



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหการ

วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

Development of Web-Based Open Source Optimization Tools

นามผู้วิจัย นายจตุรนต์ จันทำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์พรเทพ อนุสรณินิตสาร, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

Development of Web-based Open Source Optimization Tools

โดย

นายจตุรนต์ จันทำ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จตุรงค์ จันทน์ 2555: การพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐาน  
จากเว็บ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) สาขาวิศวกรรม  
อุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
อาจารย์พรเทพ อนุสรณิศาร, Ph.D. 120 หน้า

การศึกษา และการวิจัยด้านปัญหาการตัดสินใจถูกนำไปประยุกต์เพื่อใช้หาคำตอบของ  
ปัญหาในงานด้านวิศวกรรม เช่น การวางแผนการผลิต และการจัดเส้นทางรถขนส่งมากขึ้น ซึ่ง  
ปัญหาเหล่านี้จะมีความซับซ้อน และมีพารามิเตอร์จำนวนมาก ดังนั้นสถานศึกษาจึงต้องนำ  
โปรแกรมช่วยคำนวณแบบมีลิขสิทธิ์ เช่น แมตแล็บ, ลินโค, แมตทามติกา ฯลฯ เข้ามาใช้เพื่อช่วย  
หาคำตอบของปัญหา แต่เนื่องจากโปรแกรมช่วยคำนวณเหล่านี้มีราคาสูงมาก จึงมีอยู่อย่างจำกัดใน  
สถานศึกษาทำให้ไม่เพียงพอกับความต้องการ และถือเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับผู้ที่ศึกษา และ  
ทำงานวิจัยในด้านนี้ ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเครื่องมือที่ให้บริการการ  
แก้ปัญหาคำนวณการเชิงเส้น และกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้ โดยไม่ติดปัญหา  
เรื่องข้อจำกัดของโปรแกรม และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ใน  
การศึกษา และการทำงานวิจัย ตลอดจนนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม ด้วยการนำโปรแกรม  
ช่วยคำนวณแบบเปิดรหัสมารวมเข้ากับเทคโนโลยีด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่ผู้ใช้งานไม่  
จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมช่วยคำนวณแบบเปิด  
รหัส สามารถแก้ปัญหาคำนวณการเชิงเส้นทั้งสองรูปแบบได้อย่างถูกต้อง โดยไม่มีปัญหาเรื่อง  
ข้อจำกัดของจำนวนตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งถือว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับ  
และใกล้เคียงกับโปรแกรมช่วยคำนวณแบบมีลิขสิทธิ์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

Jaturon Juntum 2012: Development of Web-based Open Source Optimization Tools.  
Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering,  
Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor:  
Mr. Pornthep Anussornnitisarn, Ph.D. 120 pages.

Research and study in Operations Research have applied to solve the engineering problems, production planning and transport routes, which are complexity and many parameters. For solved these, university or college must have commercial solver programs such as Matlab, Lindo, Mathamatica, etc. But these programs are not enough to college's users because it's high prices, these is major obstacle for study and research in Operations Research. The main purpose of this research is develop online solver tool that can solve linear programming problems and mixed integer linear programming with non-limit decision variables problem and free. The tool is integrated with open source solvers and internet technology. For used in study, research, and industry, users not install any programs. The results showed that open source program can solve both linear programming problem forms correctly without the restriction of the number of decision variables. Assumes that efficiency is acceptable and similar to popular commercial programs.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.พรเทพ อนุสรณินิศสาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรศ.ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบ พระคุณ ผศ.ศิริพงษ์ อติพันธ์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร ผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุก ท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นพื้นฐานที่ดี สำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการ เรียนระดับมหาบัณฑิตและในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ขอขอบคุณครอบครัว พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งความรู้ทางเทคนิค ทางปฏิบัติและให้กำลังใจส่งผลให้สามารถทำวิทยานิพนธ์ได้สำเร็จลุล่วง

และความดีหรือประโยชน์อันใดที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

จตุรนต์ จันทา  
กุมภาพันธ์ 2555

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	7
อุปกรณ์	7
วิธีการ	7
ผลและวิจารณ์	34
ผล	34
วิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	44
สรุป	45
ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	47
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ	50
ภาคผนวก ข คู่มือการติดตั้งส่วนเสริมของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel Add - In)	64
ภาคผนวก ค รูปแบบของโจทย์ปัญหาที่ใช้กับเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุด	69
ภาคผนวก ง รายละเอียดเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหของโปรแกรมช่วยคำนวณ	79
ภาคผนวก จ รายละเอียดการเขียนโค้ดในการพัฒนาโปรแกรมฯ	88
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	120

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรมแบบเปิดรหัสที่ผ่านการเลือกเบื้องต้น	17
2	รายละเอียดของโจทย์ปัญหาเชิงเส้น (Netlib) ที่ใช้ในการทดลอง	20
3	รายละเอียดโปรแกรมที่นำมาทดสอบค่าความถูกต้องของโจทย์ปัญหาเชิงเส้น	23
4	รายละเอียด โปรแกรมที่นำมาทดสอบค่าความถูกต้องของโจทย์ปัญหาเชิงเส้น จำนวนเต็มแบบผสม	24
5	รายละเอียดของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (MIPLIB 2003) ที่ ใช้ในการทดลอง	24
6	รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการตั้งคลังสินค้า ค่าขนส่งสินค้า และปริมาณความ ต้องการสินค้าของลูกค้าของกรณีศึกษาที่ 2	30
7	รายละเอียดของโจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของเครื่องมือฯ ในกรณีศึกษาที่ 2	31
8	รายละเอียดจำนวน โจทย์ปัญหาที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากค่าคำตอบจริงใน แต่ละระดับ	34
9	แสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่เหมาะสมจากการแก้โจทย์ปัญหาใน กรณีศึกษาที่ 1 จำนวน 10 รอบการทำงาน โดยใช้เครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิ	37
10	แสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่เหมาะสมจากการแก้โจทย์ปัญหาใน กรณีศึกษาที่ 2 ที่มีขนาดของตัวแปรตัดสินใจตั้งแต่ 10,000 ถึง 100,000 ตัว แปร	40
11	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือช่วยคำนวณแต่ละชนิด	44

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ตัวอย่างตารางแสดงลำดับงานที่กำลังอยู่ในกระบวนการแก้ปัญหาของ เครื่องมือฯ	54
ค1	ขอบเขตของพื้นที่ในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส	72
ค2	สัญลักษณ์แทนประเภทของข้อจำกัดในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส	72
ค3	ประเภทการระบุพิสัยของตัวแปรในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส	73
ค4	ประเภทการระบุขอบเขตในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส	74
ง1	เวลาที่ใช้ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการแก้ปัญหาของ โจทย์ปัญหาเชิงเส้นชุด Netlib	80
ง2	เวลาที่ใช้ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการแก้ปัญหาของ โจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมชุด MIPLIB 2003	86

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ	8
2	สถาปัตยกรรมของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ	9
3	การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการคำนวณคำตอบ	10
4	การไหลของฟังก์ชันการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม	12
5	การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์	13
6	การไหลของฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์	14
7	การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา	15
8	การไหลของฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา	16
9	เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาระหว่าง โปรแกรม Non-commercial และ Commercial	18
10	สัดส่วนชนิดของรูปแบบโจทย์ปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในเว็บไซตน์ีโอส (NEOS)	19
11	ลำดับการไหลของภาระงานทั้งหมดในกระบวนการของกรณีศึกษาที่ 1	28
12	การไหลของขั้นตอนการทำงานของส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือฯ	32
13	ตัวอย่างหน้าต่างรับค่าปัญหาในส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือฯ	33
14	ตัวอย่างหน้าต่างรับค่าเงื่อนไขข้อจำกัดในส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือฯ	33
15	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนรวมของโปรแกรมช่วยคำนวณจากการทดสอบกับโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้น	35
16	จำนวน โจทย์ปัญหาในชุดปัญหา MIPLIB 2003 ที่สามารถแก้ได้ด้วยโปรแกรมเอสซีไอพี (SCIP)	36
17	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนรวมของโปรแกรมช่วยคำนวณเอสซีไอพี (SCIP) จากการทดสอบกับโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม	36

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของการจัดลำดับการปฏิบัติงานในกรณีศึกษาที่ 1 จากการคำนวณด้วยเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ	38
19	กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาในกรณีศึกษาที่ 1 จำนวน 10 รอบ การทำซ้ำระหว่างเครื่องมือฯที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กเซลโซเวอร์กูโรบิ	39
20	ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์การเลือกตำแหน่งการเปิดคลังสินค้า และปริมาณการตอบสนองต่อลูกค้าในกรณีศึกษาที่ 2 จากการคำนวณด้วยเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ	41
21	กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้แก้โจทย์ปัญหา ระหว่างเครื่องมือฯที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กเซลโซเวอร์กูโรบิที่มีขนาดตัวแปรตัดสินใจ 10,000 ถึง 100,000 ตัวแปร	42
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจหลักของเครื่องมือฯ	51
ก2	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงส่วนของฟังก์ชันการคำนวณหาค่าคำตอบ	52
ก3	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการคำนวณหาค่าคำตอบ	53
ก4	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลักษณะของโปรแกรมช่วยคำนวณขณะเริ่มการคำนวณ	54
ก5	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงคำตอบที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมช่วยคำนวณ	55
ก6	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์	56
ก7	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงผลคำตอบที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ของเครื่องมือฯ	57
ก8	ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการแปลงรูปแบบไฟล์โจทย์ปัญหา	58

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก9 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลิงก์สำหรับดาวน์โหลดไฟล์ที่ได้จากฟังก์ชันการแปลงรูปแบบไฟล์โจทย์ปัญหา	59
ก10 ตัวอย่างการกรอกรายละเอียดต่างๆ ของปัญหาลงในหน้าต่างของส่วนสนับสนุน	60
ก11 ตัวอย่างหน้าต่างที่ปรากฏขึ้นหลังจากคลิกปุ่ม “KUPS Solve”	61
ก12 ทำการเลือกไฟล์ “ C:/KUPS.LP ”	61
ก13 การไหลของกระบวนการทำงานสำหรับผู้ใช้งานโปรแกรมไปประยุกต์ใช้	63
ข1 การเข้าไปยังหน้าต่าง Excel Options.	65
ข2 การเข้าไปยังหน้าต่างจัดการ Add-Ins	66
ข3 การเพิ่มไฟล์ Add-In ของส่วนสนับสนุน	67
ข4 การเลือกไฟล์ Add-In ของส่วนสนับสนุน	67
ข5 Add-In ของส่วนสนับสนุนถูกเพิ่มเข้ามาในโปรแกรม	68
ข6 แถบเครื่องมือของส่วนสนับสนุนปรากฏอยู่บนแถบเครื่องมือของโปรแกรม	68
ค1 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนไฟล์สกุลเอ็มพีเอส	71
ค2 รูปแบบการใส่ตัวแปรในส่วนของคอลัมน์	73
ค3 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนไฟล์สกุลแอลพี	75
ค4 ตัวอย่างส่วนของวัตถุประสงค์ในแอลพีไฟล์	76
ค5 ตัวอย่างส่วนของสมการข้อจำกัดในแอลพีไฟล์	77
ค6 ตัวอย่างส่วนของขอบเขตของตัวแปรในแอลพีไฟล์	77
ค7 ตัวอย่างส่วนของชนิดตัวแปรในแอลพีไฟล์	78

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

BIP	=	Binary Integer Programming : เป็นปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ชนิดเลขฐานสอง
HTTP	=	Hyper Text Transfer Protocol : โพรโทคอลในระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์ เพื่อการแจกจ่ายและการทำงานร่วมกันกับสารสนเทศของสื่อผสม ใช้สำหรับ การรับทรัพยากรที่เชื่อมโยงกับภายนอก ซึ่งนำไปสู่การจัดตั้งเว็ลด์ไวด์เว็บ
HTML	=	Hyper Text Markup Language : เป็นภาษามาร์กอัปหลักในปัจจุบันที่ใช้ใน การสร้างเว็บเพจ หรือข้อมูลอื่นที่เรียกดูผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งตัวโค้ดจะ แสดงโครงสร้างของข้อมูล
IP	=	Integer Programming : เป็นปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม
LP	=	Linear Programming : เป็นปัญหาคำหนดการเชิงเส้น
MILP	=	Mixed Integer Linear Programming : เป็นปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวน เต็มชนิดผสม
MIPLIB	=	Mixed Integer Problem Library : เป็นชุดปัญหามาตรฐานของ โจทย์ปัญหา กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มพร้อมทั้งคำตอบ
MySQL	=	Program of multi-user SQL database management : เป็นระบบจัดการ ฐานข้อมูล โดยใช้ภาษาเอสคิวแอล
NEOS	=	Network Enabled Optimization System เว็บเพจที่ให้บริการเครื่องมือใน การหาค่าคำตอบที่เหมาะสมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

NETLIB	=	เป็นชุดปัญหามาตรฐานของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นหลายรูปแบบพร้อมทั้งคำตอบ
PHP	=	Hypertext Preprocessor : ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะสคริปต์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบเอสทีเอ็มแอล (HTML)
URL	=	Uniform Resource Locator : ตัวระบุแหล่งทรัพยากรสากล (URI) ประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับระบุแหล่งที่อยู่ของทรัพยากรที่ต้องการ และมีกลไกบางอย่างสำหรับดึงข้อมูลทรัพยากรนั้นมา ในการใช้ในเอกสารทางเทคนิค ยูอาร์แอลอาจหมายถึง ที่อยู่บนเว็บหรือที่อยู่อินเทอร์เน็ต ซึ่งปกติแล้วมักพิมพ์ยูอาร์แอลในแถบที่อยู่ของเว็บเบราว์เซอร์เพื่อเรียกข้อมูลจากเว็บไซต์
VBA	=	Visual Basic for Application : เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันใน Microsoft Office ( ใช้ภาษา Visual Basic )
WWW	=	World Wide Web : พื้นที่ที่เก็บข้อมูลข่าวสารที่เชื่อมต่อกันทางอินเทอร์เน็ต โดยการกำหนดยูอาร์แอล
MPS Form	=	Mathamatical Program System Format : รูปแบบของการเขียน โจทย์ปัญหาเชิงเส้น และปัญหาเชิงเส้นแบบผสมรูปแบบหนึ่ง
LP Form	=	Linear Programming Format : รูปแบบของการเขียน โจทย์ปัญหาเชิงเส้น และปัญหาเชิงเส้นแบบผสมรูปแบบหนึ่ง

## การพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

### Development of Web-based Open Source Optimization Tools

#### คำนำ

ปัจจุบันการเรียนการสอนเรื่องการตัดสินใจในงานวิศวกรรมเช่น การวางแผนการผลิต และการจัดเส้นทางขนส่ง ในระดับอุดมศึกษาได้มีการนำเอาโปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูป (Solver) หลายโปรแกรมเข้ามาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนมากขึ้น เช่น แมทแล็บ (MATLAB), ลินโก (LINGO), ลินโด (LINDO), แมตทาแมติกา (Mathamatica) และ เครื่องมือช่วยแก้ปัญหาที่ให้มากับโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซลล์ (Microsoft Excel Solver) เป็นต้น ซึ่งการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้ผู้ใช้งานจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มากพอสมควรจึงจะใช้งานได้ และด้วยโปรแกรมที่เป็นลิขสิทธิ์แบบทดลองใช้ (Trial License) จึงมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ทำให้โปรแกรมไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรตัดสินใจมากๆ อย่างเช่น ปัญหาในงานวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนการเรียนการสอนในวิชาที่ประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาในงานวิศวกรรมได้ ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเครื่องมือในการหาค่าที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในงานวิจัย และการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา โดยจะผสมผสานเทคโนโลยีด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ากับโปรแกรมช่วยคำนวณแบบเปิดรหัส ซึ่งจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ รวมทั้งจะไม่มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนตัวแปรตัดสินใจจึงสามารถใช้แก้ปัญหาขนาดใหญ่ๆ ได้ ซึ่งเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาที่ให้มากับโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซลล์สามารถแก้ปัญหาที่มีตัวแปรตัดสินใจมากที่สุดได้แค่เพียง 200 ตัวแปร ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ ส่วนโปรแกรมช่วยคำนวณอื่นๆ จะต้องทำการสืบหาโปรแกรมนั้นๆ แล้วนำมาติดตั้งก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการใช้โปรแกรมช่วยคำนวณเป็นครั้งคราว หรือผู้ที่ต้องการหาคำตอบแบบเร่งด่วน ถือเป็นเรื่องที่ยุ้งยากและใช้เวลานาน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวความคิดที่จะนำโปรแกรมช่วยคำนวณต่างๆ มารวมกันไว้ในที่เดียวกันบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะให้บริการผ่านทางรูปแบบของเว็บเซอร์วิส เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน และลดความยุ่งยากให้น้อยลง เหลือเพียงแค่ขั้นตอนการจำลองปัญหาการตัดสินใจนั้นๆ ออกมาเป็นปัญหาคำหนดการเชิงเส้นในรูปแบบที่โปรแกรมสามารถอ่านได้เท่านั้น

## วัตถุประสงค์

พัฒนาเครื่องมือช่วยคำนวณเพื่อใช้ในการงานวิจัย และการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ที่สามารถแก้ปัญหา กำหนดการเชิงเส้น และ กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้ โดยจะไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน รวมทั้งไม่มีข้อจำกัดของโปรแกรมจึงสามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้ ซึ่งทั้งหมดเกิดจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับ โปรแกรมช่วยคำนวณแบบเปิดรหัส

## ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บไซต์ที่ให้บริการเครื่องมือช่วยคำนวณที่นำเอาเฉพาะ โปรแกรมช่วยคำนวณที่สามารถแก้ปัญหา กำหนดการเชิงเส้น และปัญหา กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมมารวมไว้ โดยโปรแกรมที่นำมาใช้ในเครื่องมือนี้จะต้องไม่มีลิขสิทธิ์ (Open-Source) และ จะทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

## การตรวจเอกสาร

### รูปแบบของปัญหาคำหนดการเชิงเส้น

#### ปัญหาคำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem)

กำหนดการเชิงเส้นเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ จำกัดให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด เช่น อาจจะต้องตั้งเป้าหมายเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด หรือเพื่อให้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ลักษณะเฉพาะของกำหนดการเชิงเส้นคือฟังก์ชันที่แทนเป้าหมายและข้อจำกัดต่างๆ เป็นแบบเชิงเส้นทั้งสิ้น กำหนดการเชิงเส้นใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่มีอยู่จำกัด ในการแก้ปัญหาลักษณะนี้จะต้องวิเคราะห์ให้แน่ชัดว่าเป้าหมายคืออะไร ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ก็คืออะไร และมีข้อจำกัดอะไรบ้าง แล้วจึงจะกำหนดตัวแปรตัดสินใจเพื่อสร้างสมการเป้าหมาย และสมการ หรืออสมการขอบข่ายของข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งโดยมากจะใช้แก้ปัญหาในด้านอุตสาหกรรมที่มีทรัพยากรที่มีจำกัด เช่น ในการผลิตสินค้าที่มีวัตถุดิบจำกัด การให้อาหารสัตว์เพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามที่กำหนด การเก็บรักษาสินค้าคงคลังหรืออื่นๆ สำหรับทรัพยากรที่มีจำกัด เช่น กำลังคนจำกัด จำนวนเครื่องจักรจำกัด เงินสถานที่ และเวลาจำกัด เป็นต้น

#### รูปแบบทั่วไปของปัญหาคำหนดการเชิงเส้น

$$\text{หาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของ} \quad z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1.1)$$

$$\text{ข้อจำกัด} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \{ \geq, =, \leq \} b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.2)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.3)$$

หรือเขียนในรูปแบบเมทริกซ์

$$\begin{aligned} \text{หาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของ} \quad & z = \underline{c}'x \\ \text{ข้อจำกัด} \quad & \underline{Ax} \{ \geq, =, \leq \} \underline{b} \\ & \underline{x} \geq \underline{0} \end{aligned}$$

สมการเชิงเส้น (1.1) แทนสมการเป้าหมาย (Objective function) ส่วนสมการ หรืออสมการ (1.2) แทนข้อจำกัดของปัญหา การแก้ปัญหานี้จะต้องหา  $x_j$  (Decision Variables) ใดๆ ที่ให้สมการเป้าหมาย (Objective function) มีค่าที่ดีที่สุด [มีค่าสูงสุด (Maximum) หรือ มีค่าต่ำที่สุด (Minimum)] สอดคล้องกับสมการและอสมการทั้งหมด โดยที่ค่า  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$  เป็นค่าคงที่ที่ทราบค่า

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Problem)

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นหลายๆ ปัญหา ค่าตัวแปรตัดสินใจจะมีความหมายก็ต่อเมื่อต้องมีค่าจำนวนเต็ม เช่นปัญหาเกี่ยวกับจำนวนคน เครื่องจักรหรือรถยนต์ยี่ห้อต่างๆ การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นลักษณะนี้จึงต้องเพิ่มข้อจำกัดที่ว่า ตัวแปรตัดสินใจต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็ม

ในทางปฏิบัติการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม มักจะทำโดยที่ไม่สนใจข้อจำกัดของจำนวนเต็ม และเมื่อได้คำตอบของปัญหาจึงค่อยประมาณค่าตัวแปรตัดสินใจที่ได้เป็นจำนวนเต็มภายหลัง เช่นปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่มีตัวแปรตัดสินใจ 2 ตัว คือ  $x_1$ ,  $x_2$  ถ้าหาคำตอบที่เหมาะสมโดยไม่สนใจข้อจำกัดจำนวนเต็ม ได้ค่า  $x_1 = 2.4$ ,  $x_2 = 3.5$  ค่าจำนวนเต็ม  $x_1$ ,  $x_2$  จะประมาณให้ใกล้เคียงกับค่า  $x_1$ ,  $x_2$  ที่หาได้ คืออาจจะเป็นไป (2,3), (2,4), (3,3) และ (3,4) จากนั้นเมื่อทดสอบได้ว่าค่าใดที่เป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ก็จะถูกประมาณว่าเป็นคำตอบของปัญหา

ดังนั้นถ้าปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มใดมีตัวแปรตัดสินใจหลายตัวเช่น 10 ตัว การทดสอบความเป็นไปได้ของค่าจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงกับค่าตัวแปรที่หาได้ จะต้องทดสอบมากถึง  $2^{10} = 1024$  ครั้ง และเมื่อทดสอบได้ว่าค่าใดสอดคล้องข้อจำกัดแล้ว ก็ยังไม่มีอะไรประกันว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่เหมาะสมของปัญหา และปัญหากำหนดการจำนวนเต็มจะเป็นแบบแท้ (Pure) ถ้าตัวแปรทุกตัวมีข้อจำกัดเป็นจำนวนเต็ม และเป็นแบบผสม (Mixed) ถ้าตัวแปรบางตัวมีข้อจำกัดเป็นจำนวนเต็ม

รูปแบบทั่วไปของปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

$$\text{หาค่าสูงสุดของ} \quad z = \sum_{j=1}^N v_j x_j \quad (1.4)$$

$$\text{ข้อจำกัด} \quad \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \leq B_i, \quad i = 1, 2, \dots, T \quad (1.5)$$

$$x_j = 0 \text{ หรือ } 1, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (1.6)$$

( $x_j$  เป็นตัวแปรแบบทวิภาค เพราะเป็นได้ 2 ค่า คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น)

หรือเขียนในรูปแบบเมทริกซ์

$$\text{หาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของ} \quad z = \underline{v}' \underline{x}$$

$$\text{ข้อจำกัด} \quad \underline{Ax} \leq \underline{B}$$

$$\underline{x} = 0 \text{ or } 1$$

สมการเชิงเส้น (1.4) แทนสมการเป้าหมาย (Objective function) ส่วนสมการ (1.5) แทนข้อจำกัดของปัญหา การแก้ปัญหานี้จะต้องหา  $x_j$  ใดๆ ที่สอดคล้องกับสมการและอสมการทั้งหมด โดยที่ค่า  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $v_j$  เป็นค่าคงที่ที่รู้ค่า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dolan *et.al* (2002) กล่าวถึง NEOS Server ว่าเป็นเว็บไซต์ที่ใช้สำหรับการหาคำคำตอบที่เหมาะสม เกิดขึ้นในปี 1994 โดยมีความคิดริเริ่มจากสถาบัน Optimization Technology Center ซึ่งในช่วงแรกจะเป็นการบริการแก้ปัญหาขนาดใหญ่โดยใช้เพียงโจทย์ปัญหาของผู้ใช้งานเอง และได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ได้มีการนำโปรแกรมช่วยคำนวณที่มี Server อยู่ในหลายมหาวิทยาลัยทั่วโลกมาให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแบบไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ซึ่งผู้ที่ใช้งานจะต้องส่งปัญหาที่ต้องการจะหาคำตอบผ่านทางหน้าเว็บเพจ, e-mail หรือ TCP/IP based ก็ได้ โดย NEOS จะมีโปรแกรมช่วยคำนวณให้เลือกใช้จำนวนมาก และครอบคลุมรูปแบบของปัญหาหลายรูปแบบ เช่น Linear & Integer Programming, Quadratic Programming, Nonlinear Programming, Stochastic Programming, และอื่นๆ โดย NEOS สามารถอ่านแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ได้หลายภาษาเช่น เอเอ็มพีแอล, จีเอเอ็มเอส และ เอ็มพีเอส ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ NEOS มีความยืดหยุ่นกับผู้ใช้งาน และด้วยสถาปัตยกรรมของ NEOS เองทำให้ Server ของมันสามารถที่จะรับและจัดการกับหลายร้อยปัญหาที่ส่งเข้าไปในแต่ละวัน หรือมากกว่า 10,000 ปัญหาต่อเดือนได้ โดย Server farm ที่กระจายตัวอยู่ในหลายเครือข่าย จะรับและจัดการกับปัญหาที่รับมาโดยใช้ระบบแถวคอย ซึ่ง NEOS จะดูแลการส่งจ่ายงานแบบมาก่อนทำก่อน (First come-First serve)

เว็บไซต์ [www.netlib.org](http://www.netlib.org) ได้กล่าวถึง Netlib ว่าเป็นที่เก็บซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ที่ดูแลโดย AT&T Bell Laboratories, University of Tennessee และ Oak Ridge National Laboratory โดยชุดปัญหา Netlib จะประกอบด้วยโปรแกรมแยกย่อย และฐานข้อมูลที่เป็นโจทย์ปัญหาเชิงเส้น (Linear Programming) จำนวนมาก ซึ่งฐานข้อมูลนี้ถูกทำซ้ำ และปรับปรุงจากหลายเว็บไซต์ทั่วโลกด้วยจุดประสงค์ที่ตรงกันคือเพื่อให้ฐานข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ และเป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพต่อสาธารณชน

Laundy *et.al.* (2007) กล่าวถึง MIPLIB ว่าเป็นชุดปัญหามาตรฐานที่ยอมรับ และใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแนวคิดต่างๆที่ใช้ในการแก้ปัญหา Mixed Integer Programming ปัจจุบันมีชุดปัญหา MIPLIB ทั้งหมด 5 ชุดดังนี้ 1. MIPLIB (1992), 2. MIPLIB 2.0 (Jan, 1996), 3. MIPLIB 3.0 (Jan, 1996), 4. MIPLIB 2003 (Feb, 2005), 5. MIPLIB (2010) ซึ่งแต่ละชุดปัญหาจะประกอบด้วยโจทย์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวในแต่ละปัญหา โดยจะมีความครอบคลุมและกว้างขวาง ตั้งแต่ปัญหาง่ายๆไปจนถึงปัญหาที่จะต้องแก้ด้วยกระบวนการ LP Relaxation ซึ่งรายละเอียดของชุดปัญหาเหล่านี้สามารถหาได้ที่ <http://miplib.zib.de> สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้ชุดปัญหา MIPLB 2003 ในการทดสอบ โดยชุดปัญหานี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามความยากง่ายของปัญหา (<http://miplib.zib.de>, Oct 2006) ปัญหาที่หาคำตอบได้ภายในหนึ่งชั่วโมง (28 ข้อ), ปัญหาที่หาคำตอบได้ แต่ยังไม่พอใจกับผลลัพธ์ (18 ข้อ) และปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ (14 ข้อ) ซึ่งรายละเอียดต่างๆทั้งหมดของชุดปัญหานี้จะสามารถหาได้ใน Achterberg *et.al.* (2006)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

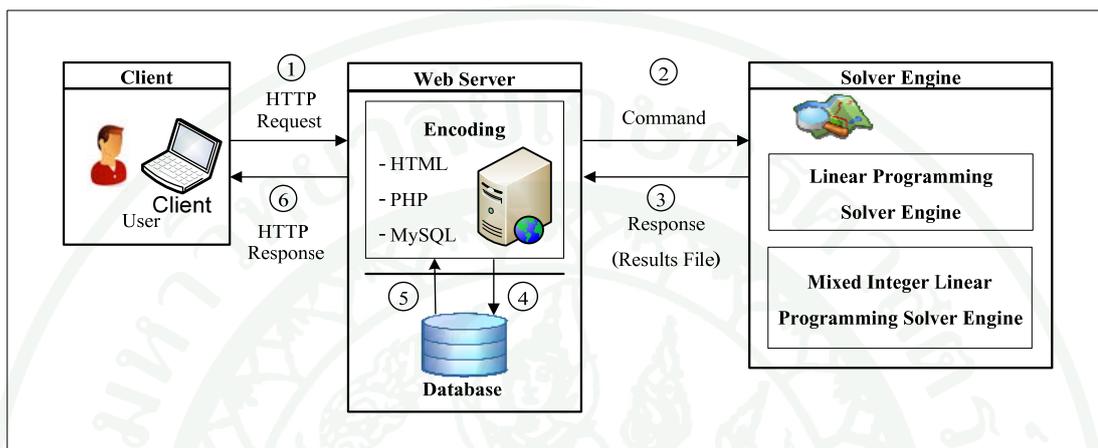
1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล : Lenovo Y450 2.19 GHz, 2.96 GB of RAM Intel® Core™ Duo CPU T6600 @ 2.20 GHz
2. ชุดโปรแกรม AppServ Version 2.5.10
3. โปรแกรม Notepad ++ Version 5.9

### วิธีการ

1. ความรู้พื้นฐานที่ใช้สำหรับการพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ
  - 1.1 PHP & MySQL – ใช้ในส่วนของกรเขียนคำสั่งเริ่มการคำนวณหาค่าคำตอบของเครื่องมือฯ และส่วนของการทำงานหลักภายในเว็บไซต์ ส่วน MySQL ใช้ในส่วนของกรติดต่อกับฐานข้อมูล
  - 1.2 HTML – ใช้ในส่วนของกรแสดงผลพัธ์ผ่านทางหน้าเว็บเพจ
  - 1.3 MS-DOS Promt – ใช้ในส่วนของกรติดต่อ และสั่งการ โปรแกรมช่วยคำนวณภายในเว็บไซต์ผ่านทาง Command Line
  - 1.4 VBA – ใช้ในส่วนของกรสร้าง Add-In ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เพื่อเป็นส่วนสนับสนุนการทำงานของเครื่องมือฯ

## 2. หลักการทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

หลักการทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ จะ เป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้งานเครื่องมือซึ่งอยู่ในฝั่งไคลเอนต์ (Client) ต้องทำการพิมพ์ยูอาร์แอล ใน แถบเบราว์เซอร์เพื่อเรียกข้อมูล โดยพิมพ์ลงในช่องยูอาร์แอลดังนี้ <http://localhost/KUPS/KUPS.htm> (การแสดงผลเว็บเพจ ผู้ใช้ต้องเรียกจากเว็บเบราว์เซอร์โดยระบุยูอาร์แอล ถ้าดับเบิลคลิกที่ ไฟล์ หรือเลือกคำสั่งเปิดที่ไฟล์จะไม่สามารถเปิดใช้งานเว็บเพจได้) โดยเว็บเบราว์เซอร์ส่งข้อความ เพื่อร้องขอเว็บเพจ (Request) ดังหมายเลข 1 ในรูปแบบเอชทีเอ็มแอลผ่านไปยังฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ซึ่งขั้นตอนนี้ทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะเริ่มทำงาน โดยทำการตามฟังก์ชันการทำงานที่ผู้ใช้ เรียกจากฝั่งไคลเอนต์

ขั้นตอนที่ 2 โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทำงานอยู่ในเครื่อง (ในที่นี้เป็นโปรแกรมอะพาเช่ : Apache) เมื่อได้รับข้อความก็จะขอให้ตัวแปลโค้ด (Encoding) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่ฝั่ง เซิร์ฟเวอร์ จะทำการแปลงสารสนเทศให้กลายเป็นข้อมูล ประมวลผลคำสั่งทั้งหมดที่ถูกเรียกจากเว็บ เซิร์ฟเวอร์ และทำการส่งต่อคำสั่ง (Command) ไปยังเครื่องมือช่วยคำนวณ (Solver Engine) ดัง หมายเลข 2

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือช่วยคำนวณจะทำการประมวลผลตามคำสั่งที่ได้รับ และส่งกลับข้อมูลผลลัพธ์กลับไปยังฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นข้อมูลเพื่อตอบสนอง (Response) ดังหมายเลข 3

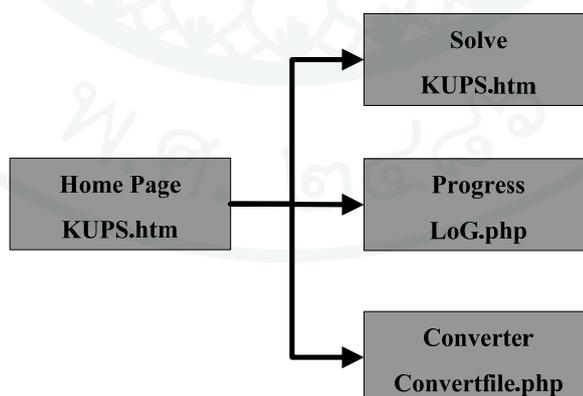
ขั้นตอนที่ 4 ฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์จะรับข้อมูลผลลัพธ์มาเก็บเป็นฐานข้อมูล ดังหมายเลขที่ 4 และจะถูกดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลนี้ไปใช้ เมื่อมีการเรียกใช้จากโค้ด ดังหมายเลข 5

ขั้นตอนที่ 5 เว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการประมวลผล โดยการทำงานตามรหัสที่ถูกตัวแปลภาษาเรียกใช้ ซึ่งอาจมีการติดต่อไปยังฐานข้อมูลเพื่อดึงข้อมูลมาใช้งาน หรือส่งข้อมูลไปเก็บ ซึ่งอาศัยระบบการจัดการฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 6 ฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลที่ประมวลผลทั้งหมดเสร็จสิ้น ตามที่ผู้ใช้ฝั่งไคลเอนต์ร้องขอกลับไป เพื่อตอบสนองด้วยภาษาเอชทีเอ็มแอล ดังหมายเลข 6 แล้วแสดงผลออกมาบนเว็บเพจ ตามคำสั่งภาษาเอชทีเอ็มแอลที่กำหนดไว้ในเนื้อหานั้น

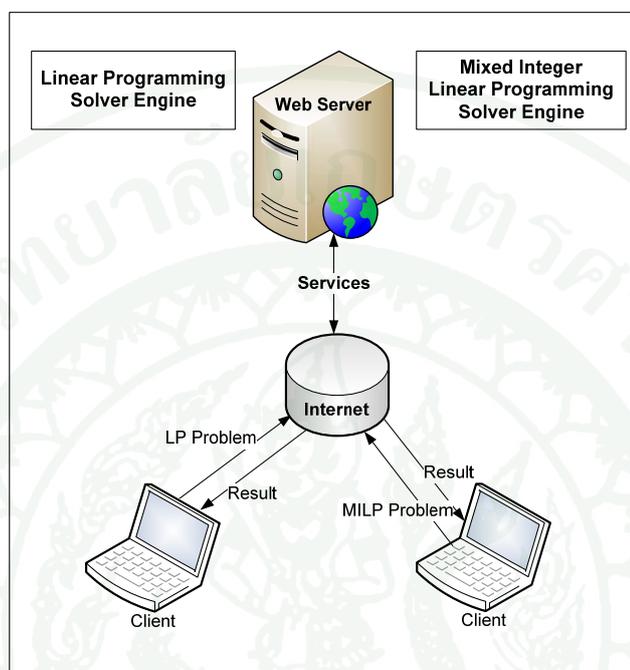
### 3. ขั้นตอนการออกแบบเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

เครื่องมือจะมีหน้าที่การทำงานหลักอยู่ 3 ส่วน ตามฟังก์ชันการใช้งาน คือ ฟังก์ชันการคำนวณคำตอบ ฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ และฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา โดยทั้งหมดจะถูกเชื่อมโยงจากหน้าหลักของโปรแกรมฯ คือ โฮมเพจ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

3.1 ฟังก์ชันการคำนวณคำตอบ - ผู้ใช้งานสามารถนำโจทย์ปัญหาของตัวเอง ที่จัดรูปแบบตามที่เว็บเพจกำหนดไว้ มาเพื่อคำนวณหาค่าคำตอบที่เหมาะสมได้ ทั้ง โจทย์ปัญหาแบบเชิงเส้น และ โจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม



ภาพที่ 3 การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการคำนวณคำตอบ

การไหลของฟังก์ชันการคำนวณคำตอบ

กระบวนการคำนวณคำตอบของเครื่องมือฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผู้ใช้ (User), ส่วนที่ 2 หน้าเว็บเพจของเครื่องมือฯ จะทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) และส่วนที่ 3 โปรแกรมช่วยคำนวณ (Solver Engine) ซึ่งจะมีขั้นตอนการไหลของการทำงานตามภาพที่ 4 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้จะทำการเลือกโปรแกรมช่วยคำนวณ และรูปแบบของไฟล์โจทย์ปัญหาจากหน้าเว็บเพจของเครื่องมือฯ พร้อมทั้งทำการอัปโหลดไฟล์โจทย์ปัญหาไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนที่ 2 ฟังก์ชันเว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการประมวลผลคำสั่ง เพื่อดึงข้อมูลในฐานข้อมูลด้วยภาษามายเอสคิวแอลมากำหนดหมายเลขงาน (Job Number) จากนั้นระบบก็จะทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของโจทยที่ได้รับไว้ในฐานข้อมูลด้วยภาษามายเอสคิวแอลเช่นกัน

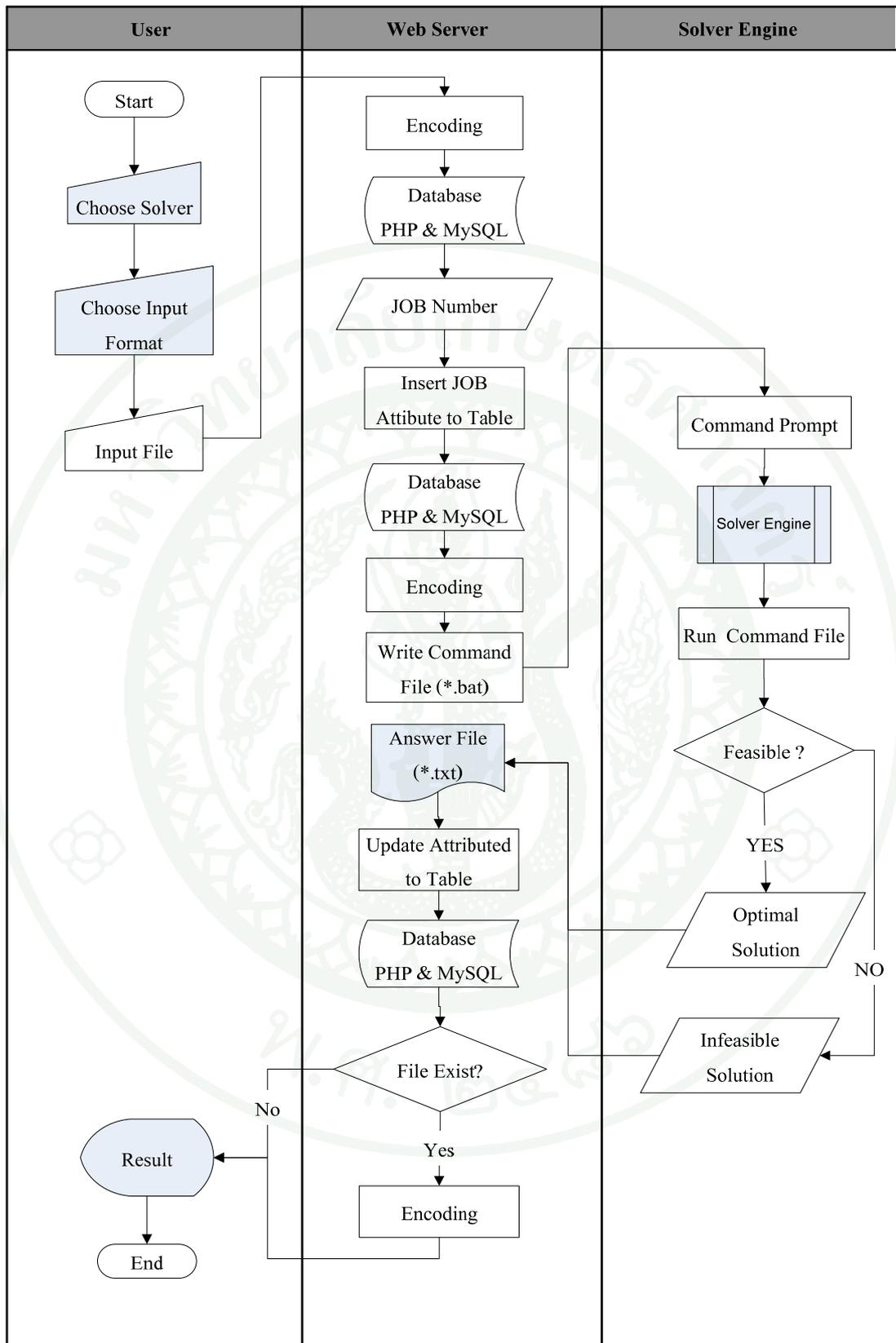
ขั้นตอนที่ 3 ฟังก์ชันเว็บเซิร์ฟเวอร์จะประมวลผล เพื่อเขียนไฟล์คำสั่งการ (\*.bat file) โดยจะส่งการโปรแกรมช่วยคำนวณผ่านทางคอมมานด์ไลน์ (Command Line) ให้ทำงาน

ขั้นตอนที่ 4 ฟังก์ชันโปรแกรมช่วยคำนวณ เมื่อได้รับไฟล์คำสั่งการ (\*.bat file) แล้ว ก็จะทำการติดต่อไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณที่ระบุไว้ผ่านทางคอมมานด์ไลน์ เพื่อเริ่มดำเนินการแก้โจทยปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ในการคำนวณเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด ฟังก์ชันโปรแกรมช่วยคำนวณจะนำโจทยที่ได้รับจากการอัปโหลดมาทำการแก้ปัญหา เมื่อพบค่าคำตอบที่เหมาะสมฟังก์ชันโปรแกรมช่วยคำนวณจะประมวลผลด้วยภาษาพีเอชพี และส่งไฟล์คำตอบกลับมายังฟังก์ชันเว็บเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบของไฟล์ข้อความ

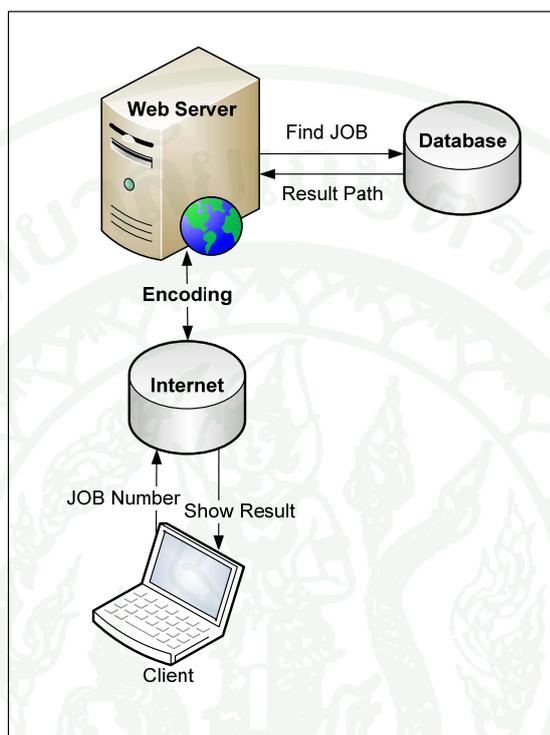
ขั้นตอนที่ 6 เมื่อฟังก์ชันเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับไฟล์คำตอบ ระบบจะทำการปรับปรุงข้อมูลของโจทยในฐานข้อมูลด้วยภาษามายเอสคิวแอล

ขั้นตอนที่ 7 ฟังก์ชันเว็บเซิร์ฟเวอร์จะตรวจสอบการมีอยู่จริงของไฟล์คำตอบ จากนั้นจะประมวลผลด้วยภาษาพีเอชพีเพื่อส่งไปแสดงผลให้ผู้ใช้งานโคลเอนต์



ภาพที่ 4 การไหลของฟังก์ชันการหาคำคำตอบที่เหมาะสม

3.2 ฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ - ผู้ใช้งานสามารถติดตามผลลัพธ์ของโจทย์ปัญหาที่ทำการแก้ปัญหาค้างไว้ได้ โดยการนำหมายเลขงานนั้นๆ มาใส่ลงในส่วนของฟังก์ชันนี้แล้วผลลัพธ์ของโจทย์ดังกล่าวก็จะแสดงผ่านหน้าเว็บเพจ



ภาพที่ 5 การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์

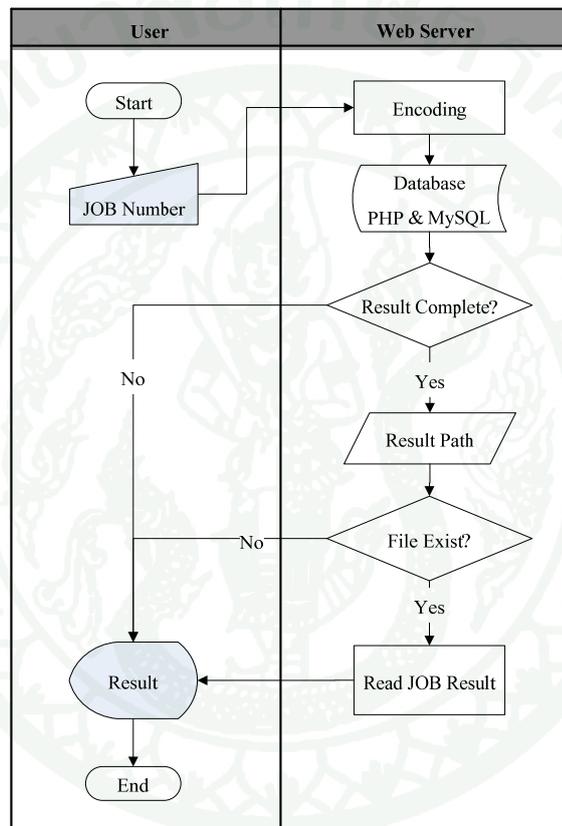
การไหลของฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์

ฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ของเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จะทำงานเกี่ยวข้องกับ 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 ผู้ใช้ (User), ส่วนที่ 2 หน้าเว็บเพจของเครื่องมือฯ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) โดยจะมีขั้นตอนการไหลของการทำงานตามภาพที่ 6 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้จะต้องใส่หมายเลขงานลงในหน้าเว็บเพจของฟังก์ชันการติดตามผลลัพท์

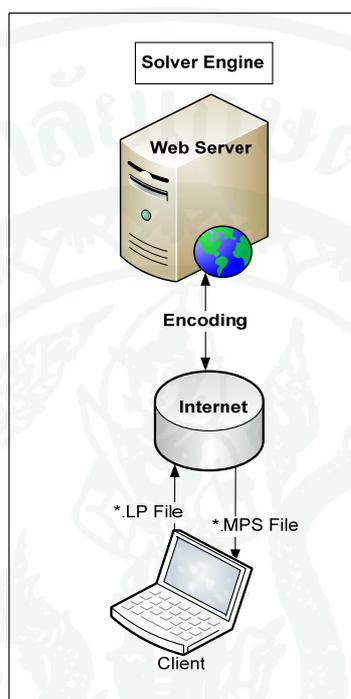
ขั้นตอนที่ 2 เซิร์ฟเวอร์จะทำการประมวลผล และดึงข้อมูลของผลคำตอบจากฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อเซิร์ฟเวอร์พบไฟล์คำตอบก็จะทำการอ่านผลลัพท์นั้น และจะแสดงผลลัพท์ดังกล่าวต่อผู้ใช้งานผ่านทางหน้าเว็บเพจ



ภาพที่ 6 การไหลของฟังก์ชันการติดตามผลลัพท์

3.3 ฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา - ฟังก์ชันนี้ผู้ใช้งานสามารถแปลงไฟล์ โจทย์ปัญหาไป - มา ระหว่างเอเอ็มพีแอลไฟล์ (AMPL) แอลพีไฟล์ (LP) และเอ็มพีเอสไฟล์ (MPS) ได้ เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการนำโจทย์ปัญหาในรูปแบบอื่นๆมาใช้งานกับเครื่องมือฯนี้ได้



ภาพที่ 7 การทำงานของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บในฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา

การไหลของฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา

ฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหาของเครื่องมือฯที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จะขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

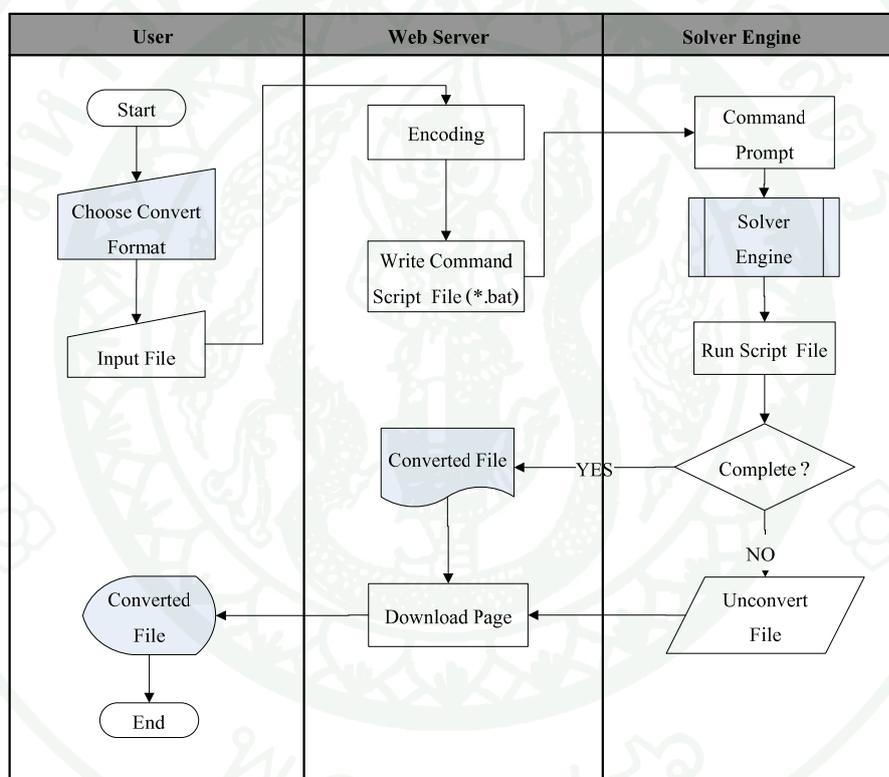
ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้จะทำการเลือกรูปแบบของไฟล์โจทย์ปัญหาที่ต้องการ จากหน้าเว็บเพจของเครื่องมือฯ พร้อมทั้งทำการอัปโหลดไฟล์โจทย์ปัญหาไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนที่ 2 ฟังเว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการประมวลผลคำสั่ง เพื่อเขียนไฟล์คำสั่งการ (\*.bat file) เพื่อใช้สั่งการโปรแกรมช่วยคำนวณผ่านทางคอมมานไลน์ (Command Line) ให้เริ่มดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 3 ฟังก์ชันโปรแกรมช่วยคำนวณ เมื่อได้รับไฟล์คำสั่งการ (\*.bat file) แล้ว ก็จะเริ่มดำเนินการเพื่อแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อฟังก์ชันโปรแกรมช่วยคำนวณเปลี่ยนแปลงรูปแบบโจทย์สำเร็จ ส่งไฟล์โจทย์กลับมายังฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับไฟล์โจทย์ที่ทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสำเร็จแล้วก็จะแสดงบนหน้าเว็บเพจเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดไปใช้งาน



ภาพที่ 8 การไหลของฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา

#### 4. ขั้นตอนการเลือกโปรแกรมช่วยคำนวณ และรูปแบบโจทย์ปัญหาที่ใช้

##### 4.1 การพิจารณาเพื่อเลือกโปรแกรมช่วยคำนวณ

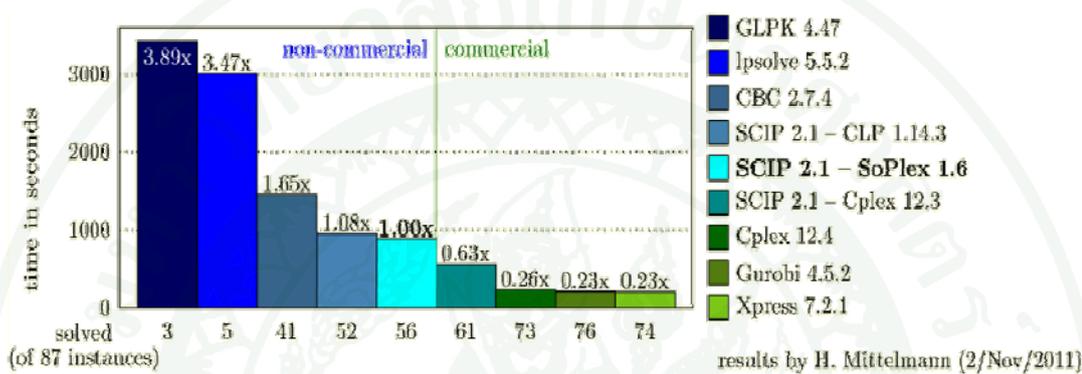
พิจารณารายละเอียดเพื่อเลือกโปรแกรมช่วยคำนวณที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวช่วยคำนวณในเครื่องมือฯ โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้นในการพิจารณาคือจะต้องเป็นโปรแกรมที่สามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงเส้น หรือสมการเชิงจำนวนเต็มแบบผสมได้ และจะต้องเป็นโปรแกรมแบบเปิดรหัส (Open-Source) ซึ่งผลการคัดเลือกเบื้องต้นมีโปรแกรมที่ตรงตามเงื่อนไขข้างต้นจำนวน 9 โปรแกรมดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรมแบบเปิดรหัสที่ผ่านการเลือกเบื้องต้น

ลำดับ	โปรแกรม	ลักษณะโจทย์ปัญหา	รูปแบบโจทย์ที่ใช้งาน	เวอร์ชัน	หมายเหตุ
1	BPMPD	LP	*.mps, *.qps	2.32	Windows®
2	CBC	LP, MILP	*.mps		Linux
3	GLPK	LP, MILP	*.mps, *.lp, *.glp	4.47	Windows®
4	LPSolve	LP, MILP	*.mps, *.lp, *.ltx, *.zpl, *.xml	5.5.2.0	Windows®
5	MINTO	MILP	*.ampl	3.1	Linux
6	PCx	LP	*.mps	1.1	Windows®
7	Qsopt	LP, MILP	*.mps, *.lp	1.2.0	Windows®
8	SCIP	LP, MILP	*.mps, *.lp	1.01 B 031219	Windows®
9	SYMPHONY	LP, MILP	*.ampl, *.mps, *.lp	5.2.0	Windows®

จากรายละเอียดของโปรแกรมดังตารางที่ 1 ทางผู้วิจัยจะเลือกใช้เฉพาะโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เท่านั้น เนื่องจากเป็นระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวาง จึงเป็นเรื่องง่ายสำหรับผู้ใช้งานที่จะเรียนรู้ และทำความเข้าใจโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือฯ เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอด โดยโปรแกรมที่ผู้วิจัยเลือกใช้ทั้งหมด 7 โปรแกรมดังนี้ บีเอ็มพีดี (BPMPD) , แอลพีโซว (LPSolve), พีซีเอ็กซ์ (PCx), คิวซอปท์ (Qsopt), เอสซีไอพี (SCIP), จีแอลพีเค (GLPK) และซิมโฟนี (SYMPHONY)

ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมบีพีเอ็มพีดี (BPMPD), แอลพีโซว (LPSolve), พีซีเอ็กซ์ (PCx), คิวซอพท์ (Qsopt), และเอสซีไอพี (SCIP) เป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาเชิงเส้น และใช้โปรแกรมแอลพีโซว (LPSolve), เอสซีไอพี (SCIP), จีแอลพีเค (GLPK) และซิมโฟนี (SYMPHONY) จะใช้เป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม ซึ่งจากรูปที่ 9 พบว่าโปรแกรมเอสซีไอพี (SCIP) เป็นโปรแกรมแบบไม่มีลิขสิทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาลเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมดีที่สุด

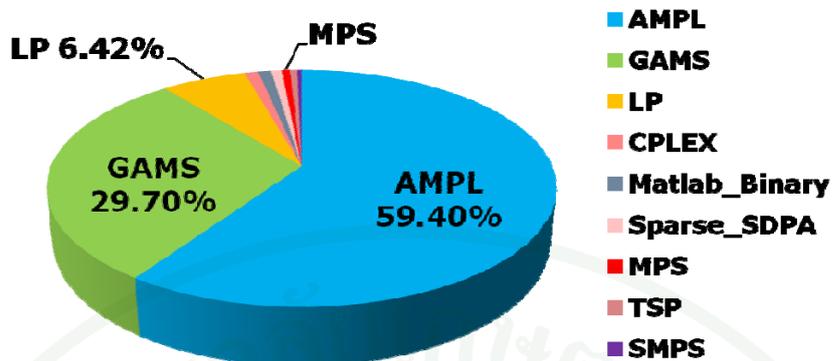


ภาพที่ 9 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาลเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (MILP) ระหว่างโปรแกรมช่วยคำนวณแบบ Non-commercial และ Commercial

ที่มา : <http://scip.zib.de/> (2011)

#### 4.2 การเลือกใช้รูปแบบของโจทย์ปัญหา

จากภาพที่ 10 พบว่ารูปแบบแอลพี (LP) และเอ็มพีเอส (MPS) เป็นรูปแบบของโจทย์ที่นิยมใช้เป็นอันดับที่สาม และอันดับที่เจ็ดตามลำดับ ซึ่งจะสอดคล้องกับการเลือกโปรแกรมช่วยคำนวณของเครื่องมือฯ ที่เลือกใช้โปรแกรมที่สามารถอ่านโจทย์ที่อยู่ในรูปแบบแอลพี และเอ็มพีเอสได้เนื่องจากรูปแบบแอลพีเป็นรูปแบบที่ง่ายต่อการเขียน และบุคคลทั่วไปสามารถอ่านแล้วเข้าใจได้ โดยที่ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการถอดรหัส



ภาพที่ 10 สัดส่วนชนิดของรูปแบบ โจทย์ปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในเว็บไซต์นีออส (NEOS)

ที่มา : <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neos-stats-2011-01.png#file> (2011)

## 5. ขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องของค่าคำตอบจากโปรแกรมช่วยคำนวณ

เนื่องจากโปรแกรมช่วยคำนวณแต่ละโปรแกรมเป็นโปรแกรมแบบเปิดรหัส ซึ่งมีหลักการทำงาน และมีแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงต้องทำการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแต่ละโปรแกรมก่อนนำไปใช้เป็นเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุด โดยการตรวจสอบนี้จะใช้โจทย์ปัญหาที่ทราบค่าคำตอบที่ถูกต้อง และมาจากแหล่งที่มาที่มีความน่าเชื่อถือมาคำนวณหาค่าคำตอบด้วยโปรแกรมช่วยคำนวณที่ผู้วิจัยเลือกใช้ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้กับค่าคำตอบที่ถูกต้อง เพื่อตรวจสอบค่าความถูกต้องของโปรแกรมนั้นๆ โดยการทดสอบจะแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

### 5.1 การทดสอบเครื่องมือด้วยโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้น

การทดสอบแบบเชิงเส้นนี้จะทำการทดสอบกับชุด โจทย์ปัญหา Netlib จากเว็บไซต์ <http://www.netlib.org/> ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวม โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นจากหลากหลายแหล่งที่มา เพื่อใช้เป็น โจทย์ปัญหามาตรฐานในการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยในชุดปัญหาจะประกอบไปด้วย โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นทั้งหมด 98 ข้อ และ จะทำการทดสอบกับโปรแกรมช่วยคำนวณรวมทั้ง 5 โปรแกรม คือ บีพีเอ็มพีดี, แอลพีโซว, พีซีเอ็กซ์, คิวซอปท์ และเอสซีไอพี ด้วยรูปแบบของ โจทย์ปัญหาทั้งสองรูปแบบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 รายละเอียดของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นชุด Netlib ที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ	โจทย์	ตัวแปรตัดสินใจ	ข้อจำกัด	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์	ขนาดไฟล์ Bytes	ค่าคำตอบ
1	25FV47	822	1,571	11,127	70,477	5.5018E+03
2	80BAU3B	2,263	9,799	29,063	298,952	9.8723E+05
3	ADLITTLE	57	97	465	3,690	2.2549E+05
4	AFIRO	28	32	88	794	-4.6475E+02
5	AGG	489	163	2,541	21,865	-3.5992E+07
6	AGG2	517	302	4,515	32,552	-2.0239E+07
7	AGG3	517	302	4,531	32,570	1.0312E+07
8	BANDM	306	472	2,659	19,460	-1.5863E+02
9	BEACONFD	174	262	3,476	17,475	3.3592E+04
10	BLEND	75	83	521	3,227	-3.0812E+01
11	BNL1	644	1,175	6,129	42,473	1.9776E+03
12	BNL2	2,325	3,489	16,124	127,145	1.8112E+03
13	BOEING1	351	384	3,865	25,315	-3.3521E+02
14	BOEING2	167	143	1,339	8,761	-3.1502E+02
15	BORE3D	234	315	1,525	13,160	1.3731E+03
16	BRANDY	221	249	2,150	14,028	1.5185E+03
17	CAPRI	272	353	1,786	15,267	2.6900E+03
18	CYCLE	1,904	2,857	21,322	166,648	-5.2264E+00
19	CZPROB	930	3,523	14,173	92,202	2.1852E+06
20	D2Q06C	2,172	5,167	35,674	258,038	1.2278E+05
21	D6CUBE	416	6,184	43,888	167,633	3.1549E+02
22	DEGEN2	445	534	4,449	24,657	-1.4352E+03
23	DEGEN3	1,504	1,818	26,230	130,252	-9.8729E+02
24	DFL001	6,072	12,230	41,873	353,192	1.1266E+07
25	E226	224	282	2,767	17,749	-1.8752E+01
26	ETAMACRO	401	688	2,489	21,915	-7.5572E+02
27	FFFFF800	525	854	6,235	39,637	5.5568E+05
28	FINNIS	498	614	2,714	23,847	1.7279E+05
29	FIT1D	25	1,026	14,430	51,734	-9.1464E+03
30	FIT1P	628	1,677	10,894	65,116	9.1464E+03

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	โจทย์	ตัวแปรตัดล้นใจ	ข้อจำกัด	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์	ขนาดไฟล์ Bytes	ค่าคำตอบ
31	FIT2D	26	10,500	138,018	482,330	-6.8464E+04
32	FIT2P	3,001	13,525	60,784	439,794	6.8464E+04
33	FORPLAN	162	421	4,916	25,100	-6.6422E+02
34	GANGES	1,310	1,681	7,021	60,191	-1.0959E+05
35	GFRD-PNC	617	1,092	3,467	24,476	6.9022E+06
36	GREENBEA	2,393	5,405	31,499	235,711	-7.2462E+07
37	GREENBEB	2,393	5,405	31,499	235,739	-4.3021E+06
38	GROW15	301	645	5,665	35,041	-1.0687E+08
39	GROW22	441	946	8,318	50,789	-1.6083E+08
40	GROW7	141	301	2,633	17,043	-4.7788E+07
41	ISRAEL	175	142	2,358	12,109	-8.9664E+05
42	KB2	44	41	291	2,526	-1.7499E+03
43	LOTFI	154	308	1,086	6,718	-2.5265E+01
44	MAROS	847	1,443	10,006	65,906	-5.8064E+04
45	MAROS-R7	3,137	9,408	151,120	4,812,587	1.4972E+06
46	MODSZK1	688	1,620	4,158	40,908	3.2062E+02
47	NESM	663	2,923	13,988	117,828	1.4076E+07
48	PEROLD	626	1,376	6,026	47,486	-9.3808E+03
49	PILOT	1,442	3,652	43,220	278,593	-5.5740E+02
50	PILOT.JA	941	1,988	14,706	97,258	-6.1131E+03
51	PILOT.WE	723	2,789	9,218	79,972	-2.7201E+06
52	PILOT4	411	1,000	5,145	40,936	-2.5811E+03
53	PILOT87	2,031	4,883	73,804	514,192	3.0171E+02
54	PILOTNOV	976	2,172	13,129	89,779	-4.4973E+03
55	QAP8	913	1,632	8,304	278,528	2.0350E+02
56	QAP12	3,193	8,856	44,244	1,449,984	5.2289E+02
57	QAP15	6,331	22,275	110,700	3,604,480	1.0410E+03
58	RECIPE	92	180	752	6,210	-2.6662E+02
59	SC105	106	103	281	3,307	-5.2202E+01
60	SC205	206	203	552	6,380	-5.2202E+01

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	โจทย์	ตัวแปรตัดล้นใจ	ข้อจำกัด	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์	ขนาดไฟล์ Bytes	ค่าคำตอบ
61	SC50A	51	48	131	1,615	-6.4575E+01
62	SC50B	51	48	119	1,567	-7.0000E+01
63	SCAGR25	472	500	2,029	17,406	-1.4753E+07
64	SCAGR7	130	140	553	4,953	-2.3314E+06
65	SCFXM1	331	457	2,612	19,078	1.8417E+04
66	SCFXM2	661	914	5,229	37,079	3.6660E+04
67	SCFXM3	991	1,371	7,846	53,828	5.4901E+04
68	SCORPION	389	358	1,708	12,186	1.8781E+03
69	SCRS8	491	1,169	4,029	36,760	9.0430E+02
70	SCSD1	78	760	3,148	17,852	8.6667E+00
71	SCSD6	148	1,350	5,666	32,161	5.0500E+01
72	SCSD8	398	2,750	11,334	65,888	9.0500E+02
73	SCTAP1	301	480	2,052	14,970	1.4123E+03
74	SCTAP2	1,091	1,880	8,124	57,479	1.7248E+03
75	SCTAP3	1,481	2,480	10,734	78,688	1.4240E+03
76	SEBA	516	1,028	4,874	38,627	1.5712E+04
77	SHARE1B	118	225	1,182	8,380	-7.6589E+04
78	SHARE2B	97	79	730	4,795	-4.1573E+02
79	SHELL	537	1,775	4,900	38,049	1.2088E+09
80	SHIP04L	403	2,118	8,450	57,203	1.7933E+06
81	SHIP04S	403	1,458	5,810	41,257	1.7987E+06
82	SHIP08L	779	4,283	17,085	117,083	1.9091E+06
83	SHIP08S	779	2,387	9,501	70,093	1.9201E+06
84	SHIP12L	1,152	5,427	21,597	146,753	1.4702E+06
85	SHIP12S	1,152	2,763	10,941	82,527	1.4892E+06
86	SIERRA	1,228	2,036	9,252	76,627	1.5394E+07
87	STAIR	357	467	3,857	27,405	-2.5127E+02
88	STANDATA	360	1,075	3,038	26,135	1.2577E+03
89	STANDGUB	362	1,184	3,147	27,836	1.2577E+03
90	STANDMPS	468	1,075	3,686	29,839	1.4060E+03

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	โจทย์	ตัวแปรตัดลีนใจ	ข้อจำกัด	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์	ขนาดไฟล์ Bytes	ค่าคำตอบ
91	STOCFOR1	118	111	474	4,247	-4.1132E+04
92	STOCFOR2	2,158	2,031	9,492	79,845	-3.9024E+04
93	STOCFOR3	16,676	15,695	74,004	4,599,808	-3.9977E+04
94	TRUSS	1,001	8,806	36,642	77,824	4.5882E+05
95	TUFF	334	587	4,523	29,439	2.9215E-01
96	VTP.BASE	199	203	914	8,175	1.2983E+05
97	WOOD1P	245	2,594	70,216	328,905	1.4429E+00
98	WOODW	1,099	8,405	37,478	240,063	1.3045E+00

ที่มา : <http://www.netlib.org> (2011)

ตารางที่ 3 รายละเอียดโปรแกรมที่นำมาทดสอบค่าความถูกต้องของโจทย์ปัญหาเชิงเส้น

โปรแกรม	รูปแบบโจทย์ที่ใช้ในการทดสอบ		รายละเอียด
	*.MPS	*.LP	
BPMPD	✓	-	
PCx	✓	-	
LPSolve	✓	✓	
Qsopt	✓	✓	
SCIP	✓	✓	

## 5.2 การทดสอบเครื่องมือฯด้วยโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

การทดสอบแบบเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมนี้จะทำการทดสอบกับชุดปัญหา MIP 2003 จาก MIPLIB - Mixed Integer Problem Library : <http://miplib.zib.de/miplib2003/-index.php> ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมโจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยจะประกอบไปด้วยโจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นแบบผสมทั้งหมด 58 ข้อ และจะทำการทดสอบกับโปรแกรมช่วยคำนวณทั้งหมด 4 โปรแกรม คือ จีแอลพีเค เอสซีไอพี แอลพีโซว และซิมโฟนี่ ด้วยรูปแบบของโจทย์ปัญหาสองรูปแบบดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดโปรแกรมที่นำมาทดสอบค่าความถูกต้องของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

โปรแกรม	รูปแบบโจทย์ที่ใช้ในการทดสอบ		รายละเอียด
	*.MPS	*.LP	
GLPK	✓	✓	
LPSolve	✓	✓	
SCIP	✓	✓	
SYMPHONY	✓	✓	

ตารางที่ 5 รายละเอียดของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมชุด MIPLIB 2003 ที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ	โจทย์	C	ข้อจำกัด	ตัวแปร	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์	Int	Bin	Con	ค่าคำตอบ
1	10teams	M	230	2,025	12,150		1,800	225	9.240E+02
2	aflow30a	M	479	842	2,091		421	421	1.158E+03
3	aflow40b	M	1,442	2,728	6,783		1,364	1,364	1.168E+03
4	air04	B	823	8,904	72,965		8,904		5.614E+04
5	air05	B	426	7,195	52,121		7,195		2.637E+04
6	arki001	M	1,048	1,388	20,439	123	415	850	7.581E+06

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	โจนท์	C	ข้อจำกัด	ตัวแปร	ตัวแปรที่ ไม่เป็นศูนย์	Int	Bin	Con	ค่าคำตอบ
7	cap6000	B	2,176	6,000	48,243		6,000		-2.451E+06
8	danooint	M	664	521	3,232		56	465	6.567E+01
9	disktom	B	399	10,000	30,000		10,000		-5.000E+03
10	fast0507	B	507	63,009	409,349		63,009		1.740E+02
11	fiber	M	363	1,298	2,944		1,254	44	4.059E+05
12	fixnet6	M	478	878	1,756		378	500	3.983E+03
13	gesa2	M	1,392	1,224	5,064	168	240	816	2.578E+07
14	gesa2-o	M	1,248	1,224	3,672	336	384	504	2.578E+07
15	glass4	M	396	322	1,815		302	20	1.200E+09
16	harp2	B	112	2,993	5,840		2,993		-7.390E+07
17	manna81	I	6,480	3,321	12,960	3,303	18		-1.316E+04
18	markshare1	M	6	62	312		50	12	1.000E+00
19	mas74	M	13	151	1,706		150	1	1.180E+04
20	mas76	M	12	151	1,640		150	1	4.001E+04
21	misc07	M	212	260	8,619		259	1	2.810E+03
22	mod011	M	4,480	10,958	22,254		96	10,862	-5.456E+07
23	modglob	M	291	422	968		98	324	2.074E+07
24	momentum2	M	24,237	3,732	349,695	1	1,808	1,923	1.231E+04
25	msec98-ip	M	15,850	21,143	92,918	53	20,237	853	1.984E+07
26	mzzv11	I	9,499	10,240	134,603	251	9,989		-2.172E+04
27	mzzv42z	I	10,460	11,717	151,261	235	11,482		-2.054E+04
28	net12	M	14,021	14,115	80,384		1,603	12,512	2.140E+02
29	noswot	M	182	128	735	25	75	28	-4.100E+01
30	nsrand-ipx	M	735	6,621	223,261		6,620	1	5.120E+04
31	nw04	B	36	87,482	636,666		87,482		1.686E+04
32	opt1217	M	64	769	1,542		768	1	-1.600E+01
33	p2756	B	755	2,756	8,937		2,756		3.124E+03
34	pk1	M	45	86	915		55	31	1.100E+01
35	pp08aCUTS	M	246	240	839		64	176	7.350E+03
36	pp08a	M	136	240	480		64	176	7.350E+03

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	โจนท์	C	ข้อจำกัด	ตัวแปร	ตัวแปรที่ ไม่เป็นศูนย์	Int	Bin	Con	ค่าคำตอบ
37	qiu	M	1,192	840	3,432		48	792	-1.329E+02
38	rd-rplusc-21	M	125,899	622	852,384		457	165	1.654E+05
39	roll3000	M	2,295	1,166	29,386	492	246	428	1.289E+04
40	rout	M	291	556	2,431	15	300	241	1.078E+03
41	set1ch	M	492	712	1,412		240	472	5.454E+04
42	timtab1	M	171	397	829	107	64	226	7.648E+05
43	tr12-30	M	750	1,080	2,508		360	720	1.306E+05
44	vpm2	M	234	378	917		168	210	1.375E+01
45	a1c1s1	M	3,312	3,648	10,178		192	3,456	1.150E+04
46	atlanta-ip	M	21,732	48,738	257,532	106	46,667	1,965	9.001E+01
47	ds	B	656	67,732	1,024,059		67,732		9.352E+01
48	markshare2	M	7	74	434		60	14	1.000E+00
49	mkc	M	3,411	5,325	17,038		5,323	2	-5.638E+02
50	momentum1	M	42,680	5,174	103,198		2,349	2,825	1.091E+05
51	protfold	B	2,112	1,835	23,491		1,835		-3.100E+01
52	seymour	B	4,944	1,372	33,549		1,372		4.230E+02
53	sp97ar	B	1,761	14,101	290,968		14,101		6.607E+08
54	stp3d	B	159,488	204,880	662,128		204,880		4.937E+02
55	swath	M	884	6,805	34,965		6,724	81	4.674E+02
56	timtab2	M	294	675	1,482	181	113	381	1.097E+06

หมายเหตุ NZ : ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์ I : ปัญหาจำนวนเต็ม M : ปัญหาจำนวนเต็มชนิดผสม

B : ปัญหาจำนวนเต็มชนิดเลขฐานสอง Int : ตัวแปรจำนวนเต็ม

Bin : ตัวแปรจำนวนเต็มชนิดเลขฐานสอง Con : ตัวแปรจำนวนจริง

ที่มา : <http://miplib.zib.de/miplib2003/index.php> (2011)

## 6. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าคำตอบที่ได้จากเครื่องมือฯ กับค่าคำตอบที่ได้จากเอ็กเซลโซลูเวอร์โริบิ โดยใช้โจทย์ปัญหาการตัดสินใจที่จำลองขึ้นจากกรณีศึกษาในกระบวนการอุตสาหกรรม

เครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเป็ดรหส์ที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในภาคอุตสาหกรรม หรือภาคการขนส่งสินค้าได้ โดยจะยกตัวอย่างกรณีศึกษา 2 ตัวอย่าง คือ ปัญหาการจัดการะงานลงสถานีงานในกระบวนการผลิต (Line Balancing Problem) โดยมีลำดับของการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็ม และปัญหาการตั้งศูนย์กระจายสินค้า และการจัดสรรปริมาณการตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Facility Located - Unlocated Problem) เป็นปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

### 6.1 กรณีศึกษาที่ 1 ปัญหาการจัดการะงานลงในสถานีงาน (Line Balancing Problem)

กรณีศึกษานี้เป็นลักษณะปัญหาการตัดสินใจที่เกิดขึ้น และพบบ่อยในโรงงานอุตสาหกรรม (Askin *et.al*, 1993) โดยแต่ละภาระงานจะไม่สามารถเริ่มงานได้อย่างอิสระ คือ แต่ละภาระงานจะมีลำดับในการปฏิบัติงานก่อน - หลังมาเป็นข้อจำกัด จึงทำให้โจทย์ปัญหาในกรณีศึกษานี้เป็นปัญหาการตัดสินใจแบบจำนวนเต็มชนิดเลขฐานสอง (Binary Integer Programming, BIP) ซึ่งเงื่อนไขในการแก้ปัญหาในกรณีนี้คือ จะต้องจัดการะงานลงในสถานีงาน โดยที่เวลารวมของภาระงานในแต่ละสถานีจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของสถานีงานนั้นๆ และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเปิดสถานีงานให้น้อยที่สุด โดยจะมีลักษณะของโจทย์ปัญหาดังนี้

รูปแบบฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize: } \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K c_{ik} X_{ik}$$

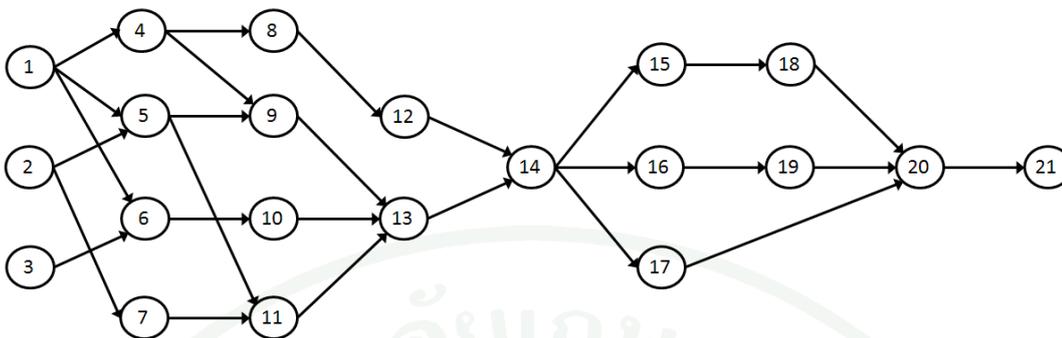
รูปแบบฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ

$$\sum_{i=1}^N t_i X_{ik} \leq C \quad k = 1, \dots, K \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^K X_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$X_{vb} \leq \sum_{j=1}^b X_{uj} \quad b = 1, \dots, K \quad \text{and } (u, v) \in IP \quad (3)$$

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้างาน } i \text{ ทำบนสถานี } k \\ 0, & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$



ภาพที่ 11 ลำดับการไหลของภาระงานทั้งหมดในกระบวนการของกรณีศึกษาที่ 1

จากลำดับการไหลของภาระงานในกรณีศึกษาที่ 1 ตามภาพที่ 11 พบว่าประกอบด้วยภาระงานทั้งหมด 21 งาน ( $N = 21$ ) โดยจะกำหนดให้มีสถานีงานทั้งหมด 9 สถานี ( $K = 9$ ) ซึ่งทำให้ได้รายละเอียดของปัญหาดังนี้

จำนวนตัวแปรตัดสินใจทั้งหมด

$$9 \text{ สถานีงาน } (K) \times 21 \text{ ภาระงาน } (N) \rightarrow 189 \text{ ตัวแปรตัดสินใจ}$$

เวลาในแต่ละสถานีงาน ( $t_i$ ) รวม ต้องไม่เกิน Cycle Time (C)

$$\sum_{i=1}^N t_i X_{ik} \leq C \quad k = 1, \dots, K \quad N=9 \rightarrow 9 \text{ ข้อจำกัด}$$

แต่ละภาระงานจะถูกกระทำบนสถานีงานเพียงสถานีเดียว

$$\sum_{k=1}^K X_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, N \quad K=21 \rightarrow 21 \text{ ข้อจำกัด}$$

เงื่อนไขในการเริ่มปฏิบัติงานที่ต้องขึ้นอยู่กับงานก่อนหน้า

$$X_{vb} \leq \sum_{j=1}^b X_{uj} \quad \text{มี 28 เงื่อนไข ใน 9 สถานีงาน } (b=9) \rightarrow 252 \text{ ข้อจำกัด}$$

$v$  = ภาระงานที่กำลังพิจารณา,  $u$  = ภาระงานที่ต้องทำก่อนหน้างาน  $v$ ,  $b$  = สถานีงานใดๆ

189 ตัวแปรตัดสินใจ, 282 ข้อจำกัด, 1,890 ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์

ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือฯ กับโปรแกรมเอ็กซ์เซล โซเวอ์  
 ญโรบิจะทำโดยการทำซ้ำโจทย์ในกรณีศึกษานี้ 10 รอบทำซ้ำเพื่อทำการเก็บข้อมูล ทั้งความถูกต้อง  
 ของค่าคำตอบ และเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา

6.2 กรณีศึกษาที่ 2 ปัญหาการตั้งศูนย์กระจายสินค้า และการจัดสรรปริมาณการ  
 ตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Facility Located-Unlocated Problem)

กรณีศึกษานี้เป็นลักษณะปัญหาการตัดสินใจที่เกิดขึ้นในระบบการกระจายสินค้า  
 ของภาคอุตสาหกรรม กรณีศึกษานี้เป็นการตัดสินใจเพื่อเลือกเปิดศูนย์กระจายสินค้า และหาปริมาณ  
 การตอบสนองต่อความต้องการสินค้าของลูกค้า โดยรายละเอียดค่าใช้จ่ายในการตั้งคลังสินค้า ค่า  
 ขนส่งสินค้า และปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าจะเป็นไปตามตารางที่ 6 จึงทำให้โจทย์ใน  
 กรณีศึกษานี้เป็นปัญหาการตัดสินใจแบบจำนวนเต็มชนิดผสม (Mixed Integer Linear  
 Programming, MILP) ซึ่งเงื่อนไขในการแก้ปัญหาในกรณีนี้คือ จะต้องตอบสนองความต้องการ  
 สินค้าของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และค่าใช้จ่ายในการตั้ง  
 คลังสินค้าให้น้อยที่สุด ซึ่งจะมีลักษณะของโจทย์ปัญหาดังนี้

รูปแบบฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize: } \sum_{i=1}^M o_i W_i + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} X_{ij}$$

รูปแบบฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ

$$\sum_{i=1}^M X_{ij} = d_j ; \forall j \qquad \sum_{j=1}^N X_{ij} \leq s_i ; \forall i$$

$$M W_i - \sum_{j=1}^N X_{ij} \geq 0 ; \forall i$$

โดยที่

$$W_i = \{0,1\} ; \forall i, X_{ij} \geq 0 ; \forall i, j$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, M, j = 1, 2, 3, \dots, N$$

กำหนดให้  $X_{ij}$  คือ ปริมาณการส่งสินค้าของโกดัง  $i$  ให้ลูกค้า  $j$ ;  $X_{ij} \geq 0$ ,

$W_i$  คือ การตัดสินใจในการเปิด (= 1) หรือ ไม่เปิด (= 0) คลังสินค้า  $i$

ตารางที่ 6 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการตั้งคลังสินค้า ค่าขนส่งสินค้า และปริมาณความต้องการ  
สินค้าของลูกค้าของกรณีศึกษาที่ 2

คลังสินค้า	ต้นทุนการผลิต และค่าขนส่ง (\$) / หน่วย						ต้นทุนการดำเนินงาน	ความจุคลังสินค้า
	1	2	3	..	..	$N$		
1	$C_{11}$	$C_{21}$	$C_{31}$	.	.	$C_{1n}$	$O_1$	$S_1$
2	$C_{12}$	$C_{22}$	$C_{32}$	.	.	$C_{2n}$	$O_2$	$S_2$
3	$C_{13}$	$C_{23}$	$C_{33}$	.	.	$C_{3n}$	$O_3$	$S_3$
..	.	.	.	.	.	.	.	.
..	.	.	.	.	.	.	.	.
$M$	$C_{m1}$	$C_{m2}$	$C_{m3}$	.	.	$C_{mn}$	$O_m$	$S_m$
ความต้องการของลูกค้า	$d_1$	$d_2$	$d_3$	.	.	$d_n$		

จากลักษณะของโจทย์ปัญหาในกรณีศึกษาที่ 2 ข้างต้น จะทำการทดสอบโดยกำหนดให้มีคลังสินค้าทั้งหมด 100 คลัง ( $M = 100$ ) และจะกำหนดให้มีจำนวนลูกค้าตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 แห่ง ( $N = 100, 200, \dots, 1,000$ ) ซึ่งจะทำให้ได้โจทย์ปัญหาในการทดสอบทั้งหมด 10 โจทย์ โดยมีรายละเอียดของปัญหาดังตารางที่ 7

จำนวนตัวแปรตัดสินใจทั้งหมด

$$\text{จำนวนคลังสินค้า } (M) \times \text{จำนวนลูกค้า } (N) + \text{จำนวนการเปิด - ปิดคลังสินค้า } (M)$$

$$\rightarrow M \times N + M \text{ ตัวแปรตัดสินใจ}$$

ความต้องการของลูกค้าแต่ละคนต้องได้รับการตอบสนองอย่างครบถ้วน

$$\sum_{i=1}^M X_{ij} = d_j ; \forall j \quad \text{ลูกค้า } N \text{ คน} \rightarrow N \text{ ข้อจำกัด}$$

จำนวนการสนองตอบความต้องการของลูกค้าในแต่ละคลังสินค้าจะต้องไม่เกินความจุของคลังสินค้านั้นๆ

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} \leq s_i ; \forall i \quad \text{คลังสินค้า } M \text{ แห่ง} \rightarrow M \text{ ข้อจำกัด}$$

การตอบสนองความต้องการของลูกค้าจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเลือกเปิดคลังสินค้านั้นๆแล้ว ( $W = 1$ )

$$MW_i - \sum_{j=1}^N X_{ij} \geq 0 ; \forall i$$

การตัดสินใจเปิด - ปิดคลังสินค้า ( $M$ ) จำนวน  $M$  แห่ง  $\rightarrow M$  ข้อจำกัด

$(M \times N) + M$  ตัวแปรตัดสินใจ,  $2M + N$  ข้อจำกัด,

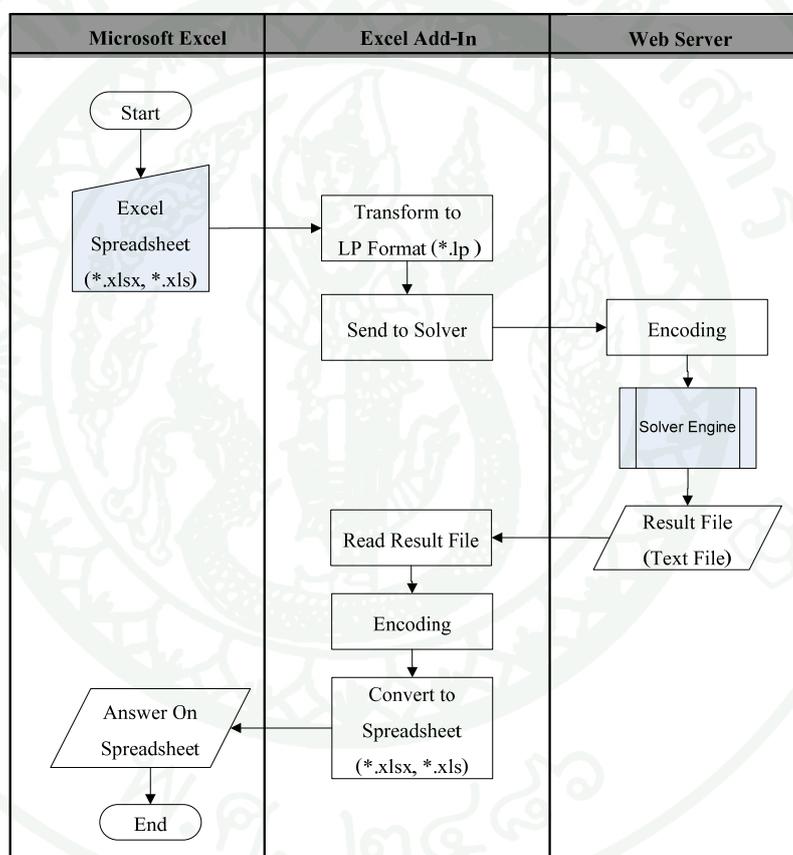
ตารางที่ 7 รายละเอียดของโจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือๆในกรณีศึกษาที่ 2

ลำดับ	ขนาดของปัญหา $M \times N$	ตัวแปรตัดสินใจ $(M \times N) + M$	ข้อจำกัด $2M + N$	ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์ (Non-zeros)
1	$100 \times 99$	10,000	299	29,800
2	$100 \times 199$	20,000	399	59,800
3	$100 \times 299$	30,000	499	89,800
4	$100 \times 399$	40,000	599	119,800
5	$100 \times 499$	50,000	699	149,800
6	$100 \times 599$	60,000	799	179,800
7	$100 \times 699$	70,000	899	209,800
8	$100 \times 799$	80,000	999	239,800
9	$100 \times 899$	90,000	1,099	269,800
10	$100 \times 999$	100,000	1,199	299,800

ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือๆ กับโปรแกรมเอ็กซ์เซล โซเวอ์กูโรบี จะทำโดยใช้โจทย์ปัญหาทั้งหมดในกรณีศึกษานี้ ซึ่งจะมีขนาดของตัวแปรตัดสินใจตั้งแต่ 10,000 จนถึง 100,000 ตัวแปรตัดสินใจ โดยจำนวนตัวแปรตัดสินใจจะเพิ่มครั้งละ 10,000 ตัวแปรรวมทั้งสิ้น 10 ปัญหา และทำซ้ำ 5 รอบในแต่ละโจทย์ปัญหา เพื่อทำการเก็บข้อมูลของค่าคำตอบและเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา

## 7. ส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือฯ บนโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel Add-In)

ส่วนสนับสนุนนี้มีขึ้นเพื่อลดความยุ่งยากของผู้ใช้งานที่ต้องการใช้งานเครื่องมือฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาการตัดสินใจ โดยจะอยู่ในรูปแบบส่วนเสริมของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล และทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล กับเครื่องมือฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างสำหรับใช้ในการรับค่าจากสเปรดชีต และขั้นตอนการทำงานของส่วนสนับสนุนนี้จะเป็นดังภาพที่ 12

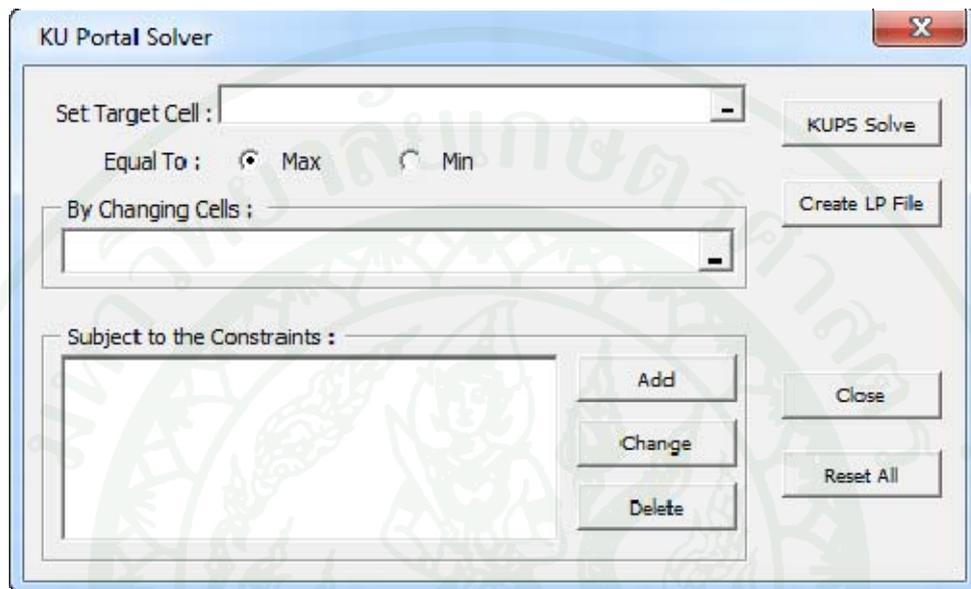


ภาพที่ 12 การไหลของขั้นตอนการทำงานของส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือฯ

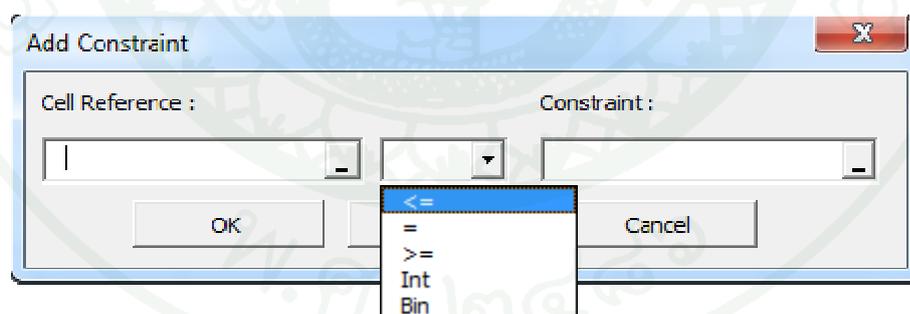
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการรับค่าปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของเอ็กเซลสเปรดชีต (Excel Spreadsheet, \*.xlsx) มาทำการแปลงรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบแอลพีไฟล์ (\*.lp)

ขั้นตอนที่ 2 นำแอลพีไฟล์ที่ได้ส่งต่อไปยังเครื่องมือฯ ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต และสั่งการให้เครื่องมือฯ เริ่มการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อเครื่องมือทำการคำนวณจนได้คำตอบแล้วก็จะส่งคำตอบออกมาในรูปแบบของไฟล์ตัวอักษร (Text File) จากนั้นส่วนสนับสนุนก็จะแปลงคำตอบนั้นให้กลับมาอยู่ในรูปแบบของเอ็กเซลสเปรดชีตเช่นเดิม



ภาพที่ 13 ตัวอย่างหน้าต่างรับค่าปัญหาในส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือ



ภาพที่ 14 ตัวอย่างหน้าต่างรับค่าเงื่อนไขข้อจำกัดในส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือ

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### 1. การทดสอบความถูกต้องของค่าคำตอบจากโปรแกรมช่วยคำนวณกับค่าคำตอบจริง โดยใช้โจทย์ปัญหามาตรฐาน

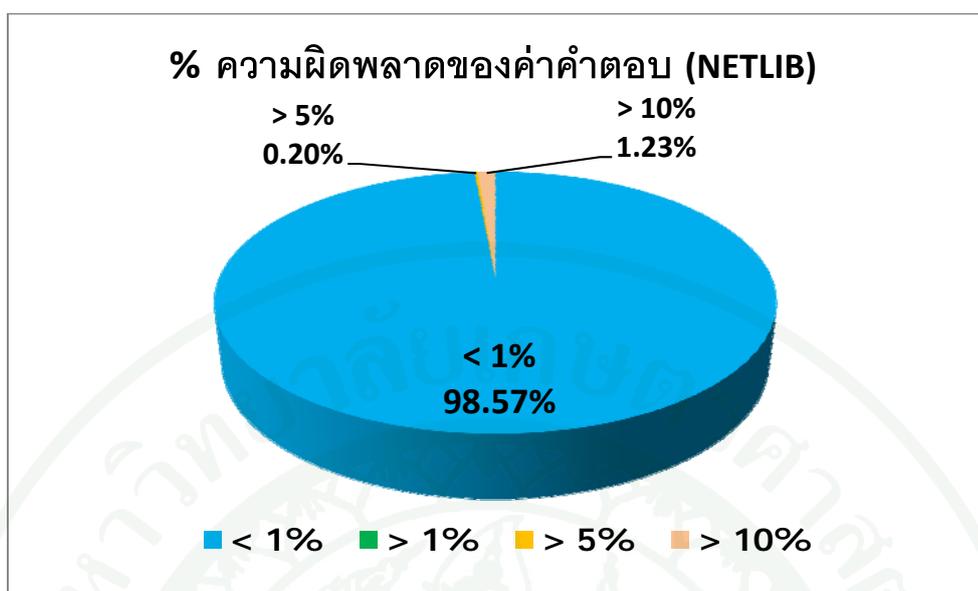
##### 1.1 การทดสอบเครื่องมือฯ ด้วยโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้น (LP)

จากการทดสอบพบว่าโปรแกรมช่วยคำนวณทั้ง 5 โปรแกรมสามารถหาค่าคำตอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมด แต่จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากค่าคำตอบจริงที่แตกต่างกันไปในแต่ละโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายละเอียดจำนวน โจทย์ปัญหาที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากค่าคำตอบจริงในแต่ละระดับ

% ความผิดพลาด ของค่าคำตอบ	เครื่องมือช่วยคำนวณ					รวม
	bpmpd	Pcx	SCIP	Qsopt	LP Solve	
< 1%	96	97	97	98	95	483
> 1%	0	0	0	0	0	0
> 5%	1	0	0	0	0	1
> 10%	1	1	1	0	3	6
รวม	98	98	98	98	98	490

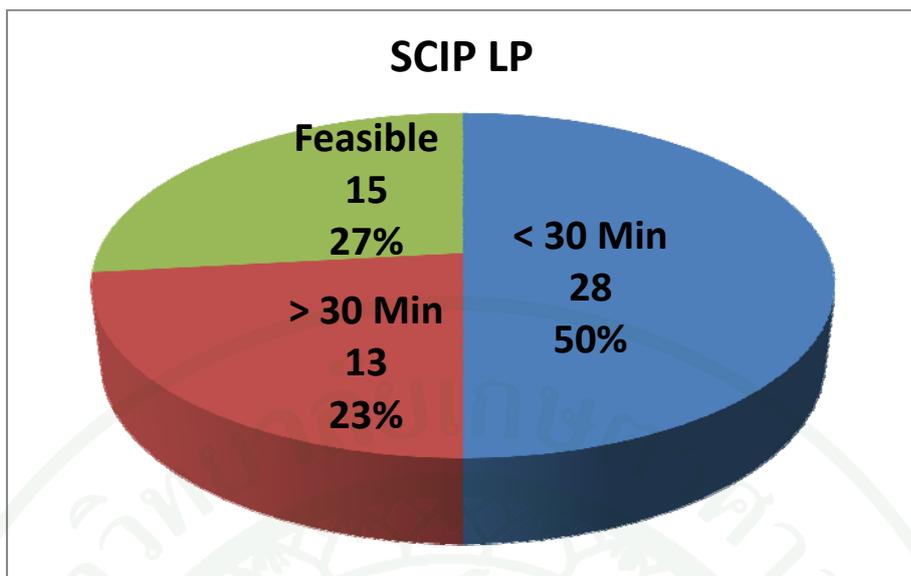
จากตารางที่ 8 พบว่าโปรแกรมช่วยคำนวณที่มีจำนวนความคลาดเคลื่อนของคำตอบน้อยที่สุดในการทดสอบนี้คือ โปรแกรมคิวซอปท์ (Qsopt) ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดอยู่ในระดับไม่เกินร้อยละ 1 และโปรแกรมช่วยคำนวณที่มีจำนวนความคลาดเคลื่อนมากที่สุดในการทดสอบคือ โปรแกรมแอลพีโซลว์ (LPsolve) ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของคำตอบอยู่ในระดับมากกว่าร้อยละ 1 มากถึง 3 ข้อ และจากการนำเอาจำนวน โจทย์ปัญหาที่เกิดความคลาดเคลื่อนในทุกๆระดับของทุกโปรแกรมที่ผู้วิจัยเลือกใช้มารวมกัน พบว่าจำนวนความคลาดเคลื่อนรวมของโปรแกรมช่วยคำนวณส่วนใหญ่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของคำตอบอยู่ในระดับไม่เกินร้อยละ 1 จากค่าคำตอบจริง คิดเป็น 98.57 เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เปรอ์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนรวมของโปรแกรมช่วยคำนวณจากการทดสอบกับโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้น

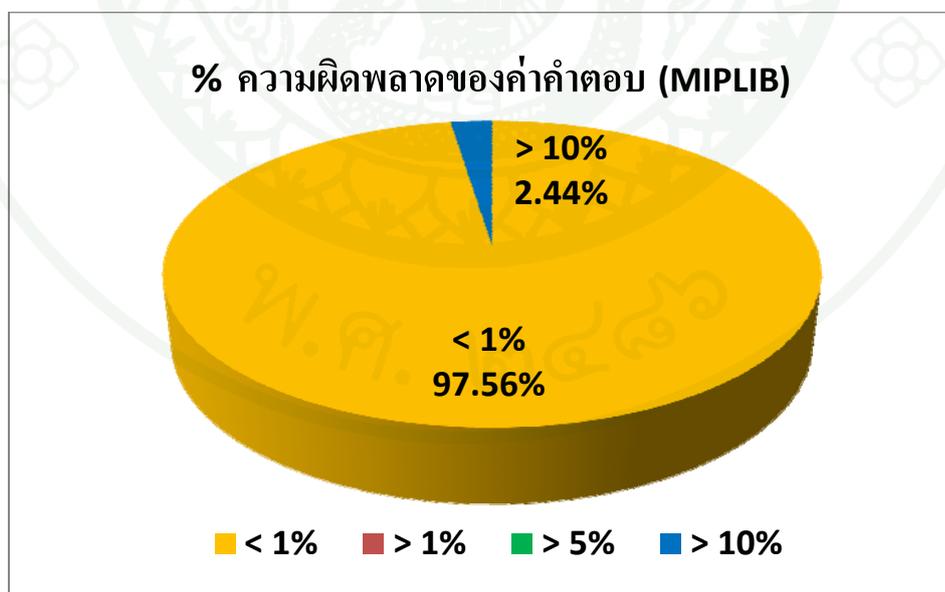
1.2 การทดสอบเครื่องมือฯด้วยโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (MILP)

จากการทดสอบนี้พบว่ามิโปรแกรมช่วยคำนวณเพียงโปรแกรมเดียวจากทั้งหมด 4 โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบที่สามารถหาคำตอบจากชุดปัญหา MIPLIB 2003 ได้คือ โปรแกรม เอสซีไอพี (SCIP) แต่ก็ยังสามารถหาคำตอบในชุดปัญหานี้ได้เพียง 41 ข้อจากทั้งหมด 56 ข้อ โดยปัญหาที่เหลือไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมภายใต้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยมีอยู่ เนื่องจากแต่ละโจทย์ปัญหาจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหานั้น และทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ซึ่งรายละเอียดของโจทย์ปัญหาที่สามารถแก้ได้จะแสดงดังภาพที่ 16 และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากคำตอบจริงของโปรแกรมพบว่าส่วนใหญ่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับไม่เกินร้อยละ 1 จากคำตอบจริง คิดเป็น 97.56 เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 16 จำนวนโจทย์ปัญหาในชุดปัญหา MIPLIB 2003 ที่สามารถแก้ได้ด้วยโปรแกรมเอสซีไอพี (SCIP)

จากภาพที่ 16 พบว่ามีโจทย์ 28 ข้อ ที่โปรแกรมเอสซีไอพีสามารถหาคำตอบได้ภายใน 30 นาที จากโจทย์ที่สามารถหาคำตอบได้จำนวน 41 ข้อ



ภาพที่ 17 เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนรวมของโปรแกรมช่วยคำนวณเอสซีไอพี (SCIP) จากการทดสอบกับโจทย์ปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

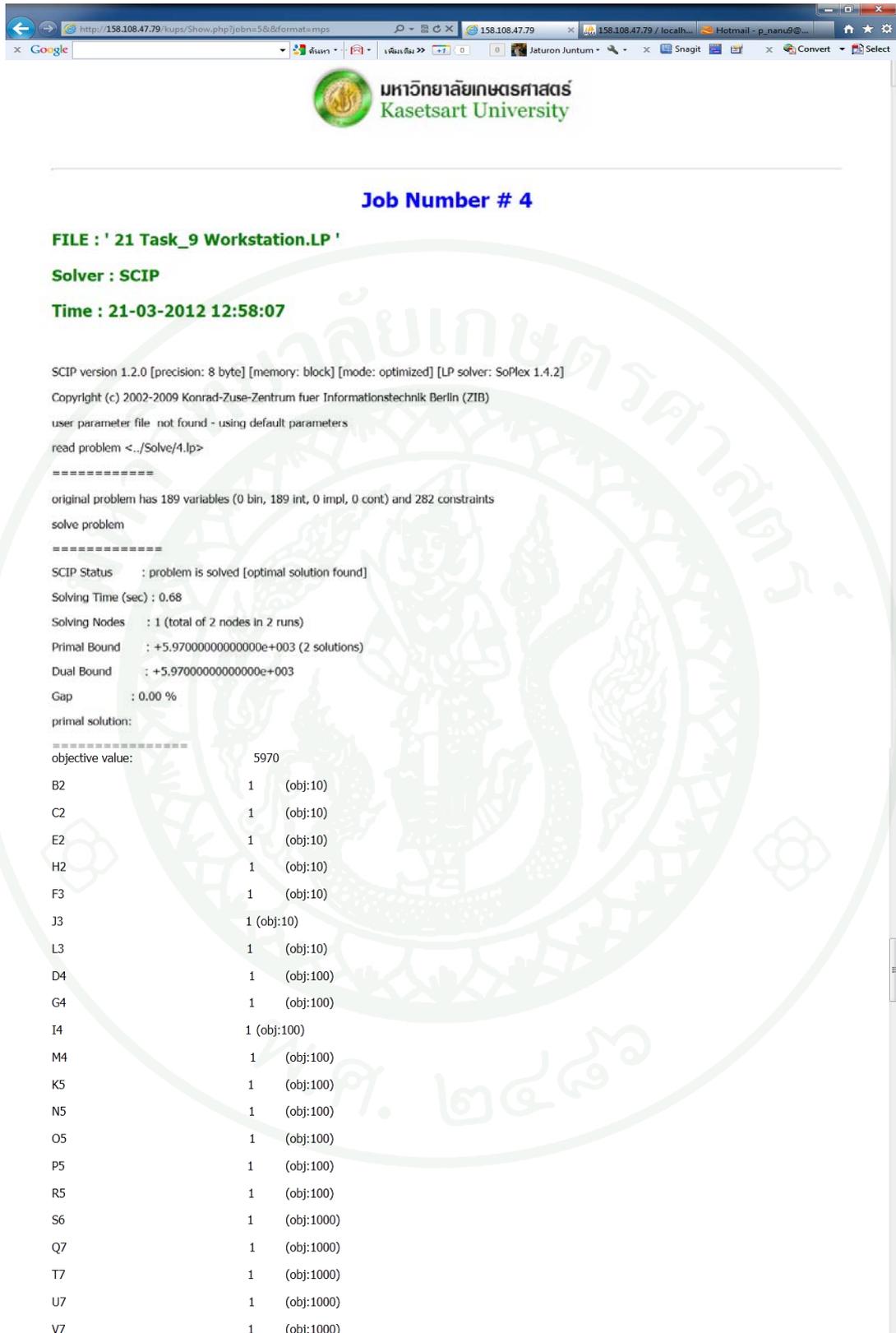
## 2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าคำตอบที่ได้จากเครื่องมือฯ กับค่าคำตอบที่ได้จากเอ็กซ์เซลโซเวอ์กูโรบี โดยใช้โจทย์ปัญหาการตัดสินใจที่จำลองขึ้นจากกรณีศึกษาในกระบวนการอุตสาหกรรม

### 2.1 กรณีศึกษาที่ 1 ปัญหาการจัดการแรงงานลงในสถานงาน (Line Balancing Problem)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าคำตอบจากโจทย์ในกรณีศึกษาที่ 1 โดยใช้เครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมเอ็กซ์เซลโซเวอ์กูโรบี พบว่าค่าสมการเป้าหมาย หรือค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการหาคำตอบของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 9 แต่ค่าคำตอบของตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวที่ได้จะมีความแตกต่างกัน โดยจะแสดงตัวอย่างหน้าต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องมือฯ ในภาพที่ 18

**ตารางที่ 9** แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมจากการแก้โจทย์ปัญหาในกรณีศึกษาที่ 1 จำนวน 10 รอบการทำซ้ำ โดยใช้เครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กซ์เซลโซเวอ์กูโรบี

รอบ ทำซ้ำ	ขนาด $m \times n$	ตัวแปรที่ ไม่เป็นศูนย์	ค่าคำตอบ		ผลต่างของ ค่าคำตอบ	% ความผิดพลาด ของค่าคำตอบ
			KUPS	กูโรบี		
1	9 × 21	1890	1.77 E+04	1.77 E+04	0.00 E+00	0.00%
2	9 × 21	1890	1.33 E+06	1.33 E+06	0.00 E+00	0.00%
3	9 × 21	1890	1.27 E+05	1.27 E+05	0.00 E+00	0.00%
4	9 × 21	1890	2.66 E+04	2.66 E+04	0.00 E+00	0.00%
5	9 × 21	1890	2.27 E+05	2.27 E+05	0.00 E+00	0.00%
6	9 × 21	1890	3.26 E+05	3.26 E+05	0.00 E+00	0.00%
7	9 × 21	1890	2.26 E+05	2.26 E+05	0.00 E+00	0.00%
8	9 × 21	1890	1.27 E+05	1.27 E+05	0.00 E+00	0.00%
9	9 × 21	1890	2.57 E+04	2.57 E+04	0.00 E+00	0.00%
10	9 × 21	1890	2.57 E+04	2.57 E+04	0.00 E+00	0.00%



```

Job Number # 4

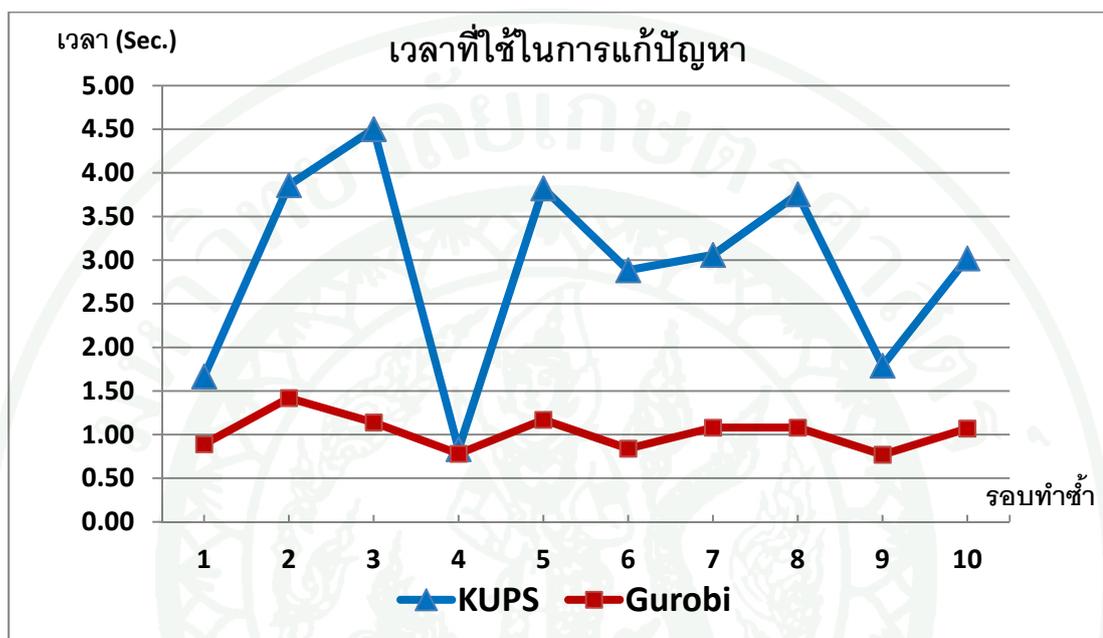
FILE : ' 21 Task_9 Workstation.LP '
Solver : SCIP
Time : 21-03-2012 12:58:07

SCIP version 1.2.0 [precision: 8 byte] [memory: block] [mode: optimized] [LP solver: SoPlex 1.4.2]
Copyright (c) 2002-2009 Konrad-Zuse-Zentrum fuer Informationstechnik Berlin (ZIB)
user parameter file not found - using default parameters
read problem <./Solve/4.lp>
=====
original problem has 189 variables (0 bin, 189 int, 0 impl, 0 cont) and 282 constraints
solve problem
=====
SCIP Status   : problem is solved [optimal solution found]
Solving Time (sec) : 0.68
Solving Nodes   : 1 (total of 2 nodes in 2 runs)
Primal Bound    : +5.970000000000000e+003 (2 solutions)
Dual Bound      : +5.970000000000000e+003
Gap              : 0.00 %
primal solution:
=====
objective value:          5970
B2                        1 (obj:10)
C2                        1 (obj:10)
E2                        1 (obj:10)
H2                        1 (obj:10)
F3                        1 (obj:10)
J3                        1 (obj:10)
L3                        1 (obj:10)
D4                        1 (obj:100)
G4                        1 (obj:100)
I4                        1 (obj:100)
M4                        1 (obj:100)
K5                        1 (obj:100)
N5                        1 (obj:100)
O5                        1 (obj:100)
P5                        1 (obj:100)
R5                        1 (obj:100)
S6                        1 (obj:1000)
Q7                        1 (obj:1000)
T7                        1 (obj:1000)
U7                        1 (obj:1000)
V7                        1 (obj:1000)

```

ภาพที่ 18 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลของการจัดลำดับการปฏิบัติงานในกรณีศึกษาที่ 1 จากการคำนวณด้วยเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

จากภาพที่ 19 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น กับ โปรแกรมเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิ พบว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจะใช้เวลาในการแก้ปัญหาของกรณีศึกษาที่ 1 เฉลี่ยอยู่ที่ 2.92 วินาที แต่โปรแกรมเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิจะใช้เวลาในการแก้ปัญหาของกรณีศึกษาที่ 1 เฉลี่ยอยู่ที่ 1.02 วินาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น



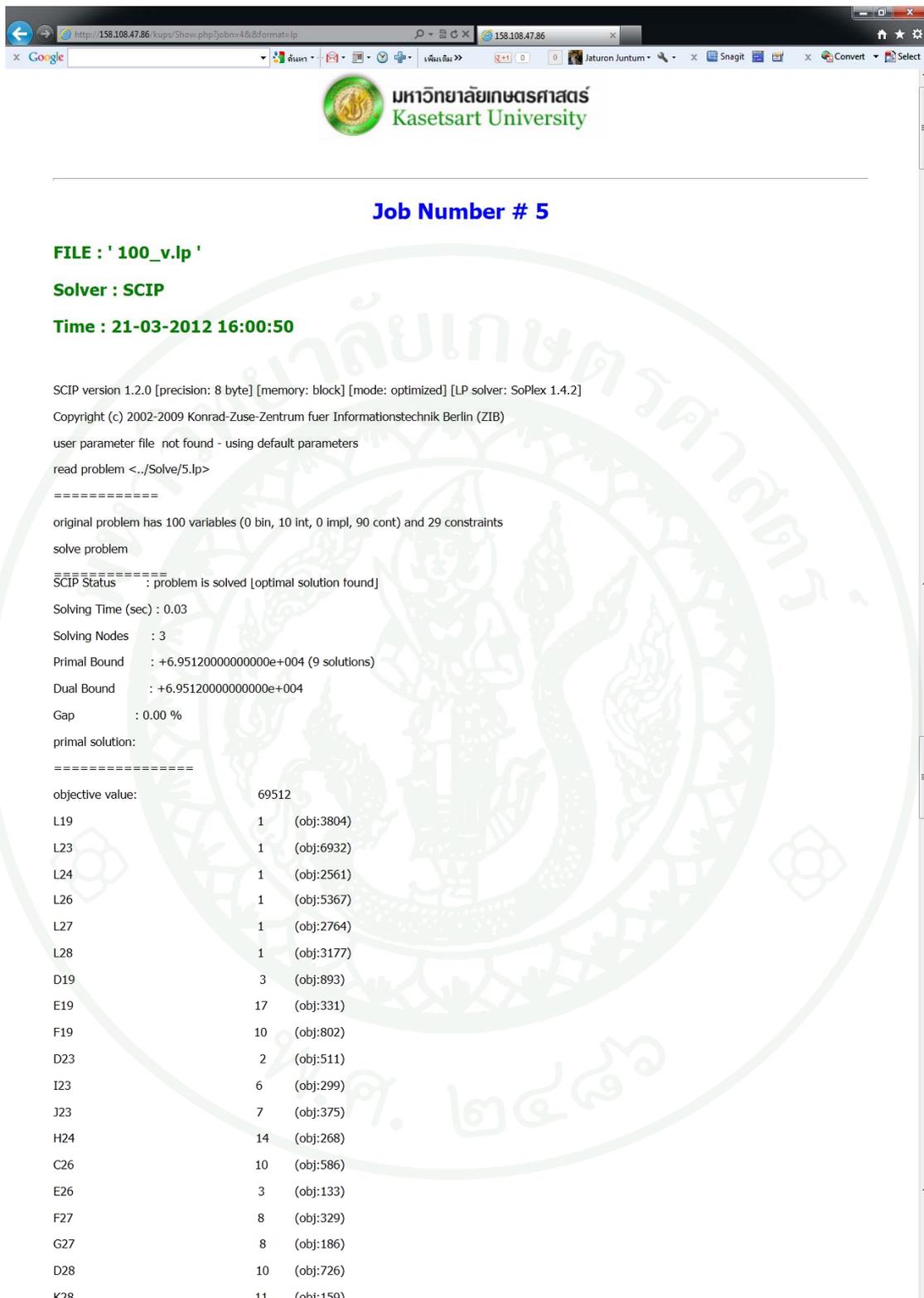
ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาในกรณีศึกษาที่ 1 จำนวน 10 รอบการทำซ้ำ ระหว่างเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิ

## 2.2 กรณีศึกษาที่ 2 ปัญหาการตั้งศูนย์กระจายสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของ ลูกค้า (Facility Located-Unlocated Problem)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าคำตอบจากโจทย์ในกรณีศึกษาที่ 2 โดยการหาคำตอบของทั้งสองวิธี พบว่าผลที่ได้จะเป็นไปในทางเดียวกันกับในกรณีศึกษาที่ 1 คือค่าสมการเป้าหมาย หรือค่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเปิดคลังสินค้า และการส่งสินค้าจากการหาคำตอบของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 10 แต่ตำแหน่งของการเลือกเปิดคลังสินค้า และปริมาณการส่งสินค้าของแต่ละคลังสินค้าจะมีความแตกต่างกัน โดยจะแสดงตัวอย่างหน้าต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องมือฯ ในภาพที่ 20

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมจากการแก้โจทย์ปัญหาในกรณีศึกษาที่ 2 ที่มีขนาดของตัวแปรตัดสินใจตั้งแต่ 10,000 ถึง 100,000 ตัวแปร

จำนวนตัวแปร ตัดสินใจ	ขนาด $m \times n$	ตัวแปรที่ ไม่เป็นศูนย์	ค่าคำตอบ		ผลต่างของ ค่าคำตอบ	% ความ ผิดพลาดของ ค่าคำตอบ
			KUPS	กูโรบิ		
10,000	100 × 100	29800	5.86 E+05	5.86 E+05	0.00 E+00	0.000%
20,000	100 × 200	59800	1.13 E+06	1.13 E+06	0.00 E+00	0.000%
30,000	100 × 300	89800	1.50 E+06	1.50 E+06	0.00 E+00	0.000%
40,000	100 × 400	119800	1.84 E+06	1.84 E+06	-8.50 E+01	-0.005%
50,000	100 × 500	149800	2.25 E+06	2.25 E+06	-1.29 E+02	-0.006%
60,000	100 × 600	179800	2.68 E+06	2.68 E+06	0.00 E+00	0.000%
70,000	100 × 700	209800	3.08 E+06	3.08 E+06	0.00 E+00	0.000%
80,000	100 × 800	239800	3.82 E+06	3.82 E+06	0.00 E+00	0.000%
90,000	100 × 900	269800	3.96 E+06	3.96 E+06	-1.36 E+02	-0.003%
100,000	100 × 1,000	299800	4.35 E+06	4.35 E+06	0.00 E+00	0.000%



**Job Number # 5**

**FILE : ' 100\_v.lp '**

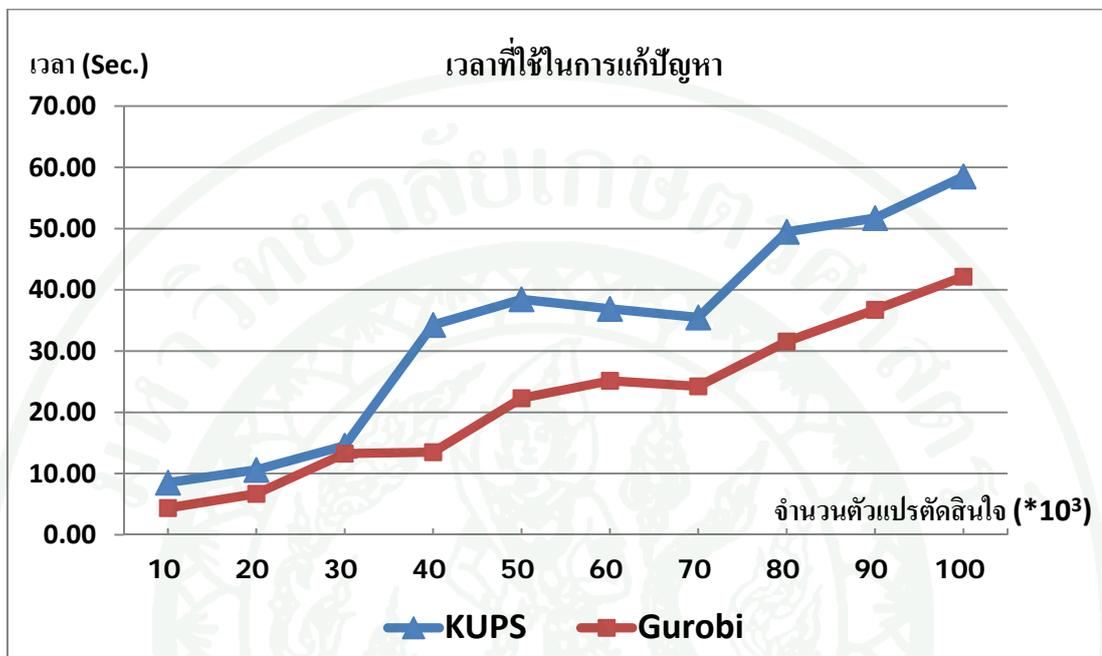
**Solver : SCIP**

**Time : 21-03-2012 16:00:50**

SCIP version 1.2.0 [precision: 8 byte] [memory: block] [mode: optimized] [LP solver: SoPlex 1.4.2]  
 Copyright (c) 2002-2009 Konrad-Zuse-Zentrum fuer Informationstechnik Berlin (ZIB)  
 user parameter file not found - using default parameters  
 read problem <../Solve/5.lp>  
 =====  
 original problem has 100 variables (0 bin, 10 int, 0 impl, 90 cont) and 29 constraints  
 solve problem  
 =====  
 SCIP Status : problem is solved [optimal solution found]  
 Solving Time (sec) : 0.03  
 Solving Nodes : 3  
 Primal Bound : +6.95120000000000e+004 (9 solutions)  
 Dual Bound : +6.95120000000000e+004  
 Gap : 0.00 %  
 primal solution:  
 =====  
 objective value: 69512  
 L19 1 (obj:3804)  
 L23 1 (obj:6932)  
 L24 1 (obj:2561)  
 L26 1 (obj:5367)  
 L27 1 (obj:2764)  
 L28 1 (obj:3177)  
 D19 3 (obj:893)  
 E19 17 (obj:331)  
 F19 10 (obj:802)  
 D23 2 (obj:511)  
 I23 6 (obj:299)  
 J23 7 (obj:375)  
 H24 14 (obj:268)  
 C26 10 (obj:586)  
 E26 3 (obj:133)  
 F27 8 (obj:329)  
 G27 8 (obj:186)  
 D28 10 (obj:726)  
 K28 11 (obi:159)

**ภาพที่ 20** ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลการทำงานของโปรแกรมเปิดคลังสินค้า และปริมาณการตอบสนองต่อลูกค้าในกรณีศึกษาที่ 2 จากการคำนวณด้วยเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

เมื่อพิจารณาในด้านของเวลา จะพบว่า โปรแกรมเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิใช้เวลาเฉลี่ยในการแก้ปัญหาน้อยกว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในทุกๆขนาดของตัวแปรตัดสินใจ และแนวโน้มของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของตัวแปรตัดสินใจเช่นเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาระหว่างเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กซ์เซลโซเวอร์กูโรบิที่มีขนาดตัวแปรตัดสินใจ 10,000 ถึง 100,000 ตัวแปร

## วิจารณ์

พิจารณาผลการทดสอบค่าความถูกต้องของเครื่องมือฯ โดยใช้โจทย์ปัญหามาตรฐาน พบว่า เครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถหาคำคำตอบของปัญหาในรูปแบบสมการเชิงเส้น และสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้อย่างถูกต้องตรงตามคำคำตอบจริงที่ได้อ้างอิงไว้ และคำคำตอบที่ได้ส่วนใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากคำคำตอบจริงไม่เกินร้อยละ 1 ซึ่งถือว่ามีความน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับได้

พิจารณาผลการเปรียบเทียบของเครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นกับ โปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปเอ็กเซลโซเวอร์กูโรบีในการทดสอบด้วยโจทย์ปัญหาจากกรณีศึกษา 2 กรณี พบว่าความถูกต้องของคำคำตอบที่ได้จากเครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้น จะมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับ โปรแกรมเอ็กเซลโซเวอร์กูโรบี และจากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา พบว่าโปรแกรมเอ็กเซลโซเวอร์กูโรบีจะใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่าเครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นอยู่เล็กน้อยในทุกช่วงการทดสอบของทั้งสองกรณีศึกษา โดยแนวโน้มเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหของทั้งสองวิธีจะเป็นไปในทางเดียวกัน จากรายละเอียดดังภาพที่ 19 และ 21 ตามลำดับ

นั่นหมายความว่าเครื่องมือฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพของเครื่องมือช่วยคำนวณอยู่อย่างครบถ้วน ทั้งในด้านความถูกต้องของคำตอบและเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆในการใช้งาน

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือช่วยคำนวณแต่ละชนิด

คุณสมบัติ	KU Portal Solver	เอ็กเซลโซเวอร์กูโรบี	เอ็กเซลโซเวอร์
ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	*ไม่มี	**\$ 7,195	*ไม่มี
ข้อจำกัดของตัวแปรตัดสินใจ	***ขึ้นอยู่กับทรัพยากร	ไม่มี	200 ตัวแปร
ความรู้พื้นฐานในการใช้งาน	Spreadsheet Modeling	Spreadsheet Modeling	Spreadsheet Modeling
เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Sec.) **			
กรณีศึกษา I	2.92	1.02	> 4 Hr
กรณีศึกษา II	34.27	13.50	ไม่สามารถทดสอบได้

หมายเหตุ \* กรณี โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลไม่มีค่าใช้จ่าย  
 \*\* ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์ 40,000 (100 × 400) @ 2.19 GHz, 2.96 GB of RAM T6600 Intel® Core™2 Duo  
 \*\*\* MIPLIB2003: rd-rplusc-21 (ตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์ 852,384) @ 2.19 GHz, 2.96 GB of RAM T6600 Intel® Core™2 Duo

เมื่อพิจารณาคูณสมบัติของเครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับโปรแกรมช่วยคำนวณสำเร็จรูปตัวอื่นๆตามตารางที่ 11 พบว่าเครื่องมือฯนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซื้อโปรแกรมช่วยคำนวณแบบมีลิขสิทธิ์ (Commercial) มาใช้งาน โดยเครื่องมือฯนี้จะไม่มีการจำกัดในเรื่องตัวแปรตัดสินใจเหมือนกับในโปรแกรมแบบทดลองใช้ (Trial Version) ตัวอื่นๆ และยังสามารใช้งานได้ง่ายด้วยการวิธี Spreadsheet Modeling เหมือนกับโปรแกรมช่วยคำนวณตัวอื่นๆที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการนำโปรแกรมช่วยคำนวณแบบเปิดรหัสมาประยุกต์เข้ากับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ได้เครื่องมือที่ให้บริการการหาคำตอบที่ดีที่สุดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ และไม่มีข้อจำกัดในการใช้งาน ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถหาคำตอบได้ทั้งปัญหาคำนวณการเชิงเส้น และกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม โดยผู้ใช้งานจะต้องนำโจทย์ปัญหาตามรูปแบบที่กำหนดอัปโหลดไปยังเว็บเพจเพื่อให้เครื่องมือทำการแก้ปัญหา จากนั้นจะได้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหานั้นออกมา ผู้ใช้งานสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจได้

งานวิจัยนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ศึกษา และผู้ที่ทำงานวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา โดยใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการศึกษา หรือการทำงานวิจัย และงานวิจัยนี้ยังสามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการรายย่อยในภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการในการใช้งาน โปรแกรมช่วยคำนวณแบบเป็นครั้งคราว และไม่บ่อยมากนัก โดยจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อลิขสิทธิ์ของโปรแกรมช่วยคำนวณ ซึ่งมีราคาสูงมาก

## ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงผู้ที่ศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา หรือผู้ที่ทำงานวิจัยเป็นหลัก ดังนั้นการเพิ่มรูปแบบในการแก้ปัญหา เช่น Nonlinear Problem, Mixed Integer Nonlinear Programming และรูปแบบของการเขียนโจทย์ปัญหา เช่น AMPL, GAMS ให้เครื่องมือที่มีความหลากหลาย และครอบคลุมมากยิ่งขึ้น จะถือเป็นการต่อยอดของงานวิจัยนี้ และจะเป็นประโยชน์ต่อคนหมู่มากต่อไป

โปรแกรมช่วยคำนวณทั้งหมดที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซึ่งโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการนี้ส่วนใหญ่จะสามารถรองรับรูปแบบของการเขียนโจทย์ปัญหาได้จำกัด ดังนั้นจึงควรปรับเปลี่ยนระบบปฏิบัติการของเครื่องมือๆ เป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) เพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยนี้อีกทางหนึ่ง และข้อดีอีกข้อหนึ่งของการเพิ่มโปรแกรมช่วยคำนวณคือสามารถเปรียบเทียบค่าคำตอบระหว่างโปรแกรมช่วยคำนวณแต่ละตัวได้ด้วย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Askin R.G., and Standridge C.R. 1993. **MODELING AND MANUFACTURING SYSTEMS**.  
John Wiley & Sons Inc., New York.
- C. Mészáros. 1998. **BPMPD user's manual Version 2.20**. Department of Computing, Imperial  
College, Budapest, Hungary.
- D. Applegate, W. Cook, S. Dash, and M. Mevenkamp. 2003. **QSOPT Reference Manual Version  
1.0**.
- E.D. Dolan, R. Fourer, J.J. More' and T.S. Munson. 2002. The NEOS Server for Optimization  
Version 4 and Beyond. **Mathematics and Computer Science Division**, Illinois, USA,  
Feb. 2002.
- Gurobi Optimization 2010. **Linear Programming format (LP)**.  
Available Source: <http://www.gurobi.com/doc/46/refman/node601.html>,  
April 12, 2010
- J. Czyzyk, M.P. Mesnier and J.J. More'. 1998. The NEOS server, **IEEE Journal on  
Computational Science and Engineering 5(3): 68–75**.
- J. Czyzyk, S. Mehrotra, M. Wagner, and S.J. Wright. 1997. **PCx User Guide (Version 1.1)**.  
OPTIMIZATION TECHNOLOGY CENTER Technical Report OTC 96/01.
- Laundy, R. et.al. 2009. Solving Hard Mixed-Integer Programming Problems with Xpress-MP: A  
MIPLIB 2003 Case Study. **INFORMS Journal on Computing : 1-10**

lp\_solve 5.5.2.0. 2011. **CPLEX lp files.**

Available Source: <http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/CPLEX-format.htm>,  
Jul 29, 2011

lp\_solve 5.5.2.0. 2011. **Manual of lp\_solve 5.5.2.0 program.** Available Source:

<http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/>,  
July 22, 2011

Mixed Integer Problem Library. 2010. **Mathematical Programming System Format (MPS).**

Available Source: [http://miplib.zib.de/miplib3/mps\\_format.txt](http://miplib.zib.de/miplib3/mps_format.txt),  
April 12, 2010

M.C. Ferris, M.P. Mesnier, and J.J. More'. 2000. NEOS and Condor: Solving Optimization Problems Over the Internet. **ACM Transactions on Mathematical Software 26: 1-18.**

NETLIB. 2010. **NETLIB.** Available Source: <http://www.netlib.org/lp/data/readme>,  
April 30, 2010.

Network Enabled Optimization Systems. 2011. **NEOS Server for Optimization Problem.**

Available Source: <http://www.neos-server.org/noes/>,  
April 30, 2010.

P. Valente, G. Mitra, 2005. **The evolution of web-based optimization:  
From ASP to e - Services.**

Tobias Achterberg. 2009. SCIP: solving constraint integer programs. **Springer and  
Mathematical Programming Society (1): 1-41**

T. Achterberg, T. Koch, and A. Martin. MIPLIB 2003, **ZIB-Report 05(28)**, May, 2005



ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**

คู่มือการใช้งานเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

## คู่มือการใช้งานเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

### 1. ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

การใช้งานเครื่องมือฯ จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ตามฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมือฯ โดยจะมีเว็บไซต์เพจหลักของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดดังภาพผนวกที่ ก1

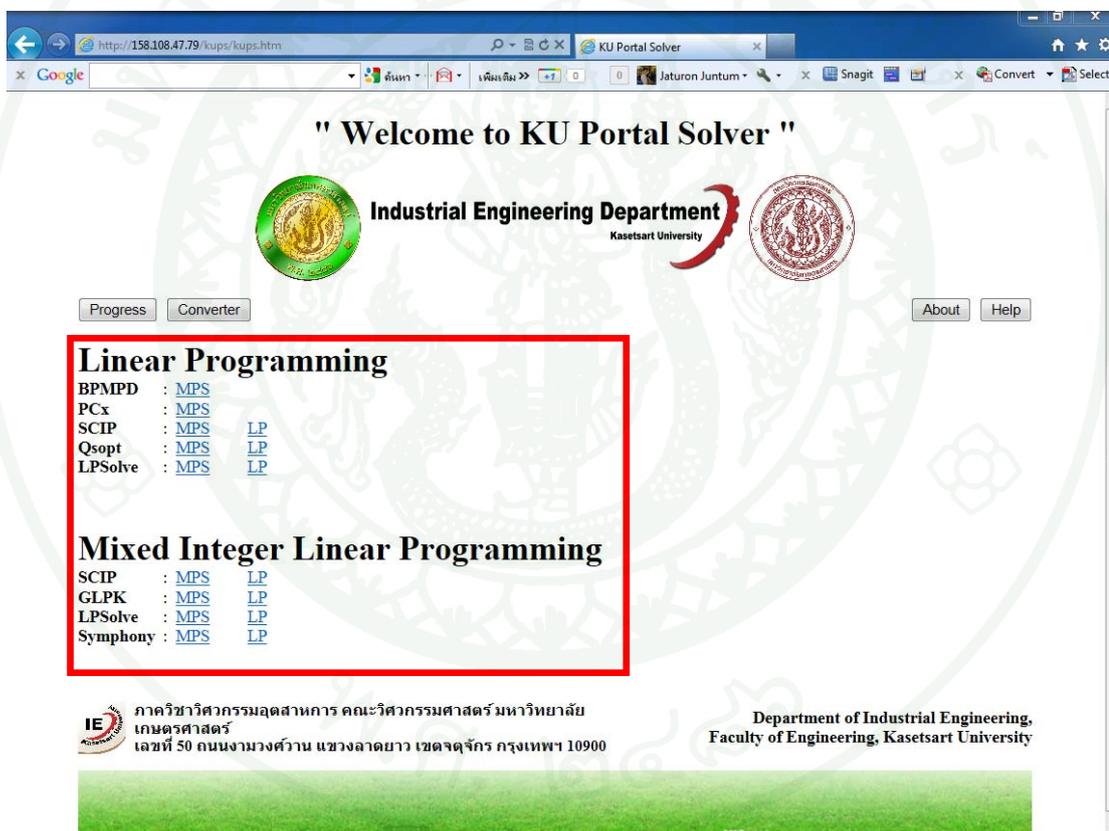


ภาพผนวกที่ ก1 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจหลักของเครื่องมือฯ

### 1.1 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือฯในฟังก์ชันการคำนวณค่าคำตอบที่ดีที่สุด

การทำงานของฟังก์ชันการคำนวณหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด จะทำหน้าที่ในการรับไฟล์โจทย์ปัญหา และเขียนคำสั่งการให้กับโปรแกรมช่วยคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทำการคำนวณหาค่าคำตอบ โดยการใช้งานฟังก์ชันการทำงานในส่วนนี้จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้งานต้องเลือกหน้าเว็บเพจในส่วนของฟังก์ชันการคำนวณค่าคำตอบ โดยเลือกผ่านลิงก์ของโปรแกรมช่วยคำนวณ และรูปแบบของโจทย์ปัญหาที่ต้องการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก2



ภาพผนวกที่ ก2 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงส่วนของฟังก์ชันการคำนวณค่าคำตอบ

2. หน้าเว็บเพจของโปรแกรมช่วยคำนวณในรูปแบบโจทย์ที่ได้เลือกไว้จะปรากฏขึ้น จากนั้นผู้ใช้งานจะต้องกดปุ่ม  ( 1 ) แล้วเลือกไฟล์โจทย์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบที่เลือกไว้ เพื่ออัปโหลดไฟล์โจทย์ปัญหานั้นขึ้นสู่หน้าเว็บเพจ แล้วกดปุ่ม  ( 2 ) จากนั้น

เครื่องมือจะทำการเขียนไฟล์คำสั่งการให้กับโปรแกรมช่วยคำนวณ และสั่งการให้โปรแกรมช่วยคำนวณเริ่มการคำนวณหาคำตอบ โดยมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก3



## SCIP

MPS file :



ภาพผนวกที่ ก3 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการคำนวณหาคำตอบ

3. เมื่อโปรแกรมช่วยคำนวณเริ่มการทำงาน หน้าเว็บเพจจะแสดงรายละเอียดเบื้องต้นของไฟล์โจทย์ปัญหานั้นๆ และแสดงตารางลำดับงานที่กำลังอยู่ในกระบวนการแก้ปัญหาของเครื่องมือฯ โดยมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก4 และตารางผนวกที่ ก1 ตามลำดับ



## SCIP

File 'agg.mps' has Submitted

Job Number : 4

START : 12-03-2012 13:14:55

### JOB Sequence

JOB	Name	Solver	Type	Sub_time
1	KMIE.LP	SCIP	MILP	12-03-2012 12:35:46
2	afiro.mps	bpmpd		12-03-2012 13:10:34
4	agg.mps	SCIP		12-03-2012 13:14:55

ภาพผนวกที่ ก4 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลักษณะของโปรแกรมช่วยคำนวณขณะเริ่มการคำนวณ

ตารางผนวกที่ ก1 ตัวอย่างตารางแสดงลำดับงานที่กำลังอยู่ในกระบวนการแก้ปัญหาของเครื่องมือ

### JOB Sequence

job	File_Name	solver	start
276	Bnd1.mps	Scip	10-01-2012 13:45:67
279	agg.mps	LPsolve	11-01-2012 15:35:99
298	Moment2.lp	Scip	11-01-2012 15:55:76

4. เมื่อเครื่องมือทำการคำนวณจนพบค่าคำตอบที่เหมาะสม เว็บเพจจะแสดงไฟล์คำตอบที่ได้ดังกล่าวออกมาทางหน้าเว็บเพจ โดยที่รายละเอียดของไฟล์คำตอบแต่ไฟล์จะแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมช่วยคำนวณที่เลือกใช้ จะมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก5

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
Kasetsart University

## Scip

**File 'bnl1.mps' has Submitted**  
**Job Number : 721**  
**Time : 10-01-2012 14:58:19**

```

SCIP version 1.2.0 [precision: 0 byte] [memory: block] [mode: optimized] [LP solver: SoPlex 1.4.3]
Copyright (c) 2002-2009 Konrad-Zuse-Zentrum fuer Informationstechnik Berlin (ZIB)
user parameter file not found - using default parameters
read problem <721.mps>
-----
original problem has 1175 variables (0 bin, 0 int, 0 impl, 1175 cont) and 643 constraints
solve problem
-----
presolving:
(round 1) 134 del vars, 170 del cons, 1294 chg bounds, 0 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd cons, 0 impls, 0 clqs
(round 2) 178 del vars, 187 del cons, 1913 chg bounds, 0 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd cons, 0 impls, 0 clqs
(round 3) 178 del vars, 187 del cons, 1931 chg bounds, 1 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd cons, 0 impls, 0 clqs
(round 4) 178 del vars, 187 del cons, 1939 chg bounds, 1 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd cons, 0 impls, 0 clqs
-----
SCIP Status      : problem is solved [optimal solution found]
Solving Time     : 0.19
Original Problem :
Problem name     : DNL1
Variables        : 1175 (0 binary, 0 integer, 0 implicit integer, 1175 continuous)
Constraints      : 643 (643) maximal
Presolved Problem :
Problem name     : t_DNL1
Variables        : 997 (0 binary, 0 integer, 0 implicit integer, 997 continuous)
Constraints      : 455 (455) maximal
Presolvers       :
-----
Presolvers      : Time  FixedVars  AggrVars  ChgTypes  ChgBounds  ActInVals  DelCons  ChgSides  ChgCoeffs
trivial        : 0.00    0      0      0      0      0      0      0      0
dualfix        : 0.00    1      0      0      0      0      0      0      0
boundshift     : 0.00    0      0      0      0      0      0      0      0
intobinary     : 0.00    0      0      0      0      0      0      0      0
impls          : 0.00    0      0      0      0      0      0      0      0
probmg        : 0.00    0      0      0      0      0      0      0      0
linear         : 0.02    62    115    0    1917    0    188    1      0
root node      : 0
-----
Constraints      : Number #Separate #Propagate #Bnfs#P #Bnfs#S Cutoffs DomKnds Cuts Cursr Children
integral        : 0      0      0      1      0      0      0      0      0      0
linear          : 455    1      1      1      0      0      0      0      0      0
countsub        : 0      0      0      1      0      0      0      0      0      0
B&B Tree        :
number of runs  : 1
nodes           : 1
nodes (total)  : 1
nodes left     : 0
max depth      : 0
max depth (total) : 0
backtracks     : 0 (0.0%)
delayed cutoffs : 0
repropagations : 0 (0 domain reductions, 0 cutoffs)
avg switch length : 2.00
switching time : 0.00
Solution        :
Solutions found : 1 (1 improvements)
Primal Bound    : +1.97762956152289e+003 (in run 1, after 1 nodes, 0.19 seconds, depth 0, found by )
Dual Bound      : +1.97762956152289e+003
Gap             : 0.00 %
Root Dual Bound : +1.97762956152289e+003
Solver Time     : 0.788305 Sec.

```

Back Progress

ภาพผนวกที่ 5 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงคำตอบที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมช่วยคำนวณ

## 1.2 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือฯในฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์

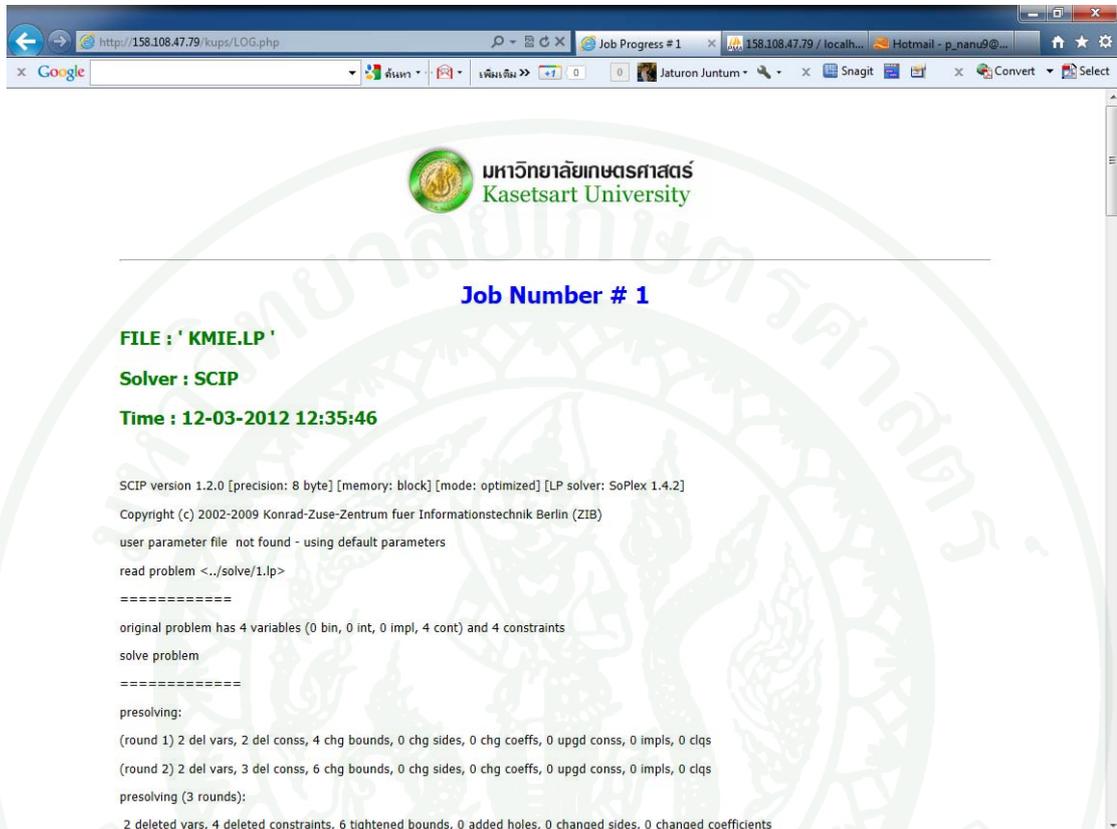
การทำงานของฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์จะทำหน้าที่ในการสืบค้น และแสดงไฟล์ผลลัพธ์ของโจทย์ปัญหาที่ผู้ใช้งานได้ทำการแก้ปัญหาค้างไว้ (โจทย์ปัญหาใช้เวลานานในการหาคำตอบ) โดยใช้เพียงหมายเลขภาระงานของโจทย์ปัญหานั้นๆ โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้งานที่ต้องการเรียกดูผลลัพธ์จากโจทย์ปัญหาที่คำนวณค้างไว้ ต้องเลือกหน้าเว็บเพจในส่วนของฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ โดยการกดปุ่ม **Progress** เพื่อเรียกดูผลลัพธ์จากโจทย์ที่แก้ปัญหาค้างไว้
2. ผู้ใช้งานต้องกรอกหมายเลขภาระงานของโจทย์ที่ต้องการติดตามผลลัพธ์ลงในช่อง “JOB #” (1) จากนั้นกดปุ่ม **Login** (2) เครื่องมือฯจะทำการสืบหาไฟล์ผลลัพธ์ของโจทย์ที่ผู้ใช้ได้ระบุหมายเลขภาระงานไว้จากระบบฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก6



ภาพผนวกที่ ก6 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์

3. เมื่อเครื่องมือฯ สืบหาจนพบไฟล์ผลลัพธ์ของโจทย์ที่ต้องการ เครื่องมือฯ จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากไฟล์ผลลัพธ์ออกมาทางหน้าเว็บเพจ โดยมีรายละเอียดดังภาพผนวกที่ ก7



```

FILE : ' KMIE.LP '
Solver : SCIP
Time : 12-03-2012 12:35:46

SCIP version 1.2.0 [precision: 8 byte] [memory: block] [mode: optimized] [LP solver: SoPlex 1.4.2]
Copyright (c) 2002-2009 Konrad-Zuse-Zentrum fuer Informationstechnik Berlin (ZIB)
user parameter file not found - using default parameters
read problem <../solve/1.lp>
=====
original problem has 4 variables (0 bin, 0 int, 0 impl, 4 cont) and 4 constraints
solve problem
=====
presolving:
(round 1) 2 del vars, 2 del conss, 4 chg bounds, 0 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd conss, 0 impls, 0 clqs
(round 2) 2 del vars, 3 del conss, 6 chg bounds, 0 chg sides, 0 chg coeffs, 0 upgd conss, 0 impls, 0 clqs
presolving (3 rounds):
2 deleted vars, 4 deleted constraints, 6 tightened bounds, 0 added holes, 0 changed sides, 0 changed coefficients

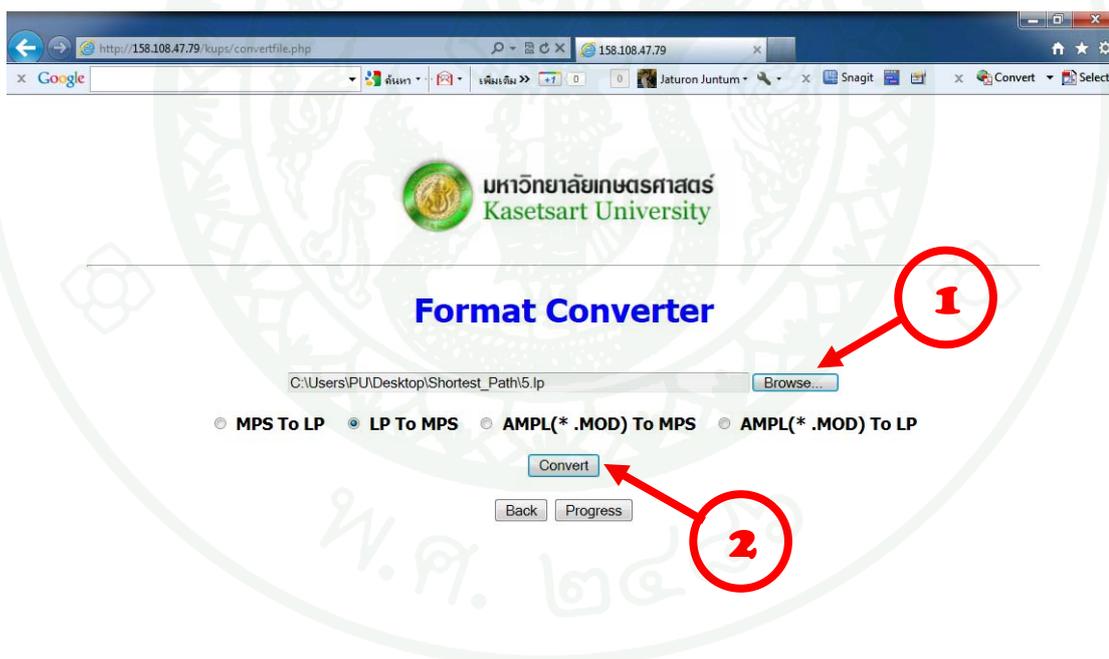
```

ภาพผนวกที่ ก7 ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงผลคำตอบที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันการติดตามผลลัพธ์ของเครื่องมือฯ

### 1.3 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือฯในฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของไฟล์โจทย์ปัญหา

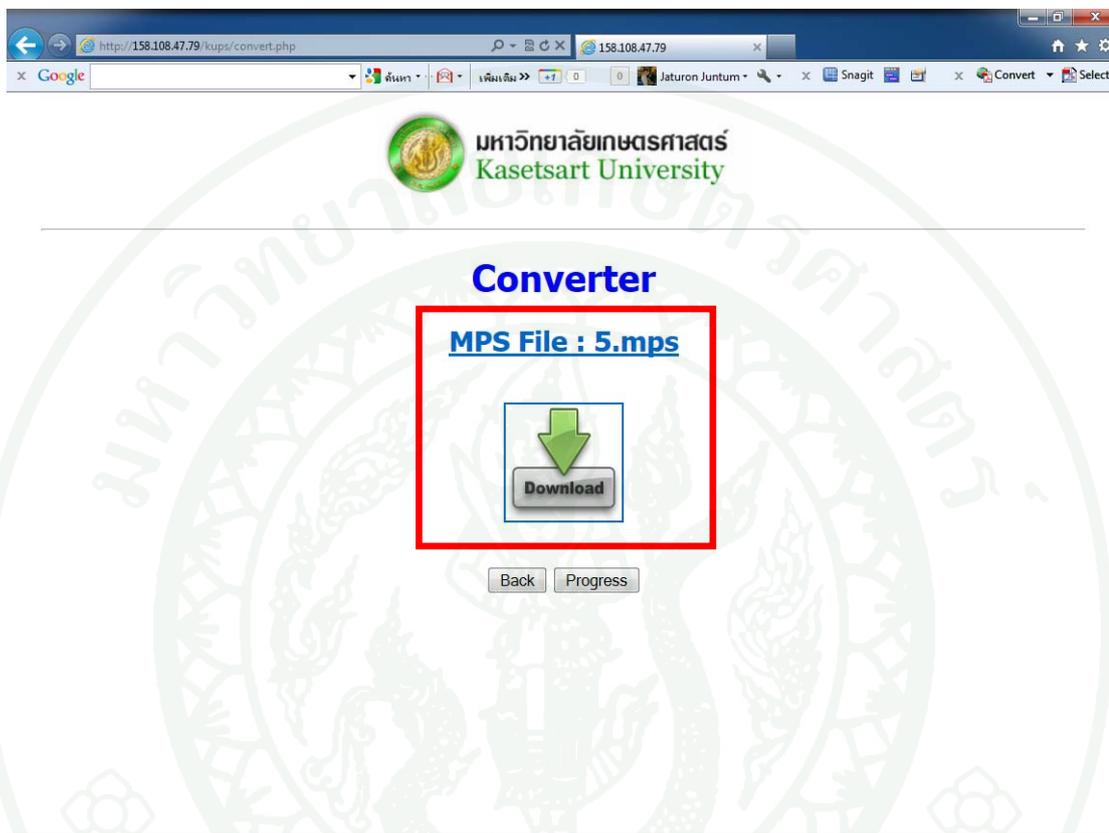
การทำงานของฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของไฟล์โจทย์ปัญหา จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเขียนของไฟล์โจทย์ปัญหาจาก รูปแบบเอ็มพีเอสเป็นรูปแบบแอลพี หรือจากแอลพีเป็นเอ็มพีเอส โดยจะมีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้งานต้องคลิกปุ่ม **Converter** บนหน้าเว็บเพจหลัก เพื่อเข้าไปหน้าเว็บเพจของฟังก์ชันการแปลงรูปแบบของโจทย์ปัญหา
2. ผู้ใช้งานจะต้องคลิกปุ่ม **Browse...** (1) ในหน้าเว็บเพจของฟังก์ชันแล้วเลือกไฟล์โจทย์ที่ต้องการเปลี่ยนแปลง จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกรูปแบบไฟล์ที่ต้องการแปลงแล้วกดปุ่ม **Convert** (2) เพื่อสั่งให้เครื่องมือทำการแปลงไฟล์โจทย์ปัญหา



ภาพผนวกที่ ๘ ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลำดับการใช้งานฟังก์ชันการแปลงรูปแบบไฟล์โจทย์ปัญหา

3. เมื่อเครื่องมือทำการแปลงรูปแบบของไฟล์สำเร็จ หน้าเว็บเพจจะแสดงชื่อพร้อมลิงค์ดาวน์โหลดของไฟล์โจทย์ปัญหานั้นๆ ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดไฟล์โจทย์ปัญหาไปเก็บไว้ได้



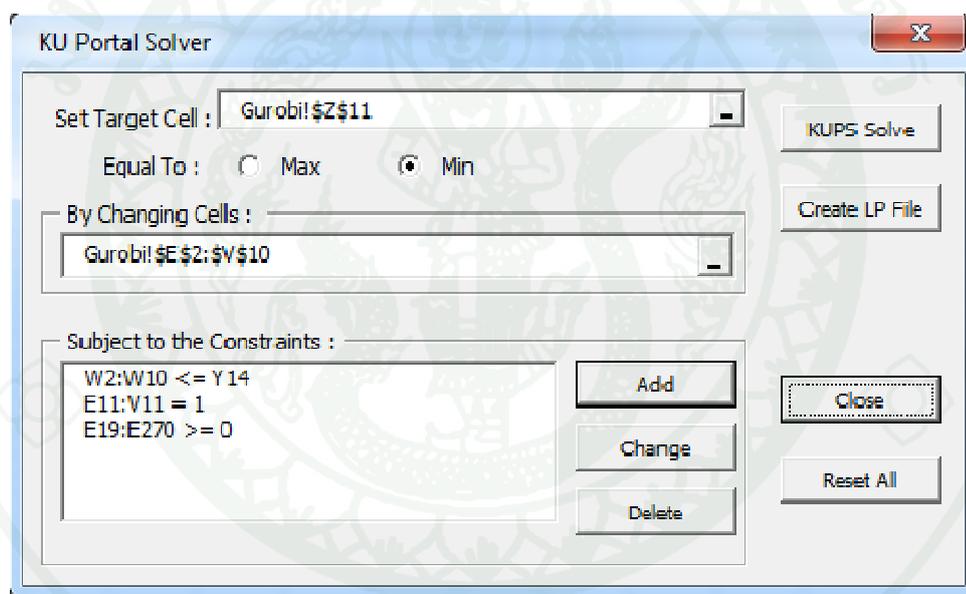
ภาพผนวกที่ ๑๑ ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงลิงค์สำหรับดาวน์โหลดไฟล์ที่ได้จากฟังก์ชันการแปลงรูปแบบไฟล์โจทย์ปัญหา

2. ขั้นตอนการใช้งานส่วนสนับสนุนของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

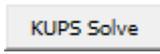
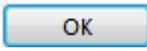
1. หลังจากทำการติดตั้ง Add-In ของส่วนสนับสนุนเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดไฟล์โจทย์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบสเปรดชีต

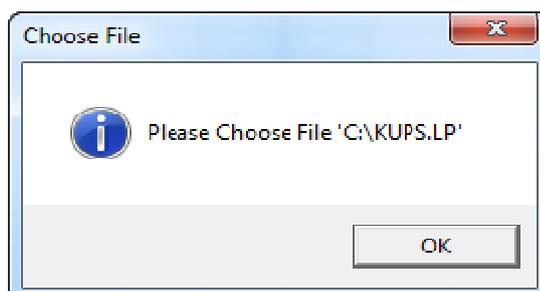
2. คลิกที่ปุ่ม  เพื่อเริ่มการใช้งานส่วนสนับสนุน

3. ทำการเพื่อรายละเอียด และข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหาลงในหน้าต่างของส่วนสนับสนุนดังภาพผนวกที่ ก10



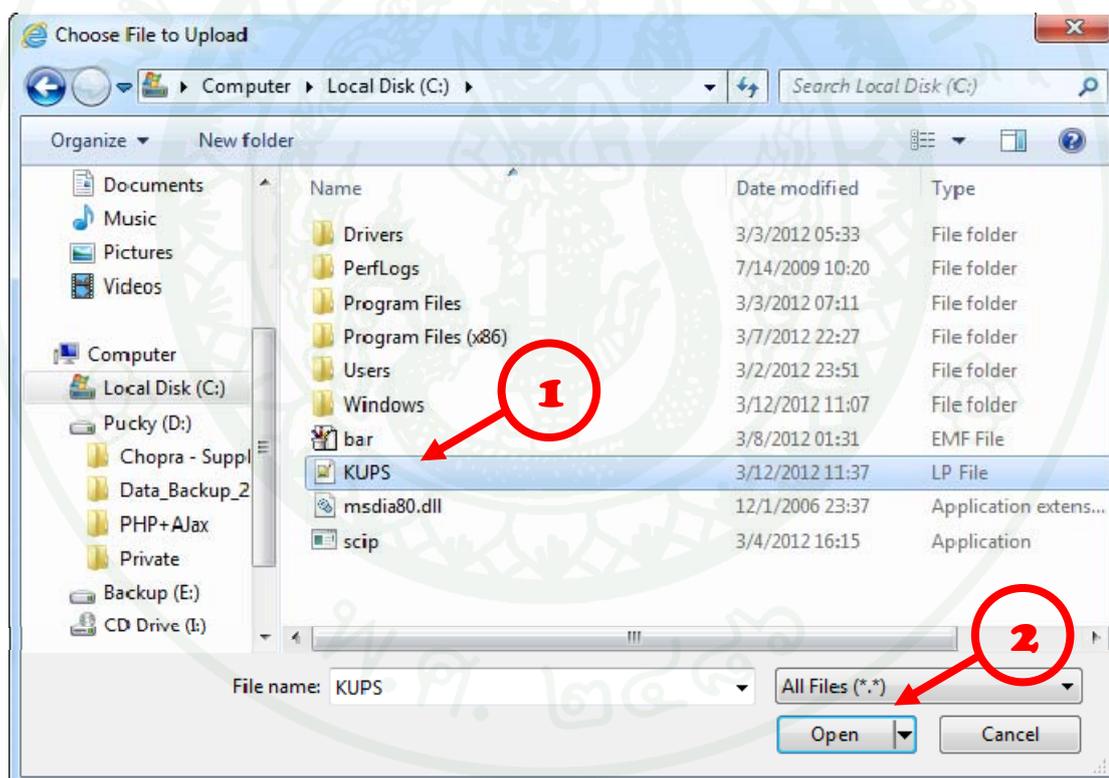
ภาพผนวกที่ ก10 ตัวอย่างการกรอกรายละเอียดต่างๆ ของปัญหาลงในหน้าต่างของส่วนสนับสนุน

4. เมื่อทำการเพิ่มรายละเอียดต่างๆ เรียบร้อยแล้ว คลิกปุ่ม  เพื่อส่งไฟล์ไปแก้ปัญหา จากนั้นจะมีหน้าต่างคำแนะนำปรากฏขึ้น ดังภาพผนวกที่ ก11 ให้เลือกปุ่ม 



ภาพผนวกที่ ก11 ตัวอย่างหน้าต่างที่ปรากฏขึ้นหลังจากคลิกปุ่ม “KUPS Solve”

5. จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างให้เลือกไฟล์ดังภาพผนวกที่ ก12 ให้ผู้ใช้เลือกไฟล์ “C:/KUPS.LP” แล้วเลือกปุ่ม  เครื่องมือจะเริ่มการแก้ปัญหา



ภาพผนวกที่ ก12 ทำการเลือกไฟล์ “ C:/KUPS.LP ”

6. เมื่อทำการแก้ปัญหาเสร็จสิ้นค่าของตัวแปรตัดสินใจ และค่าของสมการเป้าหมายจะปรากฏอยู่ในไฟล์สเปรดชีตของโจทย์ปัญหา

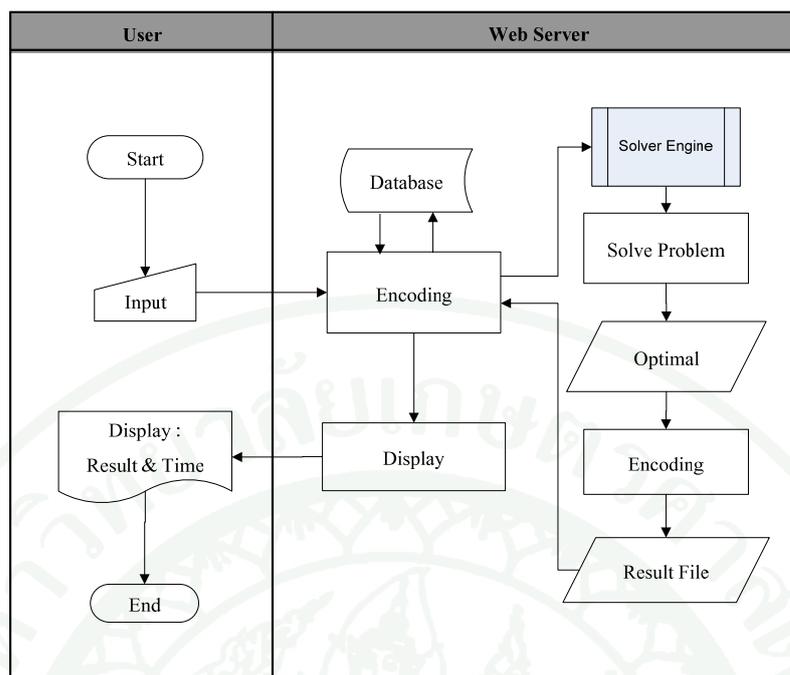
### 3. คู่มือการใช้งานสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาเครื่องมือฯ

1. นำไฟล์โค้ดทั้งหมดของโปรแกรมฯเก็บไว้ในโฟลเดอร์ C:\AppServ\www แต่สำหรับในส่วนของไฟล์โค้ดฐานข้อมูลให้เก็บไว้ในโฟลเดอร์ C:\AppServ\MySQL\data

2. ความรู้พื้นฐานที่ผู้ใช้โปรแกรมฯควรมี คือ การสร้างเซิร์ฟเวอร์จำลอง, ภาษา PHP, MySQL และ HTML โดยเฉพาะภาษา PHP ต้องใช้เขียนคำสั่งการให้กับเครื่องมือช่วยคำนวณ ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหา และใช้เรียกฐานข้อมูลร่วมกับ MySQL ส่วนภาษา HTML จะช่วยในการจัดรูปแบบเพื่อแสดงผลลัพธ์ไปยังทางฝั่งไคลเอนต์

3. ผู้ใช้เครื่องมือฯ สามารถนำเข้าเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาตัวอื่นๆได้ โดยการสร้างไฟล์ขึ้นมาใหม่เพื่อเขียนคำสั่งการให้โปรแกรมนั้นๆ ทำการแก้ปัญหา และเข้าไปแก้ไขที่ไฟล์ KUPS.htm เพื่อเพิ่มลิงก์ของเครื่องมือฯช่วยคำนวณ หรือเพิ่มรูปแบบอื่นๆในการแก้ปัญหา บนหน้าเว็บเพจ

4. เปิดเว็บเบราว์เซอร์โดยป้อนยูอาร์แอลดังนี้ <http://localhost/KUPS/KUPS.htm> จากนั้นหน้าจอจะเป็นโฮมเพจของเครื่องมือฯ ซึ่งสามารถเลือกเครื่องมือช่วยคำนวณ และรูปแบบของไฟล์โจทย์ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้



ภาพผนวกที่ ก13 การไหลของกระบวนการทำงานสำหรับผู้นำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้

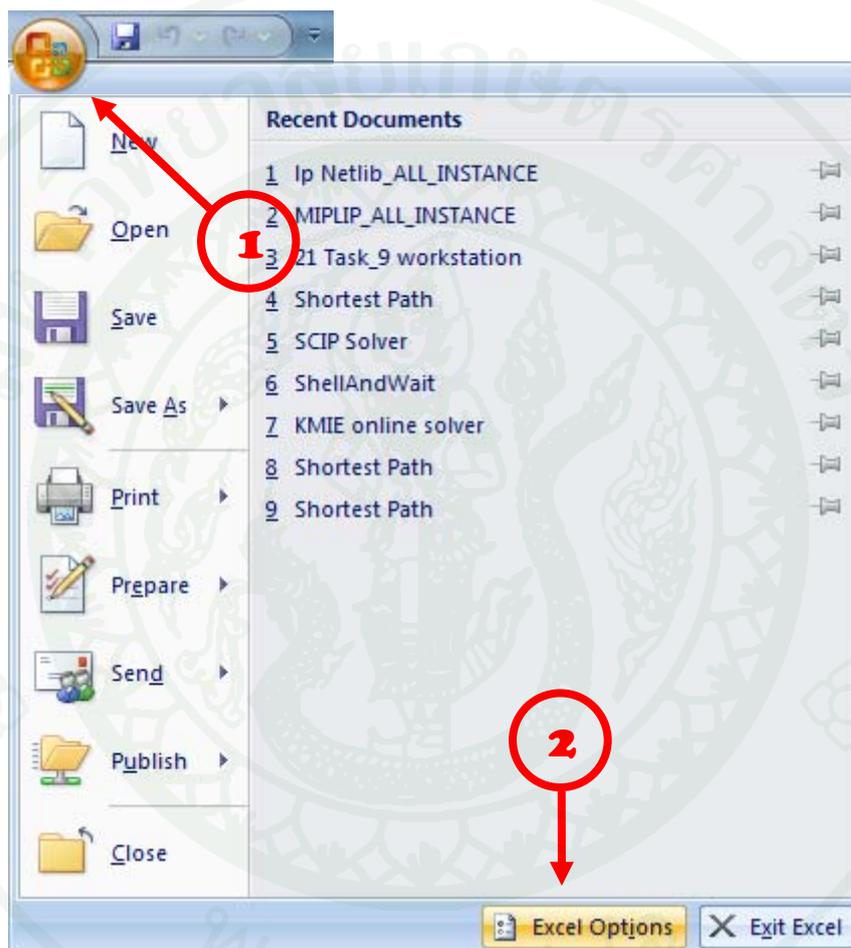


ภาคผนวก ข

คู่มือการติดตั้งส่วนเสริมของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel Add - In)

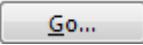
## คู่มือการติดตั้งส่วนเสริมของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel Add - In)

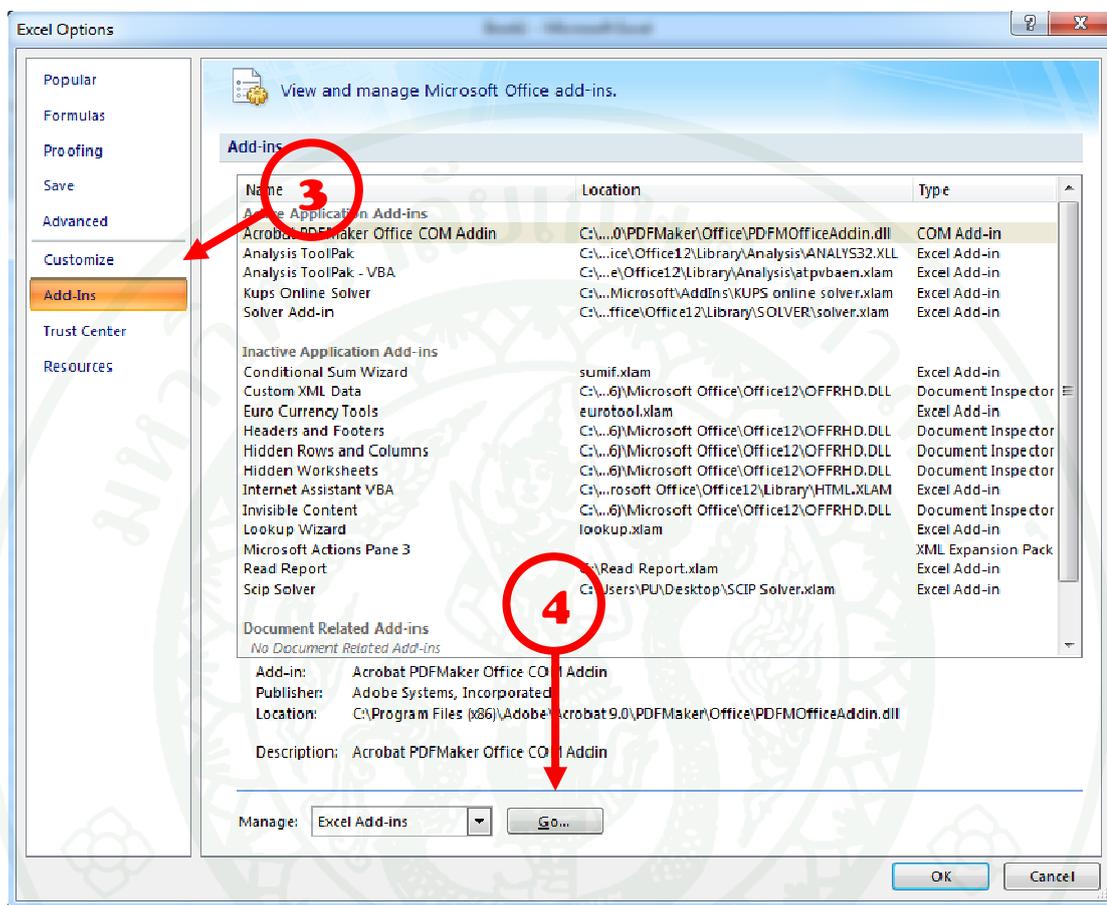
1. คลิกที่ปุ่ม Office  (ปกติจะอยู่ที่มุมบนซ้ายของโปรแกรม)
2. คลิกที่ปุ่ม  ในหน้าต่างของโปรแกรม



ภาพผนวกที่ ข1 การเข้าไปยังหน้าต่าง Excel Options.

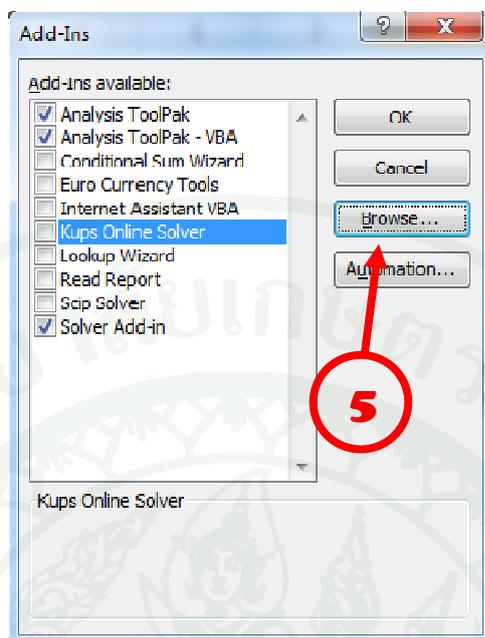
3. คลิกที่รายการ Add-Ins ที่ด้านซ้ายมือ

4. ที่ด้านขวาช่อง Manage ให้เลือก Excel Add-Ins จากนั้นคลิกที่ปุ่ม 

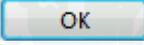


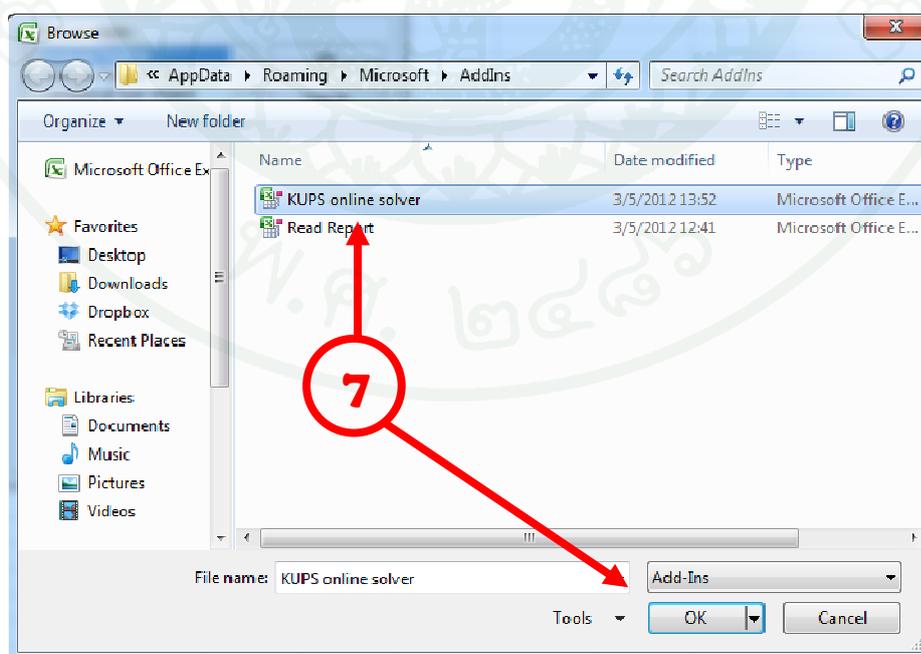
ภาพผนวกที่ ข2 การเข้าไปยังหน้าต่างจัดการ Add-Ins

5. คลิกปุ่ม  เพื่อเลือกไฟล์ Add-In ที่ต้องการเพิ่ม



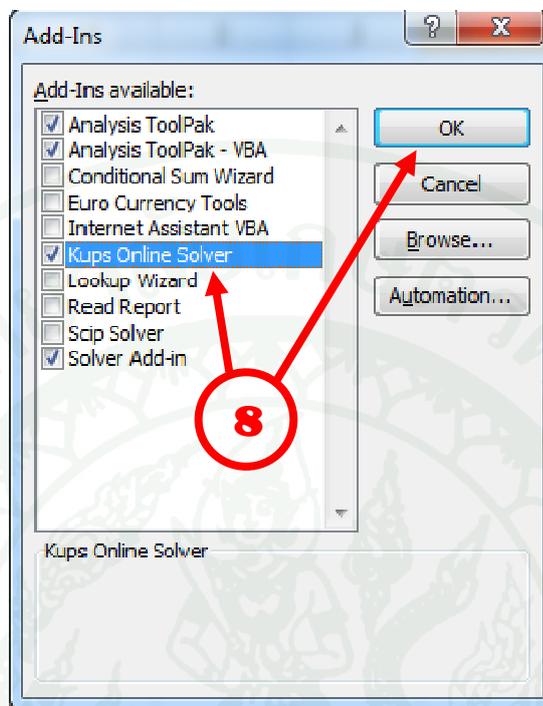
ภาพผนวกที่ ข3 การเพิ่มไฟล์ Add-In ของส่วนสนับสนุน

6. ให้คลิกเลือกไฟล์ Add-In ที่ชื่อ KUPS online solver.xlam ซึ่งเป็น Add-In ที่เป็นส่วนสนับสนุนการใช้งานของเครื่องมือแล้วก็คลิกที่ปุ่ม 



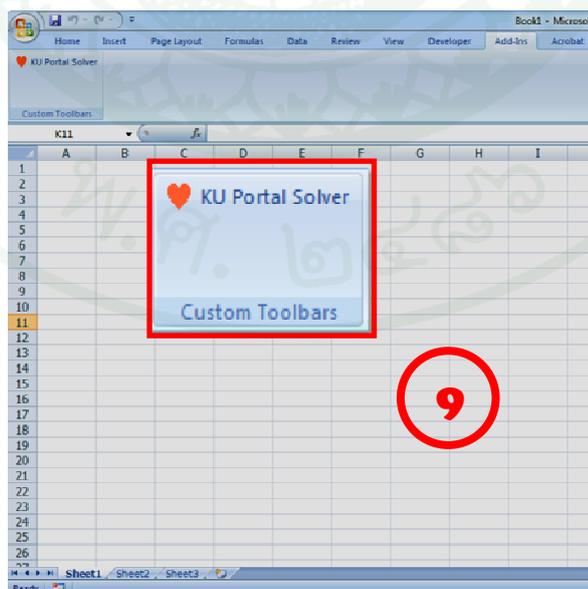
ภาพผนวกที่ ข4 การเลือกไฟล์ Add-In ของส่วนสนับสนุน

7. เราจะเห็นชื่อ Add-In ตัวใหม่เพิ่มขึ้นมาดังภาพผนวกที่ ข5 เมื่อเรากดปุ่ม  การเพิ่ม Add-In ก็เป็นอันเสร็จเรียบร้อย



ภาพผนวกที่ ข5 Add-In ของส่วนสนับสนุนถูกเพิ่มเข้ามาในโปรแกรม

8. เมื่อเพิ่ม Add-In เรียบร้อยก็จะมีแถบเครื่องมือของส่วนสนับสนุนปรากฏดังภาพผนวกที่ ข6



ภาพผนวกที่ ข6 แถบเครื่องมือของส่วนสนับสนุนปรากฏอยู่บนแถบเครื่องมือของโปรแกรม



ภาคผนวก ค

รูปแบบของโจทย์ปัญหาที่ใช้กับเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุด

## รูปแบบของฟอร์มการเขียนโจทย์ที่ใช้กับเครื่องมือแก้ปัญหา

ตัวอย่างสมการของปัญหาการตัดสินใจเชิงเส้น

Minimize or maximize

$$z = X_1 + 2X_5 - X_8$$

Subject to:

$$\begin{aligned}
 2.5 &\leq 3.0 X_1 + X_2 - 2.0 X_4 - X_5 - X_8 \\
 &2.0 X_2 + 1.1 X_3 &&\leq 2.1 \\
 &X_3 + X_6 &&= 4.0 \\
 1.8 &\leq &2.8 X_4 - 1.2 X_7 &\leq 5.0 \\
 3.0 &\leq 5.6 X_1 + X_5 + 1.9 X_8 \leq 15.0
 \end{aligned}$$

ข้อจำกัด :

$$\begin{aligned}
 2.5 &\leq X_1 \\
 0 &\leq X_2 \leq 4.1 \\
 0 &\leq X_3 \\
 0 &\leq X_4 \\
 0.5 &\leq X_5 \leq 4.0 \\
 0 &\leq X_6 \\
 0 &\leq X_7 \\
 0 &\leq X_8 \leq 4.3
 \end{aligned}$$

### 1. เอ็มพีเอส (MPS) : Mathematical Programming System Format

```

1 NAME          Linear Programming Model
2 ROWS
3 N OBJ
4 G ROW01
5 L ROW02
6 E ROW03
7 G ROW04
8 L ROW05
9 COLUMNS
10 *2345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901
11 COL01      OBJ          1.0
12 COL01      ROW01        3.0  ROW05          5.6
13 COL02      ROW01        1.0  ROW02         -2.0
14 COL03      ROW02        1.1  ROW03          1.0
15 COL04      ROW01       -2.0  ROW04          2.8
16 COL05      OBJ          2.0
17 COL05      ROW01       -1.0  ROW05          1.0
18 COL06      ROW03        1.0
19 COL07      ROW04       -1.2
20 COL08      OBJ         -1.0
21 COL08      ROW01       -1.0  ROW05          1.9
22 RHS
23 RHS1      ROW01         2.5
24 RHS1      ROW02         2.1
25 RHS1      ROW03         4.0
26 RHS1      ROW04         1.8
27 RHS1      ROW05        15.0
28 RANGES
29 RNG1      ROW04         3.2
30 RNG1      ROW05        12.0
31 BOUNDS
32 LO BND1   COL01         2.5
33 UP BND1   COL02         4.1
34 LO BND1   COL05         0.5
35 UP BND1   COL05         4.0
36 UP BND1   COL08         4.3
37 ENDDATA
38 *2345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901

```

ภาพผนวกที่ ค1 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนไฟล์สกุลเอ็มพีเอส

เครื่องหมาย และสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนเอ็มพีเอสไฟล์ :

+ หรือ --	เครื่องหมายลักษณะ ( ถ้าไม่ระบุจะเป็นเลขบวก)
ตัวเลข	ส่วนตัวเลขหลัก
“ . ”	จุดทศนิยม (ถ้าไม่มีจุดทศนิยมจะถือเอาตัวหลังจากตัวเลขหลัก)
ส่วนเศษหลัก	จะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งหลัก

แม่แบบต่อไปนี้ใช้เป็นคู่มือต้นแบบในการเขียนไฟล์รูปแบบเอ็มพีเอส :

ตารางผนวกที่ ค1 ขอบเขตของพื้นที่ในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส

ขอบเขตที่ 1	ขอบเขตที่ 2	ขอบเขตที่ 3	ขอบเขตที่ 4	ขอบเขตที่ 5	ขอบเขตที่ 6
คอลัมน์ 2-3	คอลัมน์ 5-12	คอลัมน์ 15-22	คอลัมน์ 25-36	คอลัมน์ 40-47	คอลัมน์ 50-61

1.1 ส่วน ROWS ในแต่ละแถวของ Constraint จะต้องมีประเภท และ ชื่อแถวที่ระบุไว้สำหรับแสดงชนิดแถวเป็นดังนี้

ตารางผนวกที่ ค2 สัญลักษณ์แทนประเภทของข้อจำกัดในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส

สัญลักษณ์	ความหมาย
E	Equality
L	Less than or equal
G	Greater than or equal
N	Objective
N	No restriction

1.2 ส่วน COLUMNS ชื่อของตัวแปรจะถูกกำหนดตามสัมประสิทธิ์ของวัตถุประสงค์ และ ทุกองค์ประกอบข้อจำกัดที่ไม่ใช่ 0 ไม่จำเป็นต้องระบุคอลัมน์สำหรับตัวแปร Slack หรือ ตัวแปร Surplus เช่นนี้ได้รับการดูแล โดยอัตโนมัติ

1.3 ส่วน RHS จะบรรจุข้อมูล สำหรับ Right-Hand Side ของปัญหา

1.4 ส่วน RANGES เป็นการระบุขอบเขตของตัวแปร:  $h \leq$  ข้อจำกัด  $\leq u$   
ช่วงข้อจำกัด คือ  $r = u - h$  ค่า  $r$  จะระบุในส่วนของ RANGES และค่าของ  $u$  หรือ  $h$  จะระบุไว้ในส่วน  
ของ RHS ถ้า  $b$  เป็นค่าที่ป้อนเข้าไปในส่วนของ RHS และ  $r$  เป็นค่าที่ป้อนเข้าไปในส่วนของช่วงนั้น  
 $u$  และ  $h$  จึงมีการกำหนด :

ตารางผนวกที่ ค3 ประเภทการระบุพิสัยของตัวแปรในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส

Row Type	Sign of r	h	u
G	+ or -	b	$b +  r $
L	+ or -	$b -  r $	b
E	+	b	$b +  r $
E	-	$b -  r $	b

1.5 ส่วนของ RANGES และ BOUNDS สามารถใส่ลงใน field 5 และ 6 ได้

พิจารณา 2 ข้อจำกัดต่อไปนี้ :

$$\text{Const1 : } 2x + 3y \leq 6$$

$$\text{Const2 : } 5x + 8y \leq 20$$

สองวิธีที่ใช้ในการใส่ตัวแปร  $x$  ในส่วนของคอลัมน์

1	0	1	2	3	4	5
2						
3	123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456					
4	1. x	const1	2.0		const2	5.0
5						
6	2. x	const1	2.0			
7	x	const2	5.0			
8						

ภาพผนวกที่ ค2 รูปแบบการใส่ตัวแปรในส่วนของคอลัมน์

1.6 ส่วนของ BOUNDS, ขอบเขตของตัวแปรจะถูกระบุไว้ เมื่อขอบเขตไม่ระบุ จะถือว่าขอบเขตเริ่มต้นจะเท่ากับ  $(0 \leq x < \text{infinity})$  รหัสสำหรับระบุชนิดขอบเขตเป็นดังนี้

ตารางผนวกที่ ค4 ประเภทการระบุขอบเขตในการเขียนไฟล์เอ็มพีเอส

สัญลักษณ์	ความหมาย	
LO	lower bound	$b \leq x (< +\text{inf})$
UP	upper bound	$(0 \leq) x \leq b$
FX	fixed variable	$x = b$
FR	free variable	$-\text{inf} < x < +\text{inf}$
MI	lower bound -inf	$-\text{inf} \quad -\text{inf} < x (\leq 0)$
PL	upper bound +inf	$+\text{inf} \quad (0 \leq) x < +\text{inf}$
BV	binary variable	$x = 0 \text{ or } 1$
LI	integer variable	$b \leq x (< +\text{inf})$
UI	integer variable	$(0 \leq) x \leq b$
SC	semi-cont variable	$x = 0 \text{ or } 1 \leq x \leq b$

l is the lower bound on the variable  
If none set then defaults to 1

1.7 ตัวแปรตัดสินใจที่มีคุณสมบัติเป็นจำนวนเต็ม จะต้องใช้เครื่องหมายเพื่อแสดง การเริ่มต้น และจบกลุ่มของตัวแปรจำนวนเต็มต่างๆ เครื่องหมายเริ่มต้นต้องใส่ใน Field 2, 'MARKER' ใส่ใน Field 3 เขต และ 'INTORG' ใส่ใน Field 5 เครื่องหมายเพื่อแสดงการจบต้องใส่ใน Field 2, 'MARKER' ใส่ใน Field 3 เขต และ 'INTORG' ใส่ใน Field 5 เครื่องหมายเหล่านี้ อยู่ใน ส่วนคอลัมน์ เมื่อตัวแปรถูกกำหนดขอบเขตแล้ว ขอบเขตเหล่านี้จะใช้เป็นขอบเขตล่างและขอบเขตบนของตัวแปรจำนวนเต็มต่างๆ และเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนที่อาจเกิดขึ้นได้ แม้ขอบเขตล่างของตัวแปรจะเป็น 0 อยู่แล้ว ในกรณีที่ไม่กำหนดขอบเขตบนจะให้เป็น infinite

แต่อาจจะมีปัญหาการตีความในโปรแกรมแก้ปัญห (Solver) บางตัวคือถ้าไม่มีการกำหนดขอบเขตใดๆของตัวแปรทั้งหมดจะใช้ขอบเขตล่างเป็น 0 และขอบเขตบนเป็น 1 ก็จะได้ถือว่าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปร binary (กรณีอื่นๆ ใช้ 0 เป็นขอบเขตต่ำสุด และ infinite เป็นขอบเขตบน)

## 2. แอลพี (LP) : Linear Programming Format

การเขียนไฟล์โจทย์ปัญหาในรูปแบบแอลพี (LP format) จะเป็นวิธีที่บุคคลธรรมดาทั่วไปสามารถอ่านเข้าใจได้ง่ายกว่าการเขียนไฟล์ในรูปแบบเอ็มพีเอส โดยความกว้างของขอบเขตข้อมูลที่ไม่คงที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อแอลพีไฟล์ และการขึ้นบรรทัดใหม่ กับการเว้นวรรคจะถูกใช้เพื่อแยกแยะตัวแปรและค่าคงที่ต่างๆ

```

1 Minimize
2 OBJ: +COL01 +2 COL05 -COL08
3
4 Subject To
5 ROW01: +3 COL01 +COL02 -2 COL04 -COL05 -COL08 >= 2.5
6 ROW02: +2 COL02 +1.1 COL03 <= 2.1
7 ROW03: +COL03 +COL06 = 4
8 ROW04: +2.8 COL04 -1.2 COL07 >= 1.8
9         +2.8 COL04 -1.2 COL07 <= 5
10 ROW05: +5.6 COL01 +COL05 +1.9 COL08 <= 15
11         +5.6 COL01 +COL05 +1.9 COL08 >= 3
12
13 Bounds
14 COL01 >= 2.5
15 COL02 <= 4.1
16 COL05 >= 0.5
17 COL05 <= 4
18 COL08 <= 4.3
19
20 End

```

### ภาพผนวกที่ ค3 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนไฟล์สกุลแอลพี

ชื่อของตัวแปรถือเป็นสิ่งสำคัญในไฟล์แอลพี ตัวแปรแต่ละตัวจะต้องมีชื่อที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง โดยชื่อที่จะตั้งต้องมีขนาดไม่เกิน 255 ตัวอักษร และเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนไม่ควรเริ่มต้นชื่อตัวแปรด้วยตัวเลข หรือสัญลักษณ์ใด ๆ เช่น +, --, \*, <, >, = หรือ : โดยไฟล์แอลพี จะใช้เครื่องหมาย “/” (Backslash) ในการวางไว้หน้าการเขียนวิจารณ์ (Comment)

โครงสร้างของแอลพีไฟล์จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

## 2.1. ส่วนของวัตถุประสงค์

จะเป็นส่วนแรกในไฟล์ที่ใช้บอกวัตถุประสงค์ของโจทย์ปัญหานั้นๆ ซึ่งวัตถุประสงค์จะมีให้เลือกเขียน 6 แบบ ประกอบไปด้วย : Minimize, Maximize, Minimum, Maximum, min, หรือ max การเขียนวัตถุประสงค์จะเริ่มต้นด้วยชื่อวัตถุประสงค์ ตามด้วยเครื่องหมาย “:” ตามด้วยช่องว่าง (เว้นวรรค) และตามด้วยสมการเชิงเส้นเป้าหมาย ซึ่งการเขียนวัตถุประสงค์สามารถเขียนได้หนึ่งบรรทัด หรือหลายบรรทัดก็ได้

วัตถุประสงค์อาจจะต่อด้วยสมการกำลังสอง โดยส่วนของสมการกำลังสองอาจจะประกอบไปด้วย ส่วนของเลขยกกำลังสอง (เช่น  $2x^2$ ) หรือข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (เช่น  $3xy$ ) ซึ่งทั้งหมดจะต้องอยู่ภายในสัญลักษณ์ “[ - ]” และถ้าไม่มีการกำหนดสมการวัตถุประสงค์ สมการวัตถุประสงค์จะถูกกำหนดให้เป็น 0

ตัวอย่างสมการวัตถุประสงค์จะมีลักษณะดังต่อไปนี้ :

```
1 Minimize
2 obj : 3.1 X + 4.5 Y + 10 Z + [ X ^ 2 + 2 Y * X + 3 Y ^ 2 ] / 2
3
```

ภาพผนวกที่ 4 ตัวอย่างส่วนของวัตถุประสงค์ในแอลพีไฟล์

## 2.2. ส่วนของข้อจำกัด

ส่วนของข้อจำกัดจะเป็นส่วนที่ต่อจากส่วนของวัตถุประสงค์ จะเริ่มต้นด้วยข้อความดังต่อไปนี้ข้อความใดก็ได้ : subject to, such that, st หรือ s.t. ข้อจำกัดสามารถใส่ตัวเลขลำดับของข้อจำกัดแต่ละข้อ โดยการเขียนข้อจำกัดจะเขียนคล้ายกันกับการเขียนวัตถุประสงค์ คือ ชื่อข้อจำกัดตามด้วยเครื่องหมาย “:”, ตามด้วยช่องว่าง (เว้นวรรค) ตามด้วยสมการข้อจำกัด และลงท้ายด้วยตัวดำเนินการเปรียบเทียบ (=, <=, <,>= หรือ > ) ตามด้วยค่าคงที่เป็นตัวเลขและตัวแบ่งบรรทัด

โปรดสังเกตว่ารูปแบบแอลพีจะไม่สามารถแยกแยะระหว่างความไม่เท่ากันแบบเข้มงวด และแบบไม่เข้มงวดได้ เช่น  $<$  และ  $\leq$  จะเทียบเท่ากัน

ตัวอย่างสมการข้อจำกัดมีลักษณะที่ถูกต้องดังต่อไปนี้ :

```
1 c01 : 2.5 X + Y + Z <= 8.1
2 c02 : 2.5 x + 2.3 y + 5.3 z <= 8.1
3
```

ภาพผนวกที่ ค5 ตัวอย่างส่วนของสมการข้อจำกัดในแอลพีไฟล์

\* ไฟล์รูปแบบแอลพีทุกไฟล์ จะต้องมีส่วนของข้อจำกัด

### 2.3. ส่วนของขอบเขต

ส่วนถัดไปจะเป็นส่วนขอบเขต จะเริ่มต้นด้วยข้อความ “ Bounds ” และตามด้วยรายการของขอบเขตตัวแปร โดยแต่ละบรรทัดจะระบุขอบเขตขั้นต่ำสุด ขอบเขตขั้นสูงสุด หรือทั้งสองขอบเขตสำหรับตัวแปรเดียว

“ inf ” หรือ “ infinity ” ใช้ในการระบุขอบเขตที่ไม่มีขั้นสูงสุด “ free ” ใช้ในการระบุขอบเขตที่ไม่มีขั้นสูงสุดไม่ว่าจะเป็นในทิศทางใด

ตัวอย่างขอบเขตของตัวแปรมีลักษณะการเขียนที่ถูกต้องดังต่อไปนี้

```
1 0 <= X0 <= 1
2 X1 <= 1.2
3 X2 >= 3
4 X3 free
5 X2 >= - inf
6
```

ภาพผนวกที่ ค6 ตัวอย่างส่วนของขอบเขตของตัวแปรในแอลพีไฟล์

มันไม่จำเป็นที่จะต้องระบุขอบเขตสำหรับตัวแปรทั้งหมด โดยระบบจะตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรแต่ละตัวไว้ที่ขอบเขตต่ำสุดเท่ากับ 0 และขอบเขตสูงสุดเท่ากับอนันต์

## 2.4. ส่วนประเภทของตัวแปร

ส่วนถัดไปจะเป็นส่วนที่บ่งบอกประเภทของตัวแปร โดยประเภทของตัวแปรทั้งหมดจะมีดังต่อไปนี้ ไบนารี (Binary), จำนวนเต็มทั่วไป (General Integer) หรือแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous)

ตัวอย่างของชนิดตัวแปรมีลักษณะการเขียนที่ถูกต้องดังต่อไปนี้

1	Binary
2	x y z
3	
4	Generals
5	x y z
6	

**ภาพผนวกที่ ๗** ตัวอย่างส่วนของชนิดตัวแปรในแอลพีไฟล์

การกำหนดชนิดตัวแปรไม่จำเป็นต้องปรากฏตามลำดับใด ๆ (เช่น จำนวนเต็มทั่วไปสามารถนำหน้า หรือตามหลังไบนารี) ถ้าตัวแปรหนึ่งตัวถูกกำหนดให้มีหลายๆ ชนิดตัวแปร ตัวแปรตัวนั้นจะเป็นไปตามชนิดของตัวแปรล่าสุดที่ถูกกำหนดให้ คำหลักที่ถูกต้องสำหรับบ่งบอกชนิดของตัวแปร : binary, binaries, bin, generals, gen, semi-continuous, semis หรือ semi ถ้าไม่มีการกำหนดค่าในส่วนนี้ให้กับตัวแปร ระบบจะตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรเป็นตัวแปรต่อเนื่อง

## 2.5. ส่วนสุดท้าย

แสดงการสิ้นสุดของไฟล์ด้วยข้อความ “End” ที่ตำแหน่งบรรทัดสุดท้ายของแอลพีไฟล์



ภาคผนวก ง

รายละเอียดเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของโปรแกรมช่วยคำนวณ

ตารางผนวกที่ ๑1 เวลาที่ใช้ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการแก้ปัญหาของโจทย์ปัญหาเชิงเส้นชุด Netlib

No.	Name	Objective Value	hpmpd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error
1	ADLITTLE	2.26E+05	0.189	0.00%	0.1469	0.00%	0.4322	0.00%	0.629	0.00%	0.0546	0.00%	0.1075	0.00%
2	AFIRO	-4.65E+02	0.0825	0.00%	0.0654	0.00%	0.102	0.00%	0.0948	0.00%	0.0475	0.00%	0.0656	0.00%
3	AGG	-3.60E+07	0.0792	0.00%	0.1305	0.00%	0.1236	0.00%	0.1273	0.00%	0.0691	0.00%	0.0982	0.00%
4	AGG2	-2.02E+07	0.1646	0.00%	0.1911	0.00%	0.1476	0.00%	0.148	0.00%	0.0885	0.00%	0.1101	0.00%
5	AGG3	1.03E+07	0.1206	0.00%	0.2204	0.00%	0.1671	0.00%	0.1869	0.00%	0.0849	0.00%	0.0738	0.00%
6	BANDM	-1.59E+02	0.1343	0.00%	0.1046	0.00%	0.2468	0.00%	0.1765	0.00%	0.1381	0.00%	0.1435	0.00%
7	BEACONFD	3.36E+04	0.0875	0.00%	0.0837	0.00%	0.1216	0.00%	0.1601	0.00%	0.063	0.00%	0.093	0.00%
8	BLEND	-3.08E+01	0.0484	0.00%	0.0745	0.00%	0.1134	0.00%	0.1205	0.00%	0.0556	0.00%	0.1022	0.00%
9	BOEING1	-3.35E+02	0.0924	0.00%	0.108	0.00%	0.1822	0.00%	0.2021	0.00%	0.1174	0.00%	0.1245	0.00%
10	BOEING2	-3.15E+02	0.055	0.00%	0.0861	0.00%	0.0892	0.00%	0.1415	0.00%	0.0557	0.00%	0.0901	0.00%
11	BORE3D	1.37E+03	0.0797	0.00%	0.0781	0.00%	0.1135	0.00%	0.0975	0.00%	0.0651	0.00%	0.0788	0.00%
12	BRANDY	1.52E+03	0.1099	0.00%	0.0995	0.00%	0.1515	0.00%	0.1598	0.00%	0.1037	0.00%	0.1408	0.00%
13	CAPRI	2.69E+03	0.1153	0.00%	0.1067	0.00%	0.1081	0.00%	0.143	0.00%	0.0931	0.00%	0.1	0.00%
14	E226	-1.88E+01	-	-	-	-	0.1506	0.00%	0.1718	0.00%	0.1054	0.00%	0.1106	0.00%
15	FORPLAN	-6.64E+02	0.0742	0.00%	0.113	0.00%	0.3958	0.00%	0.1954	0.00%	0.1667	0.00%	0.132	0.00%
16	GROW7	-4.78E+07	0.0653	0.00%	0.0827	0.00%	0.316	0.00%	0.2151	0.00%	0.1007	0.00%	0.1198	0.00%
17	ISRAEL	-8.97E+05	0.0888	0.00%	0.1516	0.00%	0.1334	0.00%	0.1418	0.00%	0.0766	0.00%	0.0947	0.00%

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

No.	Name	Objective Value	hpmpd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error
18	KB2	-1.75E+03	0.0726	0.00%	0.0653	0.00%	0.0936	0.00%	0.1093	0.00%	0.0451	0.00%	0.0653	0.00%
19	LOTFI	-2.53E+01	0.1117	0.00%	0.0831	0.00%	0.1695	0.00%	0.1259	0.00%	0.0581	0.00%	0.0896	0.00%
20	RECIPE	-2.67E+02	0.0508	0.00%	0.0947	0.00%	0.0924	0.00%	0.1247	0.00%	0.0518	0.00%	0.072	0.00%
21	SC105	-5.22E+01	0.079	0.00%	0.0778	0.00%	0.0996	0.00%	0.0981	0.00%	0.0542	0.00%	0.0685	0.00%
22	SC205	-5.22E+01	0.0504	0.00%	0.0706	0.00%	0.1446	0.00%	0.1204	0.00%	0.0715	0.00%	0.095	0.00%
23	SC50A	-6.46E+01	0.0439	0.00%	0.1041	0.00%	0.1111	0.00%	0.1089	0.00%	0.0459	0.00%	0.0646	0.00%
24	SC50B	-7.00E+01	0.0681	0.00%	0.0636	0.00%	0.1012	0.00%	0.0987	0.00%	0.0488	0.00%	0.0653	0.00%
25	SCAGR7	-2.33E+06	0.0766	0.00%	0.0749	0.00%	0.1269	0.00%	0.1142	0.00%	0.0533	0.00%	0.0899	0.00%
26	SCFXM1	1.84E+04	0.1136	0.00%	0.1075	0.00%	0.167	0.00%	0.1696	0.00%	0.0966	0.00%	0.1327	0.00%
27	SCORPION	1.88E+03	0.0798	0.00%	0.0839	0.00%	0.1775	0.00%	0.1724	0.00%	0.0802	0.00%	0.0942	0.00%
28	SCTAP1	1.41E+03	0.0497	0.00%	0.092	0.00%	0.1568	0.00%	0.1422	0.00%	0.0686	0.00%	0.0855	0.00%
29	SHARE1B	-7.66E+04	0.0953	0.00%	0.1146	0.00%	0.1456	0.00%	0.1254	0.00%	0.0617	0.00%	0.089	0.00%
30	SHARE2B	-4.16E+02	0.0734	0.00%	0.0739	0.00%	0.1112	0.00%	0.1213	0.00%	0.0494	0.00%	0.0694	0.00%
31	STAIR	-2.51E+02	0.0898	0.00%	0.1383	0.00%	0.228	0.00%	0.2173	0.00%	0.3696	0.00%	0.3166	0.00%
32	STOCFOR1	-4.11E+04	0.0519	0.00%	0.0701	0.00%	0.1016	0.00%	0.1099	0.00%	0.0646	0.00%	0.0724	0.00%
33	VTP.BASE	1.30E+05	0.0781	0.00%	0.0679	0.00%	0.1358	0.00%	0.1247	0.00%	0.0491	0.00%	0.0855	0.00%
34	25FV47	5.50E+03	0.2224	0.00%	0.3975	0.00%	0.8865	0.00%	1.0702	0.00%	2.1468	0.00%	1.8183	0.00%

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

No.	Name	Objective Value	bpmpd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error
35	BNL1	1.98E+03	0.1669	0.00%	0.2801	0.00%	0.3568	0.00%	0.354	0.00%	0.5037	0.00%	0.5261	0.00%
36	DEGEN2	-1.44E+03	0.0871	0.00%	0.1367	0.00%	0.233	0.00%	0.221	0.00%	0.2638	0.00%	0.2694	0.00%
37	DEGEN3	-9.87E+02	0.5846	0.00%	1.4165	0.00%	1.2557	0.00%	1.2741	0.00%	3.7637	0.00%	2.9764	0.00%
38	ETAMACRO	-7.56E+02	0.0784	0.00%	0.1369	0.00%	0.2445	0.00%	0.204	0.00%	0.1205	0.00%	0.1476	0.00%
39	FFFFFF800	5.56E+05	0.1218	0.00%	0.1574	0.00%	0.2147	0.00%	0.221	0.00%	0.1935	0.00%	0.1926	0.00%
40	FINNIS	1.73E+05	0.0645	0.00%	0.12	0.00%	0.1777	0.00%	0.189	0.00%	0.1057	0.00%	0.1262	0.00%
41	FIT1D	-9.15E+03	0.1072	0.00%	0.1437	0.00%	0.2992	0.00%	0.3171	0.00%	0.408	0.00%	0.3629	0.00%
42	FIT1P	9.15E+03	0.0968	0.00%	0.1581	0.00%	0.3846	0.00%	0.4629	0.00%	0.5724	0.00%	0.5822	0.00%
43	GANGES	-1.10E+05	0.0931	0.00%	0.2936	0.00%	0.2747	0.00%	0.3123	0.00%	0.2785	0.00%	0.2559	0.00%
44	GFRD-PNC	6.90E+06	0.1184	0.00%	0.1238	0.00%	0.1743	0.00%	0.1972	0.00%	0.1559	0.00%	0.1278	0.00%
45	GROW15	-1.07E+08	0.1153	0.00%	0.1348	0.00%	0.5647	0.00%	0.4912	0.00%	0.3132	0.00%	0.3108	0.00%
46	GROW22	-1.61E+08	0.1111	0.00%	0.1555	0.00%	0.8455	0.00%	1.0158	0.00%	0.5523	0.00%	0.5277	0.00%
47	MAROS	-5.81E+04	0.1115	0.00%	0.1665	0.00%	0.3999	0.00%	0.4716	0.00%	0.7905	0.00%	0.6153	0.00%
48	MODSZK1	3.21E+02	0.1567	0.00%	0.2265	0.00%	0.3243	0.00%	0.3362	0.02%	0.5373	0.00%	0.4707	0.02%
49	PEROLD	-9.38E+03	0.1819	0.00%	0.2703	0.00%	0.6383	0.00%	0.6828	0.00%	1.4584	0.00%	1.2133	0.00%
50	PILOT.JA	-6.11E+03	0.2368	0.00%	0.6554	0.00%	0.9038	0.00%	0.9391	0.00%	3.5189	0.00%	3.1014	0.00%
51	PILOT4	-2.58E+03	0.1447	0.00%	0.2794	0.00%	0.4268	0.00%	0.4511	0.00%	0.5777	0.00%	0.5696	0.00%

ตารางผนวกที่ ๓1 (ต่อ)

No.	Name	Objective Value	bpmpd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error
52	QAP8	2.04E+02	0.4054	0.00%	1.3889	0.00%	2.0961	0.00%	2.1705	0.00%	8.8101	0.00%	8.8773	0.00%
53	SCAGR25	-1.48E+07	0.0927	0.00%	0.1056	0.00%	0.15	0.00%	0.1793	0.00%	0.1368	0.00%	0.1552	0.00%
54	SCFXM2	3.67E+04	0.0834	0.00%	0.1288	0.00%	0.256	0.00%	0.2774	0.00%	0.1903	0.00%	0.1661	0.00%
55	SCFXM3	5.49E+04	0.1379	0.00%	0.2029	0.00%	0.3429	0.00%	0.3861	0.00%	0.2944	0.00%	0.3067	0.00%
56	SCRS8	9.04E+02	-	-	0.1763	0.00%	0.2064	0.00%	0.2267	0.00%	0.2061	0.00%	0.2243	0.00%
57	SCSD1	8.67E+00	0.0564	0.00%	0.0936	0.00%	0.1439	0.00%	0.1447	0.00%	0.0695	0.00%	0.0838	0.00%
58	SCSD6	5.05E+01	0.0981	0.00%	0.1101	0.00%	0.1865	0.00%	0.2192	0.00%	0.1237	0.00%	0.1571	0.00%
59	SCTAP2	1.73E+03	0.1414	0.00%	0.1483	0.00%	0.3033	0.00%	0.3311	0.00%	0.1244	0.00%	0.1244	0.00%
60	SEBA	1.57E+04	0.0719	0.00%	0.5378	0.00%	0.171	0.00%	0.1942	0.00%	0.0828	0.00%	0.0775	0.00%
61	SHELL	1.21E+09	0.0736	0.00%	0.1193	0.00%	0.197	0.00%	0.2017	0.00%	0.1397	0.00%	0.1515	0.00%
62	SHIP04S	1.80E+06	0.1056	0.00%	0.098	0.00%	0.1764	0.00%	0.1995	0.00%	0.098	0.00%	0.1089	0.00%
63	STANDATA	1.26E+03	0.0964	0.00%	0.1154	0.00%	0.1576	0.00%	0.1847	0.00%	0.0654	0.00%	0.0923	0.00%
64	STANDGUB	1.26E+03	0.0936	0.00%	0.1056	0.00%	0.1586	0.00%	0.1652	0.00%	0.0654	0.00%	0.0827	0.00%
65	STANDMPS	1.41E+03	0.0707	0.00%	0.1718	0.00%	0.1626	0.00%	0.189	0.00%	0.0972	0.00%	0.132	0.00%
66	TUFF	2.92E-01	0.0672	0.00%	0.1238	0.00%	0.1762	0.00%	0.2014	0.00%	0.1233	0.00%	0.1475	0.00%
67	80BAU3B	9.87E+05	0.6717	0.00%	0.7268	0.00%	2.3216	0.00%	1.7685	0.00%	2.3983	0.00%	1.917	0.00%
68	BNL2	1.81E+03	0.4469	0.02%	1.2811	0.00%	0.6875	0.00%	0.7617	0.00%	2.287	0.00%	2.3064	0.00%

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

No.	Name	Objective Value	hpmpd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error								
69	CYCLE	-5.23E+00	0.2693	0.00%	0.4831	0.00%	0.5393	0.00%	0.8585	0.00%	0.3426	0.00%	0.6046	0.00%
70	CZPROB	2.19E+06	0.1454	0.00%	0.1738	0.00%	0.5051	0.00%	0.5249	0.00%	0.594	0.00%	0.5285	0.00%
71	D2Q06C	1.23E+05	0.5441	0.00%	1.9295	0.00%	8.0151	0.00%	7.9116	0.00%	19.84	0.00%	17.4357	0.00%
72	D6CUBE	3.16E+02	0.3464	0.00%	0.7451	0.00%	1.0344	0.00%	1.0742	0.00%	3.0683	0.00%	34.4108	0.00%
73	DFL001**	1.13E+07	8.9968	0.00%	151.048	0.00%	88.0212	0.00%	85.1212	0.00%	353.492	0.00%	273.494	0.00%
74	FIT2D	-6.85E+04	0.6685	0.00%	0.8364	0.00%	5.2097	0.00%	5.7568	0.00%	39.7641	0.00%	33.4217	0.00%
75	FIT2P	6.85E+04	0.4661	0.00%	0.595	0.00%	7.8778	0.00%	8.0916	0.00%	34.3096	0.00%	23.7416	0.00%
76	GREENBEA	-7.25E+07	0.4219	0.13%	0.7812	0.13%	5.2997	0.13%	8.841	0.13%	16.8267	0.13%	11.9208	0.13%
77	GREENBEB	-4.30E+06	0.3528	0.00%	0.6416	0.00%	4.0377	0.00%	4.4592	0.00%	8.8723	0.00%	9.1829	0.00%
78	MAROS-R7	1.50E+06	2.1608	0.00%	6.6447	0.00%	4.2235	0.00%	4.8420	0.00%	22.2711	0.00%	18.7402	0.00%
79	NESM	1.41E+07	0.2116	0.00%	0.3112	0.00%	0.7526	0.00%	0.8098	0.00%	1.1431	0.00%	0.9548	0.00%
80	PILOT	-5.57E+02	1.4810	0.02%	0.2911	0.02%	4.5830	0.02%	4.5801	0.03%	23.6229	0.02%	21.568	0.02%
81	PILOT.WE	-2.72E+06	0.1544	0.00%	14.1531	0.00%	0.9064	0.00%	0.947	0.00%	1.8259	0.00%	1.7468	0.00%
82	PILOT87	3.02E+02	3.1422	0.00%	0.3680	0.00%	-	-	-	-	64.9134	0.00%	61.2727	0.00%
83	PILOTNOV	-4.50E+03	0.1952	0.00%	4.6222	0.00%	0.5591	0.00%	0.6169	0.00%	1.9236	0.00%	1.6097	0.00%
84	QAP12	5.23E+02	8.2031	0.00%	112.09	0.00%	1060.93	0.00%	688.237	0.00%	972.67	0.00%	1490.72	0.00%
85	QAP15	1.04E+03	54.6900	0.00%	1873.25	0.00%	59527.9	0.00%	49844	0.00%	21849.4	0.00%	25485.1	0.00%

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Name	Objective Value	bpmptd		PCx		SCIP		SCIP LP		Qsopt		Qsopt LP	
			Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error	Time*	Error
86	SCSD8	9.05E+02	0.1740	0.00%	0.1566	0.00%	0.5552	0.00%	0.4582	0.00%	0.4464	0.00%	1.2479	0.00%
87	SCTAP3	1.42E+03	0.1546	0.00%	0.2713	0.00%	0.4757	0.00%	0.4486	0.00%	0.1411	0.00%	0.1347	0.00%
88	SHIP04L	1.79E+06	0.1189	0.00%	0.1441	0.00%	0.2209	0.00%	0.2331	0.00%	0.208	0.00%	0.3736	0.00%
89	SHIP08L	1.91E+06	0.1554	0.00%	0.1642	0.00%	0.4124	0.00%	0.4002	0.00%	0.3075	0.00%	0.6243	0.00%
90	SHIP08S	1.92E+06	0.0765	0.00%	0.1014	0.00%	0.2432	0.00%	0.2565	0.00%	0.2345	0.00%	0.4831	0.00%
91	SHIP12L	1.47E+06	0.1530	0.00%	0.1884	0.00%	0.5005	0.00%	0.5198	0.00%	0.4094	0.00%	0.9211	0.00%
92	SHIP12S	1.49E+06	0.1475	0.00%	0.1262	0.00%	0.272	0.00%	0.3029	0.00%	0.341	0.00%	0.6087	0.00%
93	SIERRA	1.54E+07	0.1655	0.00%	0.1921	0.00%	0.3181	0.00%	0.332	0.00%	0.2764	0.00%	0.1374	0.00%
94	STOCFOR2	-3.90E+04	0.1737	0.00%	0.2471	0.00%	0.8222	0.00%	0.7004	0.00%	1.387	0.00%	2.0139	0.00%
95	STOCFOR3	-4.00E+04	1.2066	0.00%	3.3432	0.00%	24.1637	0.00%	16.0058	0.00%	154.867	0.00%	204.172	0.00%
96	TRUSS	4.59E+05	0.3200	0.00%	0.6643	0.00%	14.0591	0.00%	12.125	0.00%	12.1732	0.00%	15.7537	0.00%
97	WOOD1P	1.44E+00	0.3277	0.00%	0.5767	0.00%	1.0665	0.00%	1.3121	22.01%	0.7342	0.00%	0.5673	22.01%
98	WOODW	1.30E+00	0.2602	0.00%	0.4916	0.00%	1.0226	0.00%	0.9559	0.00%	1.8453	0.00%	1.8282	0.00%

หมายเหตุ 2.19 GHz, 2.96 GB of RAM T6600 Intel® Core™2 Duo

ตารางผนวกที่ 2 เวลาที่ใช้ และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการแก้ปัญหาของ โจทย์  
ปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมชุด MIPLIB 2003

No.	Name	Objective Value	SCIP		SCIP LP	
			Time_Solve*	Error	Time_Solve*	Error
1	10teams	9.2400E+02	30.13	0.0000%	29.98	0.0000%
2	aflow30a	1.1580E+03	36.21	0.0000%	34.80	0.0000%
3	aflow40b	1.1680E+03	2188.29	0.0000%	2026.12	0.0000%
4	air04	5.6137E+04	186.57	0.0000%	186.66	0.0000%
5	air05	2.6374E+04	109.00	0.0000%	98.33	0.0000%
6	arki001	7.5808E+06	50854.30	0.0000%	7807.22	0.0000%
7	cap6000	-2.4514E+06	6.80	-0.0001%	8.69	-0.0001%
8	danoint	6.5667E+01	13673.00	-0.0001%	13385.90	-0.0001%
9	disktom	-5.0000E+03	16.47	0.0000%	13.15	0.0000%
10	fast0507	1.7400E+02	2732.22	0.0000%	3320.66	0.0000%
11	fiber	4.0594E+05	1.92	0.0000%	3.24	0.0000%
12	fixnet6	3.9830E+03	3.74	0.0000%	2.61	0.0000%
13	gesa2	2.5780E+07	1.90	0.0005%	1.94	-0.0002%
14	gesa2-o	2.5780E+07	2.12	-0.0002%	2.18	-0.0002%
15	harp2	-7.3900E+07	16092.90	0.0000%	12106.60	0.0000%
16	manna81	-1.3164E+04	1.72	0.0000%	1.70	0.1367%
17	mas74	1.1801E+04	2119.21	-0.0001%	1770.38	-0.0001%
18	mas76	4.0005E+04	142.31	-0.0001%	141.83	-0.0001%
19	misc07	2.8100E+03	56.08	0.0000%	66.94	0.0000%
20	mod011	-5.4559E+07	574.43	0.0001%	384.64	0.0000%
21	modglob	2.0741E+07	2.18	0.0000%	1.14	-0.0001%
22	momentum2	1.2314E+04	-	-	73433.70	0.0001%
23	mzzv11	-2.1718E+04	14863.00	0.0000%	8078.97	0.0000%
24	mzzv42z	-2.0540E+04	8810.42	0.0000%	3401.83	0.0000%
25	net12	2.1400E+02	57068.20	0.0000%	79921.60	0.0000%
26	noswot	-4.1000E+01	465.53	0.0000%	195.58	0.0000%
27	nw04	1.6862E+04	1708.48	0.0000%	571.70	0.0000%
28	opt1217	-1.6000E+01	0.85	0.0000%	0.99	0.0000%

## ตารางผนวกที่ ๖2 (ต่อ)

No.	Name	Objective	SCIP		SCIP LP	
			Time_Solve*	Error	Time_Solve*	Error
29	p2756	3.1240E+03	7.46	0.0000%	5.99	0.0000%
30	pk1	1.1000E+01	200.77	0.0000%	174.98	0.0000%
31	pp08aCUTS	7.3500E+03	4.18	0.0000%	4.52	0.0000%
32	pp08a	7.3500E+03	3.41	0.0000%	4.33	0.0000%
33	qiu	-1.3287E+02	232.59	0.0001%	199.31	0.0001%
34	rd-rplusc-21	1.6540E+05	94576.50	0.0002%	74521.90	0.0357%
35	roll3000	1.2890E+04	21629.20	0.0000%	24459.70	0.0000%
36	rout	1.0776E+03	85.52	0.0000%	42.46	0.0000%
37	set1ch	5.4538E+04	1.62	-0.0001%	1.04	-0.0001%
38	timtab1	7.6477E+05	938.11	0.0000%	800.63	0.0000%
39	tr12-30	1.3060E+05	6413.08	0.0000%	3188.56	0.0000%
40	vpm2	1.3750E+01	3.13	0.0000%	3.07	0.0000%
41	atlanta-ip	9.0010E+01	175295.00	0.0002%	227806.00	0.0001%

หมายเหตุ 2.19 GHz, 2.96 GB of RAM T6600 Intel® Core™2 Duo



ภาคผนวก จ  
รายละเอียดการเขียนโค้ดในการพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุด  
แบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

รายละเอียดการเขียนโค้ดในการพัฒนาเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

## 1. โค้ดเว็บเพจของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ

### KUPS.htm

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>KU Portal Solver</title>
<style type="text/css">
<!--
.style1 {
font-size: 15px
}
-->
</style>
</head>
<body>
<h1 align="center">" Welcome to KU Portal Solver "</h1>
<p align="center">
<a
href="KMIE.htm"></a></p>

<table width="901" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
<tr>
<td align="left">
```

```

        <input type="button" onclick="window.location.href='LOG.php'"
value="Progress">&nbsp;
        <input type="button" onclick="window.location.href='convertfile.php'"
value="Converter">
    </td>
    <td align="right">
        <input type="button" onclick='window.open("About.php",null, "height =220, width
=450, status=yes, toolbar=no, menubar=no, location=no")' value="About">&nbsp;
        <input type="button" onclick="window.location.href='help.php'" value="Help">
    </td>
</tr>
</table>

```

```

<table width="901" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
<tr>&nbsp;</tr>
<tr><h1>Linear Programing</h1></tr>
<tr>&nbsp;</tr>
<tr>
<td width="80"><b>BPMPD</b></td>
<td width="80">: &nbsp;<a href="bpmpd_MPS.php?type=LP">MPS</a></td>
</tr>
<tr>
<td><b>PCx</b></td>
<td>: &nbsp;<a href="PCx_MPS.php?type=LP">MPS</a></td>
</tr>
<tr>
<td><b>SCIP</b></td>
<td>: &nbsp;<a href="scip_MPS.php?type=LP">MPS</a></td>
<td><a href="scip_LP.php?type=LP">LP</a></td>
</tr>
<tr>

```

```

<td><b>Qsopt</b></td>
<td>: &nbsp;<a href="Qsopt_MPS.php?type=LP">MPS</a></td>
<td><a href="Qsopt_LP.php?type=LP">LP</a></td>
</tr>
<tr>
<td><b>LPSolve</b></td>
<td>: &nbsp;<a href="LPSolve_MPS.php?type=LP">MPS</a></td>
<td><a href="LPSolve_LP.php?type=LP">LP</a></td>
</tr>
</table>
<p>&nbsp;</p>
<table width="901" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
<tr><h1>Mixed Integer Linear Programming</h1></tr>
<tr>&nbsp;</tr>
<tr>
<td width="80"><b>SCIP</b></td>
<td width="80">: &nbsp;<a href="scip_MPS.php?type=MILP">MPS</a></td>
<td><a href="scip_LP.php?type=MILP">LP</a></td>
</tr>
<tr>
<td width="80"><b>LPSolve</b></td>
<td width="80">: &nbsp;<a href="LPSolve_MPS.php?type=MILP">MPS</a></td>
<td><a href="LPSolve_LP.php?type=MILP">LP</a></td>
</tr>
<tr>
<td width="80"><b>Symphony</b></td>
<td width="80">: &nbsp;<a href="Symphony_MPS.php?type=MILP">MPS</a></td>
<td><a href="Symphony_LP.php?type=MILP">LP</a></td>
</tr>
</table>

```

```

<p>&nbsp;</p>

<table width="901" height="50" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
  <tr>
    <td width="226" height="51" valign="bottom"></td>
    <b>
      <td width="450" class="text10 style1">เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขต
จตุจักร กรุงเทพฯ 10900<br /></td>
      <td width="300" align="right" class="text10">Copyright &copy; 2011<br /> Master
Degree of Industrial Engineering, Kasetsart University</td>
    </b>
  </tr>
</table>

<table width="901" height="100" border="0" align="center" cellpadding="0"
cellspacing="0">
  <tr>
    <td width="675" height="100" valign="top"></td>
  </tr>
</table>

</body>
</html>

```

## 2. โค้ดส่วนสนับสนุนของเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุดแบบเปิดรหัสด้วยระบบฐานจากเว็บ (Microsoft Excel Add-In: Visual Basic for Applications)

### Module 1

Public FileName, LPFormat, FileRes, Field, Name, njob As String

Public IC As Integer

Public msg As String

Public ChgC() As String

Public Chg() As String

Public Val() As String

Public TMPE As String

Public TMP As String

Public Target() As String

Dim LGA() As String

Dim RGA() As String

Dim LGG() As String

Dim T() As String

Dim S() As String

Dim MINT() As String

Dim i, j, f As Integer

Public val\_exe As Long

Sub GamsCreate()

If GamsForm.RefTrgCell = "" Then

    MsgBox ("Uncompleted Target Cell")

    Exit Sub

ElseIf Range(GamsForm.RefTrgCell).Count <> 1 Then

    MsgBox ("Target Cell must be single cell")

```

Exit Sub

ElseIf GamsForm.RefChgCell = "" Then
    MsgBox ("Uncompleted Changing Cell")
    Exit Sub

ElseIf Range(GamsForm.RefChgCell).Count = 0 Then
    MsgBox ("Uncompleted Changing Cell")
    Exit Sub

Else

    GamsForm.Hide

    LPFormat = FreeFile()

    If GamsForm.CreateFile.Value = True Then
        FileName = Application.GetSaveAsFilename("", "LP Format (*.lp)*.lp", 1, "Save As...",
"Create")
        Open FileName For Output As #LPFormat
    Else
        Open "C:\KMIE.LP" For Output As #LPFormat
    End If

    Dim tmpint As String
    Dim tmpbin As String
    Dim TMPE As String
    Dim TMM As String
    Dim TMS As String

```

```
TMP = CStr(Range(GamsForm.RefChgCell).Address)
```

```
Field = TMP
```

```
TMP = Replace(TMP, "$", "")
```

```
Dim A As Variant
```

```
Dim B As Variant
```

```
Dim p As Variant
```

```
Dim M As Variant
```

```
Dim tmpInloop As String
```

```
Dim IntB As Integer
```

```
A = Split(TMP, ",")
```

```
For i = LBound(A) To UBound(A)
```

```
    tmpInloop = A(i)
```

```
    IntB = 0
```

```
    B = Split(tmpInloop, ":")
```

```
    For j = LBound(B) To UBound(B)
```

```
        IntB = IntB + 1
```

```
    Next j
```

```
'Close ScreenUpdate
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
If IntB > 1 Then
```

```
    For X = 1 To Range(A(i)).Count
```

```
        Range(A(i)).Cells(X) = Replace(Range(A(i)).Cells(X).Address, "$", "")
```

```
        AV = AV + " " + Range(A(i)).Cells(X)
```

```
    Next X
```

```

Else
    Range(A(i)) = Replace(Range(A(i)).Address, "$", "")
    AV = AV + " " + Range(A(i))
End If

```

```
'Open ScreenUpdate
```

```
    Application.ScreenUpdating = True
```

```
Next i
```

```
'Target Cell
```

```
TMPE = Range(GamsForm.RefTrgCell).Formula
```

```
TMPE = Replace(TMPE, "=", "")
```

```
TMPE = Replace(TMPE, " ", "")
```

```
TMP = TMPE
```

```
TMM = ""
```

```
'Analysis target cell
```

```
Call Choose(TMPE, TMM)
```

```
'Print LP Format
```

```
Print #LPFormat, IIf(GamsForm.OptBtnMax.Value, "Maximize", "Minimize")
```

```
Dim MOBJ() As String
```

```
ns = Len(TMM)
```

```
nrob = Int(ns / 60000)
```

```
ReDim MOBJ(nrob) As String
```

```

For i = 0 To nrob
  MOBJ(i) = Mid(TMM, (i * 60000) + 1, 60000)

  If i = 0 Then
    obj = MOBJ(i)
  Else
    obj = Replace(MOBJ(i), "+ ", "+.", 1, 1)
  End If

  pobj = pobj & obj
Next i

priobj = Split(pobj, ".")
For pob = LBound(priobj) To UBound(priobj)

  'write objective function
  If pob = LBound(priobj) Then
    Print #LPFormat, " obj: " & priobj(pob)
  Else
    Print #LPFormat, priobj(pob)
  End If

Next pob

Print #LPFormat, ""
Print #LPFormat, "Subject to"

```

'Constrain

Dim C As Variant

Dim LG, RG As String

Dim intlg, intrg As Integer

Dim LGB, RGB As Variant

Dim tmpCondition As String

Dim nc As Integer

'count constrain

nc = 1

nm = GamsForm.LstBoxCon.ListCount - 1

For myloop = 0 To nm

nextmyloop:

If myloop > nm Then

Exit For

End If

TMP = GamsForm.LstBoxCon.List(myloop)

tmpsp = TMP

'Condition

If InStr(TMP, ">=") > 0 Then

tmpCondition = ">="

C = Split(TMP, tmpCondition)

ElseIf InStr(TMP, "<=") > 0 Then

tmpCondition = "<="

C = Split(TMP, tmpCondition)

'Integer

```

ElseIf InStr(TMP, "Integer") > 0 Then
    TMP = Replace(tmpsp, "Integer = ", "")
    VInt = 1
    If InStr(TMP, ",") > 0 Then
        G = Split(TMP, ",")
        tmpsp = ""
        For cg = LBound(G) To UBound(G)
            For k = 1 To Range(G(cg)).Count
                tmpsp = tmpsp & " " & Replace(Range(G(cg)).Cells(k).Address, "$", "")
            Next k
        Next cg
    Else
        tmpsp = ""
        For k = 1 To Range(TMP).Count
            tmpsp = tmpsp & " " & Replace(Range(TMP).Cells(k).Address, "$", "")
        Next k
    End If

    tmpint = tmpsp
    myloop = myloop + 1
    GoTo nextmyloop

```

'Binary

```

ElseIf InStr(TMP, "Binary") > 0 Then
    TMP = Replace(tmpsp, "Binary = ", "")
    VInt = 1
    If InStr(TMP, ",") > 0 Then
        G = Split(TMP, ",")
        tmpsp = ""

```

```

For cg = LBound(G) To UBound(G)
  For k = 1 To Range(G(cg)).Count
    tmpsp = tmpsp & " " & Replace(Range(G(cg)).Cells(k).Address, "$", "")
  Next k
Next cg

Else
  tmpsp = ""
  For k = 1 To Range(TMP).Count
    tmpsp = tmpsp & " " & Replace(Range(TMP).Cells(k).Address, "$", "")
  Next k
End If

tmpbin = tmpsp
myloop = myloop + 1
GoTo nextmyloop

ElseIf InStr(TMP, "=") > 0 Then
  tmpCondition = "="
  C = Split(TMP, tmpCondition)
End If

LG = ""
RG = ""
intl = 0
intr = 0

For Group = LBound(C) To UBound(C)
  If Group = 0 Then

```

```

For X = 1 To Range(C(Group)).Count
    intlg = inglg + 1
    lGr = Range(C(Group)).Cells(X).Address
    gg = Replace(Replace(Replace(Range(Replace(lGr, "$", "")).Formula, "=", ""), "$", ""),
    " ", "")
    LG = LG & gg & IIf(X = Range(C(Group)).Count, "", ".")
Next X

Else
    intrg = 1
    For k = 65 To 91
        If InStr(C(Group), Chr(k)) > 0 Then
            For X = 1 To Range(C(Group)).Count
                rgr = Range(C(Group)).Cells(X).Address
                rgr = Replace(Replace(Replace(Range(Replace(rgr, "$", "")).Formula, "=", ""), "$",
                ""), " ", "")
                If Range(C(Group)).Count > 1 Then
                    RG = RG & rgr & IIf(X = Range(C(Group)).Count, "", ",")
                ElseIf Range(C(Group)).Count = 1 Then
                    For i = 1 To Range(C(Group - 1)).Count
                        RG = RG & rgr & IIf(i = Range(C(Group - 1)).Count, "", ",")
                    Next i
                End If
            Next X
        End If
    Next X
Exit For
End If

If k = 91 Then
    rgr = C(Group)

```

```

For i = 1 To Range(C(Group - 1)).Count
    RG = RG & rgr & IIf(i = Range(C(Group - 1)).Count, "", ",")
Next i

```

```

End If

```

```

Next k

```

```

End If

```

```

Next Group

```

```

If intlg <> intrg Then

```

```

    MsgBox ("Data not correct")

```

```

    Exit Sub

```

```

End If

```

```

LGA = Split(LG, ".")

```

```

LGB = Split(LG, ".")

```

```

RGA = Split(RG, ",")

```

```

RGB = Split(RG, ",")

```

```

'Left Hand Side

```

```

For i = LBound(LGB) To UBound(LGB)

```

```

    CST = ""

```

```

    Call Choose(LGB(i), CST)

```

```

    LGA(i) = CST

```

```

Next i

```

```

'Right Hand Side

```

```

For j = LBound(RGB) To UBound(RGB)

```

```

For k = 65 To 91
  If InStr(RGB(j), Chr(k)) = 1 Then
    RGA(j) = Replace(RGA(j), RGB(j), Range(RGB(j)).Value)
  Exit For
End If

If k = 91 Then
  RGB(j) = RGB(j)
End If
Next k
Next j

TMP = GamsForm.LstBoxCon.List(myloop)

Print Constrain

If (TMP <> "") Then
  For i = LBound(LGA) To UBound(LGA)
    Print #LPFormat, " r" & nc & ": " & LGA(i) & " " & tmpCondition & " " & RGA(i)
    nc = nc + 1
  Next i
End If

Next myloop

If (tmpbin <> "") Then

  bin = Split(tmpbin, " ")
  Print #LPFormat, ""
  Print #LPFormat, "Bounds"

```

```

For i = LBound(bin) + 1 To UBound(bin)
Print #LPFormat, " " & bin(i) & " <= 1"
  If (tmpint <> "") Then
    tmpint = Replace(tmpint, " " & bin(i), "")
  End If
Next i

tmpbinint = tmpbin & tmpint
ns = Len(tmpbinint)
nrbi = Int(ns / 60000)
ReDim MINT(nrbi) As String

For i = 0 To nrbi
MINT(i) = Mid(tmpbinint, (i * 60000) + 1, 60000)

  If i = 0 Then
    binint = MINT(i)
  Else
    binint = Replace(MINT(i), " ", ".", 1, 1)
  End If

priint = priint & binint
Next i

Print #LPFormat, ""
Print #LPFormat, "Integer"

piint = Split(priint, ".")

For pin = LBound(piint) To UBound(piint)
Print #LPFormat, piint(pin)

```

```

Next pin
Print #LPFormat, ""

```

```

ElseIf (tmpint <> "") Then

```

```

    ns = Len(tmpint)
    nri = Int(ns / 60000)
    ReDim MINT(nri) As String

```

```

    For i = 0 To nri
        MINT(i) = Mid(tmpint, (i * 60000) + 1, 60000)

```

```

        If i = 0 Then
            pint = MINT(i)
        Else
            pint = Replace(MINT(i), " ", ".", 1, 1)
        End If

```

```

    priint = priint & pint
    Next i

```

```

Print #LPFormat, ""
Print #LPFormat, "Integer"

```

```

piint = Split(priint, ".")

```

```

    For pin = LBound(piint) To UBound(piint)
        Print #LPFormat, piint(pin)
    Next pin

```

```

Print #LPFormat, ""

```

```

End If
Print #LPFormat, "End"

Close #LPFormat

If GamsForm.CreateFile.Value = False Then
    Call IE_Automation
End If

End If

End Sub

Sub Choose(ByRef TMPE, ByRef TMM)
'Select Case

    p = Split(TMPE, "+")
    For plus = 0 To UBound(p)

        M = Split(p(plus), "-")
        For minus = 0 To UBound(M)

            TMPE = M(minus)
            If InStr(TMPE, "SUMPRODUCT") = 1 Then
                Call Sumproduct(TMPE)
            ElseIf InStr(TMPE, "SUM") = 1 Then
                Call Sum(TMPE)
            Else
                Call Normal(TMPE)
            End If
        End If
    End For
End For
End Sub

```

```

If minus <> 0 Then
    TMP = " - " & TMP
    TMP = Replace(TMP, "+", "-")
Else
    If plus <> 0 Then
        TMP = " + " & TMP
    End If
End If

TMM = TMM & TMP

Next minus

Next plus

End Sub

Sub Sumproduct(TMPE)
'SUMPRODUCT

Dim G As Variant

TMPE = Replace(TMPE, "SUMPRODUCT(", "")
TMPE = Replace(TMPE, ")", "")
G = Split(TMPE, ",")
TMPE = ""

For cg = 1 To Range(G(1)).Count

    TMS = Range(G(1)).Cells(cg).Formula

```

```
If InStr(TMS, "SUM") = 2 Then
```

```
    TMS = Replace(TMS, "=SUM(", "")
```

```
    TMS = Replace(TMS, ")", "")
```

```
    TMP = TMS
```

```
    TMS = ""
```

```
For sg = 1 To Range(TMP).Count
```

```
    If sg = Range(TMP).Count Then
```

```
        TMPE = TMPE & Replace(Range(G(0)).Cells(cg).Address, "$", "") & " " &
Replace(Range(TMP).Cells(sg).Address, "$", "")
```

```
    Else
```

```
        TMPE = TMPE & Replace(Range(G(0)).Cells(cg).Address, "$", "") & " " &
Replace(Range(TMP).Cells(sg).Address, "$", "") & "+"
```

```
    End If
```

```
Next sg
```

```
Else
```

```
For ng = LBound(G) To UBound(G)
```

```
    If ng = UBound(G) Then
```

```
        TMPE = TMPE & Replace(Range(G(ng)).Cells(cg).Address, "$", "")
```

```
    Else
```

```
        TMPE = TMPE & Replace(Range(G(ng)).Cells(cg).Address, "$", "") & " "
```

```
    End If
```

```
Next ng
```

```
End If
```

```
If cg <> Range(G(1)).Count Then
```

```
    TMPE = TMPE & "+"
```

```
End If
```

```

Next cg

TMP = TMPE
Call LoopTMP
End Sub

```

```

Sub Sum(TMPE)

```

```

'SUM

```

```

    TMPE = Replace(TMPE, "SUM(", "")

```

```

    TMPE = Replace(TMPE, ")", "")

```

```

    TMP = TMPE

```

```

    TMPE = ""

```

```

    For k = 1 To Range(TMP).Count

```

```

        If k = Range(TMP).Count Then

```

```

            TMPE = TMPE & Replace(Range(TMP).Cells(k).Address, "$", "")

```

```

        Else

```

```

            TMPE = TMPE & Replace(Range(TMP).Cells(k).Address, "$", "") & "+"

```

```

        End If

```

```

    Next k

```

```

    TMP = TMPE

```

```

    Call LoopTMP

```

```

End Sub

```

Sub Normal(TMPE)

'Normal

TMPE = Range(TMPE).Formula

TMPE = Replace(TMPE, "=", "")

TMPE = Replace(TMPE, "\$", "")

If InStr(TMPE, "SUMPRODUCT") = 1 Then

Call Sumproduct(TMPE)

ElseIf InStr(TMPE, "SUM") = 1 Then

Call Sum(TMPE)

Else

TMP = TMPE

Call LoopTMP

End If

End Sub

Sub MaxCap()

nr = Len(tmpbin)

For i = 1 To nr

tmpbin = Replace(tmpbin, " ", ".", i \* 60000, 1)

Next nr

PriBin = Split(tmpbin, ".")

For bb = LBound(PriBin) To UBound(PriBin)

Print #LPFormat, PriBin(bb)

Next bb

End Sub

**Module 2**

```
Sub CreateToolbar()
```

```
On Error Resume Next
```

```
    CommandBars.Add ("LpToolbar")
```

```
    CommandBars("LpToolbar").Position = msoBarTop
```

```
    CommandBars("LpToolbar").Visible = True
```

```
End Sub
```

```
Sub ShowGams()
```

```
    GamsForm.Show
```

```
End Sub
```

```
Sub CreateButton()
```

```
Set MyBtn = CommandBars("LpToolbar").Controls.Add(msoControlButton)
```

```
With MyBtn
```

```
    .Caption = "KU Portal Solver"
```

```
    .FaceId = 481
```

```
    .TooltipText = "KUSP"
```

```
    .OnAction = "ShowGams"
```

```
    .Style = msoButtonIconAndCaption
```

```
End With
```

```
End Sub
```

```
Sub DelButton()
```

```
    Application.CommandBars("LpToolbar").Visible = False
```

```
    Application.CommandBars("LpToolbar").Delete
```

```
    On Error GoTo 0
```

```
End Sub
```

```
Sub ShowCon()
```

```
    ConForm.Show
```

```
End Sub
```

```
Function GetFormula(Cell As Range) As String
```

```
    GetFormula = Cell.Formula
```

```
End Function
```

```

Sub ShowReset()
    RstForm.Show
End Sub

Sub OkRst()
    GamsForm.RefTrgCell = ""
    GamsForm.RefChgCell = ""
    GamsForm.OptBtnMax.Value = True
    GamsForm.LstBoxCon.Clear
    RstForm.Hide
End Sub

Sub HideRst()
    RstForm.Hide
End Sub

Function LoopTMP()

    TMPE = TMP
    TMPE = Replace(TMPE, "+", "•")
    TMPE = Replace(TMPE, "-", "•")
    TMPE = Replace(TMPE, " ", "•")
    TMPE = Replace(TMPE, "*", "•")
    TMPE = Replace(TMPE, "/", "•")
    TMPE = Replace(TMPE, "=", "")
    TMPE = Replace(TMPE, "(", "")
    TMPE = Replace(TMPE, ")", "")
    TMPE = LCase(TMPE)

```

```

Target = Split(TMPE, "•")

TMP = Replace(TMP, "+", " + ")
TMP = Replace(TMP, "-", " - ")
TMP = Replace(TMP, "*", " ")
TMP = Replace(TMP, "=", "")
TMP = Replace(TMP, "(", "")
TMP = Replace(TMP, ")", "")
TMP = LCase(TMP)

For i = LBound(Target) To UBound(Target)
  On Error GoTo nextTMP
  For k = 97 To 123
    If InStr(Target(i), Chr(k)) = 1 Then
      TMP = Replace(TMP, Target(i), Range(Target(i)).Value, 1, 1)
    Exit For
  End If
  If k = 123 Then
    Target(i) = Target(i)
  End If
Next k
nextTMP:
Next i

End Function

```

**Module 3**

```

Sub IE_Automation()
Dim i As Long
Dim IE As Object
Dim objElement As Object
Dim objCollection As Object
Dim objCollec As Object
Dim STR As String
Dim IPhost As String

' Create InternetExplorer Object
Set IE = CreateObject("InternetExplorer.Application")

IE.Visible = False 'True '

' Open Solver Page
On Error GoTo err_line1
IPhost = "127.0.0.1"
IE.Navigate "http://" & IPhost & "/puppy%20solver/autosolve.htm"

' Statusbar
Application.StatusBar = "KMIE is loading. Please wait..."

' Wait while IE loading...
Do While IE.Busy
    Application.Wait DateAdd("s", 1, Now)
Loop

Application.StatusBar = "Search form submission. Please wait..."
Set objCollection = IE.document.getElementsByTagName("input")

```

```

i = 0
While i < objCollection.Length
    If objCollection(i).Type = "file" Then
        Application.StatusBar = "Choose c:\KMIE.LP File"
        If MsgBox("Please Choose File 'C:\KMIE.LP'", vbOKOnly + vbInformation, "Choose
File") = 1 Then
            ' Click Upload button
            objCollection(i).Click
        End If
    Else
        If objCollection(i).Type = "submit" And _
objCollection(i).Name = "send" Then
            ' "Solve" button is found
            Set objElement = objCollection(i)
        End If
    End If
    i = i + 1
Wend

' click "Solve" button
objElement.Click
Application.StatusBar = "Solving..."

' Wait while IE re-loading...
Do While IE.Busy
    Application.Wait DateAdd("s", 1, Now)
Loop

'Copy Web-Page Contents
On Error GoTo err_line2
Application.StatusBar = "Found Optimum Solution..."

```

```

STR = IE.document.body.innertext
S = InStr(1, STR, "[")
f = InStr(1, STR, "]")

njob = Mid(STR, S + 1, f - S - 1)

'Write Result file to Client Computer
If InStr(1, STR, "optimal solution found") Then
    FileRes = "c:\" & njob & ".txt"
    Open FileRes For Output As #1
    Write #1, STR
    Close #1
Else
    MsgBox ("Problem not Feasible.")
    Kill "C:\KMIE.LP"
    Exit Sub
End If

' Clean up
Set IE = Nothing
Set objElement = Nothing
Set objCollection = Nothing
Kill "C:\KMIE.LP"
Application.StatusBar = ""

On Error GoTo err_line3
Call KMIE_Report
Exit Sub
err_line1:
    MsgBox ("Don't connect to Webpage.")

```

err\_line2:

MsgBox ("Not Found Feasible Solution")

Kill "C:\KMIE.LP"

err\_line3:

End Sub

#### Module 4

Sub KMIE\_Report()

ActiveSheet.Range(Field).ClearContents

Path\_Original = ActiveWorkbook.Name

Sheet\_Ori = ActiveSheet.Name

Workbooks.OpenText FileName:=FileRes, Origin:=874, StartRow \_  
:=1, DataType:=xlFixedWidth, FieldInfo:=Array(Array(0, 1), Array(35, 1), Array \_  
(55, 1), Array(92, 1), Array(101, 1), Array(103, 1)), TrailingMinusNumbers:=True

On Error GoTo err\_line1

Tempresult = "C:\tpre.xls"

ActiveWorkbook.SaveAs FileName:=Tempresult, FileFormat:=xlExcel8, \_  
Password:="", WriteResPassword:="", ReadOnlyRecommended:=False, \_  
CreateBackup:=False

On Error GoTo err\_line2

Cells.Find(What:="objective value:", After:=ActiveCell, LookIn:= \_  
xlFormulas, LookAt:=xlPart, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:= \_  
xlNext, MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate

FirstVar = Selection.Address

```

Cells.Find(What:="Statistics", After:=ActiveCell, LookIn:= _
xlFormulas, LookAt:=xlPart, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:= _
xlNext, MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate
LastVar = Selection.Offset(-1, 1).Address
Range(FirstVar, LastVar).Activate
Selection.Copy

Sheets.Add After:=ActiveSheet
Range("a1").Select
ActiveSheet.Paste

Dim n As Integer
Dim Row As Integer
n = Range("a1").End(xlDown).Row
Row = 2
For Row = 2 To n
    Workbooks(Path_Original).Worksheets(Sheet_Ori).Range(Cells(Row, 1).Value).Value =
CInt(Cells(Row, 2).Value)
    On Error Resume Next
Next Row

ActiveWorkbook.Save
ActiveWorkbook.Close
Kill Tempresult
Workbooks(Path_Original).Worksheets(Sheet_Ori).Activate

On Error GoTo err_line3
ActiveSheet.Name = SName
MsgBox ("Solver found a Solution, You jobnumber is " & njob)
Kill FileRes
Exit Sub

```

err\_line3:

    ActiveSheet.Name = SName & "."

    Kill FileRes

Exit Sub

err\_line2:

    MsgBox ("Result file uncompleted")

    ActiveWorkbook.Save

    ActiveWorkbook.Close

    Kill Tempresult

    Kill FileRes

    Workbooks(Path\_Original).Worksheets(Sheet\_Ori).Delete

Exit Sub

err\_line1:

    ActiveWorkbook.Close

    Kill Tempresult

    Kill FileRes

    Workbooks(Path\_Original).Worksheets(Sheet\_Ori).Delete

End Sub

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นายจตุรงค์ จันทร์ท่า
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 29 กรกฎาคม 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. ( ) มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2552)