การพัฒนาซอฟต์แวร์การต่อประสานสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า

นายอรรถพล ถาน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1148-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN INTERFACING SOFTWARE FOR ELISA READERS

Mr. ATTHAPON TANOI

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

This Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1148-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาซอฟต์แวร์การต่อประสานสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า
โดย	นายอรรถพล ถาน้อย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย โสวรรณวณิชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายแพทย์ประจักษวิช เล็บนาค

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(อาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย โสวรรณวณิชกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา(ร่วม)
(นายแพทย์ประจักษวิช เล็บนาค)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรรถพล ถาน้อย : การพัฒนาซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า
(Development of an interfacing software for ELISA Readers).
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย โสวรรณวณิชกุล, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: นายแพทย์ประจักษวิช เล็บนาค จำนวน 60 หน้า. ISBN: 974-17-1148-4

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าหลากรุ่นที่ใช้เทคนิคเอ็นซัยม์อิมมูโนแอสเสย์ในการทำงาน ให้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 98 ที่มีใช้ส่วนต่อประสานผู้ใช้เป็นแบบรูปภาพเดียวกันโดยไม่คำนึงถึงรุ่นของเครื่องอ่านอีไลซ่า ที่สามารถคำนวณและแปลผลค่าความเข้มข้นของแสงว่าเป็นผลบวก ผลลบ หรือผลคลุมเครือ โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์ด้วยการเปรียบเทียบผลการคำนวณและแปลผลจากซอฟต์แวร์กับผลการคำนวณและแปลผลจากนักวิทยาศาสตร์การแพทย์จำนวน 100 ตัวอย่าง

หลังการพัฒนาได้ทำการทดสอบการต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าจำนวน 2 ยี่ห้อ โดยเลือกมาจากเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีใช้งานมากที่สุดสองอันดับในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ คือ เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340 ที่มีใช้งานจำนวน 7 เครื่อง และเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550 ที่มีใช้งานจำนวน 3 เครื่อง ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าทั้งสองยี่ห้อได้เป็นอย่างดี และผลการตรวจสอบการคำนวณและแปลผลพบว่าซอฟต์แวร์สามารถให้ผลลัพธ์ได้ตรงกับที่นักวิทยาศาสตร์การแพทย์แปลผลทั้งร้อยตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4371512021: MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEYWORD: SOFTWARE, INTERFACE, ELISA READER, ENZYME IMMUNOASSAY (EIA), MULTI-SERIES

ATTHAPON TANOI: DEVELOPMENT OF AN INTERFACING SOFTWARE FOR ELISA READERS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. BOONCHAI SOWANVANICHAKUL. THESIS CO-ADVISOR: PRACHAKSVICH LEBNAK, M.D. 60 PP. ISBN: 974-17-1148-4

This research intended to develop interfacing software for multi-series of an ELISA reader that use Enzyme Immunoassay (EIA) technique. This software has only one type of graphic user interface and ability to running on Windows 98. Another capability of them is optical density calculation and interpretation that show OD has positive or negative or equivocal value. The strategic method to verify this program is to compare 100 OD interpretations from software and Medical Scientist.

After the development was completed, the most popular model of an ELISA reader that used in Department of Medical Sciences, ELISA Reader EL340 and ELISA Reader 3550 were selected as prototype for interfacing with developed software. All of them could interface with the developed software. The interpretation results of 100 OD from software are the same as Medical Scientist.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: Computer Engineering	Student's signature…….
Field of Study: Computer Science	Advisor's signature…….
Academic Year 2002	Co-Advisor's signature…….

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพนิสา เกตุเงิน ฝ่ายชีวเคมี คุณวัฒนพงศ์ วุทธาและคุณปรีชา ปัญญารักกิจ ฝ่ายพาราสิตวิทยา คุณเพียงใจ อามีนเจริญ ฝ่ายไวรัสระบบประสาทและระบบไหลเวียนโลหิต สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้ข้อมูลด้านห้องปฏิบัติการ ข้อมูลในการทดสอบโปรแกรมและเครื่องอ่านอีไลซ่าที่ใช้เป็นเครื่องต้นแบบ คุณอาคม สาลี ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านสถิติ คุณอนันต์ รักษ์ทอง คุณภูวดล คุณตะวัน บริษัท คอมพิวเตอร์ยูเนี่ยน จำกัด ที่ให้คำปรึกษาทางด้านการออกแบบซอฟต์แวร์และการเข้ารหัสด้วย Visual Basic ทันตแพทย์อรรถพร ลิ้มปัญญาเลิศ ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมาที่ให้คำปรึกษาด้านการออกแบบซอฟต์แวร์รวมถึงกระตุ้นเตือนให้ผู้วิจัยมีกำลังใจเมื่อเกิดความรู้สึกท้อแท้ และทุกท่านที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ นายประชัน ถาน้อย บิดา นางแสงวัน ถาน้อย มารดา รองศาสตราจารย์ด๊อกเตอร์ดรุณ หาญตระกูล ภาควิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย โสวรรณวณิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา นายแพทย์ประจักษ วิช เล็บนาค ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่สอนสั่ง ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนวทางในการดำรงชีวิตและโอกาสที่ดีที่สุดครั้งหนึ่งในชีวิตให้ผู้วิจัยจนทำให้มีวันนี้

และท้ายที่สุดความยินดียิ่งสำหรับความรู้สึกท้อแท้ หมดหวัง สิ้นหวัง โดดเดี่ยว และอุปสรรคทั้งหลายที่ผ่านเข้ามาในระหว่างการทำวิจัยและในชีวิต ที่ทำให้ผู้วิจัยมีความเข้มแข็งมากขึ้นและรู้สึกภาคภูมิใจเมื่อได้ผ่านสิ่งต่างๆเหล่านั้นมาได้

อรรถพล ถาน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....6

สารบัญ.....7

สารบัญตาราง.....6

สารบัญภาพ.....7

บทที่ 1 บทนำ.....1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา.....1

วัตถุประสงค์.....2

ขอบเขตของงานวิจัย.....2

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....13

บทที่ 3 การออกแบบซอฟต์แวร์.....18

ออกแบบกระบวนการ (Process Design).....19

การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface Design).....25

การออกแบบไฟล์ข้อมูล (Data File Design).....26

บทที่ 4 การพัฒนาซอฟต์แวร์.....28

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา.....28

ผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์.....28

บทที่ 5 ผลการวิจัย.....32

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....38

ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย.....39

ข้อเสนอแนะ.....39

รายการอ้างอิง.....40

ภาคผนวก.....41

สารบัญ (ต่อ) หน้า

ภาคผนวก ก 42

ภาคผนวก ข 47

ภาคผนวก ค 50

ภาคผนวก ง.....53

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงรุ่นและจำนวนของเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีใช้งานในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.....1
ตารางที่ 2 แสดงไฟล์โปรแกรมที่พัฒนา.....30
ตารางที่ 3 แสดงรายชื่อไฟล์ข้อความที่พัฒนา.....31
ตารางที่ 4 แสดงการแปลผลของซอฟต์แวร์เทียบกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์.....34
ตาราง ก-1 แสดงอักขระแอสกี้สำหรับควบคุมเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 42
ตาราง ก-2 แสดงชุดคำสั่งของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 43
ตาราง ก-3 แสดงอักขระที่แสดงผลของ EL340.....46
ตาราง ก-4 แสดงอักขระควบคุมการแสดงผลของ EL340.....46
ตาราง ข-1 แสดงรายละเอียดของคำสั่งและการตอบสนองของเครื่องอ่านอีไลซ่า 3550 47
ตาราง ข-2 แสดงรหัสความผิดพลาดและความหมายของเครื่องอ่านอีไลซ่า Bio-Rad รุ่น 3550.....49

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงเพลตที่ใช้สำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า [3] 4
รูปที่ 2แสดงขั้นตอนการทำ ELISA [3] 5
รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบ ELISA ที่เป็นบวก [3] 5
รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบ ELISA ที่เป็นลบ [3] 5
รูปที่ 5 แสดงรูปแบบการจัดวางซีรั่มในไมโครเพลตและค่า OD ที่อ่านได้จากไมโครเพลต 6
รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างค่าควบคุม เกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนด และวิธีการคำนวณ 7
รูปที่ 7 แสดงการจัดวางของซีรั่มและผลการคำนวณด้วยการนำค่าปรับให้เป็นมาตรฐานมาคำนวณร่วม และผลการแปลผล 7
รูปที่ 8 แสดงรูปแบบการจัดวางซีรั่มในสำหรับการแปลผลแบบใช้ค่า Delta 8
รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างค่าควบคุม เกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนด และวิธีการคำนวณ 8
รูปที่ 10 แสดงการจัดวางของซีรั่มและผลการคำนวณด้วยการนำค่าปรับให้เป็นมาตรฐานมาคำนวณร่วม และผลการแปลผล 9
รูปที่ 11 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 [4] 10
รูปที่ 12 แสดงตัวอักษรที่ถูกกำหนดให้เป็นเครื่องหมาย....11
รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบที่มีอักขระพิเศษ เช่น * หรือ 0....11
รูปที่ 14 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550 และคอมพิวเตอร์ [5] ...12
รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างรายงานการวัดค่าแบบหนึ่งความยาวคลื่น 12
รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างรายงานการวัดค่าแบบสองความยาวคลื่น....13
รูปที่ 17 แสดงแนวคิดในการพัฒนา หลังจากการเข้ารหัส....18
รูปที่ 18 ภาพรวมของซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า 19
รูปที่ 19 แสดงกระบวนการทั้งหมดของซอฟต์แวร์ต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า 20
รูปที่ 20 แสดงกระบวนการรับข้อมูลเข้า (Data Input)....21
รูปที่ 21 แสดงกระบวนการของกระบวนการต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Interfacing) .22
รูปที่ 22 แสดงกระบวนการคำนวณและแปลผล (Calculation and Interpretation) 23
รูปที่ 23 แสดงกระบวนการแสดงผลและการพิมพ์ (Showing and Printing) 24
รูปที่ 25 แสดงหน้าจอหลักของซอฟท์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า 25
รูปที่ 26 แสดงหน้าต่างที่ทำหน้าที่ในการพิมพ์ผล ที่ไม่ทำงานภายใต้หน้าจอหลัก....26
รูปที่ 25 แสดงผังโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ 27
รูปที่ 27 แสดงผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์ 29

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 28 แสดงข้อมูลที่เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550 ส่งให้ Multi-ELISA....33
รูปที่ 29 แสดงข้อมูลที่แสดงบนจอภาพผลักเหลวของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550....33
รูปที่ 30 แสดงค่า OD ที่คำนวณโดยนักวิทยาศาสตร์การแพทย์....33
รูปที่ 31 แสดงค่าOD ที่ผ่านการคำนวณด้วย Multi-ELISA....33
รูปที่ 32 แสดงค่า OD ที่ส่งให้ Multi-ELISA จากเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340....33
รูป ข-1 แสดงตัวอย่างของค่าที่วัดได้และค่าที่ใช้อ้างอิง....49
รูป ค-1 แสดงรูปแบบของไฟล์คำสั่ง....50
รูป ค-2 แสดงรูปแบบของไฟล์รูปแบบการจัดวางซีรั่ม....51
รูป ค-3 แสดงรูปแบบของไฟล์ค่าควบคุม....51
รูป ค-4 แสดงรูปแบบไฟล์กำหนดวิธีสื่อสาร....52
รูป ง-1 แสดงวิธีการเรียกใช้งาน Multi-ELISA....53
รูป ง-2 แสดงซอฟต์แวร์ Multi-ELISA....53
รูป ง-3 แสดงหน้าต่างรูปแบบการจัดวางค่าควบคุม....54
รูป ง-4 แสดงหน้าต่างรูปแบบการจัดวางค่าควบคุม....54
รูป ง-5 แสดงการเรียกใช้กล่องคำโต้ตอบ Reading Setting....55
รูป ง-6 แสดงกล่องคำโต้ตอบ Reading Setting....55
รูป ง-7 แสดงการสั่งให้ซอฟต์แวร์สั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า....56
รูป ง-8 แสดงค่า OD ที่อ่านจากไฟล์....56
รูป ง-9 แสดงกล่องคำโต้ตอบแสดงผลค่าควบคุม....57
รูป ง-10 แสดงกล่องคำโต้ตอบแสดงการแปลผลค่าควบคุม....57
รูป ง-11 แสดงหน้าต่างการคำนวณค่า OD ของตัวอย่าง....58
รูป ง-12 แสดงหน้าต่างการแปลผลค่า OD ของตัวอย่าง....58
รูป ง-13 แสดงภาพก่อนพิมพ์ของค่า OD ของตัวอย่าง และการแปลผล....59
รูป ง-14 แสดงกล่องคำโต้ตอบยืนยันการพิมพ์....59

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการทดสอบ การชันสูตร การวิเคราะห์และการวิจัยทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อสนับสนุนการแก้ไขปัญหาการแพทย์และการสาธารณสุขของประเทศ รวมทั้งการคุ้มครองสวัสดิภาพและสุขภาพของประชาชนด้วยการให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับสุขภาพอนามัยทุกประเภทและดูแลคุณภาพห้องปฏิบัติการด้านการแพทย์และการสาธารณสุขทั่วประเทศ [1]

จากภารกิจดังกล่าวข้างต้นทำให้ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์จากต่างประเทศในลักษณะของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ (Scientific Instrument) เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่สามารถพัฒนาได้เอง จึงมีราคาแพง ทำให้ต้องใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดนานที่สุด

เครื่องอ่านอีไลซ่า หรือ ELISA Reader เป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่อาศัยเทคนิคเอนซัยม์อิมมูโนแอสเสย์ (Enzyme Immunoassay) ในการตรวจแอนติบอดี้ (Antibody) เพื่อดูภาวการณ์ติดเชื้อด้วยการตรวจหาแอนติบอดี้จำเพาะต่อเชื้อโรคชนิดนั้น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์มีเครื่องมือดังกล่าวใช้งานอยู่จำนวน 19 เครื่อง รวม 11 รุ่น ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการตั้งแต่ DOS, Windows 3.11, Windows 95/98, Windows NT, OS/2 ที่ให้มาพร้อมเครื่องมือ รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องอ่านอีไลซ่าและปีที่จัดหาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรุ่นและจำนวนของเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีใช้งานในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	รุ่น	จำนวน	ปีที่ซื้อ
1	ELISA	Anthos Labtec HT II	1	2538
2	ELISA Reader, Automate	3550 UV	3	2540
3	ELISA Reader	EMS Analyzer	1	2537
4	ELISA Reader, Automate	EL340	7	2534-2537
5	ELISA Reader, Microplate	Anthos Labtec HT III	1	2538
6	ELISA Reader, Microplate	Multiscan II	1	2534
7	ELISA Reader Microplate	EL311	1	2533
8	ELISA Reader, Microplate	Ceres UV900C	1	2540
9	ELISA Reader, Microplate	EL304	1	2535
10	ELISA Reader, Automate	ES300	1	2540
11	ELISA Reader, Automate	Microlab FAME 16/20	1	2540

แต่ภายหลังผู้ใช้เลิกการใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากระบบปฏิบัติการที่ใช้งานอยู่หยุดการพัฒนา ทำให้เมื่อประสบปัญหาไม่สามารถขอรับการสนับสนุนจากบริษัทผู้ผลิตได้ ผู้ใช้จึงแก้ไขปัญหาด้วยการว่าจ้างบริษัทเอกชนในการพัฒนา หากแต่ว่าซอฟต์แวร์ที่ทำการพัฒนาสามารถทำงานได้กับเครื่องเพียงรุ่นเดียวเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้กับเครื่องรุ่นอื่นหรือยี่ห้ออื่นได้ จึงทำให้ผู้ใช้เลิกการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มากับเครื่อง ELISA แต่จะใช้ต่อกับเครื่องพิมพ์ ในการพิมพ์ผลวิเคราะห์แทน ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำผลที่ได้ไปประมวลผลต่อในระบบงานอื่นๆ ต่อไปได้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมต่อประสาน ให้สามารถต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่า

ขอบเขตของงานวิจัย

1. การวิจัยนี้จะครอบคลุมเฉพาะเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Reader) ที่มีใช้งานในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เท่านั้นคือ
   - เครื่องอ่านอีไลซ่า ยี่ห้อ BIO-TEK รุ่น EL340
   - เครื่องอ่านอีไลซ่า ยี่ห้อ BIO-RAD รุ่น 3550
2. ส่วนติดต่อผู้ใช้ของซอฟต์แวร์ต่อประสานจะถูกพัฒนาในลักษณะ Graphical User Interface (GUI) ที่สามารถสั่งบันทึกข้อมูลลงแฟ้มข้อมูลได้ ทำการแปรผลการวิเคราะห์เป็นค่าบวกหรือลบ พิมพ์รายงานผลการวิเคราะห์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้
3. ซอฟต์แวร์จะต้องสามารถรับและส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วไม่ต่ำกว่า 2400 บิตต่อวินาที
4. ซอฟต์แวร์จะทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows98 หรือดีกว่า ที่มีฮาร์ดแวร์ที่มีความสามารถเท่ากับความต้องการของระบบปฏิบัติการกำหนดหรือดีกว่า
5. การวัดความถูกต้องของซอฟต์แวร์จะใช้ผลการตรวจตัวอย่างจำนวน 100 ตัวอย่าง เทียบกันระหว่างการแปลผลที่พิมพ์ผลการวิเคราะห์ออกทางเครื่องพิมพ์โดยตรงของนักวิทยาศาสตร์การแพทย์และการแสดงการแปลผลบนจอภาพโดยซอฟต์แวร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. ดำเนินการสำรวจเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีใช้งานภายในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่า
3. ศึกษาลักษณะการรับและส่งข้อมูลของเครื่องแต่ละรุ่นของแต่ละผู้ผลิต
4. แบ่งหมวดหมู่ของเครื่องที่มีลักษณะการรับและส่งข้อมูลแบบเดียวกัน
5. เลือกเครื่องที่มีโครงสร้างของข้อมูลและรูปแบบการควบคุมที่ต่างกัน เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา
6. ออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของโปรแกรม
7. ดำเนินการเขียนโปรแกรม
8. ทดสอบการทำงาน โดยผู้พัฒนา เพื่อทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์
9. ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง (หากมี)
10. ทดสอบการทำงาน โดยผู้ใช้ เพื่อทดสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์และความง่ายต่อการใช้งานของส่วนติดต่อผู้ใช้
11. ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง หรือปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ (หากมี)
12. จัดทำคู่มือการใช้งานสำหรับผู้ใช้
13. จัดทำคู่มือการออกแบบและพัฒนา สำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาระบบ
14. จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานกับเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Reader) ได้หลายรุ่น และหลายผู้ผลิต
2. ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Reader) ที่มีการใช้งานหลายรุ่น และหลายผู้ผลิต
3. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์นำข้อมูลที่ถูกจัดเก็บแบบดิจิทัลไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบสารสนเทศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

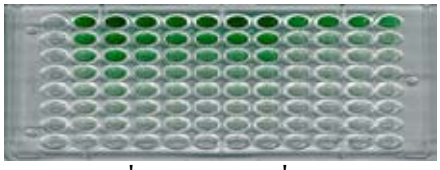
เทคนิคเอนซัยม์อิมมูโนแอสเสย์ (Enzyme Immunoassay; EIA)

การวิเคราะห์ที่อาศัยปฏิกริยาอิมมูน (ปฏิกิริยาของแอนติเจนและแอนติบอดี) โดยใช้เอนซัยม์เป็นสารติดฉลาก (Label) เรียกว่า เอนซัยม์อิมมูโนแอสเสย์ (Enzyme Immunoassay; EIA) EIA เป็นเทคนิคที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั้งในการตรวจหาแอนติบอดีเพื่อดูภาวการณ์ติดเชื้อด้วยการตรวจหาแอนติบอดีจำเพาะต่อเชื้อโรคนั้นๆ รวมถึงการหา ยา ฮอร์โมน และสารชีวเคมีอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณในสารส่งตรวจสูงพอที่จะวิเคราะห์ได้ ทั้งนี้จะใช้ EIA ไปตรวจหาสิ่งใดนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการเป็นสำคัญ [2]

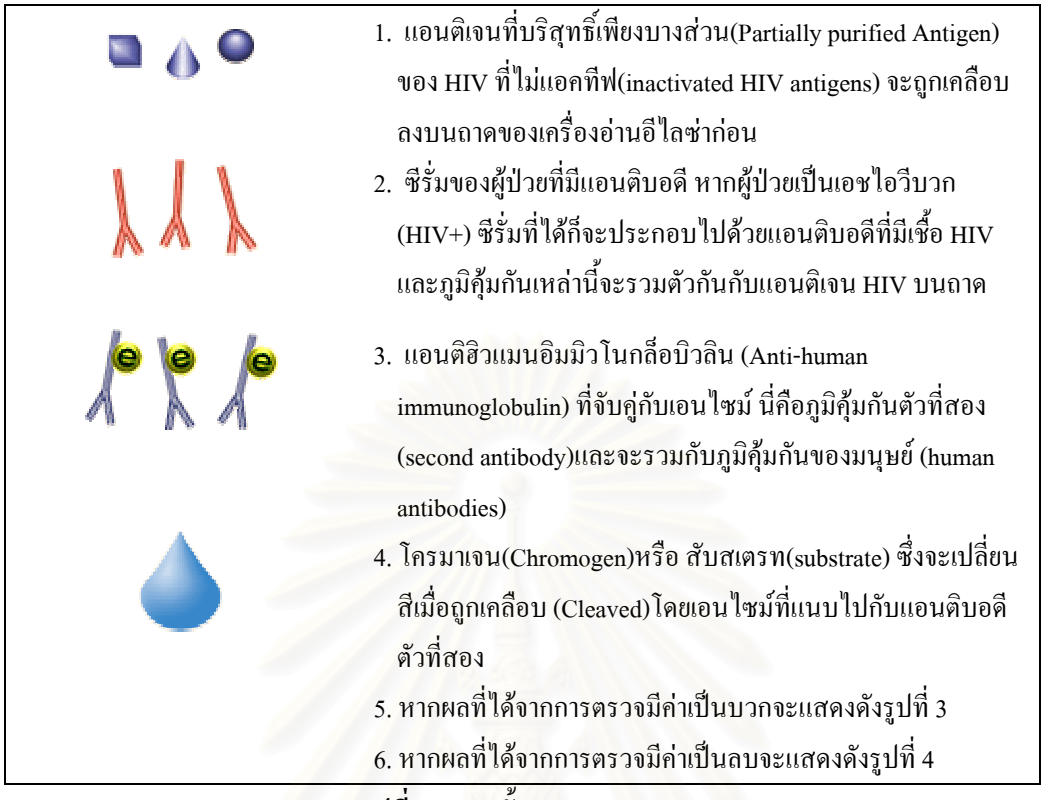
ELISA เป็นวิธีการที่อาศัยการติดฉลากกับแอนติเจนหรือแอนติบอดี ซึ่งเอนซัยม์จะทำหน้าที่เป็น Passive Passenger นำไปสู่ปฏิกริยาอิมมูน เทคนิคนี้เมื่อแอนติเจนทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีแล้วจะต้องทำการแยกส่วนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาออก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์แอคติวิตี้ย์ของเอนซัยม์ที่อยู่ในแอนติเจนหรือแอนติบอดีแล้วแต่ว่าใช้อะไรเป็นตัวติดกับเอนซัยม์ แล้วให้ทำปฏิกิริยากับสับสเตรท แต่เดิมการวิเคราะห์ผลจะใช้มนุษย์เป็นหลัก แต่ภายหลังได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่จะช่วยให้การวิเคราะห์ได้ง่ายและแม่นยำมากขึ้น เครื่องมือดังกล่าวเรียกว่า เครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Reader)

เครื่องอ่านอีไลซ่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานของภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก(Clinical Immunology) มีการนำไปใช้งานเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันอย่างแพร่หลาย การนำไปประยุกต์ใช้ที่เห็นได้ชัด คือใช้เป็นขั้นตอนแรกในการตรวจหาเชื้อ HIV

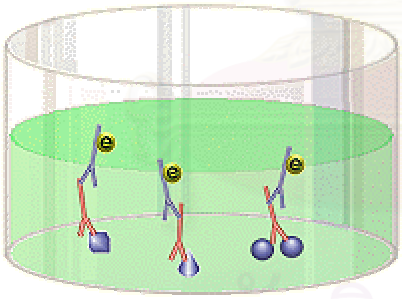
HIV ELISA หรือในบางครั้งเรียกว่า HIV Enzyme immunoassay (EIA) เป็นการทดสอบอย่างแรกและพื้นฐานที่สุดในการบอกว่าพาโธเจน (Pathogen) ที่ทำการทดสอบ เช่น HIV มีผลเป็นบวกหรือไม่ โดยการทดสอบจะกระทำบนถาดพลาสติกขนาด 8 x 12 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร มีแมทริกซ์ของหลุม ขนาด 8 x 12 ช่อง ดังรูปที่ 1 สำหรับวางหลอด(TUBE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร จำนวน 96 ช่อง โดยมีขั้นตอนในการทำ ELISA ดังรูปที่ 2



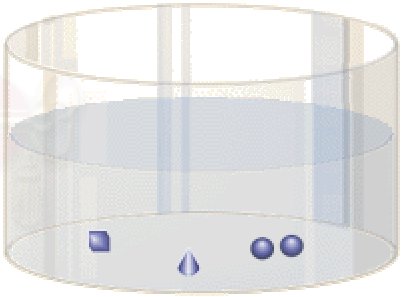
รูปที่ 1 แสดงเพลตที่ใช้สำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า [3]



รูปที่ 2แสดงขั้นตอนการทำ ELISA [3]



รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบ ELISA ที่เป็นบวก [3]



รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบ ELISA ที่เป็นลบ [3]

ผลบวกที่ผิดพลาด (False Positive)

อาจมีกรณีที่ผู้ป่วยไม่ได้ติดเชื้อ HIV แต่ผลการตรวจแอนติบอดีอาจให้ผลเป็นบวกใน HIV ELISA ได้ ซึ่งเรียกว่า ผลบวกผิดพลาด หรือ False Positive โดยบุคคลผู้นั้นอาจครอบครองแอนติบอดีที่ต่อต้านฮิวแมนลิวโคไซต์แอนติเจน (human leukocyte antigens หรือHLA) ซึ่งจะแสดงบนโฮสท์เซลล์ (Host Cell) ที่ถูกใช้ในการแพร่พันธ์ของ HIV ซึ่งจะแตกหน่อจากผิวของโฮสท์เซลล์ไปรวมกับบางส่วนของโฮสท์เซลล์ HLA เข้าสู่ เอนเวลโลป (Envelope) ผลบวกที่ผิดพลาดสามารถเกิดได้ช่วงของวินโดว์ระหว่างการติดเชื้อและแอนติบอดีจะตอบสนองต่อไวรัส (Seroconversion)

การแปลผลการวิเคราะห์

การแปลผลการวิเคราะห์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การแปลผลโดยใช้ค่า Calibrator คำนวณร่วม การแปลผลโดยใช้ค่าความแตกต่างของแอนติเจนและค่าควบคุม (Delta) เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตชุดทดสอบ (Test Kit) เป็นผู้กำหนด เนื่องจากผู้ผลิตชุดสอบได้ทำการทดลองกับวิธีการแปลผลนั้นกับชุดทดสอบของตนแล้ว โดยชุดทดสอบจะกำหนดค่ามาตรฐานที่จำเป็นต้องใช้ในทุกการวิเคราะห์ คือ ค่าควบคุมผลลบ (Negative Control) ค่าควบคุมผลบวก (Positive Control) ค่าควบคุมช่องว่าง (Blank Control) ค่าองค์ประกอบ (Factor) ค่าปรับให้เป็นมาตรฐาน (Calibrator) สำหรับการแปลผลโดยใช้ค่า Calibrator คำนวณร่วม ส่วนการแปลผลโดยใช้ค่า Calibrator ชุดทดสอบจะกำหนดค่าควบคุมผลลบ และค่าควบคุมผลบวกมาให้

<u>การแปลผลโดยใช้ค่าปรับให้เป็นมาตรฐานคำนวณร่วม</u>

การแปลผลวิธีนี้จะนำผลที่ได้จากการอ่านค่า OD ของน้ำยาทดสอบในตำแหน่งของค่าควบคุมช่องว่าง ค่าควบคุมผลลบ ค่าควบคุมผลบวก และค่าปรับให้เป็นมาตรฐาน ดังรูปที่ 5 ไปเทียบกับค่าที่กำหนดมาให้โดยชุดทดสอบก่อนว่าอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ หากค่าใดค่าหนึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์ จะต้องทิ้งตัวอย่างที่ทดสอบ เนื่องจากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในกระบวนการ แต่หากค่าควบคุมทุกตัวอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ค่าปรับให้เป็นมาตรฐานจะถูกนำมาคูณกับค่าองค์ประกอบจากชุดทดสอบดังรูปที่ 6 ผลลัพธ์ที่ได้จะเรียกว่าค่าตัดสินหรือ COV จากนั้นให้นำผลการอ่านค่า OD ของตัวอย่าง (Sample) เป็นค่าตั้งแล้วหารด้วยค่าตัดสิน ผลลัพธ์จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์ในรูปที่ 6 เพื่อแปลผลซึ่งผลลัพธ์จะเป็นดังรูปที่ 7

Blank	Sample4	
Negative	Sample5	
Positive	Sample6	
Calibrator	Sample7	
Calibrator		
Sample1		
Sample2		
Sample3		

0.000	0.038	
0.021	0.031	
1.301	1.444	
0.760	0.374	
0.761		
1.375		
0.978		
0.430		

รูปที่ 5 แสดงรูปแบบการจัดวางซีรั่มในไมโครเพลตและค่า OD ที่อ่านได้จากไมโครเพลต

ชุดทดสอบกำหนดให้

- ค่า Blank จะต้อง <0.150 ที่ 450 nm.
- ค่า Negative จะต้อง <=0.250 ที่ 450 nm.
- ค่า Positive จะต้อง <= 0.500 ที่ 450 nm.
- ค่า Calibrator จะต้อง >= 0.250 ที่ 450 nm.
- ค่า Factor = 0.46

สูตรการคำนวณ

- COV = Calibrator OD * Factor
- Sample OD/COV <= 0.90 = Negative
  = 0.91-1.09 = Equivocal
  >= 1.10 = Positive

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างค่าควบคุม เกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนด และวิธีการคำนวณ

Blank	Sample4		0.000 (ok)	0.1086 (N)	
Negative	Sample5		0.021 (ok)	0.0886 (N)	
Positive	Sample6		1.301 (ok)	4.1280 (P)	
Calibrator	Sample7		0.760 (ok)	1.0691 (E)	
Calibrator			0.761 (ok)		
Sample1			3.9308 (P)		
Sample2			2.7958 (P)		
Sample3			1.2292 (P)		

รูปที่ 7 แสดงการจัดวางของซีรั่มและผลการคำนวณด้วยการนำค่าปรับให้เป็นมาตรฐานมาคำนวณร่วม และผลการแปลผล

จากรูปที่ 7 แสดง ELISA ของค่าควบคุมที่อยู่ในเกณฑ์ตามที่ชุดทดสอบกำหนด และ ELISA จากผู้ป่วยเจ็ดรายที่ได้จากการจัดวางซีรั่ม ส่วนตัวเลขที่แสดงคือค่าความเข้มของแสงที่มีความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ค่าสุดท้ายที่ชี้วัดผลลัพธ์ว่าเป็นผลบวก คือ ผลการคำนวณที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.10 ผลการคำนวณที่อยู่ระหว่างที่ 0.91 ถึง 1.09 จะเป็นผลคลุมเครือ ซึ่งจะไม่มีการชี้ผลแต่ต้องทำการทดสอบซ้ำ ส่วนผลการคำนวณที่ต่ำกว่า 0.90 ถือเป็นค่าลบ

<u>การแปลผลโดยใช้ค่าความแตกต่างของแอนติเจนกับค่าควบคุม</u>

การแปลผลวิธีนี้จะทำโดยนำผลที่ได้จากการอ่านค่า OD ของน้ำยาทดสอบในตำแหน่งของค่าควบคุมผลลบ และค่าควบคุมผลบวกไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดโดยชุดทดสอบ ดังรูปที่ 8 หากค่าอยู่นอกเกณฑ์ให้ยกเลิกการอ่านผลทั้งหมด เนื่องจากมีความผิดพลาดเกิดขึ้น แต่หากค่าอยู่ในเกณฑ์ให้นำค่า OD จากการอ่านแอนติเจนลบด้วยค่าควบคุมในแต่ละคู่ดังสูตรในรูปที่ 9 ผลลัพธ์ที่ได้จะเรียกว่าค่าความแตกต่าง หรือ Delta จากนั้นจึงนำไปเทียบกับเกณฑ์ในรูปที่ 9 เพื่อแปลผล ซึ่งผลลัพธ์จะเป็นดังรูปที่ 10

Antigen	Control		Antigen	Control	
Negative	ControlN		0.018	0.012	
Positive	ControlP		0.439	0.011	
Sample1	Control1		0.151	0.037	
Sample2	Control2		0.073	0.083	
Sample3	Control3		0.759	0.034	
Sample4	Control4		0.040	0.032	
Sample5	Control5		0.035	0.024	
Sample6	Control6		0.165	0.028	

รูปที่ 8 แสดงรูปแบบการจัดวางซีรั่มในสำหรับการแปลผลแบบใช้ค่า Delta

ชุดทดสอบกำหนดให้

- ค่า Negative จะต้อง <=0.250 ที่ 450 nm.
- ค่า Positive จะต้อง <= 0.500 ที่ 450 nm.

สูตรการคำนวณ

- Delta = Antigen – Control
- Delta <= 0.10 = Negative
  = 0.11-0.19 = Equivocal
  >= 0.20 = Positive

รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างค่าควบคุม เกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนด และวิธีการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Antigen	Control	
Negative	ControlN	
Positive	ControlP	
Sample1	Control1	
Sample2	Control2	
Sample3	Control3	
Sample4	Control4	
Sample5	Control5	
Sample6	Control6	

Antigen	Control	Delta
0.018	0.012	0.006 (ok)
0.439	0.011	0.428 (ok)
0.151	0.037	0.114 (E)
0.073	0.083	-0.010 (N)
0.759	0.034	0.725 (P)
0.040	0.032	0.008 (N)
0.035	0.024	0.011 (N)
0.165	0.028	0.137 (E)

รูปที่ 10 แสดงการจัดวางของซีรั่มและผลการคำนวณด้วยการนำค่าปรับให้เป็นมาตรฐานมาคำนวณร่วม และผลการแปลผล

จากรูปที่ 10 แสดง ELISA ของค่าควบคุมที่อยู่ในเกณฑ์ตามที่ชุดทดสอบกำหนด และ ELISA จากผู้ป่วยหกรายที่ได้จากการจัดวางซีรั่ม ส่วนตัวเลขที่แสดงคือค่าความเข้มของแสงที่มีความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร ค่าสุดท้ายที่ชี้วัดผลลัพธ์ว่าเป็นผลบวก คือ ค่าความแตกต่างที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 ค่าความแตกต่างที่อยู่ระหว่างที่ 0.11 ถึง 0.19 จะเป็นผลคลุมเครือ ซึ่งจะไม่มีการชี้ผลแต่ต้องทำการทดสอบซ้ำ ส่วนผลการคำนวณที่ต่ำกว่า 0.10 ถือเป็นค่าลบ

โดยทั่วไปจะมีการตรวจซ้ำด้วยวิธี ELISA ให้กับผู้ป่วยที่มีผลเป็นบวกอีกครั้ง หากผลเลือดยังคงให้ผลเป็นบวก ผู้ป่วยจะถูกตรวจซ้ำด้วยการวิเคราะห์แบบ Western Blotting Analysis [3]

การควบคุมการทำงานเครื่องอ่านอีไลซ่าด้วยคอมพิวเตอร์

การควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่าโดยคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะ เนื่องจากการทำงานที่ไม่เหมือนกันของเครื่องอ่านอีไลซ่าต้นแบบสองแบบ คือ

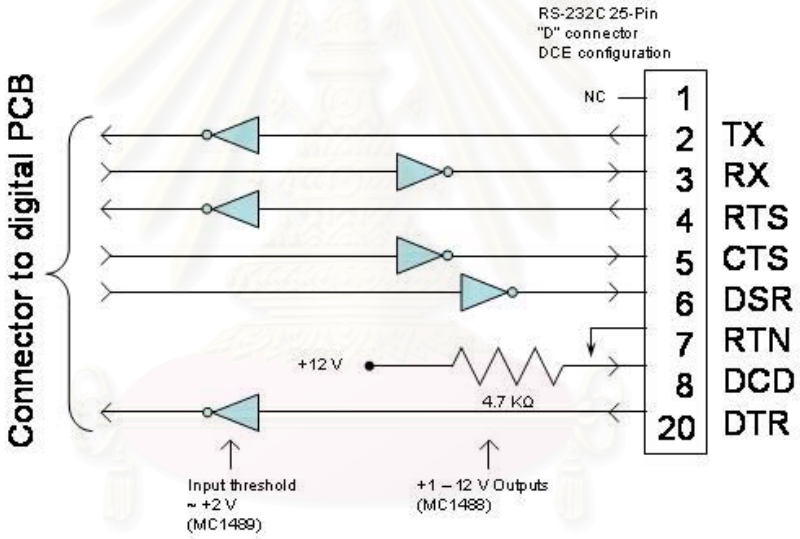
1. เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340
2. เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550 UV

เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340

เครื่องอ่านอีไลซ่า สามารถทำการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ด้วยสายเคเบิ้ล RS-232C ผ่านทางช่องทางอนุกรม(Serial Port) ด้วยความเร็วตั้งแต่ 300 ถึง 19200 บิตต่อวินาที แต่เครื่องอ่านจะสามารถสื่อสารสองทาง คือ รับและส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วไม่เกิน 2400 บิตต่อวินาที หากความเร็วสูงกว่านี้จะสื่อสารได้ทางเดียว คือ ส่งข้อมูลได้เท่านั้น เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 สามารถกำหนดให้สามารถรับและส่งข้อมูลได้ด้วยการส่ง XON(11h) เพื่อเปิดและทำการส่ง XOFF(13h) เพื่อทำการปิดการรับและส่งข้อมูลทางช่องทางอนุกรม นอกจากนั้นเครื่องอ่าน

ยังทำหน้าที่เป็น DCE (Data Control Equipment) คล้ายกับโมเด็ม โดยทำการรับข้อมูลทาง TX Pin (ขาที่ 2) และส่งข้อมูลทาง RX Pin (ขาที่ 3) [4] ซึ่งมีการทำงาน ดังรูปที่ 11 กล่าวคือ

1. เมื่อเครื่องอ่านอีไลซ่าถูกเปิด DSR Output (ขาที่ 6) และ DCD (ขาที่ 8) จะทำงาน (Active High)
2. หากเครื่องพร้อมที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูล เครื่องจะตรวจสอบการทำงานของ DTR Input (ขาที่ 20)
3. หาก DTR ไม่ทำงาน เครื่องจะไม่มีการรับหรือส่งข้อมูลใดๆ
4. หาก DTR ไม่ทำงานเกินกว่า 1 วินาที เครื่องอ่านอีไลซ่าจะกลับเข้าสู่สถานะพร้อมทำงาน (Ready)
5. หาก DTR ทำงานและเครื่องพร้อมที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูลแล้ว เครื่องจะกระตุ้นให้ CTS (ขาที่5) ทำงาน พร้อมกับตรวจสอบการทำงานของ RTS (ขาที่4) หลังจากที่ RTS ทำงานข้อมูลจึงจะถูกส่งออกไป



รูปที่ 11 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 [4]

การรับ-ส่งข้อมูลจะกระทำโดยสายอักขระ (Character Strings) ที่มีความยาว 96 ตัวอักษร โดยแต่ละสายอักขระจะประกอบด้วยจุลภาค (,) เครื่องหมายดังรูปที่ 12 และตัวเลข 4 หลัก ซึ่งจะแสดงค่าความเข้มของแสงที่อ่านได้ โดยไม่มีจุดทศนิยม (.) และจะทำการแทรกอักขระขึ้นต้นบรรทัดใหม่ (Carriage Return ,Line feed ; CR-LF) มาในสายอักขระทุกๆ 12 สาย พร้อมทั้งชื่อไฟล์ขนาด 6 ไบต์ หัวเรื่องของรายงานจำนวน 22 ไบต์ และวัน-เวลาจำนวน 23 ไบต์ และข้อมูลสุดท้ายที่บ่งบอกถึงการสิ้นสุดของข้อมูลคือ คอนโทรลแซด (^Z)

+	ค่าเป็นบวก ไม่ถูกกำหนดให้เป็นช่องว่าง (Blank Well)
-	ค่าเป็นลบ ไม่ถูกกำหนดให้เป็นช่องว่าง
*	ค่าเกินช่วง ไม่ถูกกำหนดให้เป็นช่องว่าง
P	ค่าเป็นบวก ถูกใช้เป็นช่องว่าง
M	ค่าเป็นลบ ถูกใช้เป็นช่องว่าง
O	ค่าเกินช่วง ถูกใช้เป็นช่องว่าง
(ช่องว่าง)	ผลลัพธ์ไม่ถูกอ่าน

รูปที่ 12 แสดงตัวอักษรที่ถูกกำหนดให้เป็นเครื่องหมาย

ส่วนอักขระพิเศษ เช่น * O หรือช่องว่าง จะตามด้วยอักขระชนิดเดียวกันอีก 4 ตัว เสมอ ดังรูปที่ 13

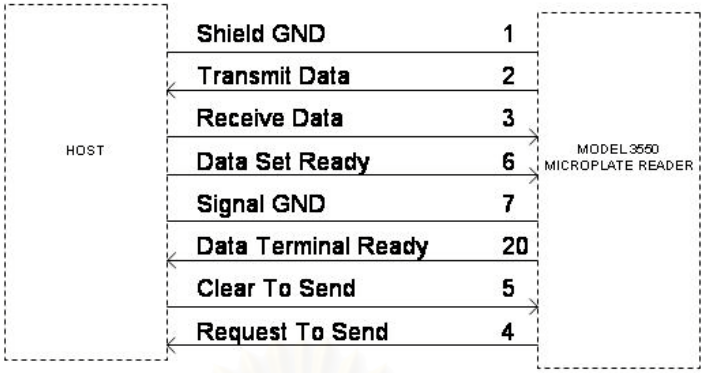
```
<RETURN>
,+1234,+1432,+0012,+0138,+0387,+0021,+0000,09924,-0006,+1234,+0982 [CR-LF]
,-0532,-0021,+1238,*****,+0987,+0765 …
        ,+1321,-0123,-0029,+0089,+0642,+0963,+3470,+2371,+0002,-0876,+1200,+1119 [CR-LF]
FILENAME [CR-LF]
REPORT TITLE [CR-LF]
MM/DD/YY HH:MM:SS.XX [CR-LF]
^Z
```

รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบที่มีอักขระพิเศษ เช่น * หรือ 0

เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550

เครื่องอ่านอีไลซ่า 3550 สามารถเก็บข้อมูลไว้ในตัวเครื่องได้ 25 ชุด โดยจะมีหมายเลขตามลำดับที่อ่าน คือ 1-25 หากหน่วยความจำเต็มสามารถเลือกการลบข้อมูลได้ทีละชุดหรือลบทั้งหมด การส่งข้อมูลจากเครื่องไปสู่คอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยผ่านทางช่องทาง RS-232C ที่ความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที บิตข้อมูล (Data bit) 8 บิต บิตหยุด (Stop bit) 1 บิต บิตภาวะคู่หรือคี่ (Parity bit) ไม่มีการควบคุมสายงาน (None flow control) โดยอักขระทั้งหมดต้องส่งในลักษณะของอักขระแอสกี้ (ASCII Character)

รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550 กับคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550 และคอมพิวเตอร์ [5]

การรับ-ส่งข้อมูลในเครื่อง ELISA Reader ยี่ห้อ BIO-RAD รุ่น 3550 [5] จะกระทำโดยสายอักขระ (Character Strings) ที่มีความยาว 75 ตัวอักษร ที่ขึ้นต้นด้วยชนิดของรายงาน หมายเลขของถาด วันที่ เวลา และความยาวคลื่นที่ใช้ จะเริ่มต้นข้อมูลด้วย .begin ที่เป็นส่วนเริ่มต้นของข้อมูล โดยแต่ละสายอักขระคั่นด้วยคอมม่า และตัวเลขทศนิยม 3 หลัก ซึ่งจะแสดงค่าความเข้มของแสงที่อ่านได้ โดยจะทำการแทรกอักขระขึ้นต้นบรรทัดใหม่มาในทุกๆ 12 สายอักขระ พร้อมทั้งข้อมูลสุดท้ายที่บ่งบอกถึงการสิ้นสุดของข้อมูลคือ .end ซึ่งหากส่งข้อมูลดังกล่าวออกทางเครื่องพิมพ์จะมีผลดังรูปที่ 15 สำหรับค่าที่อ่านแบบความยาวคลื่นเดียว (Single Wave) และดังรูปที่ 16 สำหรับค่าที่อ่านแบบสองความยาวคลื่น (Dual Wave)

Single Wavelength result format:

“Raw Data Report”<cr>

“Plate Number 01”<cr>

“Date 05/16/89”<cr>

“Time 10:36:57”<cr>

“Measurement filter 405 nm.”<cr>

<cr> or “Plate ID Number 12345” <cr> if bar code reader is installed

“.begin”<cr>

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

.

.

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

“.end” <cr>

<cr>

รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างรายงานการวัดค่าแบบหนึ่งความยาวคลื่น

Dual Wavelength result format:

“Raw Data Report”<cr>

“Plate Number 02”<cr>

“Date 05/16/89”<cr>

“Time 10:43:05”<cr>

“Measurement filter 405 nm.”<cr>

“Reference Filter 655 nm.”<cr>

<cr> or “Plate ID Number 12345” <cr> if bar code reader is installed

“.begin”<cr>

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

.

.

“0.234 0.143 0.012 0.038 0.087 0.021 0.009 0.002 0.006 0.034 0.082” <cr>

“.end” <cr>

<cr>

รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างรายงานการวัดค่าแบบสองความยาวคลื่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์บุคคล (Personal Computer) เข้ามาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่นที่ไม่ใช่เป็นอุปกรณ์รอบข้าง (Peripheral) อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ตั้งแต่ปี 1990 เป็นต้นมา

กองทัพอากาศสหรัฐโดย Dan W. Christenson ได้ทำวิจัยการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) ไปต่อประสานเครื่องบินทั้งที่ใช้ในการทหารและการค้า เพื่อหาแนวทางในการต่อประสานระหว่างผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างของอายุการใช้งาน(Life Cycle) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ที่มีอายุการใช้งานสิบแปดเดือนและระบบอาวุธ (Weapon System LRU) ที่มีอายุการใช้งานถึงยี่สิบปี ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ เพราะระบบอาวุธที่ใช้งานอยู่ส่วนใหญ่จะถูกพัฒนาสำหรับการทำงานแบบอนาลอกที่ทำงานด้วยสวิทช์และรีเลย์ที่มีมาตรฐานทั้ง IEEE488, RS232, RS422, MIL-STD-1553 และมาตรฐานเฉพาะตัว (Unique) โดยร้อยละหกสิบเป็น MIL-STD-1553 ร้อยละยี่สิบเป็น IEEE488, RS232, RS422 ส่วนการเชื่อมต่อแบบ Unique จะใช้ในการต่อประสานของ Micro-processor และหน่วยความจำ ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกวิธีการต่อประสานที่มีใช้งานอยู่คือ SCSI, Ethernet, Firewire, MIL-STD-1553 และ USB โดยต้องมีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลไม่น้อยกว่า 1 เมกกะบิตต่อวินาที และมีมาตรฐานเป็นหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก ซึ่งพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเ ตอร์เป็นส่วนที่ได้รับการคัดเลือกพร้อมกับ MIL-STD-1553 จากนั้นจึงทำการพัฒนาส่วนต่อประสานออกเป็นสองชนิด คือ ส่วนต่อประสานที่เป็น Unique และส่วนต่อ

ประสานที่เป็น 1553 เชื่อมระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และ LRU โดยผลจากการพัฒนาดังกล่าวถูกนำไปใช้ในกองทัพอากาศสหรัฐ และยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยพันธมิตรของสหรัฐ [6]

ในปี 1994 Daging Lu แห่ง T.S.A. Inc. ได้ทำการวิจัยในการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ HP- Basic และใช้แอปพลิเคชั่นที่พัฒนาด้วยภาษา HP-Basic ในการควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบ (Test Station) ผ่านการต่อประสานแบบ HP-IB โดยเครื่องทดสอบที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบปัญหาการทำงานทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของ HP อยู่ภายใต้การทดสอบด้วยใช้โปรแกรมทดสอบสมรรถนะ (Performance Test Program) การลูปแบบไม่รู้จบ (Infinite Loop) ในรูทีนทดสอบบนเครื่องทดสอบ ส่วนปัญหาในระดับ System จะใช้การจำลองการทำงานภายใต้เงื่อนไขต่างๆ แทน เพื่อปรับแต่งให้ผลิตภัณฑ์ให้ทำงานได้อย่างเที่ยงตรง โดยมิได้กล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น[7]

ในปี 2000 บริษัท Labtronics Inc. ได้ทำการวิจัยในการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดพกพามาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ประเภท ชั่ง ตวง วัด (Balance and Scale) แทนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะที่มีราคาแพงและใช้เนื้อที่ในการวางมากกว่า โดยมีหลักในการพัฒนา 4 ประการ ประการแรกคือ ความเข้ากันได้ (Compatibity) ของซอฟต์แวร์กับแอปพลิเคชั่นและระบบปฏิบัติการที่มีในห้องปฏิบัติการ (Lab) ประการที่สอง คือ ความง่ายต่อการใช้งาน (Ease of use) ประการที่สาม ความยืดหยุ่น (Flexibility) กล่าวคือ จะต้องสามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไปใน Lab และประการสุดท้าย คือ ความสามารถในการติดต่อสองทาง (Bi-directional communication) กล่าวคือจะต้องสามารถสั่งงานและรับข้อมูลของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งจากหลักดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (Pocket PC)ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows CE เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เข้ากันได้กับแอปพลิเคชั่นบนเครื่องตั้งโต๊ะ ความสามารถในการบันทึกค่าที่ใช้ในการติดตั้งของเครื่องมือ (Instrument Setup)ความสามารถในการถ่ายโอน (Transfer)ค่าที่ใช้ในการติดตั้งของเครื่องมือไปสู่เครื่องอื่นๆ มีระบบการวิเคราะห์ที่สามารถจัดการข้อมูลที่สลับซับซ้อนได้ และความสามารถในการติดต่อแบบสองทางกับเครื่องมือ โดยการติดต่อจะกระทำผ่านสาย RS-232 ที่ทำการเชื่อมพอร์ตอนุกรมของเครื่องมือวิทยาศาสตร์เข้ากับแท่นวาง (Cradle) ของ Pocket PC เพื่อให้สามารถย้ายไปใช้งานได้กับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้หลายๆเครื่องได้สะดวกมากยิ่งขึ้น [8]

จากการสำรวจซอฟต์แวร์ต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าทั้งที่มีใช้งานอยู่ในหน่วยงานของผู้วิจัยและค้นคว้าเพิ่มเติมจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ต พบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ซอฟต์แวร์ที่ผลิตโดยเจ้าของผลิตภัณฑ์
2. ซอฟต์แวร์ที่ผลิตโดยผู้ที่ไม่ใช้เจ้าของผลิตภัณฑ์

ซอฟต์แวร์ที่ผลิตโดยเจ้าของผลิตภัณฑ์

ซอฟต์แวร์ประเภทนี้จะจำหน่ายมาพร้อมกับเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยมีคุณสมบัติที่สามารถสั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีเครื่องหมายการค้า (Trademark) เดียวกันได้หลายรุ่นและมีลักษณะการใช้งานที่ค่อนข้างง่าย มีรูปแบบของรายงานหลากหลายรูปแบบทั้งรายงานผลการวิเคราะห์ รายงานการแปลผลการวิเคราะห์ และรายงานที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เช่น รายงานวงล้อกรอง (Filter Wheel) ว่าจะประกอบด้วยตัวกรองที่มีความยาวของคลื่นแสงต่างๆกันจำนวนกี่ตัวในวงล้อ เป็นต้น โดยไม่ต้องใช้ซอฟต์แวร์ช่วยเสริมการทำงาน ตัวอย่างของซอฟต์แวร์ในประเภทนี้ ได้แก่

โปรแกรม KinetiCalc for DOS ของ BIO-TEK Instruments Inc. โปรแกรมนี้ทำการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการ DOS มีความสามารถในการทำงานได้ทั้งแบบอ่านค่าหนึ่งครั้งในหนึ่งช่วงเวลา (End Point) ที่จะมีการวัดค่าความเข้มข้น (Optical Density: OD) เพียงหนึ่งครั้งโดยอาจเป็นการวัดระหว่างที่กำลังเกิดสีของปฏิกิริยาหรือวัดเมื่อปฏิกริยาเสร็จสิ้น และแบบ Kinetic ที่จะมีการวัดค่า OD หลายครั้งในระหว่างการเกิดปฏิกริยา โปรแกรมถูกออกแบบมาเพื่อเก็บข้อมูลจากไมโครเพลตที่มีแมทริกซ์ขนาด 8 x 12 หรือจากโปรแกรม โดยเก็บไว้เป็นไฟล์เพื่อนำมาใช้จัดการประมวลผลหรือจัดรูปแบบการนำเสนอต่อไป ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบการจัดข้อมูลในโปรโตคอลและเรียกข้อมูล ได้แก่ค่า OD 96 ค่า วันที่และเวลาที่อ่าน โปรแกรมช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียกข้อมูลจากเครื่องอ่านอีไลซ่าลงดิสก์เก็ต นำข้อมูลจากไฟล์มาประมวลผล แสดงผลการอ่านบนจอภาพหรือเครื่องพิมพ์เป็นแมทริกซ์ 8 x 12 ตรวจรายการข้อมูลในดิสก์ ทำสำเนา ลบข้อมูล เปลี่ยนรูปข้อมูลให้สามารถนำไปใช้งานกับ Spread Sheet เช่น Lotus123 หรือโปรแกรมทางสถิติ เช่น VisiCalc เป็นต้น คำนวณค่าเฉลี่ย(Mean), ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD), ค่าความแปรปรวน Variance และสัมประสิทธิ์แห่งการกระจาย (Coefficient of Valiation: CV) กำหนดสูตรในการวิเคราะห์ค่า OD เป็นรายหลุม แก้ไขค่า OD จากเครื่องอ่านได้ แสดงผลหรือพิมพ์ผลในรูปแบบของกราฟ บันทึก เรียกใช้งานและแก้ไข เท็มเพลต, ไฟล์โพรโตคอล แก้ไขข้อมูลที่ใช้ในการอ่านค่าหลายครั้งในหนึ่งช่วงเวลา(Kinetic) หรือแบบอ่านค่าหนึ่งครั้งในหนึ่งช่วงเวลา (End Point) คำนวณสมการความถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) หรือสมการความถดถอยกำลังสอง (Quadratic Regression) [9]

โปรแกรม Microplate Manager/PC Data Analysis ของ BIO-RAD Laboratories เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถทำงานได้ทั้งการอ่านผลแบบ End Point และ Kinetic สามารถเชื่อมต่อและควบคุมการทำงานเครื่องอ่านอีไลซ่าของ BIO-RAD รุ่น 3550 และ 450 สามารถเลือกการทำงานได้ทั้งแบบ Single Wavelength และ Dual Wavelength การป้อนข้อมูลสามารถทำได้ทั้งการป้อนด้วยมือ การนำเข้าข้อมูลที่เป็นไฟล์และการนำเข้าข้อมูลผ่านพอร์ทสื่อสาร การแสดงผลการอ่านค่า OD สามารถแสดงได้ทั้งผลจากการคำนวณและการสร้างกราฟใน

คำนวณสมการความถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) หรือสมการความถดถอยกำลังสอง (Quadratic Regression) [10]

โปรแกรม LAMDA KC4 KinetiCalc for Windowsของ MWG Biotech AG โปรแกรม KC4 เป็นเวอร์ชั่นที่พัฒนามาจากโปรแกรม KinetiCalc for DOS ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถทำงานประยุกต์ทางได้หลายอย่าง เช่น งานวิจัย งานที่เกี่ยวกับ DNA งานที่เกี่ยวกับ Fluorescent Assay งานอุตสาหกรรมทางชีววิทยา งานด้านเภสัชกรรม และงานพัฒนาทั่วไป โปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่าของ BIO-TEK ได้ทุกรุ่น สามารถกำหนดและควบคุมการเลือกใช้ตัวกรองคลื่นแสง การเขย่า (Shaking) การฟักตัว(Incubation) การอ่านค่า OD แบบอ่านค่าหลายครั้งในหนึ่งช่วงเวลา (Kinetic) การป้อนค่าด้วยมือ การทดสอบการวิเคราะห์ของเครื่องอ่าน มีทางเลือกสำหรับการป้องกันการแก้ไขเพื่อป้องกันโปรโตคอล อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถสร้างการป้อนข้อมูลในแบบกราฟิกโดยการทำ Auto-replicate การทำ Auto-fill การทำ Auto-Factor การควบคุมและการประเมินค่า การแสดงเส้นโค้งของตัวอย่างและการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง สร้างสูตรการคำนวณสำหรับการทำงานกับข้อมูลดิบ การป้อนรหัสของตัวอย่างด้วยมือหรือจากการนำเข้า ขยายความสามารถทางด้านกราฟ เช่น Linear, Log และ Point-to-Point อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถปรับรูปแบบของการแสดงผลและการพิมพ์รายงาน เช่น การเข้าถึงผลลัพธ์ที่มีทั้งหมด(ค่า OD ที่วัดได้ ค่า OD ที่แปลงแล้ว การคำนวณแบบ Kinetic ความเข้มข้น รูปแบบการวางของเท็มเพลต ข้อมูลทางสถิติของตัวอย่างหรือค่าควบคุม)จากหน้าจอเดียว และความสามารถในการทำ Masking และการคำนวณซ้ำ การแสดงผลการอ่านปฏิกิริยา Kineticแบบทันที (Real-time) การขยายข้อมูลในแต่ละหลุม การสร้างทางเลือกในการแสดงบนจอภาพของค่าควบคุมและค่าตัดสิน(Positive, Negative, Equivocal and Cut-Off Value) การสร้างทางเลือกในการสร้างความน่าเชื่อถือของค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) การสร้างรายงานได้เองโดยผู้ใช้ รวมถึงการส่งออกข้อมูลและการสร้างเครือข่าย [11]

ซอฟต์แวร์ที่ผลิตโดยผู้ที่ไม่ใช่เจ้าของผลิตภัณฑ์

ซอฟต์แวร์ประเภทนี้ผลิตโดยผู้ผลิตอิสระที่อาจเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้งานเครื่องฯ และมีความรู้ทางด้านการโปรแกรมบ้าง จึงสร้างซอฟต์แวร์ขึ้นมาทดแทนซอฟต์แวร์จากผู้ผลิตที่ตกรุ่นหรือไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองได้ หรืออาจเป็นบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ ที่ใช้ความได้เปรียบของตนในด้านซอฟต์แวร์ทำให้สามารถใช้งานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าได้หลายรุ่นและหลายเครื่องหมายการค้า มีรูปแบบรายงานผลการวิเคราะห์ที่หลากหลายยิ่งกว่าแต่อาจไม่มีรายงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ โดยอาจต้องการซอฟต์แวร์อื่นเป็นส่วนช่วยเสริมการทำงาน เช่น Microsoft Excel เป็นต้น ตัวอย่างของซอฟต์แวร์ในประเภทนี้ ได้แก่

โปรแกรม Titri ของนาย Gestur Vidarsson ชาวเนเธอร์แลนด์ ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows พัฒนาโดยภาษา Visual Basic ปัจจุบันคือ เวอร์ชั่น 5.04 เป็นโปรแกรมที่อนุญาตให้ใช้โดยไม่คิดมูลค่า มีความสามารถในการทำงานค่อนข้างครบถ้วน กล่าวคือ สามารถกำหนดการจัดวางได้จากไฟล์และการป้อนด้วยมือ การรับค่า OD จากเครื่องอ่านอีไลซ่า จากไฟล์และจากการป้อนด้วยมือ การคำนวณค่าความเข้มข้น การสร้างกราฟ สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่าได้ 2 รุ่น คือ Biotek EL808 และ Titertek Multiscan มีความสามารถในการรอรับข้อมูลที่ส่งมาจากพอร์ทสื่อสารโดยไม่ต้องมีการควบคุมเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความสามารถในการพิมพ์ค่า OD ค่าความเข้มข้นและกราฟ [12]

โปรแกรม ProCheck จาก BIOCOR Animal Healthทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยถูกออกแบบมาให้ใช้งานโดยเฉพาะกับงานทางด้านปศุสัตว์ โปรแกรมสามรถควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่าได้หลายยี่ห้อ เช่น BIO-TEK, DynaTech เป็นต้น ได้ ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่าได้เองโดยกดปุ่ม Start และปุ่ม Stop ทั้งการอ่านค่า OD ในแบบ End Point และแบบ Kinetic สามารถป้อนข้อมูลของตัวอย่างได้ด้วยมือ สามารถป้อนข้อมูลการจัดวางทั้งจากไฟล์และการป้อนด้วยมือ สามารถกำหนดค่า Threshold ที่จะทำให้เครื่องอ่านอีไลซ่าดีด (Eject) ไมโครเพลตออกเมื่อมีค่าของค่าควบคุมในการอ่านค่า OD เฉลี่ยที่เกิน Threshold ที่กำหนดไว้ [13]

โปรแกรม ELISA eq ของ COMPUTER CENTER, INSTITUTE OF MICROBIAL TECHNOLOGY, CHANDIGARH, INDIA. เป็นโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษา GWBASIC มีความสามารถในการพิมพ์ข้อมูลการอ่านค่า OD ในแบบ 8 x 12 การพิมพ์ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่มีการทำซ้ำ (Replicate) การคำนวณค่า Logarithmic Linear Range การ Derive สูตรคำนวณ Linear Interpolation และ Hyperbolic Interpolation การคำนวณค่าความสามารถ ค่าความแบนและสัญญาณสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า การคำนวณค่าความเข้มข้นสำหรับตัวอย่าง [14]

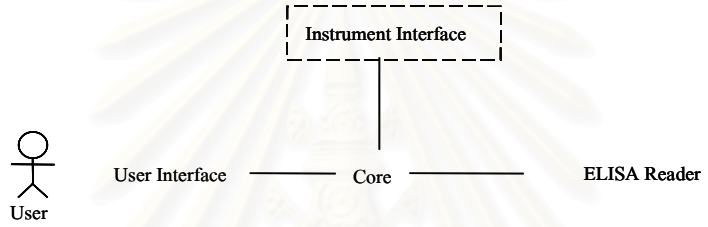
โปรแกรม ELISA Calc Lite ของ Customized Applications, Inc. โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นมาโดยอาศัย Worksheet ของ Microsoft Excel ในการแสดงผลการอ่านค่า OD ที่อาจอ่านได้จากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร สามารถกำหนดค่าของพอร์ทสื่อสารได้จากโปรแกรม การอ่านจากไฟล์ การป้อนค่าด้วยมือ หรือจากการสร้างค่าอัตโนมัติโดยโปรแกรมเอง สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่าได้ 3 ยี่ห้อ คือ BioTek, TiterTek และ DynaTech ไม่สามารถแปลผล (Assay)ได้ สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้แบบเต็มรูปแบบเป็นเวลา 60 วัน โดยไม่ต้องลงทะเบียน โปรแกรมจะหมดอายุการทำงานในวันที่ 11 กันยายน 2545 สำหรับ Version 4.0 [15]

โปรแกรม ELISA Calc ของ Customized Applications, Inc.เป็นเวอร์ชั่นสมบูรณ์แบบของผู้พัฒนาที่มีความสามารถในการทำงานของ ELISA Calc Lite เป็นอย่างน้อยพร้อมคุณสมบัติในการควบคุมการใช้งานโปรแกรมและการเข้าถึงข้อมูล โดยไม่ต้องพึ่งพาโปรแกรม Microsoft Excel [16]

บทที่ 3

การออกแบบซอฟต์แวร์

จากการศึกษาซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่าในบทที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบซอฟต์แวร์การต่อประสานที่จะทำการวิจัย โดยกำหนดให้ผู้ใช้ทำการสั่งงานซอฟต์แวร์ผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ส่วนติดต่อผู้ใช้จะสั่งงานไปยังส่วนหลัก (Core) ให้ทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ ส่วนหลักจะทำงานโดยอาศัยส่วนต่อประสานเครื่องมือในการอ่านคำสั่งที่จะใช้ในการสั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แสดงแนวคิดในการพัฒนา หลังจากการเข้ารหัส

การออกแบบซอฟต์แวร์คำนึงถึงความสามารถของซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาการต่อประสานสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่าอื่นๆ จะต้องใช้ไฟล์ข้อความที่กำหนดรูปแบบไว้แล้วเท่านั้น
2. การทำงานของซอฟต์แวร์จะต้องสามารถรับข้อมูลค่า OD ได้จากการป้อนผ่านแป้นพิมพ์ การเปิดจากไฟล์ที่มีรูปแบบตามที่ซอฟต์แวร์กำหนด และการรับข้อมูลที่ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) หรือช่องว่างคั่นระหว่างข้อมูลผ่านพอร์ทสื่อสาร ซึ่งต่อประสานโดยตรงกับเครื่องอ่านอีไลซ่า
3. การสั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่าให้สามารถทำการอ่านค่า OD ในแบบความยาวคลื่นเดี่ยว (Single Wavelength) ได้
4. การคำนวณค่าทางสถิติของค่า OD ของ Sample จะต้องสามารถคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ได้
5. การแปลผลค่า OD จะต้องสามารถทำได้ทั้งแบบใช้ค่าปรับให้เป็นมาตรฐาน (Calibrator) คำนวณร่วมและแบบใช้ค่าความแตกต่างระหว่างแอนติเจนและค่าควบคุม (Delta) ในการแปลผลได้

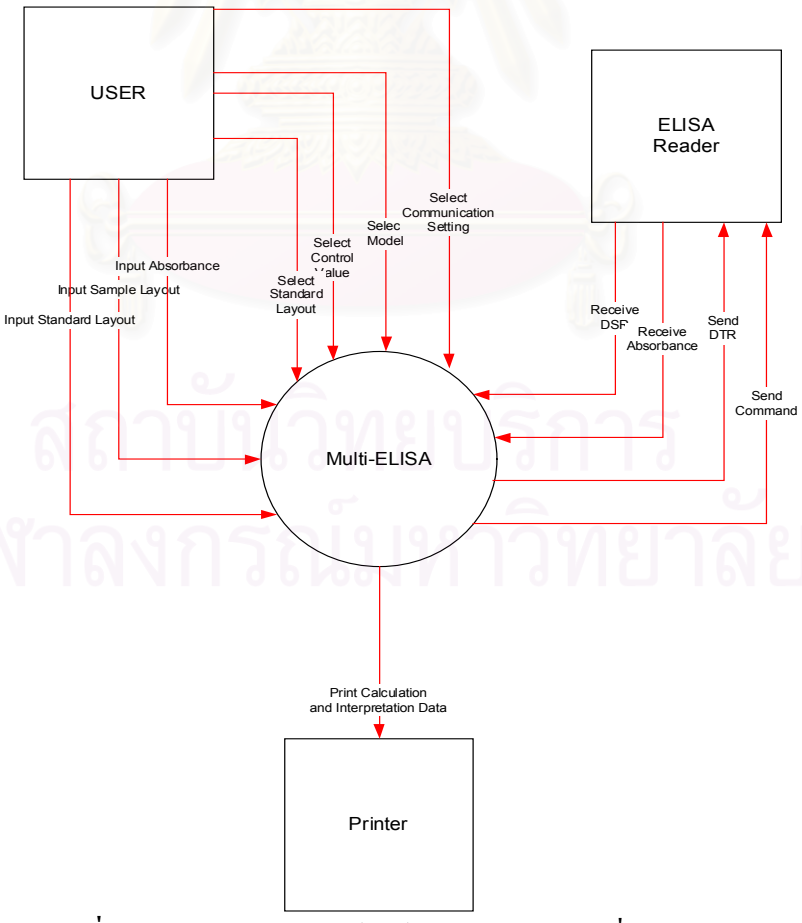
โดยกำหนดขั้นตอนการออกแบบซอฟต์แวร์ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การออกแบบกระบวนการ (Process Design)
2. การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface Design)
3. การออกแบบไฟล์ข้อมูล (Data File Design)

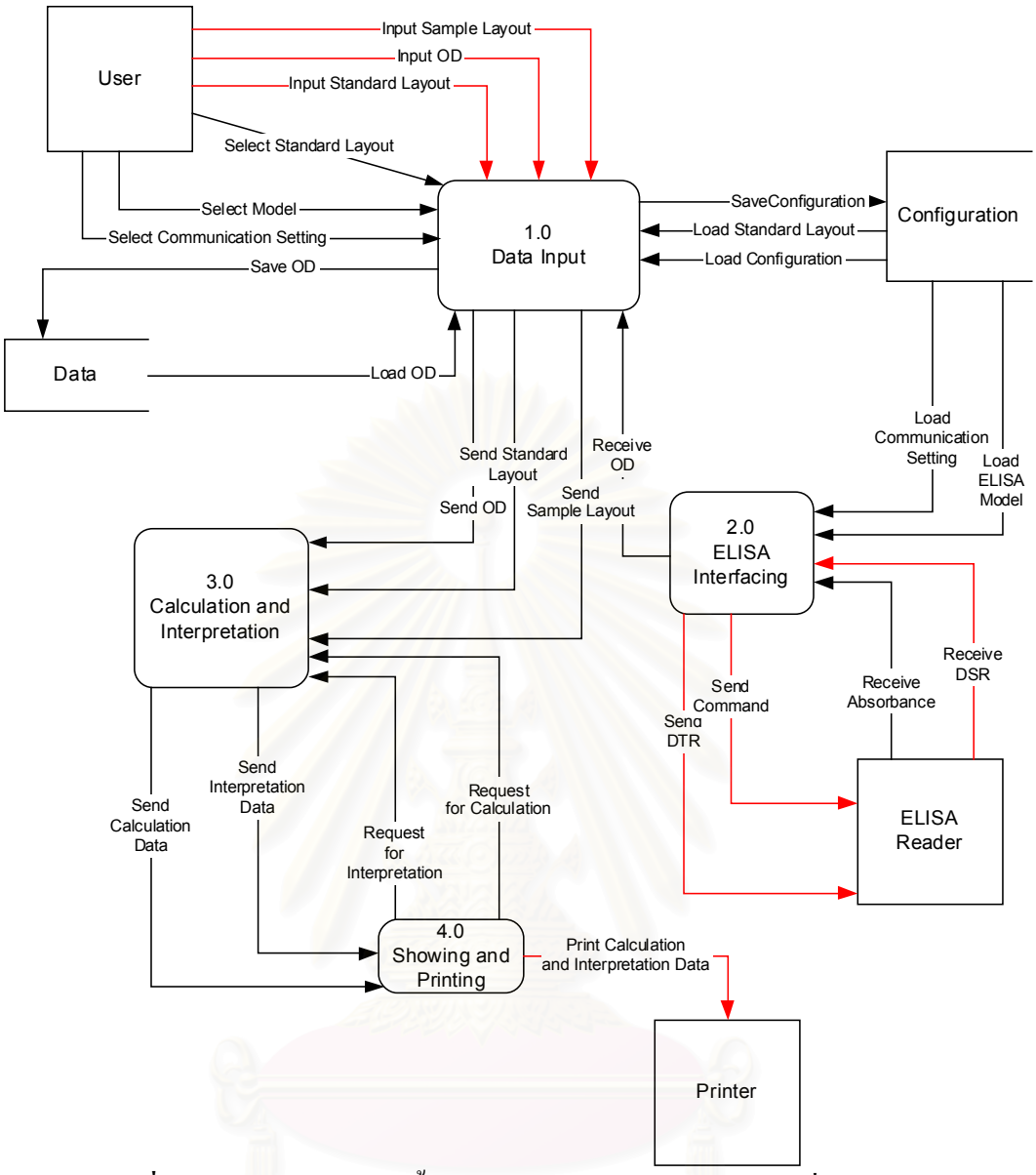
ออกแบบกระบวนการ (Process Design)

ในการออกแบบกระบวนการของซอฟต์แวร์ ได้อาศัยแผนภูมิการเคลื่อนไหวของข้อมูล (Data Flow Diagram) เป็นเครื่องมือในการออกแบบ โดยภาพรวมของซอฟต์แวร์ต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า แสดงดังรูปที่ 18 และแสดงกระบวนการทั้งหมดในรูปที่ 19 ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบให้ซอฟต์แวร์มีกระบวนการทั้งสิ้น 4 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการรับข้อมูลเข้า (Data Input)
2. กระบวนการต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Interfacing)
3. กระบวนการคำนวณและแปลผล (Calculation and Interpretation)
4. กระบวนการแสดงผลและการพิมพ์ (Showing and Printing)



รูปที่ 18 ภาพรวมของซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า



รูปที่ 19 แสดงกระบวนการทั้งหมดของซอฟต์แวร์ต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า

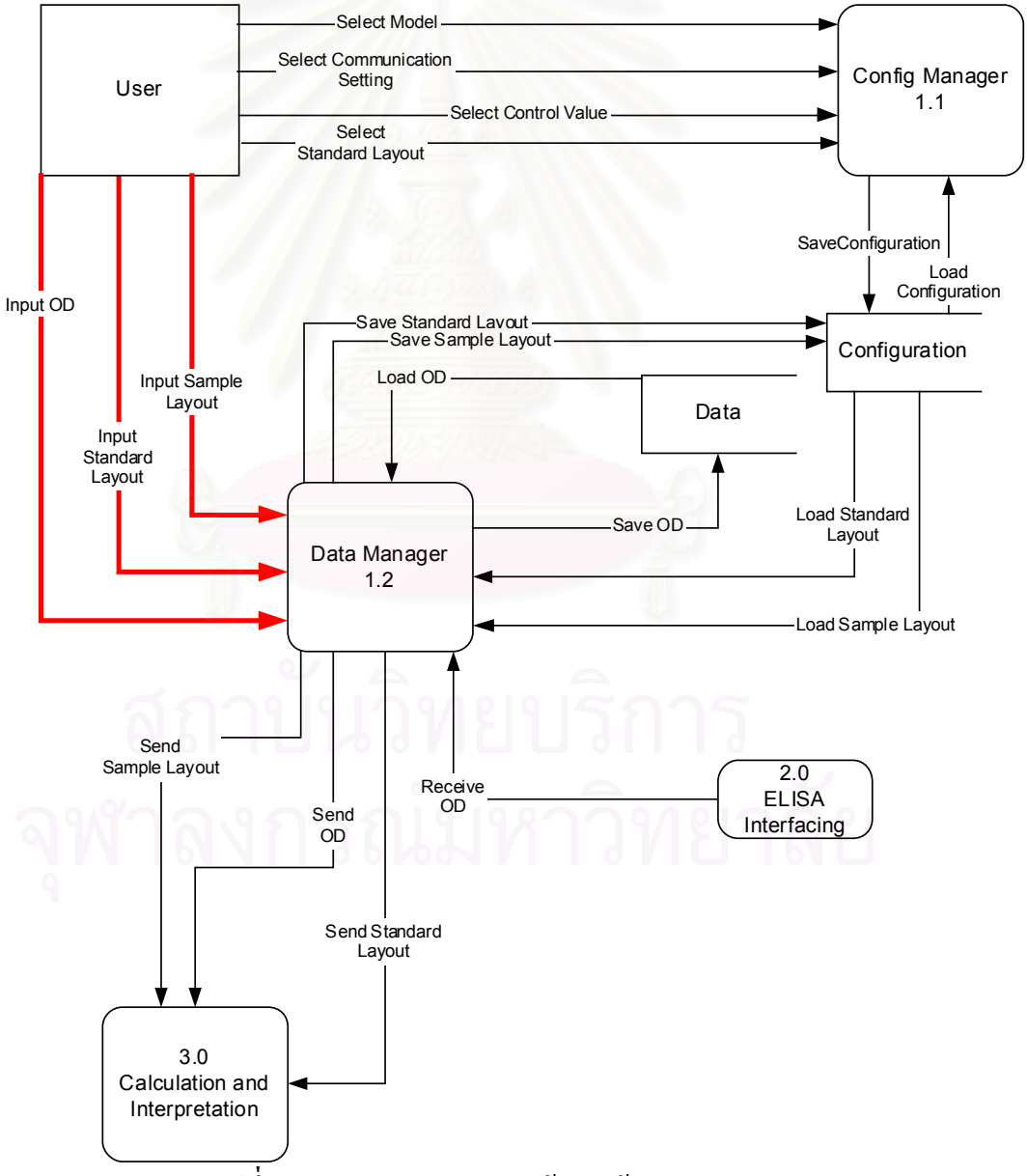
กระบวนการรับข้อมูลเข้า (Data Input)

กระบวนการรับข้อมูลเข้า ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำงานของซอฟต์แวร์ทั้งจากการป้อนข้อมูลโดยผู้ใช้ การอ่านไฟล์ข้อมูลจากฮาร์ดดิสก์ และการรับข้อมูลจากพอร์ทสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่ 20 ดังมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตัวจัดการคอนฟิก (Config Manager) คอนฟิกในที่นี้หมายถึง ไฟล์ข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานของซอฟต์แวร์ต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า หลังจากการเรียกใช้งานซอฟต์จะเรียกไฟล์ที่เคยใช้งานในครั้งก่อนขึ้นมาทันที ซึ่งประกอบด้วย ไฟล์คำสั่งที่ใช้สั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า (Model) ไฟล์รูปแบบการจัดวางของค่าควบคุม (Standard Layout) ไฟล์รูปแบบการจัดวางของตัวอย่าง (Sample Layout) ไฟล์เก็บเกณฑ์ของค่าควบคุมและค่าตัดสิน (Control Value) ไฟล์สำหรับตั้งค่าการ

สื่อสาร (Communication Setting) โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้หรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขไฟล์ที่ใช้งานทั้งหมดได้ เมื่อเลิกใช้งานซอฟต์แวร์ตัวจัดการคอนฟิกจะเก็บเส้นทางของไฟล์คอนฟิกที่ใช้งานลงไฟล์ก่อนที่จะเลิกการทำงาน

ตัวจัดการข้อมูล (Data Manager) ข้อมูลในที่นี้หมายถึง รูปแบบการจัดวางของค่าควบคุม รูปแบบการจัดวางของตัวอย่างที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นใหม่ ค่าความเข้มข้นของแสง (OD) ที่อ่านได้จากเครื่องอ่านอีไลซ่าหรือจากไฟล์หรือจากการป้อนของผู้ใช้ โดยตัวจัดการข้อมูลสามารถรับข้อมูลจากผู้ใช้โดยตรงผ่านแป้นพิมพ์ รับข้อมูลจากไฟล์ที่มีรูปแบบตามที่กำหนดไว้ตามภาคผนวก ค หรือรับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ในการส่งรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุม รูปแบบการจัดวางของตัวอย่างและค่า OD ไปให้กระบวนการคำนวณและแปลผล เพื่อทำในส่วนที่เกี่ยวข้อง



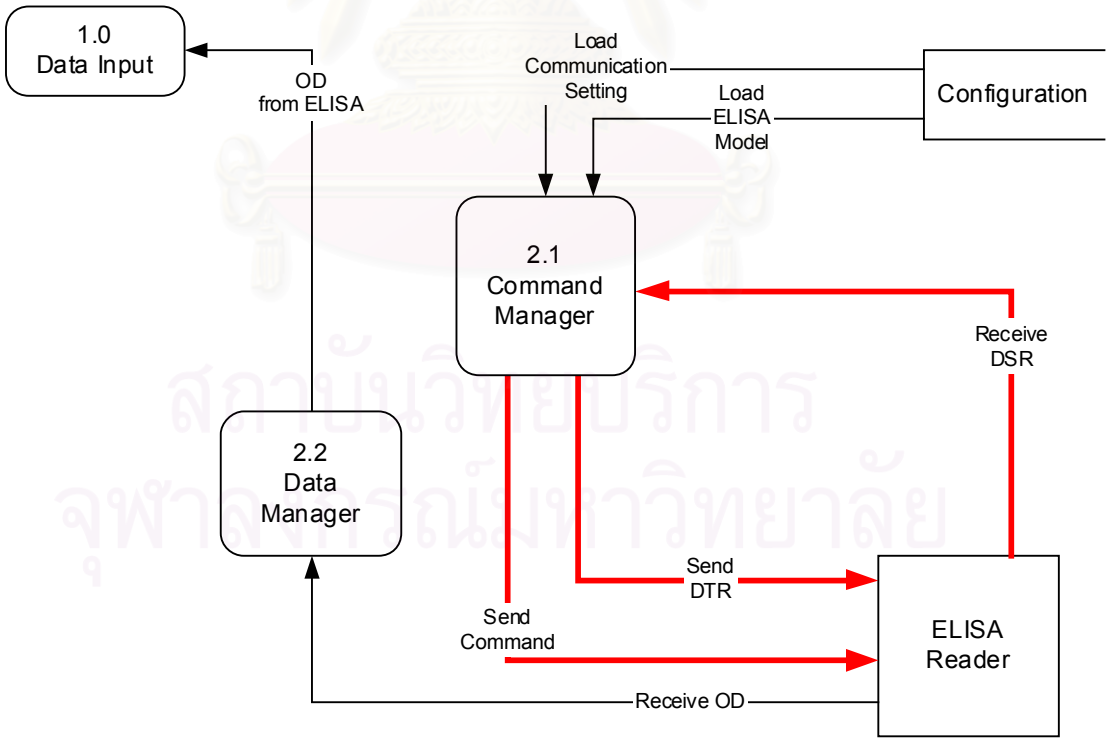
รูปที่ 20 แสดงกระบวนการรับข้อมูลเข้า (Data Input)

กระบวนการต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Interfacing)

กระบวนต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า ทำหน้าที่ในการตรวจสอบพอร์ทสื่อสาร ตรวจสอบการต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่า อ่านคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่า และส่งคำสั่งนั้นๆ ให้เครื่องอ่านอีไลซ่า ดังรูปที่ 21 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตัวจัดการคำสั่ง (Command Manager) คำสั่งในที่นี้หมายถึง คำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยตัวจัดการจะทำหน้าที่ในอ่านไฟล์สำหรับตั้งค่าการสื่อสาร เพื่อกำหนดความเร็วและรูปแบบในการสื่อสารกับพอร์ทสื่อสาร จากนั้นทำการส่งสัญญาณ DTR (Data Terminal Ready) ออกไปที่พอร์ทสื่อสาร เพื่อบอกให้เครื่องอ่านอีไลซ่าทราบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมทำงานแล้ว จากนั้นจึงตรวจสอบความพร้อมของเครื่องอ่านอีไลซ่าจากสัญญาณ DSR (Data Set Ready) หากได้รับสัญญาณ DSR ตัวจัดการคำสั่งจะส่งคำสั่งที่ใช้สั่งงานให้แก่เครื่องอ่านอีไลซ่าต่อไป

ตัวจัดการข้อมูล (Data Manager) ข้อมูลในที่นี้หมายถึง ค่าความเข้มข้นของแสง (OD) ที่ถูกส่งมาจากเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยตัวจัดการข้อมูลจะทำหน้าที่ในการคำนวณและแปลงรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ซอฟต์แวร์กำหนด และส่งต่อข้อมูลที่มีรูปแบบตามที่ซอฟต์แวร์กำหนดให้กระบวนรับข้อมูลเข้าต่อไป



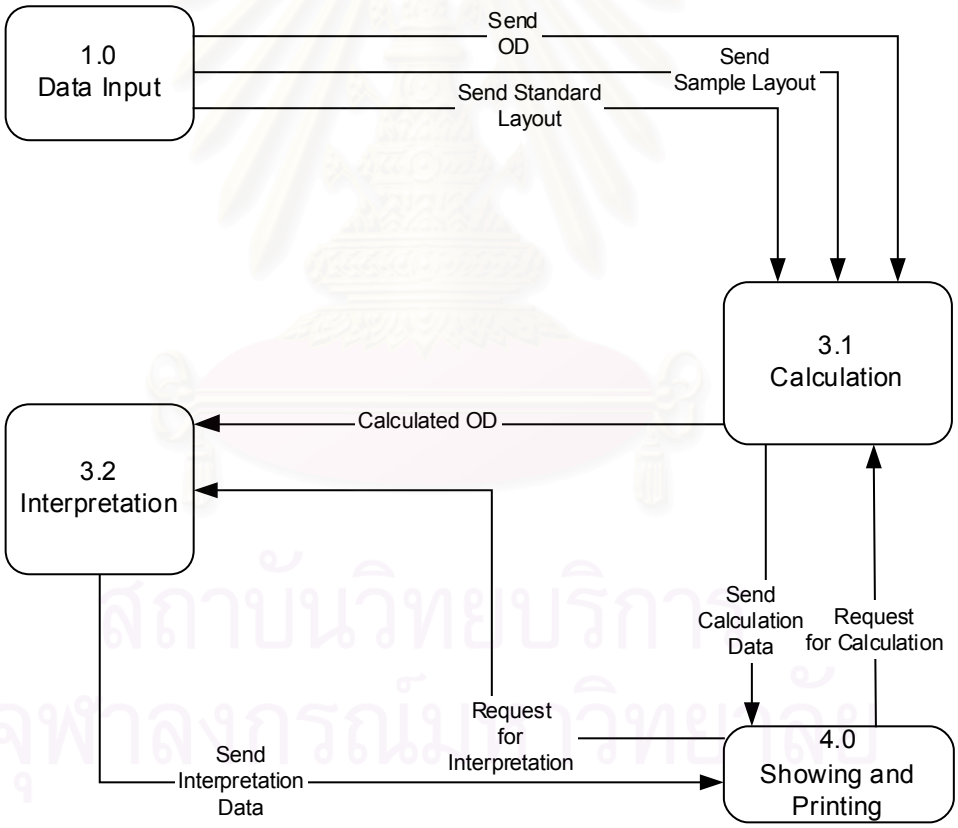
รูปที่ 21 แสดงกระบวนการของกระบวนการต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Interfacing)

กระบวนการคำนวณและแปลผล (Calculation and Interpretation)

กระบวนการคำนวณและแปลผล ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลการจัดวางและค่า OD จากส่วนรับข้อมูลมาทำการคำนวณและแปลผลตามวิธีการแปลผลที่ผู้ใช้ระบุ แล้วส่งให้ส่วนแสดงผลและการพิมพ์ต่อไป ดังรูปที่ 22 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวคำนวณ (Calculation) ทำหน้าที่ในการคำนวณค่า OD ที่ถูกส่งมาจากกระบวนการรับข้อมูลเข้า โดยเปรียบเทียบตำแหน่งของค่า OD ทั้งจากรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุมและรูปแบบการจัดวางของตัวอย่าง จากนั้นจึงส่งค่า OD ที่คำนวณเสร็จแล้วให้ตัวแปลผลต่อไป นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ในการส่งค่า OD ที่คำนวณเสร็จแล้วให้แก่กระบวนการแสดงผลและการพิมพ์เมื่อได้รับการร้องขอ

ตัวแปลผล (Interpretation) ทำหน้าที่ในการแปลผลค่า OD ที่ผ่านการคำนวณแล้วที่ถูกส่งมาจากตัวคำนวณ โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในไฟล์เก็บเกณฑ์ของค่าควบคุมและค่าตัดสิน (Control Value) และส่งผลการแปลผลให้กระบวนการแสดงผลและการพิมพ์เมื่อได้รับการร้องขอ



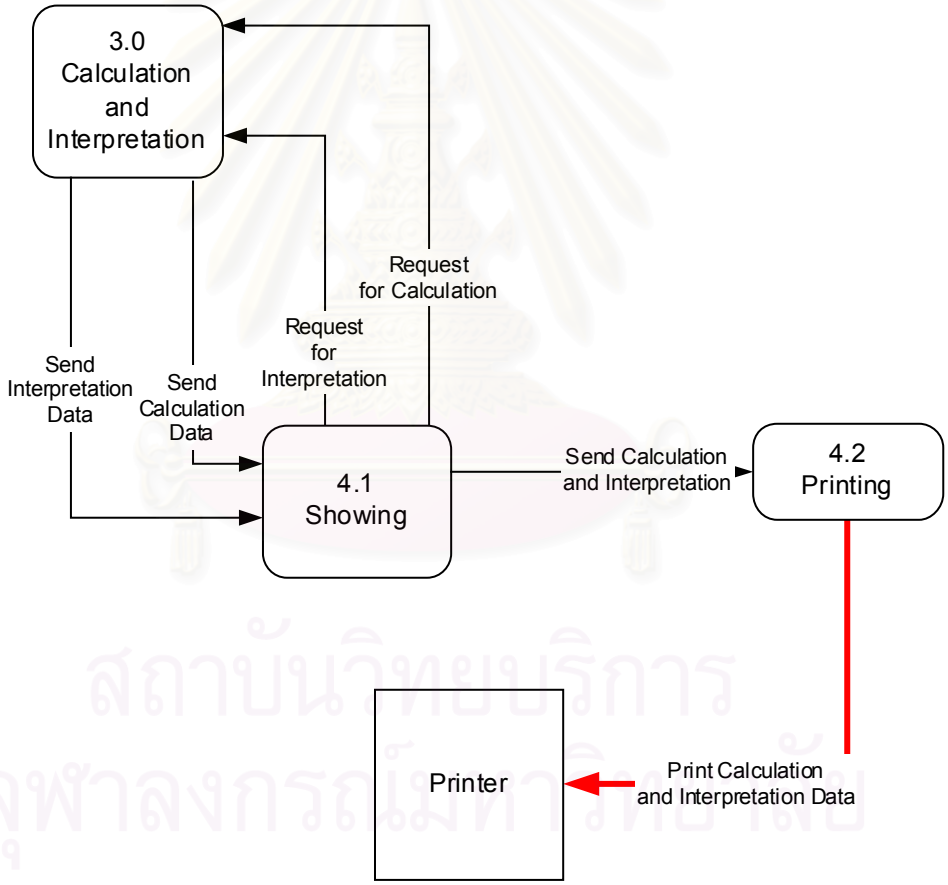
รูปที่ 22 แสดงกระบวนการคำนวณและแปลผล (Calculation and Interpretation)

กระบวนการแสดงผลและการพิมพ์ (Showing and Printing)

ส่วนแสดงผลและการพิมพ์ ทำหน้าที่ในการนำข้อมูลที่ผ่านการคำนวณและแปลผลมาแสดงผลบนจอภาพ และส่งสิ่งที่แสดงผลออกทางเครื่องพิมพ์ เมื่อผู้ใช้สั่ง ดังรูปที่ 23 รายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแสดงผล (Showing) ผลในที่นี้หมายถึง ค่า OD ที่ผ่านการคำนวณแล้ว และผลการแปลผลค่า OD ที่ถูกส่งมาจากกระบวนการคำนวณและแปลผล โดยตัวแสดงผลจะร้องขอข้อมูลใดมาทำการแสดงผลนั้น ผู้ใช้จะเป็นผู้สั่งงาน

ตัวพิมพ์ผล (Printing)ผลในที่นี้หมายถึง ค่า OD ที่ผ่านการคำนวณแล้ว และผลการแปลผลค่า OD ที่ถูกส่งมาจากตัวแสดงผล โดยตัวพิมพ์ผลจะรับผลจากตัวแสดงผล เพื่อส่งออกเครื่องพิมพ์ที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นเครื่องพิมพ์โดยปริยายต่อไป

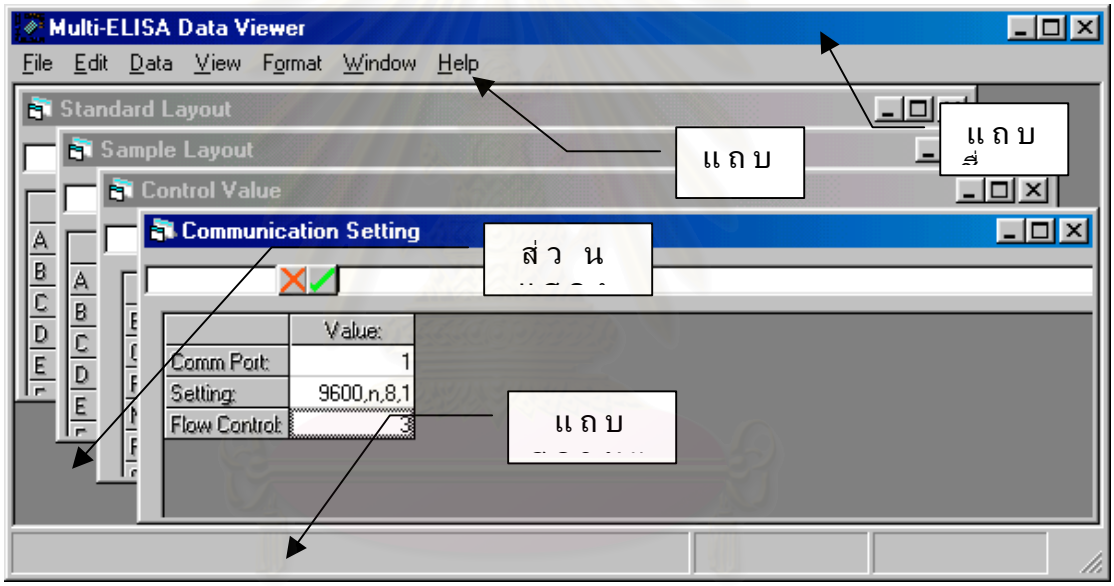


รูปที่ 23 แสดงกระบวนการแสดงผลและการพิมพ์ (Showing and Printing)

การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface Design)

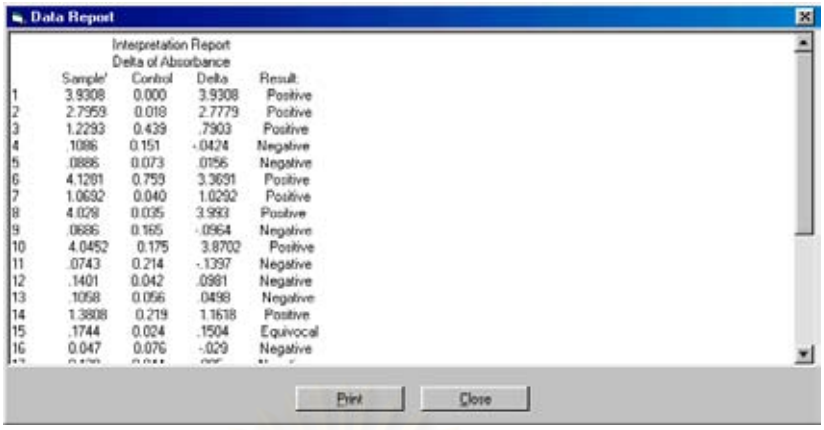
ส่วนประสานผู้ใช้เป็นส่วนสำคัญในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับซอฟต์แวร์ จากการออกแบบกระบวนการของซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการออกแบบกระบวนการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้คล้ายกับซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้มีความคุ้นเคยเพราะใช้งานอยู่เป็นประจำ คือ โปรแกรม Microsoft Office โดยประกอบด้วยเมนูหลักจำนวน 7 เมนู ได้แก่ File Edit Data View Format Windows และ Help ส่วนที่เป็นเมนูย่อยจำนวน 17 เมนู ดังปรากฏในรูปที่ 24

หน้าจอหลักจะประกอบไปด้วย แถบชื่อ เมนู ส่วนแสดง และแถบสถานะ โดยแถบชื่อจะประกอบด้วย สัญรูป (Icon) ชื่อซอฟต์แวร์ และปุ่มควบคุมสำหรับการย่อ การขยาย และการปิดหน้าต่าง ส่วนเมนูจะประกอบด้วยเมนูที่ใช้ในการสั่งงานซอฟท์แวร์ประกอบเมนูดังรูปที่ 25 ส่วนแสดงจะใช้ในการแสดงหน้าต่างย่อย และส่วนแถบสถานะประกอบแถบย่อยจำนวน 3 แถบ



รูปที่ 25 แสดงหน้าจอหลักของซอฟท์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า

นอกจากส่วนที่เป็นหน้าต่างย่อยที่แสดงอยู่ภายในหน้าจอหลักแล้ว ยังมีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ทำงานโดยไม่ต้องแสดงอยู่ภายใต้หน้าจอหลัก และเมื่อหน้าต่างดังกล่าวปรากฏผู้ใช้จะไม่สามารถใช้งานส่วนอื่นได้ในขณะที่หน้าต่างดังกล่าวยังไม่ถูกปิด คือ หน้าต่างที่ทำหน้าที่ในการพิมพ์ผล ดังรูปที่ 26

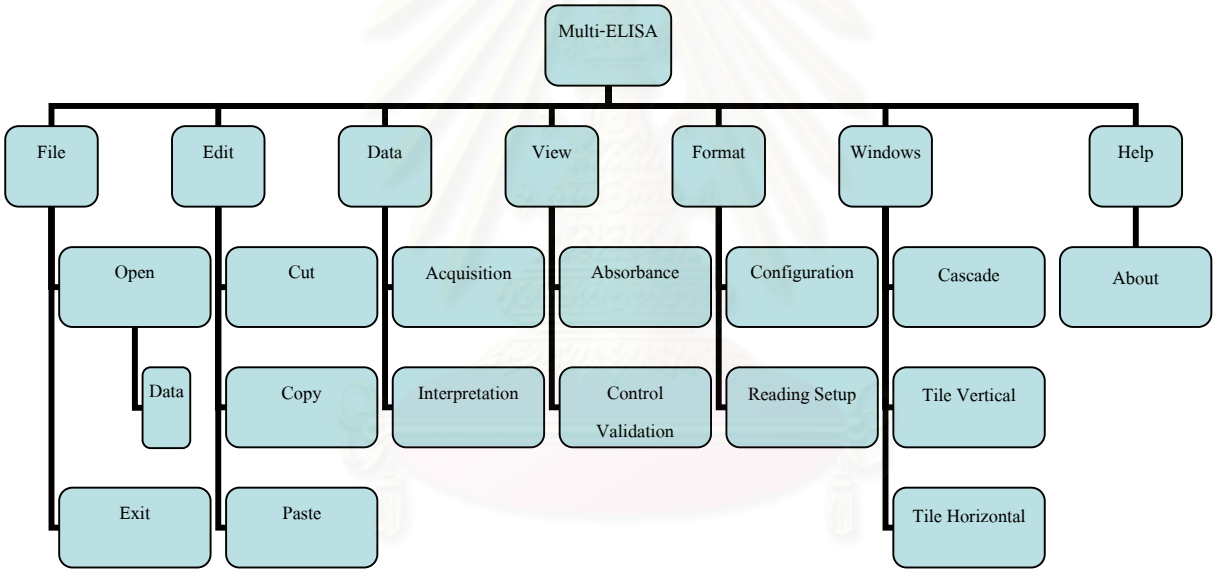


รูปที่ 26 แสดงหน้าต่างที่ทำหน้าที่ในการพิมพ์ผล ที่ไม่ทำงานภายใต้หน้าจอหลัก

การออกแบบไฟล์ข้อมูล (Data File Design)

ไฟล์ข้อมูลที่จะนำมาใช้งานกับซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า จะต้องเป็นไฟล์ข้อความที่มีรูปแบบถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ค เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 25 แสดงผังโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้

บทที่ 4

การพัฒนาซอฟต์แวร์

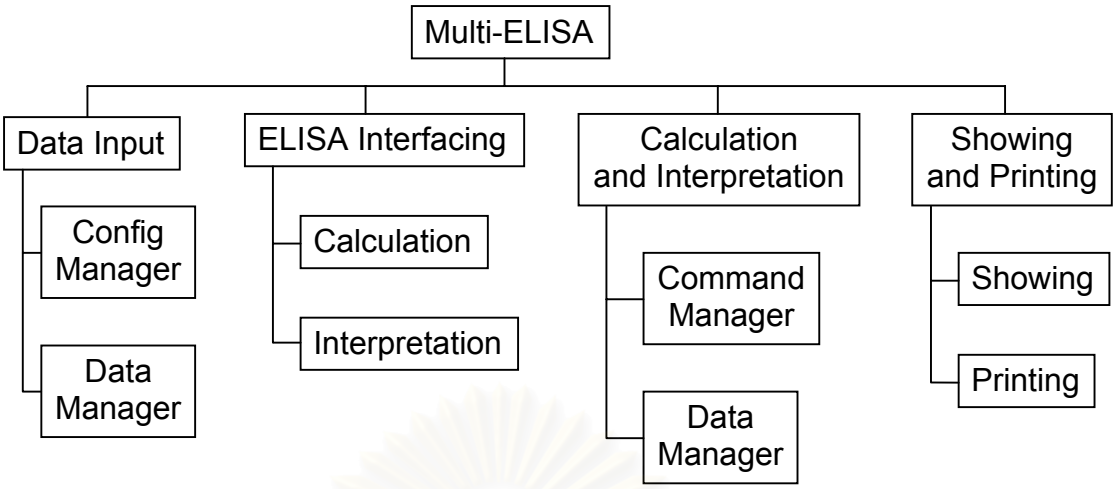
การพัฒนาซอฟต์แวร์การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยอาศัยผังการไหลของข้อมูลดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และเรียกซอฟต์แวร์นี้ว่า Multi-ELISA ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังต่อไปนี้ คือ

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1. ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย
   - เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง Pentium III ความเร็ว 800 MHz.
   - หน่วยความจำหลัก 128 เมกกะไบต์
   - จานบันทึกแบบแข็ง ความจุ 20 กิกะไบต์
   - ซีดีรอม ความเร็ว 40 X
   - จอภาพที่มีความละเอียด 800 x 600 จุดสี
2. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย
   - ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ 98 รุ่นที่ 2 (Microsoft Windows 98 Second Edition 4.10.2222 A)
   - โปรแกรม Notepad ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างไฟล์ข้อความ ทั้งที่เป็นส่วนประกอบการทำงานของซอฟต์แวร์และส่วนที่เป็นข้อมูล
   - โปรแกรมไมโครซอฟต์วิชวลเบสิค รุ่นที่ 6 ที่ใช้เซอร์วิสแพ็คที่ 6 (Microsoft Visual Basic 6.0 Service Pack 6) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาซอฟท์แวร์

ผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์

ขั้นตอนนี้เป็นการนำการออกแบบกระบวนการที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 มาออกแบบผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์ เพื่อแสดงถึงโครงสร้างหลักของซอฟต์แวร์ที่พัฒนา ดังผังโครงสร้างซอฟต์แวร์ในรูปที่ 27 ซึ่งมีมอดูลในผังโครงสร้างทั้งสิ้น 4 มอดูล ดังนี้



รูปที่ 27 แสดงผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์

มอดูลรับข้อมูลเข้า (Data Input) ประกอบด้วยมอดูลย่อย 2 มอดูล คือ มอดูลตัวจัดการคอนฟิก ซึ่งทำหน้าที่ในการบรรจุไฟล์ที่จำเป็นในการทำงานของซอฟท์แวร์ให้แก่ซอฟต์แวร์ และบันทึกเส้นทางของไฟล์ดังกล่าว เพื่อเรียกใช้งานในครั้งต่อไป ส่วนมอดูลตัวจัดการ จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านแป้นพิมพ์และไฟล์ หรือรับข้อมูลที่ผ่านการปรับรูปแบบจากเครื่องอ่านอีไลซ่า รวมถึงบันทึกข้อมูลต่างๆ เป็นไฟล์เพื่อเรียกใช้งานภายหลัง

มอดูลต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่า (ELISA Interfacing) ประกอบด้วยมอดูลย่อย 2 มอดูล คือ มอดูลตัวจัดการคำสั่ง ซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจสอบความพร้อมของเครื่องอ่านอีไลซ่า บรรจุคำสั่งและส่งคำสั่งให้เครื่องอ่านอีไลซ่า ส่วนมอดูลตัวจัดการข้อมูล ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากเครื่องอ่านอีไลซ่าแล้วคำนวณหรือปรับรูปแบบให้ซอฟต์แวร์สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

มอดูลคำนวณและแปลผล (Calculation and Interpretation) ประกอบด้วยมอดูลย่อย 2 มอดูล คือ มอดูลคำนวณ ซึ่งทำหน้าที่ในการคำนวณค่า OD ตามแบบและวิธีการที่ผู้ใช้เลือก เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถนำไปแปลผลได้ ส่วนมอดูลแปลผล (Interpretation) ทำหน้าที่ในการแปลผลค่า OD ที่ผ่านการคำนวณ โดยเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้ใช้เลือกใช้

มอดูลแสดงผลและพิมพ์ผล (Showing and Printing) ประกอบด้วยมอดูลย่อย 2 มอดูล คือ มอดูลแสดงผล ซึ่งทำหน้าที่ในการนำค่า OD ที่ผ่านการคำนวณและผลการแปลผลค่า OD มาแสดงบนจอภาพตามที่ผู้ใช้สั่งงาน ส่วนมอดูลพิมพ์ผล (Printing) ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลการคำนวณและข้อมูลการแปลผลไปยังเครื่องพิมพ์ที่ถูกตั้งไว้ให้เป็นเครื่องโดยปริยาย

จากการออกแบบผังโครงสร้างของซอฟต์แวร์ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ โดยวิชวลเบสิกรุ่น 6 เซอร์วิสแพ็ค 5 ได้ไฟล์ซอฟต์แวร์ จำนวน 16 ไฟล์ ซึ่งสามารถแยกเป็นไฟล์นามสกุล .frm จำนวน 15 ไฟล์ และไฟล์นามสกุล .bas จำนวน 1 ไฟล์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงไฟล์โปรแกรมที่พัฒนา

ลำดับที่	ชื่อไฟล์	หน้าที่
1	frmAbout.frm	แสดงข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับซอฟต์แวร์ และข้อมูลระบบของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานซอฟต์แวร์
2	Absorbance.frm	แสดง และบันทึกค่า OD จากแป้นพิมพ์ จากไฟล์ รวมถึงรับและแสดงค่า OD ที่ผ่านการปรับรูปแบบแล้วจากเครื่องอ่านอีไลซ่า
3	frmComm.frm	สื่อสารกับพอร์ทสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์
4	frmCommSettting.frm	แสดงและบันทึกค่าที่ใช้สำหรับพอร์ทสื่อสาร
5	frmConfiguration.frm	เปิดไฟล์และแสดงเส้นทางของไฟล์ที่จำเป็นต่อการทำงานของซอฟต์แวร์
6	frmControl.frm	แสดงค่าควบคุมและค่าตัดสิน
7	frmControlValidation.frm	รับข้อมูลค่า OD ของค่าควบคุมที่ผ่านการคำนวณแล้วมาแสดงและแปลผลว่าค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์หรือไม่
8	frmOutput.frm	แสดงผลการคำนวณค่าOD สำหรับวิธีการแปลผลแบบใช้ค่าปรับให้เป็นมาตรฐานคำนวณร่วม และแสดงผลการแปลผล
9	frmOutput2.frm	แสดงผลการคำนวณค่า OD สำหรับวิธีการแปลผลแบบใช้ค่า Delta และแสดงผลการแปลผล
10	frmRawData.frm	รับข้อมูลจากเครื่องอ่านอีไลซ่า ปรับรูปแบบข้อมูลดังกล่าวให้ซอฟต์แวร์นำไปประมวลผลต่อได้
11	frmReport.frm	แสดงรายงานและส่งรายงานที่ปรากฏไปยังเครื่องพิมพ์
12	frmSampleLayout.frm	แสดงและบันทึกรูปแบบการจัดวางของตัวอย่างในไมโครเพลต
13	frmSetup.frm	แสดงขนาดความยาวคลื่นและวิธีการแปลผลค่า OD
14	frmStdLayout.frm	แสดงและบันทึกรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุมในไมโครเพลต
15	Main.frm	แสดงเมนูคำสั่ง แสดงหน้าต่างย่อยและแสดงสถานะของพอร์ทสื่อสารและสถานะการติดต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่าทางแถบสถานะ
16	Module2.bas	บรรจุและบันทึกไฟล์ที่จำเป็นสำหรับการทำงาน คำนวณค่า OD ในการแปลผลทั้งสองวิธี อ่านไฟล์ข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องอ่านอีไลซ่าเข้าสู่ซอฟต์แวร์

เพื่อให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาให้มีความสามารถตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาไฟล์ข้อความที่จำเป็นต่อการทำงานของซอฟท์แวร์ด้วยโปรแกรม Notepad ได้ไฟล์ข้อความจำนวน 11 ไฟล์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงรายชื่อไฟล์ข้อความที่พัฒนา

ลำดับที่	ชื่อไฟล์	หน้าที่
1	EL340.mod	เก็บคำสั่งสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340
2	3550.mod	เก็บคำสั่งสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550
3	comm._340.set	เก็บค่าการสื่อสารสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340
4	comm._3550.set	เก็บค่าการสื่อสารสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550
5	Dade_Behring_Measles.ctv	เก็บค่าควบคุมและค่าตัดสินที่ใช้ในชุดทดสอบที่ใช้ในการตรวจหาเชื้อหัดของบริษัท Dade Behring
6	Wampole_TOXO_IgG.ctv	เก็บค่าควบคุมและค่าตัดสินที่ใช้ในชุดทดสอบที่ใช้ในการตรวจหาเชื้อ TOXO ของบริษัท Wampole
7	Wampole_TOXO_IgM.ctv	เก็บค่าควบคุมและค่าตัดสินที่ใช้ในชุดทดสอบที่ใช้ในการตรวจหาเชื้อ TOXO ของบริษัท Wampole
8	340StdDemo.lay	เก็บรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุมสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340
9	3550StdDemo.lay	เก็บรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุมสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550
10	340 SampleDemo.lay	เก็บรูปแบบการจัดวางของตัวอย่างสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340
11	3550SampleDemo.lay	เก็บรูปแบบการจัดวางของตัวอย่างสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550
12	Filter.txt	เก็บขนาดความเข้มของแสงที่ใช้ในเครื่องอ่านอีไลซ่า
13	configuration.cnf	เก็บเส้นทางและชื่อไฟล์ของไฟล์นามสกุล .mod .set .ctv .lay เพื่อเรียกใช้เมื่อเริ่มใช้งานซอฟต์แวร์

บทที่ 5

ผลการวิจัย

การต่อประสานเครื่องอ่านอีไลซ่าต้นแบบทั้งสองเครื่อง คือ เครื่องอ่านอีไลซ่า EL-340 ของบริษัท BIO-TEK จำกัดและเครื่องอ่านอีไลซ่า 3550 ของบริษัท BIO-RAD จำกัด สามารถทำได้ด้วยการใช้ไฟล์ข้อความ หรือเท็กซ์ไฟล์ในเก็บข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการสื่อสาร การสั่งงานและการควบคุมการทำงานของซอฟต์แวร์ได้ คือ ไฟล์คำสั่งที่ใช้สั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า ไฟล์ที่เก็บค่าสำหรับการติดต่อของพอร์ทสื่อสาร ไฟล์ที่เก็บค่าควบคุม (Control) ไฟล์ที่เก็บค่าการจัดวาง (Layout) ทั้งของค่าควบคุมและของตัวอย่าง จนถึงไฟล์ที่ใช้ในการเก็บเส้นทางของไฟล์ที่ถูกเลือกใช้ตอนซอฟต์แวร์ถูกเรียกใช้งาน

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยจึงได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร โดยยังไม่ผ่านการปรับรูปแบบ
2. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร โดยผ่านการปรับรูปแบบแล้ว
3. การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลผล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร โดยยังไม่ผ่านการปรับรูปแบบ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการอ่านค่าจากไมโครเพลตเปล่ากับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550 เนื่องจากมีจอภาพผลึกเหลวแสดงข้อมูลที่ส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าข้อมูลค่า OD ที่ส่งให้ Multi-ELISA ตรงกับข้อมูลที่ปรากฏบนจอภาพผลึกเหลวทั้งหมด ดังรูปที่ 28-29

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าผ่านพอร์ทสื่อสาร โดยผ่านการปรับรูปแบบแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทดสอบจากเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340 ป้อนเข้าสู่ Multi-ELISA เนื่องจากข้อมูลค่า OD ที่ส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์จากเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340 จะเป็นตัวเลขที่ต้องนำมาคำนวณเพิ่มเติมด้วยการนำค่า OD ตั้งแล้วหารด้วย 2 แล้วหารอีกครั้งด้วย 1000 เพื่อให้ได้เลขทศนิยม และลบด้วยค่า OD ในตำแหน่งที่เป็นค่าควบคุมช่องว่าง ปรากฏว่าข้อมูลที่ผ่านการปรับรูปแบบของซอฟท์แวร์ตรงกับข้อมูลคำนวณอัตโนมัติด้วยเครื่องอ่านอีไลซ่าที่พิมพ์ออกจากเครื่องอ่านอีไลซ่าโดยตรง และใช้นักวิทยาศาสตร์การแพทย์คำนวณด้วยเครื่องคิดเลข ปรากฏผลดังรูปที่ 30-32

ERE 0000 BIO-RAD MODEL 3550 EIA READER
Time:>0:05:32
Date:<7->1-<7
Measurement filter 340 nm.
.begin
-0.001 0.002 0.003 0.004 0.005 0.006 0.007 0.008 0.009 0.010 0.011 0.012
0.013-0.014 0.015 0.016 0.017 0.018 0.019 0.020 0.021 0.022 0.023 0.024
-0.025-0.026-0.027 0.028 0.029 0.030 0.031 0.032 0.033 0.034 0.035 0.036
0.037 0.038 0.039-0.040 0.041 0.042 0.043 0.044 0.045 0.046 0.047 0.048
0.049 0.050 0.051 0.052 0.053 0.054 0.055 0.056-0.057 0.058 0.059 0.060
0.061 0.062 0.063 0.064 0.065 0.066 0.067 0.068 0.069-0.070 0.071 0.072
0.073 0.074 0.075 0.076 0.077 0.078 0.079 0.080 0.081 0.082-0.083 0.084
-0.085 0.086 0.087 0.088 0.089 0.090 0.091 0.092 0.093 0.094 0.095-0.096
9234
.end

รูปที่ 28 แสดงข้อมูลที่เครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550 ส่งให้ Multi-ELISA

-0.001 0.002 0.003 0.004 0.005 0.006 0.007 0.008 0.009 0.010 0.011 0.012
0.013-0.014 0.015 0.016 0.017 0.018 0.019 0.020 0.021 0.022 0.023 0.024
-0.025-0.026-0.027 0.028 0.029 0.030 0.031 0.032 0.033 0.034 0.035 0.036
0.037 0.038 0.039-0.040 0.041 0.042 0.043 0.044 0.045 0.046 0.047 0.048
0.049 0.050 0.051 0.052 0.053 0.054 0.055 0.056-0.057 0.058 0.059 0.060
0.061 0.062 0.063 0.064 0.065 0.066 0.067 0.068 0.069-0.070 0.071 0.072
0.073 0.074 0.075 0.076 0.077 0.078 0.079 0.080 0.081 0.082-0.083 0.084
-0.085 0.086 0.087 0.088 0.089 0.090 0.091 0.092 0.093 0.094 0.095-0.096

รูปที่ 29 แสดงข้อมูลที่แสดงบนจอภาพผลลัพธ์ของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD 3550

0,0.1086,0.1401,1.3808,0.1744,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
0.021,0.0886,0.1058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
1.301,4.1281,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
0.761,1.0692,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
0.76,4.028,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
3.9308,0.0686,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
2.7959,4.0452,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076
1.2293,0.0743,-0.058,-0.047,0.072,-0.068,-0.063,-0.062,-0.07,-0.062,-0.061,-0.076

รูปที่ 30 แสดงค่า OD ที่คำนวณโดยนักวิทยาศาสตร์การแพทย์

0,.1086,.1401,1.3808,.1744,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
.021,.0886,.1058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
1.301,4.1281,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
.761,1.0692,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
.76,4.028,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
3.9308,.0686,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
2.7959,4.0452,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076
1.2293,.0743,-.058,-.047,.072,-.068,-.063,-.062,-.07,-.062,-.061,-.076

รูปที่ 31 แสดงค่าOD ที่ผ่านการคำนวณด้วย Multi-ELISA

402
,P0000,+0076,+0098,+0966,+0122,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+0042,+0062,+0074,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+2602,+2888,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+1522,+0748,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+1520,+2818,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+2750,+0048,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+1956,+2830,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152
,+0860,+0052,-0116,-0094,+0144,-0136,-0126,-0124,-0140,-0124,-0122,-0152

08/27/45 10:57:17.86 AM

รูปที่ 32 แสดงค่า OD ที่ส่งให้ Multi-ELISA จากเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK EL340

การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลผล ผู้วิจัยได้นำผลการอ่านค่า OD ที่ได้ผ่านการคำนวณและแปลผลโดยนักวิทยาศาสตร์การแพทย์จำนวน 100 ตัวอย่าง ซึ่งทำการแปลผลทั้งการนำค่า Calibrator มาร่วมคำนวณ จำนวน 60 ตัวอย่าง และการแปลผลด้วยค่า Delta จำนวน 40 ตัวอย่าง มาเป็นข้อมูลสำหรับซอฟต์แวร์ โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ผลที่แปลได้จากนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เป็น ผลบวก (Positive) ผลลบ (Negative) และค่าคลุมเครือ (Equivocal) ในอัตราส่วนร้อยละ 60, 30 และร้อยละ 10 ตามลำดับ โดยการนำค่า OD ที่ผ่านการคำนวณและปรับรูปแบบแล้ว ป้อนให้ Multi-ELISA ทำการแปลผล ปรากฏว่าซอฟต์แวร์สามารถแปลผลที่ได้ตรงกับที่นักวิทยาศาสตร์การแพทย์แปลผลทั้ง 100 ตัวอย่าง ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการแปลผลของซอฟต์แวร์เทียบกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตัวอย่างที่	ค่า OD (Optical Density)	ผู้แปลผล		หมายเหตุ
		นักวิทยาศาสตร์ฯ	ซอฟต์แวร์	
1	4.3778	Positive	Positive	Calibrator
2	0.0524	Negative	Negative	Calibrator
3	0.0611	Negative	Negative	Calibrator
4	0.0454	Negative	Negative	Calibrator
5	0.0227	Negative	Negative	Calibrator
6	3.2838	Positive	Positive	Calibrator
7	3.9391	Positive	Positive	Calibrator
8	3.5879	Positive	Positive	Calibrator
9	0.0436	Negative	Negative	Calibrator
10	3.8413	Positive	Positive	Calibrator
11	0.1572	Negative	Negative	Calibrator
12	0.1293	Negative	Negative	Calibrator
13	0.0192	Negative	Negative	Calibrator
14	3.6805	Positive	Positive	Calibrator
15	0.0157	Negative	Negative	Calibrator
16	4.378	Positive	Positive	Calibrator
17	0.0524	Negative	Negative	Calibrator
18	0.0611	Negative	Negative	Calibrator
19	0.0454	Negative	Negative	Calibrator
20	0.0227	Negative	Negative	Calibrator

ตารางที่ 4 แสดงการแปลผลของซอฟต์แวร์เทียบกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ค่า OD (Optical Density)	ผู้แปลผล		หมายเหตุ
		นักวิทยาศาสตร์ฯ	ซอฟต์แวร์	
21	3.2838	Positive	Positive	Calibrator
22	3.9391	Positive	Positive	Calibrator
23	3.5879	Positive	Positive	Calibrator
24	0.0436	Negative	Negative	Calibrator
25	3.8413	Positive	Positive	Calibrator
26	0.1572	Negative	Negative	Calibrator
27	0.1293	Negative	Negative	Calibrator
28	0.0192	Negative	Negative	Calibrator
29	3.6805	Positive	Positive	Calibrator
30	0.0157	Negative	Negative	Calibrator
31	3.9308	Positive	Positive	Calibrator
32	2.7958	Positive	Positive	Calibrator
33	1.2292	Positive	Positive	Calibrator
34	0.1086	Negative	Negative	Calibrator
35	0.0886	Negative	Negative	Calibrator
36	4.1280	Positive	Positive	Calibrator
37	1.0691	Equivocal	Equivocal	Calibrator
38	4.0280	Positive	Positive	Calibrator
39	0.0686	Negative	Negative	Calibrator
40	4.0737	Positive	Positive	Calibrator
41	0.0743	Negative	Negative	Calibrator
42	0.1400	Negative	Negative	Calibrator
43	0.1057	Negative	Negative	Calibrator
44	1.3807	Positive	Positive	Calibrator
45	0.1743	Negative	Negative	Calibrator
46	3.9308	Positive	Positive	Calibrator
47	2.7958	Positive	Positive	Calibrator
48	1.2292	Positive	Positive	Calibrator
49	0.1086	Negative	Negative	Calibrator
50	0.0886	Negative	Negative	Calibrator
51	4.1280	Positive	Positive	Calibrator
52	1.0691	Equivocal	Equivocal	Calibrator
53	4.0280	Positive	Positive	Calibrator
54	0.0686	Negative	Negative	Calibrator
55	4.0737	Positive	Positive	Calibrator
56	0.0743	Negative	Negative	Calibrator
57	0.1400	Negative	Negative	Calibrator

ตารางที่ 4 แสดงการแปลผลของซอฟต์แวร์เทียบกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ค่า OD (Optical Density)	ผู้แปลผล		หมายเหตุ
		นักวิทยาศาสตร์ฯ	ซอฟต์แวร์	
58	0.1057	Negative	Negative	Calibrator
59	1.3807	Positive	Positive	Calibrator
60	0.1743	Negative	Negative	Calibrator
61	0.006	Negative	Negative	Delta
62	0.428	Positive	Positive	Delta
63	0.114	Equivocal	Equivocal	Delta
64	-0.010	Negative	Negative	Delta
65	0.725	Positive	Positive	Delta
66	0.008	Negative	Negative	Delta
67	0.011	Negative	Negative	Delta
68	0.137	Equivocal	Equivocal	Delta
69	0.060	Negative	Negative	Delta
70	-0.022	Negative	Negative	Delta
71	0.006	Negative	Negative	Delta
72	0.024	Negative	Negative	Delta
73	0.182	Equivocal	Equivocal	Delta
74	0.005	Negative	Negative	Delta
75	-0.029	Negative	Negative	Delta
76	0.085	Negative	Negative	Delta
77	-0.020	Negative	Negative	Delta
78	-0.150	Negative	Negative	Delta
79	-0.045	Negative	Negative	Delta
80	0.020	Negative	Negative	Delta
81	0.023	Negative	Negative	Delta
82	0.014	Negative	Negative	Delta
83	0.007	Negative	Negative	Delta
84	0.386	Positive	Positive	Delta
85	0.006	Negative	Negative	Delta
86	0.428	Positive	Positive	Delta
87	0.114	Equivocal	Equivocal	Delta
88	-0.010	Negative	Negative	Delta
89	0.725	Positive	Positive	Delta
90	0.008	Negative	Negative	Delta
91	0.011	Negative	Negative	Delta
92	0.137	Equivocal	Equivocal	Delta
93	0.060	Negative	Negative	Delta
94	-0.022	Negative	Negative	Delta

ตารางที่ 4 แสดงการแปลผลของซอฟต์แวร์เทียบกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ค่า OD (Optical Density)	ผู้แปลผล		หมายเหตุ
		นักวิทยาศาสตร์ฯ	ซอฟต์แวร์	
95	0.006	Negative	Negative	Delta
96	0.024	Negative	Negative	Delta
97	0.182	Equivocal	Equivocal	Delta
98	0.005	Negative	Negative	Delta
99	-0.029	Negative	Negative	Delta
100	0.085	Negative	Negative	Delta

OD หมายถึง ค่าความเข้มของแสง (Optical Density) ที่วัดผ่านไมโครเพลต

Negative หมายถึง ผลการแปลผลค่า OD เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนดแล้วมีผลเป็นลบ

Positive หมายถึง ผลการแปลผลค่า OD เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนดแล้วมีผลเป็นบวก

Equivocal หมายถึง ผลการแปลผลค่า OD เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ชุดทดสอบกำหนดแล้วไม่สามารถชี้ชัดได้ว่ามีผลเป็นลบหรือบวก ซึ่งอาจต้องทำการตรวจซ้ำด้วยวิธีเดียวกันหรือด้วยวิธีอื่น

Calibrator หมายถึง ค่าตัวคูณที่ชุดทดสอบกำหนดมาให้ใช้คูณร่วมกับค่า OD ที่ได้จากการอ่านของเครื่องอ่านอีไลซ่า ก่อนนำคำนวณในขั้นตอนต่อไป

Delta หมายถึง ผลลัพธ์จากการลบกันของค่า OD ของ Sample กับ Control ของ Sample

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การนำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่ามิได้เป็นเรื่องใหม่ หากแต่ได้มีการวิจัยและมีผลิตภัณฑ์ทั้งเชิงพาณิชย์และแบบใช้ได้ไม่เสียเงินอยู่ไม่น้อย วิธีการที่ใช้ในการพัฒนาการต่อประสานกับเครื่องอ่านอีไลซ่ามีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบแรกใช้การเขียนวิธีการเชื่อมต่อไว้ในโปรแกรม ซึ่งจะไม่สามารถแก้ไขได้หลังการแปลโปรแกรม ส่วนแบบที่สองไม่เขียนไว้ในโปรแกรมแต่ใช้ไฟล์ภายนอกเป็นที่เก็บแทน งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบที่สองในการพัฒนา โดยใช้ไฟล์ข้อความเป็นสถานที่เก็บค่าที่จำเป็นต่อการใช้งานของซอฟต์แวร์ เนื่องจากต้องการให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานกับเครื่องอ่านอีไลซ่าที่ต่างรุ่นได้ด้วยการสร้างไฟล์ข้อความที่มีรูปแบบตามที่กำหนดไว้ เหตุผลที่เลือกใช้วิธีนี้เนื่องจากเครื่องอ่านอีไลซ่าที่มีใช้งานในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ส่วนใหญ่เป็นเครื่องที่จัดหามาก่อนปี 2541 ทำให้ปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องฯ ที่จำหน่ายมาพร้อมเครื่องฯ ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องขาดการสนับสนุนจากบริษัทผู้ผลิตที่ผลิตซอฟต์แวร์รุ่นใหม่ออกมาจำหน่ายแล้ว

ความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่า และวิธีการแปลผลเป็นปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อการแปลผลค่า OD ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบส่วนต่างๆ ที่อาจส่งผลให้การคำนวณและการแปลผลไม่ตรงกับนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ทั้งสามส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าที่ยังไม่ผ่านการปรับรูปแบบ ส่วนที่สองเป็นข้อมูลที่รับจากเครื่องอ่านอีไลซ่าที่ผ่านการปรับรูปแบบแล้ว และส่วนสุดท้ายเป็นการแปลผลข้อมูลเทียบกับการแปลผลของนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งจากการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่า หากข้อมูลที่รับมามีขนาดของข้อมูลที่ส่งมาไม่เกิน 1000 ตัวอักษรซึ่งเป็นขนาดของข้อมูลที่ทำการอ่านค่า OD ด้วยความเข้มของแสดงเดี่ยว และไม่มีความผิดพลาด ผู้ใช้เลือกใช้วิธีการแปลผลได้ถูกต้องตามที่ชุดทดสอบกำหนดวิธีการแปลผลว่าใช้ค่าปรับให้เป็นมาตรฐานหรือใช้ค่าความแตกต่างระหว่างแอนติเจนและค่าควบคุม งานวิจัยนี้จะให้ผลลัพธ์ตรงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการทำของนักวิทยาศาสตร์การแพทย์

งานวิจัยนี้ออกแบบมาให้ใช้ไฟล์ข้อความในการเก็บค่าที่จำเป็นต่อการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี เพียงแต่ยังมีข้อขัดข้องบางประการที่ทำให้ยังต้องมีการเขียนการตรวจสอบไว้ในโปรแกรมเนื่องจากข้อจำกัดในการส่งอักขระขึ้นต้นบรรทัดใหม่ เพื่อบ่งบอกจุดสิ้นสุดของคำสั่งในเครื่องอ่านอีไลซ่าที่ใช้สายอักษรในการสั่งงาน นอกจากนั้นยังออกแบบให้อ่านค่า OD ในแบบความเข้มของแสงเดี่ยวจากไมโครเพลตทั้งไมโครเพลตแล้วใช้รูปแบบการจัดวางของค่าควบคุมและ

รูปแบบการจัดวางของตัวอย่างในการคำนวณและแปลผลที่ตำแหน่งใด ดังนั้นจึงไม่ได้สนับสนุนการอ่านค่า OD รายแถว รายคอลัมน์ หรือรายหลุม รวมถึงการอ่านในแบบความเข้มของแสงคู่ด้วย

ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

การทำวิจัยนี้ต้องอาศัยองค์ความรู้และความชำนาญหลายด้านในการพัฒนา ทั้งความรู้ทางด้านห้องปฏิบัติการ ความรู้ทางด้านสถิติ ความรู้และความชำนาญทางด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ด้านการเขียนโปรแกรม ซึ่งล้วนเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยมีความรู้ความชำนาญน้อยหรือไม่มีเลยในบางด้าน ทำให้ในช่วงแรกของการทำวิจัยต้องประสบกับความลำบากในการแสวงหาความรู้ ทำความเข้าใจ และทำซ้ำเพื่อให้เกิดความชำนาญในระดับหนึ่งเพียงพอที่จะสื่อสารกับผู้รู้ในด้านต่างๆ เพื่อไขปัญหาได้ นอกจากนั้นผู้วิจัยยังประสบปัญหาในการเปลี่ยนตัวผู้รับผิดชอบเครื่องอ่านอีไลซ่าต้นแบบทั้งสองเครื่อง และยังเป็นผู้ให้ข้อมูลทางห้องปฏิบัติการด้วย ทำให้ต้องทำความเข้าใจกับผู้รับผิดชอบคนใหม่ในระหว่างการวิจัย

ผู้วิจัยหวังว่า ซอฟต์แวร์การต่อประสานสำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่าจะได้รับการเผยแพร่และใช้งานทั้งในกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และหน่วยงานภายนอกที่เห็นประโยชน์ โดยผู้วิจัยยินดีรับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะจากผู้ใช้โดยผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ และมีผู้นำไปศึกษาและวิจัยต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ซอฟต์แวร์ควรได้รับการพัฒนาให้สามารถต่อประสานกับระบบจัดการสารสนเทศทางห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปประมวลผลในภาพรวมได้
2. ซอฟต์แวร์ควรได้รับการให้สามารถรวม (Integrate) กับซอฟต์แวร์ที่สามารถกำหนดรูปแบบของรายงานได้อย่างอิสระ เนื่องจากผู้ใช้มีรายงานที่ต้องใช้ข้อมูลอื่นประกอบนอกจากข้อมูลที่ได้จากซอฟต์แวร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. รายงานประจำปี 2541. 2542

[2] คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล. เทคนิคอิมมูนเคมี เพื่อการวิเคราะห์ฮอร์โมนและตัวบ่งชี้มะเร็ง. ภาควิชาเคมีคลินิก. 2532.

[3] University of Arisona. The Biology Project. [Online]. 2000. Available from: http://www.biology.arizona.edu/immunology/activities/elisa/main.html[2001,Dec 24]

[4] Laboratory Division. EL340 Automated Microplate Reader: Operator's Manual. BIO-TEK Instrument, Inc,1992.

[5] Bio-Rad Laboratories. Model 3550 Microplate Reader: Instruction Manual. Hercules.

[6] Dan W. Christenson. Interfacing Aircraft to Commercial Personal Computers. IEEE Aerospace and Electronics Systems Magazine Volume 16, Issue 5 (May 2001): 11-16.

[7] Daging Lu. Computer-Controlled Test Station for HP Data Acquisition System Products. IEEE System Readiness Technology Conference September 20-22, 1994 :465-468.

[8] Steve Bolton. Instrument Interfacing with Windows CE Devices. Labtronics Inc. June 2001.

[9] Laboratory Division. KinetiCal for DOS. BIO-TEK Instrument, 1992.

[10] BIO-RAD Laboratories. Microplate Manager/PC Analysis for Model 3550 and Model 430. Hercules.

[11] MWG Biotech AG. LAMDA KC4 Kinetic for Windows. [Online]. (n.d.) Avaiable from: http://www.biotek.com/lab_frame.asp?content=lab_prodindex.asp[2002, Jun 15]

[12] Gestur Vidarsson. Titri. [Online]. 2002. Available from: http://members.tripod.com/~gestur/programs/titri.htm[2002, Jun 15]

[13] BIO-CORAH. ProCheck ELISA software for ParaCheck. [Online]. Available from: http://www.biocorah.com/softwaremanual1.pdf [2002, Aug 11]

[14] Institute of Microbial Technology. ELISA eq. [Online]. 2000. Available from: http://imtech.res.in/raghava/progs/elisaeq/[2002, Jun 15]

[15] Customized Applications Inc. ELISA Calc Lite. [Online]. (n.d.) Available from: http:/customized-applications.com/id27.htm[2002, Aug 10]

[16] Customized Applications Inc. ELISA Calc.[Online]. (n.d.) Available from: http:/customized-applications.com/id11.htm[2002, Aug 17]

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

โพรโทคอลที่ใช้ติดต่อเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340

เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 ได้ด้วยการส่งอักขระแอสกี้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง ก-1

ตาราง ก-1 แสดงอักขระแอสกี้สำหรับควบคุมเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340

รหัสแอสกี้	หน้าที่	รหัสฐานสิบหก	รหัส ฐานสิบ	รหัส ควบคุม	ทิศทาง Elisa <-> Computer
XON (DC1)	ใช้งาน ช่องทางอนุกรม	11	17	^Q	<--
XOFF (DC3)	เลิกใช้งาน ช่องทางอนุกรม	13	19	^S	<--
ACK	แจ้งว่าได้รับข้อมูลแล้ว	06	06	^F	-->
NAK	แจ้งว่าไม่ได้รับข้อมูล	15	21	^U	-->
RS	ตัวแยกเรคคอร์ด	1E	30	^^	-->
ETX	สิ้นสุดต้นฉบับ	03	03	^C	<-->
DLE	หนีการเชื่อมข้อมูล	10	16	^P	-->
CAN	ยกเลิก	18	24	^X	<--
STX	เริ่มต้นข้อความ	02	02	^B	-->
US	ตัวแยกหน่วย	1F	31	^	-->
CR	เลื่อนแคร่	0D	13	^M	<--
LF	ขึ้นบรรทัดใหม่	0A	10	^J	<--

หากต้องการให้เครื่องอ่านอีไลซ่ากลับสู่สถานะพร้อมใช้งาน (Ready) ได้ด้วยการส่ง CAN (18h) เปิดการใช้งานด้วย XON(11h) และปิดการใช้งานด้วย XOFF(13h)

หากเครื่องได้รับอักขระอื่นๆ นอกจาก CAN, XON, XOFF หากเป็นคำสั่งที่เครื่องอ่านรู้จักจะตอบกลับด้วย ACK(06h) แล้วทำคำสั่งนั้นๆ ทันที แต่หากไม่รู้จักจะตอบด้วย NAK(15h)

ในระหว่างการทำงานของเครื่องอ่านอีไลซ่า เครื่องจะไม่ยอมรับรู้คำสั่งใดเลยนอกจาก CAN, XON และ XOFF เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องที่ไม่สามารถทำหลายคำสั่งได้

การลบคำสั่งที่มีพารามิเตอรสามารถทำได้ด้วยคำสั่ง ETX(03h) ภายหลังจากการทำตามคำสั่ง เครื่องอ่านอีไลซ่าจะรายงานสถานะกลับสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ แต่บางคำสั่งจะต้องมีการส่งกลับข้อมูลด้วย ดังนั้นลำดับของการส่งกลับจะเป็นส่งข้อมูลก่อนจากนั้นจึงตามด้วยส่งสถานะ

คำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจากเครื่องอ่านอีไลซ่าจะเป็นอักขระแอสกี้เดี่ยวๆ เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีบางคำสั่งที่ต้องการอาร์กิวเมนต์ โดยอาจมีความยาวตั้งแต่ 1-4 หลัก หรืออาจเป็นข้อความสำหรับเครื่องพิมพ์ หรือการแสดงผลทางจอภาพ ซึ่งสามารถใช้คำสั่ง ETX ลบได้ ซึ่งรายละเอียดของคำสั่งสามารถดูได้จากตาราง ก-2

ตาราง ก-2 แสดงชุดคำสั่งของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340

คำสั่ง	**หน้าที่**
1	จำลองการกดแป้นหมายเลข 1 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
2	จำลองการกดแป้นหมายเลข 2 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
3	จำลองการกดแป้นหมายเลข 3 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
4	จำลองการกดแป้นหมายเลข 4 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
5	จำลองการกดแป้นหมายเลข 5 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
6	จำลองการกดแป้นหมายเลข 6 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
7	จำลองการกดแป้นหมายเลข 7 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
8	จำลองการกดแป้นหมายเลข 8 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
9	จำลองการกดแป้นหมายเลข 9 ของเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
	หมายเหตุ แป้น 1-9 จะเป็นการเลือกแฟ้มข้อมูล 9 แฟ้มที่เก็บไว้ภายใน ซึ่งจะเกิดการทำงานภายในเครื่องแต่จะไม่มีสิ่งใดถูกส่งกลับไปหาคอมพิวเตอร์
A	ย้ายถาดรองไปที่ตำแหน่งนอกสุด หลังจากนั้นย้ายเข้ามาด้านใน 1019 ขั้น ถาดรองจะอยู่ตรงกลางของแถวแรกของ WCF มีความยาว 1 ไบต์
B	ย้ายวงล้อตัวกรองไปที่ตัวกรองตำแหน่งที่ 1 มีความยาว 1 ไบต์
C*n*	อ่านแชนเนลที่ *n* และทำการส่งผลลัพธ์ A/D ไปที่คอมพิวเตอร์ แชนเนลที่ 1 ถึง 12 จะตรงกับคอลัมน์ของถาด โดยรูปแบบของข้อมูลที่ส่งจะประกอบไปด้วย เครื่องบวกหรือลบ ตัวเลขหลักพันที่แสดงค่าของความเข้มของแสงที่อ่านได้ ตัวอย่างเช่น ,+1234 หมายถึงการอ่านค่า +1.234 หากค่าที่อ่านอยู่นอกช่วงจะแสดงเป็นเครื่องหมายดอกจัน (*) 5 ตัวแทนค่าปกติ ข้อมูลจำนวน 6 ไบต์ จะถูกส่งไปก่อนสถานะเสมอ คำสั่งนี้มีความยาว 3 ไบต์ ประกอบด้วย C (1-12) และ ETX
D	จำลองการกดแป้น Serial Out บนเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1 ไบต์
E	ปิดไดโอดเปล่งแสง (LED) ของเครื่องอ่านรหัสแท่ง ลบบัฟเฟอร์ข้อมูลรหัสแท่งด้วยการใส่ค่าของช่องว่างแทนที่ และทำการลบตัวบ่งชี้(แฟล็ก) สถานะ หรือบิต 1 ของ S3 ให้เท่ากับ 0 มีความยาว 1 ไบต์ ป้ายรหัสแท่งควรถูกปิดไว้บริเวณขอบบนด้านขวาของถาด พร้อมป้ายคอลัมน์ 1 ถึง 12 ในแนวขวางและป้ายของแถว A ถึง H ด้านซ้าย ป้ายรหัสแท่งควรอยู่ในบริเวณเดียวกันกับ A12 เพื่อให้โปรแกรมสามารถอ่านค่าของรหัสแท่งได้ที่ขั้น 320 (มิติ B) ระยะทางระหว่างเครื่องอ่านรหัสแท่งและขอบของถาดเท่ากับ 930 ขั้น (มิติ A) ดังนั้นรหัสแท่งควรเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นที่ 858 การอ่านรหัสแท่งจะน่าเชื่อถือมากขึ้นหากฝาปิดไม่มีการเคลื่อนไหวในระหว่างการอ่านเพราะการเปิดฝาปิดจะมีผลกับความเร็วในการเลื่อนของถาดใส่เพลต
F*n*	ย้ายวงล้อตัวกรองจากตำแหน่งปัจจุบันสู่ตำแหน่งที่ *n* โดย *n* มีค่าตั้งแต่ 1-6 มีความยาว 3 ไบต์ ประกอบด้วย F (1-6) และ ETX
G*n*	สร้างสัญญาณเสียงหมายเลขที่ *n* โดย *n* มีค่าตั้งแต่ 1 - 4 1 สัญญาณเสียงความถี่สูงครั้งเดียว 2 สัญญาณเสียงความถี่สูงสองครั้ง 3 สัญญาณเสียงติดๆกัน3 ครั้ง 4 สัญญาณเสียงคลิ้ก มีความยาว 3 ไบต์ ประกอบด้วย G (1-9999) และ ETX

ตาราง ก-2 แสดงชุดคำสั่งของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 (ต่อ)

คำสั่ง	หน้าที่
H	ปิดเครื่องอ่านรหัสแท่ง มีความยาว 1 ไบต์ **ข้อควรระวัง** ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode:LED) ของเครื่องอ่านรหัสแท่งจะต้องถูกปิด (คำสั่ง H) ในขณะที่อ่านเพลต มิฉะนั้นแสงจากเครื่องอ่านจะก่อให้เกิดความผิดพลาดอย่างร้ายแรงในการอ่านค่าความเข้มของแสง
I*n*	ย้ายถาดรองเข้ามาจำนวน *n* ขั้น โดยที่ *n* มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 9999 มีความยาว 3 ไบต์ประกอบด้วย I (1-9999) และ ETX **หมายเหตุ** ในระหว่างแถวมีความยาว 64 ขั้น และในระหว่างถาดรองซึ่งอยู่ในตำแหน่งนอกสุดถึงแถวแรกของ WCF มีความยาว 858 ขั้น
J	ย้ายตำแหน่งของถาดรองออกไปจนสุด มีความยาว 1 ไบต์
K	ขนถ่ายสายอักขระที่สิ้นสุดด้วย ETX หรือ $ จากเครื่องคอมพิวเตอร์สู่จอแสดงผลของเครื่องอ่านอีไลซ่า และไม่อนุญาตให้เครื่องอ่านทำการปรับปรุงจอแสดงผลเอง มีความยาวได้ไม่จำกัด ประกอบด้วย K (String) และ ETX ตารางที่ 7 จะแสดงตัวอักขระรหัสแอสกี้ และตารางที่ 8 จะแสดงตัวอักขระควบคุมการแสดงผล เมื่อใช้คำสั่ง K สายอักขระอาจยาวเท่าใดก็ได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันบัพเฟอร์ภายในเครื่องอ่านอีไลซ่าล้น เครื่องอ่านจะใช้สัญญาณการจับมือทางฮาร์ดแวร์หรือ CTS ในการควบคุมสายงานของข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ หากคอมพิวเตอร์หยุดการไหลของข้อมูลนานกว่า 3 วินาทีโดยการหยุดนั้นที่ไม่เกี่ยวกับการจับมือ เครื่องอ่านอีไลซ่าจะตอบสนองด้วย NAK(15h) และสถานะที่เหมาะสมต่อไป
L	ส่งวันที่และเวลาที่มีความยาวสายอักขระ 20 ไบต์จากเครื่องอ่านสู่คอมพิวเตอร์ ในรูปแบบ *xx/xx/xx AT xx:xx AM* หรือ *xx/xx/xx AT xx:xx PM*
M	ส่งตารางตัวกรองสู่เครื่องอ่านอีไลซ่า โดยมีรูปแบบ ดังนี้ *M xxx,xxx,xxx,xxx,xxx,xxx, ETX* รวมความยาวของอักขระแอสกี้ 24 ไบต์ และความยาวทั้งหมด 26 ไบต์
N	คืนค่าสายอักขระของสถานะ มีความยาว 1 ไบต์
O*n*	ย้ายถาดรองออกไปจำนวน *n* ขั้น โดยค่าของ *n* มีได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9999 มีความยาว 3 ไบต์ซึ่งประกอบด้วย 0 (1-9999) และ ETX
P	ขนส่งสายอักขระที่ปิดท้ายด้วย ETX หรือ $ จากคอมพิวเตอร์สู่เครื่องพิมพ์ที่ต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่า เมื่อใช้คำสั่ง P สายอักขระอาจยาวเท่าใดก็ได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันบัพเฟอร์ภายในเครื่องอ่านอีไลซ่าล้น เครื่องอ่านจะใช้สัญญาณการจับมือทางฮาร์ดแวร์หรือ CTS ในการควบคุมการไหลของข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ หากคอมพิวเตอร์หยุดการไหลของข้อมูลนานกว่า 3 วินาทีที่ไม่เกี่ยวกับการจับมือ เครื่องอ่านอีไลซ่าจะตอบสนองด้วย NAK(15h) และสถานะที่เหมาะสมต่อไป
Q^1-9	บันทึกค่าของพื้นที่ที่ใช้งานอยู่ลงในที่เก็บภายใน มีความยาว 3 ไบต์ ประกอบด้วย Q (1-9) และ ETX
R	อ่านค่าของแชนเนลทั้ง 12 ช่อง และส่งผลลัพธ์อนาล็อกสู่ดิจิทัล(A/D) สู่คอมพิวเตอร์ มีความยาว 1 ไบต์ ซึ่งจะทำการคืนค่าข้อมูลความยาว 72 ไบต์ก่อนการรายงานสถานะ ค่าของความเข้มของแสงของทั้ง 12 คอลัมน์จะถูกส่งคืน โดยในแต่ละค่าจะประกอบไปด้วยคอมม่า เครื่องบวกหรือลบ และค่าความเข้มของแสงที่มีค่าหลักพัน ถ้าค่าที่ได้อยู่นอกช่วงของเครื่องอ่านค่าจะเป็นเครื่องหมายดอกจัน 5 ตัวและคอมม่า ตัวอย่าง เช่น ,+0123,-0876,-0765,*****,-1023,+0002,+0023,+1009,-0876,-1055,+0387,-0333 **ข้อควรระวัง** ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode:LED) ของเครื่องอ่านรหัสแท่งจะต้องถูกปิด (คำสั่ง H) ในขณะที่อ่านเพลต มิฉะนั้นแสงจากเร่งอ่านจะก่อให้เกิดความผิดพลาดอย่างร้ายแรงในการอ่านค่าความเข้มของแสง **หมายเหตุ** คำสั่ง R จะทำการอ่านค่าโดยไม่สนใจถึงที่อยู่หรือตำแหน่งของถาด ผู้พัฒนาโปรแกรมจะต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งหรือที่อยู่ของถาดก่อนเสมอ
S	จำลองการกดแป้น Start บนเครื่องอ่านอีไลซ่า มีความยาว 1ไบต์ และไม่มีการคืนค่าใดๆ

ตาราง ก-2 แสดงชุดคำสั่งของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-TEK รุ่น EL340 (ต่อ)

คำสั่ง	หน้าที่
T	ขนถ่ายอักขระแอสกี้จำนวน 10 ตัวหรือเป็นช่องว่างจากบัฟเฟอร์ของเครื่องอ่านที่อาจรวมเอาอักขระเริ่มต้นและสิ้นสุดของรหัสแท่งสู่ ช่องทางอนุกรม มีความยาว 1 ไบต์ ข้อมูลที่ถูกส่งไปสู่ ช่องทางอนุกรม จะเป็นไปตามอักขระของลำดับเสมอถึงแม้ว่าผลการอ่านของรหัสแท่งจะเป็นแบบย้อนกลับก็ตาม จากนั้นจึงจะเป็นข้อมูลสถานะ
U	อัพโหลดแฟ้มข้อมูลตั้งค่าพารามิเตอร์ปัจจุบันที่มีความยาว 170 ไบต์ในฐานสิบหกสู่คอมพิวเตอร์
V	ส่งแฟ้มข้อมูลตั้งค่าพารามิเตอร์ปัจจุบันที่มีความยาว 170 ไบต์ในฐานสิบหกสู่เครื่องอ่านอีไลซ่า
W	ตารางค่าตั้งต้นของความคลื่นของตัวกรองจะถูกบรรจุขึ้น (Upload) สู่คอมพิวเตอร์ด้วยการส่งชุดของสตริงที่มีตัวอักษร 3 ตัว ทั้งหมด 6 ชุด ที่คั่นด้วยคอมม่า(,) ค่าต่างต่างๆ เหล่านี้จะถูกกำหนดให้กับตัวกรองที่ 1 ถึง 6 ตัวอย่างเช่น 405,340,000,000,690,540,
X	จำลองการกดแป้น STOP บนเครื่องอ่านอีไลซ่า คำสั่งนี้จะทำการตั้งค่าค่าอ่านใหม่ให้กลับไปอยู่ในสถานะ Ready มีความยาว 1 ไบต์ โดยเครื่องอ่านจะตอบสนองด้วย DLE (10h)
Y	ประกาศการทำงานของแป้นพิมพ์ โดยปราศจากการตอบสนองภายในถ้าไม่มีการกดแป้น STOP มีความยาว 1 ไบต์
Z	ปิดการใช้คำสั่ง Y มีความยาว 1 ไบต์
!	ปล่อยให้เครื่องอ่านอีไลซ่าควบคุมการแสดงผล มีความยาว 1 ไบต์
?	คืนข้อมูลที่มีความยาว 16 ไบต์ ซึ่งประกอบด้วยชนิดของเครื่องอ่าน และรุ่นของซอฟต์แวร์ก่อนการรายงานสถานะ มีความยาว 1 ไบต์
>	ประกาศ ACK, NAK และสถานะ มีความยาว 1 ไบต์
<	ปิดเครื่อง โดยไม่ทำการประกาศ ACK, NAK และสถานะ มีความยาว 1ไบต์
#n	ส่งชุดของตัวอักษรที่มีความยาว *n* ไบต์ จากคอมพิวเตอร์สู่เครื่องพิมพ์ที่ต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยค่าของ *n* = 1 ถึง 255 คำสั่งนี้อนุญาต Escape Sequence เพื่อเปลี่ยนรูปแบบอักษรที่ส่งไปหาเครื่องพิมพ์ เพื่อเป็นการป้องกันบัพเฟอร์ภายในเครื่องอ่านอีไลซ่าล้น เครื่องอ่านจะใช้สัญญาณการจับมือทางฮาร์ดแวร์หรือ CTS ในการควบคุมการไหลของข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ หากคอมพิวเตอร์หยุดการไหลของข้อมูลนานกว่า 3 วินาทีที่ไม่เกี่ยวกับการจับมือ เครื่องอ่านอีไลซ่าจะตอบสนองด้วย NAK (15h) และสถานะที่เหมาะสมต่อไป
@	รับค่า Well Correction Factors (WCF's) สำหรับ 12 ช่อง มีความยาว 1 ไบต์ ค่า WCF ทั้งสิบสองจะนำค่าของคอลัมน์ 1 ถึง 12 ของถาดรับผิดชอบมาแสดง แต่ละค่าที่รายงานจะประกอบไปด้วยเครื่องบวก(+)หรือลบ(-) ตัวเลขสี่หลักจะแสดงค่าหลักพันของหน่วยความเข้มของแสงและคอมม่า(,) แต่หากค่าที่ได้เป็นเครื่องหมายดอกจัน(*) ให้ละเว้นผลของช่องนั้นๆ ทันที **ข้อควรระวัง** ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode:LED) ของเครื่องอ่านรหัสแท่งจะต้องถูกปิด (คำสั่ง H) ในขณะที่อ่านเพลต มิฉะนั้นแสงจากเร่งอ่านจะก่อให้เกิดความผิดพลาดอย่างร้ายแรงในการอ่านค่าความเข้มของแสง **หมายเหตุ** ผู้ใช้จะต้องกำหนดตำแหน่งของถาดที่แถวของ WF ก่อนที่จะสั่งด้วยคำสั่ง @ มิฉะนั้นการอ่านค่าจะใช้ไม่ได้

ตาราง ก-3 แสดงอักขระที่แสดงผลของ EL340

MSD	0	1	2	3	4	5	6	7
LSD								
0				0	@	P	‘	P
1			!	1	A	Q	A	Q
2			“	2	B	R	B	R
3			=	3	C	S	C	S
4			$	4	D	T	D	T
5			%	5	E	U	E	U
6			X	6	F	V	F	V
7			‘	7	G	W	G	W
8	BP		<	8	H	X	H	X
9	HT		>	9	I	Y	I	Y
A	LF		*	=	J	Z	J	Z
B	VT	ESC	+	,	K	C	K	[
C	FF	CRE	,	(	L	\	L	,
D	CR	OWE	-	=	M		M	]
E	RR	SRL	.	)	N	^	N	
F	LR		/	?	O	_	O	O

ตาราง ก-4 แสดงอักขระควบคุมการแสดงผลของ EL340

ฐานสิบหก	ฐานสิบ	Ctrl	หน้าที่
08	08	^H	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปข้างหลัง(ด้านซ้าย) 1 ตำแหน่ง
09	09	^I	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปข้างหน้า(ด้านขวา) 1 ตำแหน่ง
0A	10	^J	ขึ้นบรรทัด – เลื่อนเคอร์เซอร์ 1 บรรทัดแล้วลบจอภาพ
0B	11	^K	เริ่มต้นการกระพริบของฟิลด์ – ทำให้อักขระที่ตามมากระพริบ
0C	12	^L	สิ้นสุดการกระพริบ – ทำให้อักขระที่ตามมาหยุดกระพริบ
0D	13	^M	ปัดแคร่ – ให้เคอร์เซอร์ไปอยู่ทางด้านซ้ายสุดของบรรทัด แต่ไม่ต้องลบจอภาพ
0E	14	^N	ทำให้เคอร์เซอร์มองไม่เห็น – ซ่อนเคอร์เซอร์(ทำงาน แต่มองไม่เห็น)
0F	15	^O	ทำให้เคอร์เซอร์มองเห็นได้ – แสดงการกระพริบของเคอร์เซอร์
1Bn	27n	^[n	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปด้านขวา n ตำแหน่ง หมายเหตุ มีความยาว 2 ไบต์ โดยไบต์ที่ 2 บอกจำนวนตำแหน่งที่ต้องเลื่อน
1C	28	^\	วิธีการสิ้นสุดบรรทัด – ปัดแคร่ที่ด้านสุดของบรรทัด
1D	29	^]	วิธีการสิ้นสุดบรรทัด – พิมพ์ทับตัวอักขระขวาสุด
ฐานสิบหก	**ฐานสิบ**	**Ctrl**	**หน้าที่**
1E	30	^^	วิธีการสิ้นสุดบรรทัด – ม้วน(Scroll) จากขวาไปซ้ายเร็วเท่าที่รับอักขระเข้ามา

ภาคผนวก ข

โพรโทคอลที่ใช้ติดต่อเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550

สำหรับเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550 ใช้คำสั่งที่ไม่ใช่คำสั่งเดี่ยว แต่จะมีรูปแบบในการสั่งงาน ดังตาราง ข-1 ดังนี้

<device name><space><commands><space><command args><cr>

ตาราง ข-1 แสดงรายละเอียดของคำสั่งและการตอบสนองของเครื่องอ่านอีไลซ่า 3550

ลักษณะ	ความหมาย
<device name> :	“EIA.READER”
<command>:	“ID” เรียกดูรหัสของอุปกรณ์ ID.EIA.READER ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><space><ID><cr>
	<ID>: “0770” หมายถึงรหัสของรุ่น 3550
<command>:	“AQ” ควบคุมการทำงานของเครื่องและทำการยกเลิกการใช้แผงควบคุม ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><cr>
<command>:	“RL” ยกเลิกการควบคุมและให้ใช้แผงควบคุมได้ ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><cr>
<command>:	“RS” รีเซ็ตอุปกรณ์ใหม่เพื่อใช้ค่าที่ตั้งไว้ที่เครื่องเอง ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><cr>
<command>:	“FSTATUS” เรียกดูสถานะของวงล้อกรอง (Filter wheel) จากเครื่องอ่าน
<response>:	“ERE” <space><error code><space><filter status><cr>
<filter status>:	<pos.1><space><pos.2><space><pos.3><space><pos.4><space><pos.5><space><pos.6><space>
<pos.1>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 1 (เช่น 405)
<pos.2>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 2
<pos.3>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 3
<pos.4>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 4
<pos.5>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 5
<pos.6>:	รหัสแอสกี้ของเลขฐานสิบของกรองของความยาวคลื่นแสงที่ตำแหน่ง 6
<command>:	“RWELL” ให้อ่านถาดตามช่องที่ระบุ อาร์กิวเมนต์ cl,rw,wp1,wp2
<arguments>:	cl หมายเลขคอลัมน์ฐานสิบ (1-12) rw หมายเลขแถวฐานสิบ (1-8) wp1 ตำแหน่งของกรองฐานสิบ (1-6) สำหรับการวัดค่าความยาวคลื่นของเครื่องอ่าน wp2 ตำแหน่งของกรองฐานสิบ (1-6) สำหรับการอ้างอิงความยาวคลื่นของการอ่าน
<response>:	“ERE” <space><error code><space><abs val1><space><abs val2><cr>
<abs val1>:	ค่า Absorbance เป็นความยาวคลื่นที่วัดได้ เช่น 1.987
<abs val2>:	ค่า Absorbance เป็นความยาวคลื่นที่อ้างอิง เช่น 1.987
<command>:	“MR” รายงานการบำรุงรักษาการรับ-ส่งข้อมูล ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><space><mrecords><cr>

ตาราง ข-1 แสดงรายละเอียดของคำสั่งและการตอบสนองของเครื่องอ่านอีไลซ่า 3550 (ต่อ)

ลักษณะ	ความหมาย
<mrecords>:	เรคคอร์ดการบำรุงรักษา “On/Off:” <#on/off><cr> เวลาที่เครื่องอ่านถูกเปิด “Hours” <#hour><cr> จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเปิด “Plates” <#plates><cr> จำนวนเพลตที่อ่าน **หมายเหตุ** ค่าทั้งหมดจะเป็นเลขฐานสิบ ถูกเก็บไว้ที่หน่วยความจำที่มีแบตเตอรี่จ่ายไฟเลี้ยง
<command>:	“RM” ลบรายงานการบำรุงรักษา ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE” <space><error code><cr>
<command>:	“RPLATE” ให้อ่านถาด โดยมีอาร์กิวเมนต์ mix,load,stack,wp1,wp2
<arguments>:	mix เวลาในการผสมก่อนการอ่าน มีหน่วยเป็นวินาที load ถ้าเป็น 0 หมายถึง ห้ามบรรจุถาดจากชั้นก่อนการอ่าน 1 ให้บรรจุถาดจากชั้นก่อนการอ่าน **หมายเหตุ** อาร์กิวเมนต์นี้จะถูกละเว้นหากไม่มีการติดตั้งชั้น Stack ถ้าเป็น 0 หมายถึง ห้ามนำถาดไปใส่ชั้นหลังการอ่าน 1 ให้นำถาดไปใส่ชั้นหลังการอ่าน **หมายเหตุ** อาร์กิวเมนต์นี้จะถูกละเว้นหากไม่มีการติดตั้งชั้น wp1 ตำแหน่งของวงล้อกรองสำหรับการวัดการกรอง (1-6) wp2 (เป็นออปชั่นในกรณีที่สามารถอ่านได้สองความยาวคลื่น) ตำแหน่งของวงล้อกรองสำหรับการอ้างอิงการกรอง (1-6)
<response>:	“ERE” <space><error code><space><abs. data><optional abs. data for second wavelength><cr>
<command>:	“RTPLATE” ให้ส่งค่าถาดสุดท้ายใหม่อีกครั้ง ไม่มีอาร์กิวเมนต์
<response>:	“ERE”<space><error code><space><abs. data><optional abs. data for second wavelength><cr>
<abs. data>:	<header><time><date><filter infor><bar code><meas. Data><ref. data><cr>
<header>:	“BIO-RAD MODEL 3550 EIA READER”<cr>
<time>:	“Time: 10:00:00”<cr> เวลาที่อ่าน
<date>:	“Date:12-25-86”<cr> วันที่ที่อ่าน
<filter infor>:	“Measurement filter XXX nm.”<cr> “Reference filter XXX nm.”<cr> (จะแสดงสำหรับการอ่านที่สองความยาวคลื่น)
<bar code>:	ข้อมูลรหัสแท่ง <cr> ถ้าไม่มีรหัสแท่ง
<Meas. Data>:	“.begin”<cr><8 rows of 12 wells of ads. Value><checksum><“.end”><cr> ค่าวัดการดูดซับความยาวคลื่นในเลขฐานสิบ โดยค่าแต่ละตัวจะถูกแยกด้วยช่องว่าง (Space) แถวที่ 1 = ช่องที่ A1-A12 แถวที่ 2 = ช่องที่ B1-B12 …. แถวที่ 8 = ช่องที่ H1-H12
<ref. data>:	“.begin”<cr><8 rows of 12 wells of ads. Value><checksum><“.end”><cr> ค่าอ้างอิงการดูดซับความยาวคลื่นในเลขฐานสิบ โดยค่าแต่ละตัวจะถูกแยกด้วยช่องว่าง (Space) แถวที่ 1 = ช่องที่ A1-A12 แถวที่ 2 = ช่องที่ B1-B12 …. แถวที่ 8 = ช่องที่ H1-H12
<checksum>:	มีความยาว 2 ไบต์ในฐานสิบมีค่าตั้งแต่ 0-255 โดยจะรวมค่า “.begin” ในการคำนวณด้วย

ส่วนตัวอย่างของค่าที่วัดได้(Meas. Data) และค่าที่ใช้ในการอ้างอิง (Ref. data) จะแสดงดังรูป ข-1

“.begin”<cr>

“0.101 0.102 0.103 0.104 0.105 0.106 0.107 0.108 0.109 0.110 0.111 0.112”<cr>

“0.201 0.202 0.203 0.204 0.205 0.206 0.207 0.208 0.209 0.210 0.211 0.212”<cr>

“0.301 0.302 0.303 0.304 0.305 0.306 0.307 0.308 0.309 0.310 0.311 0.312”<cr>

.

.

.

“0.801 0.802 0.803 0.804 0.805 0.806 0.807 0.808 0.809 0.810 0.811 0.812”<cr>

<checksum><cr>

“.end”<cr>

หมายเหตุ ค่าที่มากกว่า 2.999 จะแสดงเป็นเครื่องหมายดอกจัน(*) แทน

รูป ข-1 แสดงตัวอย่างของค่าที่วัดได้และค่าที่ใช้อ้างอิง

เครื่องอ่านอีไลซ่าจะมีการรายงานสถานะในระหว่างการเปิดเครื่องเป็นรหัสบนจอแอลซีดีของเครื่อง โดยรหัสความผิดพลาด(Error codes) และความหมายของเครื่องอ่านอีไลซ่า BIO-RAD รุ่น 3550 จะแสดงในตาราง ข-2

ตาราง ข-2 แสดงรหัสความผิดพลาดและความหมายของเครื่องอ่านอีไลซ่า Bio-Rad รุ่น 3550

รหัสความผิดพลาด(Error codes)	ความหมาย
“0000”	ไม่เกิดความผิดพลาด
“8071”	คำสั่งไม่ถูกต้อง
“8072”	พารามิเตอร์อยู่เกินช่วง
“8073”	อุปกรณ์ไม่อยู่ในการควบคุมระยะไกล
“8074”	อุปกรณ์ไม่ว่าง
“8075”	วงล้อกรองของเครื่องอ่านติดขัด
“8076”	ชั้นวางเพลตว่าง
“8077”	หลอดไฟขาด
“8078”	ความผิดพลาดจากฮาร์ดแวร์
“8079”	หน่วยความจำเกิดความผิดพลาด
“8080”	กำลังอุ่นเครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การเตรียมไฟล์สำหรับใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์

ไฟล์ที่ผู้ใช้สามารถเตรียมเพื่อใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Multi-ELISA คือ ไฟล์ข้อความหรือเท็กซ์ไฟล์ (Text File) ที่ต้องมีรูปแบบในการจัดเตรียมสำหรับส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ไฟล์นามสกุล .mod เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่า
2. ไฟล์นามสกุล .lay เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บรูปแบบการวางของตัวอย่างในไมโครเพลต ทั้งค่าควบคุมและตัวอย่าง
3. ไฟล์นามสกุล .ctv เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บค่าควบคุมต่างๆ ที่มีใช้งานในการอ่านไมโครเพลต เช่น ค่าควบคุมผลบวก (Positive Control)
4. ไฟล์นามสกุล .set เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บค่าสำหรับการกำหนดวิธีการสื่อสารระหว่างโปรแกรม Multi-ELISA พอร์ทสื่อสารของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องอ่านอีไลซ่า

รูปแบบของไฟล์คำสั่ง

ไฟล์คำสั่งต้องมีรูปแบบในการสร้างไฟล์ที่เป็นลักษณะมาตรฐานของโปรแกรม กล่าวคือ คำสำคัญและคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องอ่านอีไลซ่า โดยแยกด้วยเครื่องหมายเท่ากับ (=) ดังรูป ค-1

	คำสำคัญ = คำสั่ง
เช่น	ActivateSerial = ^Q
	DeactivateSerial = S

รูป ค-1 แสดงรูปแบบของไฟล์คำสั่ง

รูปแบบของไฟล์รูปแบบการจัดวางซีรั่ม

ไฟล์รูปแบบการจัดวางซีรั่มต้องมีลักษณะตามมาตรฐานของโปรแกรม กล่าวคือ ใช้ตัวเลขตั้งแต่ 1 ขึ้นไปในการกำหนดให้เป็นตัวแทนของซีรั่มแต่ละตัวแล้วคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) โดยไฟล์จะต้องมีจำนวนเท่ากับ 8 บรรทัด และในแต่ละบรรทัดจะต้องมีเครื่องหมายจุลภาคคั่นระหว่างตัวเลขไม่น้อยกว่า 11 ตัว ดังรูปที่ ค-2

```
1,2,3,4,5,6 ,7,8,9,10,11,12
2,,,,,,,,,,
3,…
4,…
5,…
6,…
7,…
8,,,,,,,,,,
```

รูป ค-2 แสดงรูปแบบของไฟล์รูปแบบการจัดวางซีรั่ม

รูปแบบการจัดวางของ Serum จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ โดยเคร่งครัด

1. จะต้องใช้ตัวเลขอารบิคเป็นสัญลักษณ์ในการแทน Serum แต่ละตัวเท่านั้น
2. จะต้องใช้ตัวเลขตั้งแต่เลข 1 เป็นต้นไป
3. การจัดวาง Serum แต่ละตัวอาจมีมากกว่า 1 ตัวได้

รูปแบบของไฟล์ค่าควบคุม

ไฟล์ค่าควบคุมต้องมีลักษณะการสร้างที่เป็นไปตามมาตรฐานของโปรแกรม กล่าวคือ ในแต่ละบรรทัดจะต้องมีตัวเลขสำหรับค่าควบคุมเพียงหนึ่งชุดเท่านั้น โดยบรรทัดแรกเป็นค่าควบคุมช่องว่าง (Blank) บรรทัดที่สองเป็นค่าควบคุมผลลบ (Negative Control) บรรทัดที่สามเป็นค่าควบคุมผลบวก (Positive Control) บรรทัดที่สี่เป็นค่าองค์ประกอบ (Factor) บรรทัดที่ห้าเป็นค่าสำหรับการปรับตัว (Calibrator) บรรทัดที่หกเป็นค่าตัดสินผลลบ (Negative Cut-off) และบรรทัดสุดท้ายเป็นค่าตัดสินผลบวก (Positive Cut-off) หากไม่ต้องการใช้ค่าใดให้เว้นเป็นบรรทัดว่าง ดังรูป ค-3

```
0.150 “ค่าควบคุมช่องว่าง (Blank)”
0.300 “ค่าควบคุมผลลบ (Negative Control)”
0.350 “ค่าควบคุมผลบวก (Positive Control)”
0.250 “ค่าองค์ประกอบ (Factor)”
0.250 “ค่าสำหรับการปรับตัว (Calibrator)”
0.9   “ค่าตัดสินผลลบ (Negative Cut-off)”
1.1   “ค่าตัดสินผลบวก (Positive Cut-off)”
```

รูป ค-3 แสดงรูปแบบของไฟล์ค่าควบคุม

รูปแบบไฟล์กำหนดวิธีสื่อสาร

ไฟล์กำหนดวิธีสื่อสารจะต้องมีลักษณะการสร้างที่เป็นไปตามรูปแบบมาตรฐานของโปรแกรม กล่าวคือ ไฟล์จะต้องมีจำนวนบรรทัดไม่เกินสามบรรทัด โดยให้บรรทัดแรกเป็นหมายเลขของพอร์ทสื่อสารที่ต้องการใช้งาน บรรทัดต่อมาเป็นการกำหนดลักษณะของการสื่อสาร และบรรทัดสุดท้ายเป็นวิธีการควบคุมการสื่อสาร ดังรูป ค-4

1	หมายถึง ให้ใช้พอร์ทสื่อสารหมายเลข 1
4800,8,n,1	ให้สื่อสารด้วยความเร็ว 4800 บิตต่อวินาที ใช้ข้อมูลสื่อสาร 8 บิต ไม่ใช้บิตพาริตี้ ใช้บิตหยุดจำนวน 1 บิต
3	ให้ใช้การควบคุมการสื่อสารได้ทั้ง XON/XOFF และ RTS

รูป ค-4 แสดงรูปแบบไฟล์กำหนดวิธีสื่อสาร

สำหรับทางเลือกอื่นๆที่อาจสามารถนำมาใช้งานได้ให้ดูจากคู่มือการใช้งาน Visual Basic หรือจากซีดีรอม Microsoft Developer Network (MSDN) Library

รูปแบบไฟล์ข้อมูลของ Serum

รูปแบบของไฟล์จะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. จะต้องประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 8 บรรทัด
2. ในแต่ละบรรทัดจะต้องประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 12 ชุด
3. ข้อมูลแต่ละชุดจะต้องคั่นด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (,)
4. หากข้อมูลในบรรทัดมีไม่ครบ 12 ชุด จะต้องมีเครื่องหมายมหัพภาคครบทั้ง 11 ตัว

รูปแบบการจัดวางของ Standard

รูปแบบการจัดวางของ Standard จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ โดยเคร่งครัด

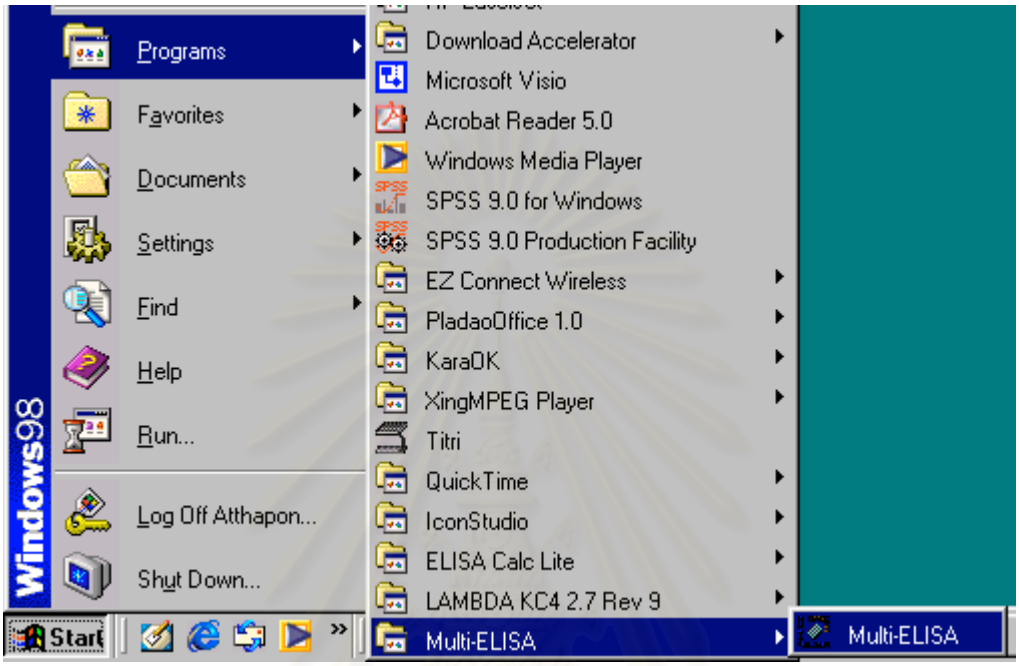
1. จะต้องใช้ตัวเลขอารบิคเป็นสัญลักษณ์แทนค่า Standard แต่ละตัวเท่านั้น
2. จะต้องตัวเลขตั้งแต่เลข 1 เป็นต้นไป
3. จะต้องแทนตัวเลขตาม Standard ดังต่อไปนี้
   - 3.1. เลข 1 แทน ค่า Blank Control (หากมี)
   - 3.2. เลข 2 แทน ค่า Negative Control
   - 3.3. เลข 3 แทน ค่า Positive Control
   - 3.4. เลข 4 แทน ค่า Calibrator (หากมี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

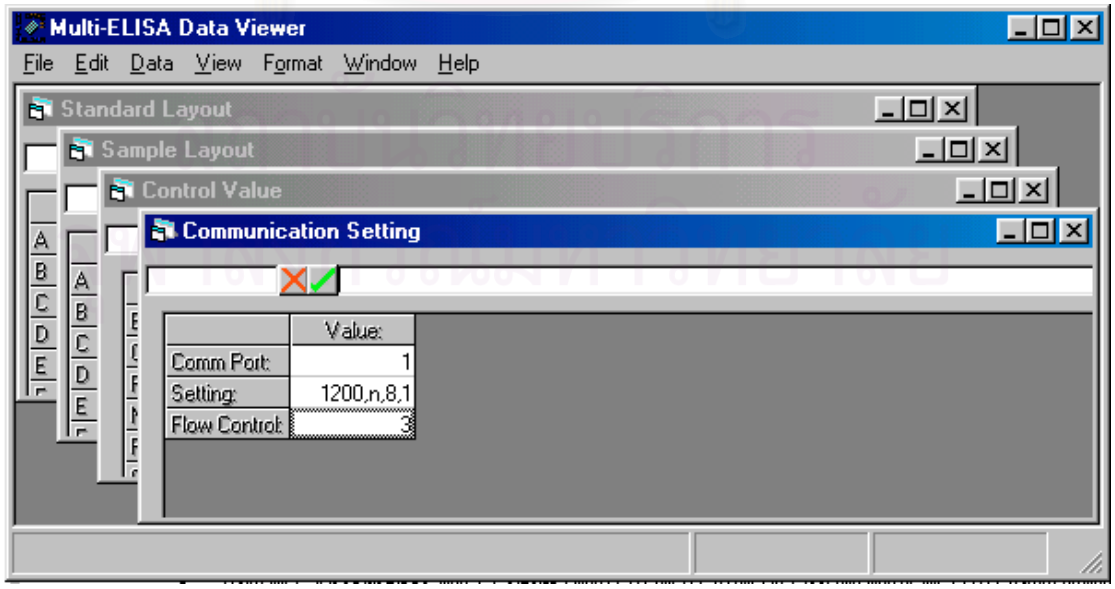
วิธีการใช้โปรแกรม Multi-ELISA

1. ให้คลิ้กที่ปุ่ม Start > Programs> Multi-ELISA ดังรูป ง-1



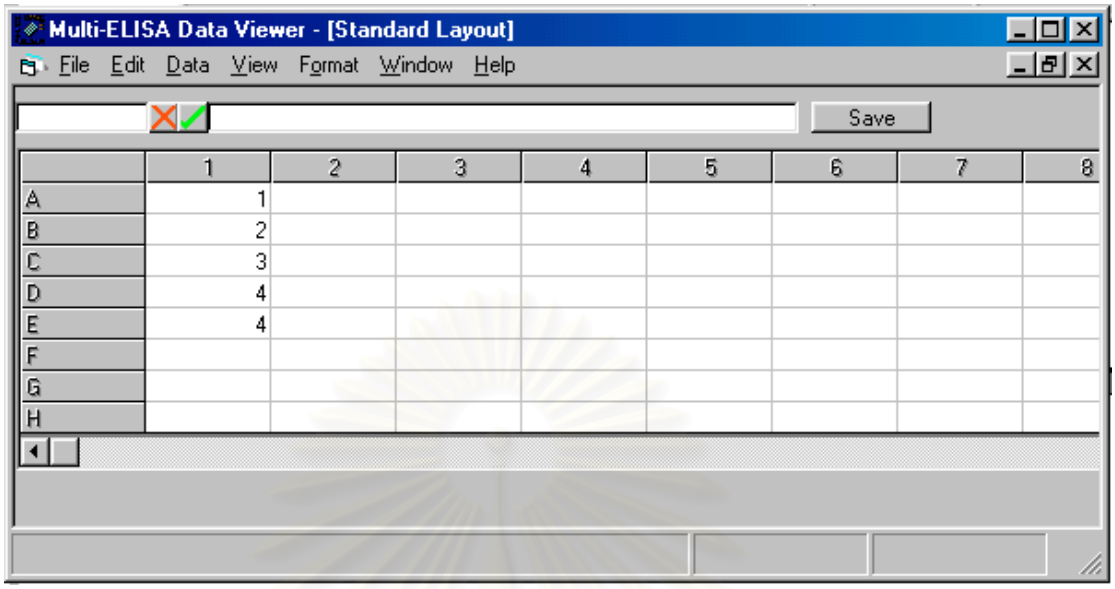
รูป ง-1 แสดงวิธีการเรียกใช้งาน Multi-ELISA

2. โปรแกรม Multi-ELISA จะถูกเรียกขึ้นมาใช้งานบนจอภาพ ด้วยค่าที่ตั้งไว้สุดท้าย (Model, Control Value, Standard Layout และ Communication Setting) ที่ถูกบันทึกไว้ก่อนการปิดโปรแกรม แสดงดังรูป ง-2



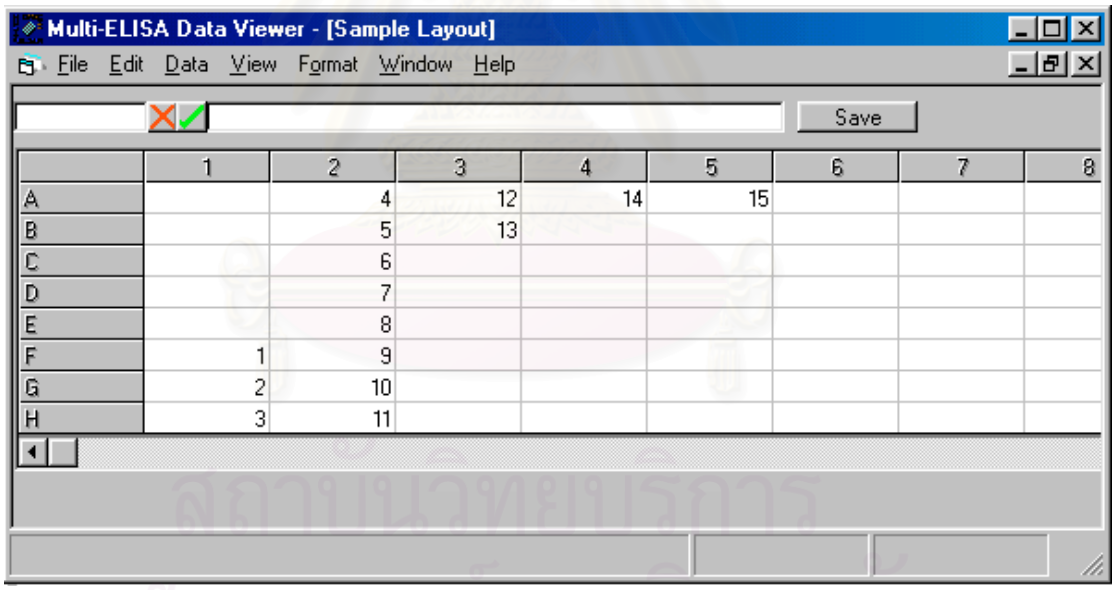
รูป ง-2 แสดงซอฟต์แวร์ Multi-ELISA

3. ผู้ใช้ต้องกำหนดรูปแบบการจัดวางของค่าควบคุม ดังรูป ง-3 ก่อน



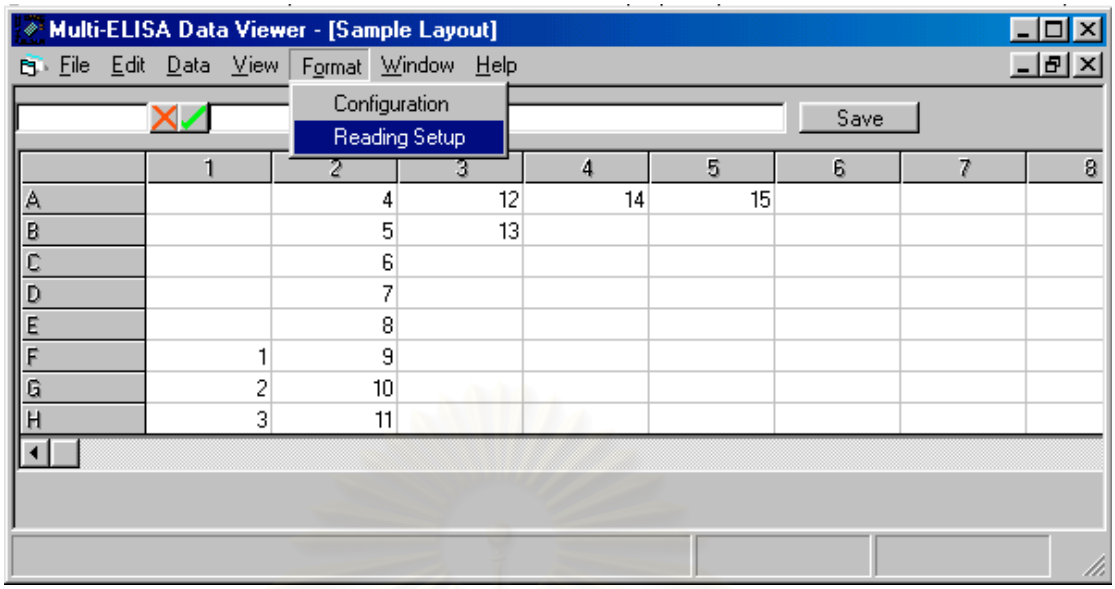
รูป ง-3 แสดงหน้าต่างรูปแบบการจัดวางค่าควบคุม

4. จากนั้นจึงกำหนดรูปแบบการจัดวางของตัวอย่าง ดังรูป ง-4

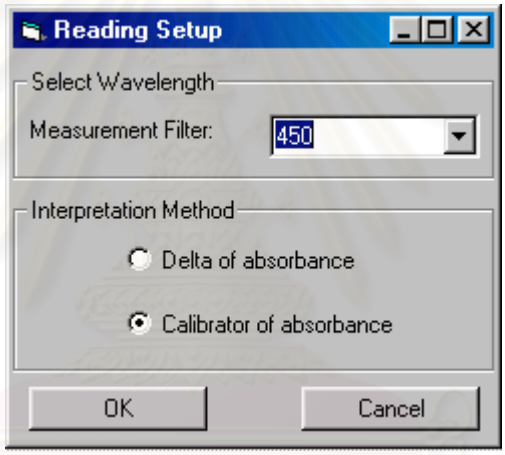


รูป ง-4 แสดงหน้าต่างรูปแบบการจัดวางค่าควบคุม

5. เลือกค่า OD ของตัวอย่าง เพื่อนำมาคำนวณค่าทางสถิติเพื่อหาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ โดยผู้ใช้อาจทำการป้อนค่าเข้าไปในโปรแกรมด้วยแป้นพิมพ์ หรือเปิดไฟล์ที่เป็นไฟล์ข้อความ (Text File) หรือสั่งให้รับค่าผ่านทางพอร์ทสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้
6. หากผู้ใช้เลือกการรับค่าผ่านทางพอร์ทสื่อสาร ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นก่อนการสั่งงานที่เมนู Format > Reading Setup ดังรูป ง-5 เพื่อกำหนดความเข้มของแสง (Wave length) และวิธีการแปลผลที่ต้องการ ดังรูป ง-6



รูป ง-5 แสดงการเรียกใช้กล่องคำโต้ตอบ Reading Setting

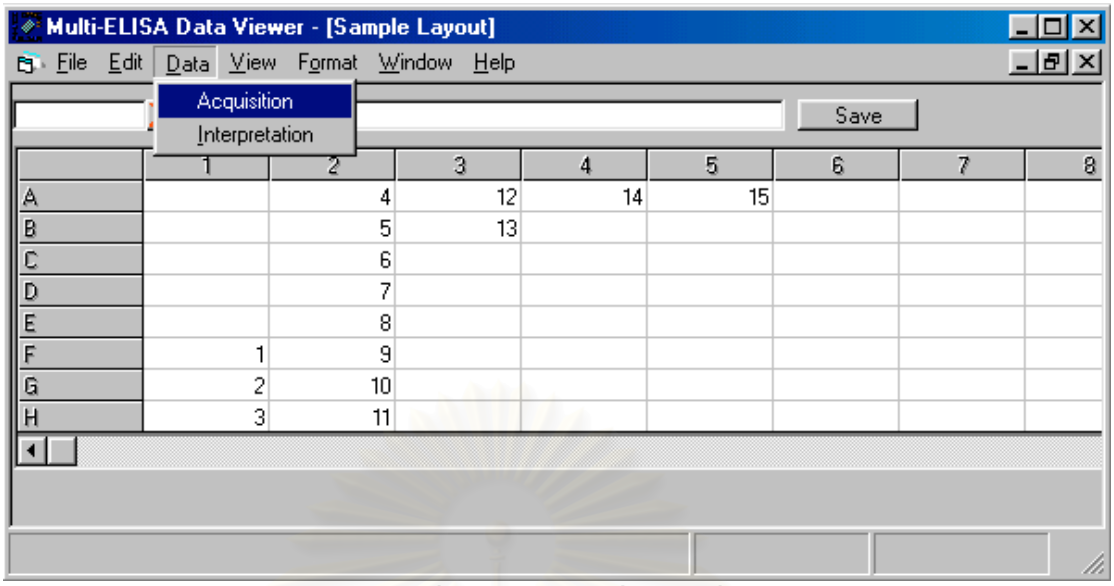


รูป ง-6 แสดงกล่องคำโต้ตอบ Reading Setting

6.1. ตรวจสอบการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องอ่านอีไลซ่าด้วยสาย RS-232C ให้แน่นก่อนเปิดเครื่อง

6.2. เปิดเครื่องอ่านอีไลซ่า แล้วเลือกเมนู Data > Acquisition ดังรูป ง-7

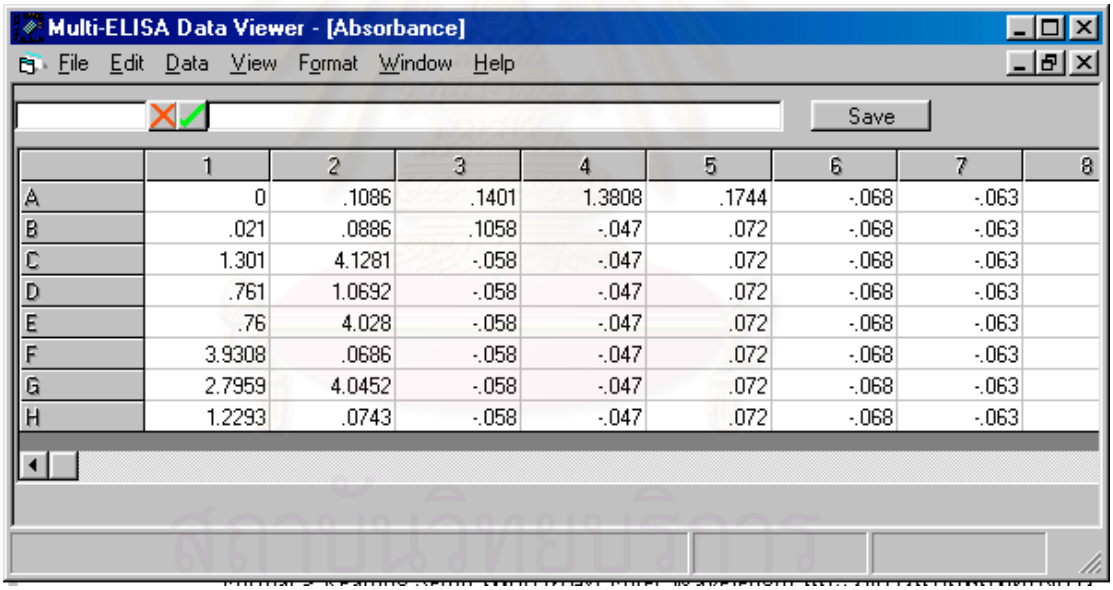
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



	1	2	3	4	5	6	7	8
A		4	12	14	15			
B		5	13					
C		6						
D		7						
E		8						
F	1	9						
G	2	10						
H	3	11						

รูป ง-7 แสดงการสั่งให้ซอฟต์แวร์สั่งงานเครื่องอ่านอีไลซ่า

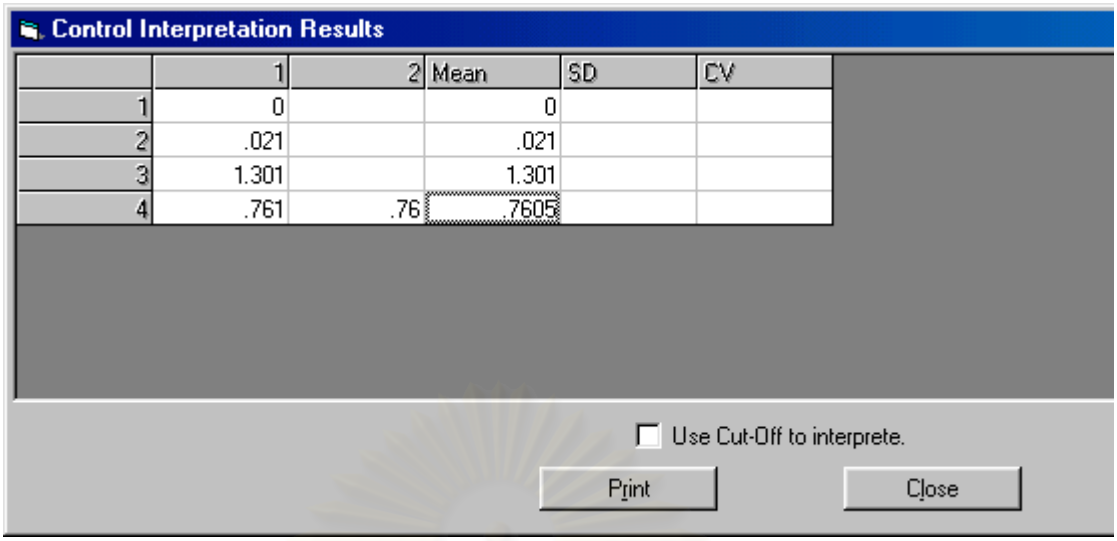
7. หากผู้ใช้ต้องการนำค่า OD ที่เป็นไฟล์ข้อความมาทำการคำนวณ ผู้ใช้สามารถเปิดได้จากเมนู File>Open>Data ซึ่งจะปรากฏข้อมูลดังรูป ง-8



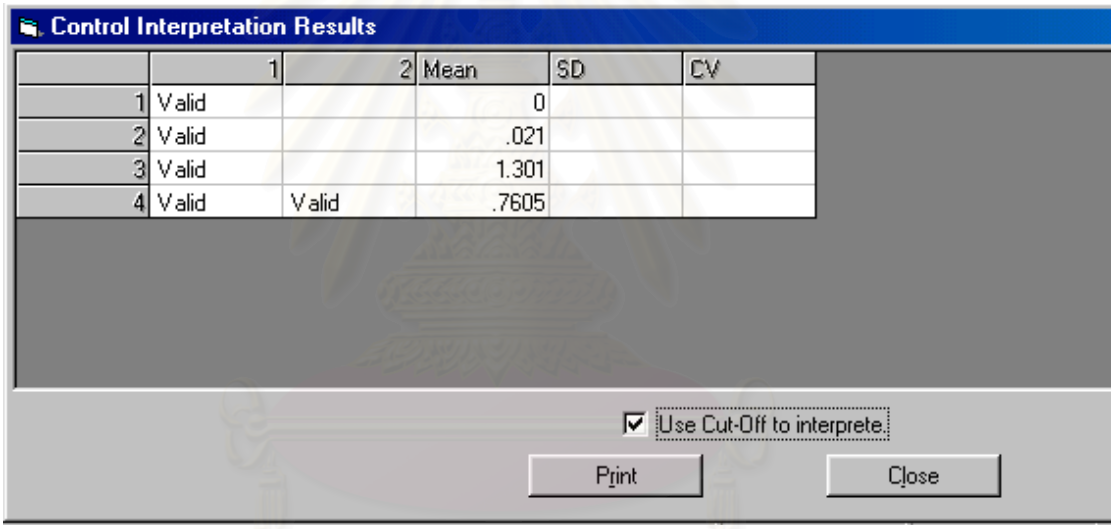
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0	.1086	.1401	1.3808	.1744	-.068	-.063	
B	.021	.0886	.1058	-.047	.072	-.068	-.063	
C	1.301	4.1281	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	
D	.761	1.0692	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	
E	.76	4.028	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	
F	3.9308	.0686	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	
G	2.7959	4.0452	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	
H	1.2293	.0743	-.058	-.047	.072	-.068	-.063	

รูป ง-8 แสดงค่า OD ที่อ่านจากไฟล์

8. หากผู้ใช้ต้องการป้อนค่าให้โปรแกรมด้วยตนเองก็สามารถใช้เม้าส์คลิ้กที่เซลล์ที่ต้องการป้อนค่า แล้วพิมพ์ค่าลงในช่อง หลังการกดปุ่ม Enter หรือคลิ้กที่ปุ่มที่มีเครื่องหมายถูกข้อความที่ป้อนจะถูกนำไปใส่ในกริดให้โดยอัตโนมัติ
9. ผู้ใช้สามารถตรวจสอบค่าน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการเรียกดูหน้าต่าง Control Interpretation Result ดังรูป ง-9 หากมีค่าใดค่าหนึ่งมีผลการแปลผลเป็น Invalid ดังรูป ง-10 ให้ยกเลิกผลการวิเคราะห์ทั้งหมด

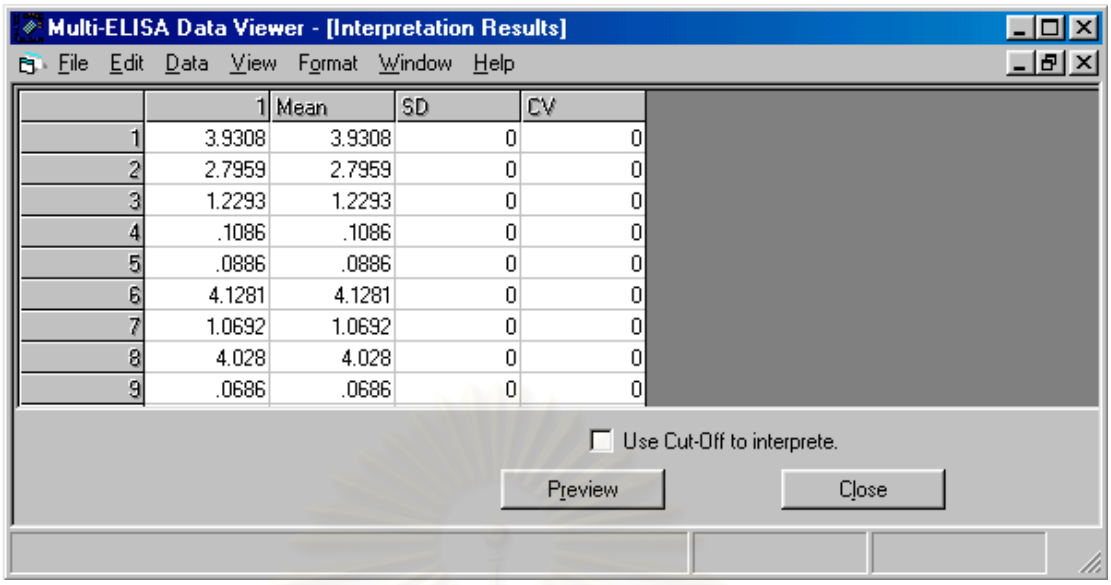


รูป ง-9 แสดงกล่องคำโต้ตอบแสดงผลค่าควบคุม



รูป ง-10 แสดงกล่องคำโต้ตอบแสดงการแปลผลค่าควบคุม

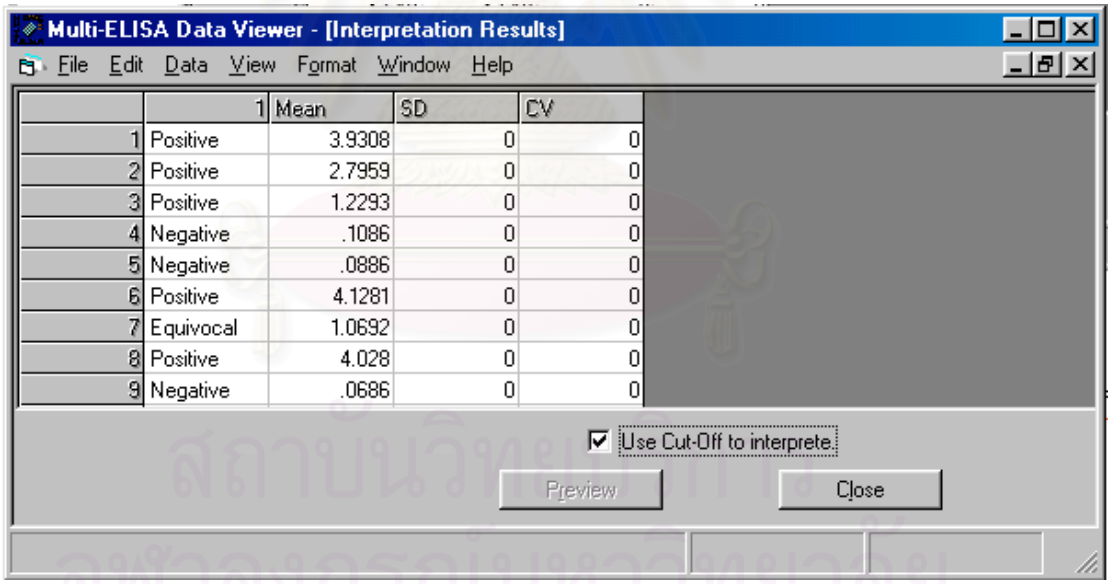
10. หลังจากได้ค่า OD โปรแกรมจะทำการคำนวณและแปลผลตามที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ดังรูป ง-11 คือ หาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ของค่า OD ที่อ่านได้จากไมโครเพลตนั้นๆ หากผู้ใช้กำหนดวิธีการแปลผลด้วยการคำนวณ Calibrator ร่วมด้วย และหาค่า Delta หากผู้ใช้กำหนดวิธีการแปลผลด้วยการใช้ค่า Delta



	1	Mean	SD	CV
1	3.9308	3.9308	0	0
2	2.7959	2.7959	0	0
3	1.2293	1.2293	0	0
4	.1086	.1086	0	0
5	.0886	.0886	0	0
6	4.1281	4.1281	0	0
7	1.0692	1.0692	0	0
8	4.028	4.028	0	0
9	.0686	.0686	0	0

รูป ง-11 แสดงหน้าต่างการคำนวณค่า OD ของตัวอย่าง

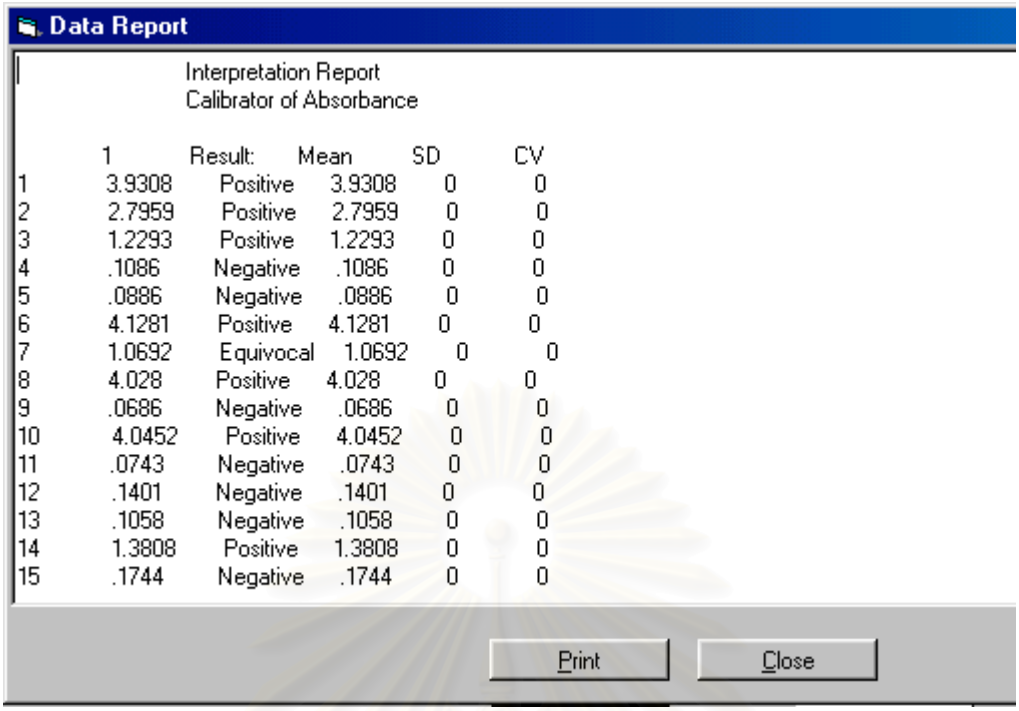
11. ผู้ใช้สามารถสั่งให้ซอฟต์แวร์ทำการแปลผลการคำนวณเป็นค่าบวก (Positive) ค่าลบ (Negative) หรือค่าคลุมเครือ (Equivocal) สลับกับค่า OD หรือค่า Delta ได้ด้วยการคลิ้กเลือกออปชั่น ดังรูป ง-12 ซึ่งสามารถสั่งพิมพ์เป็นเอกสารได้ทั้งสองแบบ



	1	Mean	SD	CV
1	Positive	3.9308	0	0
2	Positive	2.7959	0	0
3	Positive	1.2293	0	0
4	Negative	.1086	0	0
5	Negative	.0886	0	0
6	Positive	4.1281	0	0
7	Equivocal	1.0692	0	0
8	Positive	4.028	0	0
9	Negative	.0686	0	0

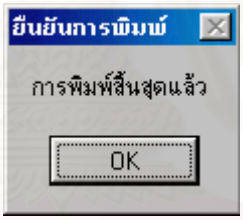
รูป ง-12 แสดงหน้าต่างการแปลผลค่า OD ของตัวอย่าง

12. หากผู้ใช้ต้องการพิมพ์ผลออกทางเครื่องพิมพ์ ให้กดปุ่ม Preview จะปรากฏหน้าต่างที่แสดงภาพก่อนพิมพ์ ดังรูป ง-13 จากนั้นเมื่อผู้ใช้กดปุ่มพิมพ์ซอฟต์แวร์จะส่งภาพที่ปรากฏออกทางเครื่องพิมพ์ที่เป็นเครื่องพิมพ์โดยปริยาย



รูป ง-13 แสดงภาพก่อนพิมพ์ของค่า OD ของตัวอย่าง และการแปลผล

13. หลังการส่งข้อมูลสิ้นสุด ซอฟต์แวร์จะแสดงกล่องคำโต้ตอบยืนยันการพิมพ์



รูป ง-14 แสดงกล่องคำโต้ตอบยืนยันการพิมพ์

14. ผู้ใช้สามารถจบการทำงานของซอฟต์แวร์ได้จากเมนู File> Exit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอรรถพล ถาน้อย เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2516 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ศึกษาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม) จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี 2537 เริ่มทำงานเมื่อมีนาคม 2537 ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป บริษัท ลานนาโปรดักส์ จำกัด จังหวัดลำพูน และทำงานเป็นลูกจ้างชั่วคราวในตำแหน่งนักวิชาการศึกษา ฝ่ายตารางสอนและตารางสอบ สำนักทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนตุลาคม 2537 ตั้งแต่มกราคม 2538 ถึงปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ระบบงานคอมพิวเตอร์ ฝ่ายสนับสนุนและบริการวิชาการ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เคยได้รับทุนฝึกอบรมจากรัฐบาลญี่ปุ่นในเดือนพฤศจิกายน 2541 ให้เข้ารับการอบรมในหลักสูตร Electronics Engineering (Microcomputer) ณ Sapporo Electronics Center, Sapporo City, Hokkaido Prefecture, Japan. เป็นเวลา 3 เดือน เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ในปี 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย