

การออกแบบและพัฒนาระบบจำลองระดับความเข้มข้นของยาในเลือด โดยอาศัยแบบจำลองทาง  
เภสัชจลนศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงแบบแผนการให้ยา

นายสัจจา ผูกพันธ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2324-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I22207296

A DESIGN AND DEVELOPMENT OF DRUG CONCENTRATION SIMULATING SYSTEM  
BASED ON PHARMACOKINETIC MODELS FOR SUPPORT DECISION MAKING TO  
CHANGE DOSAGE REGIMEN

Mr. Sajja Pookpun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

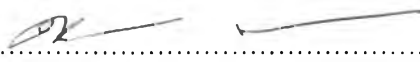
Academic Year 2005

ISBN 974-53-2324-1

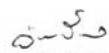
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การออกแบบ และ พัฒนาระบบจำลองระดับความเข้มข้นของยาใน  
เลือด โดยอาศัยแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์เพื่อประกอบการ  
ตัดสินใจเปลี่ยนแปลงแบบแผนการให้ยา  
โดย                              นายสัจจา ผูกพันธุ์  
สาขาวิชา                      วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนาวรรณ จันทร์ตนไพบูลย์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม       รองศาสตราจารย์ ดร.กอบธัม สติรกุล


---

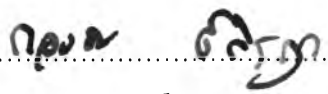
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

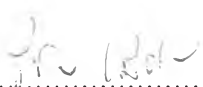
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันพร ปั่นเก่า)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนาวรรณ จันทร์ตนไพบูลย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบธัม สติรกุล)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุเมธ วิษระชัยสุรพล)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัญ เลิศวิภาตระกุล)

สัจจา ผูกพันธุ : การออกแบบ และ พัฒนาระบบจำลองระดับความเข้มข้นของยาในเลือด โดยอาศัยแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์ เพื่อประกอบการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงแบบแผนการให้ยา. (A DESIGN AND DEVELOPMENT OF DRUG CONCENTRATION SIMULATING SYSTEM BASED ON PHARMACOKINETIC MODELS FOR SUPPORT DECISION MAKING TO CHANGE DOSAGE REGIMEN)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ธนาวรรณ จันทรัตนไพบูลย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.กอบธัม สติกรกุล, 219 หน้า. ISBN 974-53-2324-1.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบจำลองระดับความเข้มข้นของยาในเลือด สำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาลเพื่อช่วยในการปรับเปลี่ยนขนาดยาที่ต้องใช้ในผู้ป่วยโดยอาศัยแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์ ร่วมกับการออกแบบ และการโปรแกรมเชิงวัตถุ บนสถาปัตยกรรมแบบเว็บเซอร์วิส

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีทางด้านคณิตศาสตร์ ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีทางด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ทฤษฎีทางด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แล้วทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยเทคโนโลยีเชิงวัตถุโดยใช้ภาษายูเอ็มแอล และใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล 4 ในการจัดเก็บข้อมูลและตัวแปรสำหรับผู้ป่วย จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการพัฒนาออกเป็นสองส่วน โดยส่วนหนึ่งพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ เซิร์ฟเลต จาวาเซิร์ฟเวอร์เพจ และเอ็นเตอร์ไพร์สจาวาบิน อีกส่วนหนึ่งเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชัน แอปเพล็ต ด้วยภาษาจาวาซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ โดยทั้งสองส่วนจะถูกบรรจุไว้รวมกันใน สภาพบรรจุของจาวาเอ็นเตอร์ไพร์ส(JAVA enterprise container) แล้วทำการทดสอบการทำงานของระบบเทียบกับซอฟต์แวร์ต้นแบบ หรือ ชุดข้อมูลทดสอบ

งานวิจัยนี้สามารถให้ประโยชน์ได้สองประการคือ ประการแรกสามารถช่วยในการปรับเปลี่ยนขนาดการให้ยาในผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่สามารถเจาะตัวอย่างหาระดับยาในเลือดของผู้ป่วยได้ ทำให้มีประสิทธิภาพในการให้ยาเพิ่มขึ้น ได้ประสิทธิผลจากการใช้ยามากขึ้น ทำให้เกิดความปลอดภัยในการใช้ยา ประการที่สองคือ ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและบันทึกไว้ นั้นสามารถที่จะนำกลับมาใช้ในอนาคตเช่น เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ในกลุ่มประชากร

ภาควิชา.... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา .....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

# # 4570588821 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD : WEB SERVICES / PHARMACOKINETICS COMPARTMENT MODEL /  
BLOOD CONCENTRATION SIMULATION

SAJJA POOKPUN : A DESIGN AND DEVELOPMENT OF DRUG  
CONCENTRATION SIMULATING SYSTEM BASED ON PHARMACOKINETIC  
MODELS FOR SUPPORT DECISION MAKING TO CHANGE DOSAGE  
REGIMEN. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.TANAWAN JANTARATANAPIBUN,  
THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF.Dr.KOBTHUM SATHIRAKUL, 219 pp.  
ISBN 974-53-2324-1.

The objective of this thesis is to design and development simulating system based on pharmacokinetics compartment models for simulates blood concentration to adjust dosage regimen for patient in hospital, by using Object Oriented programming and design on Web Services Architecture.

In order to achieve the objective, the researcher has to intensively study the Pharmacokinetics Theory and relevant theory such as Mathematics theory, Numerical Method, Software Engineering theory and Computer network theory. The researcher analyses and designs the system based on object oriented technology using UML language. MySQL 4.0 database used as database management system to store patient parameter. System was divided into two parts, first part develop as web application using java server page(JSP), Servlet and Enterprise Java Bean (EJB).Second part develop as Applets using JAVA programming. Both of them integrated as package and deploy on JAVA enterprise container. Software testing by calculates and compares result with prototype software or tested data set.

This research will be beneficial in two issues, first is to adjust drug dosage use in hospitalize patient, in hospital which have ability to sampling blood from patient, increase effective and efficacy of treatment and increase safety in drug use. Second benefit, future benefit, the data can reuse to calculate for population Kinetics.

Department.... Computer Engineering...Student's Signature.....  
Field of study.... Computer Science.....Advisor's Signature.....  
Academic year ...2005..... Co-Advisor's Signature.....

*Sajja Pookpun*  
*Thum Chud*  
*new Sargor*



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนาวรรณ จันทรัตนไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. กอบธัม สติรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทั้งทางด้านเนื้อหา และแนวทางในการดำเนินการในการทำการวิจัย และให้การสนับสนุนตลอดเวลาในการทำการวิจัย ซึ่งทำให้งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้พิจารณาและให้คำแนะนำตรวจทาน แก้ไข และอนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฬรัตน์ คนศิลป์ อาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ผู้ป่วย และให้คำแนะนำรายละเอียดซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เกสัชกร สรวิต โปธิกิจ เกสัชกรประจำโรงพยาบาลบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสาร เวชระเบียนผู้ป่วย เพื่อใช้ในวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณแรงใจจากเพื่อนๆ และน้องๆ ในภาควิชาที่เป็นแรงใจ ให้ทำงานได้อย่างลุล่วง

และในท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุน และเป็นกำลังใจเป็นอย่างยิ่ง ให้กับผู้วิจัยตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง .....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.1.1 แบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์ (Pharmacokinetic models) .....	1
1.1.2 การนำแบบจำลองไปใช้ .....	2
1.1.3 การติดตามการใช้ยา (Therapeutic Drug Monitoring, TDM).....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	6
1.3 ขอบเขตงานวิจัย .....	7
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 สถาปัตยกรรมและเครื่องมือในการพัฒนาระบบสารสนเทศ .....	9
2.1.1 สถาปัตยกรรมเอ็นทีเยอร์ (N-Tier Architecture) .....	9
2.1.2 เว็บเซอร์วิส (WEB SERVICES).....	10
2.1.3 การพัฒนา เว็บเซอร์วิส ด้วย จาวาสำหรับองค์กรขนาดใหญ่.....	11
2.1.4 เซิร์ฟเล็ตส (SERVLETS) .....	13
2.1.5 อีเจบี (EJB, Enterprise JAVA Bean Components) .....	15
2.1.6 เครื่องมือในการพัฒนาออบเจกต์เอพลีเคชันและเว็บเซอร์วิส.....	18
2.2 ทฤษฎีทางด้านเภสัชจลนศาสตร์ .....	25
2.2.1 แบบจำลองคอมพาร์ทเมนต์เดียวแบบเปิด(ให้ยาครั้งเดียว).....	26
2.2.2 แบบจำลองสองคอมพาร์ทเมนต์แบบเปิดโดยให้ยาครั้งเดียว.....	30
2.2.3 เภสัชจลนศาสตร์ที่มีการให้ยามากกว่าหนึ่งครั้ง .....	36
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	43

2.3.1 การปรับประมาณค่า (ID).....	43
2.3.2 การจำลอง (SIM) .....	43
บทที่ 3 ระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	45
3.1 การใช้งานแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์ทางคลินิก .....	45
3.1.1 การทำงานเพื่อหาระดับยาในเลือดเพื่อนำไประบุชนิดของแบบจำลอง .....	45
3.1.2 การใช้งานซอฟต์แวร์ ADAPT II.....	46
3.1.3 ปัญหาและอุปสรรคในการนำซอฟต์แวร์ ADAPT II มาใช้ทางคลินิก .....	48
3.2 ระบบจำลองระดับยาในเลือดสำหรับงานเภสัชกรรมคลินิก.....	48
3.3 การกำหนดความต้องการของระบบ .....	50
3.3.1 ความต้องการด้านหน้าที่ (Functional Requirement).....	52
3.3.2 ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่ (Non Functional Requirement).....	79
3.3.3 ความต้องการเทียม (Psuedo Requirement).....	80
บทที่ 4 การออกแบบซอฟต์แวร์ระบบจำลองระดับยาในเลือด .....	82
4.1 มุมมองยูสเคส (USE CASE VIEW).....	82
4.2 มุมมองทางตรรกะ (LOGICAL VIEW).....	83
4.3 แพคเกจ (Package).....	102
4.4 การออกแบบการทำงานของส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) .....	108
4.5 การออกแบบระบบฐานข้อมูล .....	119
บทที่ 5 การพัฒนาและทดสอบความน่าเชื่อถือของระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	121
5.1 สถาปัตยกรรมระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	121
5.1.1 เทียร์ในการนำเสนอ (Presentation Tier).....	121
5.1.2 เทียร์ตรรกะทางธุรกิจ 1(Business Logic Tier 1) .....	123
5.1.3 เทียร์ตรรกะทางธุรกิจ 2(Business Logic Tier 2) .....	123
5.1.4 เทียร์ชั้นข้อมูล (Data Layer Tier) .....	124
5.2 โครงสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ .....	124
5.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface).....	134
5.3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบของเว็บ.....	134
5.3.2 ส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบของแอปพลิเคชัน .....	136
5.4 แผนภาพคลาสสำหรับส่วนการคำนวณค่าทางเภสัชจลนศาสตร์.....	137



5.5	ดีพลอยเมนต์ของระบบจำลองระดับยาในเลือด (Deployment Diagram)	137
5.6	ผลการทดสอบการปรับค่าเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม	140
5.6.1	ชุดข้อมูลที่ 1	140
5.6.2	ชุดข้อมูลที่ 2	141
5.7	การทดสอบการคำนวณระดับความเข้มข้นของระดับยาในเลือด	141
5.7.1	ผลการทดสอบการคำนวณค่าความเข้มข้นโดยชุดข้อมูลที่ 1	141
5.7.2	ผลการทดสอบการคำนวณค่าความเข้มข้นโดยชุดทดสอบที่ 2	142
บทที่ 6	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	143
6.1	บทสรุป	143
6.2	ข้อเสนอแนะ	145
	รายการอ้างอิง	147
	บรรณานุกรม	149
	ภาคผนวก	150
	ภาคผนวก ก การระบุความต้องการของระบบจำลองระดับยาในเลือด	151
	ภาคผนวก ข นิยามยูสเคส	163
	ภาคผนวก ค ตารางฐานข้อมูล	172
	ภาคผนวก ง การใช้งานซอฟต์แวร์ระบบจำลองระดับยาในเลือด	178
	ภาคผนวก จ ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบการทำงานซอฟต์แวร์	203
	ภาคผนวก ฉ ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่	210
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	219

## สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของยาในเลือดต่อ ผลการรักษ และ การเกิดพิษ .....	3
รูปที่ 1-2 แสดงขั้นตอนของการติดตามการใช้ยา .....	4
รูปที่ 2-1 แสดงสถาปัตยกรรมของ เจทูอีอี .....	12
รูปที่ 2-2 แสดงสภาพบรรจุเซิร์ฟเล็ตส .....	13
รูปที่ 2-3 แสดงส่วนติดต่อ เซิร์ฟเล็ตส (ต่อ) .....	14
รูปที่ 2-4 แสดง EJB component .....	16
รูปที่ 2-5 แสดงวงจรชีวิตของ EJB component .....	17
รูปที่ 2-6 แสดงการติดต่อจาก ไคลเอนท์ มายัง สภาพบรรจุ อีเจบี .....	17
รูปที่ 2-7 แสดงความเข้มข้นของยาใน พลาสมา และเนื้อเยื่อจากแนวคิดความเป็นเนื้อเดียวกัน..	25
รูปที่ 2-8 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มอวัยวะสำหรับ คอมพาร์ทเมนต์หลักและคอมพาร์ทเมนต์ราย ล้อม .....	26
รูปที่ 2-9 แสดงแผนภาพสำหรับแบบจำลองหนึ่งคอมพาร์ทเมนต์ .....	27
รูปที่ 2-10 แสดงลักษณะของการขจัดยาออกแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูป .....	27
รูปที่ 2-11 แสดงลักษณะการดูดซึมและการขจัดยาออกแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูป .....	29
รูปที่ 2-12 แสดงลักษณะของแบบจำลองสองคอมพาร์ทเมนต์ .....	30
รูปที่ 2-13 แสดงแบบจำลองสองคอมพาร์ทเมนต์ที่มีการขจัดออกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูป .....	31
รูปที่ 2-14 แสดงแบบจำลองแบบสองคอมพาร์ทเมนต์ที่มีการขจัดออกแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูป ..	34
รูปที่ 2-15 แสดงความเข้มข้นของยาในเลือดเมื่อให้ยาแบบ ให้ครั้งเดียว .....	37
รูปที่ 2-16 แสดงความเข้มข้นของยาในเลือดเมื่อให้ยาแบบให้หลายครั้ง .....	38
รูปที่ 2-17 แสดงความเข้มข้นของยาในเลือดเมื่อให้ยาแบบให้ครั้งเดียว .....	39
รูปที่ 2-18 แสดงความเข้มข้นของยาเมื่อให้ยาแบบให้หลายครั้ง .....	39
รูปที่ 3-1 แสดงขั้นตอนในการหาแบบจำลองทางเภสัชจลนศาสตร์โดย ADAPT II .....	47
รูปที่ 3-2 แสดงขั้นตอนในการปรับค่าตัวแปรโดย ADAPT II .....	47
รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะการทำงานของระบบจำลองระดับยาในเลือด .....	49
รูปที่ 3-4 แสดงกราฟที่ได้จากการกำหนดจุดโดยผู้ใช้ใน แบบจำลองคอมพาร์ทเมนต์เดียวโดย การให้ยาทางหลอดเลือด .....	56

รูปที่ 3-5 แสดงกราฟที่ได้จากการกำหนดจุดโดยผู้ใช้ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์เดียวโดย การให้ยานอกหลอดเลือดหลังจากการวาดจุดโดยการอ่านค่าจากเวกเตอร์.....	58
รูปที่ 3-6 แสดงให้เห็นกราฟที่ได้จากการกำหนดจุดโดยผู้ใช้ในแบบจำลองสองคอมพิวเตอร์ โดยการให้ยาทางเลือด หลังจากการวาดจุดโดยการอ่านค่าจากเวกเตอร์แล้ว .....	60
รูปที่ 3-7 แสดงกราฟที่ได้จากการกำหนดจุดโดยผู้ใช้ในแบบจำลองสองคอมพิวเตอร์โดย การให้ยานอกหลอดเลือด หลังจากการวาดจุดโดยการอ่านค่าจากเวกเตอร์.....	63
รูปที่ 3-8 แสดงดัชนีค่าสีที่กำหนดให้กับโปรแกรม.....	66
รูปที่ 3-9 แสดงตารางการแปรผลค่าสีในการคำนวณเพื่อปรับตัวแปร.....	67
รูปที่ 3-10 แสดงการแบ่งส่วนแสดงผลกราฟที่ออกเป็นสี่ส่วน เพื่อแยกส่วนการทำงานในการ ประมวลผล .....	72
รูปที่ 3-11 แสดงการเคลื่อนที่ของสามเหลี่ยมจากจุด G ขยายออกไปยังจุด R.....	76
รูปที่ 3-12 แสดงการเคลื่อนที่ของสามเหลี่ยม จากจุด R ขยายออกไปยังจุด E.....	77
รูปที่ 3-13 แสดงการเคลื่อนที่ของสามเหลี่ยม จากจุด R หดเข้าสู่ศูนย์กลาง และ G หดเข้าสู่ ศูนย์กลาง.....	77
รูปที่ 3-14 แสดงการเคลื่อนที่ของสามเหลี่ยม จากจุด R หดเข้าสู่ศูนย์กลาง และ G หดเข้าสู่ ศูนย์กลาง.....	78
รูปที่ 3-15 แสดงรายละเอียดสำหรับความต้องการเทียม.....	80
รูปที่ 4-1 แสดงยูสเคสระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	82
รูปที่ 4-2 แสดงซีเควนซ์ในการตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน .....	83
รูปที่ 4-3 แสดงซีเควนซ์ของการทำงานเพื่อเพิ่มข้อมูลผู้ใช้.....	84
รูปที่ 4-4 แสดงซีเควนซ์การทำงานเพื่อแก้ไขข้อมูลผู้ใช้.....	85
รูปที่ 4-5 แสดงซีเควนซ์การทำงานในการลบข้อมูลผู้ใช้.....	85
รูปที่ 4-6 แสดงซีเควนซ์การทำงานในการเพิ่มข้อมูลผู้ป่วยใหม่.....	86
รูปที่ 4-7 แสดงซีเควนซ์ในการเพิ่มข้อมูลผู้ป่วยเก่า .....	87
รูปที่ 4-8 แสดงซีเควนซ์ในการแก้ไขข้อมูลผู้ป่วย.....	88
รูปที่ 4-9 แสดงซีเควนซ์การเพิ่มข้อมูลยา .....	89
รูปที่ 4-10 แสดงซีเควนซ์การแก้ไขข้อมูลยา .....	90
รูปที่ 4-11 แสดงซีเควนซ์การลบข้อมูลยา .....	90
รูปที่ 4-12 แสดงซีเควนซ์การเพิ่มและลดแถวในการรับค่าความเข้มข้น.....	91

รูปที่ 4-13 แสดงซีเควนซ์การทำงานการคำนวณจุดความเข้มข้น .....	92
รูปที่ 4-14 แสดงซีเควนซ์การทำงานการคำนวณค่าตัวแปรเริ่มต้น.....	93
รูปที่ 4-15 แสดงวงชีวิตสำหรับการวาดจุดข้อมูล .....	93
รูปที่ 4-16 แสดงซีเควนซ์การทำงานในการคำนวณเพื่อปรับตัวแปร .....	94
รูปที่ 4-17 แสดงวงชีวิตการทำงานของคลาสการวาดพื้นผิวกำลังสองน้อยที่สุด.....	95
รูปที่ 4-18 แสดงซีเควนซ์การเพิ่มและลดแถวในการกำหนดรูปแบบการให้ยา .....	95
รูปที่ 4-19 แสดงลำดับการคำนวณเพื่อแสดงผลการจำลองระดับยาในเลือด .....	97
รูปที่ 4-20 แสดงขั้นตอนเพื่อคำนวณความเข้มข้นจำเพาะของระดับยาในเลือด .....	98
รูปที่ 4-21 แสดงวงชีวิตการทำงานคำนวณค่าความเข้มข้นจำเพาะ .....	99
รูปที่ 4-22 แสดงซีเควนซ์การทำงานเพื่อบันทึกข้อมูลตัวแปร .....	100
รูปที่ 4-23 แสดงซีเควนซ์การทำงานเพื่อร้องขอข้อมูลตัวแปร.....	101
รูปที่ 4-24 แสดงซีเควนซ์การค้นข้อมูลผู้ป่วย.....	101
รูปที่ 4-25 แสดงซีเควนซ์การทำงานเพื่อค้นหาข้อมูลยา.....	102
รูปที่ 4-26 แสดงแพ็คเกจต่างๆสำหรับระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	103
รูปที่ 4-27 แสดงคลาสต่างๆในส่วนของการจัดการด้านการคำนวณ .....	105
รูปที่ 4-28 แสดงคลาสซึ่งบรรจุอยู่ในแพ็คเกจจัดการข้อมูลตัวแปร .....	106
รูปที่ 4-29 แสดงคลาสต่างๆที่อยู่ในแพ็คเกจระบุความเข้มข้น .....	107
รูปที่ 4-30 แสดงความสัมพันธ์ของเว็บคลาสในการจัดการผู้ใช้.....	110
รูปที่ 4-31 แสดงความสัมพันธ์ของเว็บคลาสในการจัดการข้อมูลรายการยาโดย ผู้บริหารระบบ .....	111
รูปที่ 4-32 แสดงความสัมพันธ์ของเว็บคลาสในการจัดการรายการยาโดยผู้ใช้.....	112
รูปที่ 4-33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเว็บคลาสในการจัดการผู้ป่วยโดย ผู้บริหารระบบ .....	113
รูปที่ 4-34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเว็บคลาสในการจัดการผู้ป่วยโดยผู้ใช้ .....	114
รูปที่ 4-35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเว็บคลาสในส่วนการคำนวณค่าทางเภสัชจลนศาสตร์ โดยผู้บริหารระบบ.....	115
รูปที่ 4-36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเว็บคลาสในส่วนการคำนวณเภสัชจลนศาสตร์โดยผู้ ปฏิบัติการ .....	116
รูปที่ 4-37 แสดงส่วนประกอบของส่วนติดต่อสำหรับการประมาณค่าตัวแปรด้วยมือ .....	117
รูปที่ 4-38 แสดงส่วนประกอบของส่วนติดต่อสำหรับการปรับค่าตัวแปร.....	117
รูปที่ 4-39 แสดงส่วนประกอบของส่วนติดต่อสำหรับการคำนวณค่าความเข้มข้น .....	118

รูปที่ 4-40 แสดงส่วนประกอบของส่วนติดต่อสำหรับการค้นข้อมูลตัวแปรที่บ้านทีกไว้.....	118
รูปที่ 4-41 แสดงความสัมพันธ์ของตารางต่างๆ.....	120
รูปที่ 5-1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบจำลองระดับความเข้มข้นของยาในเลือด.....	122
รูปที่ 5-2 แสดงโครงสร้างของส่วนติดต่อเมื่อต้องการเข้าสู่ระบบ.....	125
รูปที่ 5-3 แสดงโครงสร้างส่วนติดต่อเมื่อต้องการจัดการข้อมูลผู้ใช้.....	126
รูปที่ 5-4 แสดงโครงสร้างส่วนติดต่อเพื่อจัดการรายการผู้ป่วยสำหรับผู้บริหารระบบ.....	127
รูปที่ 5-5 แสดงโครงสร้างส่วนติดต่อเพื่อจัดการรายการผู้ป่วยสำหรับผู้ใช้.....	128
รูปที่ 5-6 แสดงโครงสร้างเมื่อต้องการจัดการรายละเอียดยาโดยผู้ดูแลระบบ.....	129
รูปที่ 5-7 แสดงโครงสร้างเมื่อต้องการจัดการรายละเอียดยาโดยผู้ใช้.....	130
รูปที่ 5-8 แสดงโครงสร้างเมื่อต้องการคำนวณค่าทางเภสัชจลนศาสตร์โดยผู้บริหารระบบ.....	131
รูปที่ 5-9 แสดงโครงสร้างเมื่อต้องการคำนวณค่าทางเภสัชจลนศาสตร์โดยผู้ใช้.....	132
รูปที่ 5-10 แสดงโครงสร้างส่วนติดต่อเมื่อเข้าใช้งานส่วนคำนวณทางเภสัชจลนศาสตร์.....	133
รูปที่ 5-11 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้ที่มีหน้าที่ในการนำทาง.....	134
รูปที่ 5-12 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้ที่มีหน้าที่รับและแก้ไขข้อมูล.....	134
รูปที่ 5-13 แสดงตัวควบคุมปฏิทิน.....	135
รูปที่ 5-14 รายการที่แสดงในส่วนติดต่อที่มีหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูล.....	135
รูปที่ 5-15 แสดงส่วนติดต่อพร้อมกับรายการข้อมูลผู้ใช้.....	136
รูปที่ 5-16 แสดงส่วนติดต่อในรูปแบบแอปพลิเคชัน.....	137
รูปที่ 5-17 แสดงแผนภาพการดีฟลอยด์คอมโพเนนท์ของระบบจำลองระดับยาในเลือด.....	138
รูปที่ 5-18 แสดงภาพคลาสและความสัมพันธ์ที่ได้จากการออกแบบส่วนการคำนวณตัวแปร.....	139
รูปที่ 5-19 แสดงผลการทดสอบชุดข้อมูลที่ 1.....	140
รูปที่ 5-20 ผลการทดสอบชุดข้อมูลที่ 2.....	141
รูปที่ 5-21 แสดงระดับความเข้มข้นของยาในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการให้ยาเมื่อใช้ตัวแปรที่ได้ จากชุดข้อมูลที่ 1.....	142
รูปที่ 5-22 แสดงระดับความเข้มข้นของยาในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการให้ยาเมื่อใช้ตัวแปรที่ได้ จากชุดข้อมูลที่ 2.....	142
รูปที่ ง-1 แสดงหน้าจอหลัก.....	178
รูปที่ ง-2 แสดงหน้าจอสำหรับเลือกประเภทผู้ใช้.....	179
รูปที่ ง-3 แสดงหน้าจอสำหรับเข้าสู่ระบบ.....	179

รูปที่ ง-4 แสดงหน้าจอสำหรับเลือกรูปแบบการทำงาน .....	180
รูปที่ ง-5 แสดงหน้าจอสำหรับเลือกวิธีการทำงาน.....	180
รูปที่ ง-6 แสดงรายการข้อมูลผู้ใช้ที่ค้นพบ.....	181
รูปที่ ง-7 แสดงตัวเลือกสำหรับผู้บริหารระบบแบบไม่ครอบคลุม (non Global).....	181
รูปที่ ง-8 แสดงตัวเลือกสำหรับผู้บริหารระบบแบบครอบคลุม (Global).....	182
รูปที่ ง-9 แสดงหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลผู้ใช้ใหม่.....	182
รูปที่ ง-10 แสดงคำแนะนำให้ระบุข้อมูล .....	183
รูปที่ ง-11 แสดงกรอบโต้ตอบเพื่อทำการเพิ่มรายการสังกัด.....	183
รูปที่ ง-12 แสดงกรอบโต้ตอบให้ระบุข้อมูล .....	183
รูปที่ ง-13 แสดงกรอบโต้ตอบให้ระบุชื่อ.....	184
รูปที่ ง-14 แสดงกรอบโต้ตอบเพื่อให้ระบุนามสกุล.....	184
รูปที่ ง-15 แสดงหน้าจอให้เลือกรูปแบบการทำงาน .....	185
รูปที่ ง-16 แสดงปฏิทิน.....	185
รูปที่ ง-17 แสดงกรอบโต้ตอบให้ระบุรหัสผู้ป่วย.....	186
รูปที่ ง-18 แสดงรายการผู้ป่วยที่พบ .....	186
รูปที่ ง-19 แสดงข้อมูลผู้ป่วย .....	186
รูปที่ ง-20 แสดงหน้าจอเพื่อเพิ่มรายการ.....	187
รูปที่ ง-21 กรอบโต้ตอบแสดงความผิดพลาด.....	188
รูปที่ ง-22 แสดงหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลผู้ป่วยใหม่ .....	188
รูปที่ ง-23 แสดงกรอบโต้ตอบ .....	189
รูปที่ ง-24 แสดงหน้าจอให้เลือกการทำงาน .....	189
รูปที่ ง-25 แสดงหน้าจอสำหรับบันทึกยาใหม่.....	190
รูปที่ ง-26 แสดงกรอบโต้ตอบ .....	190
รูปที่ ง-27 แสดงรายการยาที่พบ .....	191
รูปที่ ง-28 แสดงหน้าจอสำหรับแก้ไขข้อมูลยา.....	191
รูปที่ ง-29 แสดงแท็บสำหรับเลือกการทำงาน.....	192
รูปที่ ง-30 แสดงหน้าจอสำหรับทำการประมาณค่าด้วยมือ .....	193
รูปที่ ง-31 แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มรายการระดับยาในเลือด .....	193
รูปที่ ง-32 แสดงหน้าจอแสดงผลที่มีคำแนะนำการให้ความเข้มข้นของยา.....	194

รูปที่ ง-33 แสดงหน้าจอแสดงผลที่มีคำแนะนำจำนวนจุดระดับความเข้มข้นของยา .....	194
รูปที่ ง-34 แสดงหน้าจอแสดงผลพร้อมคำแนะนำจำนวนจุดของระดับยา .....	195
รูปที่ ง-35 แสดงจุดที่ได้จากการคำนวณ .....	195
รูปที่ ง-36 แสดงเส้นที่ผู้ใช้เลือก .....	196
รูปที่ ง-37 แสดงเส้นที่ผู้ใช้เลือก .....	196
รูปที่ ง-38 แสดงเส้นที่ผู้ใช้เลือก .....	197
รูปที่ ง-39 แสดงเส้นที่ผู้ใช้เลือก .....	197
รูปที่ ง-40 แสดงรายการตัวแปรที่ได้จากการคำนวณ .....	198
รูปที่ ง-41 แสดงส่วนสำหรับระบุข้อมูลการปรับประมาณค่า .....	198
รูปที่ ง-42 แสดงการค้นหาจุด .....	199
รูปที่ ง-43 แสดงหน้าจอสำหรับการจำลองสถานการณ์ .....	199
รูปที่ ง-44 แสดงส่วนสำหรับทำการระบุวิธีการให้ยา ขนาด และ ช่วงเวลา .....	200
รูปที่ ง-45 แสดงส่วนในการค้นหาวันที่ .....	200
รูปที่ ง-46 แสดงหน้าจอแสดงผลการค้นหาข้อมูล .....	201
รูปที่ ง-47 แสดงหน้าจอสำหรับเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป .....	201
รูปที่ ง-48 แสดงหน้าจอสำหรับการเลือกวิธีการทำงานสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป .....	202

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ ก-1 ความต้องการเพื่อตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งาน.....	151
ตารางที่ ก-2 แสดงความต้องการเพื่อเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งาน.....	151
ตารางที่ ก-3 แสดงความต้องการเพื่อแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน.....	152
ตารางที่ ก-4 แสดงความต้องการเพื่อลบรายการผู้ใช้.....	152
ตารางที่ ก-5 แสดงความต้องการเพื่อเพิ่มข้อมูลผู้ป่วย.....	152
ตารางที่ ก-6 แสดงความต้องการเพื่อแก้ไขข้อมูลผู้ป่วย.....	153
ตารางที่ ก-7 แสดงความต้องการเพื่อเพิ่มข้อมูลยา.....	153
ตารางที่ ก-8 แสดงความต้องการเพื่อแก้ไขรายละเอียดเกี่ยวกับยา.....	154
ตารางที่ ก-9 แสดงความต้องการเพื่อเพิ่มแถวให้กับแบบจำลองตาราง.....	154
ตารางที่ ก-10 แสดงความต้องการเพื่อลดจำนวนแถวของแบบจำลองตาราง.....	154
ตารางที่ ก-11 แสดงความต้องการเพื่อรับข้อมูลก่อนกำหนดค่าให้เวกเตอร์.....	155
ตารางที่ ก-12 แสดงความต้องการเพื่อกำหนดค่าให้กับเวกเตอร์.....	155
ตารางที่ ก-13 แสดงความต้องการเพื่อกำหนดค่าให้กับแบบจำลองตารางข้อมูลเพื่อใช้คำนวณ ในการประมาณค่า.....	156
ตารางที่ ก-14 แสดงความต้องการเพื่อการวาดจุดจากการเก็บตัวอย่างเลือด.....	156
ตารางที่ ก-15 แสดงความต้องการเพื่อวาดจุดและค่าของจุด.....	156
ตารางที่ ก-16 แสดงความต้องการเพื่อคำนวณค่าตัวแปร.....	157
ตารางที่ ก-17 แสดงความต้องการเพื่อคำนวณและปรับแบบจำลองหนึ่งคอมพาร์ทเมนต์.....	157
ตารางที่ ก-18 แสดงความต้องการ เพื่อคำนวณและปรับแบบจำลองแบบสองคอมพาร์ทเมนต์.....	158
ตารางที่ ก-19 แสดงความต้องการเพื่อการแสดงผลค่าสีเมื่อทำการประมาณค่า.....	158
ตารางที่ ก-20 แสดงความต้องการเพื่อการคำนวณหาค่าจุดที่ให้ค่าผลรวมของผลต่างกำลัง สองน้อยที่สุด.....	158
ตารางที่ ก-21 แสดงความต้องการเพื่อการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ.....	159
ตารางที่ ก-22 แสดงความต้องการเพื่อรับค่าข้อมูลการให้ยาเพื่อทำการจำลองระดับยาใน เลือด.....	159
ตารางที่ ก-23 แสดงความต้องการเพื่อคำนวณและจำลองความเข้มข้นของระดับยาในเลือด.....	160



ตารางที่ ก-24 แสดงความต้องการเพื่อการแสดงผลระดับความเข้มข้นของระดับยาในเลือด ณ เวลาที่ต้องการบนกราฟการจำลองระดับยา .....	161
ตารางที่ ก-25 แสดงความต้องการเพื่อการออกรายงาน.....	161
ตารางที่ ก-26 แสดงความต้องการเพื่อการค้นหาข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับยา.....	162
ตารางที่ ก-27 แสดงความต้องการเพื่อการค้นหาข้อมูลตัวแปรสำหรับผู้ป่วย .....	162
ตารางที่ ข-1 นิยามยูสเคสการตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน.....	163
ตารางที่ ข-2 นิยามยูสเคสการจัดการข้อมูลผู้ใช้ .....	163
ตารางที่ ข-3 นิยามยูสเคสการจัดการรายการยา .....	165
ตารางที่ ข-4 นิยามยูสเคสการจัดการข้อมูลตัวแปร .....	166
ตารางที่ ข-5 นิยามยูสเคสการจัดการข้อมูลผู้ป่วย.....	167
ตารางที่ ข-6 นิยามยูสเคสงานคำนวณด้านเภสัชจลนศาสตร์ .....	168
ตารางที่ ค-1 แสดงโครงสร้างตารางเก็บข้อมูลชื่อหน่วยงาน .....	172
ตารางที่ ค-2 แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลรายการยา .....	172
ตารางที่ ค-3 แสดงโครงสร้างตารางเก็บค่าตัวแปรของผู้ป่วย.....	173
ตารางที่ ค-4 แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย.....	174
ตารางที่ ค-5 แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลจำเพาะสำหรับผู้ป่วย.....	175
ตารางที่ ค-6 แสดงโครงสร้างตารางรายละเอียดผู้ใช้ .....	176
ตารางที่ ค-7 แสดงโครงสร้างตารางการแพทย์สำหรับผู้ป่วย .....	177
ตารางที่ ค-8 แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลตัวเลือกเชื้อชาติ และ สัญชาติ .....	177
ตารางที่ ค-9 แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลตัวเลือกศาสนา .....	177
ตารางที่ จ-1 การให้ยาทางหลอดเลือด ขนาด 100 mg.....	203
ตารางที่ จ-2 การให้ยานอกหลอดเลือด ขนาด 500 mg. ....	204
ตารางที่ จ-3 แสดงผลการหาค่าทางสถิติสำหรับข้อมูลชุดที่ 1 .....	206
ตารางที่ จ-4 แสดงผลการหาค่าทางสถิติสำหรับข้อมูลชุดที่ 2 .....	208