การจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี

INFORMATION MANAGEMENT FOR ENERGY MODELING : A CASE STUDY OF BIOMASS UILIZATION IN SUPHANBURI PROVINCE

ปรมัตถ์ สุขสายอ้น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี

ปรมัตถ์ สุขสายอ้น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี
ชื่อ – นามสกุล	นายปรมัตถ์ สุขสายอ้น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรินทร์ แหงมงาม, Ph.D.
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุแระสงค์เพื่อนำเสนอการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านระบบพลังงาน ซึ่งการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานรายละเอียดของแบบจำลอง เช่น สมมติฐาน ข้อจำกัดของแบบจำลอง รวมถึงที่มาและรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ปริมาณชีวมวล, อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิต, ค่าความร้อน มีความสำคัญต่อผู้สร้างและพัฒนาแบบจำลองที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในการสร้างแบบจำลองใหม่ ถ้าไม่มีรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้น การจะพัฒนาแบบจำลองต่อไปนั้นอาจจะต้องใช้เวลานานในการทำความเข้าใจแบบจำลองและต้องหารายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองใหม่

การทดลองนี้นำเพทริเนท (Petri net) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับระบบฐานข้อมูล โดยใช้ฐานข้อมูลชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วยแหล่งที่มาของพารามิเตอร์และรายละเอียดของพารามิเตอร์นั้น ๆ โดยผลลัพธ์ของระบบการประมวลผลของข้อมูลสามารถแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบของ Extensible Markup Language (XML) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ แบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีถูกสร้างขึ้นมาเป็นกรณีศึกษา

ผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่า การใช้ชีวมวลร่วมกันในกลุ่มผู้ใช้ชีวมวลอื่นๆ สามารถแก้ปัญหาความไม่เพียงพอของแกลบในการผลิตไฟฟ้าได้ และจากการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลอง จากผลการจำลองสามารถย้อนกลับไปดูข้อมูลและที่มาของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลโดยแสดงผลลัพธ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

คำสำคัญ : การจัดการข้อมูล ระบบฐานข้อมูล ชีวมวล เพทริเนท

Thesis Title	Information Management for Energy Modeling:A Case Study of Biomass Utilization in Suphanburi Province
Name - Surname	Mr.Poramut Suksaioun
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Mr. Surin Ngaemngam, Ph.D.
Academic Year	2013

ABSTRACT

This thesis objects to manage the information for a mathematical model for energy system. Creation and development of mathematical model for energy system, the information of the model; assumptions, constrain including the sources of parameters such as amount of biomass, residue to product ratio, heating value and its detail used in the model are very important for modeler or developer to use these information to create a new model. If there are insufficient information, developer of new model have to spend more time in understanding the model and search the new detail of parameters that used in the model.

This experimental appliea the Petri-net for managing the database system. Database of biomass in Suphanburi province was used as a case study area. The data in database consists of the source of parameters and its detail. The parameters and its detail can be displayed through the internet and can be downloaded in the Extensible Markup Language (XML) format file. For evaluating the effectiveness of proposed method, a mathematical model of biomass utilization in Suphanburi province was created as a case study.

The results from a mathematical model of biomass utilization in Suphanburi province found that combination use of biomass can solve the problem of not enough rice hush for electric power generation. Evaluating the effectiveness of the proposed method with the result from the model, from the result of the model can track back to the source and details of parameters that used in the model which include in the database by displayed through the internet and can be downloaded.

Keywords : information management, database system, biomass, Petri net

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของดร.สุรินทร์ แหงมงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ดร.ณฐภัทร พันธ์คง กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบรูณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้คำชี้แนะ แนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ต่อการทำงานวิจัย และขอขอบคุณ สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สำหรับข้อมูลผลผลิตทางเกษตรปี 2553 กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานสถิติจังหวัดสุพรรณบุรี สำหรับข้อมูลกำลังการผลิตของผู้ใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรี มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับข้อมูลปริมาณความร้อนของชีวมวล สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน สำหรับข้อมูลสถานภาพการรับซื้อไฟฟ้าของบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า

ขอกราบขอบพระคุณมารดาและครอบครัวทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความเข้าใจดีสำหรับเวลาที่ข้าพเจ้าต้องใช้สำหรับการศึกษาเพื่ออนาคตในครั้งนี้

ปรมัตถ์ สุขสายอ้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญรูป ..... (9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... (11)
บทที่
1 บทนำ 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 12
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย 13
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 13
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย 13
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13
1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย 14
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 14
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.2 แหล่งสำคัญของพลังงานจากชีวมวล 16
2.3 เทคโนโลยีที่สำคัญในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน 17
2.4 การนำพลังงานจากชีวมวลไปใช้ประโยชน์ 26
2.5 คุณสมบัติสำคัญของเชื้อเพลิงชีวมวลที่จะนำมาใช้ผลิตพลังงาน 29
2.6 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553 32
2.7 ข้อมูลจังหวัดสุพรรณบุรี 34
2.8 ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับข้อมูล 39
2.9 สรุป 43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 44

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน 44

3.2 ศึกษาและทำความเข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานในแบบเดิม 44

3.3 วิเคราะห์และเสนอวิธีการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน 45

3.4 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูล 46

3.5 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี 52

3.6 สรุป 60

4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ 61

4.1 ผลการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงาน 61

4.2 ผลการจำลองและขั้นตอนการทำความเข้าใจตัวแบบจำลอง 65

4.3 การวิเคราะห์ผลจากการดำเนินงาน 69

4.4 ทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูลและการทำความเข้าใจแบบจำลองกับผลการจำลอง 70

4.5 สรุป 74

5 สรุปและข้อเสนอแนะ 75

5.1 สรุป 75

5.2 ข้อเสนอแนะ 76

รายการอ้างอิง 77

ภาคผนวก 77

ภาคผนวก ก การใช้ชีวมวลต่อการผลิตไฟฟ้า 1 MW 79

ภาคผนวก ข เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล 83

ภาคผนวก ค ผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ 91

ประวัติผู้เขียน 118

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณชีวมวล 4 ชนิด (หน่วยเป็นกิโลตัน) ที่มีปริมาณในประเทศไทยตั้งแต่ ปี 2001-2006 17

2.2 รูปแบบของปฏิกิริยาไพโรลิซิสแบบต่างๆ 19

2.3 องค์ประกอบของก๊าซชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทำให้เกิดก๊าซของชีวมวลแต่ละชนิด..... 21

2.4 ระดับการปลดปล่อยพลังงานของชีวมวล..... 29

2.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลชนิดต่างๆ 31

2.6 ระดับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 32

2.7 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553 33

2.8 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทยปี 2553 34

3.1 แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง 53

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผนที่ของจังหวัดสุพรรณบุรี	35
2.2	เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสุพรรณบุรี ในปี 2551	35
2.3	ปริมาณชีวมวลที่ได้จากพืชเศรษฐกิจจังหวัดสุพรรณบุรี	37
2.4	แผนภาพการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี	38
2.5	Petri net ก่อนการเกิด Fire	40
2.6	Petri net หลังการเกิด Fire	40
2.7	Petri net การ Fire ก่อนและหลัง	41
2.8	Petri net การ Fire ก่อนและหลัง	41
2.9	Petri net การแสดงการนับกระป๋อง	42
3.1	กรอบแนวทางในการพัฒนาแบบจำลอง	45
3.2	ขั้นตอนการดำเนินงานของฐานข้อมูล	46
3.3	แผนภาพขั้นตอนการทำเว็บไซต์	47
3.4	ข้อมูลหน้าแรกอยู่ในฐานข้อมูล	48
3.5	ข้อมูลในส่วนของค่าสัดส่วนชีวมวลที่อยู่ในฐานข้อมูล	48
3.6	ข้อมูลในส่วนของสัดส่วนการใช้งานที่อยู่ในฐานข้อมูล	49
3.7	ข้อมูลในส่วนของค่าความร้อนที่อยู่ในฐานข้อมูล	50
3.8	รูปแบบของ Petri net	51
3.9	แผนภาพการใช้ชีวมวลที่ใช้ในของแบบจำลอง	58
4.1	หน้าเว็บไซต์ (http://localhost/biomass/index.php)	62
4.2	หน้าเว็บไซต์ที่มีหัวข้อเลือก (http://localhost/biomass/index9.php)	62
4.3	หน้าเว็บไซต์ที่มีหัวข้อเลือก (http://localhost/biomass/index9-4.php)	63
4.4	ตัวอย่างการดาวน์โหลดไฟล์	63
4.5	ตัวอย่างแสดงการรายงานผลเป็นไฟล์ XML ในรูปของ EXCEL	64
4.6	ตัวอย่างแสดงการรายงานผลเป็นไฟล์ PDF	64
4.7	ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ 1	66
4.8	ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ 2	67
4.9	ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลโรงงานทำถ่านจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ 2	68
4.10	ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลโรงงานทำอิฐจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ 2	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 โค้ดต้นฉบับของโปรแกรมที่นำเสนอการนำไปสู่รายละเอียดพารามิเตอร์ 71
4.12 การทดสอบการติดตามผลการจำลองย้อนกลับไปยังแหล่งที่มารายละเอียดพารามิเตอร์ 72
4.13 แสดงแหล่งที่มาของพารามิเตอร์ 73

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C	คาร์บอน
H	ไฮโดรเจน
O	ออกซิเจน
S	ซัลเฟอร์
N	ไนโตรเจนและน้ำ
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
CO_2	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
O_2	ก๊าซออกซิเจน
CH_4	ก๊าซไฮโดรเจนคาร์บอน
H_2	ก๊าซไฮโดรเจน
N_2	ก๊าซไนโตรเจน
NO_x	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
NO_2	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
SO_2	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
SO_x	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
RHSP2AGF	ปริมาณแกลบที่ขนส่งไปยังพื้นที่การเกษตร
RHSP2AF	ปริมาณแกลบที่ขนส่งไปยังฟาร์มเลี้ยงสัตว์
RHSP2SG	ปริมาณแกลบที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล
RSSP2PP	ปริมาณฟางข้าวที่ขนส่งไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล
RSSP2AGF	ปริมาณฟางข้าวที่ขนส่งไปยังพื้นที่การเกษตร
RSSP2AF	ปริมาณฟางข้าวที่ขนส่งไปยังฟาร์มเลี้ยงสัตว์
RSSP2RM	ปริมาณฟางข้าวที่ขนส่งไปยังโรงสีข้าว
RSSP2SG	ปริมาณฟางข้าวที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล
WDSP2BR	ปริมาณเศษไม้ที่ขนส่งไปยังโรงงานทำอิฐ
WDSP2CH	ปริมาณเศษไม้ที่ขนส่งไปยังโรงงานทำถ่าน
WDSP2PP	ปริมาณเศษไม้ที่ขนส่งไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล
SPSubDistrict	แหล่งผลิตผลทางการเกษตรระบุเป็นตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี
DMSubDistrict	ผู้ใช้ชีวมวลระบุเป็นตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนการพัฒนาการเศรษฐกิจของชาติทางด้านการวางแผนพลังงาน เป็นการคาดคะเนโดยสร้างแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานทั้งในด้านเทคนิค (Technology) เศรษฐกิจและนโยบาย (Policy) แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นอาจประกอบด้วยสมการสลับซับซ้อนมากหลายสมการและต้องการข้อมูลที่ละเอียดมาก จะต้องอาศัยทฤษฎีด้าน (Operations Research)ในการจัดรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Quantitative Basis) เพื่อช่วยในกระบวนการการตัดสินใจให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นจะเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวางแผนและวิจัยเชิงนโยบาย เพื่อให้การจัดการ การใช้ทรัพยากรพลังงานเป็นไปอย่างเหมาะสมซึ่งครอบคลุมภาพรวมทั้งภาคอุปสงค์และภาคอุปทานของการใช้ทรัพยากรพลังงานทั้งหมดในประเทศไทย

ในปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาแบบจำลองที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานและผลการจำลองที่ได้ ดูเหมือนนักวิจัยหรือนักพัฒนาแบบจำลองท่านอื่น ๆ จะยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการขาดรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้น และอาจจะเป็นการยากและใช้เวลามากสำหรับผู้ที่จะทำการประเมินผล วิเคราะห์และ พัฒนาแบบจำลองนั้นต่อ เช่นเดียวกับการจะนำผลที่ได้จากการจำลองนั้นไปใช้ ถ้าปราศจากความเข้าใจข้อมูลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น เช่น วัตถุประสงค์ สมมุติฐานและข้อจำกัด ก็จะเป็นการยากที่ผู้วิจัยท่านอื่น ๆ จะนำผลการจำลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์หรือเพื่อนำแบบจำลองนั้นๆ ไปพัฒนาให้ดีขึ้น ในการทำความเข้าใจผลที่ได้จากแบบจำลอง สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องทราบคือข้อมูลของแบบจำลองนั้น ๆ เช่น วัตถุประสงค์ สมมุติฐาน ขอบเขต ของแบบจำลองที่ใช้ในการประเมิน

เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือการเสนอกรอบใหม่ (New Framework) หรือแนวทางใหม่สำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมา โดยงานวิจัยนี้ จะศึกษาระบบการจัดการข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง โดยข้อมูลเหล่านั้นจะสามารถแบ่งปันให้กับผู้สร้างแบบจำลองท่านอื่นๆ นำไปใช้ ได้ งานวิจัยนี้จะสร้างแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์จำลองการใช้ประโยชน์จากชีวมวลของจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นกรณีศึกษาเพื่อนำระบบการจัดการข้อมูลที่นำเสนอนี้มาใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างฐานข้อมูลสำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานที่มีรายละเอียดของข้อมูลบางตัวที่จำเป็นต่อการนำไปสร้างแบบจำลอง

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน สิ่งสำคัญสำหรับผู้พัฒนาแบบจำลองคือ รายละเอียดของแบบจำลอง เช่น สมมติฐานและข้อจำกัดของแบบจำลองและข้อมูล ทั้งที่เป็นตัวเลขและเป็นคำอธิบายต่าง ๆ มีความสำคัญมากสำหรับผู้สร้างแบบจำลอง ที่จะนำแบบจำลองนั้นไปใช้หรือพัฒนาต่อ จะต้องใช้เวลามากในการประเมินผลที่ได้จากแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลองนั้นๆ ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นการศึกษาและนำเสนอวิธีการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน โดยจะทำการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวอย่างนี้สามารถให้ข้อมูลของแบบจำลองและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อนักพัฒนาแบบจำลองในการทำความเข้าใจแบบจำลองและผลการจำลองที่ได้ และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานที่มีรายละเอียดของข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปสร้างแบบจำลอง

1.4.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล

1.4.3 วิเคราะห์และทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล

1.5 ขั้นตอนและการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในระบบอุปสงค์- อุปทานด้านพลังงาน

1.5.2 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลระบบอุปสงค์-อุปทานด้านพลังงาน

1.5.3 วิเคราะห์ข้อมูลจำลองปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.5.4 ทดสอบวิธีการจัดการข้อมูลกับแบบจำลอง วิเคราะห์ผลและแก้ไขข้อบกพร่องให้ได้ตามข้อกำหนด

1.5.5 สรุปผลการวิจัย และเสนอแนวทางในการพัฒนา

1.5.6 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเสนอวิธีการจัดการข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน โดยจะทำการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นกรณีศึกษา ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวอย่างนี้จะสามารถให้ข้อมูลของแบบจำลองและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อนักพัฒนาแบบจำลองในการทำความเข้าใจแบบจำลองและผลการจำลองที่ได้ เพื่อเป็นแนวทางต่อไป

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 ได้ฐานข้อมูลระบบอุปสงค์-อุปทานพลังงาน

1.7.2 ได้ผลวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

1.7.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นำไปใช้เกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

1.7.4 ได้วิธีการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน:กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Poch LA,Jenkins RT.[1] ได้นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการโปรแกรมทางพลวัต(dynamic programming) โดยยกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าการโปรแกรมทางพลวัตนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนพัฒนา การขยายระบบไฟฟ้า

Psarras J et al.[2] ได้นำเสนอวิธีการโปรแกรมที่แบบจำลองมีหลายวัตถุประสงค์(multi-objective) โดยศึกษาหลายวัตถุประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมในลักษณะการค้นหาเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรร การวางแผนระบบพลังงานขนาดใหญ่

Labys WC et al.[3] ได้สรุปสั้นๆเกี่ยวกับ การโปรแกรมแบบจำลองหลาย ๆ แบบ เช่น (elementary spatial programming, quadratic programming, mixed integer programming and linear complimentary programming models) ซึ่งโปรแกรมที่ทบทวนที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถประยุกต์ใช้กับการวางแผนพัฒนา การขยายระบบไฟฟ้า

Calderan R et al.[4] ได้นำเสนอการจำลองด้านพลังงานของอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นการจำลองระบบพลังงานร่วม เพื่อให้ได้รับพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ และน้ำร้อนสำหรับขบวนการความร้อน โดยให้เกิดสมดุลพลังงาน อีกทั้งการจำลองระบบพลังงานร่วมนี้สามารถประหยัดได้ทั้งพลังงานและค่าใช่จ่ายในระบบกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย

Kandil M. S. และคณะ[5] ได้นำเสนอแบบจำลองแผนการสำหรับการใช้ประโยชน์ของแหล่งพลังงานจากหลายๆ เข้าด้วยกัน คือ พลังงานหมุนเวียนร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่แล้ว โดยนำพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อน พลังงานกล มาเป็นระบบพลังงานแบบผสมผสานได้อย่างเหมาะสม

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน พบว่าแบบจำลองที่ศึกษามานั้นยังขาดรายละเอียดที่สำคัญ เช่น วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ข้อจำกัด ของแบบจำลอง การจะนำแบบจำลองด้านพลังงานและผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองนั้น ๆ มาพัฒนาต่อ จึงมีความสนใจ

ศึกษาและเสนอแนวทางในการจัดการกับข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน โดยจะทำการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวอย่างสามารถให้ข้อมูลของแบบจำลองและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อนักพัฒนาแบบจำลองในการทำความเข้าใจแบบจำลองและผลการจำลองที่ได้

2.2 แหล่งสำคัญของพลังงานชีวมวล

ชีวมวล หมายถึง วัสดุที่ได้จากธรรมชาติซึ่งอาจเป็นสิ่งมีชีวิตหรือส่วนประกอบของธรรมชาติ รวมทั้งสิ้นสิ่งเหลือทิ้งจากสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างทดแทนคนได้ ชีวมวลที่นำไปแปรรูปพลังงานส่วนใหญ่เป็นพืชหรือส่วนประกอบของพืช โดยพืชจะนำ CO_2 ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตก๊าซออซิเจน(O_2) ดังนั้นเมื่อนำชีวมวลที่ได้จากพืชมาใช้ในการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงโดยการนำไปเผา จึงทำให้ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มสู่ชั้นบรรยากาศ ชีวมวลที่ได้จากธรรมชาติมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน สามารถจำแนกได้ดังนี้

1.พืชเกษตรกรรม (Agricultural crop) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรต แป้งและน้ำตาลสามารถปลูกเป็นพืชที่ให้พลังงานและผลิตเป็นน้ำมัน (vegetable oil) ได้นอกจากนี้ยังมีพืชที่ปลูกเพื่อนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ เช่น น้ำมันปาล์ม และสบู่ดำ

2.วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural residues) เช่น ฟางข้าว รากน้ำมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากถั่วเหลือง

3.เนื้อไม้และเศษวัสดุที่เหลือทิ้งของเนื้อไม้ (Wood and wood residues) เช่น ไม้โตเร็วและไม้ยืนต้นทั่วไป เศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตไม้ รวมทั้งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ฯลฯ

4.เศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม (Waste Streams) เช่น แกลบจากโรงสีข้าว กากน้ำตาลและชานอ้อยจากอุตสาหกรรม และเศษเหลือทิ้งจากการสกัดปาล์มน้ำมัน

5.ขยะมูลฝอยและมูลสัตว์ เช่น ขยะที่เป็นของสดและมูลสัตว์ต่างๆ

6.สิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น สาหร่ายนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไบโอดีเซลจากสาหร่ายและผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

ประเทศไทยมีการปลูกพืชเกษตรกรรมหลายชนิด แต่จากการสำรวจพบว่ามีพืชเกษตรกรรมอยู่ 4 ชนิด หลักที่มีปริมาณเพียงพอต่อการนำมาผลิตพลังงานจากชีวมวลได้ คือ อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์ม น้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1[6]

ตารางที่ 2.1 ปริมาณชีวมวล 4 ชนิด(หน่วยเป็นกิโลตัน) ที่มีปริมาณในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2001-2006

	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
อ้อย	49,563	60,013	74,263	70,101	67,900	63,621
ข้าว	25,844	26,523	26,057	26,841	24,977	26,493
มันสำปะหลัง	19,064	18,396	16,868	19,718	16,977	18,246
ปาล์มน้ำมัน	3,256	4,089	4,001	4,903	5,192	5,513

2.3 เทคโนโลยีที่สำคัญในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน

การแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี จำแนกได้เป็น 3 วิธีหลักคือ

2.3.1 วิธีเคมีความร้อน (Thermochemical process) เป็นการแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานโดยการใช้ความร้อนจนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่นการเผาไหม้โดยใช้ออกซิเจนหรือการสันดาป (combustion) การเผาไหม้โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือไพโรลิซิล (pyrolysis) และการทำให้เกิดก๊าซ (gasification)

2.3.2 วิธีชีวเคมี (Biochemical process) เป็นการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานโดยอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งต้องพึ่งพาจุลชีพชนิดต่างๆ เช่น แบคทีเรียและรา โดยนำไปหมักจนเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอินทรีย์ที่นำไปใช้เป็นพลังงานได้ในรูปของเอทานอลและก๊าซมีเทน (CH4)

2.3.3 วิธีปฏิกิริยาเคมี (Chemical process) เป็นการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน โดยการใช้ปฏิกิริยาเคมี เช่นการผลิตไบโอดีเซล โดยลักษณะและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานของแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

1. การเผาไหม้หรือการสันดาป (Combution)

การไหม้หรือการสันดาป เป็นวิธีการเก่าแก่และง่ายที่สุดในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน การเผาไหม้ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบที่เป็นไม้หรือเปลือกไม้ชนิดต่างๆ ในรูปของฟืน พลังงานที่ได้มีการเพค่าประสิทธิภาพความร้อน (heating value ซึ่งหมายถึง ค่าพลังงานที่ผลิตได้/ค่าพลังงานที่ให้) ประมาณ 35-40 % ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานน้อยที่สุด ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการเผาไหม้โดยการเพิ่มความดันและการจำกัดออกซิเจนในเตาเผา

นอกจากนี้การเผาไหม้แล้วยังมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้พลังงาน โดยเริ่มจากการนำชีวมวลชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แกลบ ฟางข้าว กาบมะพร้าว ใยมะพร้าว และซัง

ข้าวโพด รวมทั้งขี้เลื่อยมาทำให้แห้งก่อน แล้วจึงนำชีวมวลนั้นมาเผาซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยตรง แต่เนื่องจากชีวมวลเหล่านั้นมีความชื้นมากและมีความหนาแน่นน้อยจึงทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพความร้อนต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงและทำให้เกิดความไม้สะดวกในด้านต่างๆ เช่น การขนส่งและการจักเก็บ ซึ่งต้องใช้พื้นที่มาก ดังนั้นจึงไม่มีการนำชีวมวลมาอัดเป็นก้อนเพื่อเพิ่มความหนาแน่นและประสิทธิภาพด้านความร้อนให้สูงขึ้นโดยการนำชีวมวลมาบดแล้วอัดเป็นก้อน ผลที่ได้คือ มีประสิทธิภาพด้านความร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีการพัฒนาโดยใช้ชีวมวลตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปนำมาผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนต่างๆ แล้วใส่ตัวประสานเข้าไปเพื่อช่วยให้ชีวมวลยึดติดกันมากขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนให้สูงขึ้น โดยประสิทธิภาพความร้อนที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น วัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณของการผสมวัตถุดิบ ชนิดและปริมาณของตัวประสาน ขนาดของก้อนเชื้อเพลิงซึ่งการนำมาที่ได้จากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์มีหลายลักษณะดังนี้

1) สำหรับการหุงต้มอาการ เป็นที่นิยมมากในชนบท เช่น ทำเป็นฟืน ถ่าน ไม้ และเศษเหลือทิ้งทางเกษตรกรรม

2) สำหรับอุตสาหกรรมท้องถิ่น เช่น นำไปเป็นตัวให้ความร้อนในเตาเผาสำหรับการทำอิฐ เซรามิก ยาสูบ

3) สำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลาง การแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานโดยอาศัยการเผาไหม้ถือว่ามีประสิทธิภาพน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่นที่ใช้ในปัจจุบัน กล่าวคือ ถ้าต้องการพลังงานจากการเผ่าไหม้มากจะต้องสิ้นเปลืองวัตถุดิบ รวมทั้งการขนส่งและพื้นที่ในการจัดเก็บมากตามไปด้วย และยังไม่สามารถจัดเก็บพลังงานที่ได้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือขนส่งพลังงานไปใช้ในที่อื่นๆ ได้ นอกจากนี้การเผ้าไหม้โดยตรงยังก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสารเคมีในชีวมวลเหล่านั้นเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้นในระดับหนึ่งจะเกิดการแปรสภาพเป็นสารพิษ ก่อให้เกิดอันตรายแก่คนที่อยู่ข้างเคียง โดยเฉพาะโรคระบบทางเดินหายใจและโรคมะเร็ง นอกจากนี้ ยังไม่รวมถึงหมอกควันที่เกิดจากการเผ่าไหม้ที่สร้างทัศนะวิสัยที่ไม่ดีให้กับผู้ที่อยู่รอบข้าง โดยมีตัวเอย่างที่เกิดขึ้นในประเทศจีนที่ประสบปัญหาอยู่ในขณะนี้

2.ไพโรลิซิส (Pyrolysis)

ไพโรลิซิส (Pyrolysis) หรือ การเผาโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นการสลายวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนโดยใช้อุณภูมิระหว่าง 400-800 เคลวิน โดยไม่เกิดการออกซิไดซ์ซึ่งชีวมวลที่ใช้ในกระบวนการนี้ คือ พืชที่มีเซลลูโลส หรือ ไม้ยืนต้นต่างๆ เศษไม้ ฟาง ฯลฯ

วิธีการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานเริ่มจากการลำเลียงและการทำให้ชีวมวลแห้งเมื่อชีวมวลแห้งดีแล้วจึงนำไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปใส่ในส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไพโรลิซิส ผลิตภัณฑ์

ที่ได้จะถูกนำไปแยกส่วนที่เป็นของแข็งและเถ้าออกจากของเหลว จากนั้นจึงนำส่วนที่เป็นของเหลวไปเก็บไว้ในถึงเก็บ ซึ่งความร้อนที่ใช้ในปฏิกิริยาไพโรลิซิสเป็นความร้อนแบบทางตรงและทางอ้อม ความร้อนทางอ้อม หมายถึง การให้ความร้อนภายนอก ได้แก่ การเผาด้วยก๊าซ ส่วนความร้อนทางตรง คือ การใช้ลมร้อนจากเหล็ก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสจะเป็นของผสมระหว่างก๊าซ ของเหลวและถ่าน ซึ่งสัดส่วนของก๊าซ ของเหลวและถ่านนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีและรูปแบบของปฏิกิริยาไพโรลิซิส และปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของปฏิกิริยาไพโรลิซิสแบบต่างๆ

รูปแบบของปฏิกิริยาไพโรลิซิส	เวลา	ความร้อนที่ให้	สภาพในการทำปฏิกิริยา	ความดัน (บาร์)	อุณหภูมิ (เคลวิน)	ผลิตภัณฑ์
การทำถ่าน	ชม./วัน	ต่ำมาก	สิ่งที่ได้จากการเผาไหม้	1	400	ของแข็ง
แบบเดิม	5-30 นาที	ต่ำ	สิ่งที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิและทุติยภูมิ	1	600	ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง
แบบเร็ว	< 1 วินาที	สูง	สิ่งที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ	1	< 600	ของเหลว
แบบเร็ว	< 1 วินาที	สูง	สิ่งที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ	1	< 700	ก๊าซ
สุญญากาศ	2-30 วินาที	กลาง	สุญญากาศ	< .01	400	ของเหลว
ไฮโรไพซิสทรลิซิส	< 10 วินาที	สูง	ไฮโรเจนและสิ่งที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ	20	< 700	ของเหลว
เมทาโนไลซิส	0.5-1.5 วินาที	สูง	มีเทนและสิ่งที่ไดจากผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ	3	1050	เบนซิน โทลูอิน ไซลีนอีทีน

เดิมปฏิกิริยาไพโรลิซิสเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และให้อุณหภูมิต่ำเพื่อให้ได้ผลผลิตถ่านออกมามากที่สุด ต่อมามีการปรับปรุงการให้อัตราความร้อนเพิ่มขึ้นและใช้อุณหภูมิปานกลางอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเกิดก๊าซ ซึ่งก๊าซนั้นจะถูกควบแน่นต่อไป และมีการสลายตัวของสารโมเลกุลใหญ่เพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซที่มากขึ้น เชื้อเพลิงเหลวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา

ไพโรลิซิส จะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ เช่น ความหนาแน่น ความหนืด แรงตึงผิว ค่าความร้อน ผลพลอยได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสที่อยู่ในรูปของก๊าซและของแข็งซึ่งเป็นสารไฮโรคาร์บอนจำนวนมาก รวมทั้งสารโมเลกุลต่ำที่ไม่ได้ควบแน่นเป็นของเหลว การแยกเชื้อเพลิงเหลวในปฏิกิริยาไพโรวิซิสมีหลายวิธี ได้แก่ การสลัดด้วยตัวละลาย การกลั่นลำดับส่วน การชะด้วยตัวทำละลาย ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสมีสิ่งเจือปนประเภทต่างๆ ดังนี้

1) น้ำ – ทำให้ค่าความร้อน ความหนืด ความเสถียรทางเคมีและกายภาพลดลงและการเอาน้ำออกจากเชื้อเพลิงเหลวนั้นทำได้ยาก

2) ของแข็ง – เป็นพวกถ่านหรือเถ้า ซึ่งสามารถแยกของแข็งเหล่านี้ออกจากเชื้อเพลิงเหลวโดยการใช้ไอร้อนก่อนนำเชื้อเพลิงไปกลั่นตัวเป็นของเหลว

3) ด่าง – เป็นผลมาจากเถ้าที่มีอยู่ในปฏิกิริยาซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการกรอง ไอร้อนก่อนนำเชื้อเพลิงไปควบแน่นเป็นของเหลว

4) กรด – เป็นผลมาจากสารอินทรีย์ในชีวมวลซึ่งอาจจะทำให้ถังปฏิกิริยาเกิดสนิมได้ ดังนั้นถังปฏิกิริยาควรทำมาจากเหล็กกล้า หรือการใช้ระบบความดันเข้าช่วย

นอกจากนี้ เชื้อเพลิงเหลวที่ได้อาจมีปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติในเรื่องความเสถียรเนื่องจากเชื้อเพลิงเหลว สามารถเกิดพอลิเมอร์เป็นสายยาวที่ได้อุณหภูมิมากกว่า 100 เคลวิน ซึ่งมีผลต่อความหนืดของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ ดังนั้นจึงควรเก็บเชื้อเพลิงเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 เคลวิน รวมทั้งหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับออกซิเจน

ปฏิกิริยาไพโรลิซิสแบบเร็ว เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นการแปรรูปชีวมวล โดยอาศัยความร้อนเพื่อให้เกิดเชื้อเพลิงเหลวมาที่สุด อีกทั้งง่ายจ่อการจัดการ การจัดเก็บ การขนส่งและการนำไปใช้งาน ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบมากกว่าวิธี gasification และการเผาไหม้โดยตรง ซึ่ง 2 วิธีนี้ไม่สามารถจัดเก็บหรือขนส่งได้ทันที ตลอดจนสามารถนำพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อาทิ การผลิตขนาดเล็กเพื่อใช้เองในชนบท ซึ่งให้ค่าพลังงานความร้อนน้อยและการผลิตขนาดใหญ่ ซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นไม้ มีการพัฒนาเรื่องของการเก็บและการแยกให้บริสุทธิ์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นของเหลว ได้แก่ เมทานอล น้ำมันดินและกรดน้ำส้ม ปัญหาที่พบได้จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสแบบเร็วคือ การถ่ายเทความร้อนสูงให้กับวัตถุดิบ การควบคุมอุณหภูมิที่มีผลดีต่อปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้และระยะเวลาในการเกิดไอควรมีค่าน้อยเพื่อให้ปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์เกิดน้อยที่สุด ตลอดจนการควบคุมปฏิกิริยาการควบแน่นและการเก็บส่วนที่เป็นของเหลว

3. การทำให้เกิดก๊าซ (Gasification)

Gasification เป็นการย่อยสลายชีวมวลโดยการให้ความร้อนกับองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลโดยใช้กระบวนการออกซิเดชันบางส่วน (partial oxidation) โดยใช้ตัวออกซิไดซ์ ได้แก่ อากาศ ออกซิเจนหรือไอน้ำ จนกระทั้งเกิดผลิตภัณฑ์เป็น CO_2 CO CH_4 ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) (ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นตัวออกซิไดซ์) และก๊าซที่มีองค์ประกอบของไฮโรคาร์บอนเกิดขึ้นเล็กน้อย เช่น ก๊าซอีเทน ก๊าซอีทีนตลอดจนน้ำ เขม่า เถ้า และน้ำมันดินการให้ความร้อนกับชีวมวลโดยไม่เกิดการออกซิไดซ์จะเรียดกว่า pyrolysis แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไพโรลิซิสไปทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดซ์(ปกติเป็นอากาศ)จะเกิดก๊าซ CO, CO_2,H_2และอื่นๆการเกิด char gasification เป็นการรวมตัวกันของปฏิกิริยาระกว่างก๊าซและของแข็ง และปฏิกิริยาระหว่างก๊าซและก๊าซหลายๆ ปฏิกิริยารวมกันเพื่อที่จะเปลี่ยนถ่านไปเป็น CO, CO_2, และ H_2 โดยผ่านปฏิกิริยา water-gas shift ซึ่งเป็นการออกซิไดซ์เพื่อเปลี่ยนจากก๊าซไปเป็นของแข็งโดยปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุดและเป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา gasification ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาจะเป็นก๊าซผสม โดยสัดส่วนของก๊าซแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของวัตถุดิบ ปริมาณน้ำ อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาและระยะเวลาในการออกซิไดซ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของก๊าซชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทำให้เกิดก๊าซของชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิดเชื้อเพลิง	อุณหภูมิ (ºC)	ปริมาณอากาศ กก./กก.ชีวมวล	องค์ประกอบของก๊าซจาก gasification (เศษส่วนโมล)						
			H_2O	N_2	H_2	CO	CO_2	CH_4	H_2S
ถ่านหิน	832	2,836	0.005	0.500	0.158	0.324	0.009	0.001	0.003
น้ำมันพืช	875	3,837	0.003	0.467	0.251	0.275	0.003	0.001	0.000
ฟางข้าว	659	1,401	0.063	0.384	0.225	0.205	0.113	0.010	0.000
ไม้ยืนต้นมีการปรับปรุง	655	1,628	0.062	0.409	0.213	0.194	0.112	0.010	0.000
ไม้ยืนต้นไม่มีการปรับปรุง	642	1,452	0.076	0.380	0.227	0.177	0.126	0.013	0.000
ไม้ล้มลุก	621	1,240	0.097	0.363	0.232	0.146	0.145	0.018	0.000
น้ำทิ้ง	600	1,237	0.186	0.412	0.192	0.056	0.147	0.004	0.003
มูลสัตว์	600	1,247	0.246	0.395	0.171	0.018	.0147	0.002	0.001

การเกิดปฏิกิริยา gasification มีด้วยกันหลายระบบโดยแยกสามการเข้า-ออกของชีวมวลและก๊าซที่เข้าไปในปฏิกิริยาดังนี้

Updraft gasification เป็นการป้อนชีวมวลจากด้านบนลงด้านล่างของถังปฏิกิริยา (gasifier) เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดซ์ทางด้านล่างเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นถ่าน จากนั้นถ่านจะถูกนำไปทำปฏิกิริยาต่อไปจนเกิดเป็นก๊าซผสมระหว่างน้ำมันดินและไฮโดรคาร์บอนที่มีค่าความร้อนสูงซึ่งจะออกทางด้านบน และสุดที่เป็นเถ้าจะออกนำไปทิ้งทางด้านล่างของ gasifier ซึ่งก๊าซที่ได้นี้จะถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์ต่อไป วิธีนี้เชื้อเพลิงที่ได้มีราคาถูกเหมาะสมกับการนำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ต้องการพื้นที่น้อย การดำเนินการง่าย มีประสิทธิภาพสูง ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำและความร้อนที่ได้จากก๊าซสามารถไปให้ความร้อนกับวัตถุดิบได้โดยตรง

Downdraft gasification คล้ายกับการเกิดปฏิกิริยา updraft gasification แต่เนื่องจากการที่ให้ไอน้ำมันดินออกทางด้านบนจะไปรบกวนการเผาไหม้ภายใน ดังนั้นวิธีการนี้จึงให้ก๊าซผสมระหว่างน้ำมันดินและไฮโรคาร์บอนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานี้ออกด้านล่างโดยการให้อากาศลงด้านล่างผ่านถึงหมัก แล้วให้ก๊าซออกด้านล่าง เป็นการให้วัตถุดิบและก๊าซผ่านจุดที่แคบซึ่งเป็นจุดที่เกิดปฏิกิริยา ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและน่าเชื่อถือ อีกทั้งมีปริมาณเถ้าและน้ำมันน้อย สามารถนำไปใช้กับการเผาไหม้ในรถยนต์และการผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่ไม่มากได้

กระบวนการ gasification มักมีสิ่งปนเปื้อนอยู่ด้วย จึงจำเป็นต้องนำก๊าซผสมที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์ก่อน จึงจะนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ซึ่งปริมาณของสิ่งปนเปื้อนนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการ gasification และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การทำให้ก๊าซบริสุทธิ์เป็นการป้องกันการกัดกร่อนการระเบิด และผลกระทบที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้แล้วยังมีการปนเปื้อนของน้ำมันดินซึ่งปริมาณของน้ำมันดินนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและวัตถุดิบในกระบวนการ gasification โดยน้ำมันดินจะมีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และพบว่า วัตถุดิบที่เป็นไม้จะให้ปริมาณน้ำมันดินมากกว่าวัตถุดิบที่เป็นถ่านหิน ซึ่งการลดปริมาณน้ำมันดินสามารถทำได้หลายวิธีคือ ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โดโลไมด์ (Dolomite) นิกเกิล (nickel) การให้ความร้อน การถูด้วยน้ำมัน และการตกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้าสถิตย์ นอกจากนี้ ยังมีสารปนเปื้อนอื่นๆ ออกมากับก๊าซซึ่งสามารถกำจัดได้โดยใช้วิธีที่แตกต่างกันดังนี้

- โลหะแอลคาไลด์ (alkali metal) ทำให้เกิดการกัดกร่อนของใบพัด ซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดยใช้การถูด้วยน้ำ

- ไนโตรเจน เป็นสารที่ก่อให้เกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดยใช้การถูด้วยน้ำ

- กำมะถัน สร้างความเสียหายแก่ใบพัด กำจัดออกได้โดยใช้ dolomite

- คลอลีน เป็นสารปนเปื้อนจากยาฆ่าแมลงที่มีอยู่ในชีวมวล กำจัดออกโดยการดูดในถึงหรือการละลายในระบบเปียก

ก๊าซบริสุทธิ์ที่ได้ต้องมีการเติมไอน้ำลงไปในก๊าซเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา shift conversion ซึ่งจะเปลี่ยนจาก CO_2 เป็น N_2 โดยปริมาณไดน้ำที่เติมลงไปขึ้นอยู่กับสัดส่วนของที่ก๊าซผสมใน gasification จากนั้นจึงทำการแยก H_2 ให้บริสุทธิ์ โดยใช้วิธีทางเคมีคือ ตัวดูดซับทางเคมีและวิธีการทางฟิสิกส์ เพื่อให้ได้ไอน้ำและ H_2 ก่อนเอาน้ำออกด้วยการควบแน่น กระบวนการ gasification เมื่อใช้อากาศเป็นตัวออกซิไดซ์จะทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนต่ำถึงปานกลางคิดเป็น 10-15% ของพลังงานที่ได้จากก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการหุงต้มอาหารให้ความร้อน ใช้ในเครื่องยนต์ ใบพัด หม้อต้มน้ำ แต่ไม่เหมาะในการขนส่งทางท่อ นอกจากนี้ ก๊าซที่ได้นี้ยังสามารถนำไปเปลี่ยนเป็นน้ำมันเบนซิน เมทานอล H_2 และใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งจะให้ค่าทางความร้อนปานกลาง วิธีการนี้ใช้กันกว้างขวางเพราะราคาถูกและไม่มีอันตราย ไม่ซับซ้อน กระบวนการ gasification นี้นิยมใช้กันอย่างมากในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ

ปัจจุบันมีการนำ H_2 และ CO ที่อุณหภูมิสูง (700-1500ºC) ซึ่งเป็นก๊าซที่ได้จากกระบวนการ gasification นำมาทำให้บริสุทธิ์และปรับสภาพให้เหมาะสม จากนั้นนำไปผลิตเป็นน้ำมันดีเซลโดยวิธี Fischer-Tropsch process ซึ่งวิธีการนี้เป็นการอำเอาก๊าซที่ได้ไปสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาว เช่น LPG เบนซิน ดีเซล น้ำมันเตา โดยใช้เหล็กและโคบอลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง จากนั้นนำไฮโดรคาร์บอนด์ได้ไปกลั่นเพื่อทำให้บริสุทธิ์สำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงที่ได้มีคุณภาพดีและเป็นเชื้อเพลิงสะอาดเนื่องจากมีกำมะถันและสารประกอบอโรเมติกส์น้อย

4. กระบวนการหมัก (fermentation)

การหมัก เป็นวิธีการที่รู้จักกันมาเป็นเวลานานแล้ว ดังมีหลักฐานปรากฏในสมัยก่อนที่มนุษย์ได้นำการหมักมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การหมักข้าว ผลไม้ เพื่อผลิตเบียร์และไวน์ การทำขนมปังและนม มีการพัฒนาวิธีในการหมักอย่างต่อเนื่อง โดยนำการกลั่นเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก สำหรับการหมักเพื่อผลิตพลังงานนี้ เริ่มจากนำชีวมวล เช่น มันสำปะหลัง กากของปาล์มน้ำมันและสาหร่าย มาทำการหมักโดยไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อให้ได้สารโมเลกุลเล็ก เช่น เอทานอล และ CH_4 การหมักเป็นการย่อยสลายชีวมวลโดยไม่ใช้ออกซิเจน จัดเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไปเป็น CH_4 และ CO_2 ปัจจัยสำคัญของการหมัก คือ ความคงตัว ลักษณะของถังหมัก เวลา อัตราการป้อนวัตถุดิบ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ความ

เข้มข้นของกรดไขมัน และส่วนประกอบของวัตถุดิบเมื่อเสร็จสิ้นการหมักแล้วยังสามารถนำชีวมวลจากการหมักไปใช้ทำปุ๋ยได้ การหมักสามารถจำแนกได้ 2 วิธีตามผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ

1. การหมักเพื่อให้ได้เอทานอล (การหมักเอทานอลเป็นการแก้ปัญหาเรื่องน้ำมันแพงและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวล เอทานอลที่ได้นี้เป็นพลังงานสะอาดและไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ สามารถไปใช้ในเครื่องยนต์ได้ การหมักเพื่อให้ได้เอทานอลสามารถใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และพืชที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส ซึ่งแต่วิธีมีรายละเอียดดังนี้

ก. การผลิตเอทานอลจากอ้อย หรือ ข้าวโพด ซึ่งอ้อยและข้าวโพด เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเอทานอลโดยการนำอ้อยและข้าวโพดไปหมักแบบต่อเนื่องด้วยยีสต์ จากนั้นนำไปกลั่นภายใต้ความดันต่ำ ซึ่งเอทานอล 1 ลิตร ให้กระแสไฟฟ้า 0.15-0.18 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ข. การผลิตเอทานอลจากพืชที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส จะต้องมีการย่อย 2 วิธีด้วยกัน คือ การย่อยด้วยกรด (acid hydrolysis) ซึ่งให้ประสิทธิภาพที่ดีกับไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง ในขณะที่อีกวิธีหนึ่ง คือ การย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic hydrolysis) จะให้ผลดีกับไม้เนื้อแข็งและพืชสมุนไพร การใช้เอนไซม์มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้กรดและให้ผลผลิตสูงกว่า การหมักในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้การย่อยด้วยกรดมากกว่าการใช้เอนไซม์ และการใช้เอนไซม์จะต้องมีการบ่มก่อนจึงจะให้ผลผลิตที่สูงแต่การบ่มทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง หลังจากผ่านการย่อยแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะถูกนำไปหมักด้วยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรายต่อไป จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็นเอทานอล ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

ค. การผลิตเอทานอลจากพืชมันสำปะหลัง โดยเริ่มต้นจากการทำแป้งมันสำปะหลังไปต้มเคี่ยวด้วยเอนไซม์อะไมเลสที่อุณหภูมิ 120-150ºC แล้วให้อุณหภูมิคงที่ที่ 95ºC เพื่อลดเชื้อแบคทีเรียในน้ำแห้งต้มสุกนั้นเรียกกระบวนการนี้ว่า liquefaction จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการ saccharification ซึ่งเป็นการนำแห้งต้มสุกที่เย็นตัวแล้ว นำไปย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสเพื่อย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลก่อนนำไปหมัก การหมักจะใช้ Saccaromycese cerevisiae บ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่ pH 4-5 แล้วนำไปกลั่นจนได้เอทานอล 95% นอกจากการกลั่นแล้ว ยังมีวิธีในการทำให้เอทานอลบริสุทธิ์ได้หลายวิธี เช่น การใช้เมมเบรน หรือ ตัวดูดซับและการสลัดด้วยตัวทำละลาย

ง. การผลิตเอทานอลจากการหมักก๊าซ โดยใช้เชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม clostridium โดยก๊าซที่นำมาหมักนี้ได้ผ่านกระบวนการ gasification ประกอบด้วยก๊าซ CO, CO_2, CH_4, H_2, N_2 ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอลโดยวิธีการหมัก การหมักมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเซลล์ที่เรียกว่า Acetyl-CoA pathway ดังสมการต่อไปนี้

$$6CO + 3H_2O \longrightarrow C2H5OH + 4CO_2 \quad (2.1)$$

$$6H_2 + 2CO_2 \longrightarrow C_2H_5OH + 3H_2O \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.1 และ 2.2 พบว่า เมื่อมี CO ซึ่งเกิดจากกระบวนการ gasification เพียงอย่างเดียว จำนวนคาร์บอนที่เปลี่ยนไปเป็นเอทานอลมีเพียง 1 ใน 3 เท่านั้น โดยใช้เอนไซม์ carbonmoxoxide dehydrogenase กับ CO_2 ส่วนปฏิกิริยาระหว่าง H_2 กับ CO_2 นั้น พบว่า คาร์บอนทุกตัวสามารถเปลี่ยนไปเป็นเอทานอลได้ทั้งหมดเมื่อนำสมการที่ 2.1 และ 2.2 มารวมกันจะได้เป็นสมการที่ 2.3 ดังนี้

$$6CO + 6H_2 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \quad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) พบว่า มีคาร์บอนจำนวน 2 ใน 3 ถูกเปลี่ยนไปเป็นเอทานอลโดย 2 สมการหลังนี้จะเกิดขึ้นจากการใช้เอนไซม์ hydrogenase ดังนั้นปริมาณเอทานอลที่ได้จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนขององค์ประกอบของก๊าซที่นำมาหมัก อีกทั้งปริมาณ H_2 มีค่าน้อยกว่าที่คาดไว้เนื่องจากมีบางส่วนทำปฏิกิริยากับชีวมวลที่เป็นคาร์บอนเพื่อเปลี่ยนเป็นเอทานอล

2. การหมักเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน การหมักเพื่อให้ได้ CH_4 นั้นสามารถนำชีวมวลต่างๆ มาหมักได้ เช่น มูลสัตว์และขยะสด ในที่นี้จะยอยกตัวอย่างการผลิต CH_4 จากการหมักเศษเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมัน ซึ่งน้ำมันที่มีอยู่ในปาล์มนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันโดยจุลินทรีย์ จากนั้นกรดไขมันจะถูกเปลี่ยนไปเป็นCH_4เศษเหลือทิ้งที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันสายยาวเช่น palmitic oleate จะเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และการเกิดก๊าซมีเทน การลดค่า COD จะทำให้เกิดไบโอก๊าซและ CH_4 ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนลดลง

5. การผลิตไบโอดีเซล

สาหร่ายสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการให้ ผลผลิตที่สูงกว่าชีวมวลชนิดอื่น โดยให้ผลผลิตสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองถึง 250 เท่าและผลผลิตสูงกว่าปาล์ม 7-31 เท่า อีกทั้งการแยกน้ำมันให้บริสุทธิ์สามารถได้ง่าย โดยการนำสาหร่ายมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงมีขั้นตอนดังนี้

1. เก็บตัวอย่างสาหร่ายสายพันธุ์ Oedogonium และ Spirogyra sp. จำนวน 26.5 กรัม และ 20.0 กรัม ตามลำดับ

2. นำสาหร่ายมาบด แล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 ºC เป็นเวลา 20 นาที

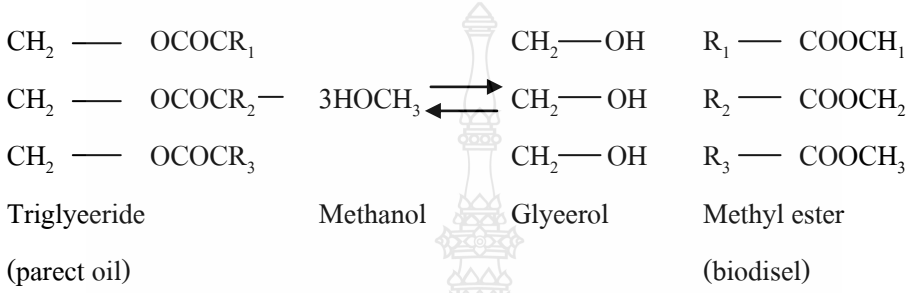
3. ใช้ตัวทำละลายผสมของเฮกเซนและอีเทอร์เป็นตัวสกัดน้ำมัน โดยตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

4. กรองเพื่อแยกส่วนที่เป็นสาหร่ายออกไป

5. แยกชั้นของตัวทำละลายและทำการระเหยให้แห้ง

6. ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 กรัมผสมลงไปในเมทานอล 24 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที

7. นำตัวทำละลายผสมในข้อ 5 เติมลงในสิ่งสกัดจากสาหร่าย นำไปเขย่าเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา transesterification ดังสมการที่แสดงข้างล่างนี้



8. นำไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างด้วยน้ำ 5% จนกว่าจะสะอาด แล้วนำไปทำให้แห้ง 12 ชั่วโมง

2.4 การนำพลังงานจากชีวมวลไปใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีต่างๆ นั้นมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ดังนี้

2.4.1 เอทานอล ($C_2 H_5 OH$) เป็นของเหลวไม่มีสีมีจุดเดือดอยู่ที่ 78 ºC ในที่นี้หมายถึงเกรนแอลกอฮอล์ (grain alcohol) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ซึ่งผลิตได้จากอ้อย ข้าวโพด และไม้ เอทานอลช่วยปรับปรุงสมรรถะของเครื่องยนต์ (vehicle performance) ปล่อยก๊าซพิษน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน แต่ต้นทุนการผลิตเอทานอลสูงกว่าปิโตรเลียม เอทานอลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้เลยหรือสามารถนำไปใช้ร่วมกับน้ำมันเบนซินได้ ยกตัวอย่าง เช่น น้ำมัน E10 หมายถึงน้ำมันที่มีส่วนผสมของเทานอลอยู่ 10% และน้ำมันเบนซิน 90% ซึ่งจะช่วยลดการปลดปล่อย CO ได้ถึง 25-30% อีกทั้งช่วยลดการปลดปล่อย CO_2 และ NO_2 ได้ 10 และ 20% ตามลำดับ นอกจากนี้เอทานอลยังถูกนำมาใช้แทน MTBE (Methyl tertiary butyl ether) ซึ่งใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำมันเบนซินได้อีกด้วย ในประเทศบราซิลจะใช้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ในการเติมรถยนต์ โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ และในประเทศอเมริกามีการใช้พลังงานจากข้าวโพดถึง 1 ใน 8 ของปริมาณข้าวโพดทั้งหมด ในประเทศอาร์เจนตินามีการผลิตเอทานอลในระดับใหญ่ รวมทั้งอีกหลายประเทศมีการผลิตเอทานอลระดับเล็ก เช่น ประเทศเยอรมัน อิตาลี สวีเดน ฝรั่งเศส เคนยาและประเทศซิมบับเว ส่วนในประเทศจีนมีการกระตุ้นให้มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ทางการค้าและใช้ในอุตสาหกรรม

ข้อดีของการใช้เอทานอลมาผลิตเป็นพลังงาน คือ

1. ได้จากชีวมวลหลากหลายชนิด เช่น บีท ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และมันสำปะหลัง

2. ทำให้มีการจ้างงานมากขึ้นและลดการอพยพย้ายถิ่นฐานเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

3. เทคโนโลยีเริ่มเป็นที่รู้จักและเปิดกว้างให้สามารถเข้าถึงได้ทำให้สามารถมีการพัฒนาเทคโนโลยีให้ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นได้

4. ความสมดุลของพลังงานในชีวมวลต่างๆ มีค่าสูง

5. ผลพลอยได้ (by product) สามารถนำไปทำประโยชน์ได้ เช่น นำไปทำปุ๋ย

6. เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถหาใหม่ได้ไม่มีวันหมดและลดการปลดปล่อย CO_2 ออกสู่ชั้นบรรยากาศ

7. มีความปลอดภัยในการดำเนินงานและดูแลจัดเก็บได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล

8. สามารถนำไปผสมกับน้ำมันชนิดอื่นได้ เช่น น้ำมันเบนซิน

9. สามารถเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน โดยนำมาใช้ทดแทนสารตะกั่วเพื่อลดสารประกอบอะโรมาติกส์ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดมลพิษเป็นการลดต้นทุนได้อีกด้วย

การหมักเพื่อให้เกิดเอทานอลยังต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อทำให้มีต้นทุนในการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้คนหันมาใช้พลังงานจากเอทานอลกันมาขึ้นแต่จะต้องมีการพัฒนาอีกหลายประการ เช่น การหาสายพันธุ์แบคทีเรียชนิดใหม่ที่สามารถให้ผลผลิตเอทานอลในปริมาณสูง การทำเอทานอลให้บริสุทธิ์ เทคโนโลยีการกลั่น การลดการเกิดกรดในกระบวนการหมัก การใช้วัตถุดิบในกระบวนการหมักให้ยาวนานขึ้น การลดต้นทุนในการบ่มของเอนไซม์ให้น้อยลง การพัฒนาวิธีในการแยกลิกนินออกจากวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการหมักพืชที่มีลิกนินเป็นองค์ประกอบและการสร้างโรงงานผลิตแบบต่อเนื่องและลดต้นทุนด้านการดำเนินการ

2.4.2 เมทานอล (CH_3 OH) เป็นของเหลวไม่มีสีมีจุดเดือดอยู่ที่65 ºC เรียกอีกอย่างว่า วู๊ดแอลกอฮอล์ (wood alcohol) หรือเมทิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol) สามารถผลิตได้จากชีวมวลที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ประเทศเยอรมันใช้เมทานอลตั้งแต่ในสงครามโลกครั้งที่ 2 สำหรับเครื่องบินและเรือดำน้ำและใช้เพื่อการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ หรือเป็นเชื้อเพลิงในรถแข่ง เมทานอลจากก๊าซธรรมชาติ ถือได้ว่าราคาถูกที่สุด เชื้อเพลิงเมทานอลสามารถผลิตได้จากชีวมวลเกือบทุกชนิดและสามานำไปผสมกับน้ำมันเบนซินร้อยละ 15 เพื่อใช้ในเครื่องยนต์โดยไม่ต้องมีการปรับแต่ง แต่เมทานอลไม่สามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้เนื่องจากวัตถุดิบ

มีราคาสูงและความไม่คุ้มทุน แต่มีการศึกษาการนำเมทานอลไปใช้ในรถยนต์ ซึ่งในทวีปยุโรปจะมีการนำไปใช้รถยนต์ปี ค.ศ.2010

2.4.3 เชื้อเพลิงไฮโดรเจน (hydrogen fuel) เป็นเชื้อเพลิงสะอาดผลิตได้จากก๊าซธรรมชาติ (จากการที่นำ CH_4 ทำปฏิกิริยากับไอน้ำแล้วได้ CO_2 และH_2) ถ่านหินหรือการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (electrolysis of water) ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จากก๊าซธรรมชาติมีราคาถูกที่สุด เชื้อเพลิงไฮโดรเจนสามารถใช้กับเครื่องยนต์เบนซินปกติได้ แต่จะให้ประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้นเมื่อใช้กับเครื่องยนต์ที่ผ่านการดัดแปลงแล้ว เชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะถูกเก็บในรูปของก๊าซภายใต้ความดันสูง ไฮโดรเจนเหลว หรือโลหะไฮโดรด์ (metal hydride) การใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะต้องศึกษาต้นทุนและผลผลิตที่ได้ ซึ่งจะต้องทำให้มีต้นทุนที่ต่ำและให้ผลผลิตสูงจึงสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังต้องมีการพัฒนาวิธีการผลิต การเปลี่ยนรูปแบบพลังงาน การจัดเก็บ การขนส่งและการนำไปใช้ประโยชน์

2.4.4 เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) เป็นการสร้างกระแสไฟฟ้าโดยใช้การรวมตัวกันของ H_2 และ O_2 พบว่ามีการใช้กันอย่างกว้างขวางในรถยนต์

2.4.5 ไดเมทิลอีเทอร์ (dimethyl ether) เป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจเนื่องจากมีความเหมาะสมกับความต้องการที่หลากหลาย เช่น การนำไปหุงต้มอาหาร การให้ความร้อน การนำไปผลิตเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งและการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ในประเทศจีนมีการนำ dimethyl ether จากถ่านหินมาใช้ประโยชน์ในการหุงต้มอาหารซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกับ LPG โดยในสภาวะปกติ dimethyl ether จะมีสถานะเป็นก๊าซซึ่งสามารถนำไปเก็บภายใต้ความดันที่ไม่รุนแรง นอกจากนี้ dimethyl ether ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้ เนื่องจาก dimethyl ether มีค่าซีเทนสูง(การจุดติดด้วยแรงอัด) การเผาไหม้ที่ปราศจากเขม่าและมีการปลดปล่อย NO_2 น้อยซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

2.4.6 ไบโอดีเซล (biodiesel) มีสมบัติคล้ายดีเซลปกติโดยสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ปกติได้ ซึ่งไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากพืชในตระกูลละหุ่ง ถั่วเหลือง ปาล์ม ดอกทานตะวัน น้ำมันจากสาหร่าย นอกจากนี้ ไบโอดีเซลยังสามารถผลิตได้จากน้ำมันประเภทต่างๆ ข้างต้นที่ผ่านการใช้งานมาแล้วได้อีกด้วย แต่มีการจำกัดอยู่เฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้นเนื่องจากตลาดมีขนาดเล็กและใช้ในบางท้องถิ่นเนื่องจากมีต้นทุนสูงและความสามารถในการผลิตไม่เพียงพอ โดยนำไปใช้ในการให้แสงสว่าง ปั๊มน้ำ ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีกำมะถันและอนุภาคขนาดเล็กรวมทั้งยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติด้วย ไบโอดีเซลเป็นสารในกลุ่ม monoalkylester ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา transesterification ระหว่าง triglyceride และ monohydric alcohol

2.4.7 ไบโอก๊าซ (biogas) สามารถผลิตได้จากการหมักโดยไม่ใช้ออกซิเจนของอินทรียวัตถุ มีระบบการผลิตที่ง่ายไม่สลับซับซ้อน สามารถผลิตได้ทั้งในระดับเล็กและใหญ่ ไบโอก๊าซนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการให้ความร้อนและใช้เครื่องยนต์ สามารถผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด เช่น มูลสัตว์และกากอุตสาหกรรม ในประเทศจีนประสบความสำเร็จในการผลิตไบโอก๊าซจากชีวมวลในระดับกลางและระดับใหญ่จากโรงงานอุตสาหกรรมและกากเหลือทิ้งอินทรีย์ ซึ่งทำในฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยการหมักที่อุณหภูมิห้องและมีการกำจัดกำมะถันออกก่อนนำไปใช้ จากนั้นนำสิ่งที่เหลือจากการผลิตไบโอก๊าซไปทำเป็นปุ๋ยได้อีกด้วยแต่ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องประสิทธิภาพของพลังงานเทคโนโลยีและความคุ้มทุน

2.5 คุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงชีวมวลที่จะนำมาใช้ผลิตพลังงาน

2.5.1 พลังงานและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล (energy content, heating value or calorific value) ค่าความร้อนสามารถวัดได้ง่ายที่สุดสำหรับการเผาไหม้โดยตรงโดยทำการวัดอุณหภูมิบริเวณเตาเผา แต่ค่าความร้อนที่นิยมนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพความร้อนสำหรับการเผาไหม้โดยตรงคือ heating value หรือ calorific value ซึ่งหมายถึงการนำชีวมวลไปเผาแล้ววิเคราะห์ว่าชีวมวลนั้นให้พลังงานปริมาณเท่าไร มีหน่วยเป็นกิโลจูล หรือ แคลอรี่ต่อชีวมวล 1 กิโลกรัม สหภาพยุโรปได้มีการแบ่งมาตรฐานประสิทธิภาพในการให้พลังงานออกเป็น 4 ระดับดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ระดับการปลดปล่อยพลังงานของชีวมวล[6]

ระดับ	ประสิทธิภาพการปลดปล่อยพลังงาน (%)
ระดับ 1	≥70
ระดับ 2	≥60<70
ระดับ 3	≥50<60
ระดับ 4	≥30<50

สำหรับการทำให้เกิดก๊าซนั้นค่าที่นิยมนำมาเปรียบเทียบเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของชีวมวลนั้น ได้แก่ ค่าความร้อน (heating value) ระหว่างชีวมวลที่ให้เข้าไปกับก๊าซที่ปล่อยออกมารวมทั้งพลังงานทางเคมี (chemical energy) ซึ่งคำนวณจากค่าความร้อนและอัตราส่วนขององค์ประกอบทางเคมี (mass fraction) ถ้าจะพิจารณาลงไปให้ละเอียดยิ่งขึ้นจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าต่างๆ ทาง stoichiometry ด้วย เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการคำนวณ (theoretical amount of oxygen)

ปริมาณของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ (air for ideal combustion) ปริมาณก๊าซแห้งที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณ (theoretical volume amount of dry waste gas) และค่าอื่นๆ ควรตรวจสอบองค์ประกอบชีวมวลที่มีผลต่อค่าทาง stoichiometry ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ซัลเฟอร์ (S) ไนโตรเจน (N) และน้ำ แล้วดูค่าการเผาไหม้ เช่น การวัดอุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบ (temperature of surrounding) และอุณหภูมิของก๊าซที่ไม่ได้ใช้ (waste gas temperature) แล้วนำไปวัดสมบัติการเผาไหม้ เช่น เชื้อเพลิงที่สูญเสียไป (flue loss) ประสิทธิภาพทางความร้อนในการเผาไหม้ (thermal technical effective of combustion) และปริมาณอากาศที่ต้องเติมเพิ่ม (air surplus amount) ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญสำหรับวัดการปลดปล่อยและประสิทธิภาพในการให้ความร้อน รวมทั้งยังทำให้ทราบถึงปริมาณออกไซด์ และอุณหภูมิของเตาอีกด้วย

2.5.2 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวล (Density) เชื้อเพลิงชีวมวลส่วนมากจะมีความหนาแน่นต่ำและมีความชื้นสูงไม่เหมาะสำหรับการนำไปเผาไหม้ทันที ต้องผ่านการทำให้มีความหนาแน่นสูงก่อน โดยการบีบอัดเป็นก้อนซึ่งจะทำให้การจัดการได้ง่ายขึ้น อีกทั้งลดจำนวนการขนส่งและการจัดเก็บลงได้ด้วย

2.5.3 ลักษณะทางเคมีของเชื้อเพลิงชีวมวล (chemical characteristic of biomass) สำหรับการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานโดยความร้อนวิธีใดก็ตาม เช่น การเผาไหม้โดยตรง การทำให้เกิดก๊าซและการเผาไหม้โดยไม่ใช้ออกซิเจน จะต้องมีการนำชีวมวลไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีก่อนทุกครั้ง ส่วนกระบวนการหมักและการใช้ปฏิกิริยาเคมีนั้นไม่ได้มีการวิเคราะห์โดยองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีนี้สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. องค์ประกอบพื้นฐานของธาตุต่างๆ (Elemental analysis) เช่น ร้อยละของ C, H, O และ N บางครั้งมีการหาค่าร้อยละของ S ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีน้อยและก่อให้เกิดสารพิษ ขณะเผาไหม้

2. องค์ประกอบทั่วไป (Proximate analysis) ที่นิยม คือ ความชื้นและปริมาณเถ้า รวมทั้งส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ที่สามารถหาได้ เช่น สารหอมระเหยและปริมาณคาร์บอนพื้นฐาน (fixed carbon) ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลชนิดต่างๆ

	Bagasse	Cane trash	Rice husk	Rice straw	Cassava rhizome	Corncob
	Proximate analysis (wt % as received)					
Moisture	50.73	9.20	8.20	10.00	59.40	7.00
Volatile	41.98	67.80	58.90	60.70	31.00	70.40
Fixed C	5.86	16.90	19.70	18.90	8.10	21.20
Ash	1.43	6.10	13.20	10.39	1.50	1.40
	Elemental analysis (wt % as received)					
C	21.33	41.60	39.10	38.17	18.76	43.70
H	3.06	5.08	4.59	5.02	2.48	5.21
N	0.12	0.40	0.18	0.18	0.32	0.19
O	23.29	37.42	34.70	35.28	17.50	42.50
	Palm oil fiber	Palm oil EFB	Palm oil shell	Rubber wood tree	Eucalyptus tree	Palm oil tree
	(Proximate analysis (wt % as received)					
Moisture	31.84	58.60	12.00	45.00	50.00	48.40
Volatile	48.61	30.44	68.20	45.70	35.00	38.70
Fixed C	13.20	8.04	16.30	7.71	11.95	11.70
Ash	6.35	2.92	3.50	1.59	3.05	1.20
	(Elemental analysis (wt% as received)					
C	31.35	15.11	44.44	15.56	13.26	23.89
H	4.57	1.51	5.01	3.19	2.65	3.04
N	0.02	2.57	0.28	0.14	0.19	0.56
O	25.63	19.13	34.70	24.48	20.85	22.91

2.5.4 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล (Physical characteristic of biomass) สำหรับการนำชีวมวลมาอัดเป็นก้อนเพื่อใช้เป็นพลังงานต้องมีการวิเคราะห์ค่าความคงทนและความแข็งแรงของมวลชีวภาพก้อนซึ่งค่าดังกล่าวเรียกว่า ค่าความทนต่อแรงอัด (compressive strength, ulimate stress) เป็นค่าความแข็งแรงทนทานของก้อนชีวมวลที่สร้างขึ้น ซึ่งค่านี้หาได้จากใช้น้ำหนัก 2 กิโลนิวตัน กดลงไปด้วยอัตรา 0.5 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งชีวมวลมีการแตกหรือหัก ค่าความทนต่อแรงอัดขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้โดยพบว่า ชีวมวลที่มีค่าความทนต่อแรงอัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

ได้ดังนี้ คือ แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว และผักตบชวา จะเห็นได้ว่าแกลบมีค่าความทนต่อแรงอัดสูง เนื่องจากซิลิกาในแกลบเปลี่ยนเป็นซิลิเกตซึ่งเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง นอกจากค่าความทนต่อแรงอัดแล้ว ยังมีค่าทางกายภาพที่สำคัญของก้อนชีวมวลคือ ค่าความเหนียว (Toughness)ซึ่งหมายถึงความสามารถของชีวมวลในการดูดพลังงานก่อนเกิดการแตก โดยความเหนียวนี้หมายรวมถึงความแข็งแรงและความยืด (%ความยาวก่อนการแตก)

2.5.5 ปริมาณก๊าซที่ปลดปล่อยออกมา (Amount of gas emission) เนื่องจากการใช้พลังงานจากชีวมวลมีเป้าหมายที่สำคัญคือ การลดปริมาณก๊าซพิษที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซต่างๆ ที่ปล่อยออกมา เช่น CO_2, CO, NO_x, O_2 และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งก๊าซเหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ปัจจุบันในทวีปยุโรปมีการกำหนดมาตรฐานไว้เป็นระดับต่างๆ สำหรับการปลดปล่อย CO จากการเผาไหม้ชีวมวล ดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องจาก CO เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนการปลดปล่อย NO_x นั้นไม่ได้มีกำหนดไว้เป็นมาตรฐานแต่อย่างใด แต่การปลดปล่อย NO_x และก๊าซชนิดอื่นๆ ควรจะให้มีปริมาณน้อยที่สุด โดยพบว่า การใช้ชีวมวลที่เป็นผลิตภัณฑ์จากพืชจะมีค่าการปลดปล่อย NO_x ที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2.6 ระดับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ระดับการปลดปล่อย CO	ปริมาณการปลดปล่อย CO (%) ที่ O_2 13%
ระดับ 1	≤0.3*
ระดับ 2	>0.3 ≤ 0.8*
ระดับ 3	>0.8 ≤1.0*

หมายเหตุ * 1 mg/m^3 = 0.0001 %

2.6 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553

ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553 [7] จะเห็นได้ว่า มีชีวมวล ชานอ้อย ยอดและใบอ้อย เป็นชีวมวลที่ได้จากอ้อยในโรงงานน้ำตาล แกลบและฟางข้าวเป็นชีวมวลที่ได้จากการสีข้าวในโรงสีข้าวและพื้นที่การเกษตร ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลังเป็นชีวมวลที่ได้จากมันสำปะหลังในพื้นที่การเกษตร ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทางปาล์ม ได้จาก การสกัดน้ำมันปาล์ม จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และพื้นที่การเกษตร เศษไม้ยางพารา และขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้จากการเลื่อยไม้ในโรงเลื่อยไม้ เป็นต้น ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553[7,8,9,10]

ชนิดชีวมวล	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลเหลือใช้(ตัน)	RPR
อ้อย	68,807,800	ชานอ้อย	20,642,340	0.303
		ยอดและใบ	16,513,872	0.24
ข้าว	22,180,000	แกลบ	5,101,400	0.226
		ฟางข้าว	26,394,200	1.109
ถั่วเหลือง	177,222	ลำต้นและใบ	357988.44	2.02
ข้าวโพด	4,454,445	ซังข้าวโพด	846,344.55	0.189
มันสำปะหลัง	22,005,740	ลำต้น	2640,688.8	0.121
		เหง้า	2,200,574	0.091
ปาล์มน้ำมัน	8,223,135	ทะลายปาล์ม	1,891,321.05	0.23
		เส้นใย	1,233,470.25	0.15
		กะลา	493,388.1	0.06
		ทางปาล์ม	2,220,246.45	0.27
มะพร้าว	1,298,000	ก้าน	597,080	0.336
		กาบ	441,320	0.336
		กะลา	116,820	0.093
ไม้ยางพารา	200,000,000	เศษไม้	3,600,000	0.101
		ขี้เลื่อย	8,000,000	0.04
รวม	302,729,897		93,291,053.64	

จากตารางที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าปริมาณชีวมวลที่เหลือใช้มีถึง 93,291,053.64 ตัน ดังนั้นหากประเมินศักยภาพของชีวมวลประเทศไทยจะอยู่ที่ประมาณ 7,973 MW ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทยปี 2553

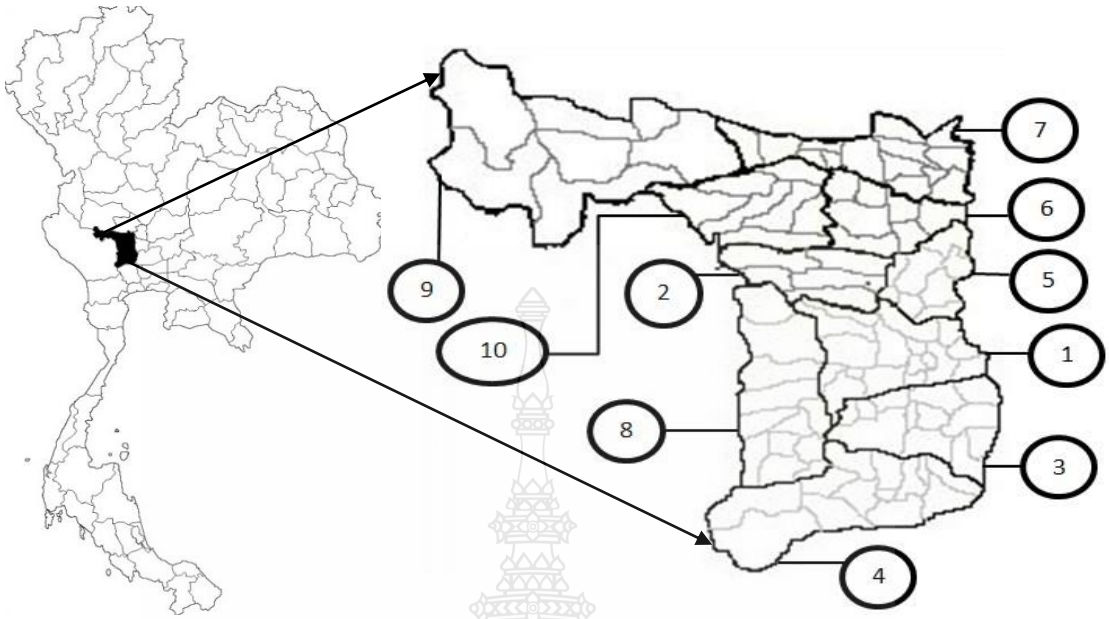
ประเภทของชีวมวล	กำลังไฟฟ้า (MW)
แกลบ	530
ฟางข้าว	2700
ชานอ้อย	1500
ยอด และใบอ้อย	1800
เส้นใย กะลา ทางปาล์ม และทลายปาล์มเปล่า	723
เศษไม้ยางพารา	720

ความเชื่อมั่นในศักยภาพของพลังงานจากชีวมวลในประเทศ ทำให้กระทรวงพลังงาน ตั้งเป้าหมาย ในปี 2554 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล จะต้องส่งเสริมให้ได้จำนวน 2,800 MW หรือคิดเป็นพลังงานได้ประมาณ 940 พันตันน้ำมันดิบ (Kilotons of oil equivalent :ktoe) สามารถใช้ผลิตพลังงานความร้อนเชิงพาณิชย์ได้ 3,660 พันตันน้ำมันดิบ

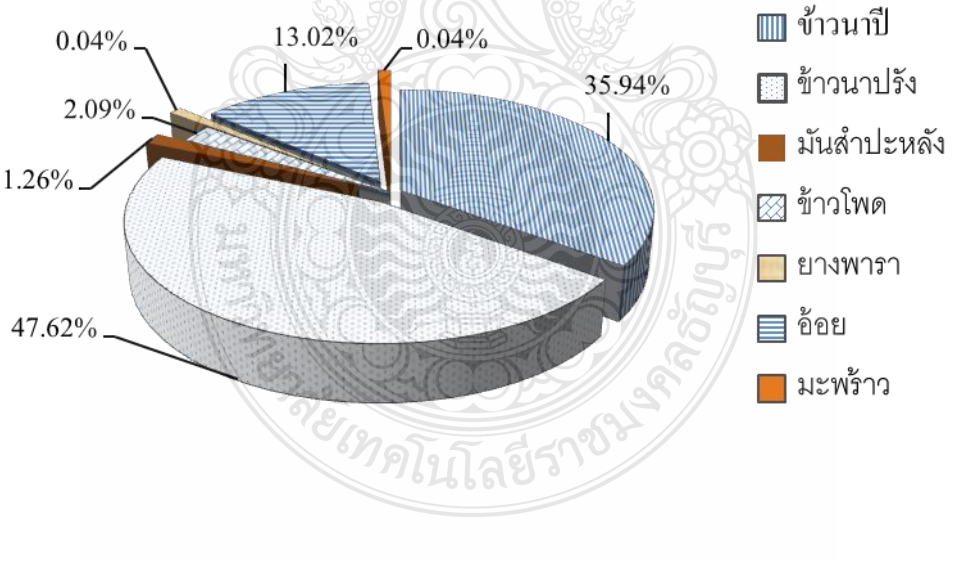
2.7 ข้อมูลจังหวัดสุพรรณบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นจังหวัดหนึ่งใน 25 จังหวัดของภาคกลางตะวันตกของประเทศไทย มีพื้นที่ทั้งหมด 5,358.008 ตร.กม. หรือ 3,348,755 ไร่ แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 10 อำเภอ โดยมีแผนที่และเนื้อที่แต่ละอำเภอ แสดงดังรูปที่ 2.1[11]

1) อำเภอเมืองสุพรรณบุรี มีเนื้อที่ 541.917 ตารางกิโลเมตร
2) อำเภอดอนเจดีย์ มีเนื้อที่ 252.081 ตารางกิโลเมตร
3) อำเภอบางปลาม้า มีเนื้อที่ 481.298 ตารางกิโลเมตร
4) อำเภอสองพี่น้อง มีเนื้อที่ 750.381 ตารางกิโลเมตร
5) อำเภอศรีประจันต์ มีเนื้อที่ 180.986 ตารางกิโลเมตร
6) อำเภอสามชุก มีเนื้อที่ 355.917 ตารางกิโลเมตร
7) อำเภอเดิมบางนางบวช มีเนื้อที่ 552.330 ตารางกิโลเมตร
8) อำเภออู่ทอง มีเนื้อที่ 630.290 ตารางกิโลเมตร
9) อำเภอด่านช้าง มีเนื้อที่ 1,193.599 ตารางกิโลเมตร
10)อำเภอหนองหญ้าไซ มีเนื้อที่ 420.209 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 2.1 แผนที่ของจังหวัดสุพรรณบุรี [11]



รูปที่ 2.2 เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสุพรรณบุรี ในปี 2551[12]

จากรูปที่ 2.2 เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจใน จังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งคิดเป็นสัดส่วนต่อพื้นที่ได้ดังนี้

เนื้อที่ปลูกข้าวนาปรัง	47.62 %
เนื้อที่ปลูกข้าวนาปี	35.94 %
เนื้อที่ปลูกอ้อยโรงงาน	13.02 %
เนื้อที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	2.09 %
เนื้อที่ปลูกมันสำปะหลัง	1.26 %

2.7.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตจังหวัดสุพรรณบุรี

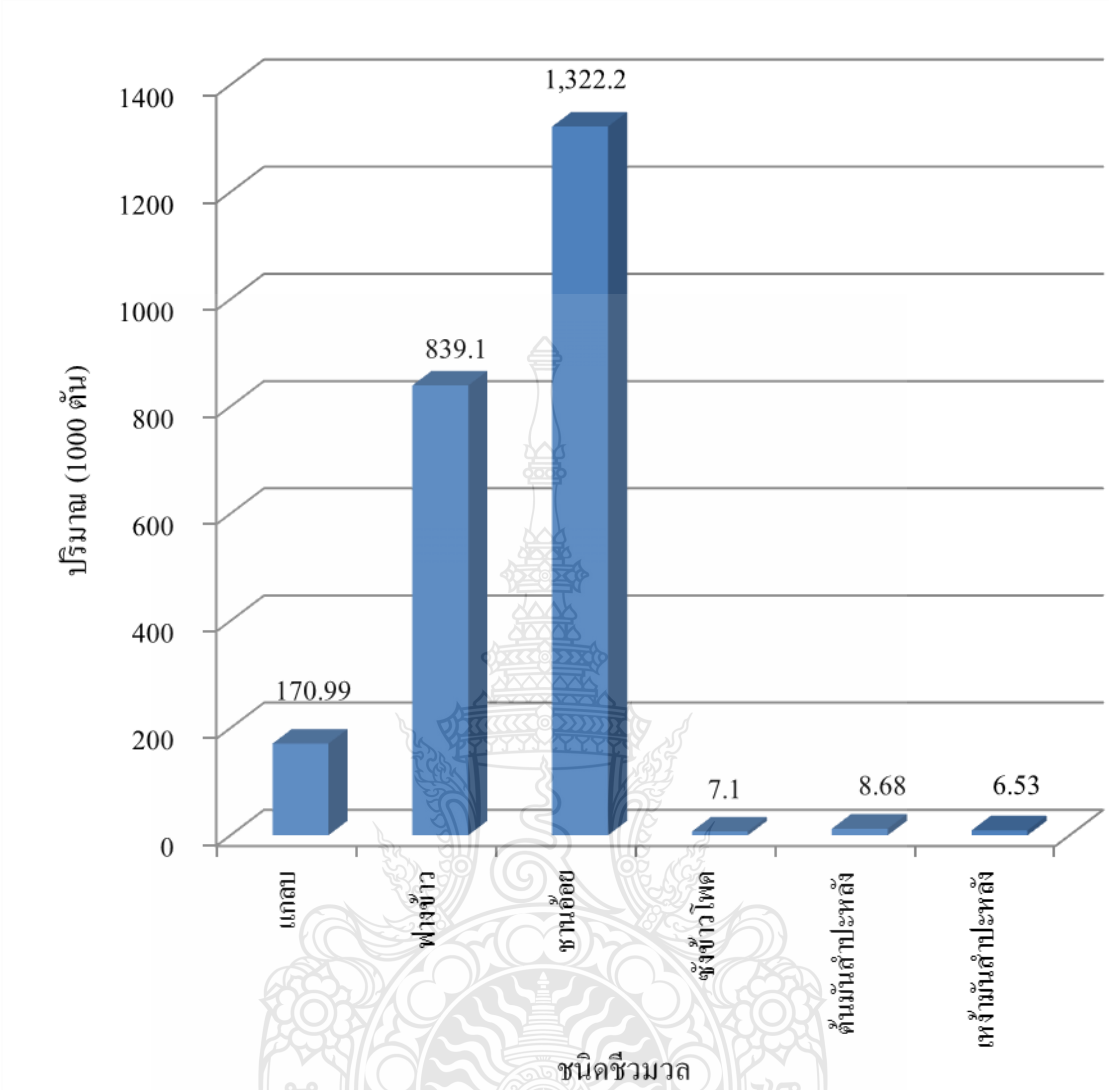
1.ข้าวพื้นที่เพาะปลูกข้าวของจังหวัดในปี 2553 มีประมาณ 2.1ล้านไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกทั้งข้าวนาปี และข้าวนาปรัง ข้าวนาปีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี ปี2552/53 จำนวน1,505,919ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 840 กก./ไร่ ผลผลิตรวม 756,586ตัน ข้าวนาปรังพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง ปี2553 จำนวน 1,458,501 ไร่ ผลผลิต 767 กก./ไร่ ผลผลิตรวม 578,333 ตัน

2. อ้อยโรงงานพื้นที่เพาะปลูกปี 2553มีจำนวน 613,435ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 11,463 ตัน/ไร่ ผลผลิตรวม 4,363,623 ตัน

3. มันสำปะหลังพื้นที่เพราะปลูก ปี 2553มีจำนวน 84,881ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 3,612 ตัน/ไร่ ผลผลิตรวม 100,700 ตัน

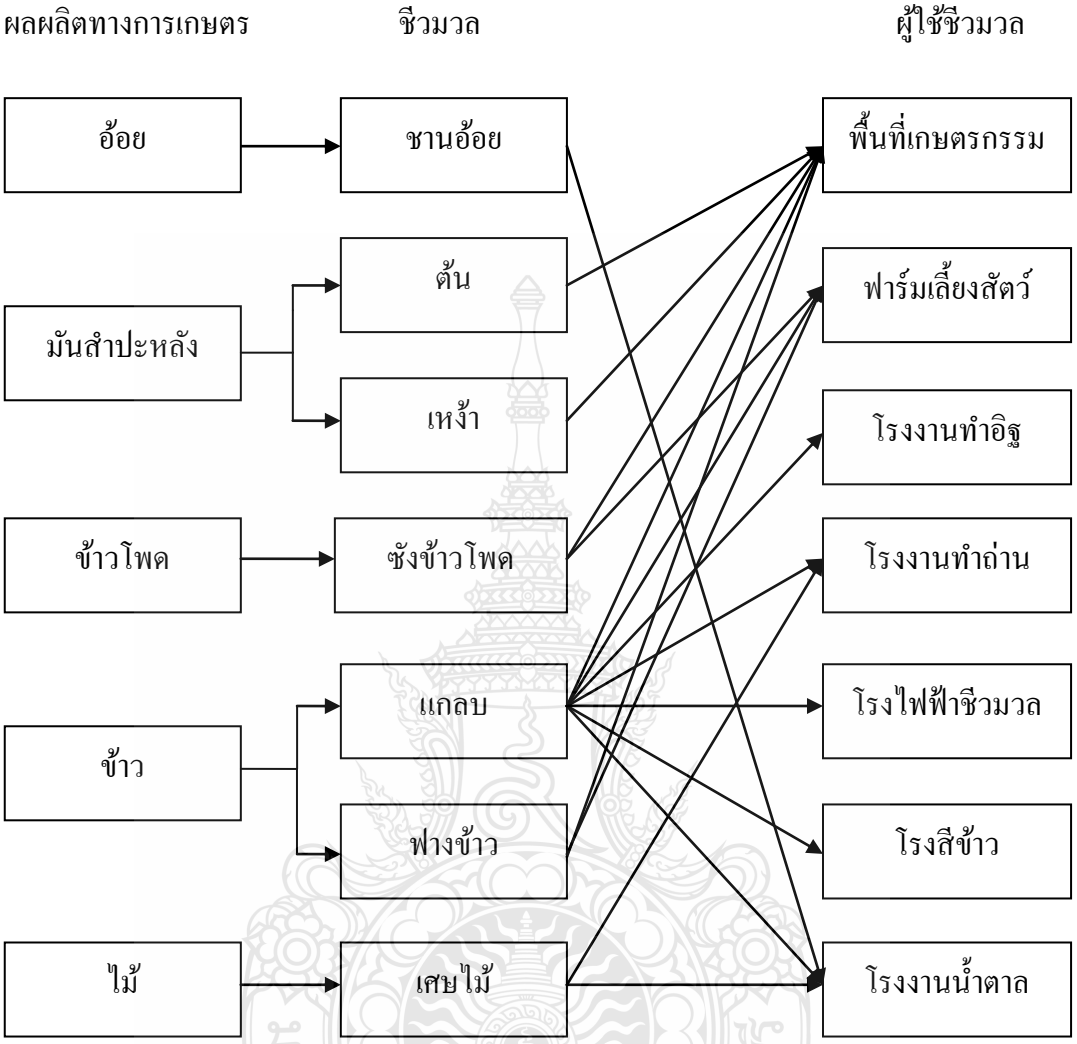
4. ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์พื้นที่เพาะปลูกปี 2552 มีจำนวน 57,635ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 667 ตัน/ไร่ ผลผลิตรวม 37,347 ตัน

ดังนั้นชีวมวลที่ได้จากพืชเศรษฐกิจหลักจะประกอบด้วย แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นและเหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด ปริมาณของชีวมวลชนิดต่างๆ (ยกเว้นเศษวัสดุที่ได้จากไม้) ปริมาณชีวมวลที่ได้จากพืชเศรษฐกิจจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงดังรูปที่ 2.13[12 ,13]



รูปที่ 2.3 ปริมาณชีวมวลที่ได้จากพืชเศรษฐกิจจังหวัดสุพรรณบุรี

2.7.3 แผนภาพการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี



รูปที่ 2.4 แผนภาพการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี [14]

ในรูปที่ 2.4 ชีวมวลที่ได้จากข้าวคือแกลบและฟางข้าว ชีวมวลที่ได้จากอ้อยคือ ชานอ้อย ชีวมวลที่ได้จากมันสำปะหลัง คือต้นและเหง้ามันสำปะหลังชีวมวลที่ได้จากข้าวโพดคือซังข้าวโพด และชีวมวลที่ได้จากไม้คือเศษไม้ โรงงานอุตสาหกรรมทุกโรงงานใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ฟางข้าวถูกใช้ในโรงเลี้ยงสัตว์และพื้นที่เกษตรกรรม ชานอ้อยทั้งหมดถูกใช้ในโรงงานน้ำตาลซึ่งถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าและผลิตความร้อน ต้นและเหง้ามันสำปะหลังถูกทิ้งไว้ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง เศษไม้ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาลและโรงงานทำถ่าน

2.8 ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับระบบฐานข้อมูล[15]

Petri net คือ การใช้การแสดงผลโดยเส้นและเครื่องมือสร้างในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆ ระบบ Petri net เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากสำหรับในการอธิบายและศึกษาข้อมูลกระบวนการต่างๆ ในระบบในลักษณะของการบรรจบกัน การเข้าจังหวะ การกระจายข้อมูล แบบขนาน nondeterministic รวมทั้ง stochastic [16] แบบจำลอง Petri net จะใช้ในการจัดการข้อมูลจากแอพพลิเคชั่นต่างๆ ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และเสนอกระบวนการในการจัดการกับข้อมูล

2.8.1 Petri net มีองค์ประกอบ ด้วยกัน 5 องค์ประกอบ [17]

P เรียกว่า Place ใช้สัญลักษณ์แทนรูปภาพคือ วงกลม ใช้แทนสถานการณ์ที่เป็นอยู่สภาพพร้อมการทำงาน

T เรียกว่า Transition ใช้สัญลักษณ์แทนรูปภาพคือ สี่เหลี่ยม แทนกิจกรรมและเวลาของกิจกรรมที่ทำตามในขั้นตอนนั้นๆ

F เรียกว่า Arc ใช้สัญลักษณ์แทนรูปภาพคือ ลูกศร แทนการเชื่อมโยงเข้าด้วยกันระหว่าง Place กับ Transition และ Transition กับ Place ใช้สำหรับ Token ผ่านไปยังทิศทางที่ต้องการ Arc จะต้องออก Place ไปยัง Transition เรียกว่า Pre-Arc แล้วออกจาก Transitionไปยัง Place ใดๆ เรียกว่า Post-Arc ต่อไป

W เรียกว่า weight function คือจำนวนที่ยอมให้ Token สามารถผ่าน Arc ไปได้โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่บนลูกศร

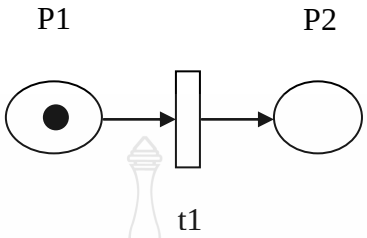
Mo เรียกว่า Initial Maikingใช้สัญลักษณ์แทนวงกลมสีดำหรือจุดสีดำ คือกำหนดจำนวน Tokensขณะเริ่มต้นให้แก่ Place ต่างๆ โดยในขณะทำการจำลอง Token สามารถจะมีจำนวนลดลงเรื่อยๆเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ใน PLACE หนึ่งๆ ได้

2.8.2 กฎโดยทั่วไป [18]

Token จะอยู่ได้ใน Place เท่านั้นจำนวน Token ที่ Place สามารถรองรับได้เรียกว่า Capacity จำนวน Token ที่อยู่ใน Place จริงๆ ขณะหนึ่งเรียกว่า Marking (M)เมื่อ Tokens ผ่านเข้าไป Transition และออกจาก Transition ได้เรียกว่า เกิดการ Fires ณ Transition นั้น (การเคลื่อนที่ไปของ Tokens โดยแต่ละ P ก่อนหน้าจะลดจำนวน Tokens ลงเท่าจำนวน weight ใน Pre-Arc และ P ตามหลังจะลดจำนวน Tokens เท่า weight ใน Post-Arc ก่อนจะเกิดการ Fire ตัว Transition นั้นจะต้องมีคุณสมบัติครบก่อน (ถูก Enabled) จึงจะเกิดการ Fire ได้

1. ตัวชนิดของ Petri net

1. Petri net ดั้งเดิม (Original Petri nets) จะยอมให้เฉพาะ 1 Token เท่านั้นที่ลด/เพิ่มจาก Placeเมื่อเกิดการ Fire



รูปที่ 2.5 Petri net ก่อนการเกิด Fire

แบบจำลอง นี้

มี 2 Place คือ P1,P2

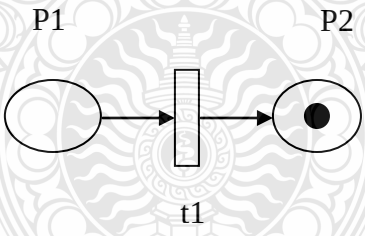
มี 1 Transition คือ T1

P1 มีจำนวน Token (วงกลมสีดำ) M(p1)=1

P2 ไม่มีจำนวน Token (วงกลมสีดำ) M(p2)=0

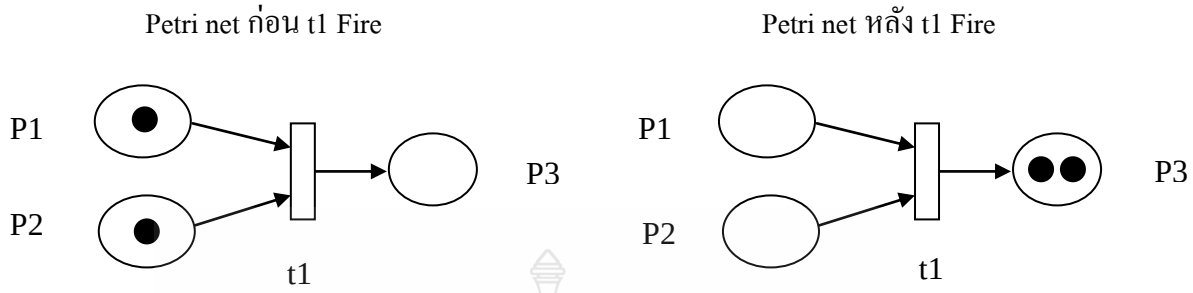
ค่า weight ของ Arc ทั้งสอง เมื่อไม่กำหนดมีค่าปกติ(Default) คือ 1

เมื่อ Transition T1 เกิดการ Fire มีรูปดังภาพ



รูปที่ 2.6 Petri net หลังการเกิด Fire

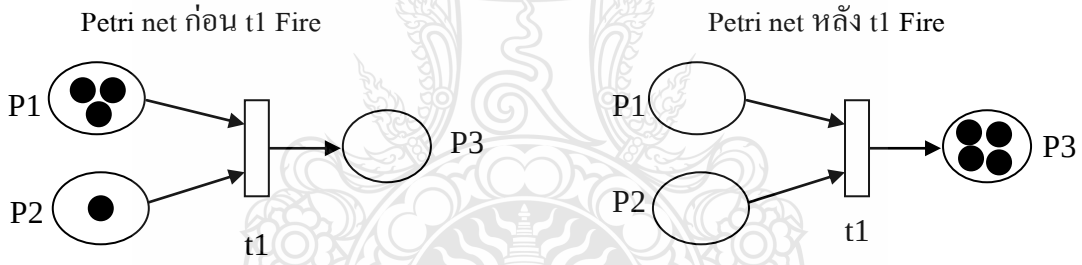
จากภาพ คือ P1 จะเชื่อมต่อด้วย Pre-Arc ไปยัง T1 จะลด Token ออกจาก P1 ทำให้ Token ใน P1หมดไป และ P2 จะรับ Token ซึ่งจากผลผลิตเข้ามาเท่ากับ 1



รูปที่ 2.7 Petri net การ Fire ก่อนและหลัง

จากภาพ P1 และ P2 ซึ่งเชื่อมด้วย Arc ไปยัง T1 จะลด Token ออกจาก P1,P2 อย่างละ 1 ทำให้Token ใน P1 และP2 หมดไป P3 จะรับ Token ซึ่งจากผลผลิตของ t1 เข้ามาจำนวน 1 Token

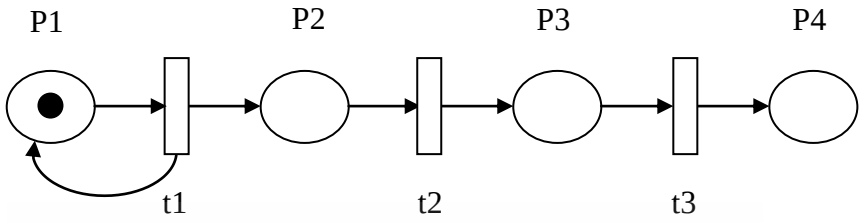
2. Petri net ชนิดกำหนดน้ำหนัก (Weight Petri nets) จะยอมให้ Token ลด/เพิ่มจาก Place ตามจำนวน Weight ของ Arc เมื่อ t1 เกิดการ Fire



รูปที่ 2.8 Petri net การ Fire ก่อนและหลัง

จากภาพ P1 และ P2 ซึ่งเชื่อมด้วย Arc ไปยัง T1 จะลด Token ออกจาก P1,P2 อย่างละ 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อเกิดการ Fires โดยเกิดกิจกรรมใน T1 แล้วจะเกิดผลผลิตมีจำนวน Weight ของ Arc ที่เชื่อมไปยัง P3 คือ 4 P3 จะรับ Token P3 จะรับ Token ซึ่งจากผลผลิตของ P1 เข้ามา 4 จำนวน

แสดงการนับกระป๋องจำนวน 5 กระป๋องแล้วส่งสัญญาณไปยังผู้ควบคุม



รูปที่ 2.9 Petri net การแสดงการนับกระป๋อง

P1 คือ กระป๋องถูกเตรียมไว้ในวงจรการประกอบ
P2 คือ สถานที่เก็บกระป๋องที่ละ 1 จนครบ 5 กระป๋องไปยัง P3 ต่อไป
P3 คือ ตัวรับสัญญาณนับจำนวนครั้ง
P4 คือ สิ้นสุดการนับสัญญาณ
T1 คือ ตัวตรวจกระป๋องผ่านไปที่ละ 1
T2 คือ การเปิดสัญญาณให้ผ่านไป 1 ครั้ง
T3 คือ ตัวแทนการปิดสัญญาณ

3. Petri net ที่มีการกำหนดเวลา (Timed Petri nets) การกำหนดองค์ประกอบต่างๆ จะเหมือน 2 ชนิดที่ผ่านมาโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้นเวลาในเพทริเน็ตชนิดนี้ สามารถกำหนดไว้ในองค์ประกอบดังนี้

Tokens, Places, Transition

4. Petri net ที่มีการกำหนดชนิดของ Token (Colored Petri nets) ตัว tokens สามารถแยกได้เป็นหลายชนิดโดยแยกตามสี(ชนิด) ที่กำหนดไว้ใน tokens จึงเรียกว่า Colored Petri nets ตัว tokens สีหนึ่งๆ จะเป็นตัวแทนของวัตถุหนึ่งๆ เช่น ทรัพยากร อาหาร คนงาน เป็นต้น โดยทำงานร่วมกันในแบบจำลอง

5 . Petri net ที่มีเป็นลำดับขั้น (Hierarchical Petri nets) โดยมากจะมีในระบบใหญ่และซับซ้อน โดยมีการกำหนดระบบย่อยที่เรียกว่า Subnet รวมกันเกิดเป็นระบบใหญ่ ตัว Subnet หนึ่งๆ จะถูกกำหนดไว้ในกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งบางโปรแกรมจะกำหนดไว้ใน Transition หนึ่งของระบบใหญ่เป็นต้น

2.9 บทสรุป

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ประกอบไปด้วย

1. แหล่งสำคัญของพลังงานจากชีวมวล
2. เทคโนโลยีที่สำคัญในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน
3. การนำพลังงานชีวมวลไปใช้ประโยชน์
4. คุณสมบัติสำคัญของเชื้อเพลิงชีวมวลที่จะนำมาใช้ผลิตพลังงาน
5. ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2553
6. ข้อมูลจังหวัดสุพรรณบุรี
7. ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับระบบฐานข้อมูล

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลและนำเสนอวิธีการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และส่วนที่ 2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับในระบบอุปสงค์- อุปทานด้านพลังงาน

3.1.2 ศึกษาและทำความเข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานในแบบเดิม

3.1.3 วิเคราะห์และเสนอวิธีการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

3.1.4 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

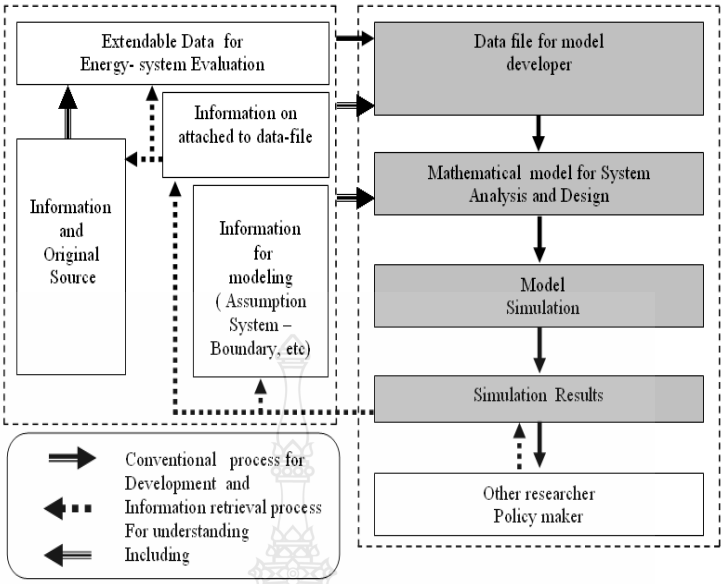
3.1.5 สร้างแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล

3.1.6 ทดสอบวิธีระบบการจัดการฐานข้อมูล(ตามบทที่ 4)

3.1.7 สรุปผลการดำเนินงาน

3. 2 ศึกษาและทำความเข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานในแบบเดิม

จากการศึกษาและทำความเข้าใจกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงานในแบบเดิมและผู้ที่ทำและพัฒนาขึ้นมาแล้วนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 บล็อกสีเทา แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเดิม (บล๊อกสีเทา)นั้น ผู้พัฒนาแบบจำลองจะใช้ข้อมูลต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลอง และทำการจำลอง โดยใช้โปรแกรมต่าง ๆ และได้ผลการจำลองมา ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเดิมนั้นจะเห็นว่าเป็นการยากและใช้เวลานานในการทำความเข้าใจกับผลการจำลองที่ได้ เนื่องจากรายละเอียดของแบบจำลอง เช่น สมมติฐาน ข้อจำกัดหรือขอบเขตต่าง ๆ



รูปที่ 3.1 กรอบแนวทางในการพัฒนาแบบจำลอง

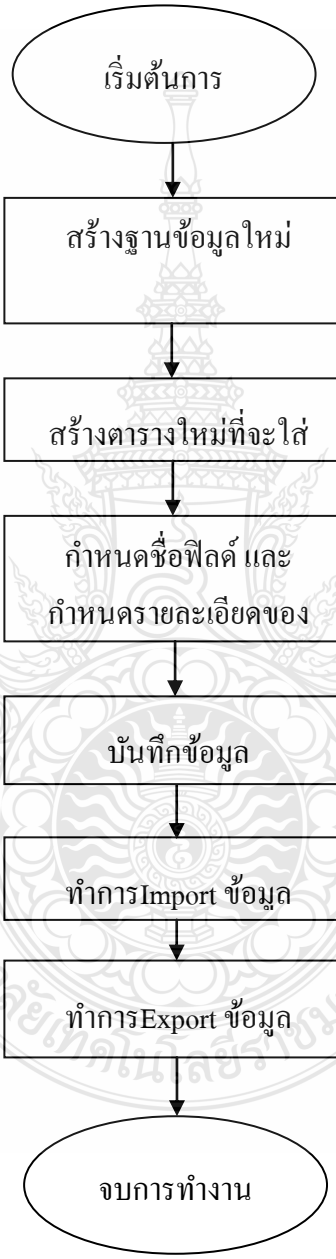
3.3 วิเคราะห์และเสนอวิธีการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

สำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบใหม่ที่นำเสนอนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (บล็อกสีขาว) ผู้ที่จะนำผลการจำลองไปใช้หรือผู้ที่จะนำไปพัฒนาต่อ สามารถทำความเข้าใจแบบจำลองและผลที่ได้จากแบบจำลองได้โดยการติดตามจากผลการจำลองย้อนกลับไปที่ข้อมูลและข้อสมมุติฐานในการสร้างแบบจำลอง ที่แนบมากับแบบจำลองและยังสามารถดูรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แนบมากับพารามิเตอร์นั้น ๆ และยังสามารถย้อนกลับไปดูเอกสารอ้างอิงของพารามิเตอร์นั้น ๆ “Including” ในรูปที่ 3.1 หมายถึงรายละเอียดของพารามิเตอร์ เอกสารอ้างอิง และรายละเอียดของแบบจำลอง เช่น สมมุติฐาน ข้อจำกัดของแบบจำลองรวมอยู่ใน ไฟล์ข้อมูล ฐานข้อมูล และแบบจำลอง ตามลำดับ

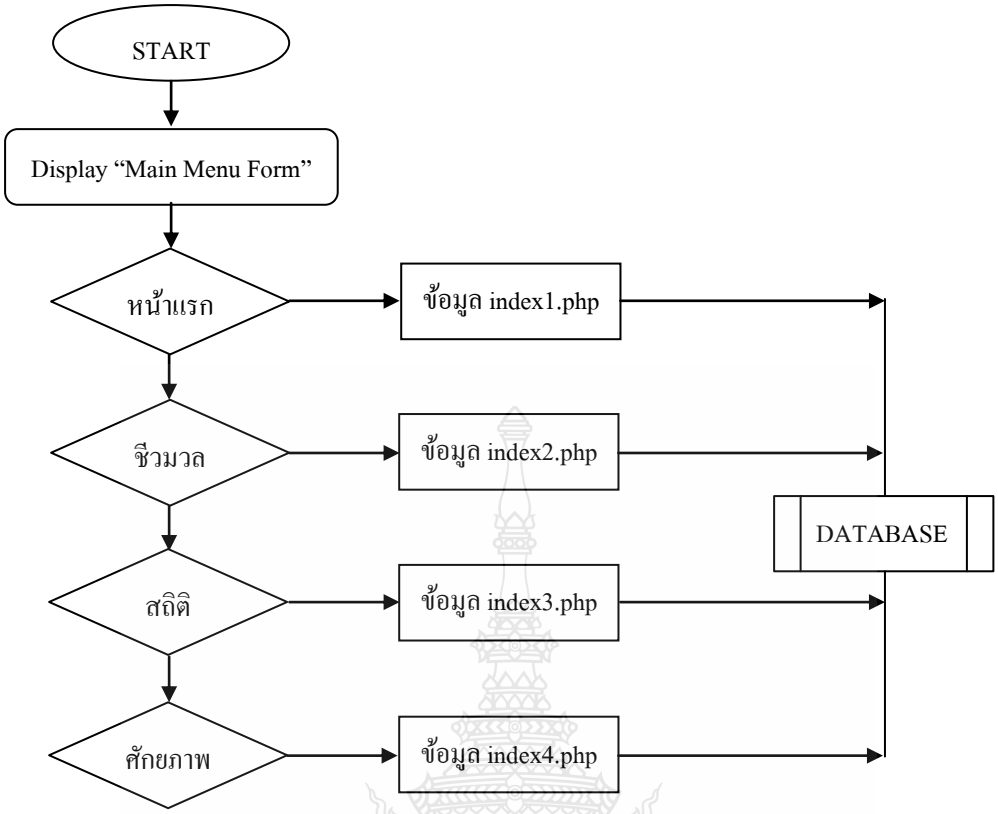
ดังนั้นจากการศึกษาและเสนอแนวทางในระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน โดยจะทำการสร้างฐานข้อมูลและแบบจำลองการใช้ชีวมวลของจังหวัดสุพรรณบุรีขึ้นมาเพื่อเป็นกรณีศึกษา โดยการนำทฤษฎีพื้นฐานของ Petri net ที่ได้ศึกษามาจากบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.8 มาประยุกต์ใช้เพื่อเสนอระบบการจัดการฐานข้อมูลดังต่อไปนี้

3.4 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูล

ในการนำเสนอระบบการจัดการฐานข้อมูลนั้นตามกรอบแนวทางในการพัฒนาในรูปที่ 3.1 นั้น ขั้นตอนแรกเริ่มจากการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงาน เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองการใช้ชีวมวลของจังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานส่วนฐานข้อมูลดังภาพที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของฐานข้อมูล



รูปที่ 3.3 แผนภาพขั้นตอนการทำเว็บไซต์

3.4.1 ตัวอย่างฐานข้อมูล

รูปที่ 3.4 รูปที่ 3.5 รูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 ตามลำดับ การนำข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองมาจัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อเสนอระบบการจัดการฐานข้อมูล จากภาพด้านล่างจะแสดงข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล ประกอบด้วย id คือจำนวนฟิลด์ subject คือหัวข้อ data คือ ข้อมูลและpic คือรูปภาพ ส่วนที่เป็นรูปดินสอ คือ สามารถแก้ไขหรือเพิ่มข้อมูลได้อีก ส่วนกากบาทนั้นเป็นส่วนที่จะลบข้อมูล

←T→	id	subject	data
	1	ความเป็นมาและความสำคัญ	การวางแผนการพัฒนาการเศรษฐกิจของชาติทางด้านการวางแ...
	2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1.เพื่อศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณ...

รูปที่ 3.4 ข้อมูลหน้าแรกอยู่ในฐานข้อมูล

←T→	id	name	type	ratio
	1	Rice	Rice husk	0.23
	2	Rice	Rice straw	1.19
	3	Corn	Corncob	0.19
	4	Cassava	Stalk	0.12
	5	Cassava	Rhizome	0.10
	6	Sugarcane	Bagasse	0.30
	7	Sugarcane	Trash	0.24
	8	Pala rubber	Saw dust	0.03
	9	Pala rubber	Rubber	0.10
	10	Oil palm	EFB	0.23
	11	Oil palm	Fiber	0.15
	12	Oil palm	Shells	0.06
	13	Oil palm	Fronds	0.27

รูปที่ 3.5 ข้อมูลในส่วนของค่าสัดส่วนชีวมวลที่อยู่ในฐานข้อมูล

←T→	id	name	number	note
	1	CastorBeanOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	2	CoconutOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	3	GroundNutOi	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	4	MungBeanOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	5	PalmOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	6	SesameOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	7	SorghumOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	8	SoyBeanOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	9	SunflowerOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	10	JatrophaOil	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	11	Molasses	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	12	SugarCaneJuice	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	13	Cassava	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	14	CORN	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	15	GroundNut	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	16	MungBean	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	17	PearlBarley	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	18	Sorghum	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	19	SoyBean	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	20	Bagasse	0.95	This data was assumped for using in supply demand ...
	21	CassavaStalk	0.8	This data was quote from Stusdt and Estimation Bio...
	22	CassavaRhizome	0.8	This data was quote from Stusdt and Estimation Bio...
	23	CoconutHusk	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	24	CoconutShell	0.8	This data was quote from Stusdt and Estimation Bio...
	25	CornCob	0.9	This data was quote from Stusdt and Estimation Bio...
	26	CottonHusk	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	27	CottonStalk	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	28	GroundNutShell	1	This data was assumped for using in supply demand ...
	29	PalmEFB	0.9	This data was quote from Stusdt and Estimation Bio...
	30	PalmFiber	1	This data was assumped for using in supply demand ...

รูปที่ 3.6 ข้อมูลในส่วนของค่าสัดส่วนการใช้งานที่อยู่ในฐานข้อมูล

	id	name	type	lhv
	1	Rice	Rice husk	14.27
	2	Rice	Rice straw	10.24
	3	Corn	Corncob	18.04
	4	Cassava	Stalk	18.42
	5	Cassava	Rhizome	18.42
	6	Sugarcane	Bagasse	14.40
	7	Sugarcane	Trash	17.39
	8	Pala rubber	Saw dust	14.98
	9	Pala rubber	Rubber	14.98
	10	Oil palm	EFB	17.86
	11	Oil palm	Fiber	17.62
	12	Oil palm	Shells	18.46
	13	Oil palm	Fronds	9.83

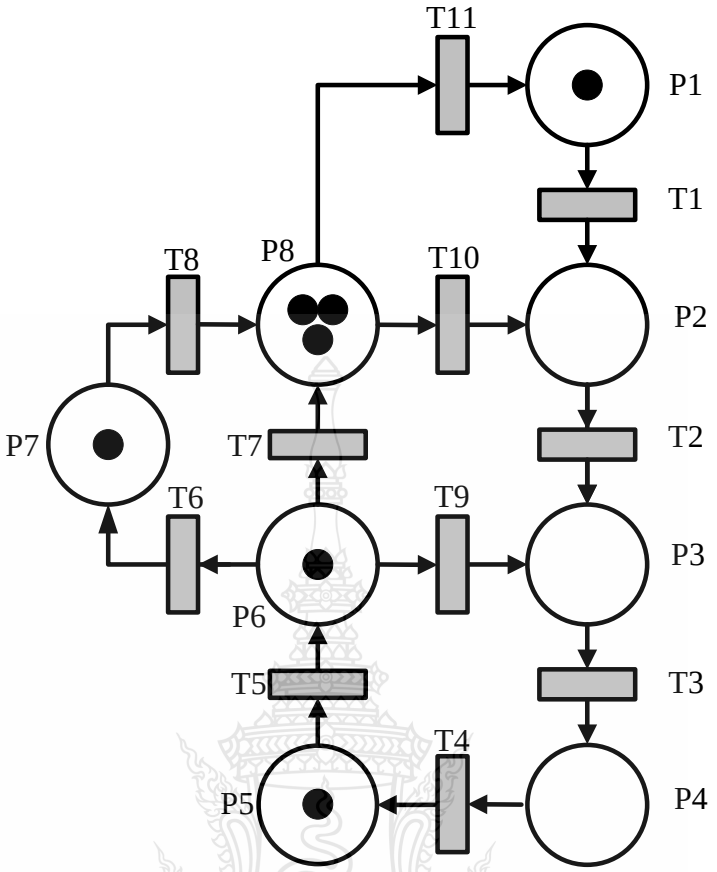
รูปที่ 3.7 ข้อมูลในส่วนของค่าความร้อนที่อยู่ในฐานข้อมูล

3.4.2 การประยุกต์ใช้ Petri net มานำเสนอวิธีการจัดการกับฐานข้อมูล

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำเอาทฤษฎีพื้นฐานของ(เพทริเนท) Petri net ที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.8 นั้น มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลร่วมกับการจัดการฐานข้อมูล เพื่อนำไปสู่รายละเอียดของพารามิเตอร์ (เพทริเนท) Petri net คือ การใช้การแสดงผลโดยเส้นและเครื่องมือสร้างในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆ และระบบ Petri net เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอธิบายและศึกษาข้อมูลกระบวนการต่างๆ ในระบบในลักษณะของการบรรจบกัน,การเข้าจังหวะ, การกระจายข้อมูล โดย Petri net สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด

3.4.3 โครงสร้างของ Petri net ร่วมกับฐานข้อมูล

การนำเอาทฤษฎีพื้นฐานของ (เพทริเนท) Petri net มาประยุกต์ใช้ในครั้งนี้ ลักษณะดังรูปที่ 3.8 ผู้วิจัยได้นำเสนอโครงสร้าง (เพทริเนท) Petri net มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลร่วมกับระบบการจัดการฐานข้อมูล ในภาพเป็นลักษณะโครงสร้างภายในฐานข้อมูล ที่นำไปสู่ข้อมูลรายละเอียดของพารามิเตอร์ และอธิบายการทำงานของกระบวนการ Petri net



รูปที่ 3.8 รูปแบบของ Petri net

โครงสร้างของ Petri net อธิบายถึง ลักษณะการทำงานภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล

Place (P8) แทน ฐานข้อมูล

Transition (T) แทน การเชื่อมโยงของข้อมูล

Token ● แทน ข้อความ (ข้อมูล)

Arc ⟶ แทน การกำหนดทิศทาง

จากรูปที่ 3.8 Place จะแทนโดยรูปวงกลม Transition จะแทนด้วยบัสหรือสี่เหลี่ยมโดยที่ Place และTransition จะเชื่อมต่อกันโดย arc ซึ่งใน arc นี้ก็จะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ arc ที่ต่อจาก Place ไป Transition จาก T ไป P ในรูปที่ 3.8 จะมี 8 Place ,8 Transition และ 22 arc เราจะเรียก Place ว่า P ในโครงสร้างนี้จะมี P={P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8}เซ็ตของ Transitionคือ T= {T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11} กำหนดให้ PlaceP8แทนด้วยฐานข้อมูลที่ใช้เก็บรายละเอียดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี เรียกว่า Place ต้นทาง Input Place

ของ T8 เพราะเป็นการรวมข้อมูลเข้าด้วยกันโดยตรงจาก P5,P6,P7 ไป P8 Place P4 เป็น Place ปลายทางจะแทนด้วยผลจากการจำลองหรือ Output Place ของ P3 เนื่องจาก Place ที่ถูกเชื่อมจาก T3 ไปยัง P5 ส่วน Transition ที่ไม่มี Input Place การทำเครื่องหมาย ในรูปที่ 3.8 จะเป็นการแสดงถึงการ Marked ของ Petri net ซึ่งแต่ละ Place จะบรรจุด้วยค่าจำนวนเต็มบวก คือ Token ในที่นี้ คือ ข้อมูล(รายละเอียดข้อมูลต่างๆ) โดยเรากำหนดให้เป็นไปตามกรอบแนวคิดในหัวข้อที่ 3.1 ของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ส่วนการส่งผ่าน Token ของ ทรานซิสชั่น หมายถึง การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงของ Token ที่อยู่ ใน Place แรกและการเคลื่อนที่ไปยัง Place อื่นๆ โดยผ่าน Transition เมื่อเทียบกับระบบของจำลอง ได้ว่ามีเงื่อนไขที่จะกระจายข้อมูลในลักษณะไหน ผลที่ได้จากเงื่อนไขนี้ก็คือ Transition จะบอกได้ว่า enable (พร้อมที่จะทำ firing) เมื่อถูก Input Place Pไป t มีจำนวน token อย่างน้อย W(p,t) เท่ากับ Weight ของ arc จาก p ไป t (Pre arc) ในที่ก็คือ การกำหนดให้ข้อมูลนั้นอยู่ในฐานข้อมูลเดียวกัน Transition ที่ enable จะทำ firing หรือไม่ก็ได้การ firing สำหรับ enable transition t จะย้าย token จำนวน W(p,t) สำหรับแต่ละ Input place p ของ t และจะสร้าง token W(p,t) ให้แต่ละ Output Place p ไป t ซึ่ง W(p,t) คือ Weight ของแต่ละ arc จาก t ไป p คือ การกำหนด weight เพื่อให้สามารถย้อนกลับไปดูผลและรายละเอียดข้อมูลของพารามิเตอร์(ซึ่งการทดสอบกล่าวในบทที่ 4)

3.5 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี

แบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยจำลองลักษณะการใช้ประโยชน์จากชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยนำพฤติกรรมการใช้ชีวมวลของชาวบ้านและโรงงานอุตสาหกรรมมาสร้างเป็นแบบจำลองและทำการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นมาโดยพิจารณาจากค่าการขนส่งชีวมวล ซึ่งปริมาณชีวมวลแต่ละชนิดของจังหวัดสุพรรณบุรีจะคำนวณจากปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัด กำลังการผลิตสูงสุดของโรงสีและโรงงานน้ำตาล

ในแบบจำลองจะพิจารณาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งชีวมวลจากแหล่งผลิตชีวมวลซึ่งในแบบจำลองนี้จะสมมุติให้จุดศูนย์กลางของแต่ละตำบลเป็นแหล่งรวบรวมชีวมวลของตำบลนั้น ๆ ไปยังผู้ใช้ชีวมวลโดยตำแหน่งของแหล่งชีวมวลและผู้ใช้ชีวมวลจะถูกสมมติขึ้นมา แสดงในตารางที่ 3.1

3.5.1 แหล่งของชีวมวลในตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลองมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง

SPSubDistrict	DMSubDistrict	ตำบล
SPThaPiLiang	DMThaPiLiang	ท่าพี่เลี้ยง
SPRuaYai	DMRuaYai	รั้วใหญ่
SPThapTiLek	DMThapTiLek	ทับตีเหล็ก
SPDonKamYan	DMDonKamYan	ดอนกำยาน
SPBangKung	DMBangKung	บางกุ้ง
SPPhiHanDaeng	DMPhiHanDaeng	พิหารแดง
SPThaRaHat	DMThaRaHat	ท่าระหัด
SPPhaiKhwang	DMPhaiKhwang	ไผ่ขวาง
SPKhokKhoThao	DMKhokKhoThao	โคกโคเฒ่า
SPDonTan	DMDonTan	ดอนตาล
SPDonMaSang	DMDonMaSang	ดอนมะสังข์
SPDonPhoThong	DMDonPhoThong	ดอนโพธิ์ทอง
SPBanPho	DMBanPho	บ้านโพธิ์
SPSaKaeo	DMSaKaeo	สระแก้ว
SPTalingChan	DMTalingChan	ตลิ่งชัน
SPSalaKhao	DMSalaKhao	ศาลาขาว
SPSanamChai	DMSanamChai	สนามชัย
SPPhoPraYa	DMPhoPraYa	โพธิ์พระยา
SPSanamKli	DMSanamKli	สนามคลี่
SPYangNon	DMYangNon	ยางนอน
SPPaSaKae	DMPaSaKae	ป่าสะแก
SPWangSiRat	DMWangSiRat	วังศรีราช

SPSubDistrict : แหล่งผลิตผลทางการเกษตรระบุเป็นตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี

DMSubDistrict : ผู้ใช้ชีวมวลระบุเป็นตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง

SPSubDistrict	DMSubDistrict	ตำบล
SPHuana	DMHuana	หัวนา
SPKhaoPra	DMKhaoPra	เขาพระ
SPWangWa	DMWangWa	วังหว้า
SPBangNgam	DMBangNgam	บางงาม
SPSriPraChan	DMSriPraChan	ศรีประจันต์
SPBanKrang	DMBanKrang	บ้านกร่าง
SPMotDaeng	DMMotDaeng	มดแดง
SPDonPru	DMDonPru	ดอนปรู
SPPlaiNa	DMPlaiNa	ปลายนา
SPWangNamSap	DMWangNamSap	วังน้ำทรัพย์
SPWangYang	DMWangYang	วังยาง
SPDonCheDi	DMDonCheDi	ดอนเจดีย์
SPNongSaRai	DMNongSaRai	หนองสาหร่าย
SPRaiRot	DMRaiRot	ไร่รถ
SPSraKraChom	DMSraKraChom	สระกระโจม
SPThaleBok	DMThaleBok	ทะเลบก
SPSongPhiNong	DMSongPhiNong	สองพี่น้อง
SPNernPhraPhrang	DMNernPhraPhrang	เนินมะปรางค์
SPThungKhok	DMThungKhok	ทุ่งคอก
SPBangTaKhian	DMBangTaKhian	บางตะเคียน
SPBangLen	DMBangLen	บางเลน
SPBangTaThen	DMBangTaThen	บางตาเถร
SPBanKum	DMBanKum	บ้านคุ้ม
SPHuaPho	DMHuaPho	หัวโพธิ์
SPBangPhap	DMBangPhap	บางพลับ
SPBanChang	DMBanChang	บ้านช้าง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง

SPSubDistrict	DMSubDistrict	ตำบล
SPDoemBang	DMDoemBang	เดิมบาง
SPNangBuat	DMNangBuat	นางบวช
SPKhaoDin	DMKhaoDin	เขาดิน
SPPakNam	DMPakNam	ปากน้ำ
SPThungKhli	DMThungKhli	ทุ่งคลี่
SPKhokChang	DMKhokChang	โคกช้าง
SPHuaKhao	DMHuaKhao	หัวเขา
SPBoKru	DMBoKru	บ่อกรุ
SPNongKraThum	DMNongKraThum	หนองกระทุ่ม
SPNongMaKhaMong	DMNongMaKhaMong	หนองมะค่าโมง
SPDanChang	DMDanChang	ด่านช้าง
SPHuaiKhaMin	DMHuaiKhaMin	ห้วยขมิ้น
SPOngPhra	DMOngPhra	องค์พระ
SPWangKhan	DMWangKhan	วังขัน
SPNiKhomKraSieo	DMNiKhomKraSieo	นิคมกระเสียว
SPWangYao	DMWangYao	วังยาว
SPBanLaem	DMBanLaem	บ้านแหลม
SPKhokKhram	DMKhokKhram	โคกคราม
SPBangPaMa	DMBangPaMa	บางปลาม้า
SPTaKha	DMTaKha	ตะค่า
SPBangYai	DMBangYai	บางใหญ่
SPKritSaNa	DMKritSaNa	กฤษณา
SPSaLi	DMSaLi	สาลี
SPPhaiKongDin	DMPhaiKongDin	ไผ่กองดิน
SPOngKhaRuk	DMOngKhaRuk	องครักษ์

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง

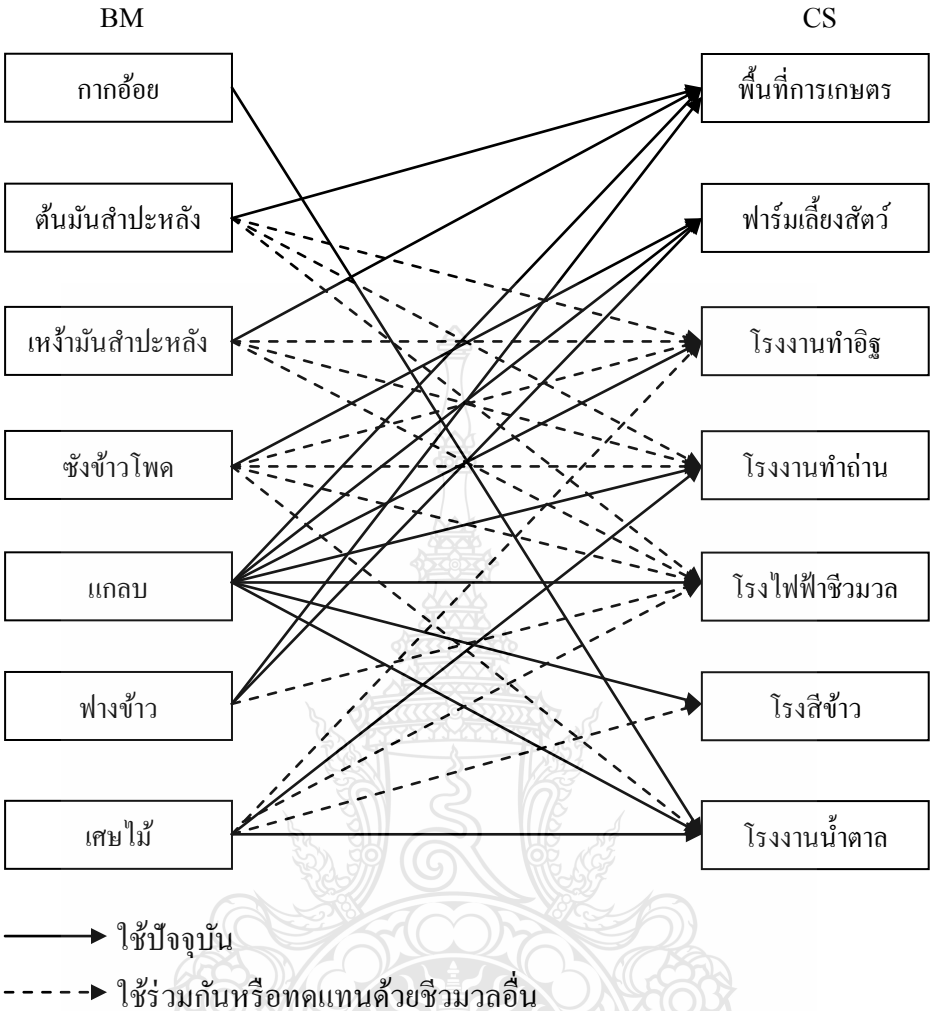
SPSubDistrict	DMSubDistrict	ตำบล
SPMaKhamLom	DMMaKhamLom	มะขามล้อม
SPWangNamYen	DMWangNamYen	วังน้ำเย็น
SPWatBot	DMWatBot	วัดโบสถ์
SPWatDao	DMWatDao	วัดดาว
SPSriSamRan	DMSriSamRan	ศรีสำราญ
SPNongBo	DMNongBo	หนองบ่อ
SPBoSuphan	DMBoSuphan	บ่อสุพรรณ
SPDonMaNao	DMDonMaNao	ดอนมะนาว
SPYanYao	DMYanYao	ย่านยาว
SPWangLuk	DMWangLuk	วังลึก
SPSamChuk	DMSamChuk	สามชุก
SPNongPhakNak	DMNongPhakNak	หนองผักนาก
SPBanSra	DMBanSra	บ้านสระ
SPNongSaDao	DMNongSaDao	หนองสะเดา
SPKraSieo	DMKraSieo	กระเสียว
SPKraCha	DMKraCha	กระจัน
SPCheDi	DMCheDi	เจดีย์
SPUThong	DMUThong	อู่ทอง
SPSraYaiSom	DMSraYaiSom	สระยายโสม
SPChoraKheSamphan	DMChoraKheSamphan	จระเข้สามพัน
SPBanDon	DMBanDon	บ้านดอน
SPYungThaLai	DMYungThaLai	ยุ้งทะลาย
SPDonMaKlua	DMDonMaKlua	ดอนมะเกลือ
SPNongOng	DMNongOng	หนองโอ่ง
SPDonKha	DMDonKha	ดอนคา

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แหล่งของชีวมวลระบุเป็นตำบลในจังหวัดสุพรรณบุรีในแบบจำลอง

SPSubDistrict	DMSubDistrict	ตำบล
SPBanKong	DMBanKong	บ้านโข้ง
SPSraPhangLan	DMSraPhangLan	สระพังลาน
SPNongYaSai	DMNongYaSai	หนองหญ้าไซ
SPNongRatchaWat	DMNongRatchaWat	หนองราชวัตร
SPNongPho	DMNongPho	หนองโพธิ์
SPChaengNgam	DMChaengNgam	แจงงาม
SPNongKham	DMNongKham	หนองแขม
SPThapLuang	DMThapLuang	ทับหลวง
SPSaunTaeng	DMSaunTaeng	สวนแตง
SPTonTan	DMTonTan	ต้นตาล
SPChoraKheYai	DMChoraKheYai	จระเข้ใหญ่
SPPhapPhaChai	DMPhapPhaChai	พลับพลาชัย

3.5.2 โครงสร้างแบบจำลองการใช้ชีวมวล

รูปที่ 3.9 แสดงไดอะแกรมการใช้ชีวมวลร่วมกันที่จำลองโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นโดยพิจารณาที่การขนส่งต่ำสุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองได้มาจากการออกสำรวจในพื้นที่จริง และเอกสารการสำรวจของทางราชการ เช่น กระทรวงพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์



รูปที่ 3.9 แผนภาพการใช้ชีวมวลที่ใช้ในของแบบจำลอง

3.5.3 สมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง (Mathematical equations of the model)

ในแบบจำลองนี้ จะวิเคราะห์การใช้ชีวมวลแต่ละชนิดร่วมกันโดยการพิจารณาค่าการขนส่งต่ำที่สุด ชีวมวลแต่ละชนิดสามารถจะถูกทดแทนด้วยกันได้ ยกตัวอย่างเช่น เศษไม้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังทดแทนแกลบในโรงงานทำอิฐ ซังข้าวโพดสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนแกลบในโรงงานทำถ่าน และอื่น ๆ ในแบบจำลองนี้จะสมมติให้การขนส่งชีวมวลจากแหล่งชีวมวลไปยังผู้ใช้จะใช้เฉพาะรถบรรทุกเท่านั้น สำหรับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์สามารถแสดงได้ดังนี้

3.5.4 สมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง (Mathematical equations of the model)

ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะวิเคราะห์โดยใช้ชีวมวลในปัจจุบันและใช้ชีวมวลแต่ละชนิดร่วมกันตามสถานการณ์ของแบบจำลอง โดยพิจารณาค่าการขนส่งต่ำที่สุด ชีวมวลที่ขนส่งจากแหล่งชีวมวลสู่ผู้ใช้ชีวมวลจะทดแทนด้วยกันได้ซึ่งในแบบจำลองนี้จะสมมติให้การขนส่งชีวมวลจากแหล่งชีวมวลไปสู่ผู้ใช้ชีวมวลจะใช้เฉพาะรถบรรทุกเท่านั้น

3.5.5 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\text{Minimize Transportation Cost} = \sum_{i,j} TCSP2CS_{i,j} \cdot BMSP2_{i,j} \qquad (3.1)$$

โดยที่ $BMSP2_{i,j}$ คือ ปริมาณของชีวมวลที่ขนส่งจากแหล่งชีวมวลไปยังผู้ใช้ชีวมวล

$TCSP2CS_{i,j}$ คือ ค่าขนส่งชีวมวล (Baht/Ton)

i = SPSubDistrict เซตของตำบลที่มีแหล่งชีวมวล

j = DMSubDistrict เซตของตำบลของผู้ใช้ชีวมวล

BM = ชีวมวล

SP = แหล่งชีวมวล

TC = ค่าขนส่งชีวมวล

DM = ผู้ใช้ชีวมวล

ค่าขนส่ง (Transportation Cost)

$$TCSP2CS_{i,j} = D_{i,j} \cdot Cts \qquad (3.2)$$

โดยที่ Cts คือ ค่าขนส่งบาท ต่อ ตัน ต่อ กิโลเมตร

$D_{i,j}$ คือ ระยะทางระหว่างแหล่งชีวมวล ถึงผู้ใช้ชีวมวล (กิโลเมตร)

3.5.6 สมการข้อจำกัด (constraint Equation)

1) ข้อจำกัดสำหรับชีวมวล (Supply of biomass constraint)

$$\sum BMSP2DM_{i,j} \quad \leq \quad SPBM_i \tag{3.3}$$

โดยที่ $BMSP2DM_{i,j}$ คือ ปริมาณชีวมวลที่จะส่งให้กับผู้ใช้ชีวมวล

$SPBM_i$ คือ ปริมาณชีวมวลที่มีอยู่

2) ข้อจำกัดสำหรับผู้ใช้ชีวมวล (Demand of biomass consumption constraint)

$$\sum BMDM2CS_{i,j} \quad = \quad DMCS_{j,BM} \tag{3.4}$$

โดยที่ $BMDM2CS_{i,j}$ คือ ปริมาณชีวมวลสำหรับผู้ใช้ชีวมวล

$DMCS_{i,BM}$ คือ ปริมาณชีวมวลที่ผู้ใช้ชีวมวลต้องการ

3.6 สรุป

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลสำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลและนำเสนอวิธีการจัดการข้อมูลสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และส่วนที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1.การออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน

2.แบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

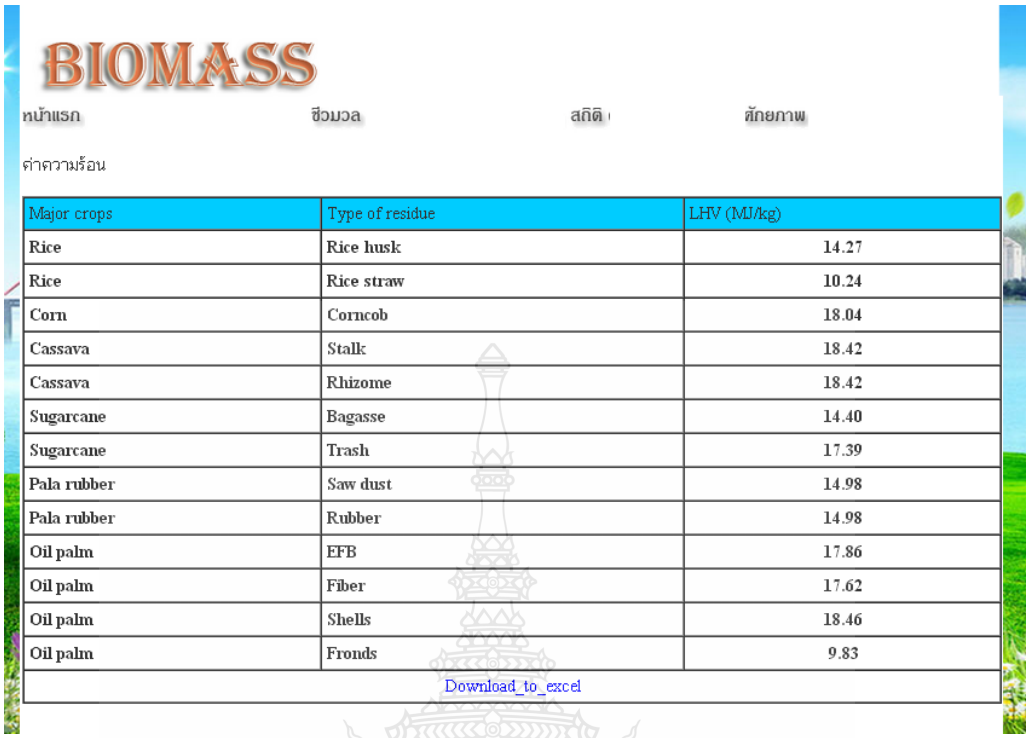
การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการข้อมูลสำหรับที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1 ผลของการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานจำลอง 2 ผลการจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี และ 3 ผลของการทดสอบวิธีการจัดการข้อมูลกับแบบจำลองโดยผู้วิจัยขอเสนอดังต่อไปนี้

4.1 ผลของการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงาน

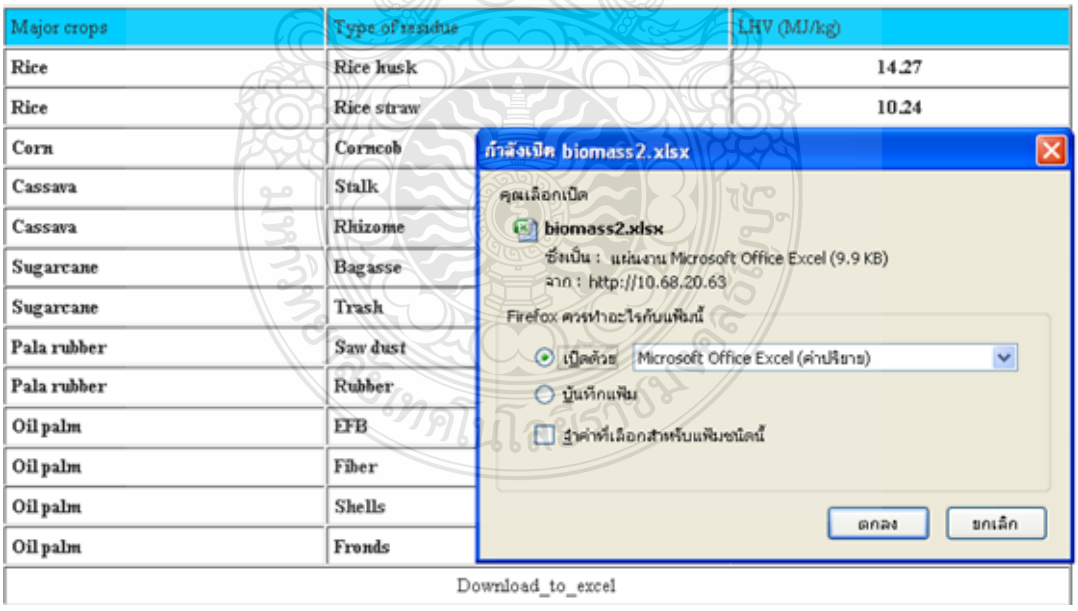
ในฐานข้อมูลที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น สามารถเชื่อมโยงไปยัง แหล่งที่มาของพารามิเตอร์และรายละเอียดของพารามิเตอร์ โดยผลลัพธ์ของระบบการประมวลผลของข้อมูล จะแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบของ Extensible Markup Language (XML) และมีหมวดหลักเป็นหัวข้อใหญ่ คือ หน้าแรก ชีวมวล สถิติ และศักยภาพ เป็นต้น และจะมีหมวดย่อยอยู่ด้านในหมวดใหญ่ ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 หน้าเว็บไซต์ (http://localhost/biomass/index.php)

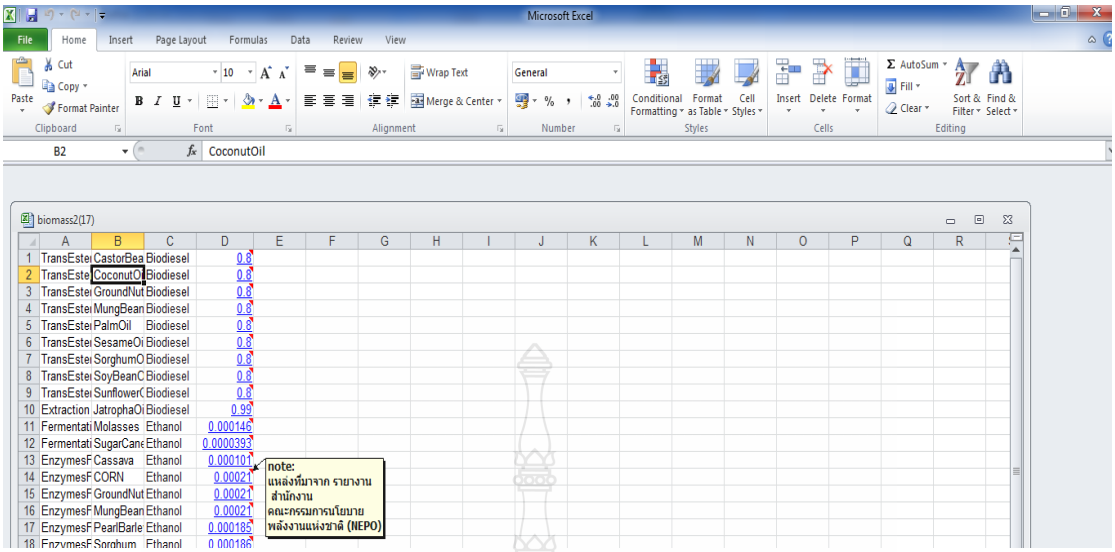
รูปที่ 4.2 หน้าเว็บไซต์ที่มีหัวข้อเลือก (http://localhost/biomass/index9.php)



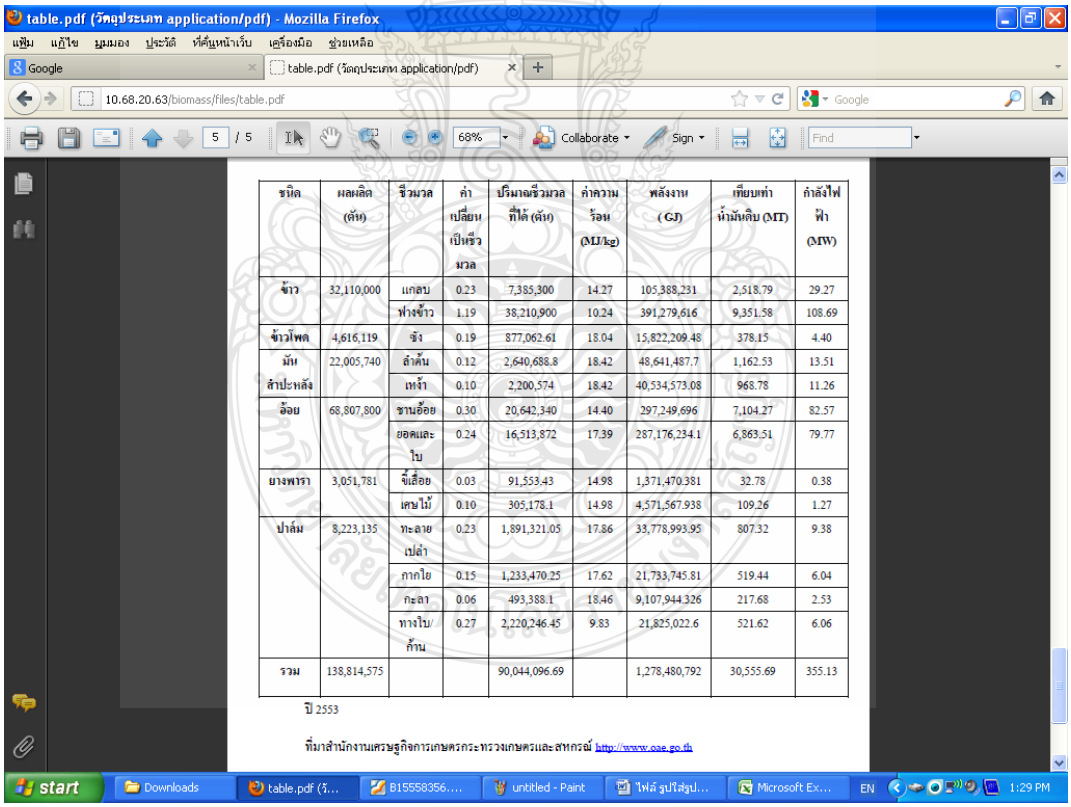
รูปที่ 4.3 หน้าเว็บไซต์ที่มีหัวข้อเลือก (http://localhost/biomass/index9-4.php)



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการดาวน์โหลดไฟล์



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างแสดงการรายงานผลเป็นไฟล์ XML ในรูปของ EXCEL



ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	พลังงาน (GJ)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (MT)	กำลังไฟฟ้า (MW)
ข้าว	32,110,000	แกลบ	0.23	7,385,300	14.27	105,388,231	2,518.79	29.27
		ฟางข้าว	1.19	38,210,900	10.24	391,279,616	9,351.58	108.69
ข้าวโพด	4,616,119	ซัง	0.19	877,062.61	18.04	15,822,209.48	378.15	4.40
มัน	22,005,740	ลำต้น	0.12	2,640,688.8	18.42	48,641,487.7	1,162.53	13.51
สำปะหลัง		เหง้า	0.10	2,200,574	18.42	40,534,573.08	968.78	11.26
อ้อย	68,807,800	ชานอ้อย	0.30	20,642,340	14.40	297,249,696	7,104.27	82.57
		ยอดและใบ	0.24	16,513,872	17.39	287,176,234.1	6,863.51	79.77
ยางพารา	3,051,781	จี้เสื่อย	0.03	91,553.43	14.98	1,371,470.381	32.78	0.38
		เศษไม้	0.10	305,178.1	14.98	4,571,567.938	109.26	1.27
ปาล์ม	8,223,135	ทะลายเปล่า	0.23	1,891,321.05	17.86	33,778,993.95	807.32	9.38
		กากใย	0.15	1,233,470.25	17.62	21,733,745.81	519.44	6.04
		กะลา	0.06	493,388.1	18.46	9,107,944.326	217.68	2.53
		ทางใบ/ก้าน	0.27	2,220,246.45	9.83	21,825,022.6	521.62	6.06
รวม	138,814,575			90,044,096.69		1,278,480,792	30,555.69	355.13

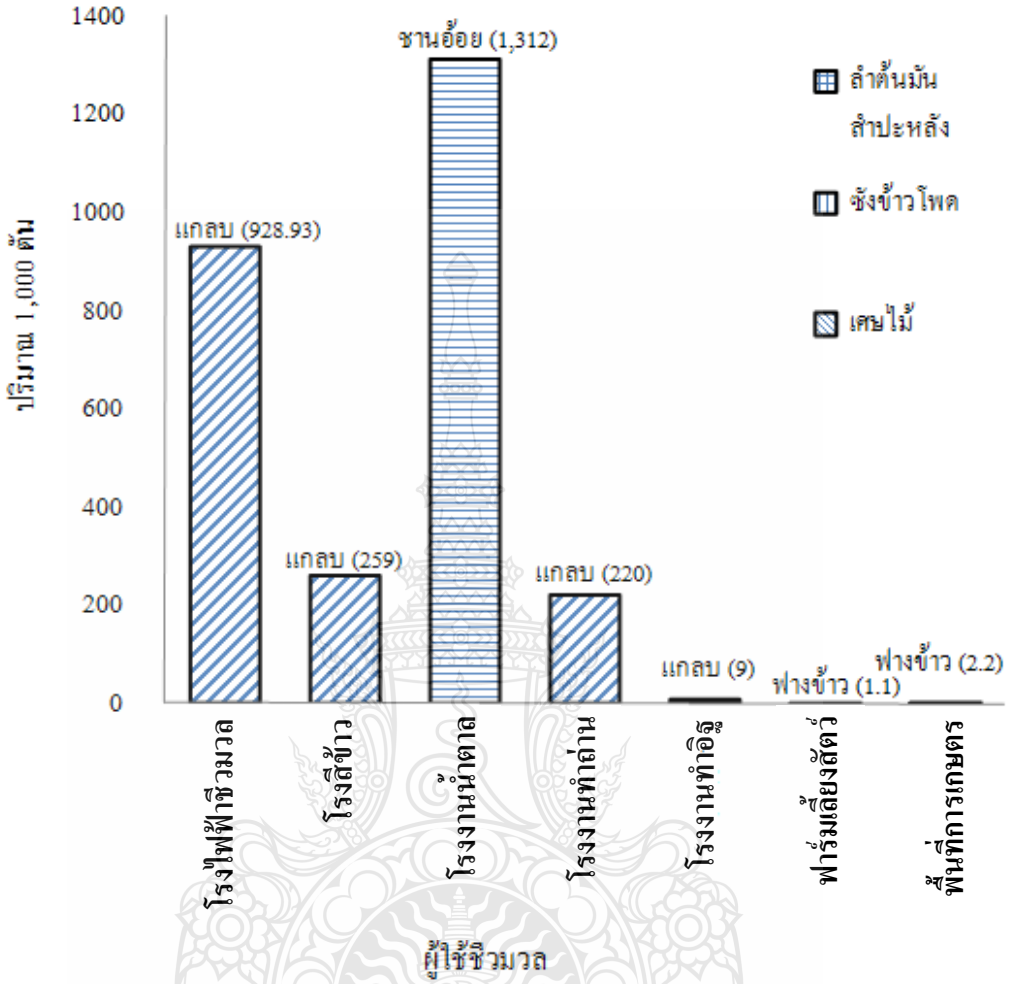
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างแสดงการรายงานผลเป็นไฟล์ PDF

รูปที่ 4.1 รูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงผลของระบบฐานข้อมูล และในรูปที่ 4.4รูปที่ 4.5 แสดงการดาวน์โหลดไฟล์ XML ในรูปของ EXCEL และรูปที่ 4.6 การแสดงการรายงานผลเป็นไฟล์ PDF และจะแสดงคำว่า ดาวน์โหลดเอกสารตรงส่วนล่างของระบบฐานข้อมูลทุกหน้าสามารถคลิกและดาวน์โหลดได้ โดยการแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต อย่างเช่น รูปที่ 4.6 เป็นการแสดงแหล่งที่มาของเอกสารอ้างอิงจากวารสารกระทรวงเกษตร

4.2 ผลการจำลองและขั้นตอนการทำความเข้าใจตัวแบบจำลอง

จากผลการจำลองชีวมวลที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับสถานการณ์การใช้ชีวมวลในปัจจุบันและสถานการณ์การใช้ชีวมวลร่วมกันในจังหวัดสุพรรณบุรี ในรูปแบบกราฟกลุ่มผู้ใช้ชีวมวล และชนิดชีวมวล เมื่อพิจารณาจากค่าขนส่งชีวมวลที่ต่ำสุดมีดังนี้

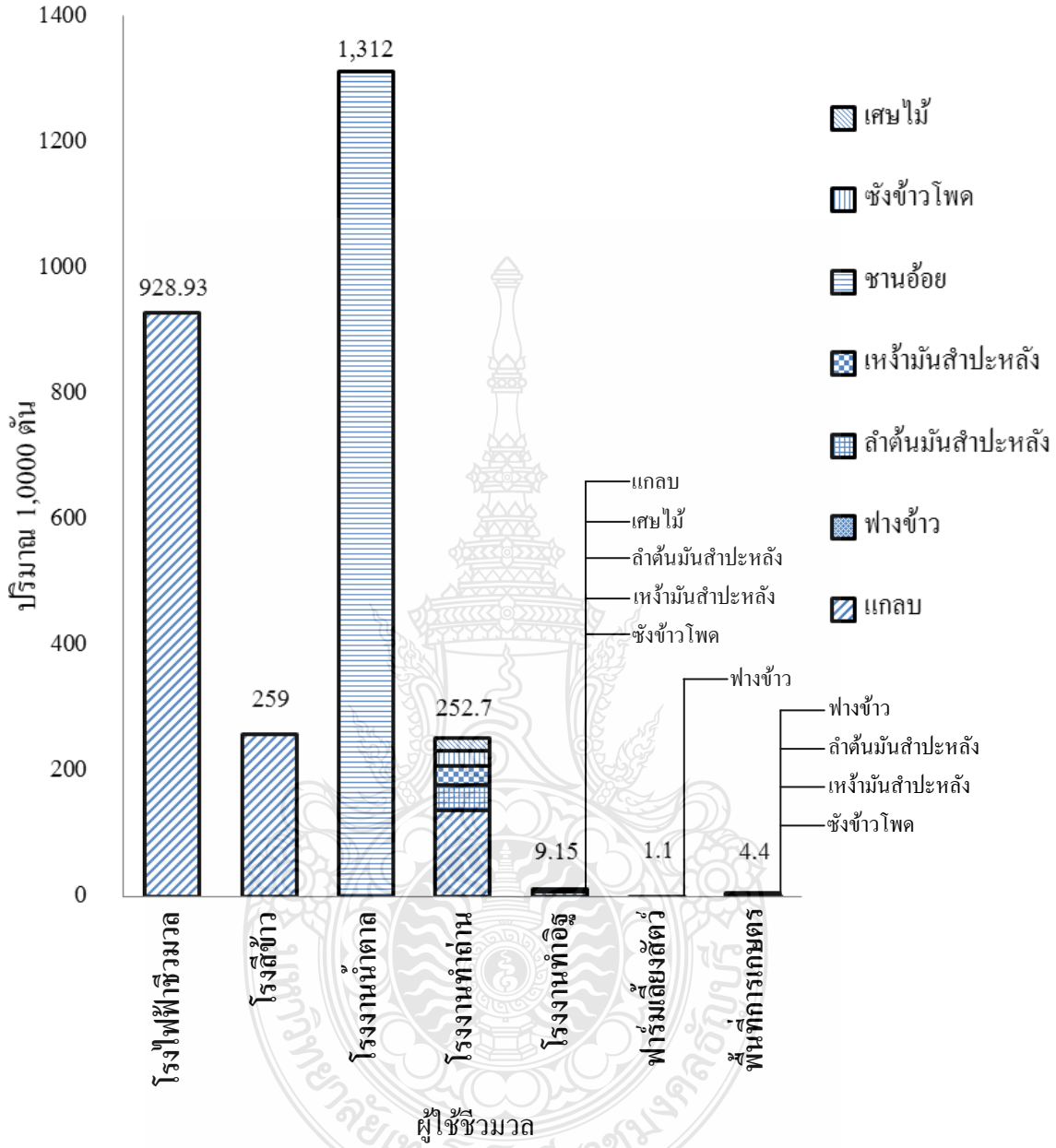
4.2.1 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรี สถานการณ์ที่ 1



รูปที่ 4.7 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรี สถานการณ์ที่ 1

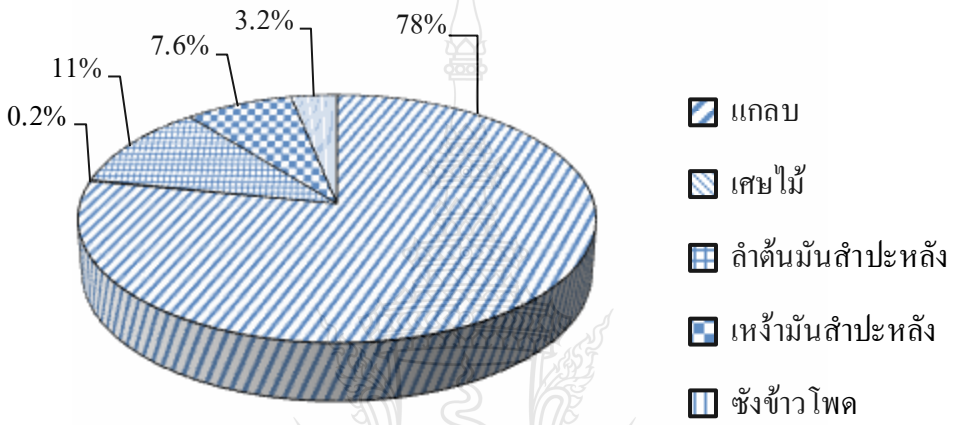
จากรูปที่ 4.7 เป็นผลของแบบจำลองการใช้ชีวมวลในสถานการณ์ที่ 1 แสดงให้เห็นว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีใช้แกลบในการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 928,930 ตันต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมทำให้แกลบมีความเพียงพอความต้องการของ โรงสีข้าว โรงงานทำถ่าน โรงงานทำอิฐ ส่วนโรงงานน้ำตาล ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาลดิบรวมทั้งสิ้น 1,312,000 ตันต่อปี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่การเกษตร ใช้ฟางข้าวรวมทั้งสิ้น 3,300 ตันต่อปี

4.2.2 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรี สถานการณ์ที่ 2



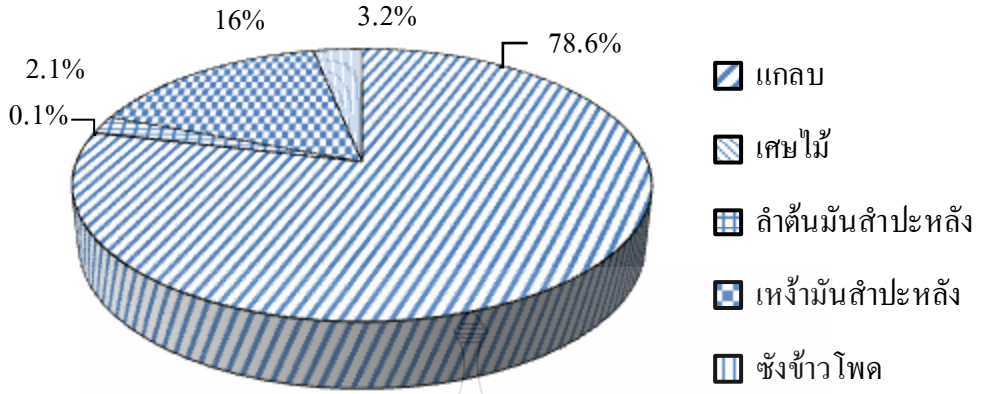
รูปที่ 4.8 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลจังหวัดสุพรรณบุรี สถานการณ์ที่ 2

จากรูปที่ 4.8 เป็นผลของแบบจำลองการใช้ชีวมวลร่วมกันในสถานการณ์ที่ 2 ปริมาณการใช้ชีวมวลเหมาะสม สำหรับ โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงสีข้าว และโรงงานน้ำตาล มีปริมาณเท่ากับ ผลของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 และแสดงให้เห็นว่าไม่ใช่เฉพาะโรงงานทำถ่านซึ่งมีการใช้ ชีวมวลร่วมกัน แต่ยังมีการใช้ชีวมวลร่วมกันในโรงงานทำอิฐ และ พื้นที่การเกษตร เพื่อให้ แกลบมีความเพียงพอต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวล สำหรับการใช้ชีวมวลร่วมกันในโรงงาน ทำถ่านแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลของโรงงานทำถ่านจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ที่ 2

ผลจากแบบจำลองในส่วนของโรงงานทำถ่านจากรูปที่ 4.9 มีการใช้ชีวมวลดังนี้ แกลบ เศษไม้ ลำต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด เพื่อให้แกลบมีความเพียงพอต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวล



รูปที่ 4.10 ผลจากการจำลองการใช้ชีวมวลของโรงงานทำอิฐจังหวัดสุพรรณบุรีสถานการณ์ที่ 2

ผลจากแบบจำลองในส่วนของโรงงานทำอิฐจากรูปที่ 4.10 มีการใช้ชีวมวลดังนี้ แกลบ เศษไม้ ลำต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด เพื่อทดแทนการใช้แกลบบางส่วน ซึ่งส่งผลให้แกลบมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวล

4.3 การวิเคราะห์ผลจากการดำเนินงาน

4.3.1 การวิเคราะห์ผลจากสถานการณ์จำลองการใช้ชีวมวล สถานการณ์ที่ 1

ผลจากสถานการณ์จำลองการใช้ชีวมวลในปัจจุบันค่าขนส่งชีวมวลรวม 2,931 ล้านบาท จากรูปที่ 4.7 เป็นแนวทางการใช้ชีวมวลของผู้ใช้ชีวมวลที่เหมาะสมจังหวัดสุพรรณบุรี ดังนี้

1) แกลบ ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล โรงสีข้าว โรงงานทำถ่าน และโรงงานทำอิฐ
2) ชานอ้อย ใช้ในโรงงานน้ำตาล
3) ฟางข้าว ใช้ใน ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่การเกษตร
4) ซังข้าวโพด ใช้ใน พื้นที่การเกษตร

ซึ่งหากมีการใช้งานชีวมวลดังกล่าวมานี้ จะทำให้ค่าขนส่งชีวมวลมีค่าต่ำสุด และมีความเหมาะสมสำหรับผู้ใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี

4.3.2 การวิเคราะห์ผลจากสถานการณ์จำลองการใช้ชีวมวล สถานการณ์ที่ 2

ผลจากสถานการณ์จำลองการใช้ชีวมวลร่วมกัน ค่าขนส่งชีวมวลรวม 2,901 ล้านบาท แสดงให้เห็นว่ามีชีวมวลที่ขนส่งไปยังผู้ใช้ชีวมวล ซึ่งผลจากการจำลองดังรูปที่ 4.8 แสดงแนวทางการใช้ชีวมวลของผู้ใช้ชีวมวลที่เหมาะสมจังหวัดสุพรรณบุรี ดังนี้

1) แกลบ ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล โรงสีข้าว โรงงานทำถ่าน และ โรงงานทำอิฐ

2) ชานอ้อย ใช้ในโรงงานน้ำตาล

3) ฟางข้าว ใช้ใน ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และ พื้นที่การเกษตร

4) ลำต้นมันสำปะหลัง ใช้ใน โรงงานทำถ่าน โรงงานทำอิฐ และ พื้นที่การเกษตร

5) เหง้ามันสำปะหลัง ใช้ใน โรงงานทำถ่าน โรงงานทำอิฐ และ พื้นที่การเกษตร

6) ซังข้าวโพด ใช้ใน โรงงานทำถ่าน และ พื้นที่การเกษตร

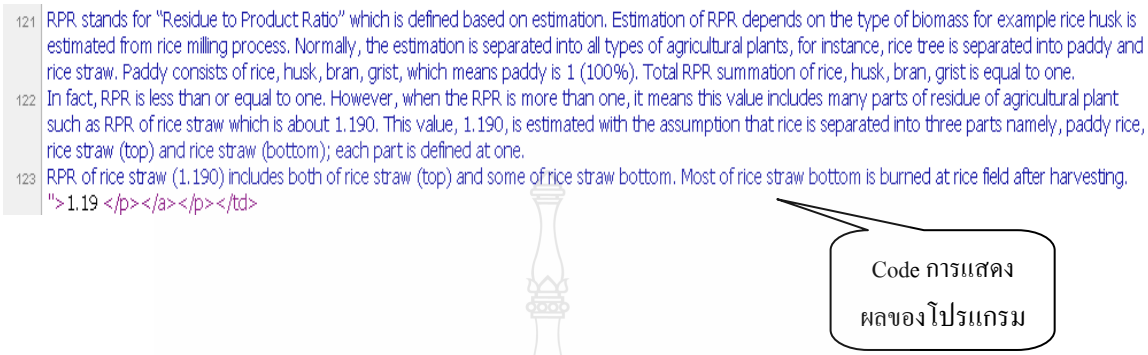
7) เศษไม้ ใช้ใน โรงงานทำถ่าน และ โรงงานทำอิฐ

จากผลการจำลองในสถานการณ์ที่ 2 มีความแตกต่างจากสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งไม่มีการใช้ลำต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง และ เศษไม้ ดังนั้นหากมีการใช้ชีวมวลร่วมกันดังสถานการณ์ที่ 2 มีผล ทำให้ ชีวมวลมีความเพียงพอต่อความต้องการชีวมวลของผู้ใช้ชีวมวลและสามารถลดต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลไปยังผู้ใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีได้

4.4 ทดสอบระบบการจัดการฐานข้อมูล และการทำความเข้าใจแบบจำลองกับผลการจำลอง

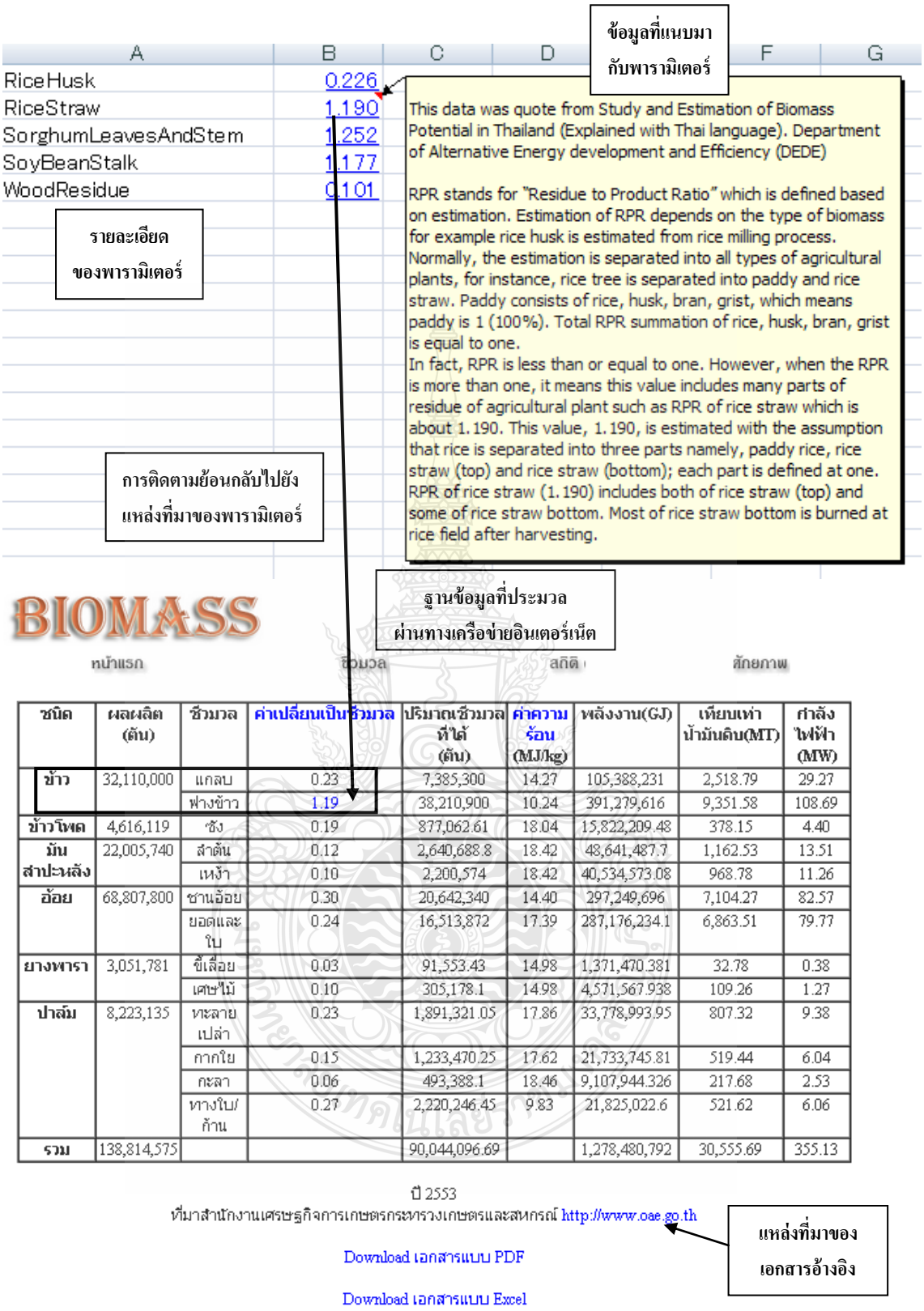
ในการออกแบบการจำลองกระบวนการของ(เพทริเนท) Petri net ในการประยุกต์ใช้งานกับการจัดการข้อมูล คือ (เพทริเนท) Petri net เป็นเครื่องมือที่สามารถอธิบายและศึกษากระบวนการต่างๆ ในระบบ สำหรับการในการนำ(เพทริเนท) Petri net มาประยุกต์ใช้ในลักษณะของการจัดการข้อมูล ในการออกแบบเริ่มจากการนำข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองการใช้พลังงานชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีมาจัดเก็บในฐานข้อมูล เพื่อสามารถติดตามผลการจำลองย้อนกลับ และที่มาของแหล่งข้อมูล รายละเอียดของพารามิเตอร์ ผู้วิจัยต้องอาศัยทฤษฎีพื้นฐานของ Petri net นำมาช่วยในการออกแบบระบบโครงสร้างของการจัดการฐานข้อมูลให้เป็นตามเงื่อนไขในหัวข้อที่ 3.4.2 ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ตั้งไว้

จากผลการจำลองที่แสดงในหัวข้อที่ 4.2 ยกตัวอย่างการทำความเข้าใจกับผลการจำลองแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.11 โค้ดต้นฉบับของโปรแกรมที่นำเสนอ การนำไปสู่รายละเอียดของพารามิเตอร์

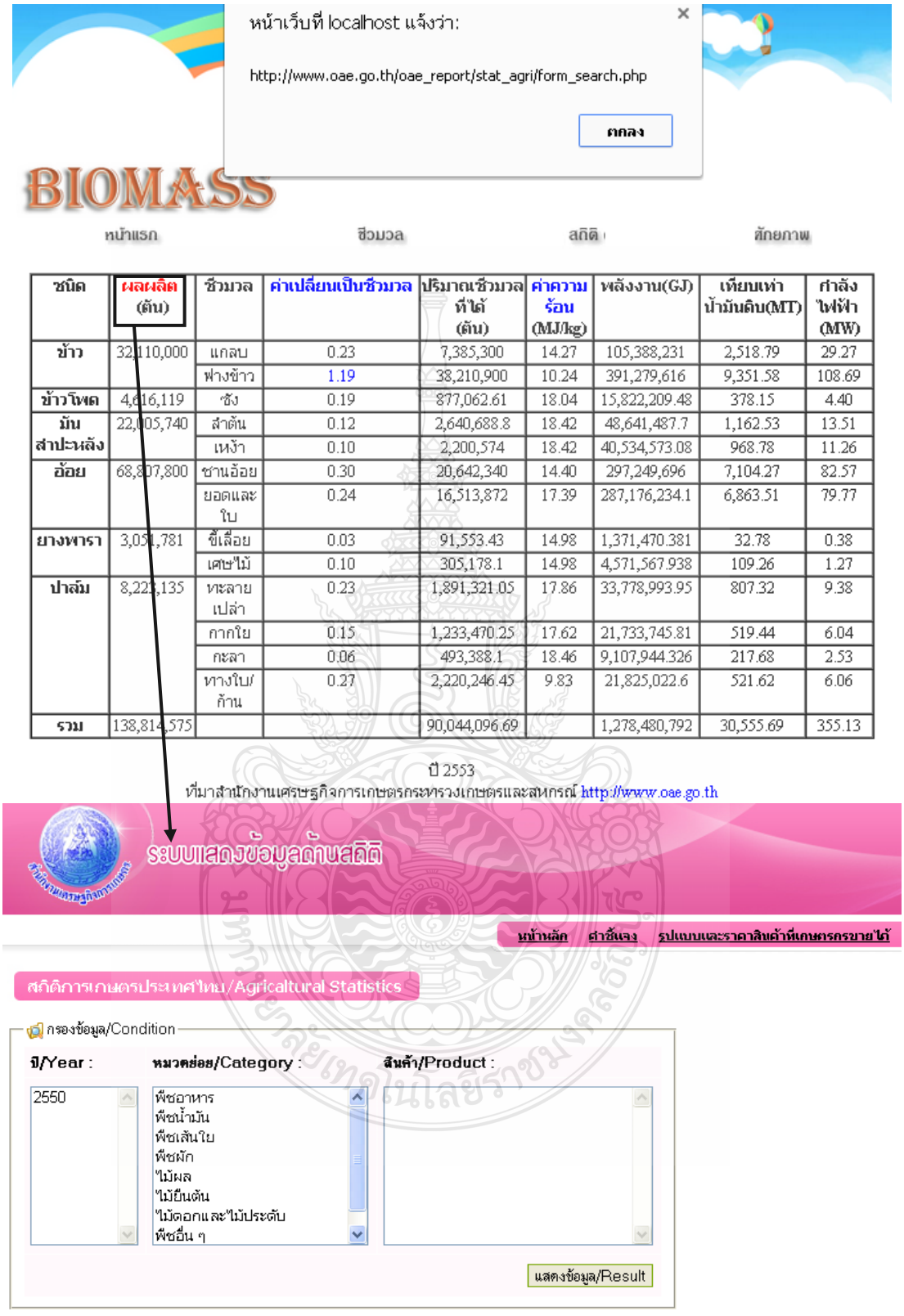


รูปที่ 4.11 โค้ดต้นฉบับของโปรแกรมที่นำเสนอ การนำไปสู่รายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

จากรูปที่ 4.11 ผลของการทดสอบแสดงการติดตามผลการจำลองย้อนกลับไปยังเอกสารอ้างอิงของพารามิเตอร์ ที่ใช้ในแบบจำลอง ในส่วนของค่าเปลี่ยนแปลงของชีวมวล ในโค้ดการแสดงของโปรแกรมที่นำมาเป็นตัวอย่างในการนำเสนอนี้เป็นค่าที่มีผลต่อปริมาณของชีวมวล ซึ่งข้อมูลนี้อ้างอิงจากการศึกษาและการประเมินศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กล่าวคือ RPR ย่อมาจาก "อัตราส่วนระหว่างผลิตภัณฑ์" ซึ่งถูกกำหนดให้ขึ้นอยู่กับการประเมินการประมาณค่า RPR ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ตัวอย่าง เช่นแกลบเป็นที่คาดการจากกระบวนการสีข้าว การประมาณค่า RPR ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลแกลบ โดยปกติการประมาณค่าที่มีการแยกออกเป็นชนิดของพืชเกษตร เช่น ต้นข้าว แยกออกเป็นฟางข้าวและข้าว ข้าวเปลือกประกอบไปด้วย แกลบรำข้าวซึ่งหมายความว่าข้าวเปลือกที่ 1 (100%) ผลรวม RPRรวมเป็นข้าวแกลบรำข้าวมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในความเป็นจริง RPRค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อ RPR มากกว่าหนึ่ง หมายถึงค่านี้ประกอบด้วยหลายส่วนของที่เหลือโรงงานเกษตรเช่น RPR จากฟางข้าวซึ่งมีประมาณ 1.190 เป็นที่คาดการด้วยการสมมติฐานว่าข้าวจะถูกแยกออกเป็นสามส่วนคือ ข้าวเปลือก, ฟางข้าว (บน) และฟางข้าว (ล่าง) และในแต่ละส่วนมีการกำหนดที่หนึ่ง RPR จากฟางข้าว (1.190) ประกอบด้วยทั้งจากฟางข้าว (บน) และบางส่วนของด้านล่างฟางข้าว มากที่สุดของด้านล่างฟางข้าวจะถูกเผาที่นาข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 4.12 การทดสอบการติดตามผลการจำลองย้อนกลับไปยังแหล่งที่มาและรายละเอียดของพารามิเตอร์



รูปที่ 4.13 แสดงแหล่งที่มาของพารามิเตอร์

รูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการทดสอบวิธีการจัดการข้อมูล ที่มีการนำเอาทฤษฎีพื้นฐาน Petri net มาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับระบบฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย แหล่งที่มาของข้อมูลและรายละเอียดของพารามิเตอร์ โดยผลลัพธ์ของระบบการประมวลผลของข้อมูลนั้นจะแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

4.4 สรุป

จากผลของการออกแบบและสร้างฐานข้อมูล ในฐานข้อมูลที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น สามารถเชื่อมโยงไปยัง แหล่งที่มาของพารามิเตอร์และรายละเอียดของพารามิเตอร์ โดยผลลัพธ์ของระบบการประมวลผลของข้อมูล จะแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถดาวน์โหลดได้ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ แบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีถูกสร้างขึ้นมาเป็นกรณีศึกษา

ผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่าการใช้ชีวมวลร่วมกันในกลุ่มผู้ใช้ชีวมวลอื่นๆ สามารถแก้ปัญหาความไม่เพียงพอของแกลบในการผลิตไฟฟ้าได้ และจากการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลอง จากผลการจำลองสามารถย้อนกลับไปดูข้อมูลและที่มาของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลโดยแสดงผลลัพธ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการข้อมูลสำหรับที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านพลังงาน : กรณีศึกษาแบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี นั้นผู้วิจัยได้แบ่งการสรุปออกเป็น 3 ส่วน คือ 1 สรุปผลของการออกแบบและสร้างฐานข้อมูลด้านพลังงานจำลอง 2 สรุปผลการจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี และ 3 สรุปผลของการทดสอบวิธีการจัดการข้อมูลกับแบบจำลองโดยผู้วิจัยขอเสนอสรุปผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

5.1 สรุป

การออกแบบและสร้างฐานข้อมูล ในฐานข้อมูลที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น สามารถเชื่อมโยงไปยังแหล่งที่มาของพารามิเตอร์และรายละเอียดของพารามิเตอร์ โดยผลลัพธ์ของระบบการประมวลผลของข้อมูล จะแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถดาวน์โหลดได้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ แบบจำลองการใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรีถูกสร้างขึ้นมาเป็นกรณีศึกษา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์การใช้ชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยในการจำลองมีการจำลอง 2 สถานการณ์คือ จากผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1 ชีวมวลจะถูกใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลและโรงงานอุตสาหกรรมตามความต้องการใช้ชีวมวลแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาที่ค่าขนส่งต่ำสุด ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลของแบบจำลองคือ ค่าขนส่งชีวมวล ราคาชีวมวล แฟกเตอร์การใช้งานชีวมวล ปริมาณชีวมวลที่โรงไฟฟ้าชีวมวลต้องการ และผลการจำลองสถานการณ์ที่ 2 ชีวมวลจะถูกใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลและโรงงานอุตสาหกรรมโดยการใช้ชีวมวลร่วมกัน เมื่อพิจารณาที่ค่าขนส่งต่ำสุด ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลของแบบจำลอง คือ ค่าขนส่งชีวมวล ราคาชีวมวล แฟกเตอร์การใช้งานชีวมวล ปริมาณชีวมวลที่โรงไฟฟ้าชีวมวลต้องการ และค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด เมื่อเปรียบเทียบผลจากสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 เห็นได้ว่าการใช้ชีวมวลร่วมกันสามารถลดค่าขนส่งชีวมวล และเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาความไม่เพียงพอของชีวมวลสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก และโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมากในจังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการทดสอบการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านระบบพลังงานโดยนำเพทริเนท (Petri net) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการกับระบบฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย แหล่งที่มาของพารามิเตอร์และรายละเอียดของพารามิเตอร์ โดยผลลัพธ์

ของระบบการประมวลผลของข้อมูลสามารถแสดงผลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบของ Extensible Markup Language (XML) จากการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลอง จากผลการจำลองสามารถย้อนกลับไปดูข้อมูลและที่มาของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลโดยแสดงผลลัพธ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำเสนอวิธีจัดการข้อมูลนั้น ควรจะมีการทำโปรแกรมอื่นนอกเหนือจากโปรแกรม ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำฐานข้อมูล และมีการนำเสนอข้อมูลที่หลากหลายขึ้นและข้อมูลทางเว็บไซต์สามารถอัพเดตข้อมูลให้เป็นปัจจุบันปีต่อปีได้ เพื่อผู้ที่สนใจสามารถนำข้อมูลไปอ้างอิงได้ต่อไป

5.2.2 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง เช่น ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรบางชนิดได้จากการคำนวณปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในระดับอำเภอ ของจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งข้อมูลที่มีอยู่ไม่มีความละเอียดมากนัก ดังนั้นหากมีปริมาณผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าว ที่มีความละเอียดยิ่งขึ้นเพื่อให้มีความสมบูรณ์ของแบบจำลองยิ่งขึ้น จึงต้องใช้ปริมาณผลผลิตทางเกษตรในระดับตำบล จึงจะทำให้ผลจากการจำลองสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

[1] Poch , L.A. Jenkins, R.T. " Dynamic programming models," **Energy**, vol 15, 1990. pp 573-81.

[2] Psarras, J. Capros, P. Samouilidis ,J.E. " Multiobjective programming," **Energy**, vol 15, 1990. pp 583-605.

[3] Labys, W.C. Kuczmowski, T. Infanger, G. " Special programming models," **Energy**, vol 5, 1990. pp 607-617.

[4] Calderan, R. Spiga, M. Vestrucci, P. "Energy modeling of a cogeneration system for a food industry," **Energy**, vol 17, 1992. pp 609-616.

[5] Kandil, M.S. Farghal, S.A. and El-Alfy , E.A. " Optimum Operation of an Autonomous Energy System Suitable for New Communities in Developing Countries,"**Electric Power Systems Research** ,1999. pp 137-146.

[6] สำนักงานหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ**, ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้พลังงานชีวมวล.**[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://www.siweb.dss.go.th /repack/fulltext/IR5.pdf (6 มิถุนายน 2555)

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,**ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view =article&id=130%3A2010-05-07-08-10-57&catid=58&Itemid=68&lang=th (17 มิถุนายน 2554).

[8] สำนักงานเศรษกิจการเกษตร, **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร.**[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http//www..oae.go.th/main.php?filename=agri_production (2 กุมภาพันธ์ 2554).

[10] สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนรักษ์พลังงาน. **พลังงานชีวมวล.** [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://www2.dede.go.th/kmmf/ download/A5.pdf (9 กันยายน 2554).

[11] กระทรวงพลังงาน**, ฐานข้อมูล พลังงานจังหวัด สุพรรณบุรี.**[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://www.thaienergydata.in.th/province/72/ (4 กุมภาพันธ์ 2555).

รายการอ้างอิง (ต่อ)

[12] กระทรวงพลังงาน, **ข้อมูลด้านการเกษตรของจังหวัดสุพรรณบุรี ฐานข้อมูล พลังงานจังหวัดสุพรรณบุรี.**[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http:// www.thaienergydata.in.th/energynew / energyReview/energy/index_prv_agri.php?prv_id=72&year=2551(4 กุมภาพันธ์ 2555).

[13] สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี, **ข้อมูลรายงานภาวการณ์ผลิตพืช**.[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://www.suphanburi.doae.go.th (2 พฤษภาคม 2554).

[14] ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมประเทศไทย, **พลังงานชีวมวล.** [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://www.teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/biomass3.html (4 กุมภาพันธ์ 2555).

[15] Murata T., “Petri nets : Properties, Analysis and Application”, Proceeding of the IEEE, Vol. 77, No. 4, April 1989. pp. 541-580.

[16] W.M.P.van der Aalst,The application of Petri nets based workflow management software, in: A. Sheth(Ed.),Proceeding of NFS

[17] K Salimifard ,M. Wright, Theory and Methodology Petri net-based modeling of workflow systems : An overview European Journal of Operation Research pp. 664 – 676.

[18] S. Yemini, G. Goldszmidt, and Y. Yemini, Network Management by Delegation the MAD approach, Proceedings of CAS Conference, pp. 347–359

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้ชีวมวลต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

ตาราง ก.1 การใช้ชีวมวลของแกลบต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Rice Husk Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	20,000,000
Supply forecast	Increase 1-2 percent per year
Biomass production rate,percent of source	23
Total biomass supply, percent of source	23
Biomass collectivity, percent of source	50-80
Total biomass availability, tonne/yr	2,300,000-3,680,000
Higher heating value, kJ/kg	14,100
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	9,800
Aggregrate power generation potential, MW	234-375

ตาราง ก.2 ใช้ชีวมวลของน้ำมันปาล์มต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Palm oil Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	2,176,000
Supply forecast	Increase 10-15 percent per year
Biomass production rate,percent of source	44
Total biomass supply, percent of source	24-34
Biomass collectivity, percent of source	90-100
Total biomass availability, tonne/yr	470,000-740,000
Higher heating value, kJ/kg	8,400-18,250
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	14,050
Aggregrate power generation potential, MW	33-53

ตาราง ก.3 ใช้ชีวมวลของชานอ้อยต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Bagasse Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	50,000,000
Supply forecast	Stable
Biomass production rate,percent of source	28-30
Total biomass supply, percent of source	5-7
Biomass collectivity, percent of source	90-100
Total biomass availability, tonne/yr	2,250,000-3,500,000
Higher heating value, kJ/kg	10,000
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	14,000
Aggregrate power generation potential, MW	160-248

ตาราง ก.4 ใช้ชีวมวลของเหง้ามันสำปะหลังต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Cassava Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	7,000,000
Supply forecast	Stable
Biomass production rate,percent of source	40
Total biomass supply, percent of source	40
Biomass collectivity, percent of source	90-100
Total biomass availability, tonne/yr	2,520,000-2,800,000
Higher heating value, kJ/kg	9,150
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	17,100
Aggregrate power generation potential, MW	75-84

ตาราง ก.5 ใช้ชีวมวลของซังข้าวโพดต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Corncob Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	4,000,000
Supply forecast	Increase 5 percent per year
Biomass production rate,percent of sou	25
Total biomass supply, percent of source	25
Biomass collectivity, percent of source	50
Total biomass availability, tonne/yr	500,000
Higher heating value, kJ/kg	15,000
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	9,200
Aggregrate power generation potential, MW	54

ตาราง ก.6 ใช้ชีวมวลของศษไม้ต่อการผลิตไฟฟ้า 1MW

Wood Characteristics	
Sourse output, tonne/yr	5,800,000
Supply forecast	Fluctuating
Biomass production rate,percent of source	53
Total biomass supply, percent of source	53
Biomass collectivity, percent of source	60
Total biomass availability, tonne/yr	1,836,000
Higher heating value, kJ/kg	10,000
Fuel consumtion, tonne/yr/MW	10,500
Aggregrate power generation potential, MW	118

ภาคผนวก ข

เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวล (Technology)

TransEsterification	CastorBeanOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	CoconutOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	GroundNutOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	MungBeanOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	PalmOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	SesameOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	SorghumOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	SoyBeanOil	Biodiesel	0.8
TransEsterification	SunflowerOil	Biodiesel	0.8
Extraction	JatrophaOil	Biodiesel	0.99
Fermentation	Molasses	Ethanol	0.000146
Fermentation	SugarCaneJuice	Ethanol	3.93E-05
EnzymesFermentation	Cassava	Ethanol	1.01E-04
EnzymesFermentation	CORN	Ethanol	0.00021
EnzymesFermentation	GroundNut	Ethanol	0.00021
EnzymesFermentation	MungBean	Ethanol	0.00021
EnzymesFermentation	PearlBarley	Ethanol	1.85E-04

EnzymesFermentation	Sorghum	Ethanol	1.86E-04
EnzymesFermentation	SoyBean	Ethanol	0.00021
AcidHydrolysis	Bagasse	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CassavaStalk	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CassavaRhizome	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CoconutHusk	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CoconutShell	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CornCob	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CottonHusk	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	CottonStalk	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	GroundNutShell	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	PalmEFB	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	PalmFiber	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	PalmShell	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	RiceHusk	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	RiceStraw	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	SorghumLeavesAndStem	Ethanol	0.45
AcidHydrolysis	SoyBeanStalk	Ethanol	0.45

AcidHydrolysis	WoodResidue	Ethanol	0.45
DirectCombustion	Bagasse	Electricity	0.2
DirectCombustion	CassavaStalk	Electricity	0.2
DirectCombustion	CassavaRhizome	Electricity	0.2
DirectCombustion	CoconutHusk	Electricity	0.2
DirectCombustion	CoconutShell	Electricity	0.2
DirectCombustion	CornCob	Electricity	0.2
DirectCombustion	CottonHusk	Electricity	0.2
DirectCombustion	CottonStalk	Electricity	0.2
DirectCombustion	GroundNutShell	Electricity	0.2
DirectCombustion	PalmEFB	Electricity	0.11
DirectCombustion	PalmFiber	Electricity	0.2
DirectCombustion	PalmShell	Electricity	0.2
DirectCombustion	RiceHusk	Electricity	0.13
DirectCombustion	RiceStraw	Electricity	0.2
DirectCombustion	SorghumLeavesAndStem	Electricity	0.2
DirectCombustion	SoyBeanStalk	Electricity	0.2
DirectCombustion	WoodResidue	Electricity	0.26

Gasification	Bagasse	Electricity	0.28
Gasification	CassavaStalk	Electricity	0.235
Gasification	CassavaRhizome	Electricity	0.235
Gasification	CoconutHusk	Electricity	0.235
Gasification	CoconutShell	Electricity	0.235
Gasification	CornCob	Electricity	0.235
Gasification	CottonHusk	Electricity	0.235
Gasification	CottonStalk	Electricity	0.235
Gasification	GroundNutShell	Electricity	0.235
Gasification	PalmEFB	Electricity	0.23
Gasification	PalmFiber	Electricity	0.235
Gasification	PalmShell	Electricity	0.235
Gasification	RiceHusk	Electricity	0.235
Gasification	RiceStraw	Electricity	0.235
Gasification	SorghumLeavesAndStem	Electricity	0.235
Gasification	SoyBeanStalk	Electricity	0.235
Gasification	WoodResidue	Electricity	0.21
DirectCombustion	Bagasse	Heat	0.36

DirectCombustion	CassavaStalk	Heat	0.36
DirectCombustion	CassavaRhizome	Heat	0.36
DirectCombustion	CoconutHusk	Heat	0.36
DirectCombustion	CoconutShell	Heat	0.36
DirectCombustion	CornCob	Heat	0.36
DirectCombustion	CottonHusk	Heat	0.36
DirectCombustion	CottonStalk	Heat	0.36
DirectCombustion	GroundNutShell	Heat	0.36
DirectCombustion	PalmEFB	Heat	0.36
DirectCombustion	PalmFiber	Heat	0.36
DirectCombustion	PalmShell	Heat	0.36
DirectCombustion	RiceHusk	Heat	0.627
DirectCombustion	RiceStraw	Heat	0.36
DirectCombustion	SorghumLeavesAndStem	Heat	0.36
DirectCombustion	SoyBeanStalk	Heat	0.36
DirectCombustion	WoodResidue	Heat	0.21
Gasification	Bagasse	Heat	0.275
Gasification	CassavaStalk	Heat	0.275

Gasification	CassavaRhizome	Heat	0.275
Gasification	CoconutHusk	Heat	0.275
Gasification	CoconutShell	Heat	0.275
Gasification	CornCob	Heat	0.275
Gasification	CottonHusk	Heat	0.275
Gasification	CottonStalk	Heat	0.275
Gasification	GroundNutShell	Heat	0.275
Gasification	PalmEFB	Heat	0.19
Gasification	PalmFiber	Heat	0.275
Gasification	PalmShell	Heat	0.275
Gasification	RiceHusk	Heat	0.275
Gasification	RiceStraw	Heat	0.275
Gasification	SorghumLeavesAndStem	Heat	0.275
Gasification	SoyBeanStalk	Heat	0.275
Gasification	WoodResidue	Heat	0.66
Boiler	Bagasse	Heat	0.77
Boiler	CassavaStalk	Heat	0.77
Boiler	CassavaRhizome	Heat	0.77

Boiler	CoconutHusk	Heat	0.77
Boiler	CoconutShell	Heat	0.77
Boiler	CornCob	Heat	0.77
Boiler	CottonHusk	Heat	0.77
Boiler	CottonStalk	Heat	0.77
Boiler	GroundNutShell	Heat	0.77
Boiler	PalmEFB	Heat	0.25
Boiler	PalmFiber	Heat	0.77
Boiler	PalmShell	Heat	0.77
Boiler	RiceHusk	Heat	0.82
Boiler	RiceStraw	Heat	0.77
Boiler	SorghumLeavesAndStem	Heat	0.77
Boiler	SoyBeanStalk	Heat	0.77
Boiler	WoodResidue	Heat	0.73

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายปรมัตถ์ สุขสายอ้น
วัน เดือน ปีเกิด	21 ธันวาคม 2528
ที่อยู่	104 หมู่ 9 ตำบลตากตก อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก 63120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2551	สำเร็จการศึกษาระดับครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ.2551-ปัจจุบัน	อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก