารางฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันของโปรแกรม FMEA ProFI

4.1.4 ทำการศึกษาโปรแกรมที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

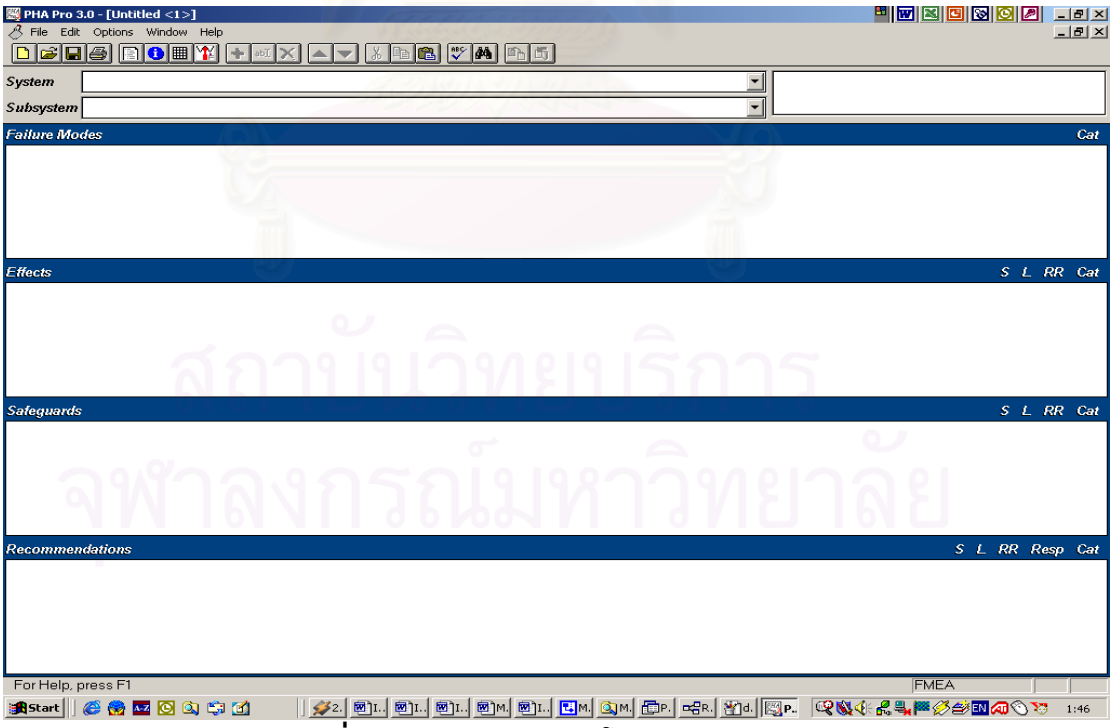
เนื่องจากในต่างประเทศมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ FMEA ซึ่งมีตัวอย่างให้ทดลองใช้ใน Internet จึงทำการศึกษาเพื่อหาข้อดีและข้อเสียเพื่อใช้ในการออกแบบโปรแกรม FMEA ProFI โดยได้ทำงานศึกษาโปรแกรมดังต่อไปนี้

4.1.4.1 Program PHA-PRO 3.0

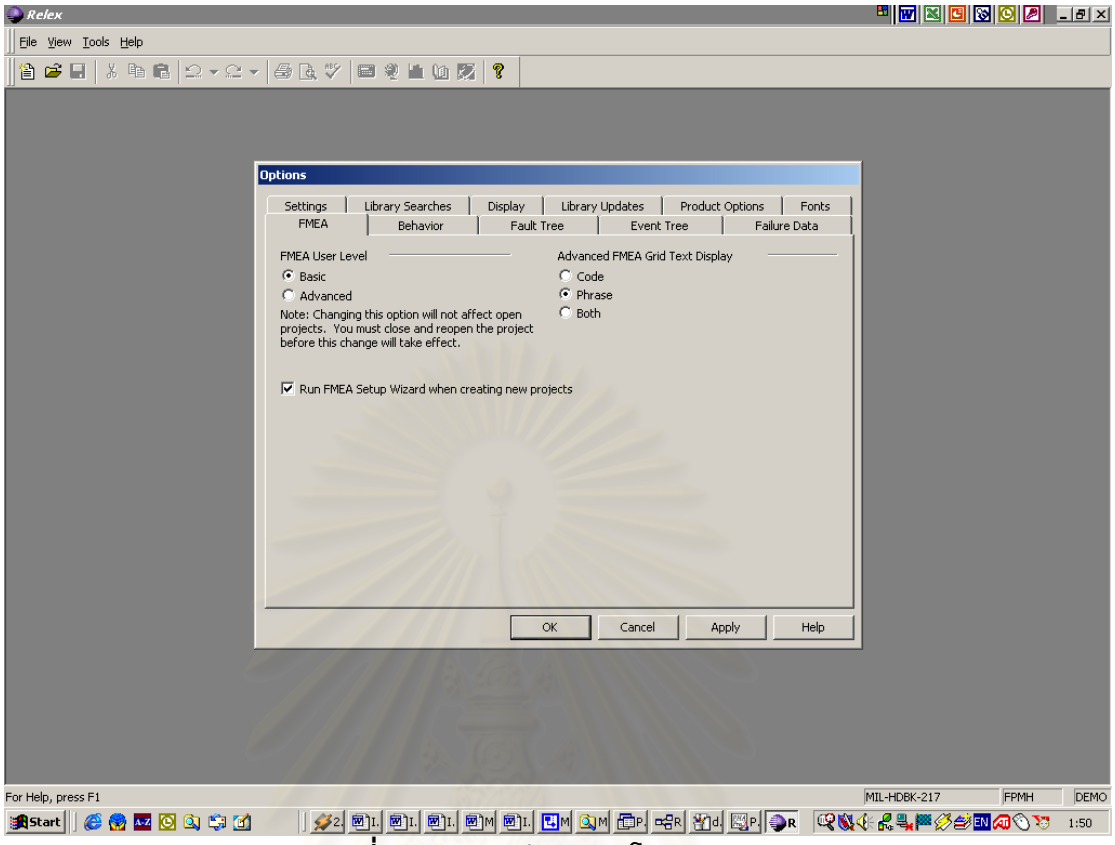
เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ในการจัดทำทั้ง FMEA Hazard and Operability Study (HAZOP) What if analysis และ Primary Hazard Analysis (PHA) ซึ่งมุ่งเน้นในด้านของการวิเคราะห์ด้านความปลอดภัย ทำให้วิธีการมีความแตกต่างกันกับ FMEA ที่ใช้อุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งมีข้อดีคือใช้ง่ายแต่มีความซับซ้อนในการใช้แสดงผลหน้าจอจึงทำให้มีความไม่สะดวกในการใช้งาน และการแก้ไขข้อมูลทำได้ยาก

4.1.4.2 Program Relax 7.3

เป็นโปรแกรมขนาดใหญ่มีเครื่องมืออื่นๆที่เกี่ยวข้องกับ Reliability Engineer ให้เลือกใช้ประกอบมากมายเช่น Fault Tree Even Tree ทำให้อำนวยความสะดวกกับผู้ใช้โปรแกรมแต่ก็มีข้อเสียตรงที่ทำให้โปรแกรมมีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้ต้องอาศัยเวลาในการทำความเข้าใจและไม่สามารถช่วยในการระบุข้อบกพร่องได้



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอของโปรแกรม PHA-PRO 3.0

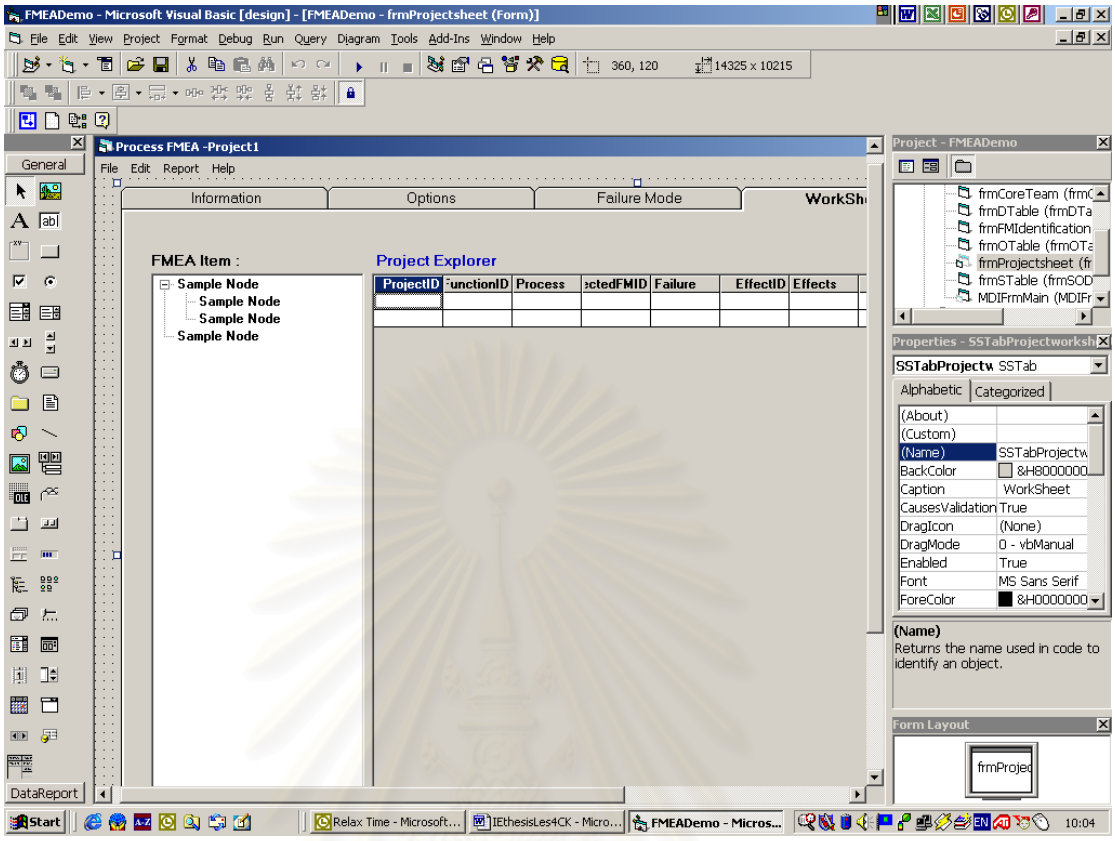


รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Relax 7.3

4.1.5 ทำการเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา

จากการพิจารณารูปแบบการทำงานแล้วพบว่าควรเลือกใช้ Program Visual Basic ในการพัฒนา เนื่องมาจากเป็นโปรแกรมที่สามารถช่วยจัดการเรื่องฐานข้อมูลได้อย่างประสิทธิภาพและมีขีดความสามารถในการตอบสนองการพัฒนาโปรแกรมในอนาคตมากกว่าโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอยู่ และเพื่อลดปัญหาด้านลิขสิทธ์หากผู้ใช้หรือผู้ทดสอบโปรแกรมไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปในการรองรับการใช้งาน

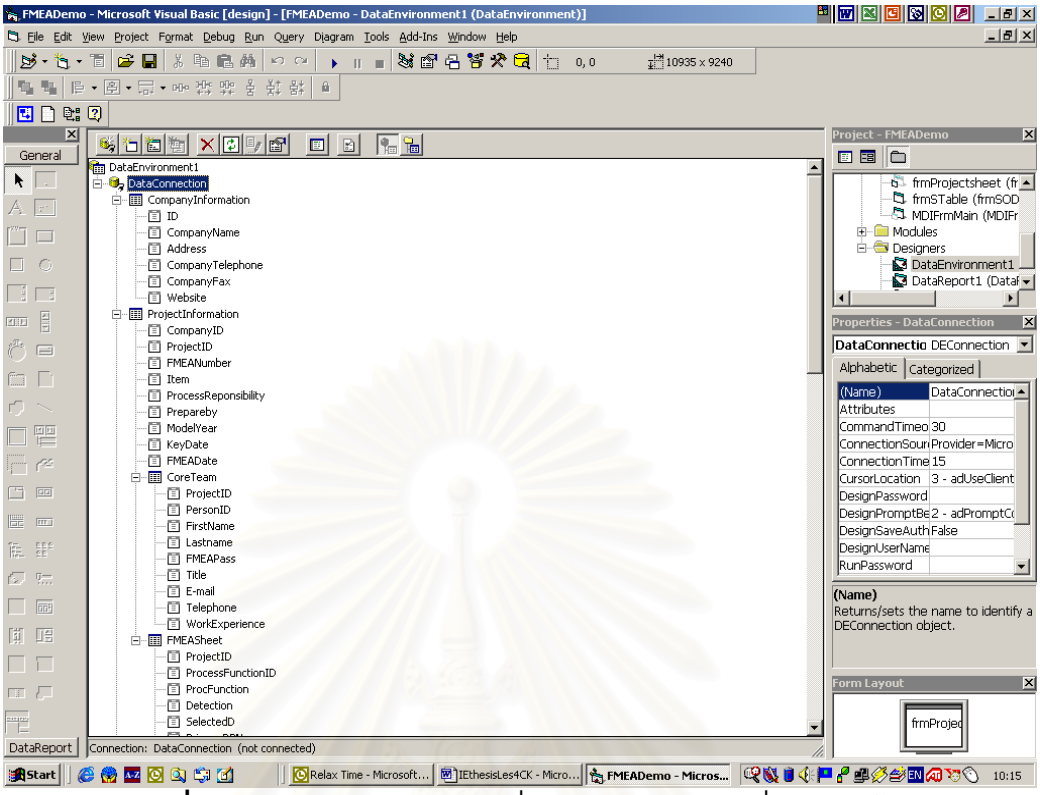
การเขียนโปรแกรมเริ่มจากการออกแบบหน้าจอและเครื่องมือต่าง ๆที่ใช้สำหรับการทำงานโดยกำหนดตำแหน่งและรายละเอียดต่าง ๆโดยมีรูปแบบของหน้าจอการเขียนโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.6



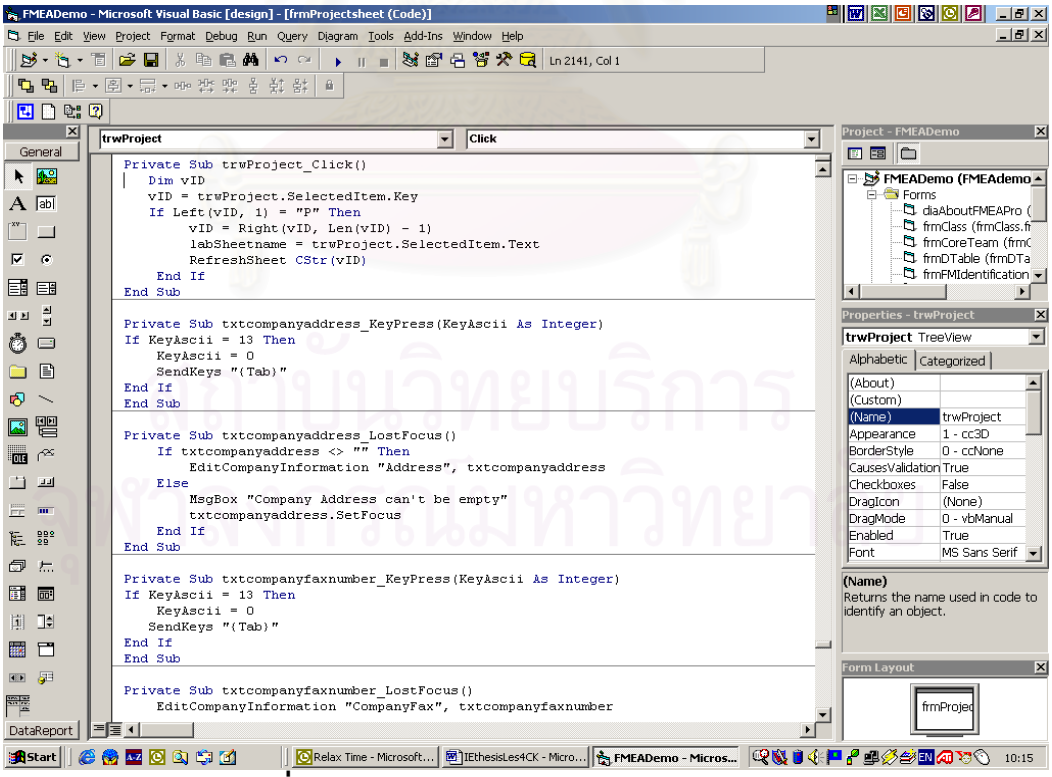
รูปที่ 4.6 แสดงการหน้าจอการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic ในส่วนการออกแบบหน้าจอ

เมื่อได้รูปแบบของหน้าจอทุกส่วนแล้ว ก็ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลโดยอาศัยเครื่องมือ Data Environment แบบ Data Jet Engine Database 4.0 และทำการโปรแกรมเงื่อนไขต่างๆ ในการเชื่อมต่อของโปรแกรม ดังแสดงสภาพการทำงานของหน้าจอดังรูปที่ 4.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



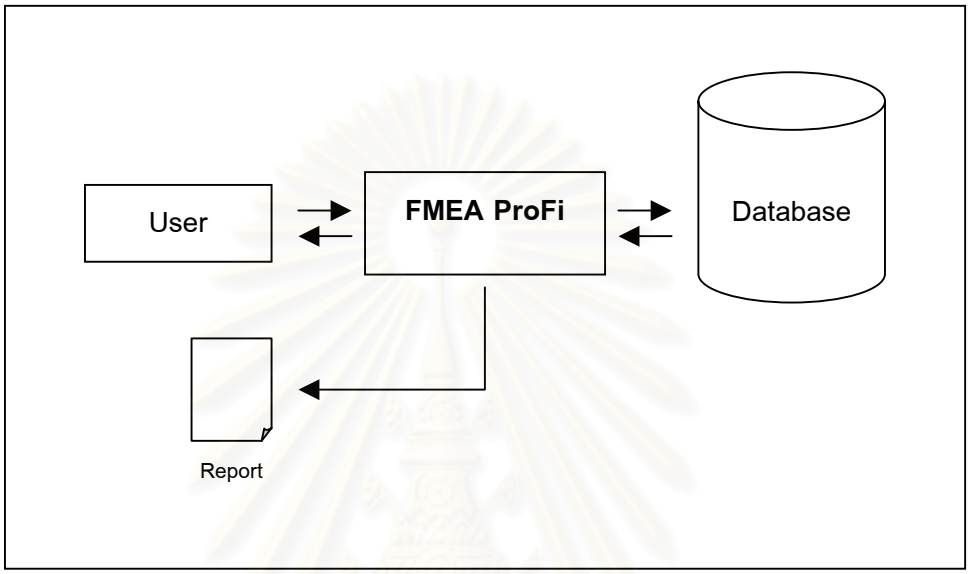
รูปที่ 4.7 แสดงการหน้าจอการ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4.8 แสดงการหน้าจอการเขียน Source Code

4.2 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม

การจัดสร้างโปรแกรม FMEA ProFI ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ออกแบบระบบในลักษณะการจัดการฐานข้อมูลดังความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.1 โดยการทำงานของโปรแกรมจะเป็นแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนของโปรแกรมหลักและในส่วนปฏิบัติงานและเก็บข้อมูล (Work sheet)



รูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของ FMEA ProFI

โดยแสดงรายละเอียดและหน้าที่ของส่วนต่างๆของโปรแกรมไว้ดังนี้

4.2.1 เมนูหลัก (Main Menu)

เป็นส่วนที่จัดการทั่วๆไปของโปรแกรมที่สามารถใช้ร่วมกันได้ระหว่าง Worksheet โดยส่วนเมนูหลักจะประกอบด้วยส่วนย่อยต่างๆดังต่อไปนี้

4.2.1.1 แฟ้มข้อมูล (File)

ใช้ช่วยในส่วนของการเปิด Worksheet ใหม่ (New) การเปิด Worksheetที่เคยได้บันทึกไว้ (Open) การปิด (Close) Worksheet การพิมพ์รายงาน (Print) และการออกจากโปรแกรม (Exit)

4.2.1.2 การแก้ไข (Edit)

ใช้ช่วยในส่วนของการแก้ไขตัวอักษรหรือกลุ่มตัวอักษรประกอบด้วยคำสั่งในการตัด(Cut) คัดลอก (Copy) การวาง (Paste) เพื่อเป็นการช่วยในทำงานให้สะดวกรวดเร็วขึ้น

4.2.1.3 **รายงาน** (Report)

เป็นการแสดงรายงานที่โปรแกรมสามารถจัดพิมพ์ผ่านคำสั่งพิมพ์รายงานได้

4.2.1.4 **ส่วนช่วยเหลือ** (Help)

ในส่วนของระบบช่วยเหลือจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้

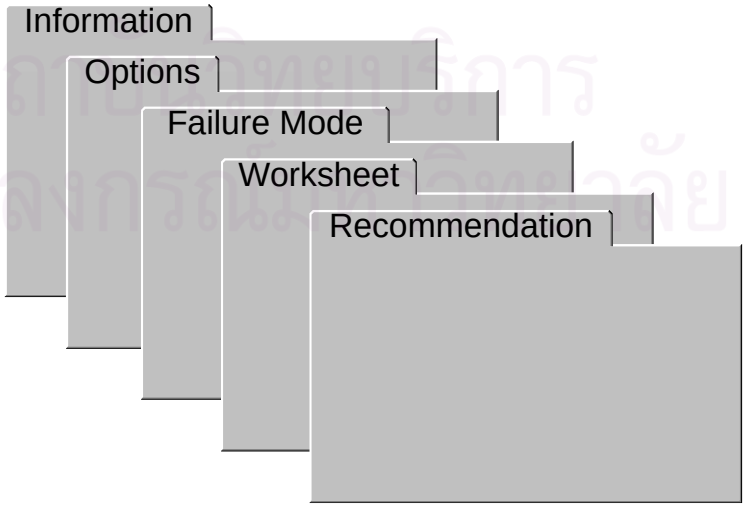
- **ส่วนช่วยเหลือในการทำ** Process FMEA โปรแกรมจะเปิด Window Explorer แล้วแสดงเอกสารช่วยเหลือ เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม การทำ Process FMEA และข้อบกพร่องของชิ้นส่วนโลหะ

- **ส่วนแสดงรายละเอียดของโปรแกรม**เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดของโปรแกรมเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และ Version ของโปรแกรม

ซึ่งการควบคุมคำสั่งในส่วนของเมนูหลักสามารถทำได้สองวิธีคือการเรียกจากแถบเมนู หรือจากแถบเครื่องมือที่อยู่ด้านบนของโปรแกรมดังรูปที่ 4.20

4.2.2 **ส่วนปฏิบัติงานและเก็บข้อมูล** (Worksheet)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยใช้ระบบฐานข้อมูล โดยจะเก็บข้อมูลในรูปของ File *.mea ซึ่งรูปแบบของ Worksheet ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปแบบของแถบเลือก (Tab) ดังแสดงในรูป 4.9 เพื่อแสดงข้อมูลทุกทั้งหมดที่เกี่ยวกับการทำ Process FMEA ให้อยู่ในหน้าจอทั้งหมดเพื่อสอดคล้องกับการใช้งานในห้องประชุม เพื่อแสดงหน้าจอผ่าน Projector



รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบ User Interface ของ Worksheet

4.2.2.1 Information Tab

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานทำการใส่ข้อมูลของบริษัท (Company Information) ข้อมูลโปรเจค (Project Information) และ สมาชิก (Core Team) ในการทำ Process FMEA

4.2.2.2 Options Tab

เป็นส่วนที่ให้ทำการตั้งค่าและระบุเงื่อนไขต่างๆในการทำ FMEA เช่นช่วงของค่าภาวะความรุนแรง โอกาสการเกิด การตรวจพบ โดยที่ผู้ใช้สามารถระบุรายละเอียดเงื่อนไขในแต่ละค่ากำหนด อีกทั้งโปรแกรมยังมีรูปแบบมาตรฐานให้เลือกใช้ 2 ชนิดคือ

- เอกสารคู่มืออ้าง Ford Chrysler Corporation GM (10 x 10 x 10)
- ประกาศกรมโรงงานกระทรวงอุตสาหกรรม (4 x 4 x 1)

4.2.2.3 Failure mode Tab

เป็นส่วนที่ให้ทำการใส่ข้อมูล Process Function และกำหนดข้อบกพร่อง โดยมีการช่วยบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องของชิ้นส่วนโลหะจากปัจจัยต่างๆโดยที่ผู้ใช้งานสามารถระบุรายละเอียดและเก็บรูปภาพของข้อบกพร่องไว้ในระบบฐานข้อมูลได้อีกด้วย

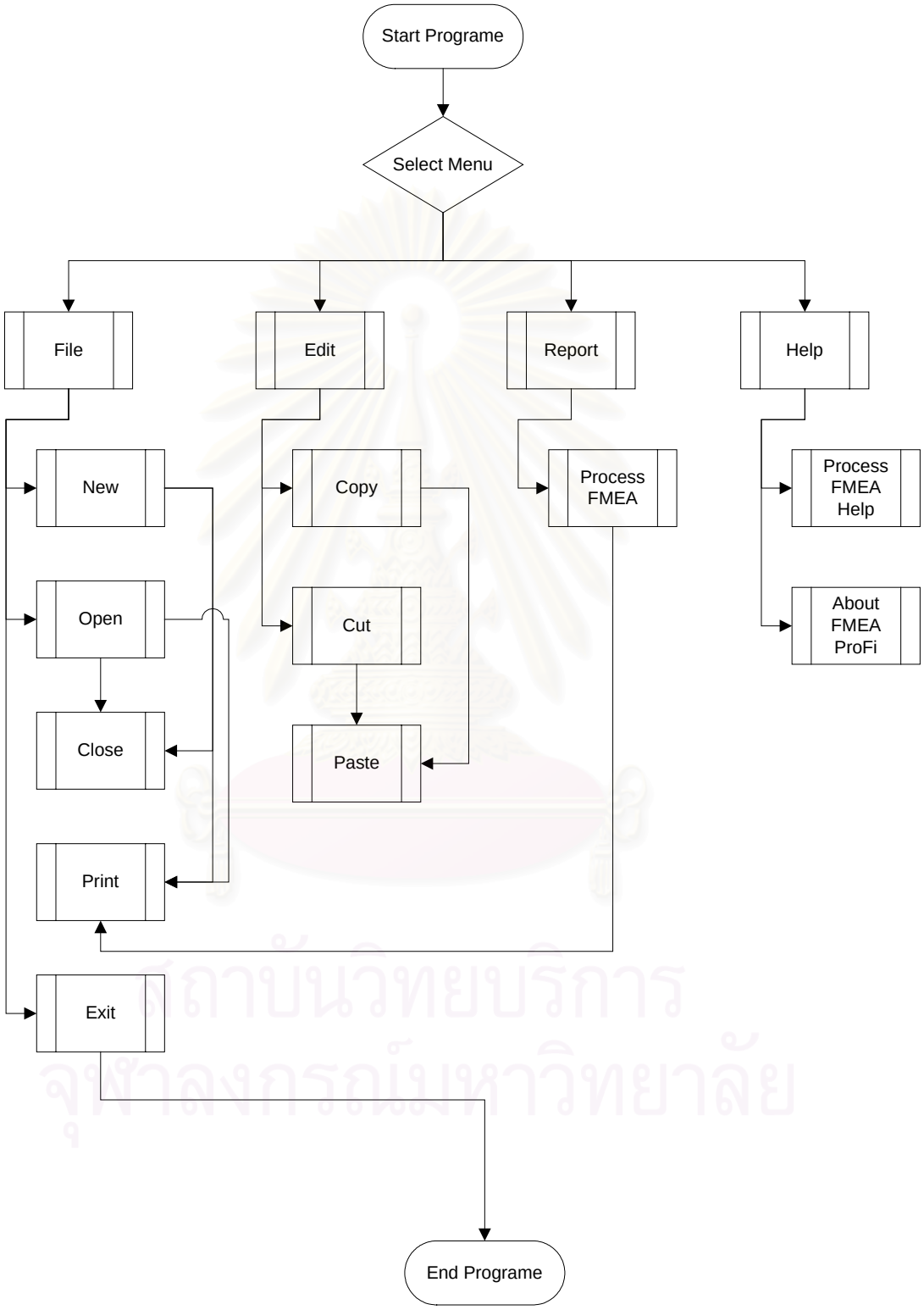
4.2.2.4 Worksheet Tab

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานใช้ในการวิเคราะห์ Process FMEA ตาม Process Function และข้อบกพร่องที่ได้ทำการเลือกไว้ใน Failure mode Tab โดยใช้เงื่อนไขต่างๆที่ตั้งค่าไว้ใน Options ในการทำงาน

4.2.2.5 Recommendation Tab

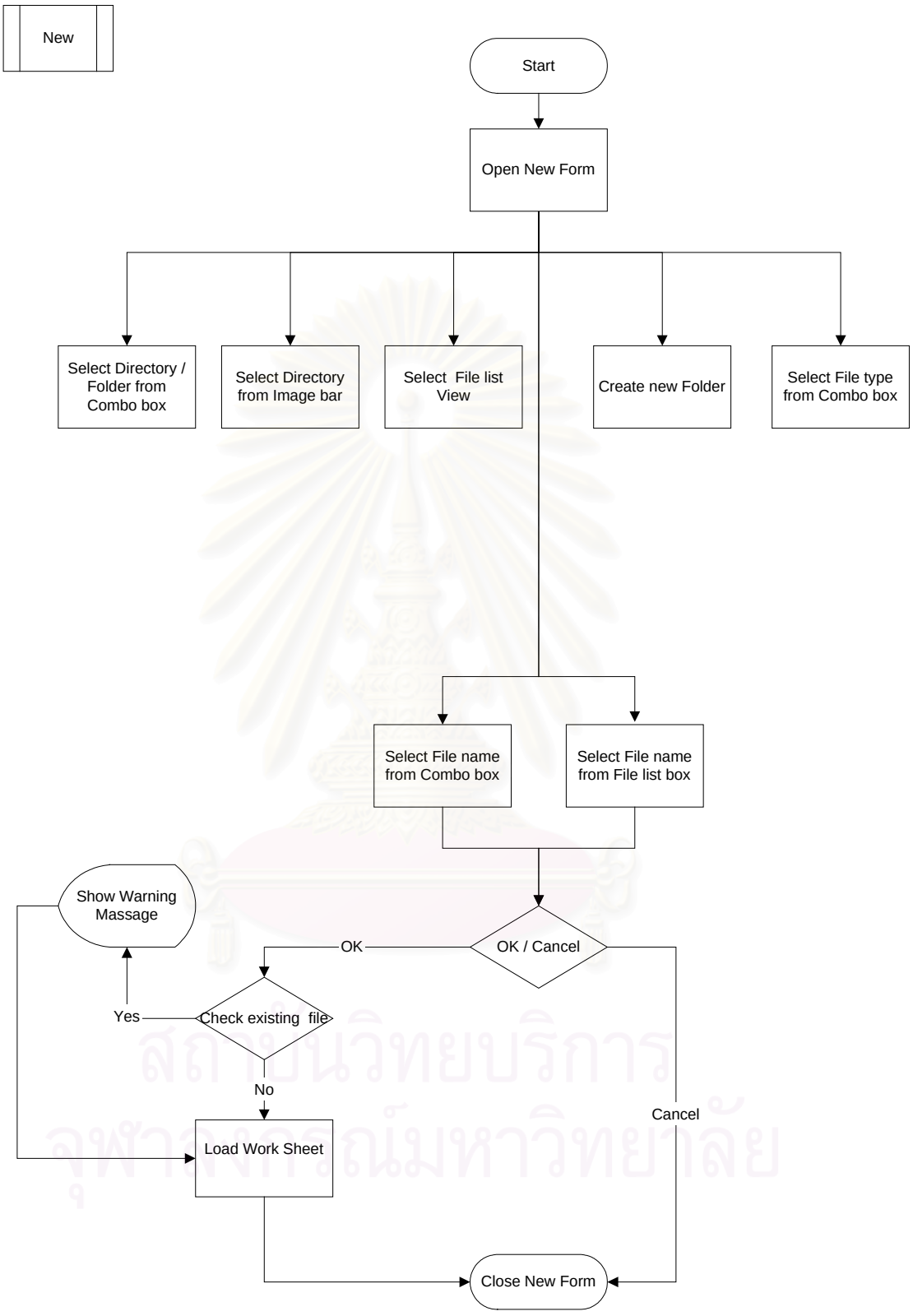
เป็นส่วนสรุปในส่วนของข้อเสนอแนะที่จะนำไปปฏิบัติได้จากการวิเคราะห์ Process FMEA ที่ได้จาก Worksheet Tab โดย Recommended Actions ที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนตามค่า RPN โดยที่ผู้ใช้งานสามารถใส่รายละเอียดต่างๆในฐานข้อมูล เช่น ผู้รับผิดชอบ หน่วยงานที่รับผิดชอบ วันที่คาดว่าจะเริ่มปฏิบัติ วันที่คาดว่าจะเสร็จสิ้น ลำดับความสำคัญของงาน (Priority) และสถานะภาพของงาน

4.3 แผนภูมิการไหล (Flow Chart)



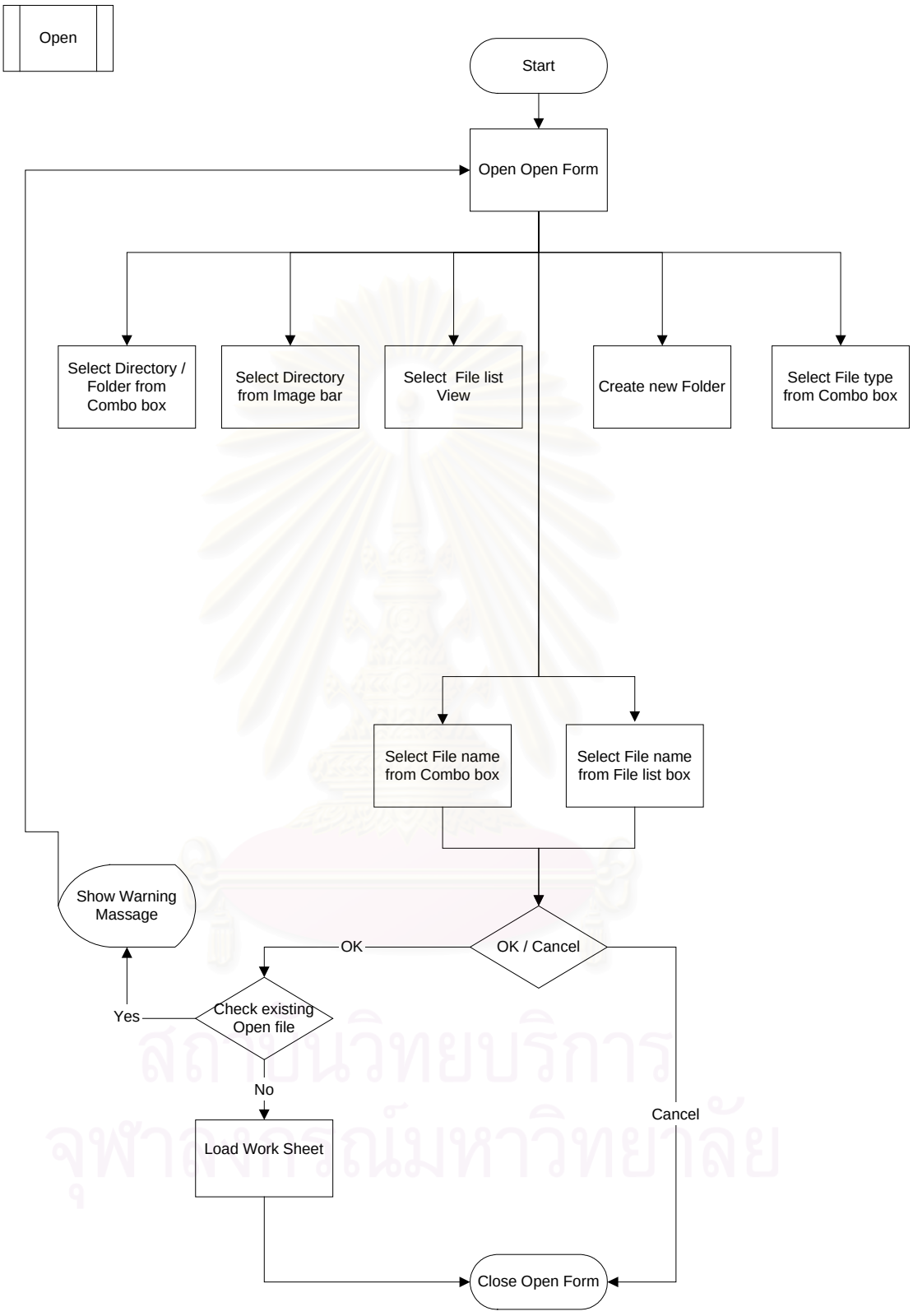
รูปที่ 4.11 แผนภูมิการไหลแสดงFMEA ProFI ส่วนโปรแกรมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



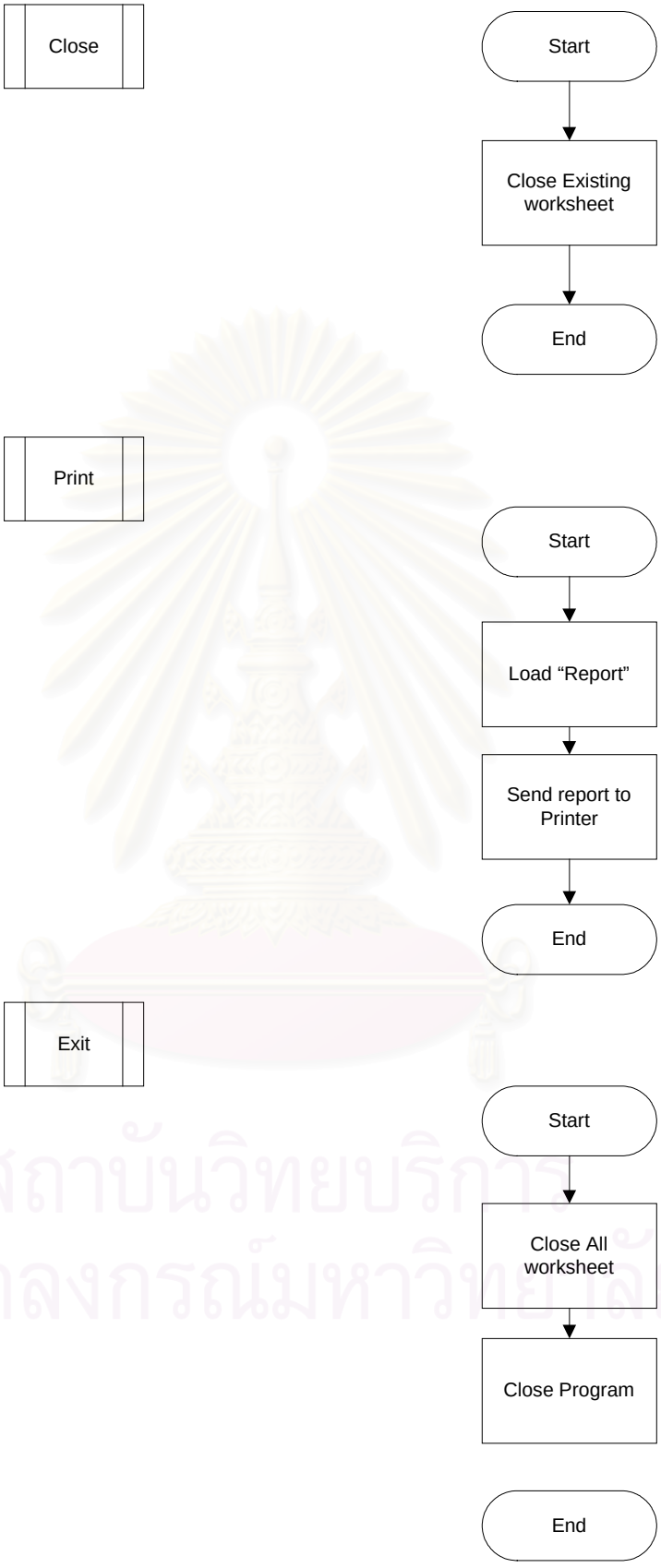
รูปที่ 4.12 แผนภูมิการไหลแสดงการเปิดโปรแกรมใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4. 13 แผนภูมิการไหลแสดงการเปิดโปรแกรม

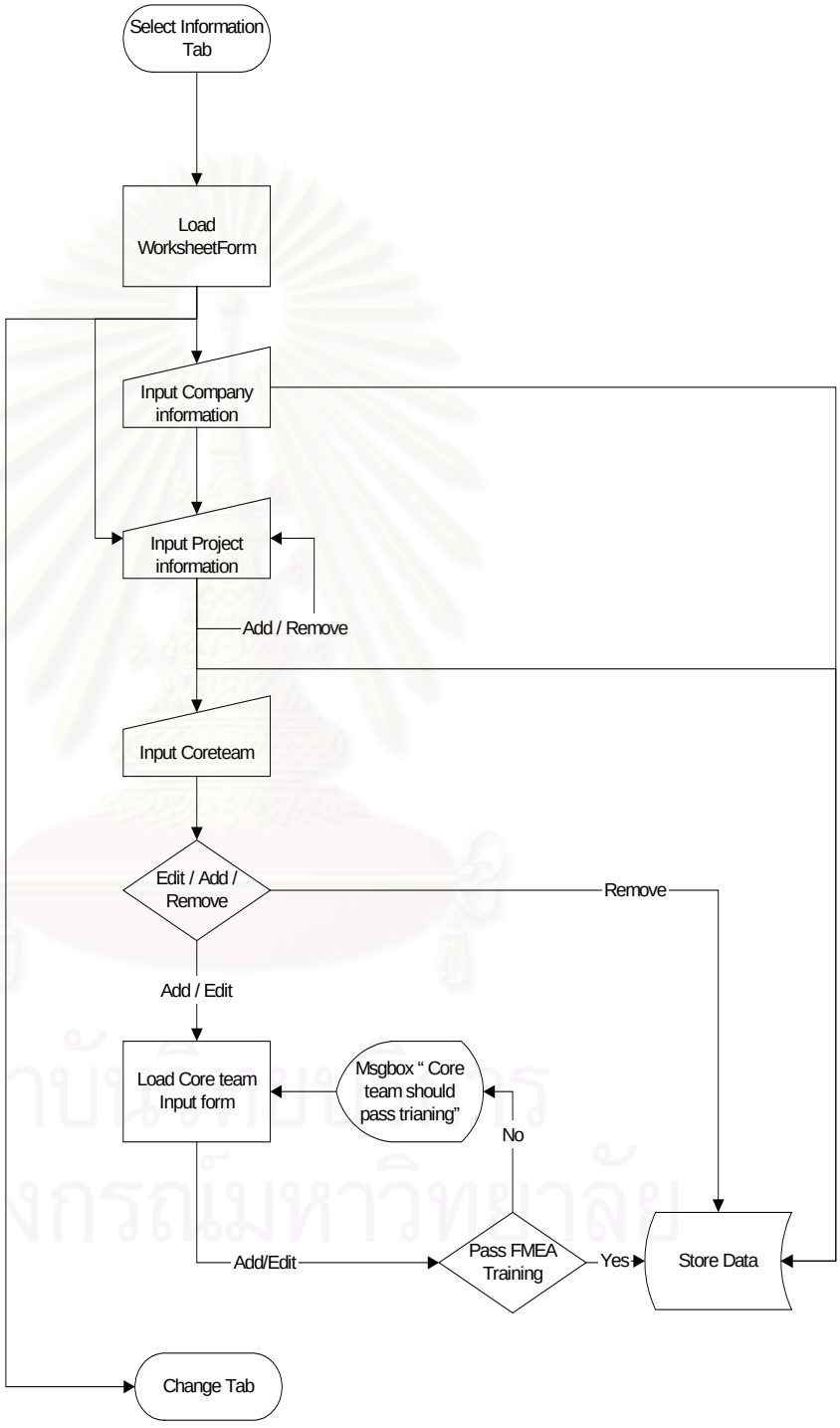
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14แผนภูมิการไหลแสดงการปิด การพิมพ์และการออกจากโปรแกรม

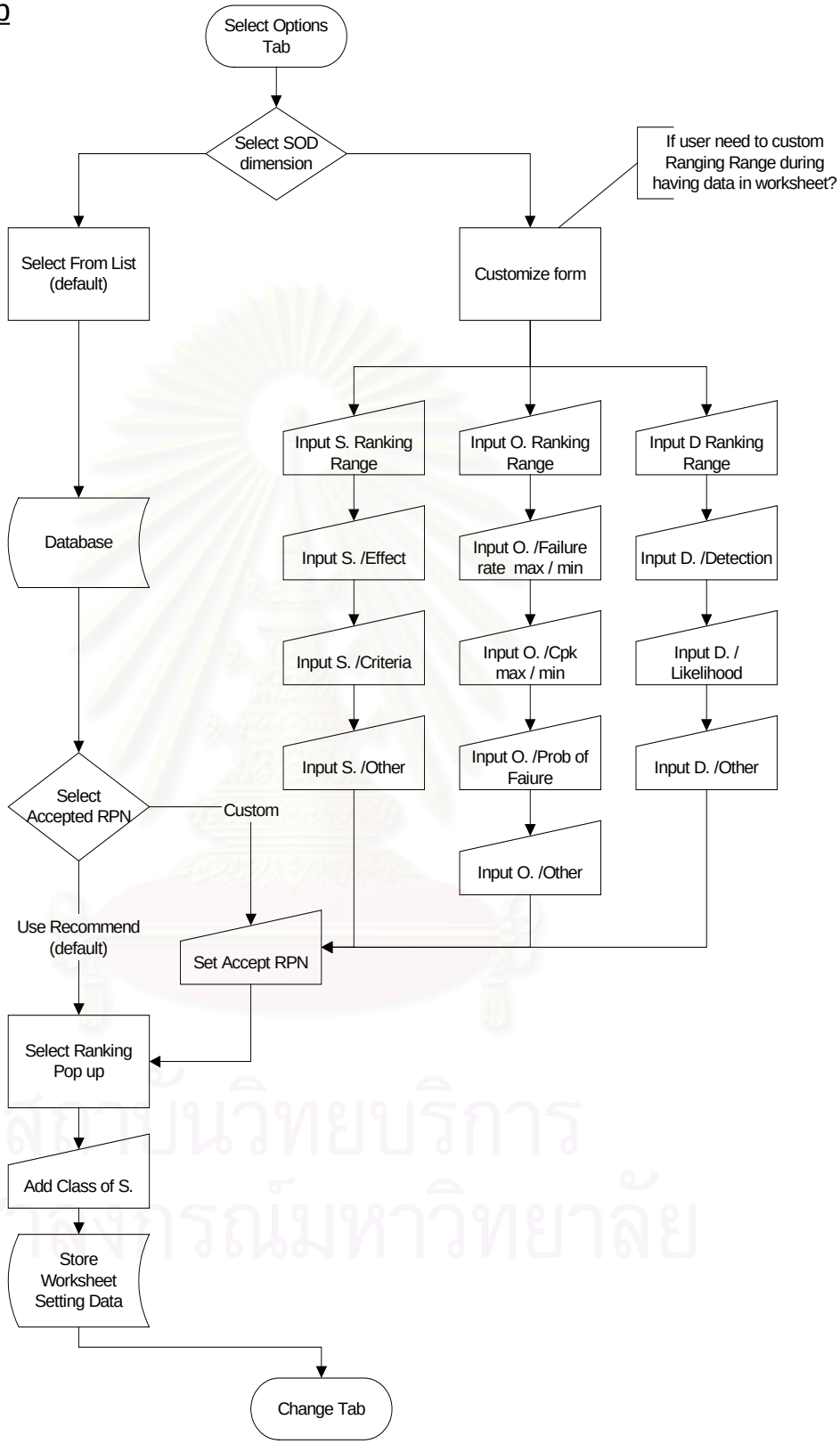
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Information Tab



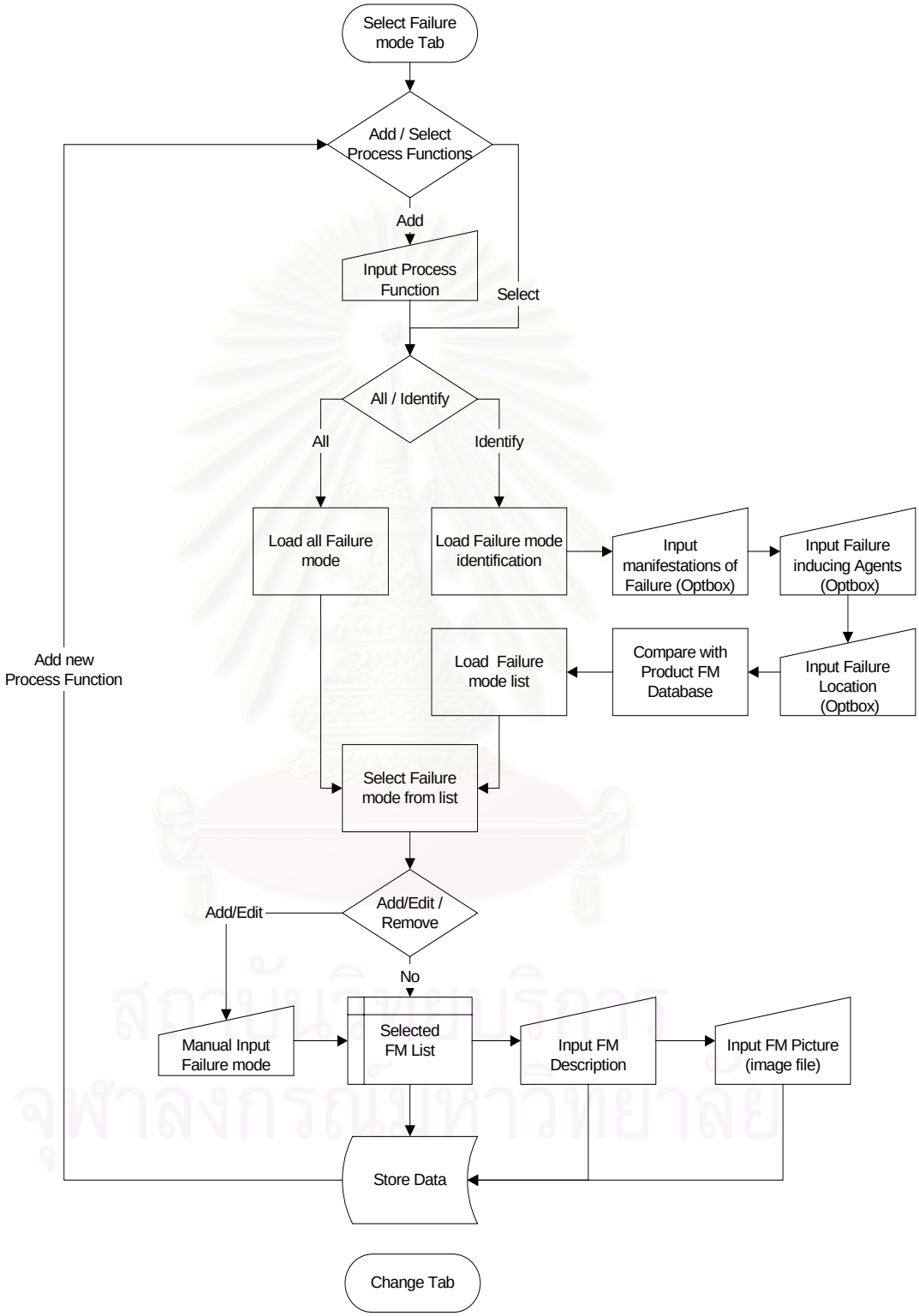
รูปที่ 4.15 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Information Tab

Options Tab



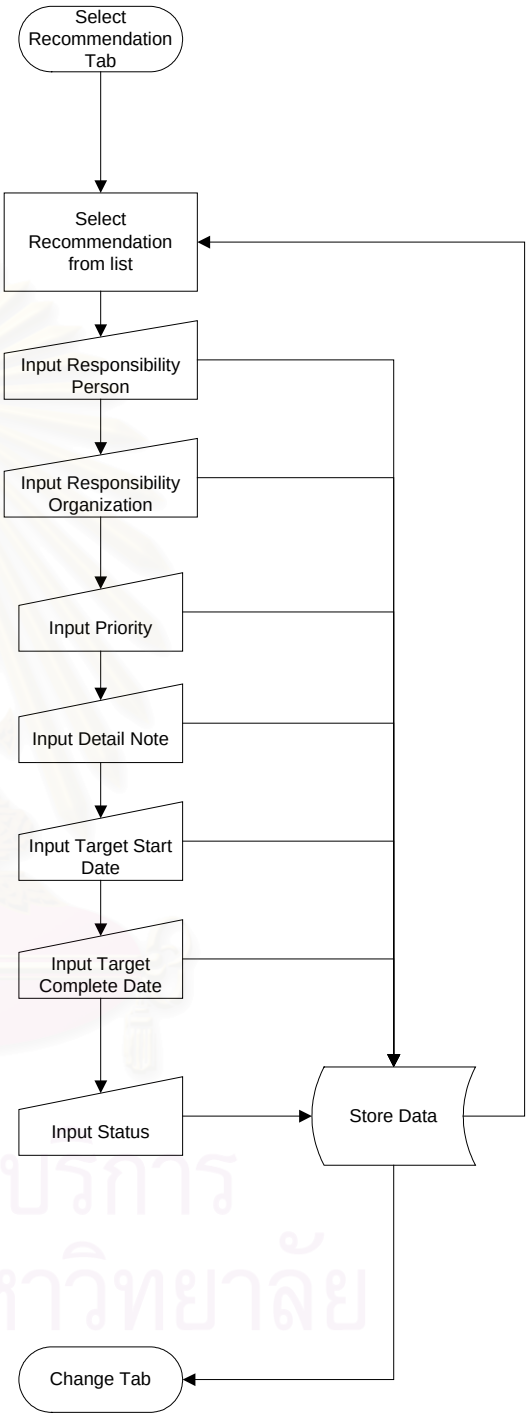
รูปที่ 4.16 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Options Tab

Failure mode Tab



รูปที่ 4.17 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Failure mode Tab

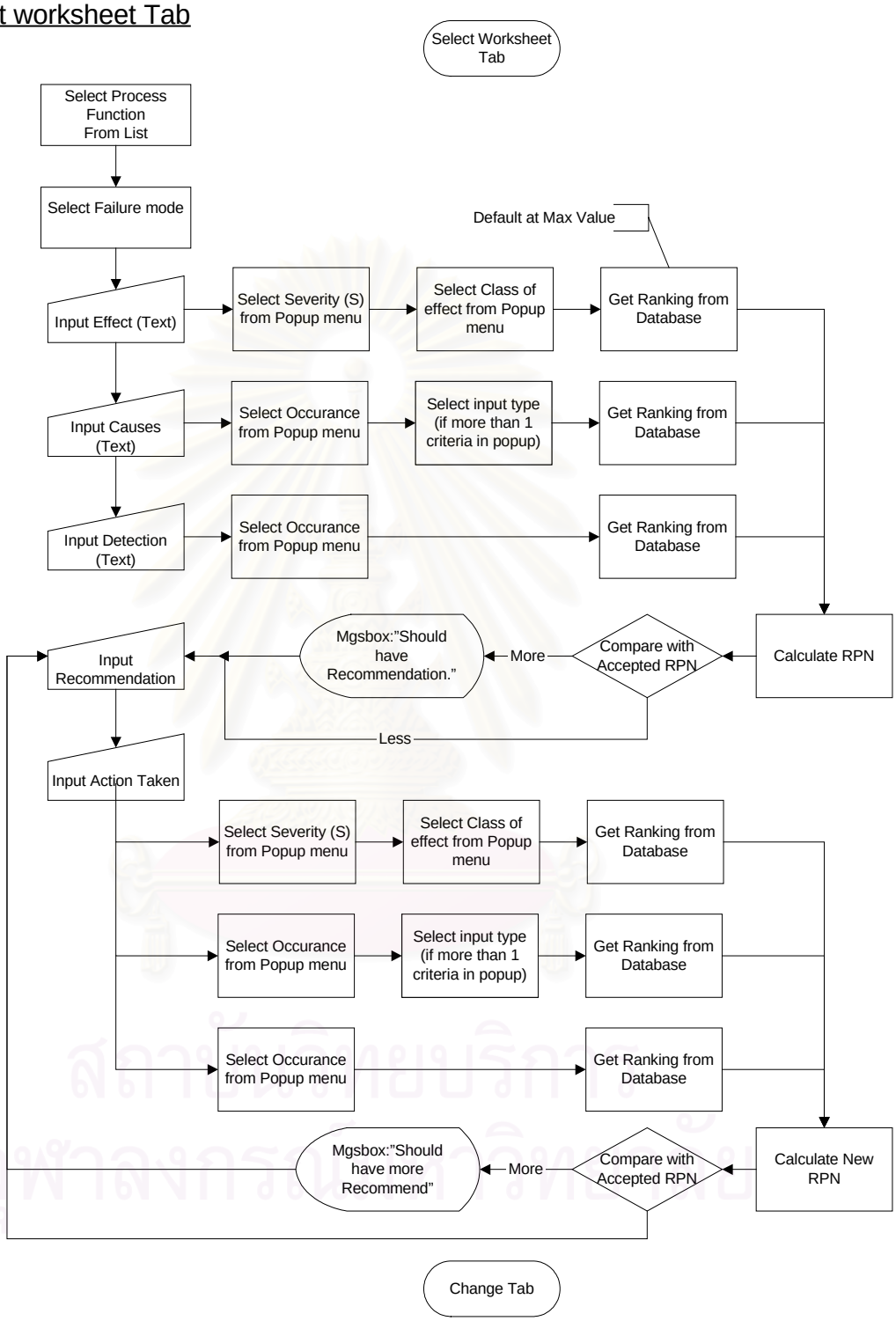
Recommendation Tab



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.18 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Worksheet Tab

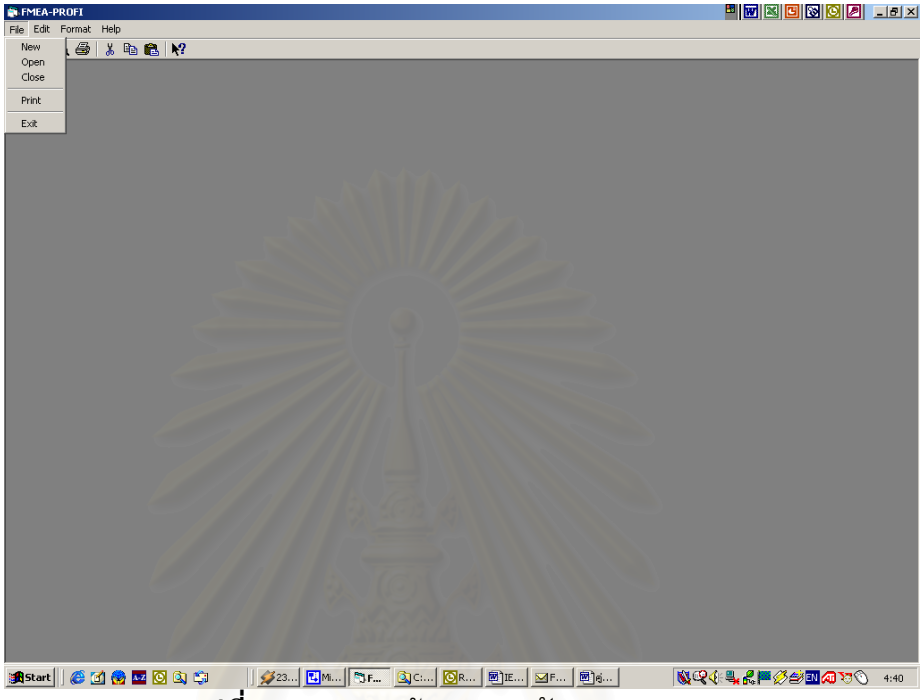
Project worksheet Tab



รูปที่ 4.19 แผนภูมิการไหลแสดงการทำงานในส่วน Recommendation Tab

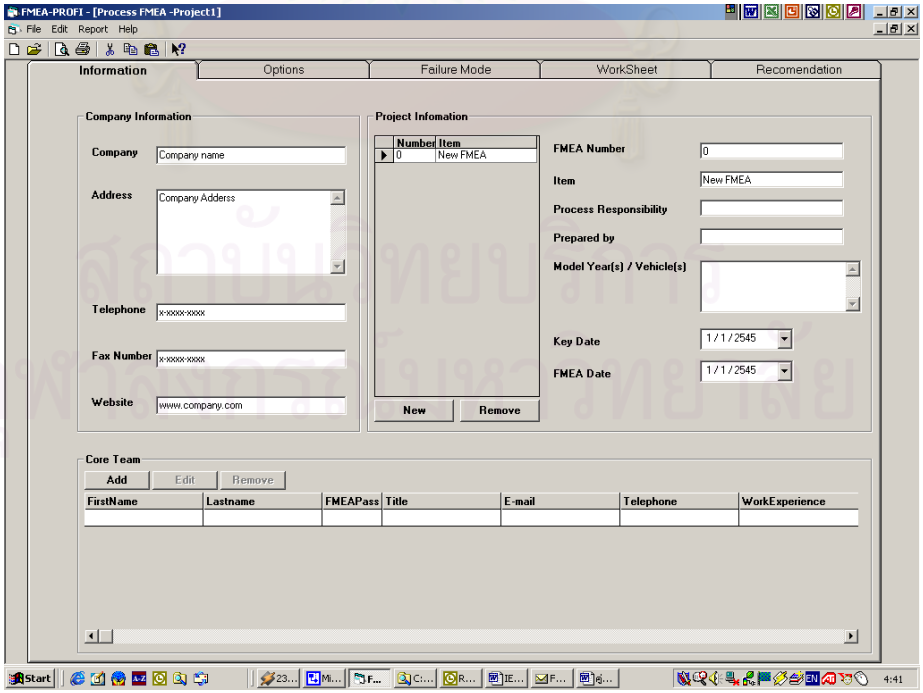
4.4 ชนิดของหน้าจอและสภาพการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

4.4.1 เมนูหลัก (Main Menu)

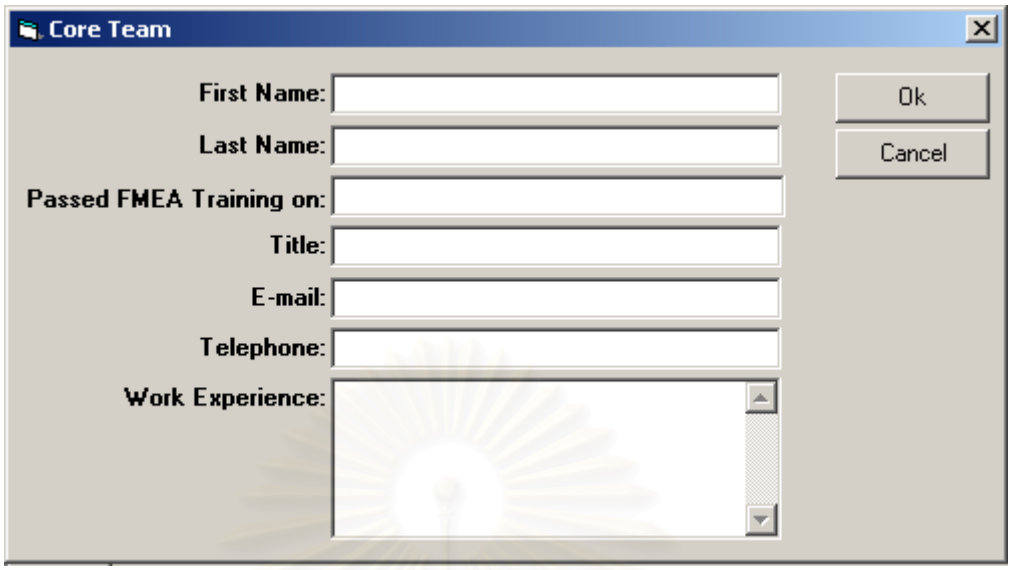


รูปที่ 4.20 แสดงหน้าจอเมนูหลัก (Main Menu)

4.4.2 ส่วนข้อมูล (Information Tab)

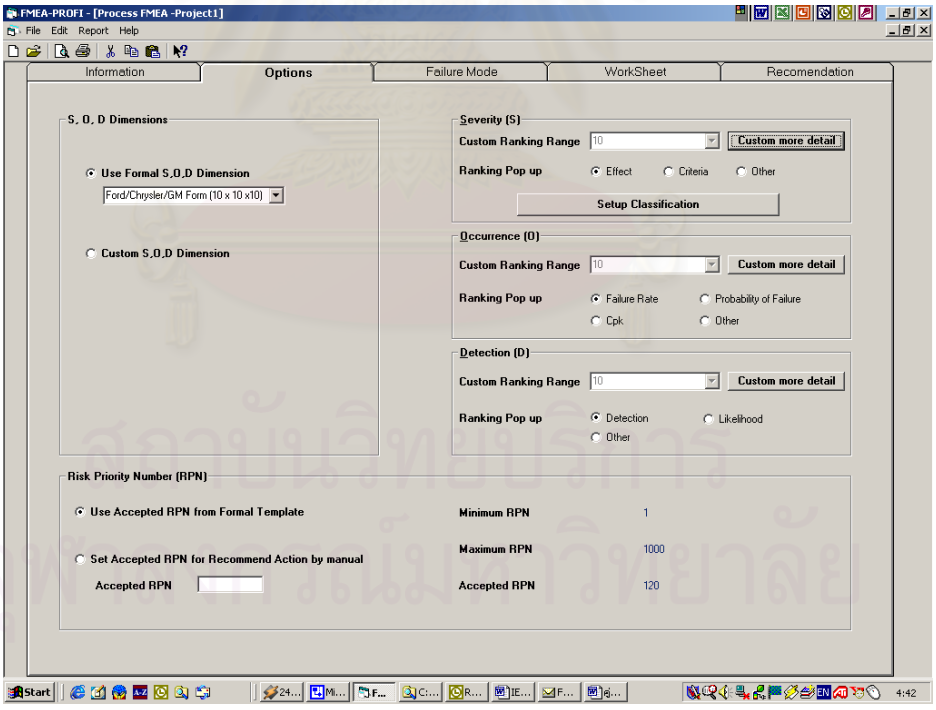


รูปที่ 4.21 แสดงหน้าจอส่วนข้อมูล (Information Tab)

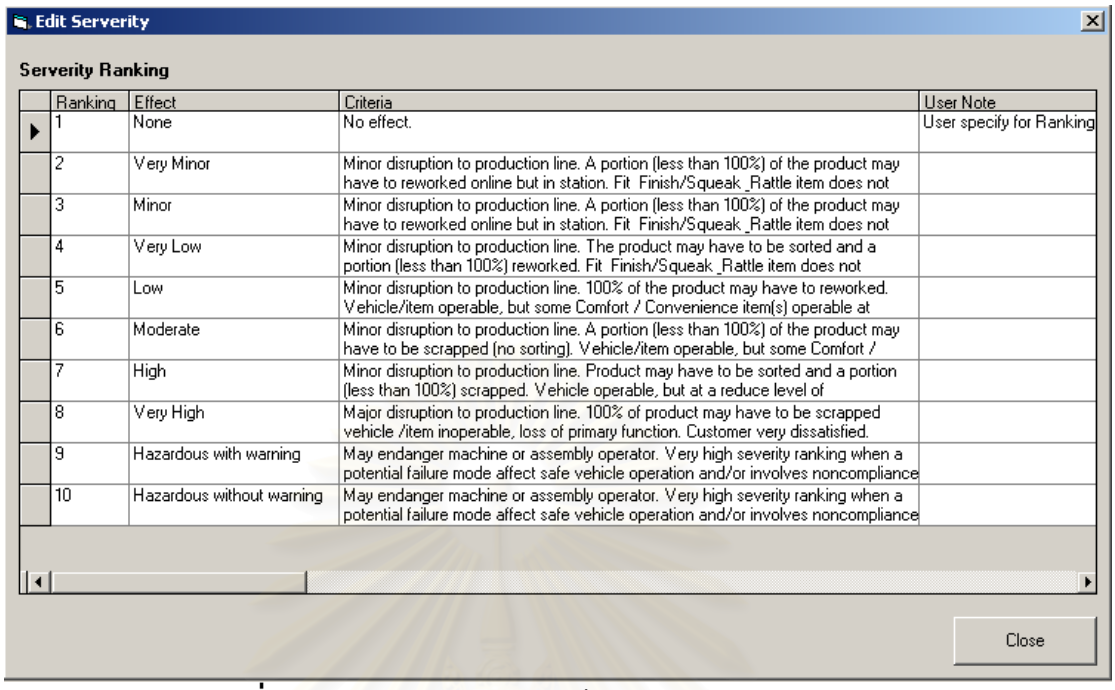


รูปที่ 4.22 แสดงหน้าจอส่วนการป้อนข้อมูล Core Team

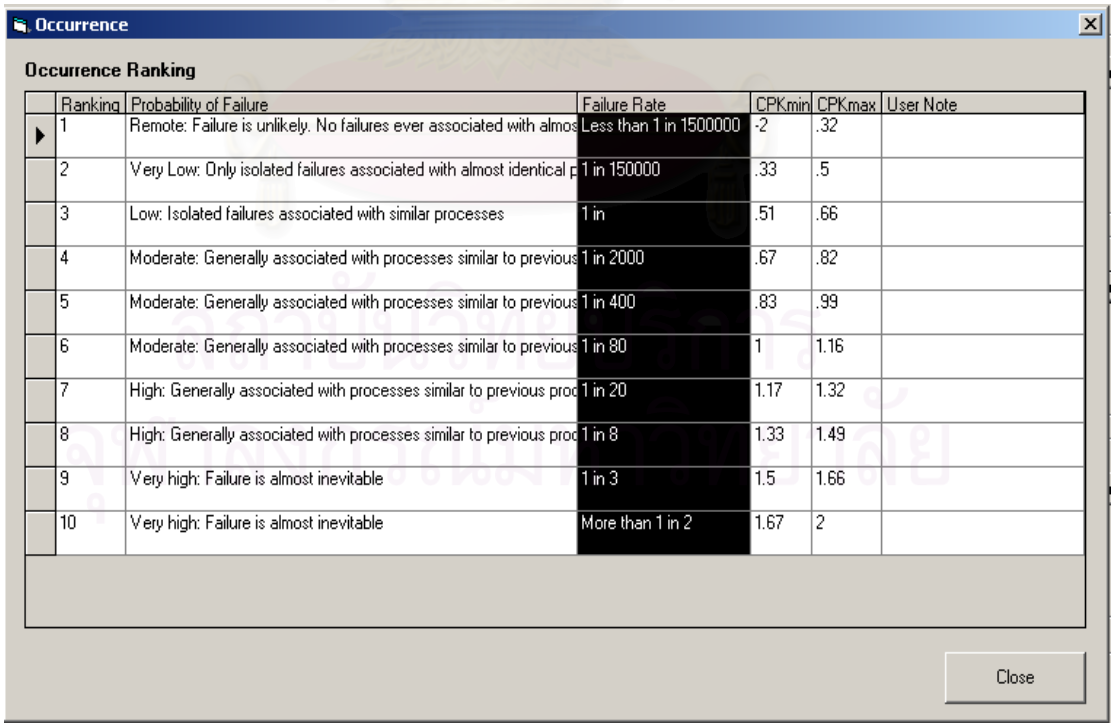
4.4.3 ส่วนการตั้งค่า (Options Tab)



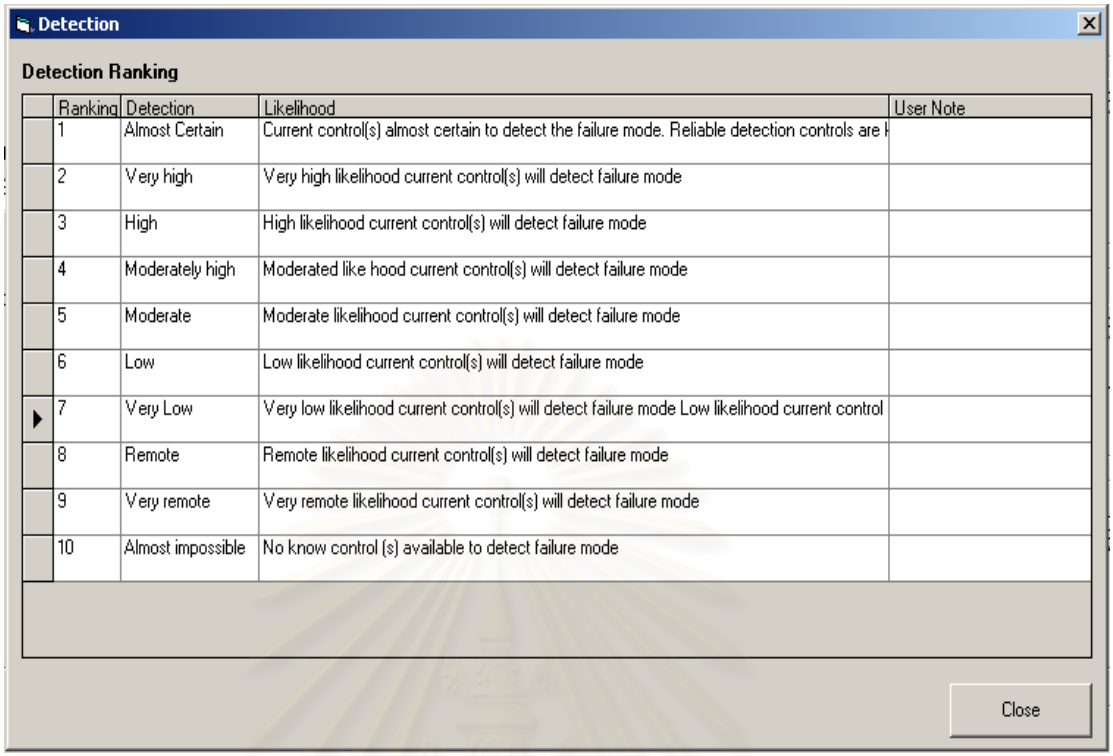
รูปที่ 4.23 แสดงหน้าจอส่วนการตั้งค่า (Options Tab)



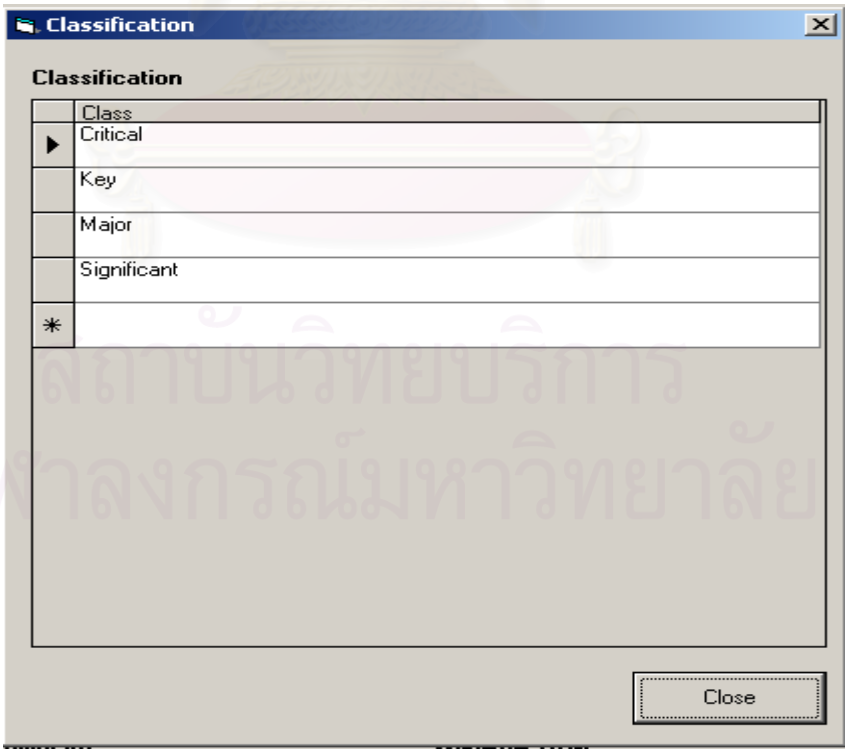
รูปที่ 4.24 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางภาวะความรุนแรง



รูปที่ 4.25 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางโอกาสการเกิด

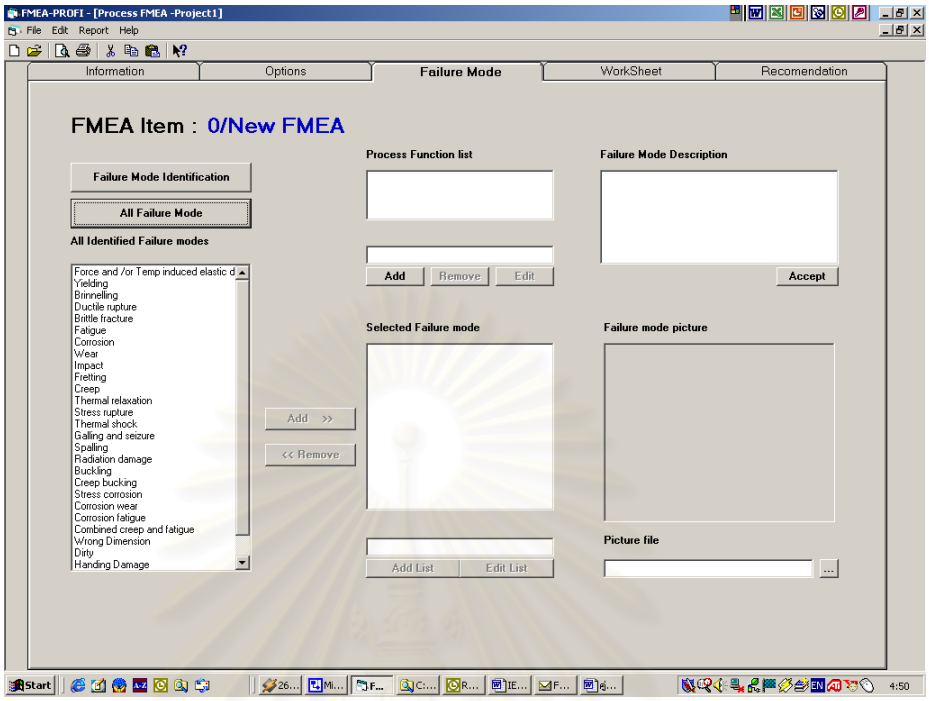


รูปที่ 4.26 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางการตรวจพบ

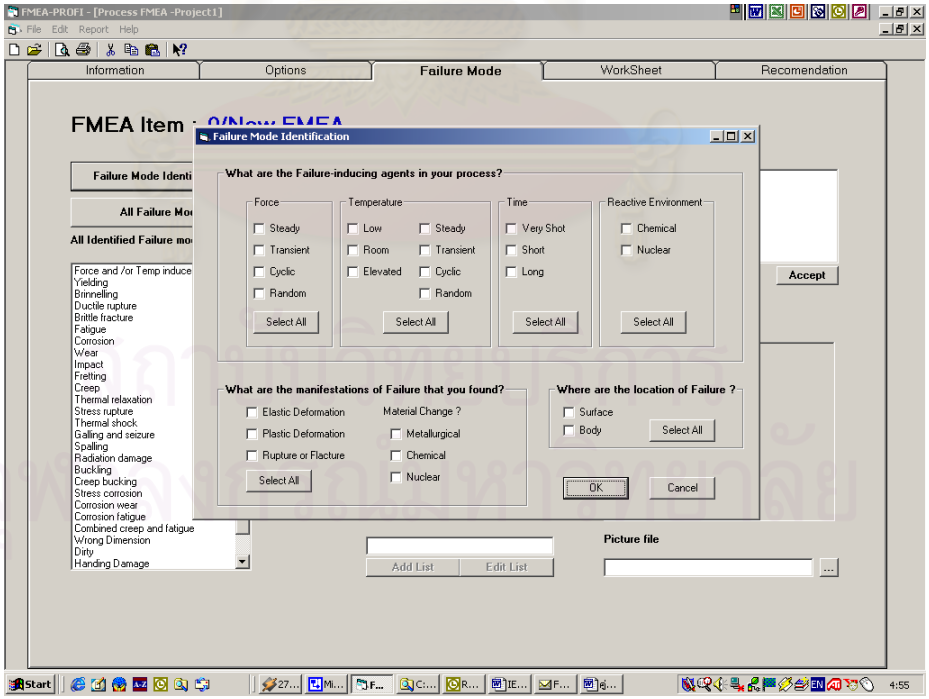


รูปที่ 4.27 แสดงหน้าจอรายละเอียดตารางค่า Classification

4.4.4 ส่วนการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode Tab)

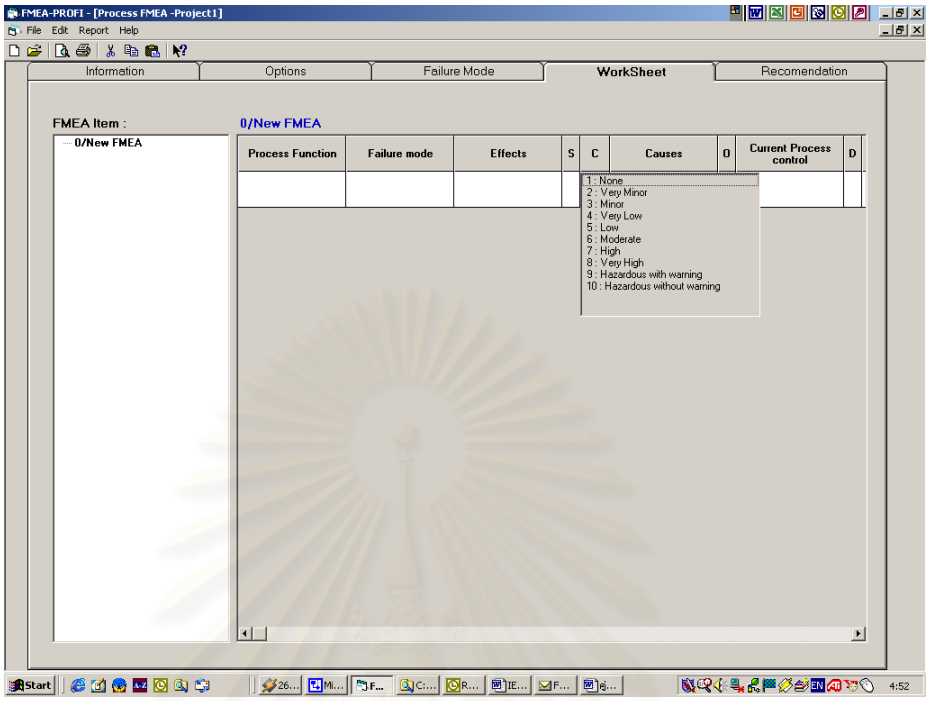


รูปที่ 4.28 แสดงหน้าจอส่วนการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode Tab)



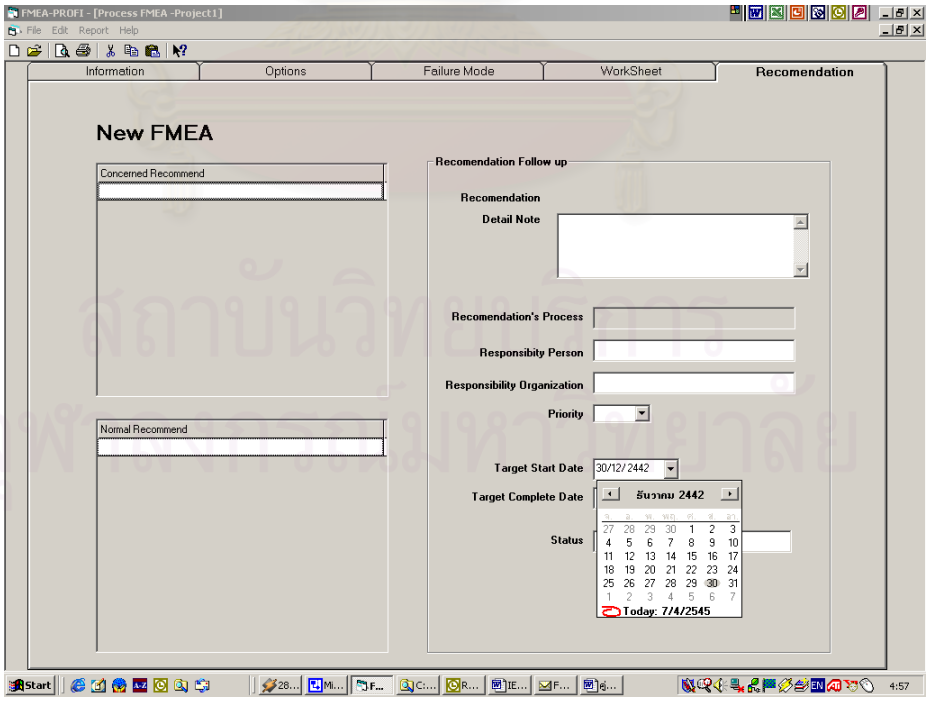
รูปที่ 4.29 แสดงหน้าจอการช่วยบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode Identification)

4.4.5 ส่วนปฏิบัติการ FMEA (FMEA Worksheet Tab)



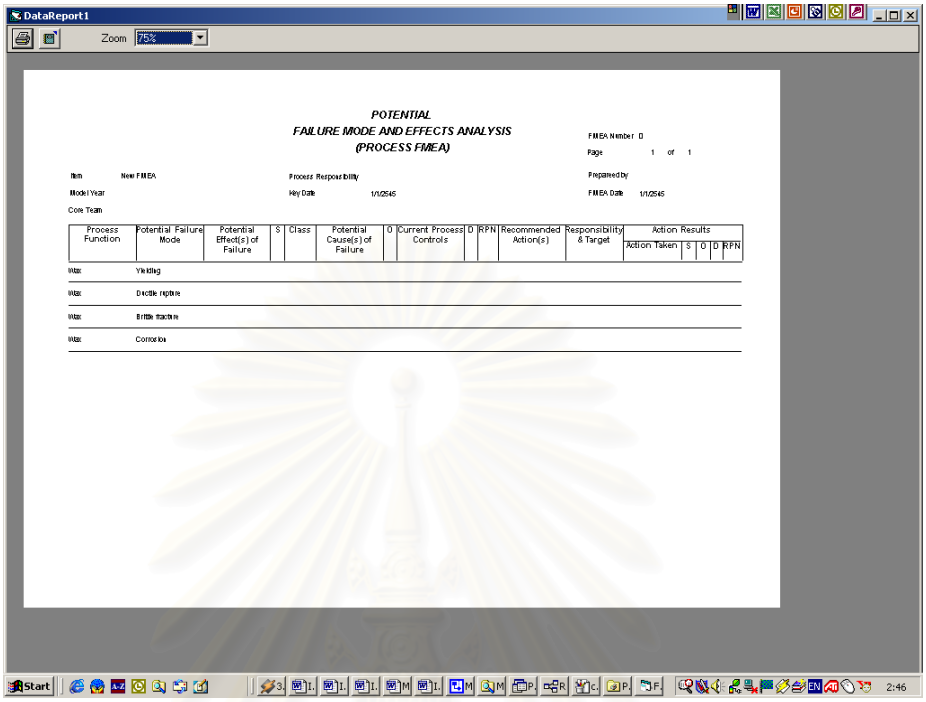
รูปที่ 4.30 แสดงหน้าจอส่วนปฏิบัติการ FMEA (FMEA Worksheet Tab)

4.4.6 ส่วนข้อปฏิบัติข้อเสนอแนะ (Recommendation Tab)

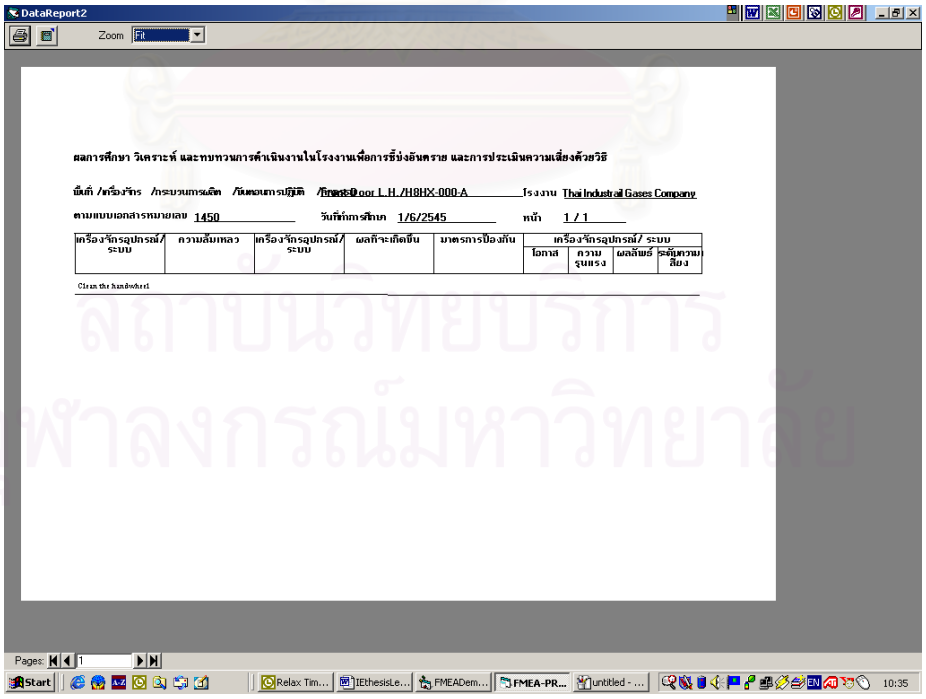


รูปที่ 4.31 แสดงหน้าจอส่วนข้อปฏิบัติข้อเสนอแนะ (Recommendation Tab)

4.4.7 การพิมพ์รายงาน



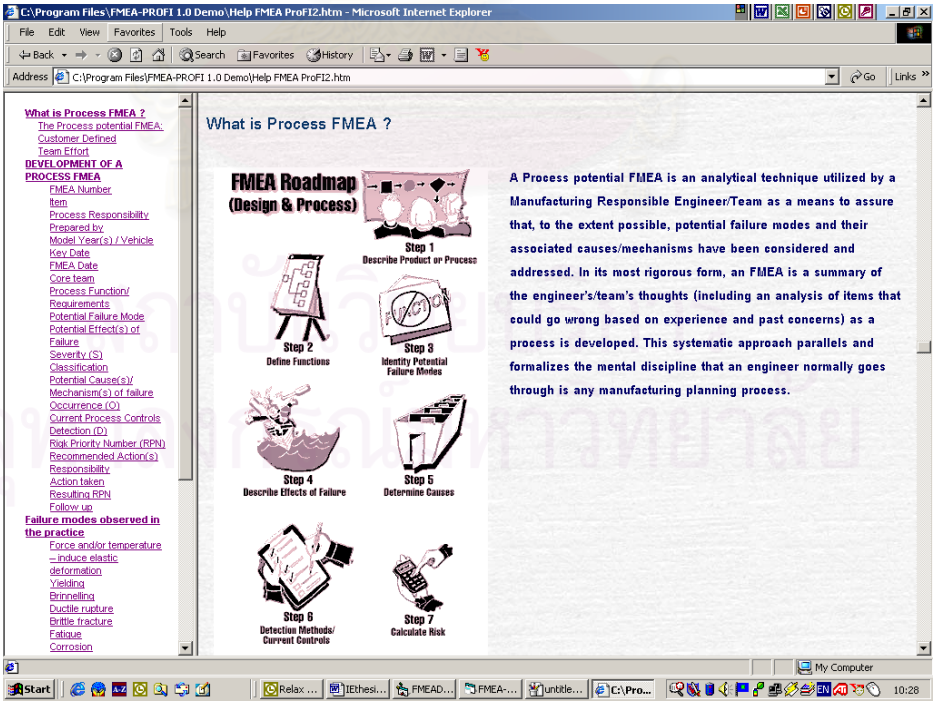
รูปที่ 4.32 แสดงหน้าจอการพิมพ์รายงานตามแบบของ Ford / Chrysler / GM



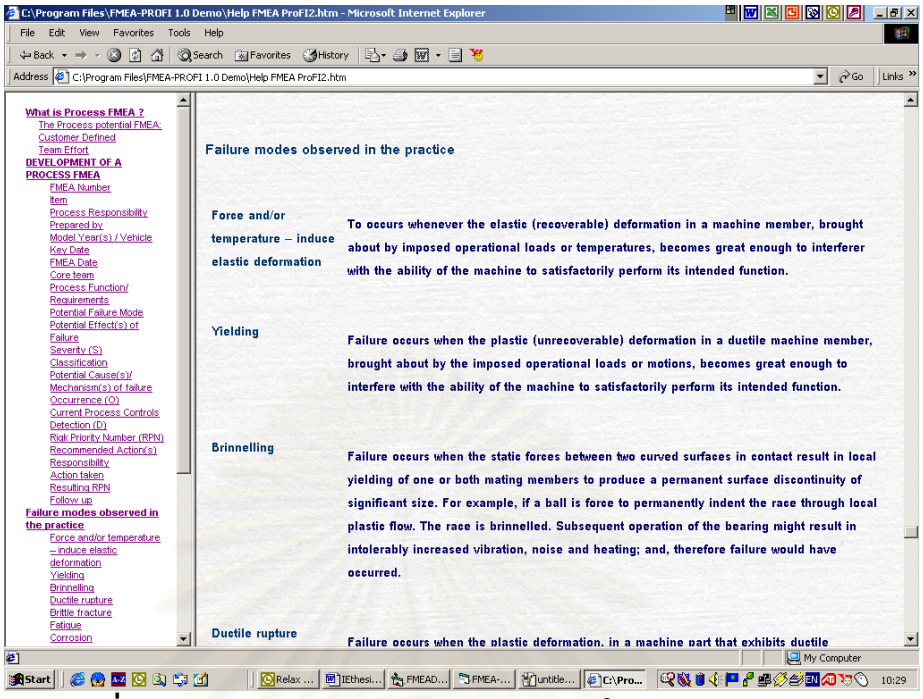
รูปที่ 4.33 แสดงหน้าจอการพิมพ์รายงานตามแบบฟอร์มของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

4.4.8 ส่วนช่วยเหลือ (Help)

รูปที่ 4.34 แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วนการใช้โปรแกรม



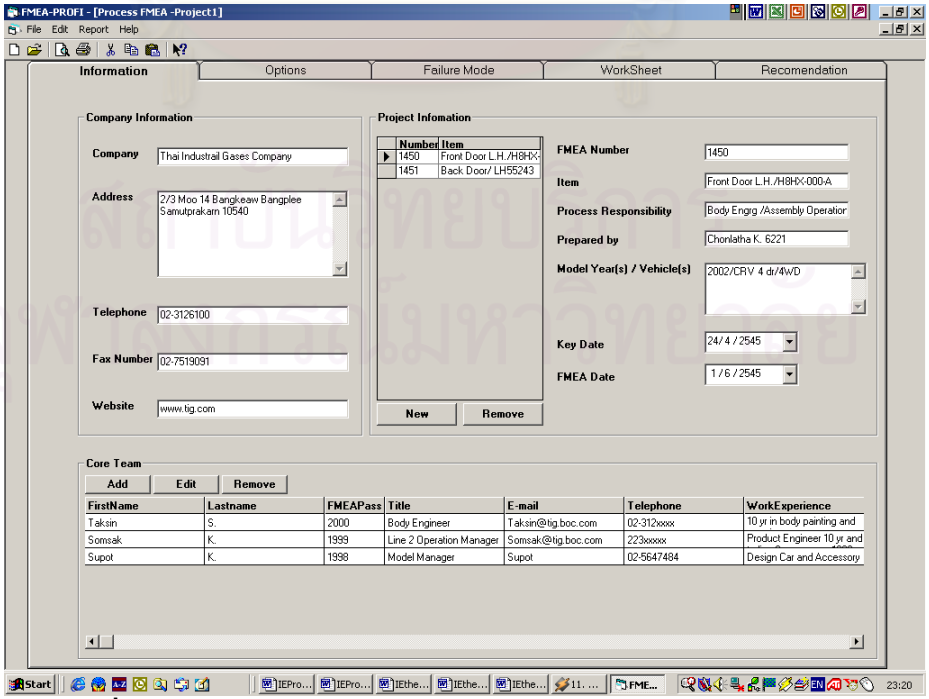
รูปที่ 4.35 แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วนการทำ Process FMEA



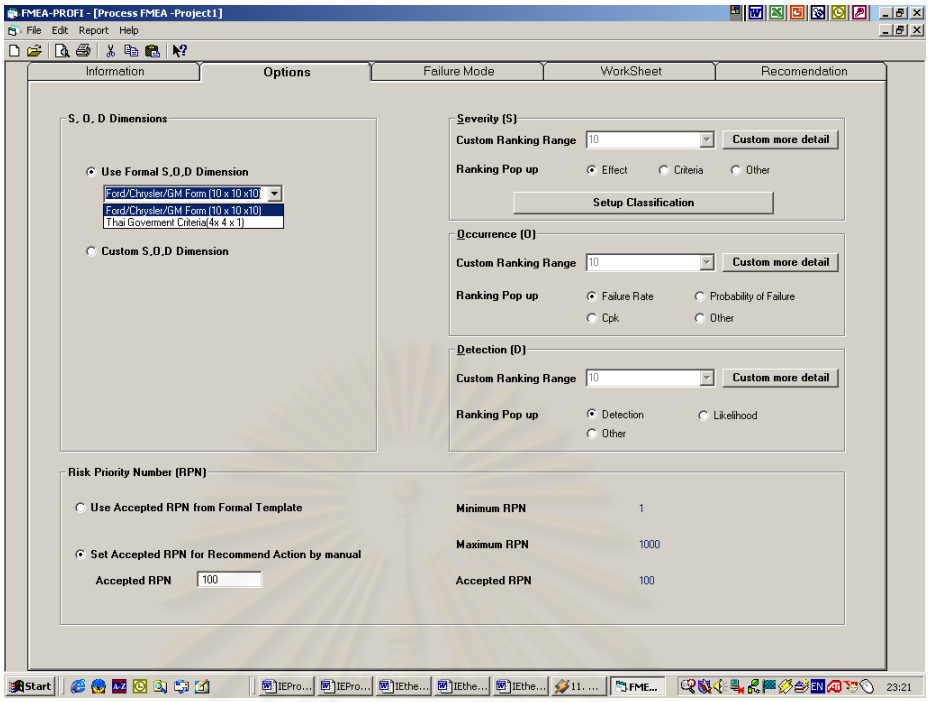
รูปที่ 4.36 แสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือ (Help) ในส่วน Failure Mode

4.5 ตัวอย่างการใช้งาน

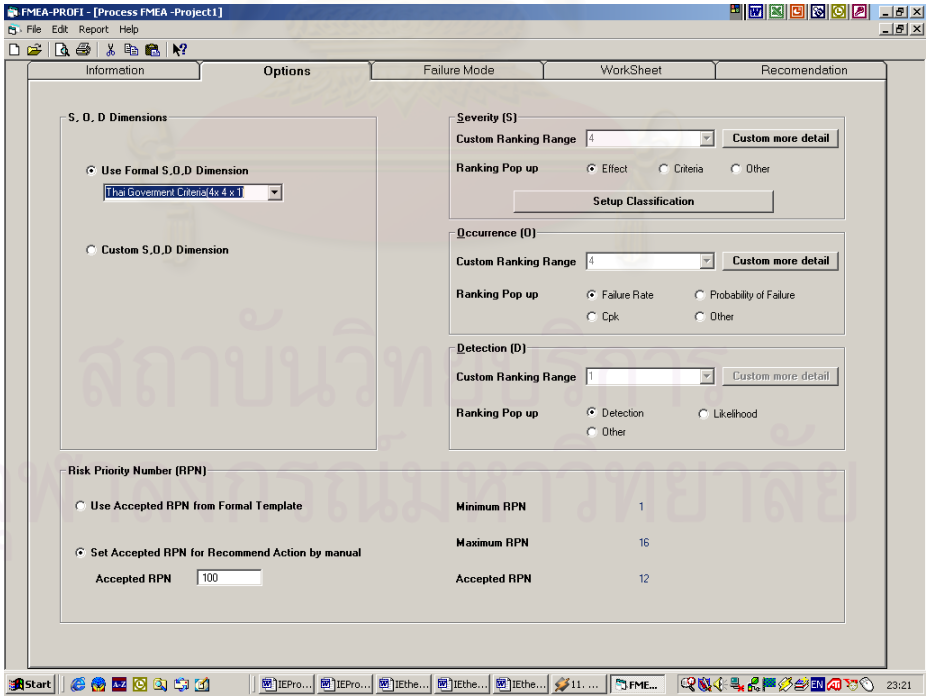
เพื่อเป็นการช่วยให้เข้าใจการใช้งานของโปรแกรม FMEA ProFI ได้ดีขึ้นนอกจากรายละเอียดในคู่มือในภาคผนวกที่ 2 แล้ว จึงจัดทำตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมโดยเป็นการวิเคราะห์ระบบระบายสารเคมีในโรงงาน



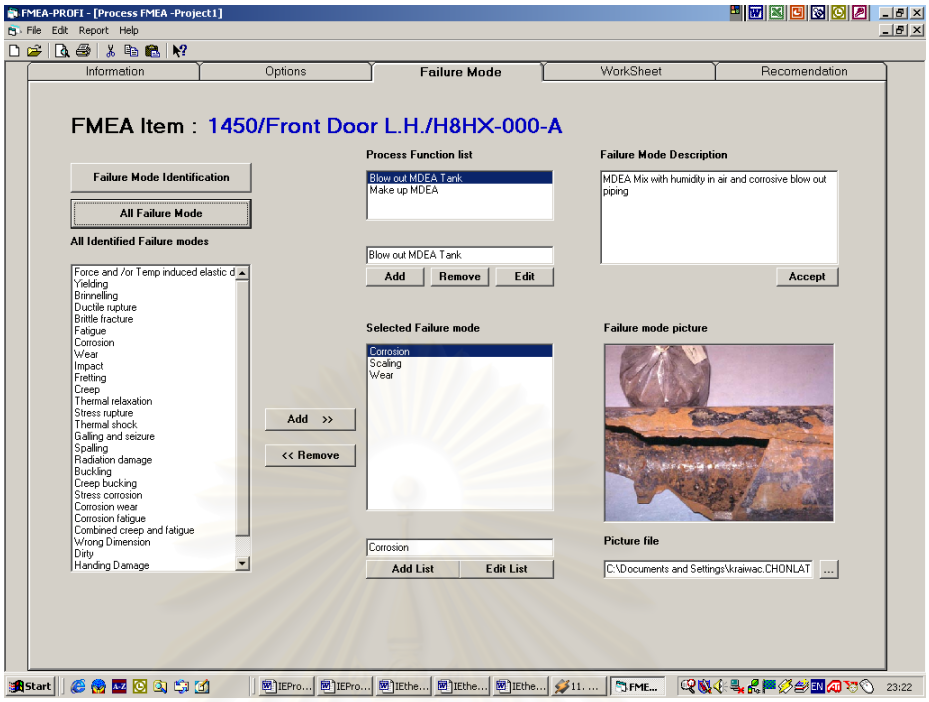
รูปที่ 4.37 ตัวอย่างการใช้งานและการกรอกข้อมูลในส่วน Information



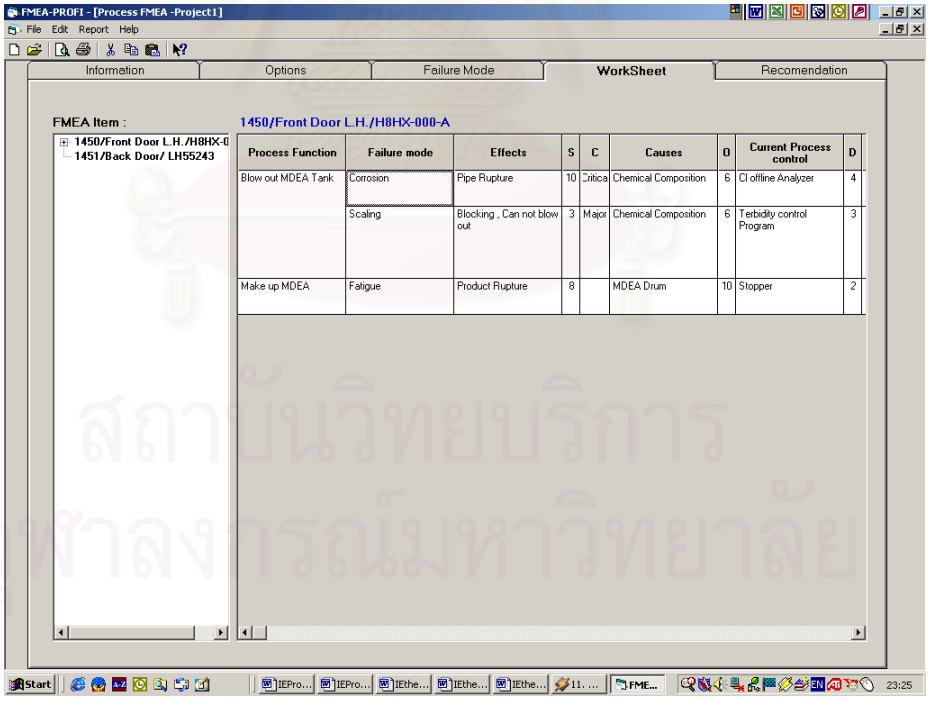
รูปที่ 4.38 ตัวอย่างการเลือกใช้แบบฟอร์ม Ford/Chrysler/GM ในส่วน Options



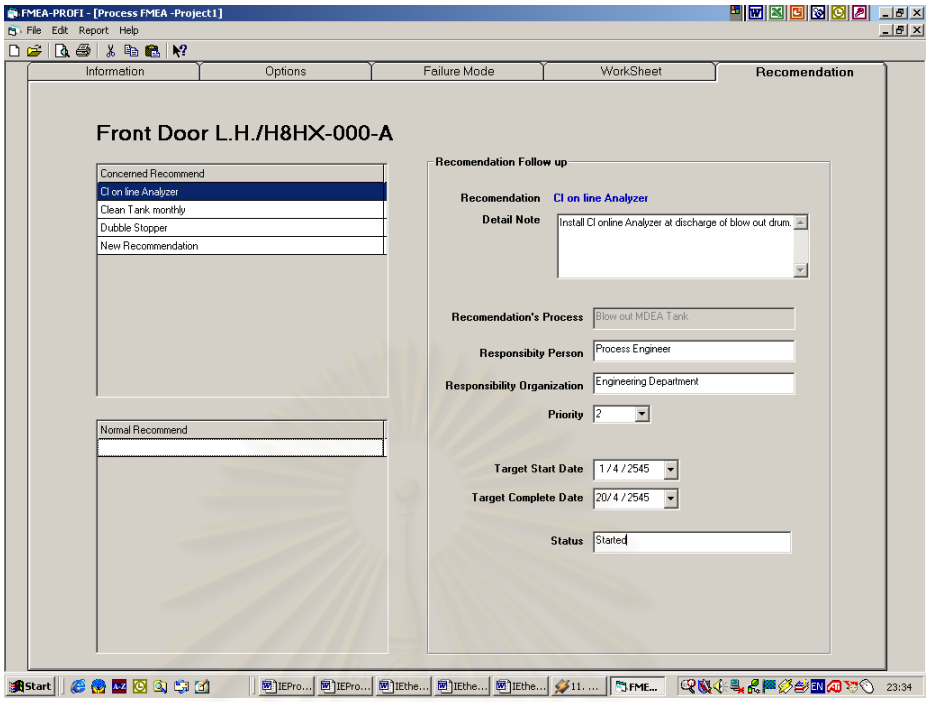
รูปที่ 4.39 ตัวอย่างการเลือกใช้แบบฟอร์มกรมโรงงานในส่วน Options



รูปที่ 4.40 ตัวอย่างการใช้งานการระบุข้อบกพร่องและการจัดเก็บรายละเอียดและรูปภาพ



รูปที่ 4.41 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ Process FMEA ในส่วนของ Worksheet



รูปที่ 4.42 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมในแบ่งแยกข้อปฏิบัติเสนอแนะ และการติดตามผลในส่วนของ Recommendation

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การทดสอบโปรแกรม

5.1 วิธีการทดสอบ

เนื่องจากโปรแกรม FMEA ProFI เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้มีวัตถุประสงค์ในการช่วยบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องในการจัดทำ Process FMEA ได้อย่างสะดวก ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นการประเมินผลด้านคุณภาพ ทางผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการส่งตัวอย่างโปรแกรมพร้อมคู่มือใช้งานและแบบสอบถามให้กับผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ FMEA ทำการทดสอบโปรแกรม โดยทำการสุ่มจากรายชื่อผู้ประกอบการที่ได้รับมาตรฐาน QS-9000 ที่ประกอบธุรกิจชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทโลหะมา 5 บริษัท โดยแบบสอบถามนั้นเป็นการสอบถามเชิงเปรียบเทียบ โดยมีการให้คะแนนในแต่ละส่วนของโปรแกรมแบ่งเป็น 3 ขั้นคะแนน มีความหมายดังต่อไปนี้

- 1 คะแนน = น้อย
- 3 คะแนน = ปานกลาง
- 5 คะแนน = มาก

สำหรับรายละเอียดของแบบสอบถามในแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

5.1.1 **ส่วนข้อมูลทั่วไป** (Information Tab)

ประกอบด้วย 3 ข้อมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นเกี่ยวกับความสะดวกในการป้อนข้อมูล, ความถูกต้องของข้อมูลในป้อนและเรียกดูข้อมูล และความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้

5.1.2 **ส่วนการตั้งค่า** (Options Tab)

ประกอบด้วย 3 ข้อมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นเกี่ยวกับความถูกต้องของรูปแบบค่า Severity, Occurrence และ Detection ที่มีโปรแกรมตั้งค่าไว้ให้, ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า Severity, Occurrence และ Detection ที่ผู้ใช้โปรแกรมสามารถตั้งค่าได้เองและความสะดวกในการตั้งค่าต่างๆในการทำ Process FMEA Worksheet

5.1.3 **ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของ**Failure mode

ประกอบด้วย 5 ข้อมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นเกี่ยวกับ ความถูกต้องการบ่งชี้ Failure mode, ความสะดวกในการป้อนข้อมูล, ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode, การบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง เช่นรายละเอียด, รูปภาพ และความครบถ้วนของ Failure mode ที่มีให้เลือก

5.1.4 **ส่วนการวิเคราะห์** FMEA (Work Sheet)

ประกอบด้วย 3 ข้อมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นเกี่ยวกับ ความสะดวกในการป้อนข้อมูล, ความถูกต้องของการจัดเก็บและเรียกดูข้อมูลที่เคยวิเคราะห์ และ ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA

5.1.5 **ส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ** (Recommendation)

ประกอบด้วย 3 ข้อมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นเกี่ยวกับ ความสะดวกในการแบ่งข้อเสนอแนะด้วยค่า RPN, ความสะดวกในการป้อนข้อมูล และประสิทธิภาพในการติดตามผล

5.1.6 **ทั่วไป**

ประกอบด้วย 4 ข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ในส่วนนี้จะเน้นในเรื่องทั่วไปเกี่ยวกับฟังก์ชั่นสนับสนุนต่างๆในโปรแกรมเช่น ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล, ความเข้าใจในการทำ FMEA, ความสะดวกในการใช้คู่มือต่างๆผ่าน Help และความคิดเห็นในแง่มุมอื่นๆ

ในแบบสอบถามนี้จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทำ FMEA ที่บริษัทเหล่านั้นใช้ในการทำ FMEA กับสภาพที่นำโปรแกรม FMEA ProFI มาใช้งาน โดยตัวอย่างแบบสอบถามนั้นได้แสดงดังตัวอย่างไว้ในตาราง5.1

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม : วัดความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ของ นาย ชลธา ไกรวัตนุสสรณ์

รายละเอียด	**วิธีที่ใช้ในปัจจุบัน โปรดระบุ.....**		**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)	1=น้อย 3=ปานกลาง 5 = มาก		1=น้อย 3=ปานกลาง 5 = มาก
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความถูกต้องของข้อมูลในป้อนและเรียกดูข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
ส่วนการตั้งค่า(Options Tab)			
- ความถูกต้องของ SOD Dimension ที่มีให้	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของFailure mode			
- ความถูกต้องการบ่งชี้ Failure mode	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- การบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง เช่นรายละเอียด, รูป	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความครบถ้วนของ Failure mode ที่มีให้เลือก	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)			
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความถูกต้องการจัดเก็บและเรียกดู	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
ส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ (Recommendation)			
- ความสะดวกในการแบ่งข้อเสนอแนะด้วยค่า RPN	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ประสิทธิภาพในการติดตามผล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
ทั่วไป			
- ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความเข้าใจในการทำ FMEA	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- ความสะดวกในการใช้คู่มือต่างๆผ่าน Help	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5
- อื่นๆ.....	1 2 3 4 5		1 2 3 4 5

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามโปรแกรม FMEA ProFI

5.2 ผลการทดสอบ

5.2.1 ระบบงานที่ผู้ทดสอบใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

จากการตอบแบบสอบถามพบว่า มีผู้ทดสอบโปรแกรม 2 รายจากจำนวนทั้งหมด 5 ราย ใช้แบบฟอร์มเอกสารในการวิเคราะห์ Process FMEA และผู้ทดสอบอีก 3 รายที่นำแบบฟอร์มมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปเช่น Microsoft Word และ Microsoft Excel เพื่อใช้ช่วยในการสร้างตารางและจัดพิมพ์เท่านั้น แต่ในรูปแบบการวิเคราะห์ก็ยังนิยมที่จะใช้การบันทึกลงในเอกสาร แล้วนำไปจัดพิมพ์ในภายหลัง

5.2.2 ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information)

รายละเอียด	**วิธีการทำงานในปัจจุบัน**					**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	5	3	3	2	3	5	5	4	4	4
ความถูกต้องของข้อมูลในป้อนและเรียกดูข้อมูล	4	3	3	3	2	5	4	4	4	4
ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	4	4	5	3	3	5	4	5	4	4
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	13	10	11	8	8	15	13	13	12	12
คะแนนรวม	50					65				
คะแนนเต็ม	75					75				
สัดส่วนความพึงพอใจ	67%					87%				

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)

5.2.3 **ส่วนการตั้งค่า** (Options Tab)

รายละเอียด	**วิธีการทำงานในปัจจุบัน**					**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความถูกต้องของ SOD Dimension ที่มีให้ในโปรแกรม	3	5	5	2	3	5	5	5	5	4
ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	3	4	5	1	3	5	4	5	5	4
ความสะดวกในการตั้งค่า	2	4	3	2	3	5	5	5	4	5
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	8	13	13	5	9	15	14	15	14	13
คะแนนรวม	48					71				
คะแนนเต็ม	75					75				
สัดส่วนความพึงพอใจ	64%					95%				

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนการตั้งค่า (Options Tab)

5.2.4 **ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของ**Failure mode

รายละเอียด	**วิธีการทำงานในปัจจุบัน**					**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความถูกต้องการบ่งชี้ Failure mode	4	4	3	2	3	5	4	3	4	4
ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	5	4	3	2	3	5	4	4	4	4
ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode	4	3	4	3	2	5	4	5	5	5
การบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง เช่นรายละเอียด, รูป	3	2	1	2	3	5	4	4	5	4
ความครบถ้วนของ Failure mode ที่มีให้เลือก	5	3	4	3	3	4	4	4	4	4
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	21	16	15	12	14	24	20	20	22	21
คะแนนรวม	78					107				
คะแนนเต็ม	125					125				
สัดส่วนความพึงพอใจ	62%					86%				

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของFailure mode

5.2.5 **ส่วนการวิเคราะห์** FMEA (Work Sheet)

รายละเอียด	**วิธีการทำงานในปัจจุบัน**					**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4
ความถูกต้องการจัดเก็บและเรียกดู	4	3	3	3	4	4	4	4	5	4
ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	3	3	2	3	3	5	4	5	4	4
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	11	9	9	8	11	13	12	13	13	12
คะแนนรวม	48					63				
คะแนนเต็ม	75					75				
สัดส่วนความพึงพอใจ	64%					84%				

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet

5.2.6 **ส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ** (Recommendation)

รายละเอียด	**วิธีการทำงานในปัจจุบัน**					**สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI**				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความสะดวกในการแบ่งข้อเสนอแนะด้วยค่า RPN	4	3	3	2	3	4	5	4	5	4
ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	3	3	3	2	3	4	5	4	5	4
ประสิทธิภาพในการติดตามผล	3	3	3	2	3	4	5	4	5	4
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	10	9	9	6	9	12	15	12	15	12
คะแนนรวม	43					66				
คะแนนเต็ม	75					75				
สัดส่วนความพึงพอใจ	57%					88%				

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ (Recommendation)

5.2.7 ส่วนทั่วไป

รายละเอียด	วิธีการทำงานในปัจจุบัน					สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI				
ผู้ทดสอบท่านที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล	4	3	3	2	4	4	4	3	4	4
ความเข้าใจในการทำ FMEA	3	3	4	3	4	4	4	4	4	5
ความสะดวกในการใช้คู่มือต่าง ๆผ่าน Help	3	1	1	3	3	4	5	4	4	5
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	10	7	8	8	11	12	13	11	12	14
คะแนนรวม	44					62				
คะแนนเต็ม	75					75				
สัดส่วนความพึงพอใจ	59%					83%				

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการตอบแบบสอบถามในส่วนทั่วไป

5.2.8 ผลการเปรียบเทียบในแต่ละส่วนของโปรแกรม

รายละเอียด	วิธีการทำงานในปัจจุบัน					สภาพเมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI				
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information)	13	10	11	8	8	15	13	13	12	12
ส่วนการตั้งค่า (Options Tab)	8	13	13	5	9	15	14	15	14	13
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของ Failure mode	21	16	15	12	14	24	20	20	22	21
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)	11	9	9	8	11	13	12	13	13	12
ส่วนปฏิบัติการเสนอแนะ (Recommendation)	10	9	9	6	9	12	15	12	15	12
ส่วนทั่วไป	10	7	8	8	11	12	13	11	12	14
คะแนนรวมของผู้ทดสอบ	73	64	65	47	62	91	87	84	88	84
คะแนนรวมทั้งหมด	311					434				
คะแนนเต็ม	500					500				
สัดส่วนความพึงพอใจรวม	62%					87%				

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการเปรียบเทียบในแต่ละส่วนของโปรแกรม

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบในแต่ละส่วนของโปรแกรมจะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมการทดสอบโปรแกรมแต่ละท่านประเมินว่าการนำโปรแกรม FMEA ProFI มาใช้งานในการช่วยในการวิเคราะห์ Process FMEA ดีกว่าวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากคะแนนรวมของการนำโปรแกรมมาใช้สูงกว่าวิธีที่ใช้อยู่ในทุกๆส่วนและเมื่อพิจารณาจากค่าสัดส่วนความพึงพอใจรวมซึ่งได้จากการคำนวณจาก

ค่าสัดส่วนความพึงพอใจรวม = คะแนนรวมทั้งหมด ÷ ด้วยคะแนนเต็ม

พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกพึงพอใจในระดับปานกลาง (62%) กับวิธีการทำ FMEA ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและพึงพอใจในระดับสูง (87%) เมื่อใช้โปรแกรม FMEA ProFI

นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นเป็นประโยชน์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมในหลายด้านดังนี้

- ควรมีการเพิ่มเลขที่การปรับปรุงแก้ไข (Revision Number)
- การเพิ่ม Process Function เสร็จแล้วควรลบตัวหนังสือออกจาก Text box เพื่อความสะดวกในการเพิ่มข้อมูลครั้งต่อไป
- ควรมีการใช้สัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพที่สื่อถึงเครื่องมือต่างๆในโปรแกรมมากกว่านี้
- ควรมีการเพิ่มภาษาไทยในส่วนช่วยเหลือ (Help)
- ควรมีการเปลี่ยนรูปแบบของ Pointer เมื่อเลื่อนเข้าใน Popup menu
- ควรมีการเก็บข้อมูลที่เคย Key ไปแล้วและสามารถเลือกกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ค่า Severity และค่าที่ทำการ Ranking ไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

จากการออกแบบและการจัดสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ FMEA ProFI โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ในการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows นั้นเริ่มจากการจัดสร้างรูปแบบของฐานข้อมูลทั้งหมดที่ใช้การทำ Process FMEA และกำหนดความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูล สร้างคำสั่งต่างเพื่อความสะดวกในการทำ Process FMEA เช่น ระบบช่วยในการบ่งชี้ข้อบกพร่อง (Failure mode Identification) โดยมีข้อมูลพื้นฐานเป็นข้อบกพร่องทั่วไปที่เกิดขึ้นกับขบวนการผลิตของชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำมาจากโลหะ, ส่วนจัดเก็บและบริหารข้อมูลทั่วไป, ส่วนการตั้งค่าภาวะความรุนแรง (Severity), โอกาสการเกิด (Occurrence), การตรวจพบ (Detection) และค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้นำที่ยอมรับได้ (Accepted RPN), ส่วนจัดเก็บข้อมูลและรูปภาพของข้อบกพร่อง, ส่วนข้อปฏิบัติเสนอแนะและการติดตามผล , ส่วนการจัดพิมพ์รายงานและสุดท้ายส่วนช่วยเหลือในการใช้งานโปรแกรม จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ได้โปรแกรมสำหรับช่วยในการบ่งชี้ข้อบกพร่องและช่วยในการทำ Process FMEA ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- ช่วยระบุข้อบกพร่องและรายละเอียดของข้อบกพร่อง
- มีระบบการบริหารฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลการทำ Process FMEA
- ระบบการแสดงผลแบบ Worksheet ทำให้ช่วยเพิ่มความสะดวกในการวิเคราะห์
- มีระบบการแบ่งแยกข้อปฏิบัติเสนอแนะเพิ่มช่วยในการลำดับความสำคัญของงานและการติดตามผลความคืบหน้า

ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการพัฒนาโปรแกรมนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือจะเป็นปัญหาในด้านการเขียนโปรแกรมเนื่องจากเครื่องมือต่างๆในโปรแกรม Visual basic มีหลายชนิดและแต่ละชนิดมีรายละเอียดมากมายโดยมีข้อจำกัดและความแตกต่างในแต่ละเครื่องมือ ทำให้การทดลองศึกษาและเลือกใช้ให้เหมาะสมนั้นเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลา และการแก้ปัญหาข้อบกพร่องของโปรแกรม (Bug) เป็นไปด้วยความยากลำบากและซับซ้อน อีกปัญหาที่พบคือจำนวนของผู้ร่วมทดสอบโปรแกรมที่มีข้อจำกัดทั้งจำนวนที่มีอยู่ทั้งหมดเพียง 31 บริษัทและความร่วมมือที่ได้รับการตอบรับเข้าร่วมการทดสอบ อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมแผ่น CD และการจัดส่งเป็นอีกหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้ต้องจำกัดจำนวนของผู้ร่วมทดสอบเพียง 5 บริษัท

จากการประเมินผลการใช้โปรแกรม FMEA ProFI โดยวิธีการส่งตัวอย่างโปรแกรมให้ผู้ใช้งานในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ได้ทดลองใช้งานและตอบแบบสอบถามโดยที่ผู้ทดสอบ ถึง

แม้ว่าจะมีผู้ร่วมทดสอบเพียง 5 บริษัทก็ตาม แต่ผลการทดสอบก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด ทำให้สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบได้ว่า โปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริงในการช่วยในการระบุลักษณะข้อบกพร่องในการจัดทำ Process FMEA ได้อย่างสะดวก ถูกต้อง และยังเพิ่มช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับมีดังต่อไปนี้

1. เพิ่มขอบเขตในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกรณีที่มีการนำขบวนการผลิตใหม่ๆมาใช้โดยที่ยังไม่มีการข้อมูลของข้อบกพร่องมาก่อนของขบวนการแบบเดียวกันมาก่อน และในกรณีที่จะทำการเปลี่ยนแปลงขบวนการผลิต เช่นมีการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นในขบวนการผลิตอาจเกิดความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อบกพร่องที่เกี่ยวกับการกัดกร่อนเป็นต้น จะทำให้การทำงานในการลดข้อบกพร่องเชิงป้องกันมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน

2. เพิ่มความสะดวกรวดเร็วและลดความผิดพลาด (Human Error) ในการทำ Process FMEA ในส่วนของการ Ranking ค่าภาวะความรุนแรง (Severity), โอกาสการเกิด (Occurrence), การตรวจพบ (Detection) และยังช่วยในการคำนวณค่า RPN

3. เพิ่มศักยภาพของการสนับสนุนการตัดสินใจในการลำดับความสำคัญของข้อปฏิบัติเสนอแนะ โดยมีการแบ่งแยกกลุ่มของข้อปฏิบัติเสนอแนะด้วยค่า RPN และยังเพิ่มความสะดวกในการติดตามผลการปฏิบัติการ

4. ลดการจัดเก็บและการค้นหาเอกสารด้วยระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้การระบบการทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

5. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบ User Interface ที่สามารถเห็นภาพรวมของวิเคราะห์โดยผ่านการทำงานแบบ Worksheet

6. เป็นการลดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับการซื้อโปรแกรมจากต่างประเทศ เนื่องจากโปรแกรมที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันมีราคาสูง อาจเป็นการช่วยธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง (SME)

จากแนวความคิดในการออกแบบและจัดสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยที่ใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมนี้ ได้นำไปสู่แนวคิดการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องมืออื่นๆที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไปในปัจจุบัน เช่นการทำ Risk Assessment, HAZOP Study รวมถึงการเชื่อมต่อของเครื่องมือแต่ละชนิด เพื่อลดข้อผิดพลาดในการทำงาน

และเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งส่งผลถึงประสิทธิภาพและความสามารถทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมที่จะเพิ่มขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้แม้ว่าจะบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่ได้วางไว้ก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยก็ทำให้พบประเด็นที่น่าสนใจเหมาะที่จะนำไปทำการศึกษา, พัฒนาและวิจัยในขั้นต่อไป จึงมีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การเพิ่มความสามารถของโปรแกรมเพื่อช่วยระบุลักษณะข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ เช่น อิเลคโทรนิค, กระจก, พลาสติก จะช่วยเพิ่มความสะดวกและได้มีการประยุกต์ใช้โปรแกรมอย่างแพร่หลาย

- การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำ FMEA ชนิดอื่นๆ ได้เช่น System FMEA, Design FMEA และ Service FMEA เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของโปรแกรมให้สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง

- การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้กับการทำ FMEA ในด้านความปลอดภัย เนื่องทางกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดให้เทคนิค FMEA เป็นหนึ่งในเครื่องมือในการวิเคราะห์และจัดทำ Risk Assessment จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อรองรับความต้องการในอุตสาหกรรม

- การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถเชื่อมโยงกับเครื่องมือทางคุณภาพชนิดอื่นเพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องมืออื่นในการร่วมวิเคราะห์เช่น แผนภูมิก้างปลา และ แผนภูมิพาเลโต เป็นต้น

- การวิเคราะห์เปรียบเทียบ FMEA กับเครื่องมือชนิดอื่นที่ลักษณะคล้ายคลึงกันเพื่อออกแบบโปรแกรมที่ใช้ได้หลายวัตถุประสงค์ เช่น HAZOP Study

- ควรใช้เป็นต้นแบบการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นการประยุกต์ความรู้จากภาคการศึกษาไปสู่ภาคอุตสาหกรรมซึ่งตรงตามนโยบายของมหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. Visual Basic 6 ฉบับ ฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 4: กรุงเทพฯ,2544.

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. การวิเคราะห์ และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุมคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

โรงงานอุตสาหกรรม,กรม. หลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม,2543

ศิวะ พงศ์พิพัฒน์. การวิเคราะห์ความเสียหายในงานโลหะ . พิมพ์ครั้งที่ 1: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2537.

สิรางค์ กลั่นคำสอน. การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับระบบการจัดการคลังพัสดุ . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ภาษาอังกฤษ

D.H. Stamatis. Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution. Wisconsin: ASQC, 1995.

Harold V. Johnson. Manufacturing Processes. 2nd edition, United States of America: Bennett Publishing Company, 1984.

J.A. Collins. Failure of materials in Mechanical Design. United States of America: John Wiley & Sons, 1981.

Potential Failure mode and effect analysis (FMEA) Reference manual. Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motor Corporation. 2nd edition. (February 1995).

V.J. Colangelo and F.A. Heiser. Analysis of Metallurgical Failures. 2nd edition. Singapore: John Wiley & Sons, 1998.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

Reference Manual Process FMEA

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

IN

MANUFACTURING AND ASSEMBLY PROCESSES

(PROCESS FMEA)

REFERENCE MANUAL

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

INTRODUCTION

A Process potential FMEA is an analytical technique utilized by a Manufacturing Responsible Engineer/Team as a means to assure that, to the extent possible, potential failure modes and their associated causes/mechanisms have been considered and addressed. In its most rigorous form, an FMEA is a summary of the engineer's/team's thoughts (including an analysis of items that could go wrong based on experience and past concerns) as a process is developed. This systematic approach parallels and formalizes the mental discipline that an engineer normally goes through in any manufacturing planning process.

The Process potential FMEA:

- Identifies potential product related process failure modes.
- Assesses the potential customer effects of the failures.
- Identifies the potential manufacturing or assembly process causes and identifies process variables on which to focus controls for occurrence reduction or detection of the failure conditions.
- Develops a ranked list of potential failure modes, thus establishing a priority system for corrective action considerations.
- Documents the results of the manufacturing or assembly process.

Customer Defined

The definition of "CUSTOMER" for a Process potential FMEA should normally be seen as the "END USER." However, customer can also be a subsequent or downstream manufacturing or assembly operation, as well as a service operation.

When fully implemented, the FMEA discipline requires a Process FMEA for all new parts/ processes, changed parts/processes, and carryover parts/processes in new applications or environments. It is initiated by an engineer from the responsible process engineering department.

Team Effort

During the initial Process potential FMEA process the responsible engineer is expected to directly and actively involve representatives from all affected areas. These areas should include, but are not limited to, design, assembly, manufacturing, materials, quality, service and suppliers, as well as the area responsible for the next assembly. The FMEA should be a catalyst to stimulate the interchange of ideas between the functions effected and thus promote a team approach.

The Process FMEA is a living document and should be initiated before or at the feasibility stage, prior to tooling for production, and take into account all manufacturing operations, from individual components to assemblies. Early review and analysis of new or revised processes is promoted to anticipate, resolve or monitor potential process concerns during the manufacturing planning stages of a new model or component program.

The Process FMEA assumes the product as designed will meet the design intent. Potential failures which can occur because of a design weakness need not, but may be included in a Process FMEA. Their effect and avoidance is covered by the Design FMEA.

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number 1450 (1)

Item Front Door Liner 1811X 000 A (2)
Process Responsibility Body Engrg/Assembly Operations (3)
Prepared By J. Engr, 313/1, Anytown (4)
Model Year(s)/Vehicle(s) 1995 Taurus/Sable/Wagon (5)
Key Date 9X 03 01 FR 9X 08 26 (Job #) (6)
FMEA Date (Orig.) 93 05 17 (Rev.) 94 11 24 (7)
Core Team A. Tate Body Engrg, J. Smith QC, R. James Production, J. Jones-Maintenance (8)

(9) Process Function / Requirements	(10) Potential Failure Mode	(11) (12)* Potential Effect(s) of Failure	S e v	C l a s s	(13)* Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	O c c u r	(15)* (17)* Current Process Controls	D e t e c	R P N	(18)* Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date (20)	Action Results (22) Actions Taken (21)	S e v	O c c	D e t	R P N
Manual application of wax inside door	Insufficient wax coverage over specified surface	Deterioration life of door resulting in • Unsatisfactory appearance due to rust through paint over time • Impaired function of interior door hardware	7		Manually inserting spray head not inserted far enough	8	Visual check each repair vehicle for film thickness (depth check) and coverage	5	280	Add passive depth stop to sprayer	MFG Engrg 9X 10 15	Stop added to sprayer checked on line	7	2	5	70
										Automate spraying	Mfg Engrg 9X 12 15	Rejected due to complexity of different doors on same line				
To cover inner door, hinge surfaces of maximum wax thickness to retard corrosion					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs. temperature vs. pressure	Mfg Engrg 9X 10 01	Temp and pressure which were determined and SPC controls have been obtained - control charts show process is in control Cpk=1.55	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	5	70	None						
					Spray time inadequate	8	Operator instructions and spc sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 9X 09 15	Automatic spray timer installed - operator shifts spray timer controls input on control charts show process is in control Cpk=2.01	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

PROCESS FMEA

INTRODUCTION (Continued)

The Process FMEA does not rely on product design changes to overcome weaknesses in the process, but does take into consideration a product's design characteristics relative to the planned manufacturing or assembly process to assure that, to the extent possible, the resultant product meets customer needs and expectations.

The FMEA discipline will also assist in developing new machines or equipment. The methodology is the same, however, the machine or equipment being designed is considered the product. When potential failure modes are identified, corrective action can be initiated to eliminate them or continuously reduce their potential for occurrence.

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA

A Process FMEA should begin with a flow chart/risk assessment (see Appendix C) of the general process. This flow chart should identify the product/process characteristics associated with each operation. Identification of some product effects from the corresponding Design FMEA, should be included, if available. Copies of the flow chart/risk assessment used in FMEA preparation should accompany the FMEA.

In order to facilitate documentation of the analysis of potential failures and their consequences a Process FMEA form was developed and is in Appendix G.

Application of the form is described below, points are numbered according to the numbers encircled on the form shown on the facing page. An example of a completed form is contained in Appendix D.

1) **FMEA Number** — Enter the FMEA document number, which my be used for tracking.

2) **Item** — Enter the name and number of the system, subsystem or component, for which the process is being analyzed.

3) **Process Responsibility** — Enter the OEM, department and group. Also include the supplier name if known.

4) **Prepared By** — Enter the name, telephone number and company of the engineer responsible for preparing the FMEA.

5) **Model Year(s)/ Vehicle(s)** — Enter the intended model year(s) and vehicle line(s) that will utilize and/or be affected by the design/process being analyzed (if known).

6) **Key Date** — Enter the initial FMEA due date, which should not exceed the scheduled start of production date.

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number 1450 (1)

Page 1 of 1

(2) Item: Front Door Liner/Mask 200 A

(3) Process Responsibility: Body Engrg/Assembly Operations

(4) Prepared By: J. Doe (4567), Assy. Ops.

(5) Model Year(s)/Vehicle(s): 19XX Lion Sedan/Coupe

(6) Key Date: 9X 03 01 (Orig) 9X 04 29 (Rev)

(7) FMEA Date (Orig): 9X 05 17 (Rev): 9X 11 24

(8) Core Team: A. Tate Body Engrg; J. Smith QC; R. James Production; J. Jones Maintenance

(9) Process Function / Requirements	(10) Potential Failure Mode	(11) Potential Effect(s) of Failure	(12) Sev	Class	(13) Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	(14) Occ	(15) Current Process Controls	(16) Det	(17) RPN	(18) Recommended Action(s)	(19) Responsibility & Target Completion Date	(20) Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	RPN
Manual application of wax inside door To cover entire door, lower surfaces at minimum wax thickness to retard corrosion	Insufficient wax coverage over specified surface	Deteriorated life of door including • Unsatisfactory appearance due to rust through paint over time • Impaired function of interior door hardware	7		Manually inserted spray head not inserted far enough	8	Visual check each hour / shift for film thickness (depth meter) and coverage	5	280	Add positive depth stop to sprayer	Mfg Engrg 9X 10 15	Stop added; sprayer checked on line	7	2	5	70
										Automate sprayer	Mfg Engrg 9X 12 15	Rejected due to complexity of different doors on same line				
					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs temperature vs pressure	Mfg Engrg 9X 10 01	Temp and press units were determined and time periods have been established - control charts show processes in control Cpk = 1.65	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain heads	2	28	None						
					Spray time insufficient	8	Operator instructions and tip sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 9X 09 15	Automatic spray timer installed - operator starts spray, timer controls shut off; control charts show process is in control Cpk = 2.05	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

7) **FMEA Date**

Enter the date the original FMEA was compiled, and the latest revision date.

8) **Core Team**

List the names of the responsible individuals and departments which have the authority to identify and/or perform tasks. (It is recommended that all team members names, departments, telephone numbers, addresses, etc., be included on a distribution list.)

9) **Process Function/ Requirements**

Enter a simple description of the process or operation being analyzed (e.g., turning, drilling, tapping, welding, assembling). Indicate as concisely as possible the purpose of the process or operation being analyzed. Where the process involves numerous operations (e.g. assembling) with different potential modes of failure, it may be desirable to list the operations as separate processes.

10) **Potential Failure Mode**

Potential Failure Mode is defined as the manner in which the process could potentially fail to meet the process requirements and/or design intent. It is a description of the non-conformance at that specific operation. It can be a cause associated with a potential failure mode in a subsequent (downstream) operation or an effect associated with a potential failure in a previous (upstream) operation. However, in preparation of the FMEA, the assumption should be made that the incoming part(s)/material(s) are correct.

List each potential failure mode for the particular operation in terms of a component, subsystem, system or process characteristic. The assumption is made that the failure could occur, but may not necessarily occur. The process engineer/ team should be able to pose and answer the following questions:

- "How can the process/part fail to meet specifications?"
- "Regardless of engineering specifications, what would a customer (end user, subsequent operations, or service) consider objectionable?"

A comparison of similar processes and a review of customer (end user and subsequent operation) claims relating to similar components is a recommended starting point. In addition a knowledge of the purpose of the design is necessary. Typical failure modes could be, but are not limited to:

Bent	Cracked	Grounded
Binding	Deformed	Open Circuited
Burred	Dirty	Short Circuited
Handling Damage	Improper Set-up	Tool Worn

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number 1410 (1)

Page 1 of 1

Item Front Door Left Hand (2)

Process Responsibility Body Shop (Assembly Operations) (3)

Prepared By J. Ford 84121 (4)

Model Years(s)/Vehicle(s) 1994 LX (5)

Key Date 94 03 21 (6)

FMEA Date (Orig.) 94 03 17 (Rev.) 94 11 09 (7)

Core Team A. Tate Body Engrg., J. Smith-QC, R. James Production, J. Jones-Maintenance (8)

Process Function / Requirements (9)	Potential Failure Mode (10)	Potential Effect(s) of Failure (11)	S e v (12)	C l a s s	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure (13)	O c c u r (14)	Current Process Controls (15)	D e t e c (16)	R P N (17)	Recommended Action(s) (18)	Responsibility & Target Completion Date (19)	Action Results: Actions Taken (20)	S e v (21)	O c c (21)	D e t (21)	R P N (22)
Manual application of wax to visible door To cover inner door, lower surfaces at maximum wax thickness to retard corrosion	Insufficient wax coverage over specified surface	Deteriorated life of door leading to: - Unsatisfactory appearance due to rust through paint over time - Impaired function of interior door hardware	7		Manually inserted spray head not inserted far enough	8	Visual check each hour (shift) for film thickness (depth meter) and coverage	5	280	Add passive debris sills to sprayer	MFG Engrg 94 10 15	Sills added to sprayer and checked for line	7	2	5	70
										Automate spraying	Mfg Engrg 94 12 15	Rejected due to complexity of different doors on same line				
					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs temperature vs. pressure	Mfg Engrg 94 10 01	Temp and press. limits were determined and line operators have been instructed - control charts show process is in control Oper 1 05	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	2	28	None						
					Spray time insufficient	8	Operator instructions and lot sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 94 09 15	Automatic spray timer installed - operator starts spray, timer controls shut-off control charts show process is in control Oper 2 05	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

11) Potential Effect(s) of Failure

Potential Effects of Failure are defined as the effects of the failure mode on the customer(s). The customer(s) in this context could be the next operation, subsequent operations or locations, the dealer, and/or the vehicle owner. Each must be considered when assessing the potential effect of a failure.

Describe the effects of the failure in terms of what the customer(s) might notice or experience. For the End User, the effects should always be stated in terms of product or system performance, such as:

Noise	Rough
Erratic Operation	Excessive Effort Required
Inoperative	Unpleasant Odor
Unstable	Operation Impaired
Drafi	Intermittent Operation
Poor Appearance	Vehicle Control Impaired

If the customer is the next operation or subsequent operation(s)/ location(s) the effects should be stated in terms of process/ operation performance, such as:

Can not fasten	Does not fit
Can not bore/tap	Does not connect
Can not mount	Does not match
Can not face	Damages equipment
Endangers operator	

12) Severity (S)

Severity is an assessment of the seriousness of the effect (listed in the previous column) of the potential failure mode to the customer. Severity applies to the effect only. If the customer affected by a failure mode is the assembly plant or the product user, assessing the severity may lie outside the immediate process engineer's/team's field of experience or knowledge. In these cases, the design FMEA, design engineer, and/or subsequent manufacturing or assembly plant process engineer should be consulted. Severity should be estimated on a "1" to "10" scale.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number ____ (1)

Page 1 of 1

Item Entry Door LH (J1EW-000-A) (2)

Process Responsibility Body Engrg./Assembly Operations (3)

Prepared By J. Ford (555) Body Dept. (4)

Model Year(s)/Vehicle(s) 1998 Ford Windsor (5)

Key Date 94 02 01 FR 94 04 29 (mo d) (6)

FMEA Date (Orig.) 94 05 17 (Rev.) 94 11 06 (7)

Core Team A. Tate (Body Engrg.), J. Smith (QC), R. Jones (Production), J. Jones (Maintenance) (8)

Process Function / Requirements (9)	Potential Failure Mode (10)	Potential Effects of Failure (11)	S e v (12)	C l a s s	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure (13)	O c c u r (14)	Current Process Controls (15)	D e t e c t (16)	R P N (17)	Recommended Action(s) (18)	Responsibility & Target Completion Date (19)	Actions Taken (20)	Action Results (21) S e v	O c c u r	D e t e c t	R P N (22)
Manual application of wax to new door To cover inner door spar surfaces at minimum wax thickness to avoid corrosion	Insufficient wax coverage over specified surface	Deterioration of door hinging to: • unsatisfactory appearance due to rust through skin over time • impaired function of motor door hardware	7		Manually wand-on spray head not inserted far enough	1	Visual check each hour - (paper metal) and coverage	5	280	Add passive paper stop to sprayer	MFG Engrg. 94 10 15	Stop added to sprayer checked for fit	7	2	5	70
										Automate spraying	Mfg Engrg 94 12 15	Robotic cell designed to spray all doors				
					Spray heads plugged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	3	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance programs clean heads	3	105	Use Designed Experiments (DOE) on viscosity vs temperature vs pressure	Mfg Engrg 94 10 01	Tests and press were made determined and time controls have been installed system shows process in control Cpk = 1.55	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	2	28	None						
					Spray line insulation	8	Operator instructions and on sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install sticky mat	Maintenance 94 09 15	Automatic spray when installed operator starts spray when confirms that all spray heads (High pressure) is on correct Cpk = 2.4	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

12) Severity (S) (Continued)

Suggested Evaluation Criteria:
(The team should agree on an evaluation criteria and ranking system, which is consistent, even if modified for individual process analysis.)

Effect	Criteria: Severity of Effect	Ranking
Hazardous-without warning	May endanger machine or assembly operator. Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation. Failure will occur without warning.	10
Hazardous-with warning	May endanger machine or assembly operator. Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation. Failure will occur with warning.	9
Very High	Major disruption to production line. 100% of product may have to be scrapped. Vehicle/item inoperable, loss of primary function. Customer very dissatisfied.	8
High	Minor disruption to production line. Product may have to be sorted and a portion (less than 100%) scrapped. Vehicle operable, but at a reduced level of performance. Customer dissatisfied.	7
Moderate	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be scrapped (no sorting). Vehicle/item operable, but some Comfort/Convenience item(s) inoperable. Customers experiences discomfort.	6
Low	Minor disruption to production line. 100% of product may have to be reworked. Vehicle/item operable, but some Comfort/Convenience item(s) operable at reduced level of performance. Customer experiences some dissatisfaction.	5
Very Low	Minor disruption to production line. The product may have to be sorted and a portion (less than 100%) reworked. Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by most customers.	4
Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but out-of-station. Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by average customers.	3
Very Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but in-station. Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by discriminating customers.	2
None	No effect.	1

13) Classification

This column may be used to classify any special process characteristics (e.g., critical, key, major, significant) for components, subsystems, or systems that may require additional process controls. If a classification is identified in the Process FMEA, notify the design responsible engineer since this may affect the engineering documents concerning control item identification.

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number ____ (1)

Page ____ of ____

(2) Item: Front Door LH/RH 98-000 A

(3) Process Responsibility: Body Frame Assembly Operations

(4) Prepared By: J. Engr, 48525, Any Corp

(5) Model Year(s)/Vehicle(s): 1998/Lab 300/Wagon

(6) Key Date: 98 03 01 FR 98 06 30 (original)

(7) FMEA Date (Orig.): 98 03 17 (Rev.): 98 11 24

(8) Core Team: A. Tate Body Engrg, J. Smith QC, W. Jones Production, J. Jones Maintenance

(9) Process Function / Requirements	(10) Potential Failure Mode	(11) Potential Effect(s) of Failure	(12)* S e v	C l a s s	(13)* Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	O c c u r	(15)* (17)* Current Process Controls	D e t e c	R P N	(18)* Recommended Action(s) (19)	Responsibility & Target Completion Date (20)	Action Results (22) Actions Taken (21)	S e v	O c c	D e t	R P N
Manual application of wax inside door To cover weld slag, sharp surfaces at minimum wax thickness to resist corrosion	Insufficient wax coverage over specified surface	Decolorized file of door leading to: • Unsatisfactory appearance due to rust through gaps and holes • Impaired function of vehicle door hardware	7		Manually inserted spray head not inserted far enough	8	Visual check each hour/shift for film thickness (depth meter) and coverage	5	280	Add automatic depth stop to spray rod Automate spraying	MFG Engrg 98 10 15 Mfg Engrg 98 12 12	Stop added (shown on revised print) Required due to discovery of concern during PFMEA review	7	2	5	70
					Spray nozzle clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	3	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs temperature vs pressure	Mfg Engrg 98 10 01	Temp and pressure interlocks added to paint booth for all zone controls. Interlocks shut down booth if out of control limits. Operator also checks viscosity (Ops #40)	7	1	4	28
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance program to maintain heads	2	28	None						
					Spray time insufficient	8	Operator instructions and fat sampling (10 doors/shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 98 06 15	Automatic spray timer installed. Operator starts spray, timer controls shut off. Control charts show process in control (Ops #45)	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

14) Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure

Potential Cause of Failure is defined as how the failure could occur, described in terms of something that can be corrected or can be controlled.

List, to the extent possible, every conceivable failure cause assignable to each potential failure mode. If a cause is exclusive to the failure mode, i.e., if correcting the cause has a direct impact on the failure mode, then this portion of the FMEA thought process is completed. Many causes however are not mutually exclusive, and to correct or control the cause, a design of experiments, for example, may be considered to determine which root causes are the major contributors and which can be most easily controlled. The causes should be described so that remedial efforts can be aimed at those causes which are pertinent. Typical failure causes may include, but are not limited to:

Improper torque - over, under
Improper weld - current, time, pressure
Inaccurate gauging
Improper heat treat - time, temperature
Inadequate gating/venting
Inadequate or no lubrication
Part missing or mislocated

Only specific errors or malfunctions (e.g., operator fails to install seal) should be listed; ambiguous phrases (e.g., operator error, machine malfunction) should not be used.

15) Occurrence (O)

Occurrence is how frequently the specific failure cause/ mechanism is projected to occur (listed in the previous column). The occurrence ranking number has a meaning rather than a value.

Estimate the likelihood of the occurrence on a "1" to "10" scale. Only occurrences resulting in the failure mode should be considered for this ranking; failure detecting measures are not considered here.

The following occurence ranking system should be used to ensure consistency. The "Possible Failure Rates" are based on the number of failures which are anticipated during the process execution.

If available from a similar process, statistical data should be used to determine the occurrence ranking. In all other cases, a subjective assessment can be made by utilizing the word descriptions in the left column of the table, along with any historical data available for similar processes. For a detailed description of capability/performance analysis, refer to publications such as the ASQC/AIAG Fundamental SPC Reference Manual.

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

FMEA Number 1450 (1)

Page 1 of 1

Item Front Door Liner/Insert X 000 A (2)

Process Responsibility Body Front/Assembly Operations (3)

Prepared By J. Doe, 7622, Ford Co. (4)

Model Year(s)/Vehicle(s) 1995/Lion Wagon (5)

Key Date 95 03 01 FR (6)

FMEA Date (Orig.) 94 05 17 (Rev.) 94 11 24 (7)

Core Team A. Tate-Body Engg. / Smith-QC, R. Jones-Production / Jones-Maintenance (8)

Process Function / Requirements (9)	Potential Failure Mode (10)	Potential Effect(s) of Failure (11)	S e v (12)*	C l a s s	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure (13)*	O c c u r (14)	Current Process Controls (15)*	D e t e c (16)	R P N (17)*	Recommended Action(s) (18)*	Responsibility & Target Completion Date (19)	Action Taken (20)	Actual Results (21) S e v	Actual Results (21) O c c u r	Actual Results (21) D e t e c	Actual Results (21) R P N (22)
Manual application of wax inside door To cover inner door lower surfaces at minimum wax thickness to retard corrosion	Insufficient wax coverage over specified surface	Deterioration life of door leading to: • Unsatisfactory appearance due to rust through paint over time • Impaired function of inside door hardware	7		Manually inserted spray head not inserted far enough	6	Visual check each hour/shift for film thickness (depth meter) and coverage	5	280	Add passive depth stop to sprayer	MFG Engrg 94 10 15	Stop added to sprayer checked on line	7	2	5	70
										Automate spraying	Mfg Engrg 94 12 15	Rejected due to complexity of different doors on same line				
					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs. temperature vs. pressure	Mfg Engrg 94 10 01	Temp and press limits were determined and time cycles have been installed control charts show process is in control Cpk = 1.5	7	1	4	28
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	2	28	None						
					Spray time insufficient	8	Operator instructions and lot sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 94 09 15	Automatic spray timer installed operator alerts spray, lot controls in all control charts show process is in control Cpk = 2.0	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

15) Occurrence (O) (Continued)

Suggested Evaluation Criteria:

(The team should agree on an evaluation criteria and ranking system, which is consistent, even if modified for individual process analysis.)

Probability of Failure	Possible Failure Rates	Cpk	Ranking
Very High: Failure is almost inevitable	≥ 1 in 2	<0.33	10
	1 in 3	≥0.33	9
High: Generally associated with processes similar to previous processes that have often failed	1 in 8	≥0.51	8
	1 in 20	≥0.67	7
Moderate: Generally associated with processes similar to previous processes which have experienced occasional failures, but not in major proportions	1 in 80	≥0.83	6
	1 in 400	≥ 1.00	5
	1 in 2,000	≥1.17	4
Low: Isolated failures associated with similar processes	1 in 15,000	≥ 1.33	3
Very Low: Only isolated failures associated with almost identical processes	1 in 150,000	≥ 1.50	2
Remote: Failure is unlikely. No failures ever associated with almost indentical processes	≤ 1 in 1,500,000	≥1.67	1

16) Current Process Controls

Current Process Controls are descriptions of the controls that either prevent to the extent possible the failure mode from occurring or detect the failure mode should it occur. These controls can be process controls such as fixture error-proofing or Statistical Process Control (SPC), or can be post-process evaluation. The evaluation may occur at the subject operation or at subsequent operations. There are three types of Process Controls/features to consider; those that:

(1) prevent the cause/mechanism or failure mode/effect from occurring, or reduce their rate of occurrence,
(2) detect the cause /mechanism and lead to corrective actions, and
(3) detect the failure mode.

The preferred approach is to first use type (1) controls if possible; second, use the type (2) controls; and third, use the type (3) controls. The initial occurrence rankings will be affected by the

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number 1410 (1)

Page 1 of 1

(2) Body Door Inner Skin A (5)

Process Responsibility Body Engrg /Assembly Operations (3)

Prepared By J. Ford (4)

Model Year(s)/Vehicle(s) 1997 Ford Windstar (6)

Key Date 9X 01 01 FR 9X 04 25 (7)

FMEA Date (Orig) 9X 03 17 (Rev) 9X 11 12

Core Team A. Tate Body Engrg J. Smith QC R. James Production J. Jones Maintenance (8)

(9) Process Function Requirements	(10) Potential Failure Mode	(11) Potential Critical Failure	(12) Sev	Class	(13) Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	(14) Occur	(15) Current Process Controls	(16) Det	(17) RPN	(18) Recommended Action(s)	(19) Responsibility & Target Completion Date	(20) Action Results	(21) Sev	Occur	Det	(22) RPN
Manual application of wax inside door Followed after other, more surfaces of Motorcraft wax thickness to retard corrosion	Insufficient wax coverage over specific surface	Overall paint life of door lacking to - Unsatisfactorily appearance due to rust through paint (prior to warranty) - Unplanned function of interior door hardware	7		Manually directed spray head not inserted far enough	5	Visual check each hour - shiny (or film thickness (depth meter) and coverage	5	280	Add passive drain plug to sprayer	MFG Engrg 9X 10 15					
										Automate spraying	Mfg Engrg 9X 12 15					
					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start-up and after idle periods, and preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs temperature vs pressure	Mfg Engrg 9X 10 01					
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	2	28	None						
					Spray time insufficient	8	Operator instructions and lot sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	280	Install spray timer	Maintenance 9X 03 19					

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

16) Current Process Controls (continued)

type (1) controls provided they are integrated as part of the design intent. The initial detection rankings will be based on the type (2) or type (3) current controls, provided the process being used is representative of process intent.

17) Detection (D)

Detection is an assessment of the probability that the proposed type (2) current process controls, listed in column 16, will detect a potential cause/mechanism (process weakness), or the probability that the proposed type (3) process controls will detect the subsequent failure mode, before the part or component leaves the manufacturing operation or assembly location. A "1" to "10" scale is used. Assume the failure has occurred and then assess the capabilities of all "Current Process Controls" to prevent shipment of the part having this failure mode or defect. Do not automatically presume that the detection ranking is low because the occurrence is low (e.g., when Control Charts are used), but do assess the ability of the process controls to detect low frequency failure modes or prevent them from going further in the process.

Random quality checks are unlikely to detect the existence of an isolated defect and should not influence the detection ranking. Sampling done on a statistical basis is a valid detection control.

Suggested Evaluation Criteria:

(The team should agree on an evaluation criteria and ranking system which is consistent, even if modified for individual process analysis.)

Detection	Criteria: Likelihood the Existence of a Defect will be Detected by Process Controls Before Next or Subsequent Process, or Before Part or Component Leaves the Manufacturing or Assembly Location	Ranking
Almost Impossible	No known control(s) available to detect failure mode	10
Very Remote	Very remote likelihood current control(s) will detect failure mode	9
Remote	Remote likelihood current control(s) will detect failure mode	8
Very Low	Very low likelihood current control(s) will detect failure mode	7
Low	Low likelihood current control(s) will detect failure mode	6
Moderate	Moderate likelihood current control(s) will detect failure mode	5
Moderately High	Moderately high likelihood current control(s) will detect failure mode	4
High	High likelihood current control(s) will detect failure mode	3
Very High	Very high likelihood current control(s) will detect failure mode	2
Almost Certain	Current control(s) almost certain to detect the failure mode. Reliable detection controls are known with similar processes	1

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

18) Risk Priority Number (RPN)

The Risk Priority Number is the product of Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) rankings.

$$RPN = (S) \times (O) \times (D)$$

This value should be used to rank order the concerns in the process (e.g., in Pareto fashion). The RPN will be between "1" and "1,000". For higher RPN's the team must undertake efforts to reduce this calculated risk through corrective action(s). In general practice, regardless of the resultant RPN, special attention should be given when severity is high.

19) Recommended Action(s)

When the failure modes have been rank ordered by RPN, corrective action should be first directed at the highest ranked concerns and critical items. If for example, the causes are not fully understood, a recommended action might be determined by a statistical designed experiment (DOE). The intent of any recommended action is to reduce the severity, occurrence, and/or detection rankings. If no actions are recommended for a specific cause, then indicate this by entering a "NONE" in this column.

In all cases where the effect of an identified potential failure mode could be a hazard to manufacturing/assembly personnel, corrective actions should be taken to prevent the failure mode by eliminating or controlling the cause(s), or appropriate operator protection should be specified.

The need for taking specific, positive corrective actions with quantifiable benefits, recommending actions to other activities and following-up all recommendations cannot be overemphasized. A thoroughly thought out and well developed Process FMEA will be of limited value without positive and effective corrective actions. It is the responsibility of all affected activities to implement effective follow-up programs to address all recommendations.

Actions such as the following should be considered:

- To reduce the probability of occurrence, process and/or design revisions are required. An action-oriented study of the process using statistical methods could be implemented with an ongoing feedback of information to the appropriate operations for continuous improvement and defect prevention.
- Only a design and/or process revision can bring about a reduction in the severity ranking.
- To increase the probability of detection, process and/or design revisions are required. Generally, improving detection controls is costly and ineffective for quality improvements. Increasing quality controls inspection frequency is not positive corrective action and should only be utilized as a temporary measure, permanent corrective

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number ____ (1)

Item Engine Door, LH Body No. 000-A (2)

Process Responsibility Body Engineering/Assembly Operations (3)

Page 1 of 1

Prepared By E. Engr, 48653, Dept/Co. (4)

Model Year(s)/Vehicle(s) 1997 Lion Minivan (5)

Key Date 96 03 01 FB 95 09 26 (orig) (6)

FMEA Date (Orig.) 96 03 11 (Rev.) 97 11 26 (7)

Core Team A. Tate-Body Engrg / Smith-QC / R. James-Production / J. Jones-Maintenance (8)

Process Function (9) Requirements	Potential Failure Mode (10)	Potential Effect(s) of Failure (11)	Sev (12)	Class	Potential Cause(s) of Failure (13)	Occ (14)	Current Process Controls (15)	Det (16)	RPN (17)	Recommended Action(s) (18)	Responsibility & Target Completion Date (19)	Action Results (20) Actions Taken (21)	Sev	Occ	Det	RPN (22)
Manual application of wax to A-pillar door	Insufficient wax coverage due to clogged/defective spray head	Dissatisfied end of plant customer due to rust through paint under body • Impaired function of exterior door hardware	7		Manually inserted spray head not inserted far enough	8	Visual check each hour/shift for film thickness, pattern, density and coverage	5	280	Add positive depth stop to fixture	MFG Engrg 96 10 15	Stop added. Design Review to verify	7	2	5	70
										Automate spraying	MFG Engrg 96 12 15	Robotic arm to complete all doors on spray line				
To cover entire door, lower portion of exterior must be thickest to resist corrosion					Spray heads clogged - Viscosity too high - Temperature too low - Pressure too low	5	Test spray pattern at start up and after idle periods. And preventative maintenance program to clean heads	3	105	Use Design of Experiments (DOE) on viscosity vs. temperature vs. pressure	MFG Engrg 96 10 01	Temp. and pressure limits alpha identified and entered into control plan. Now Cpk>1.33	7	1	3	21
					Spray head deformed due to impact	2	Preventative maintenance programs to maintain head	2	28	None						
					Spray time insufficient	5	Operator instructions and 1st sampling (10 doors / shift) to check for coverage of critical areas	7	392	Install spray timer	Maintenance 96 05 15	Automatic spray timer installed. Operator instructions and control charts updated. Now process is in control Cpk=2.05	7	1	7	49

SAMPLE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS FMEA

DEVELOPMENT OF A PROCESS FMEA (Continued)

action is required. In some cases, a design change to a specific part may be required to assist in the detection. Changes to the current control system may be implemented to increase this probability. Emphasis must, however, be placed on preventing defects (i.e., reducing the occurrence) rather than detecting them. An example would be the use of Statistical Process Control and process improvement rather than random quality checks or associated inspection.

20) **Responsibility (for the Recommended Action)**

Enter the Organization and individual responsible for the recommended action, and the target completion date.

21) **Actions Taken**

After an action has been implemented, enter a brief description of the action and effective date.

22) **Resulting RPN**

After corrective actions have been identified, estimate and record the resulting occurrence, severity, and detection rankings. Calculate and record the resulting RPN. If no actions are taken, leave the "Resulting RPN" and related ranking columns blank.

All Resulting RPN(s) should be reviewed and if further action is considered necessary, repeat steps 19 through 22.

Follow-Up

The process responsible engineer is responsible for assuring that all actions recommended have been implemented or adequately addressed. The FMEA is a living document and should always reflect the latest design level, as well as the latest relevant actions, including those occurring after the start of production.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้โปรแกรม FMEA ProFI

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้ FMEA ProFI

Version 1.0 Demo Version

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FMEA PROFI คืออะไร 2

FMEA PROFI ทำอะไรได้บ้าง 2

การติดตั้ง FMEA PROFI 2

รู้จักหน้าจอโปรแกรม FMEA PROFI 2

MAIN WINDOWS 2

WORK SHEET 3

INFORMATION TAB 3

OPTION TAB 3

FAILURE MODE TAB 4

RECOMMEND TAB 4

การใช้ FMEA PROFI 5

การสร้าง PROJECT ใหม่ 5
การเปิด PROJECT 5
การปิด PROJECT 6
การออกจากโปรแกรม 6
การพิมพ์รายงาน 6
การเรียกใช้ HELP 6
การใส่และแก้ไขข้อมูล 6
การใส่ข้อมูลบริษัท 6
การเพิ่ม /ลบโปรเจค (PROJECT INFORMATION) 7
การเพิ่ม /ลดสมาชิก (CORE TEAM) 7
การกำหนดรูปแบบและตั้งค่าคงที่ (OPTIONS) 8
การตั้งค่าคงที่โดยวิธีการ CUSTOM SOD DIMENSION 8
การตั้งค่าคง RPN โดยวิธีการ CUSTOM 9
กำหนดข้อบกพร่อง (FAILURE MODE) 10
การใส่รายละเอียดของข้อบกพร่อง (FAILURE MODE IDENTIFICATION) 10
การเก็บรูปของข้อบกพร่อง (FAILURE MODE PICTURE) 10

การทำ FMEA (WORKSHEET) 11

การใส่/แก้ไขข้อมูลในตาราง FMEA WORKSHEET 11
การเพิ่ม / ลบข้อมูลในตาราง FMEA WORKSHEET 11
การ RANKING ค่า S,O,D 11
ข้อเสนอแนะ (RECOMMENDATION) 12

FMEA ProFI คืออะไร

FMEA ProFI เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต (Failure mode and Effect Analysis / Process) โดยเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยโปรแกรมทำงานในระบบปฏิบัติการ Windows โดยใช้ฐานข้อมูลในการช่วยให้การทำ Process FMEA มีความสะดวกรวดเร็วและถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อให้ใช้เครื่องมือ FMEA ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

FMEA ProFI ทำอะไรได้บ้าง

FMEA ProFI มีความสามารถในการบันทึกข้อมูลลงในระบบฐานข้อมูล และยังดึงข้อมูลบางส่วนมาใช้งาน

1. การช่วยบ่งชี้ข้อบกพร่อง ซึ่งเกิดขึ้นที่ตัวผลิตภัณฑ์ หรือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากขบวนการผลิตต่างๆ
2. ความสามารถจัดเก็บรายละเอียดในขั้นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบต่างๆไม่ว่าจะเป็นข้อมูลหรือรูปภาพไว้ในระบบฐานข้อมูลที่สะดวกแก่การจัดเก็บและสืบค้นเพื่อการนำไปใช้หรือแก้ไขต่อไป
3. การจัดพิมพ์รายงาน ที่สะดวกและรวดเร็ว

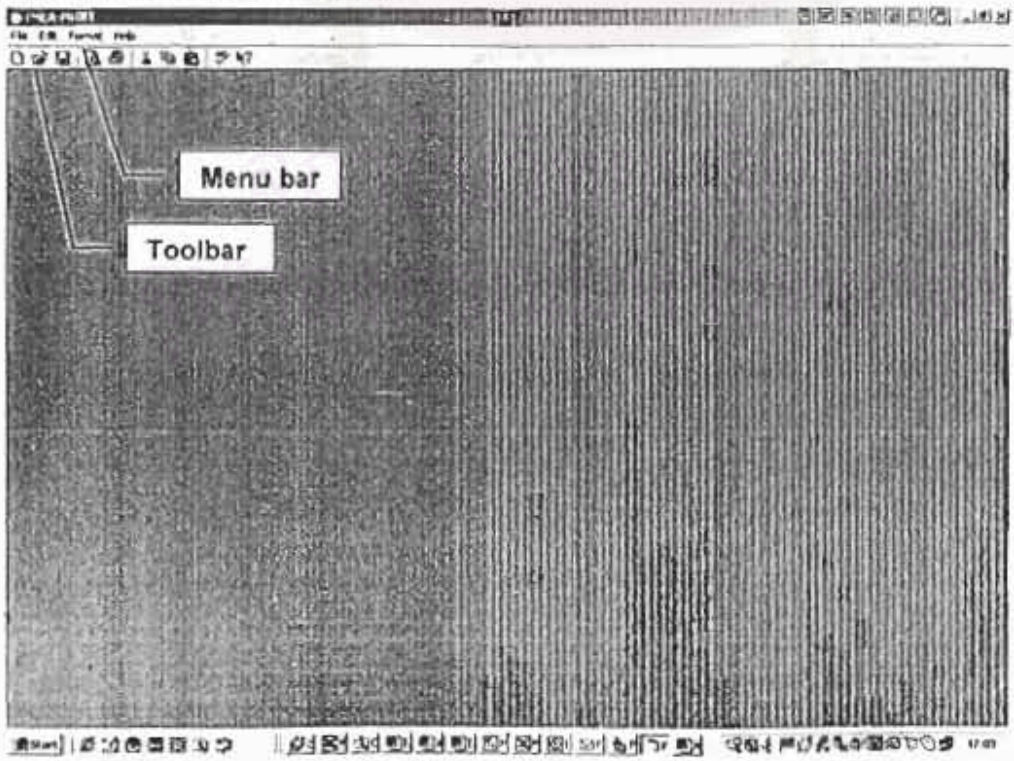
การติดตั้ง FMEA ProFI

1. Click File /setup.exe
2. Drive และ Directory ที่จะทำการ ติดตั้ง
3. Click OK
4. Double Click ที่ FMEAProFI.exe

รู้จักหน้าจอโปรแกรม FMEA ProFI

Main Windows

เป็นหน้าต่างแรกเมื่อเรียกใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งประกอบด้วย Menu bar Icon bar โดยมีสัญลักษณ์และการทำงานคล้ายกับโปรแกรม Microsoft office

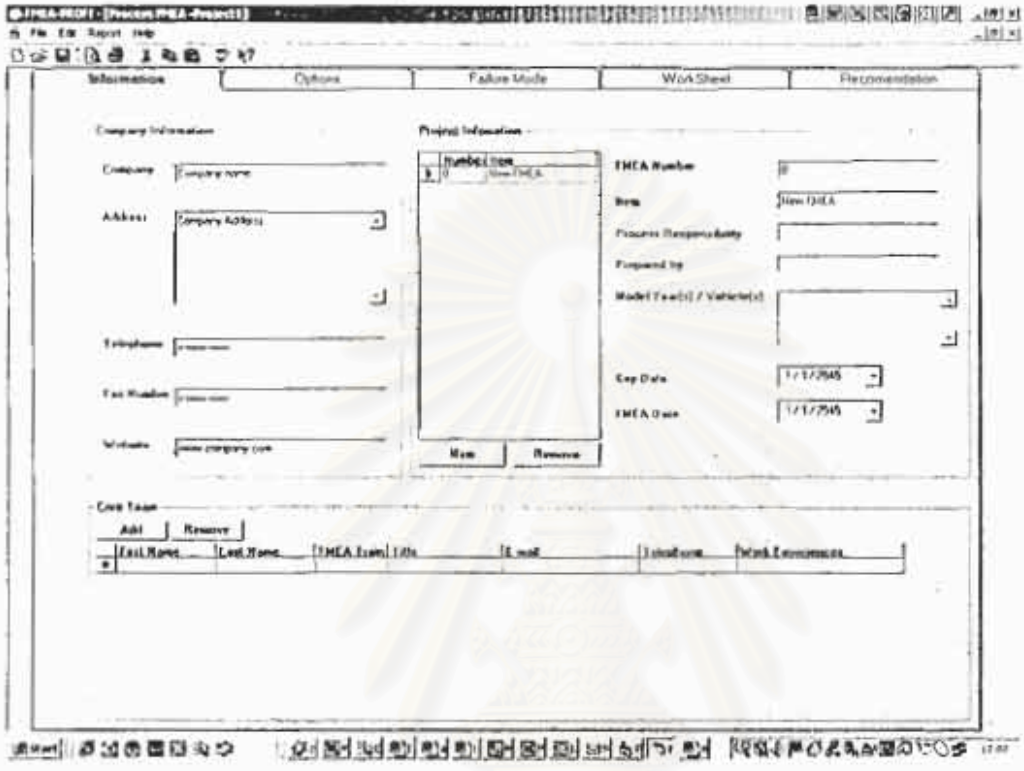


Work sheet

เมื่อทำการเปิด file ของการทำ FMEA จาก menu new หรือ open จะได้โปรแกรมจะเปิด Worksheet ขึ้นมาโดย จะอยู่ในรูปแบบของTab 4 Tab ได้แก่

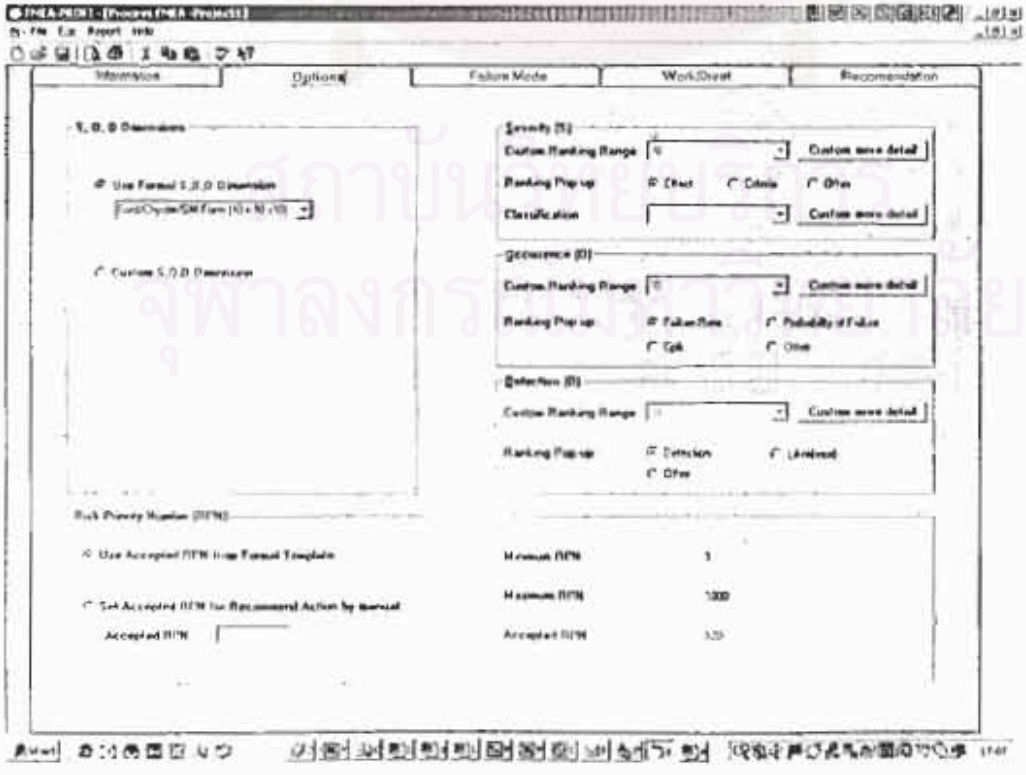
Information Tab

เป็นส่วนให้ทำการใส่ข้อมูลของบริษัท (Company Information) , โปรเจค (Project Information) และ สมาชิก (Core Team) ในการทำ FMEA ดังแสดงดังรูป



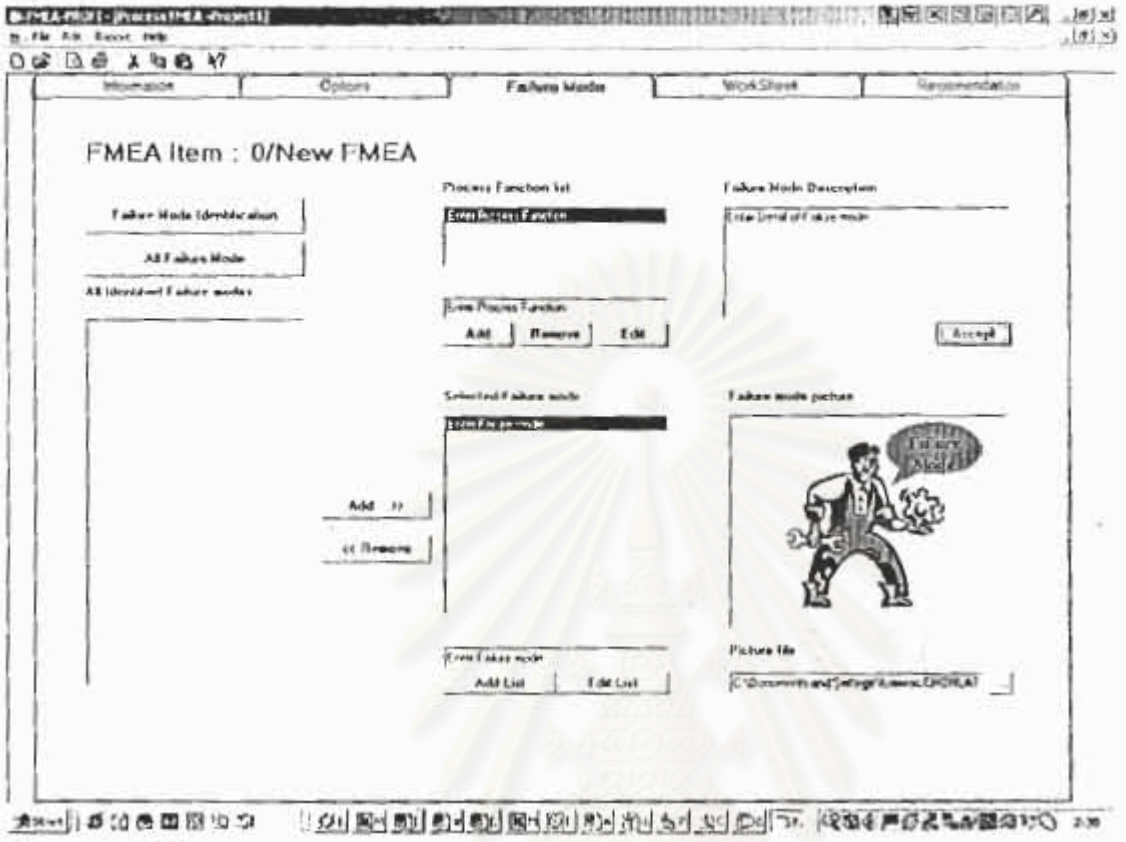
Option Tab

เป็นส่วนที่ให้ทำการตั้งค่าและระบุเงื่อนไขต่างๆในการทำ FMEA



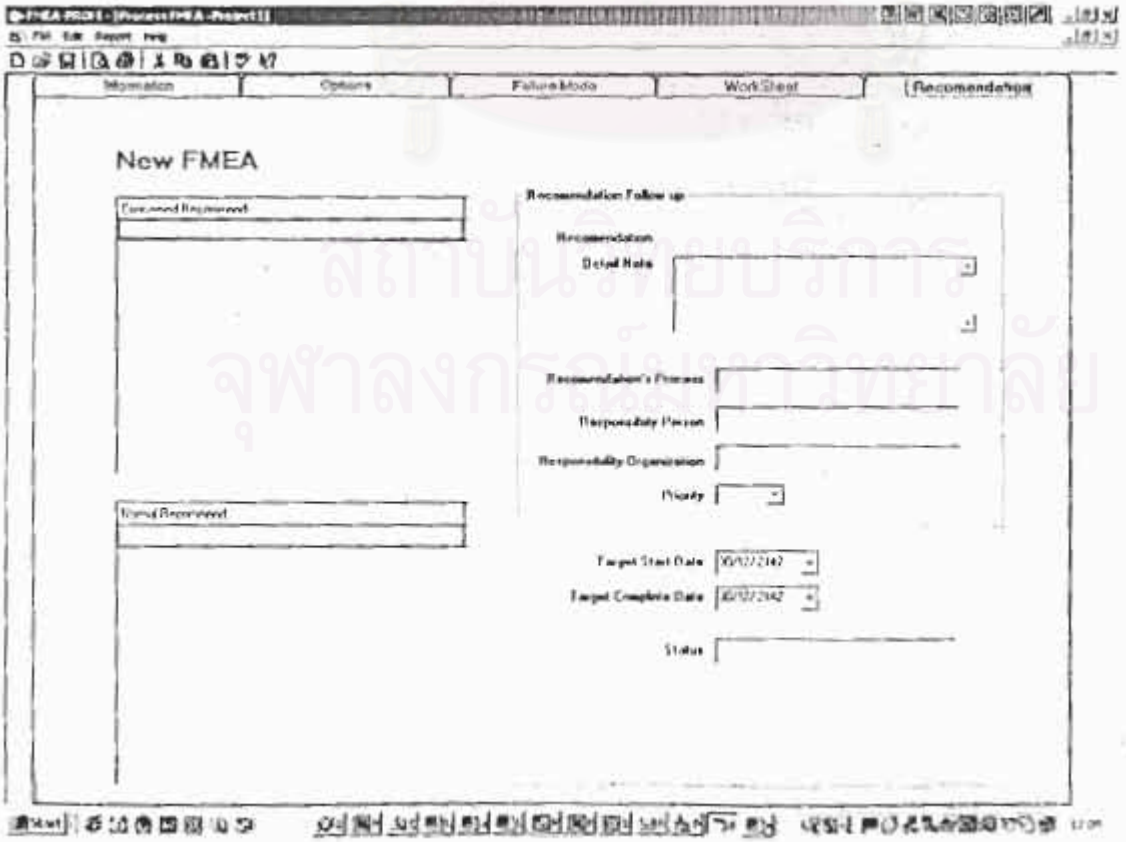
Failure mode Tab

เป็นส่วนที่ให้ทำการใส่ข้อมูล Process Function และกำหนด Failure mode โดยมีฐานข้อมูลที่ช่วยบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง



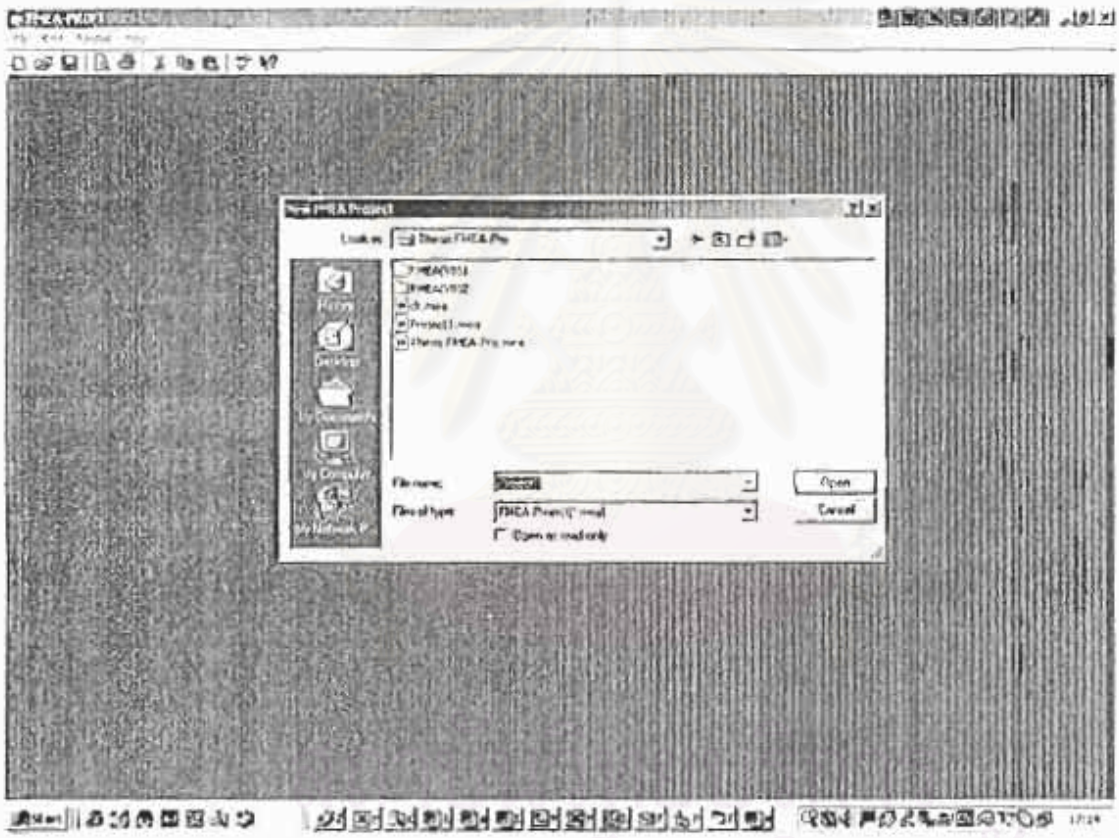
Recommend Tab

เป็นส่วนสรุปในส่วนของข้อเสนอแนะที่จะนำไปปฏิบัติ



การสร้าง Project ใหม่

1. ไปที่ Menu bar เลือก File > new หรือ กดปุ่ม ที่ Toolbar
2. โปรแกรมจะเปิด New FMEA Project
3. ผู้ใช้สามารถกำหนดชื่อของ File ที่ต้องการตั้งชื่อลงใน File name
4. โปรแกรม FMEA ProFI จะทำการสร้างFile ฐานข้อมูลขึ้นมาใหม่ Project1.mea โดยที่
5. Click Open



การเปิด Project

1. ไปที่ Menu bar เลือก File > new หรือ กดปุ่ม ที่ Toolbar
2. โปรแกรมจะเปิด Open
3. ผู้ใช้สามารถเลือก File ที่ต้องการเปิด
4. Click Open

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปิด Project

1. ไปที่ Menu bar เลือก File > Close
2. โปรแกรมจะเปิด file ที่กำลังเปิดอยู่

การออกจากโปรแกรม

ไปที่ Menu bar เลือก File > Exit

การพิมพ์รายงาน

ไปที่ Menu bar เลือก File > Print

การเรียกใช้ Help

ไปที่ Menu bar เลือก Help > Process FMEA Help โปรแกรมจะสั่งให้เปิด Window Explorer โดยรูปแบบของ helpจะอยู่ในรูปของ HTML

หมายเหตุ Help file จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมี Program Window Explorer ติดตั้งอยู่เท่านั้น

การใส่และแก้ไขข้อมูล

การป้อนข้อมูลสามารถ Click ที่ตำแหน่งข้อมูลที่ต้องการแล้วทำการป้อนข้อมูลหรือทำการแก้ไขได้ทันที การแก้ไขโดยวิธี Cut / Copy / Paste

สามารถทำได้ 3 วิธี โดย

1. ไปที่ Menu bar > Edit เลือก Cut / Copy / Paste
2. Click mouse ด้านขวา แล้วเลือก Cut / Copy / Paste ที่ Popup Menu
3. Click / / ที่ Menu Bar

การใส่ข้อมูลบริษัท

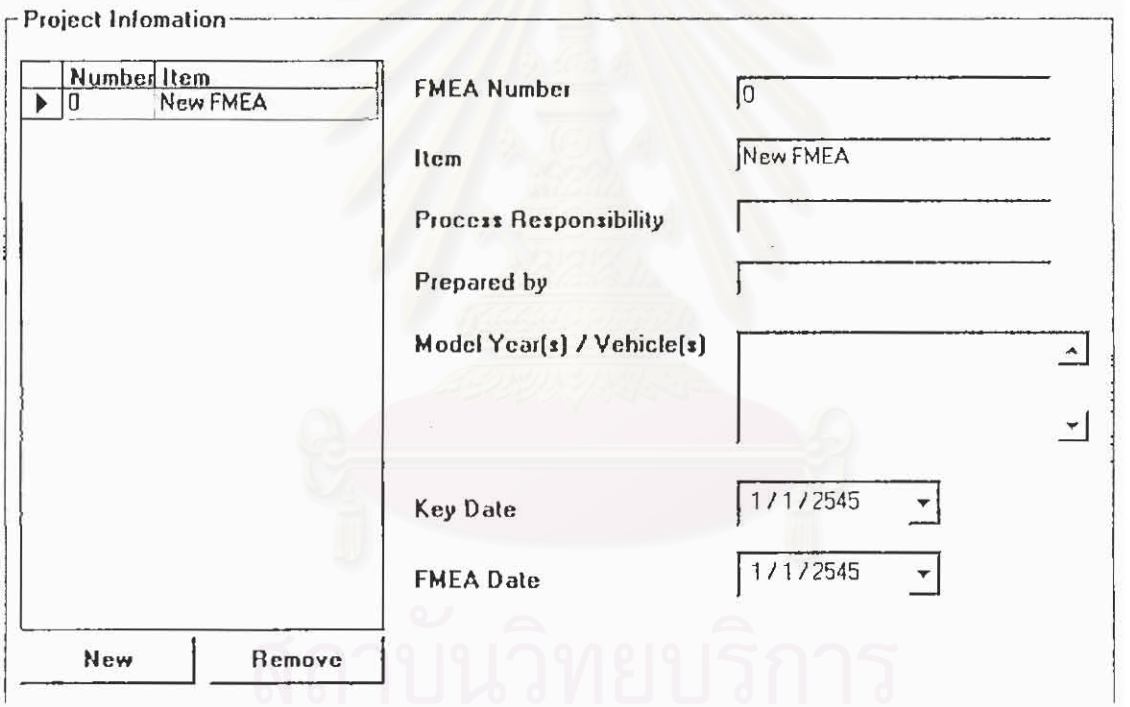
(Company Information)

1. Click เลือก Information Tab
2. Click ที่ตำแหน่งข้อมูลที่ต้องการ แล้วทำการป้อนข้อมูลของบริษัท

- O Company Name
- O Address
- O Telephone Number
- O Fax Number
- O Website

การเพิ่ม /ลบโปรเจค (Project Information)

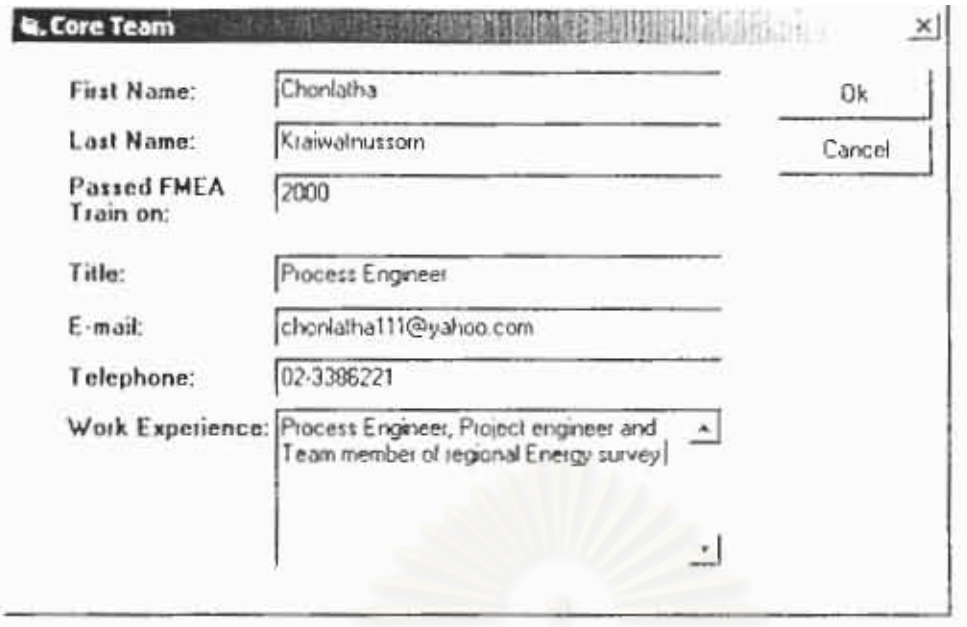
1. Click เลือก Information Tab
3. Click ที่ตำแหน่งข้อมูลที่ต้องการแล้วทำการป้อนข้อมูล
    a. FMEA Number
    b. Item
    c. Process Responsibility
    d. Prepared by
    e. Model Year / Vehicle (s)
    f. Key Date
    g. FMEA Date
2. หากต้องการทำเพิ่ม Project ใหม่ให้ Click > New
3. หากต้องการทำลบ Project ใหม่ให้ เลือกProject ที่ต้องการจะลบแล้ว Click > Remove



การเพิ่ม /ลดสมาชิก (Core Team)

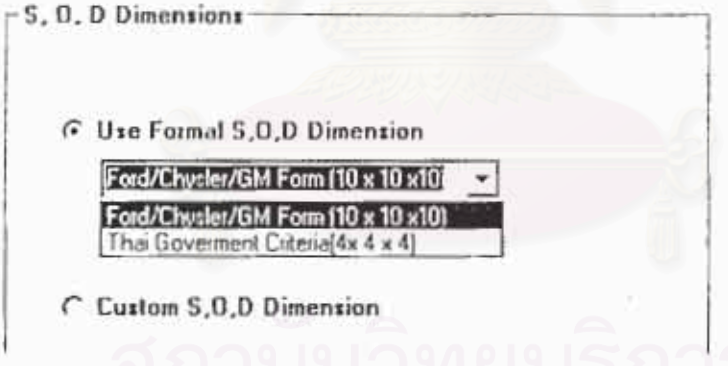
1. Click Add ที่ส่วนของ Core team
2. Program จะแสดงหน้าจอให้กรอกข้อความดังรูป
3. ให้ใส่ข้อมูลตามตัวอย่าง
4. โปรแกรมจะไม่อนุญาตให้ผู้ที่ไม่ได้รับการอบรมเข้า FMEA core team
5. Click OK.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การกำหนดรูปแบบและตั้งค่าคงที่ (Options)

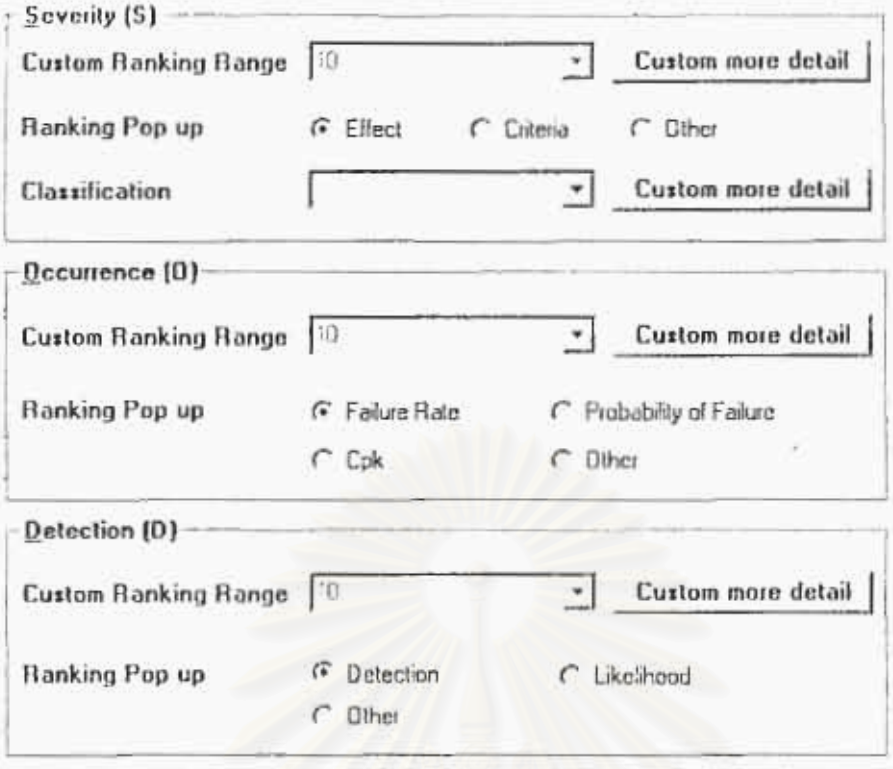
1. ในการทำ Process FMEA ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบที่มีใน Program อยู่แล้ว โดยการเลือกที่ SOD dimension ซึ่งมีให้เลือกสองชนิดคือ
   a. Ford / Chryslers /GM (10x10x10)
   b. Thai Government Criteria (4x4)
2. หรือผู้ใช้สามารถกำหนดเองโดยเลือกจาก Custom SOD dimension



การตั้งค่าคงที่โดยวิธีการ Custom SOD dimension

1. เลือกช่วงของค่า SOD ที่ Ranking Range 1-10
2. ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลที่จะทำช่วยการตัดสินใจในการ Ranking โดยเลือกจาก Ranking Popup
3. กำหนดรายละเอียดของแต่ละ Ranking ได้ โดยการกด Custom more detail

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตัวอย่างตารางการตั้งค่าจาก Custom more details

Edit Severity

Severity Ranking

	Ranking	Effect	Criteria	Other
▶	10	Hazardous without warning	May endanger machine or assembly operator. Very high severity ranking when a potential failure mode affect safe vehicle operation.	
	9	Hazardous with warning	May endanger machine or assembly operator. Very high severity ranking when a potential failure mode affect safe vehicle operation.	
	8	Very High	Major disruption to production line. 100% of product may have to be scrapped vehicle /item inoperable, loss of primary function. Customer	
	7	High	Minor disruption to production line. Product may have to be sorted and a portion (less than 100%) scrapped. Vehicle operable, but at a reduce	
	6	Moderate	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be scrapped (no sorting). Vehicle/item operable,	
	5	Low	Minor disruption to production line. 100% of the product may have to reworked. Vehicle/item operable, but some Comfort / Convenience	
	4	Very Low	Minor disruption to production line. The product may have to be sorted and a portion (less than 100%) reworked. Fit Finish/Squeak ,Rattle item	
	3	Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to reworked online but in station. Fit Finish/Squeak	
	2	Very Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to reworked online but in station. Fit Finish/Squeak	
	1	None	No effect.	User specify for Ranking

Close

การตั้งค่าคง RPN โดยวิธีการ Custom

1. ในการทำ Process FMEA ผู้ใช้สามารถใช้ค่า RPNที่มีใน Program อยู่แล้ว
2. หรือผู้ใช้สามารถกำหนดเองโดยใส่ค่าใน text box > Enter

กำหนดข้อบกพร่อง (Failure mode)

สามารถกระทำได้ 2 วิธี โดยดังนี้

1. เลือกจาก Failure mode ทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล Click > ปุ่ม All Failure mode
2. เลือกโดยการพิจารณา Failure mode ที่เกิดในตัวของผลิตภัณฑ์ Click > Failure modes Identification

โดยที่ Failure mode ที่ได้จากฐานข้อมูลผู้ใช้สามารถเลือกในส่วนที่มีความสำคัญมาทำ FMEA โดยสามารถระบุรายละเอียดและรูปภาพของลักษณะข้อบกพร่องเพิ่มเติมได้

การใส่รายละเอียดของข้อบกพร่อง (Failure mode Identification)

1. Click Failure mode ที่เลือกไว้ (ใน Selected Failure mode List)
2. ใส่รายละเอียดของข้อบกพร่องลงในช่องของ Failure mode Description
3. Click "Accept"

การเก็บรูปของข้อบกพร่อง (Failure mode picture)

1. Click Failure mode ที่เลือกไว้ (ใน Selected Failure mode List)
2. ใส่ชื่อ File ของรูปข้อบกพร่องลงในช่องของ Failure mode picture

การใส่/แก้ไขข้อมูลในตาราง FMEA Worksheet

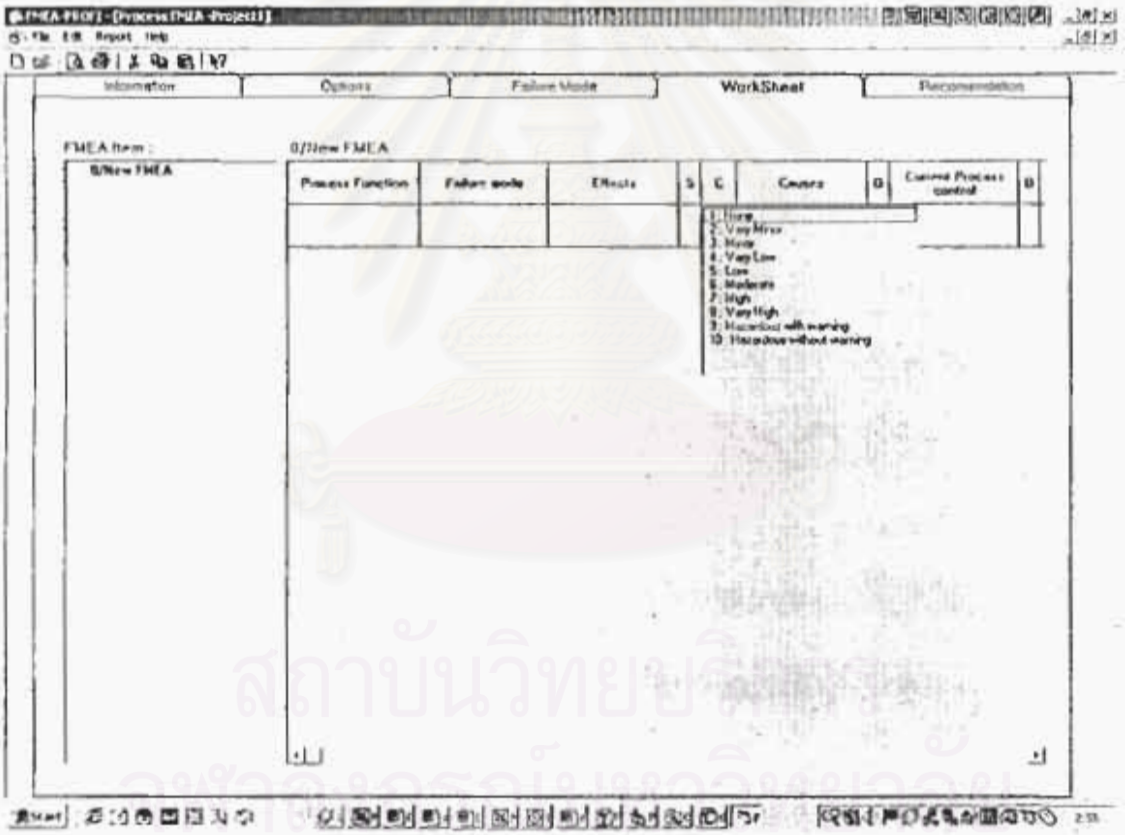
1. Double Click Cell ที่ต้องการจะใส่ข้อมูล
2. ทำการใส่ค่าที่ต้องการ
3. กด Enter

การเพิ่ม / ลบข้อมูลในตาราง FMEA Worksheet

1. Right Click Cell ที่ต้องการจะเพิ่ม / ลบข้อมูล
2. Click Add / Remove

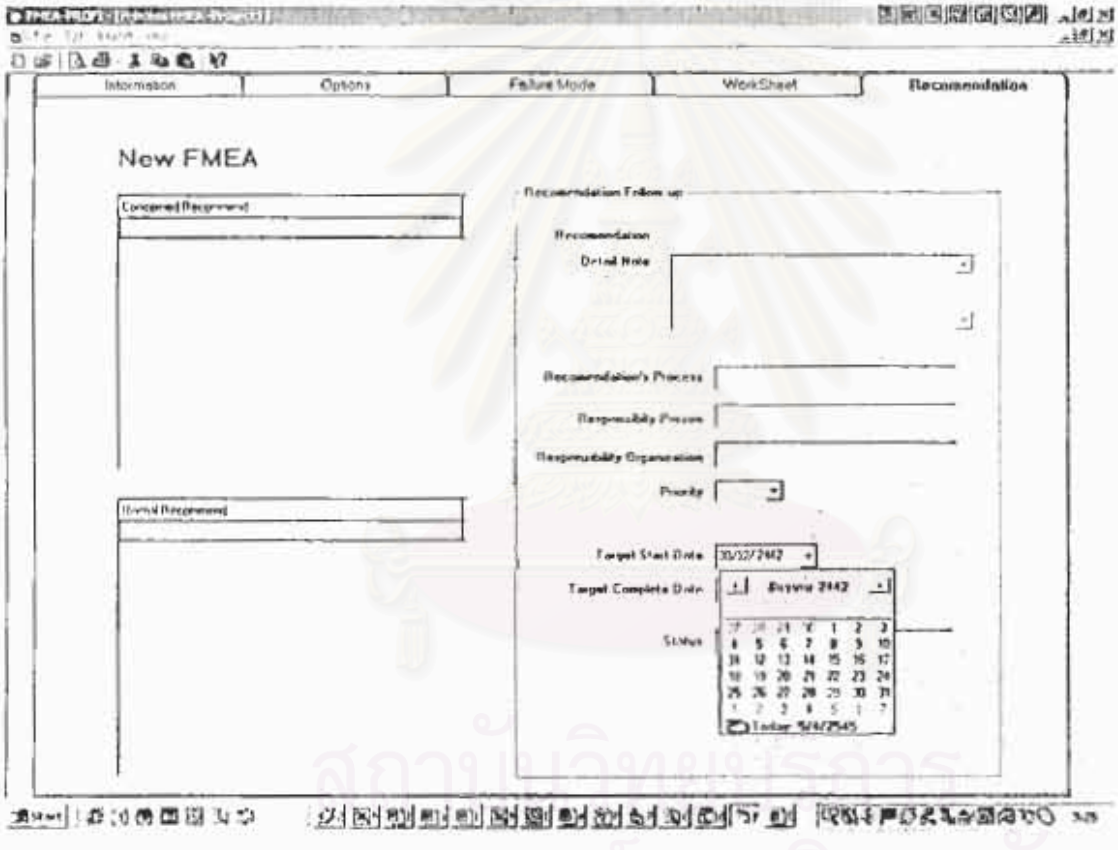
การ Ranking ค่า S,O,D

1. Right Click Cell ที่ต้องการ Ranking
2. เลือก Ranking ที่ต้องการ



ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

1. เลือก Recommendation ที่ Concerned / Normal Recommendation
2. ใส่ข้อมูลที่ต้องการลงในช่องต่างๆดังต่อไปนี้
    a. Detail Note
    b. Responsibility Person
    c. Responsibility Organization
    d. Priority
    e. Target start date
    f. Target complete date
    g. Status



ภาคผนวก ค
ผลการตอบแบบสอบถามจากผู้ทดสอบโปรแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

ข้อคำแนะนำของแบบสอบถาม : โปรดระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ-นามสกุล (ไม่จำเป็นต้องตอบ)

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ (ไม่จำเป็นต้องตอบ)

หากมีข้อสงสัยประการใด สามารถติดต่อได้ที่ 01-9571251, email Chaiyaphat@yahoo.com

รายละเอียด	ระดับที่ใช้ในปัจจุบัน โปรแกรม Word					ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI				
	น้อย		ปานกลาง		มาก	น้อย		ปานกลาง		มาก
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)										
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	3	4	(5)	1	2	3	4	(5)
- ความถูกต้องของข้อมูลในขั้นตอนการป้อนข้อมูล	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
ส่วนทางเลือก(Options Tab)										
- ความถูกต้องของ S/O/D Rating ที่มีให้	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1	(2)	3	4	5	1	2	3	4	(5)
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของFailure mode										
- ความถูกต้องของการบ่งชี้ Failure mode	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	3	4	(5)	1	2	3	4	(5)
- ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลบ Failure mode	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- ลักษณะที่ลักษณะป้อนเพื่อช่วยในการบ่งชี้	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
- ความครบถ้วนของ Failure mode ที่นำไปใช้ได้	1	2	3	4	(5)	1	2	3	(4)	5
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)										
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องในการจัดเรียงและรวมกลุ่ม	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
ส่วนปฏิบัติการแสดงผล (Recommendation)										
- ความสะดวกในการแสดงผลค่าต่างๆ RPN	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
ทั่วไป										
- ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล	1	2	3	4	(5)	1	2	3	(4)	5
- ความเร็วในการทำ FMEA	1	2	3	4	(5)	1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการใช้งานโดยรวม	1	2	3	4	(5)	1	2	3	(4)	5
- อื่นๆ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ขอขอบคุณในความร่วมมือ ในการกรอกแบบสอบถามครั้งนี้ และขอให้ท่านมีความสุขในการทำงาน

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม : วัดความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำ
วิทยานิพนธ์ของ นาย ชลธา ไกรวัฒนสกุล

โดยท่านสามารถตอบแบบสอบถามได้โดย

- โทรสาร หมายเลข 02 7519009 หรือ 7519091
- หากมีข้อสงสัยประการใด สามารถติดต่อได้ที่ 01-4571251, email Chonlatha111@yahoo.com

รายละเอียด	วิธีที่ใช้ในปัจจุบัน โปรดระบุ Manual	ความพึงพอใจโปรแกรม FMEA ProFI
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)	1=น้อย 3=ปานกลาง 5=มาก	1=น้อย 3=ปานกลาง 5=มาก
- ความสะดวกในการใส่ข้อมูล	1 2 (3) 4 5	1 2 3 4 (5)
- ความถูกต้องของข้อมูลในช่องและเกณฑ์ข้อมูล	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1 2 3 (4) 5	1 2 3 (4) 5
ส่วนการตั้งค่า(Options Tab)		
- ความถูกต้องของ SOD Direction ที่ได้	1 2 3 4 (5)	1 2 3 4 (5)
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	1 2 3 (4) 5	1 2 3 (4) 5
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1 2 3 (4) 5	1 2 3 4 (5)
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของ (Failure mode		
- ความถูกต้องการบ่งชี้ Failure mode	1 2 3 (4) 5	1 2 3 (4) 5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 3 (4) 5	1 2 3 (4) 5
- ความเหมาะสมในการเพิ่ม / ลด Failure mode	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- การบ่งชี้ลักษณะเฉพาะของช่อง เช่น ขนาด สี, รูป	1 (2) 3 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความครบถ้วนของ Failure mode ที่นำไปใช้งาน	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)		
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความถูกต้องและใกล้เคียงและเกณฑ์	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
ส่วนปฏิบัติการแสดงผล (Recommendation)		
- ความสะดวกในการบ่งชี้แสดงผลและค่าระดับ RPN	1 2 (3) 4 5	1 2 3 4 (5)
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1 2 (3) 4 5	1 2 3 4 (5)
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1 2 (3) 4 5	1 2 3 4 (5)
ทั่วไป		
- ความสะดวกในการเรียกใช้ข้อมูล	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความเข้าใจในการทำ FMEA	1 2 (3) 4 5	1 2 3 (4) 5
- ความสะดวกในการใช้คู่มือช่วยเหลือ Help	(1) 2 3 4 5	1 2 3 4 (5)
- อื่นๆ	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

TID ENGINEERING BANGKI 466 2 751 3031 466 2 751 503 Apr. 18 2002 02:12PM P1
To: Khun Somchai (038) 213360 (IFC)
Fr: ภัทรา

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

ใคลูปประสงค์ของแบบสอบถาม : เพื่อความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ของ นายภัทรา ไทรวิญญูชาญ

โดยท่านสามารถตอบแบบสอบถามได้ที่

- โทรศัพท์หมายเลข 02 751 8039 หรือ 751809
- หากมีข้อสงสัยเพิ่มเติม สามารถติดต่อได้ที่ 01-8571251, email Chanthra111@yahoo.com

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจในโปรแกรม MS WORD					ระดับความพึงพอใจในโปรแกรม FMEA ProFI				
	1=น้อยที่สุด 2=น้อย 3=ปานกลาง 4=มาก 5=มากที่สุด					1=น้อยที่สุด 2=น้อย 3=ปานกลาง 4=มาก 5=มากที่สุด				
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)										
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องของข้อมูลในช่องแสดงรับรู้ข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความชัดเจนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1	2	3	4	(5)	1	2	3	4	(5)
ส่วนการตั้งค่า(Options Tab)										
- ความถูกต้องของ SOD Direction ที่ใช้	1	2	3	4	(5)	1	2	3	4	(5)
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	1	2	3	4	(5)	1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของ Failure mode										
- ความถูกต้องของการบ่งชี้ Failure mode	1	2	(3)	4	5	1	2	(3)	4	5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- การแบ่งชนิดและจัดหมวดหมู่ของ ระบบและชิ้นส่วน	(1)	2	3	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความสามารถในการ Failure mode ที่มีให้เลือก	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
ส่วนการใช้งานชีท FMEA (Work Sheet)										
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องของการคำนวณและวิเคราะห์	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความรวดเร็วในการใช้งานชีท FMEA	1	(2)	3	4	5	1	2	3	4	(5)
ส่วนปฏิบัติการแสดงผล (Recommendation)										
- ความสะดวกในการแก้ไขและเพิ่มเติม	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความรวดเร็วในการใช้งานชีท FMEA	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
ทั่วไป										
- ความสะดวกในการใช้งานชุดข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	(3)	4	5
- ความเข้าใจในการทำ FMEA	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความพึงพอใจในการใช้งานโดยรวม	(1)	2	3	4	5	1	2	3	(4)	5
- อื่นๆ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม : วัดความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ของ นาย ชลธา ไกรรัตนเสรณี

โดยท่านสามารถติดต่อแบบสอบถามได้โดย

- โทรศัพท์มือถือ 02 7519009 หรือ 7519091
- หากมีข้อสงสัยประการใด สามารถติดต่อได้ที่ 01-8571251, email Chonlatha111@yahoo.com

→ APGP → Excel

รายละเอียด	วิธีที่ใช้ในปัจจุบัน / โปรดระบุ Operated by APGP						คาดหมายใช้โปรแกรม FMEA ProFI				
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)	1=น้อย 3=ปานกลาง 5 = มาก						1=น้อย 3=ปานกลาง 5 = มาก				
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องของข้อมูลในป้อนและเรียกดูข้อมูล	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
- ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
ส่วนการตั้งค่า(Options Tab)											
- ความถูกต้องของ SOD Guidance ที่มีให้	1	(2)	3	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	(1)	2	3	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
ส่วนช่วยในการบ่งชี้ลักษณะของFailure mode											
- ความถูกต้องการบ่งชี้ Failure mode	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode	1	2	(3)	4	5		1	2	3	4	(5)
- การบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่อง เช่น รายละเอียด, รูป	1	(2)	3	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความครบถ้วนของ Failure mode ที่มีให้เลือก	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)											
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องการจัดเก็บและเรียกดู	1	2	(3)	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
ส่วนปฏิบัติการแสดงผลและ (Recommendation)											
- ความสะดวกในการแบ่งข้อเสนอแนะด้วยค่า RPN	1	(2)	3	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	(2)	3	4	5		1	2	3	4	(5)
- ความรวดเร็วในการวิเคราะห์ FMEA	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
ทั่วไป											
- ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล	1	(2)	3	4	5		1	2	3	(4)	5
- ความเข้าใจในการทำ FMEA	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการใช้คู่มือคำอธิบาย Help	1	2	(3)	4	5		1	2	3	(4)	5
- อื่นๆ	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5

TIC ENGINEERING BANGNA PHONE NO. : +66 2 751 9091 Apr 09 2002 06:09PM P2
P. K. ปกติ ไกรวิทยุสัมพันธ์ P. K. ปกติ (CNT)

แบบสอบถามเพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม FMEA ProFI

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม : เพื่อความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม FMEA ProFI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำ
วิทยานิพนธ์ของ นาย ชลธา ไกรวิทยุสัมพันธ์

โดยท่านสามารถตอบแบบสอบถามได้โดย

- ☐ โทรสารหมายเลข 02 7519009 หรือ 7519091
- ○ หากมีข้อสงสัยประการใด สามารถติดต่อได้ที่ 01-8571251, email: Chonlatha111@hotmail.com

รายละเอียด	ใช้ที่ใช้ในปัจจุบัน โปรแกรม Document.					ผลการใช้โปรแกรม FMEA ProFI				
ส่วนข้อมูลทั่วไป (Information Tab)	1=น้อย 5=มากที่สุด					1=น้อย 5=มากที่สุด				
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องของข้อมูลในช่องและเรียกดูข้อมูล	1	(2)	3	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
ส่วนการตั้งค่า(Options Tab)										
- ความถูกต้องของ SOD Dimension ที่มีให้	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความยืดหยุ่นในการตั้งค่า S, O, D	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการตั้งค่า	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
ส่วนช่วยในการแบ่งชนิดลักษณะของFailure mode										
- ความถูกต้องของการแบ่ง Failure mode	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความยืดหยุ่นในการเพิ่ม / ลด Failure mode	1	(2)	3	4	5	1	2	3	4	(5)
- การแบ่งชนิดของชิ้นงานตรงตามที่ต้องการ เช่น ชิ้นงาน, รูป	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความครบถ้วนของ Failure mode ที่มีให้เลือก	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
ส่วนการวิเคราะห์ FMEA (Work Sheet)										
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความถูกต้องในการคำนวณและวิเคราะห์	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ความครบถ้วนในการวิเคราะห์ FMEA	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
ส่วนปฏิบัติการแสดงผลและ (Recommendation)										
- ความสะดวกในการแนะนำข้อเสนอแนะด้วย RPN	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
- ความครบถ้วนในการวิเคราะห์ FMEA	1	2	(3)	4	5	1	2	3	(4)	5
ทั่วไป										
- ความสะดวกในการบริหารฐานข้อมูล	1	2	3	(4)	5	1	2	3	(4)	5
- ลองเข้าใช้ในการทำงานจริง	1	2	3	(4)	5	1	2	3	4	(5)
- ความสะดวกในการใช้คู่มือคงงานช่วย Help	1	2	(3)	4	5	1	2	3	4	(5)
- อื่นๆ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชลธา ไกรวัดนุสรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2539 ภายหลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรขบวนการ บริษัทไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จำกัด (มหาชน) เป็นระยะเวลา 4 ปี 2 เดือน ปัจจุบันทำงานยังคงทำงานใน บริษัทไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งนักวิเคราะห์ธุรกิจ

ผู้เขียนได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรนอกเวลาราชการ ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อมีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย