



การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตุดิบชีวมวล :

กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง



โดย
นายอภิชาติ สุนทรวิภาต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตุดิบชีวมวล :
กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR BIOMASS
REQUIREMENT MANAGEMENT : A CASE STUDY OF BIOMASS POWER PLANT**



**By
Mr. Apichat Soonthornwiphat**

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Engineering Program in Engineering Management

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การประยุกต์ใช้
โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตถุดิบชีวมวล : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีว
มวลแห่งหนึ่ง” เสนอโดย นายอภิชาติ สุนทรวิภาต เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารัทสนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล็ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

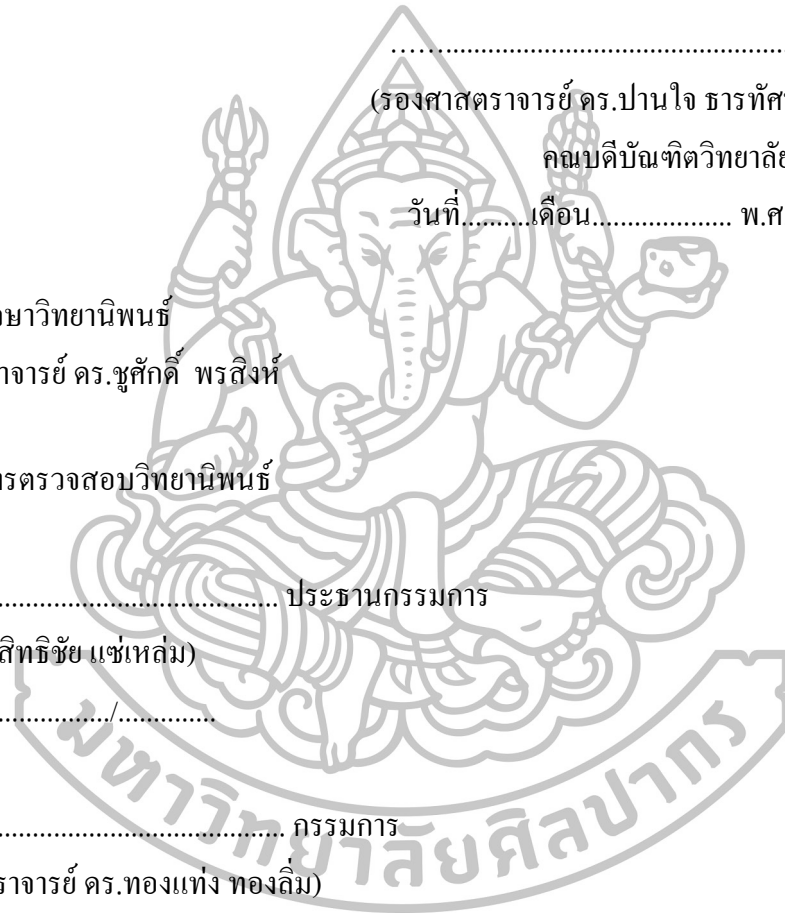
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ้ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

...../...../.....



57405317 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

คำสำคัญ : โรงไฟฟ้าชีวมวล / การพยากรณ์ / โครงข่ายประสาทเทียม

อภิชาติ ศูนย์วิภาต : การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตุดิบชีวมวล : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์. 79 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตุดิบชีวมวลของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง เพื่อให้สามารถพยากรณ์ปริมาณการป้อนวัตุดิบชีวมวลให้แก่หม้อไอน้ำและลดความเสี่ยงอันเนื่องมาจากการตัดสินใจที่ผิดพลาดในการจัดการวัตุดิบชีวมวล จากการศึกษาพบว่าโรงไฟฟ้าตัวอย่างมีการบริหารจัดการแบบเป็นไปตามสถานการณ์ โดยมีการเพิ่มอัตราการป้อนวัตุดิบชีวมวลตามสถานการณ์ และบ่อยครั้งมากเกินไปจนทำให้เกิดการใช้วัตุดิบชีวมวลอย่างสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับพยากรณ์ถดถอยเชิงพหุคูณ จากผลการศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่มีโครงสร้าง [16-9-15-1] มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) เท่ากับ 0.97 และ 0.44 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ 1.52 และ 2.52 ตามลำดับ

โครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวจะสามารถช่วยให้ผู้ปฏิบัติตัดสินใจป้อนวัตุดิบเข้าหม้อไอน้ำได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นอันจะส่งผลต่อการใช้วัตุดิบชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

57405317: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT

KEYWORD: BIOMASS POWER PLANT / FORECASTING /ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

APICHAH SOONTHORNWIPHAT: APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR BIOMASS REQUIREMENT MANAGEMENT: A CASE STUDY OF BIOMASS POWER PLANT.THESIS ADVISOR: CHOOSAK PORNSING, Ph.D. 79 pp.

This research is aimed to the application of neural network for biomass requirement management in a sample biomass power plant in order to forecast the right feed rate of biomass fuel to the boiler and to minimize possible loss caused by wrong decision making. It's found that the sample biomass power plant manage the biomass fuel requirement based on the situation, increasing biomass feed rate accordingly and that cause uneconomical consumption of biomass fuel. The researcher then introduces the artificial neural network (ANN) in comparison with the multiple regression model to forecast the feed rate of biomass fuel. It's found that the multi-layer artificial neural network with 16-9-15-1 structure is more effective than the multiple regression model by considering $R^2 = 0.97$ and 0.44 , MAPE = 1.52 and 2.52 , respectively.

This artificial neural network (ANN) is supporting to provide more accurate forecast to the feed rate of biomass fuel and that will lead to effective consumption of biomass fuel.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University

Student's signature.....

Academic Year 2015

Thesis Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ ตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ และนอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบ และแนะนำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอพระคุณคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาดำเนินมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ เพื่อนและน้องๆ ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
ขอบเขตงานวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ.....	6
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล.....	15
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงข่ายประสาทเทียม.....	18
การพยากรณ์ (Forecasting).....	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
3 การดำเนินการวิจัย.....	36
กำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย.....	37
เตรียมข้อมูล.....	37
สร้างแบบจำลอง.....	37
วิเคราะห์ประสิทธิภาพ.....	38
สรุปผลงานวิจัย.....	38

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย	39
การจัดเตรียมข้อมูล	39
การสร้างแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม	41
วิธีถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)	43
เปรียบเทียบประสิทธิภาพ	45
วิเคราะห์วิธีโครงข่ายประสาทเทียม	47
วิเคราะห์วิธีถดถอยเชิงพหุคูณ	48
5 การนำไปใช้งาน	49
การทำงานในปัจจุบัน	49
วิธีการทำงานโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	50
ผลการทดลองใช้งาน	51
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	54
สรุปผลการวิจัย	54
ข้อเสนอแนะ	55
รายการอ้างอิง	56
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก	59
ภาคผนวก ข	66
ภาคผนวก ค	72
ประวัติผู้วิจัย	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสีย ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	11
2	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี.....	14
3	รายละเอียดปัจจัยนำเข้าและปัจจัยนำออกสำหรับแบบจำลองประสาทเทียม	40
4	ผลการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของอัตราการเรียนรู้ และโมเมนตัม.....	42
5	ผลลัพธ์การพยากรณ์ของทั้งสองรูปแบบเปรียบเทียบข้อมูลจริงในเชิงตัวเลข.....	46
6	ขั้นตอนการป้อนวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง.....	49
7	ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ โดยโครงข่ายประสาทเทียม.....	50
8	ผลการพยากรณ์ปริมาณไอน้ำของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง.....	51



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สัดส่วนเป้าหมายการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทน	2
2	แบบจำลองหม้อไอน้ำ	7
3	ชีวมวลชนิดต่างๆ	16
4	แบบจำลองข่ายประสาทในสมองมนุษย์	19
5	โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียม	20
6	แบบจำลองโครงข่ายประสาทในคอมพิวเตอร์	21
7	แสดงการเรียนรู้แบบมีการสอน	23
8	แสดงการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน	24
9	สถาปัตยกรรมของ Feedforward Network	24
10	สถาปัตยกรรมของ Feedback network	25
11	Single-layer perceptron	26
12	แสดงโครงสร้างของ Perceptrons	27
13	ขั้นตอนการดำเนินงาน	36
14	Box Plot ของชุดข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง	39
15	โครงสร้างที่ดีที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์	41
16	กราฟสำหรับตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล	44
17	การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ	44
18	ข้อมูลการพยากรณ์แบบต่างๆเปรียบเทียบข้อมูลจริง	45

บทที่ 1

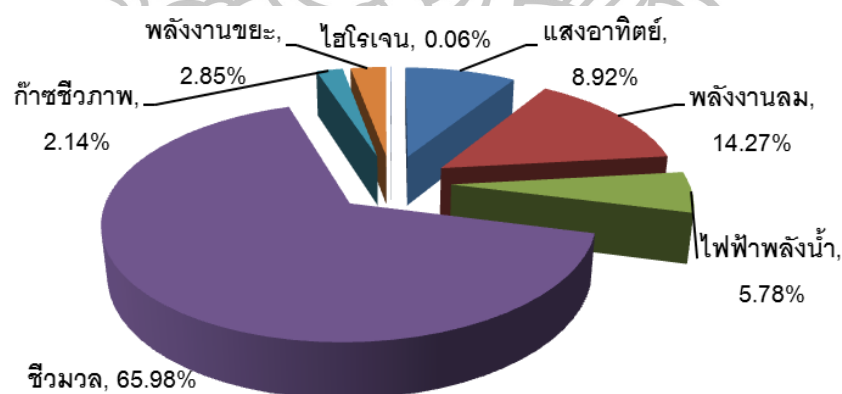
บทนำ

1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก ร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขึ้นต้นมาจากการนำเข้า โดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึง ร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศ และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น และยังช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศซึ่งเดิมต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยพลังงานทดแทน ถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมแบบทุ้งกังหันลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ และหากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่าง กว้างขวาง ก็อาจสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต

ด้วยเหตุนี้สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงานจึงได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ระหว่าง 2551 ถึง 2565 (Renewable Energy Development Plan: REDP) เพื่อผลักดันการพัฒนาพลังงานทดแทน โดยมีเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทน 19,799 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 20.3 ของการใช้พลังงานทั้งหมด (ทุกรูปแบบของพลังงานที่ใช้ อาทิ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน เชื้อเพลิงยานพาหนะ เป็นต้น) ภายใต้วิสัยทัศน์ “พลังงานหลักของประเทศ ลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศ ด้วยราคาที่ประชาชนยอมรับ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน รวมไปถึง ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน”

การพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานชีวมวลก็เป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของแผนพัฒนาดังกล่าว โดยกระทรวงพลังงานมีแผนที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานทดแทนถึง 5,608 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็น 2,290 ktoe ในปี 2565 โดยมีเป้าหมายที่จะใช้แหล่งพลังงานชีวมวล (Biomass Fuel) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสูงถึง 3,700 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 65.9 ของแหล่งพลังงานทดแทนทั้งหมดที่จะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้การวิจัย พัฒนา และการสร้างองค์ความรู้ในการบริหารจัดการเทคโนโลยีของการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานชีวมวลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดในการสนับสนุนให้ประเทศมีความมั่นคงทางพลังงานตามแผนพัฒนาดังกล่าว นอกเหนือไปจากนั้นแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของกระทรวงพลังงานยังได้บรรจุแผนปฏิบัติในการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานไว้ด้วย โดยให้ความสำคัญกับการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพสูง และสอดคล้องกับคุณลักษณะของแหล่งพลังงานทดแทนในประเทศ ศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานทดแทนแต่ละชนิดทั้งในระดับภาคและระดับจุลภาค และสร้างองค์ความรู้ให้กับประชาชนในประเทศและสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพที่ 1 สัดส่วนเป้าหมายการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงาน ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.eppo.go.th/ccep/energy_3-5.html.

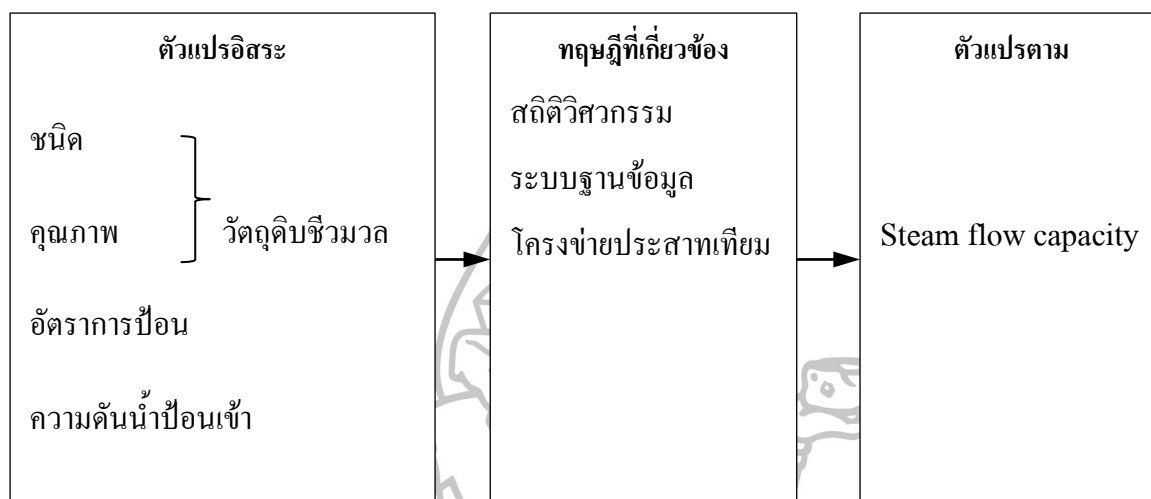
งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจึงได้มุ่งศึกษาเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานชีวมวล โดยได้เลือกศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างขนาด 52.50 เมกะวัตต์ ที่ก่อตั้งมาตั้งแต่

พ.ศ. 2545 โดยเริ่มแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน หมุนเวียน กลับมาใช้ในบริษัทในเครือ ต่อมาได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตจนสามารถ ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ เทคโนโลยีที่บริษัทใช้เป็นแบบ พลังความร้อนร่วม (co-generation) ที่ใช้พลังงานจากชีวมวล เทคโนโลยีหม้อไอน้ำเป็นแบบ Hydrograte Stoker สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปี ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าชีวมวล คือ การ นำวัตถุดิบ เช่น ชานอ้อย ใบอ้อย แกลบ ฟางข้าว ชังข้าว โปด เศษไม้ ฯลฯ ล้างด้วยสายพาน ระบบปิด เพื่อเข้าสู่กระบวนการเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ และถ่ายความร้อนให้หม้อไอน้ำ จนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัด และมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำจะไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมา โรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างได้มีการบริหารจัดการเชื้อเพลิงแบบ First-in First-out โดยมีชานอ้อย (Bagasse) เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งสามารถจัดหาได้เพียง 4 เดือนใน หน้าหีบอ้อย แต่ต้องบริหารจัดการให้เพียงพอต่อการใช้งานทั้งปี ซึ่งหากปริมาณวัตถุดิบไม่เพียงพอ ต้องมีการรับซื้อแหล่งพลังงานชีวมวลอื่นๆ เช่น ใบอ้อย ฟาง แกลบ และจี้เลื่อย มาเสริม

โดยปกติอัตราการเผาไหม้วัตถุดิบชีวมวลเพื่อให้ได้ความร้อนตามความต้องการจะสามารถ คำนวณได้จาก Data Sheet ของบริษัทเจ้าของเทคโนโลยีหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตาม จากการเก็บข้อมูล ในอดีตพบว่าอัตราการเผาไหม้ไม่เป็นไปตามสูตรคำนวณ เนื่องจากหม้อไอน้ำที่มีการใช้งานมา ระยะเวลาหนึ่งย่อมมีการเสื่อมสภาพ อุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ที่อาจไม่เที่ยงตรงถึงแม้จะมีการ บำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ ชนิด ปริมาณ และคุณภาพ ของวัตถุดิบชีวมวลที่ เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์ เช่น การให้ปริมาณความร้อนของชานอ้อยย่อมไม่เท่ากับปริมาณ ความร้อนที่ได้จากฟางข้าว เป็นต้น นอกจากนี้การจับเก็บในลานวัตถุดิบที่เป็นระบบเปิด (ถึงแม้ บางครั้งอาจใช้ผ้าใบคลุมกองวัตถุดิบ) ทำให้การควบคุมความชื้นเป็นไปได้อย่างยากลำบาก ด้วย เหตุผลเหล่านี้การพยากรณ์และการวางแผนการใช้ จัดเก็บ และจัดหาวัตถุดิบชีวมวลจึงมีความยุ่งยาก ผิดพลาด และขาดประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและหาองค์ความรู้ในการจัด การพลังงานที่เหมาะสมกับปัญหา และสภาพของ โรงงานไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง เพื่อให้สามารถ พยากรณ์อัตราการเผาไหม้แหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลได้อย่างถูกต้อง อันจะส่งผลให้เกิดการใช้งาน วัตถุดิบอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพ และส่งผลถึงความสามารถในการวางแผนจัดการวัตถุดิบ ตั้งแต่การเลือกใช้ จัดหา รวบรวม จัดเก็บ และใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคโนโลยีระบบ

โรงจ่ายประสาทเทียม ที่ได้รับการพิสูจน์มาในระยะเวลาหนึ่งแล้วว่า มีประสิทธิภาพและไม่มี ความยุ่งยากในการประยุกต์ใช้งานกับปัญหาทางวิศวกรรมและการจัดการ ในอุตสาหกรรมจริง

2.กรอบแนวคิดในการวิจัย



3.วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบโรงจ่ายประสาทเทียมเพื่อใช้พยากรณ์ ในการป้อน วัตถุดิบชีวมวลให้แก่เตาเผาเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนตามที่ต้องการ

4.ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะกระบวนการป้อนวัตถุดิบชีวมวล จนถึงกระบวนการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ โดยนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะตอบสนองต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 5.1 โรงไฟฟ้าสามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจัดการวัตถุดิบ
- 5.2 สามารถประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์งานอื่นๆที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกัน
- 5.3 ลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด (ป้อนวัตถุดิบชีวมวลมากเกินไป) ในการจัดการวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง



บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษายบนพื้นฐานของแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางข้อมูลสำหรับการวิจัย โดยมีสาระสำคัญดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล
3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ โครงข่ายประสาทเทียม
4. การพยากรณ์ (Forecasting)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ (Boiler) คือ เครื่องกำเนิดไอน้ำ ทำด้วยเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ซึ่งได้รับการออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรงถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ภายในภาชนะบรรจุน้ำและไอน้ำโดยการถ่ายเทความร้อนซึ่งได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้แก่ น้ำ ซึ่งอยู่ในสถานะปิดเพื่อให้ได้ไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิตามต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หม้อไอน้ำโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2.1.1 เตา (Furnace)

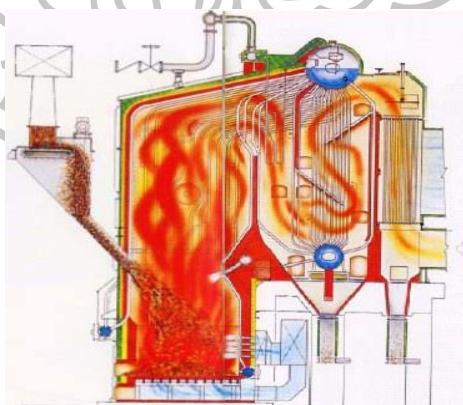
เตาเป็นที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง ประกอบด้วยอุปกรณ์เผาไหม้ ห้องเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงแข็ง ส่วนล่างของเตาจะเป็นตะแกรงเตา (Grate) ส่วนเชื้อเพลิงเหลวและแก๊สจะใช้หัวเผา (Burner) เตาเผาทำหน้าที่เผาไหม้เชื้อเพลิงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการเผาให้ความร้อนเพื่อเอาก๊าซร้อนไปใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การนำความร้อนที่ได้ไปผลิตไอน้ำร้อนที่มีความดันสูงเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือใช้ในกระบวนการผลิต ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งนั้นเตาเผาถือว่าเป็นหัวใจสำคัญเนื่องจากเป็นจุดที่มีการนำพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเปลี่ยนมาเป็นพลังงานความร้อนมากที่สุด

2.1.2 ตัวหม้อไอน้ำ (Boiler Shell)

ตัวหม้อไอน้ำจะได้รับความร้อนจากห้องเผาไหม้ และส่งผ่านความร้อนนี้ให้กับน้ำซึ่งอยู่ภายในให้กลายเป็นไอน้ำ ตัวหม้อไอน้ำประกอบด้วย ครัม (Drum) และท่อน้ำ (Water Tube) ส่วนที่รับความร้อน (Heating Surface) ประกอบด้วย พื้นผิวที่อยู่ติดกับห้องเผาไหม้ ซึ่งส่วนใหญ่จะรับความร้อนจากเปลวโดยการแผ่รังสี ส่วนพื้นผิวที่อยู่ห่างจากห้องเผาไหม้จะได้รับความร้อนส่วนใหญ่จากการสัมผัสกับแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อน ตัวหม้อไอน้ำเป็นภาชนะทนความดันได้สูงสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้งานในการผลิต โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทย จะมีขนาดตั้งแต่แรงดัน 16 บาร์ จนถึง แรงดัน 105 บาร์

2.2.3 อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ

อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหม้อไอน้ำว่า มีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด ได้แก่ เครื่องคงไอ (Superheat) สำหรับเพิ่มความร้อนให้น้ำ อุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง (Economizer) อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Pre heater) เครื่องเป่าลม (Soot Blower) อุปกรณ์ส่งน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler Feed Pump) สำหรับปัจจุบันส่วนมากมีอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้ก็มีอุปกรณ์ประกอบย่อยได้แก่ ลิ้นนิริภย เครื่องมือวัดระดับน้ำ เครื่องมือวัดความดัน เป็นต้น



ภาพที่ 2 แบบจำลองหม้อไอน้ำ

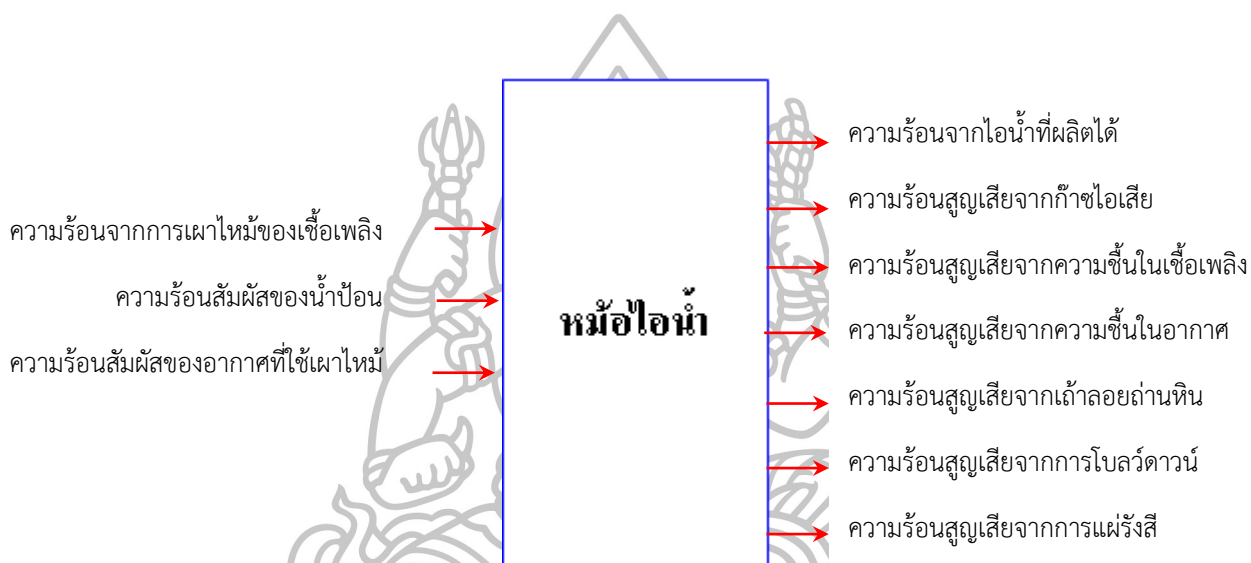
ที่มา : Chris Hanson, **Biomass Magazine**, เข้าถึงเมื่อ 5 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก

<http://biomassmagazine.com/articles/8799/how-it-works-a-biomass-boiler>.

2.1.4 การตรวจวัดประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

การวิเคราะห์ค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบผลิตไอน้ำเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ จะทำได้โดยวิธีสมดุลความร้อน (Energy Balance) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ความร้อนที่เข้าสู่ระบบ} = \text{ความร้อนที่ออกจากระบบ}$$



ดังนั้นในการคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีได้แก่

วิธีคำนวณตรงจากปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้จริง (ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ 1 และ 2)

วิธีคำนวณทางอ้อมจากสัดส่วนการสูญเสีย (ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ 3)

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ } (\eta) \% = \frac{\text{พลังงานไอน้ำที่ผลิตได้จริง}}{\text{พลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง}} \times 100\% \quad (1)$$

โดยสมการที่ (1) สามารถนำมาเขียนในรูปสมการได้ในสมการที่ (2) ดังนี้

$$(\eta) \% = \frac{m'_{steam} \times (h_{steam} - h_{water})}{m'_{fuel} \times LHV_{fuel}} \times 100\% \quad (2)$$

แต่ในปัจจุบันการหาค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำด้วยวิธีคำนวณตรงจากปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้จริงนั้นไม่ได้รับการนิยมมากนัก เนื่องจากการวัดอัตราการไหลของไอน้ำนั้นสามารถทำได้ยากมาก และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลมีราคาสูงมาก ด้วยเหตุนี้ในการวัดค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือใช้วิธีการวัดทางอ้อมจากการคำนวณสัดส่วนการสูญเสียพลังงาน สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ในสมการที่ (3) ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ } (\eta) \% = 100 - \text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียพลังงาน} \quad (3)$$

2.1.4.1 สมการที่ใช้คำนวณความร้อนที่เข้าและออกจากระบบ

ในการทำสมดุลความร้อนจะต้องทราบความร้อนต่างๆ ที่เข้าและออกจากหม้อไอน้ำ โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

1. ความร้อนที่เข้าสู่ระบบ มีค่าเท่ากับ ($Q_{in} = Q_{fc} + Q_w + Q_a$)

1.1 ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (Q_{fc})

$$Q_{fc} = F_b \times H_L \quad (kJ/kg) \quad (4)$$

โดยที่ F_b = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (kg_f/h)

H_L = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

1.2 ความร้อนสัมผัสจากน้ำป้อน (Q_w)

$$Q_w = F_w (h_{f,w} \times h_{f,reg}) \quad (kJ/h) \quad (5)$$

โดยที่ F_w = ปริมาณน้ำป้อนที่ใช้ (kg_w/h)

$h_{f,w}$ = เอนทาลปีของน้ำป้อน (kJ/kg)

$h_{f,reg}$ = เอนทาลปีของน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิบรรยากาศ (kJ/kg)

1.3 ความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Q_a)

$$Q_a = A \times C_{p,a}(T_a \times T_{reg}) \quad (kJ/h) \quad (6)$$

โดยที่ A = ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริงใน 1 ชั่วโมง ($Nm^3/kg.h$)

$C_{p,a}$ = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.31 ($kJ/Nm^3 \text{ } ^\circ C$)

T_a = อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ($^\circ C$)

T_{reg} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^\circ C$)

2. ความร้อนที่ออกจากระบบ มีค่าเท่ากับ

$$Q_{out} = Q_{steam} + Q_g + Q_{mf} + Q_{ma} + Q_{ash} + Q_b + Q_r$$

โดยที่ความร้อนสูญเสียซึ่งถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของความร้อนที่ออกจากระบบเช่นกัน สามารถคำนวณได้จากสมการต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความร้อนสูญเสียจากก๊าซไอเสีย (Q_g)

การสูญเสียนี้มาจากปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะต้องเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ถ้าให้อากาศน้อยเกินไปการเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าอากาศส่วนเกินมากเกินไปการสูญเสียความร้อนไปกับก๊าซเสียจะมาก ดังนั้นการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับชนิดเชื้อเพลิงจึงมีความสำคัญ โดยความร้อนสูญเสียจากก๊าซไอเสียสามารถหาได้จากสมการที่ (7)

$$Q_g = F_h \times G \times C_{p,g}(T_g \times T_{ref}) \quad (kJ/h) \quad (7)$$

โดยที่ F_h = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (kg_f/h)

G = ปริมาณไอเสียที่เกิดขึ้นจริง (Nm^3/kg_f)

$C_{p,g}$ = ค่าความร้อนจำเพาะของไอเสีย ($kJ/Nm^3 \text{ } ^\circ C$)

T_g = อุณหภูมิไอเสีย ($^\circ C$)

T_{ref} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^\circ C$)

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสีย ($C_{p,g}$) ที่อุณหภูมิต่างๆ

ที่มา: สถาบันจัดการและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบ

หม้อไอน้ำและระบบอัดอากาศ (ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 2551), 10.

ความร้อนจำเพาะเฉลี่ย	อุณหภูมิก๊าซไอเสีย ($^{\circ}C$)			
	200	400	600	800
$kcal/Nm^3^{\circ}C$	0.332	0.34	0.348	0.358
$kJ/Nm^3^{\circ}C$	1.39	1.42	1.46	1.5

2.2 ความร้อนสูญเสียจากความชื้นในเชื้อเพลิง (Q_{mf})

โดยมากเป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในเชื้อเพลิงแข็งและเป็นความร้อนสูญเสียเป็นอันดับต้นๆ ในเชื้อเพลิงแข็งด้วย ซึ่งความร้อนสูญเสียจากความชื้นในเชื้อเพลิงสามารถหาได้จากสมการที่ (8)

$$Q_{mf} = F_h \times (\%mois) \times 2450 + (1.91 \times (T_g + T_{ref})) \quad (kJ/h) \quad (8)$$

โดยที่ F_h = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (kg_f/h)

$\%mois$ = สัดส่วนความชื้นที่อยู่ในเชื้อเพลิง

T_g = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}C$)

T_{ref} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}C$)

2.3 ความร้อนสูญเสียจากความชื้นในอากาศ (Q_{ma})

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในอากาศที่สภาวะปกติโดยที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่หากหม้อไอน้ำนั้นๆมีการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ(Air Preheater)ก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ก็จะช่วยลดการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้ได้ โดยความร้อนสูญเสียจากความชื้นในอากาศสามารถหาได้จากสมการที่ (9)

$$Q_{ma} = A \times (\%Abs) \times 2.05 \times (T_g - T_{ref}) \quad (kJ/h) \quad (9)$$

โดยที่ A = ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริงใน 1 ชั่วโมง ($Nm^3/kg.h$)

T_g = อุณหภูมิไอเสีย ($^{\circ}C$)

T_{ref} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}C$)

$$\%Abs = \text{สัดส่วนความชื้นที่อยู่ในอากาศ} = 0.6219 \times \left(\frac{P_{sat@t,a}}{1.01325 - P_{sat@t,a}} \right)$$

$P_{sat@t,a}$ = ความดันอิ่มตัวที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (bar)

2.4 ความร้อนสูญเสียจากเถ้าลอย (Q_{ash})

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในเชื้อเพลิงแข็งเท่านั้น โดยการสูญเสียในลักษณะนี้มักเกิดจากการที่เชื้อเพลิงแข็งนั้นๆ เผาไหม้ไม่หมดและถูกคูดออกจากห้องเผาไหม้เร็วเกินไป (Unburned) จึงทำให้เถ้าลอยนี้ยังคงมีค่าความร้อนหลงเหลืออยู่ ซึ่งความร้อนสูญเสียจากเถ้าลอยสามารถหาได้จากสมการที่ (10)

$$Q_{ash} = F_{ash} \times H_{ash} \quad (kJ/h) \quad (10)$$

โดยที่ F_{ash} = ปริมาณเถ้าลอยที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ (kg_{ash}/h)

H_{ash} = ค่าความร้อนต่ำของเถ้าลอย (kJ/kg)

2.5 ความร้อนสูญเสียจากการ โบลว์ดาวน์ (Q_b)

การโบลว์ดาวน์เป็นการลดความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำ เพื่อป้องกันตะกรันเกาะบนผิวท่อ และเพื่อหลีกเลี่ยงฟองลอยตัวขึ้นไปกับไอน้ำ โดยปกติหม้อไอน้ำจะมีการโบลว์ดาวน์อยู่ที่ 3-5% การโบลว์ดาวน์ควรรักษาระดับให้ต่ำที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียความร้อนกรณีโบลว์ดาวน์แบบต่อเนื่อง (Continues Blow Down) อาจนำความร้อนจากการโบลว์ดาวน์ไปอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ ความร้อนสูญเสียจากการโบลว์ดาวน์สามารถหาได้จากสมการที่ (11)

$$Q_b = F_w \times B \times (h_{f,b} - h_{f,ref}) \quad (kJ/h) \quad (11)$$

โดยที่ F_w = ปริมาณน้ำป้อนที่ใช้ (kg_w/h)

$h_{f,b}$ = เอนทาลปีของน้ำโบลว์ดาวน์ (kJ/kg)

$h_{f,ref}$ = เอนทาลปีของน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิบรรยากาศ (kJ/kg)

B = ร้อยละการโบลว์ดาวน์ = $\left(\frac{TDS_w \times 100\%}{TDS_b - TDS_w} \right)$

TDS_w = ปริมาณสารละลายในน้ำป้อน (ppm)

TDS_b = ปริมาณสารละลายในน้ำโบลว์ดาวน์ (ppm)

$TDS (ppm) = 0.7 \times conductivity (\mu S/cm)$

2.6 ความร้อนสูญเสียจากการแผ่รังสีของผนังหม้อไอน้ำ (Q_r)

การสูญเสียผ่านผนังหม้อไอน้ำประกอบด้วย การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสีจะเท่ากันไม่ว่าหม้อไอน้ำจะผลิตไอน้ำมากหรือน้อย การหาความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังหม้อไอน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12) ถึง (14)

$$Q_r = Q_{rad} + Q_{conv} \quad (kJ/h) \quad (12)$$

$$Q_{rad} = 4.88 \times \varepsilon \times A_b \times \left[\left(\frac{273 + T_{wb}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + T_{ref}}{100} \right)^4 \right] \times 4.187 \quad (13)$$

$$Q_{conv} = h_c \times A_b \times [T_{wb} - T_{ref}] \times 4.187 \quad (kJ/h) \quad (14)$$

โดยที่	Q_{rad}	=	ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสี (kJ/h)
	Q_{conv}	=	ความร้อนสูญเสียโดยการพา (kJ/h)
	ε	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี ($kcal/m^2 \cdot h^\circ C$)
	h_c	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา ($kcal/m^2 \cdot h^\circ C$)
	A_b	=	พื้นที่ผิวหม้อไอน้ำ (m^2)
	T_{wb}	=	อุณหภูมิผิวผนังหม้อไอน้ำ ($^\circ C$)
	T_{ref}	=	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^\circ C$)

โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา h_c สามารถหาได้จาก การพิจารณาแยกเป็นพื้นที่แต่ละด้าน ดังนี้

$$\text{พื้นที่ในแนวราบที่หันขึ้นด้านบน} \quad h_c = 2.2 \times (T_{wb} - T_{ref})^{\frac{1}{4}}$$

$$\text{พื้นที่ในแนวราบที่หันลงข้างล่าง} \quad h_c = 1.1 \times (T_{wb} - T_{ref})^{\frac{1}{4}}$$

$$\text{พื้นที่ในแนวตั้ง} \quad h_c = 1.5 \times (T_{wb} - T_{ref})^{\frac{1}{4}}$$

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (ϵ) ของผิวประเภทต่างๆ
ที่มา: สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบ
หม้อไอน้ำและระบบอัดอากาศ (ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 2551), 10.

วัตถุ	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ϵ
Lamp Black	อุณหภูมิห้อง	0.97
Platinum Black	อุณหภูมิห้อง ~ 1,650	0.97
ผิวทาสีแก่	อุณหภูมิห้อง	0.95
สีอคริลิกเนียม	อุณหภูมิห้อง	0.4~ 0.7
ผิวขัดมันของเหล็ก	อุณหภูมิห้อง	0.06
ผิวขัดมันของเหล็ก	540	0.12
แผ่นเหล็กรีดเหนียว	อุณหภูมิห้อง	0.56
เหล็กหล่อ (ผิวดำ)	อุณหภูมิห้อง	0.7 ~0.8
ผิวขัดมันของทองเหลือง	อุณหภูมิห้อง	0.09
อิฐทนไฟ	600 ~1,000	0.85
อิฐแดง	อุณหภูมิห้อง ~ 1,000	0.90

ดังนั้นเมื่อทราบสมการที่ใช้ในการหาค่าพลังงานความร้อนที่เข้าสู่หม้อไอน้ำและพลังงาน
ความร้อนที่สูญเสียภายในหม้อไอน้ำทั้งหมดแล้ว สามารถเขียนสมการหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ
ได้ดังนี้

$$\eta = 100 - \sum_{loss=1}^6 \left(\frac{Q_{loss}}{Q_{cin}} \right) \quad (15)$$

หรือเขียนในรูปของการกระจายพจน์ คือ

$$\eta = 100 - \left(\frac{Q_g}{Q_{in}} \right) - \left(\frac{Q_{gmf}}{Q_{in}} \right) - \left(\frac{Q_{ma}}{Q_{in}} \right) - \left(\frac{Q_{ash}}{Q_{in}} \right) - \left(\frac{Q_b}{Q_{in}} \right) - \left(\frac{Q_r}{Q_{in}} \right) \quad (16)$$

ดังนั้นสมการ (16) จึงเป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำของรายงานการตรวจวัด
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล

พลังงานจากชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากสารอินทรีย์จากพืชโดยมีที่มาต่าง ๆ กัน เช่น ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล ใบอ้อยจากไร่ช่วงฤดูตัดอ้อย แกลบจากโรงสี กากปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ เป็นต้น ซึ่งการใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลนั้น สามารถใช้ได้ทั้งในรูปแบบของพลังงานความร้อน ใช้น้ำเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยสามารถใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ ข้อได้เปรียบของการใช้พลังงานชีวมวลเมื่อเทียบกับพลังงานชนิดอื่น ๆ มีอยู่หลายประการ อาทิเช่น พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดเพราะวงจรชีวิตของพืชมีระยะสั้น ต่างจากฟอสซิล ซึ่งใช้เวลาหลายพันล้านปีกว่าจะสะสมเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส ถ่านหิน หรือน้ำมัน ชีวมวลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูกเมื่อไม่คิดรวมต้นทุนทางด้านการขนส่ง หากมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงมากนัก การนำชีวมวลมาใช้ก็เป็นการช่วยสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม ดังนั้นการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและควรส่งเสริมให้มีการใช้เพิ่มขึ้น

2.2.1 องค์ประกอบของชีวมวลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า

ชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างคุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดเด่น คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดด้อย การกระจายตัวของแหล่งชีวมวลหากมีกระจุกกระจายพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม จะทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นเพราะมีค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเชื้อเพลิง

ขนาด : ถ้าชีวมวลมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะที่จะนำมาเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ ถ้าจะนำไปใช้งานจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มขึ้นเช่น เศษไม้ ใบอ้อย ฟางข้าว

ความชื้น : ชีวมวลบางชนิดมีความชื้นสูง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ เช่น กากมัน ส่าเหล้า มีความชื้นประมาณ 80-90% จึงต้องมาผ่านกระบวนการลดความชื้น ก่อนนำไปเผา

สิ่งเจือปน : ในชีวมวลบางชนิด อาจมีสิ่งเจือปนหลายชนิด เช่น หิน ดิน กรวด ทราย คราบ น้ำมัน

ปริมาณขี้เถ้า : การออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการระบายขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3 ชีวมวลชนิดต่างๆ

ที่มา: Kassirin Saensree, พลังงานชีวมวล, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://53011711152.blogspot.com/2012/06/blog-post_19.html.

2.2.2 ปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับพลังงานชีวมวล

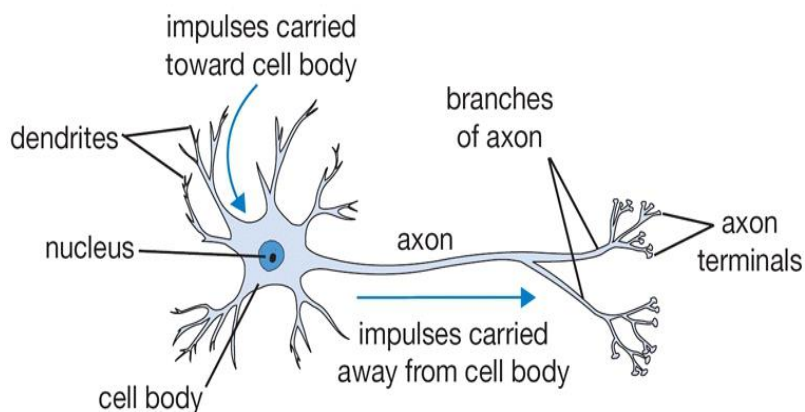
เนื่องจากราคาชีวมวลถูกกำหนดจากปัจจัย 2 ส่วนคือราคาวัตถุดิบและค่าขนส่ง ราคาวัตถุดิบชีวมวลมีความผันผวนขึ้นลงค่อนข้างมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณผลผลิตไม้แน่นอนและปริมาณความต้องการในระยะเวลาต่างๆไม่เท่ากัน รวมถึงมีความต้องการใช้ชีวมวลเพิ่มขึ้นในหลายอุตสาหกรรมทั้งในส่วนของการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และในส่วนของการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์บางประเภท ค่าขนส่งก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งเป็นตัวกำหนดราคาชีวมวลที่สำคัญ เนื่องจากชีวมวลส่วนใหญ่ มีความหนาแน่นต่ำและน้ำหนักเบา ทำให้ค่าขนส่งต่อหน่วยพลังงานที่ได้สูง และการนำวัตถุดิบออกมาจากพื้นที่ เช่น เหมืองมันสำปะหลังซึ่งก็ต้องมีการขุดต้นข้าวโพดที่ต้องมีการตัด เป็นต้น ความยากง่ายในการได้วัตถุดิบในแต่ละช่วงของปี รวมถึงฤดูกาลก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่น้ำมันมีราคาแพง ทำให้ค่าขนส่งส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับราคาของชีวมวล

เนื่องจากชีวมวลเป็นของเหลือที่ได้จากภาคเกษตรกรรม ซึ่งมีปริมาณไม่แน่นอนขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพอากาศ ฤดูกาลเพาะปลูก ปริมาณการเพาะปลูก ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมไม่สามารถหาชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ในบางช่วงเวลาของปี และในปัจจุบันชีวมวลเป็นที่ต้องการมากขึ้นในหลายอุตสาหกรรม โดยมีแนวโน้มการนำชีวมวลไปใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ในบางครั้งเกิดการแย่งชิงชีวมวล ในแง่มุมของการนำชีวมวลไปใช้ ปัญหาที่พบบ่อยคือเรื่องคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน ปริมาณความชื้นของชีวมวลก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าพลังงาน ซึ่งในกรณีที่ปริมาณความชื้นมีค่าสูง จะทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆลดลง ปัจจุบันปริมาณความชื้นของชีวมวลมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งหากไม่ได้วัดและควบคุมค่าความชื้นก่อนการเปลี่ยนเป็นพลังงานจะทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลได้ เนื่องจากชีวมวลส่วนใหญ่มีความหนาแน่นต่ำและน้ำหนักเบาทำให้ค่าขนส่งต่อหน่วยสูง และสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งซึ่งไม่มีชีวมวลเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิต(Stand alone) ต้องอาศัย การจัดหาชีวมวลจากพื้นที่ซึ่งไกลออกไป เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่ง ควรสนับสนุนการทำวิจัยเพื่อแปรรูปชีวมวลและจัดสร้างโรงงานแปรรูปชีวมวล เช่น โรงงานทำเชื้อเพลิงอัดเม็ด อย่างไรก็ตามจะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการเผาไหม้ว่าเมื่อ

มีการแปรรูปชีวมวลแล้วจะได้ประสิทธิภาพที่ไม่ต่างจากเดิม นอกจากนี้ควรพัฒนาระบบในการรวบรวมชีวมวล เพื่อรวบรวมชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจายในที่ต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการและขนส่ง เช่น จัดตั้งหน่วยงานรับซื้อและแจกจ่ายชีวมวลในแต่ละพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตชีวมวล หรือการให้เงินสนับสนุนภาคเอกชนที่ทำหน้าที่รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ภายในองค์กร

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) คือ การสร้างคอมพิวเตอร์ที่จำลองเอาวิธีการทำงานของสมองมนุษย์หรือทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักคิดและจดจำในแนวทางเดียวกับโครงข่ายประสาทของมนุษย์เพื่อช่วยให้คอมพิวเตอร์ฟังและอ่านภาษามนุษย์ได้เข้าใจ และรู้จำได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นสมองกลโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาท จะอาศัย Back propagation Algorithm ในการสร้างการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความคิดเสมือนมนุษย์ ประเภทของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมมีสองวิธี คือการเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning) เปรียบเทียบกับคน เหมือนกับการสอนนักเรียนโดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ และ การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (Unsupervised Learning) เปรียบเทียบกับคน เช่น การที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามลักษณะรูปร่างของมันได้เองโดยไม่มีใครสอน สถาปัตยกรรมโครงข่าย แบ่งเป็น 4 แบบ คือ Feed forward network, Feedback network, Network Layer และ Perceptions



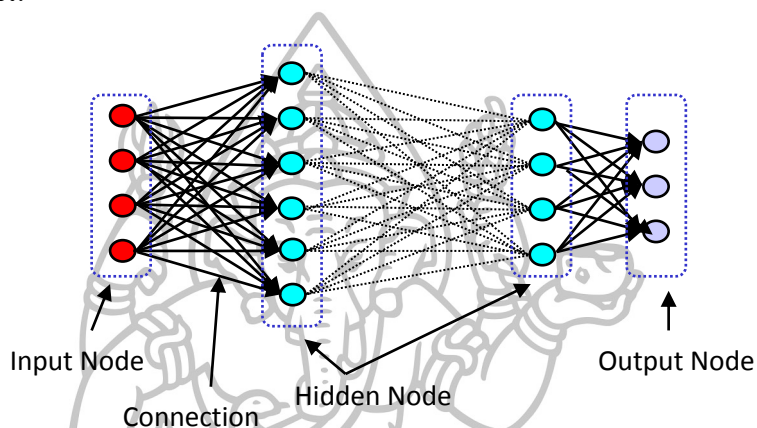
ภาพที่ 4 แบบจำลองข่ายประสาทในสมองมนุษย์

ที่มา: Christos Stergiou, **Neural Networks**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol2/cs11/article2.html.

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นหนึ่งในเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ "นิวรอน" (Neurons) และ "จุดประสานประสาท" (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรต์" (Dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอก หรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกันกระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าจะต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอน

2.3.1 โครงสร้างและการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

หลักการสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมคือ การพยายามสร้าง โครงสร้างลอกเลียนการทำงานของเซลล์ประสาทในสมอง ซึ่งเหมือนกับสมองในแง่ที่ว่าเป็นการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อยๆจนเกิดการเชื่อมโยงทำให้เกิดสติปัญญา เมื่อพิจารณาแล้วโครงข่ายของสมองมนุษย์นั้น มีขนาดใหญ่กว่ารวมทั้งยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่ายประสาทเทียมมาก อย่างไรก็ตามหน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นได้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 5 โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียม

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

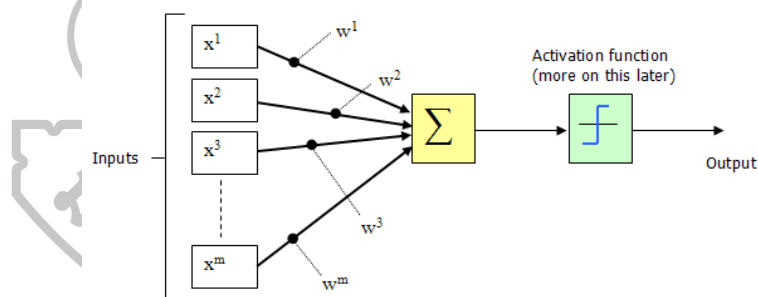
สำหรับในคอมพิวเตอร์ Neurons ประกอบด้วย input และ output เหมือนกัน โดยจำลองให้ input แต่ละอันมี weight เพื่อเป็นตัวกำหนดน้ำหนักของ input โดย neuron แต่ละหน่วยจะมีค่า threshold เป็นตัวกำหนดว่าน้ำหนักรวมของ input ต้องมากขนาดไหนจึงจะสามารถส่งค่า output ไปยัง neurons ตัวอื่นได้ เมื่อนำ neuron แต่ละหน่วยมาต่อกันให้ทำงานร่วมกัน การทำงานนี้ในทางตรรกะแล้ว ก็จะเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสมองมนุษย์ เพียงแต่ในคอมพิวเตอร์ทุกอย่างเป็นตัวเลข

หลักการการทำงานคือเมื่อมีข้อมูลนำเข้า (input) เข้ามายังโครงข่ายก็เอาข้อมูลนำเข้า (input) มาคูณกับน้ำหนัก (weight) ของแต่ละขา ผลที่ได้จากข้อมูลนำเข้า (input) ทุกๆขาของ neuron จะเอมารวมกันแล้วก็เอามาเทียบกับจุดกระตุ้น (threshold) ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่า จุดกระตุ้น

(threshold) แล้วโครงข่าย ก็จะส่ง output ออกไป โดย output นี้ก็จะถูกส่งไปยังข้อมูลนำเข้า (input) ของ neuron อื่น ๆ ที่เชื่อมกันใน network ถ้าค่าน้อยกว่าจุดกระตุ้น (threshold) ก็จะไม่เกิด output หลักการทำงานของ neural Network สามารถเขียนออกมาได้ดังนี้

If (sum (input * weight) > threshold) then output

สิ่งสำคัญคือเราต้องทราบค่า weight และ threshold เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จัก สำหรับสิ่งที่เราต้องการ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ทำการปรับค่าเหล่านั้นได้ โดยทำการสอนให้มันรู้จักรูปแบบของสิ่งที่เราต้องการให้มันเรียนรู้ ที่เรียกว่า "back propagation" ซึ่งเป็นการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ ในการฝึก feed-forward neural networks จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของโครงข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่โครงข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากโครงข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่โครงข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป



ภาพที่ 6 แบบจำลองโครงข่ายประสาทในคอมพิวเตอร์

ที่มา : Sacha Barber, **Neural Network for beginners**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://www.codeproject.com/Articles/16419/AI-Neural-Network-for-beginners-Part-of>.

Output ของแต่ละ Node

$$\begin{aligned}
 y_i &= f(w_i^1 x_1 + w_i^2 x_2 + w_i^3 x_3 + \dots + w_i^m x_{m1}) \\
 &= f(\sum_j w_i^j x_{1j})
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

เมื่อ x_i = Input จากโหนดอื่นๆ

W_{ij} = น้ำหนัก (weight) ของแต่ละแขน (connection)

2.3.2 Back propagation Algorithm

Back-propagation เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ใน multilayer perceptron เพื่อปรับค่าน้ำหนักในเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดให้เหมาะสม โดยการปรับค่านี้อาจขึ้นกับความแตกต่างของค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้กับค่าเอาต์พุตที่ต้องการ

ขั้นตอนของ Back-propagation Algorithm มีดังนี้

1. กำหนดค่าอัตราเร็วในการเรียนรู้ (rate parameter: r)
2. สำหรับแต่ละตัวอย่างอินพุตให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้จนกว่าได้ระดับที่ต้องการ ดังนั้นการคำนวณค่าเอาต์พุตโดยใช้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นซึ่งอาจได้จากการสุ่ม คำนวณค่า δ : แทนประโยชน์ที่จะได้รับสำหรับการเปลี่ยนค่าเอาต์พุตของแต่ละโหนด

เอาต์พุตในชั้นเอาต์พุต (Output Layer)

$$\beta_z = d_z - O_z \quad (18)$$

เมื่อ β = ประโยชน์จากการเปลี่ยนค่า

d_z = ค่าเอาต์พุตที่ต้องการ

O_z = ค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้

ขั้นตอนของ Back-propagation Algorithm มีดังนี้

ในชั้นซ่อน (Hidden Layer)

$$\beta_i = \sum W_{jk} (1 - O_k) \beta_k \quad (19)$$

เมื่อ W_{jk} = น้ำหนักของเส้นเชื่อมระหว่างชั้นที่ j กับ k

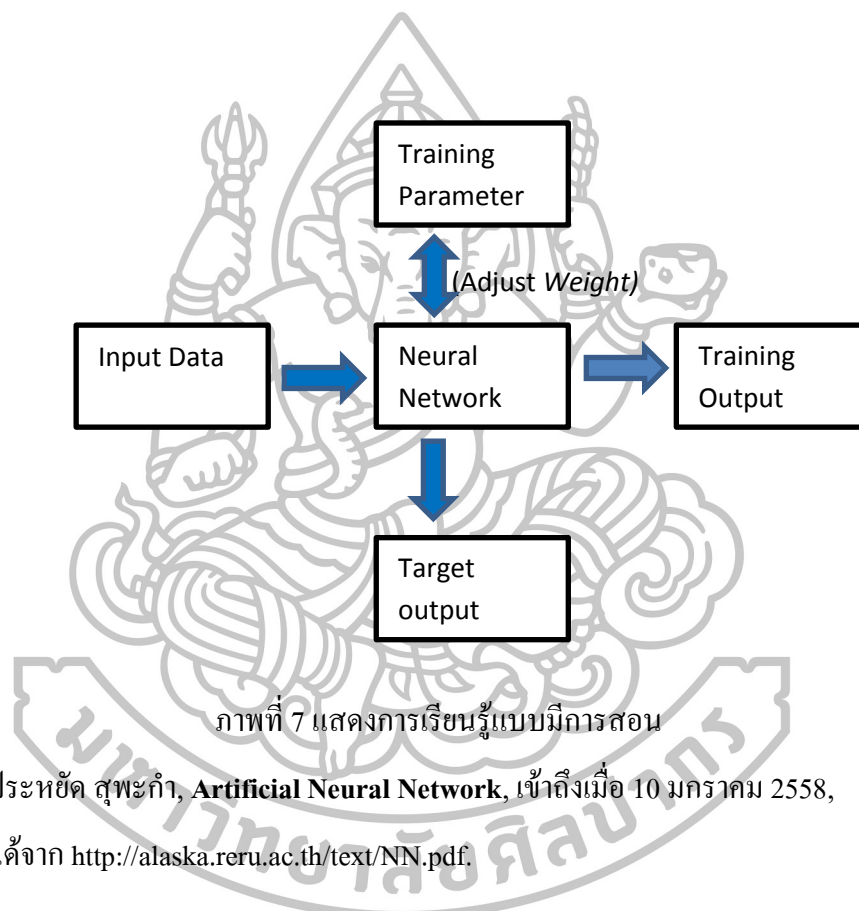
คำนวณค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปสำหรับในท่อน้ำหนัก ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\Delta W_{ij} = r o_i o_j (1 - o_j) \beta_j \quad (20)$$

2.3.3 การเรียนรู้สำหรับ Neural Network

1. การเรียนแบบมีการสอน (Supervised Learning)

เป็นการเรียนแบบที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้วงจรรายปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนวงจรราย จะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าวงจรรายให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูกต้อง วงจรรายก็จะปรับตัวเอง เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น (เปรียบเทียบกับคน เหมือนกับการสอนนักเรียน โดยมีครูผู้สอนคอย แนะนำ)

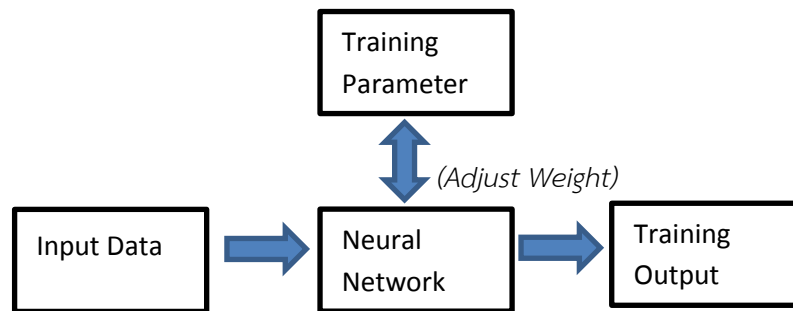


ภาพที่ 7 แสดงการเรียนรู้แบบมีการสอน

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

2. Unsupervised Learning การเรียนแบบไม่มีการสอน

เป็นการเรียนแบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด วงจรรายจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ วงจรรายจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ (เปรียบเทียบกับคน เช่น การที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามลักษณะรูปร่างของมันได้เองโดยไม่มีใครสอน)



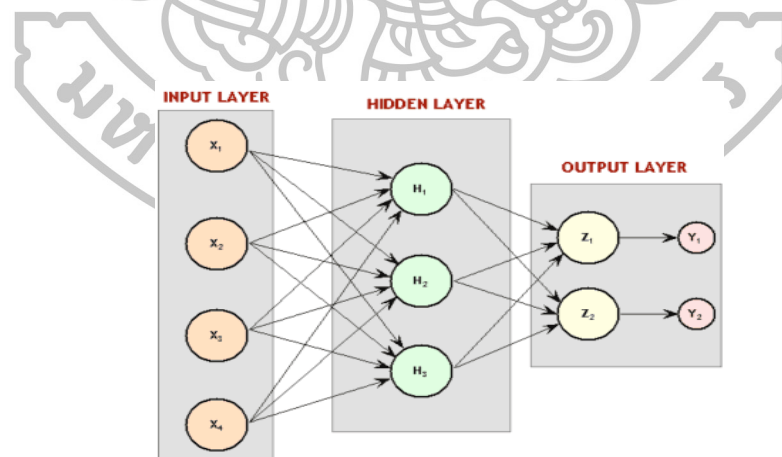
ภาพที่ 8 แสดงการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558,
เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

2.3.4 สถาปัตยกรรมของเครือข่าย Network Architecture

1. Feed forward network

ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรข่ายจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวจาก Input nodes ส่งต่อมาเรื่อยๆ จนถึง output nodes โดยไม่มีการย้อนกลับของข้อมูล หรือแม้แต่ Nodes ใน layer เดียวกันก็ไม่มีการเชื่อมต่อกัน

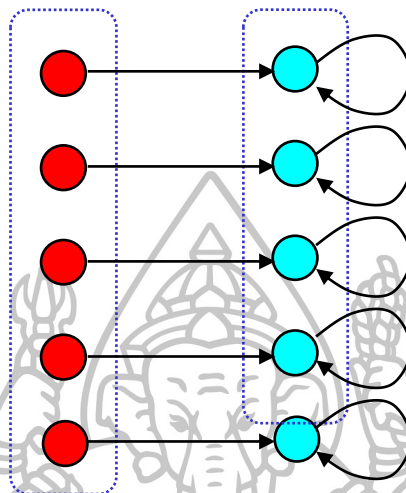


ภาพที่ 9 สถาปัตยกรรมของ Feedforward Network

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558,
เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

2. Feedback network

ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรซ้ำจะมีการป้อนกลับเข้าไปยังวงจรซ้ำหลายๆครั้งจนกระทั่งได้คำตอบออกมา (บางที่เรียกว่า Recurrent network)



ภาพที่ 10 สถาปัตยกรรมของ Feedback network

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

3. Network Layer

พื้นฐานสามัญที่สำคัญของ Artificial Neural Network ประกอบไปด้วย 3 ส่วน หรือ 3 layer ได้แก่ ชั้นของ input units ที่ถูกเชื่อมต่อกับชั้นของ hidden units ซึ่งเชื่อมต่อกับชั้นของ output units

การทำงานของ input unit จะทำหน้าที่แทนส่วนของข้อมูลดิบ ที่จะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่าย

การทำงานของแต่ละ hidden units จะถูกกำหนด โดยการทำงานของ input units และค่า

น้ำหนักบนความสัมพันธ์ระหว่าง input units และ hidden units

พฤติกรรมการทำงานของ output units จะขึ้นอยู่กับการทำงานของ hidden units และค่า

น้ำหนักระหว่าง hidden units และ output units Architecture of Layer สามารถจำแนก

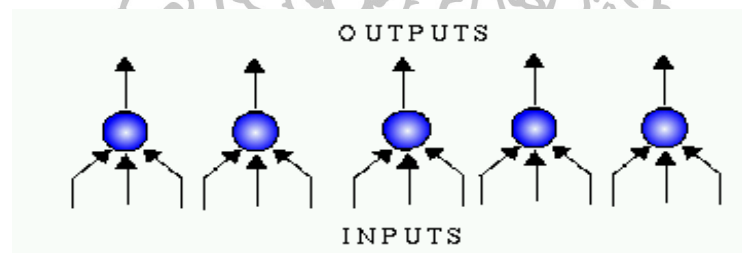
สถาปัตยกรรมของชั้น (layer) ออกเป็น 2 ประเภทคือ Single-layer และ Multi-layer

Single-layer perceptron เครือข่ายประสาทที่ประกอบด้วยชั้นเพียงชั้นเดียว จำนวน input nodes ขึ้นอยู่กับจำนวน components ของ input data และ Activation function ขึ้นอยู่กับลักษณะ ข้อมูลของ Output เช่น ถ้า output ที่ต้องการเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เราจะต้องใช้ Threshold function

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq T \\ 0 & \text{if } x < T \end{cases} \quad (21)$$

หรือถ้า output เป็นค่าตัวเลขที่ต่อเนื่อง เราต้องใช้ continuous function เช่น Sigmoid function

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}} \quad (22)$$



ภาพที่ 11 Single-layer perceptron

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

Multi-layer perceptron เครือข่ายประสาทจะประกอบด้วยหลายชั้น โดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (nodes) หรือเปรียบได้กับตัวเซลล์ประสาท (neurons) คำนวณค่าของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น (เมทริก W), ค่า bias vector (b) และค่า output vector (a) โดย m เป็นตัวเลขบอกลำดับชั้นกำกับไว้ด้านบน เมื่อ p เป็น input vector การคำนวณค่าเอาต์พุตสำหรับเครือข่ายประสาทที่มี M ชั้นจะเป็นดังสมการ

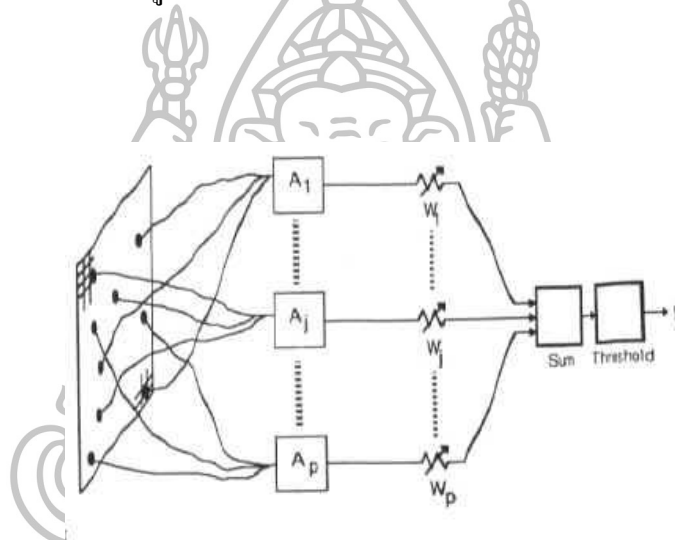
$$a^{m+1} = f^{m+1}(W^{m+1} a^m + b^{m+1}) \quad (23)$$

เมื่อ $m = 0, 2, \dots, M-1$

และ f เป็น transfer function

2.3.5 Perceptrons

ในยุค 60s งานส่วนใหญ่ของช่างงานได้รับการวิพากษ์วิจารณ์ในหัวข้อเรื่อง Perceptrons ซึ่งค้นพบโดย Frank Rosenblatt โดย perceptron ซึ่งกลายเป็น MCP model (neuron with weighted inputs) พร้อมกับส่วนต่อเติม จากภาพที่ 12 ในส่วน A_1, A_2, A_j, A_p เรียกว่า association units การทำงานเพื่อคัดเลือกสิ่งที่แตกต่างออกมาจากรูปภาพที่รับเข้าไป โดย perceptrons สามารถคัดลอกความคิดพื้นฐานภายในของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หลัก ๆ แล้วจะใช้ในรูปแบบ recognition และสามารถขยายให้มีความสามารถสูงกว่านี้



ภาพที่ 12 โครงสร้างของ Perceptrons

ที่มา: ประหยัด สุพะกำเนิด, **Artificial Neural Network**, เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://alaska.reru.ac.th/text/NN.pdf>.

2.4 การพยากรณ์ (Forecasting)

การพยากรณ์ คือ การประมาณหรือการคาดคะเนว่าอะไรจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การพยากรณ์ยอดขายของ 3 ปีข้างหน้า การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญกับทุกด้านทั้งหน่วยงานของรัฐบาลและเอกชน รัฐบาลต้องประมาณหรือพยากรณ์รายได้รายจ่ายในปีหน้า เพื่อนำมาวางแผน เอกชนต้องพยากรณ์ยอดขาย เพื่อนำมาวางแผนการผลิต สินค้าคงคลัง แรงงาน ฯลฯ (เดิมพงศ์ สุนทรโรทก, 2553)

การพยากรณ์แบ่งได้ 2 ประเภท

2.4.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Methods)

เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ ความรู้ ความสามารถ เป็นผู้พยากรณ์ โดยไม่ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จึงตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ได้ยากกว่าการพยากรณ์เชิงปริมาณ (จันทรา ชวณคร, 2552) การพยากรณ์เชิงคุณภาพประกอบด้วย

1. การคาดคะเน หรือ ประเมินการณ (Judgment) วิธีนี้มักใช้กับธุรกิจขนาดเล็กที่มีเจ้าของคนเดียวหรือหน่วยงานขนาดเล็กที่หัวหน้ามีอำนาจเต็ม เจ้าของหรือหัวหน้างานจะคาดการณ์ยอดขายหรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยประสบการณ์ที่ทำงานในด้านนั้นๆ มาเป็นระยะเวลาานานพอ

2. การระดมความคิด (Jury of Executive Operation) วิธีนี้เป็นการระดมความคิด หรือประชุมกลุ่มผู้บริหารของบริษัท เช่น ประชุมคณะกรรมการบริหาร เพื่อให้ทุกคนออกความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่จะเกิดในอนาคต เช่น ยอดขายปีหน้า จะเป็นเท่าใด ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือไม่ และผลสรุปจะได้เสียงส่วนใหญ่ของการประชุม แต่วิธีนี้จะมีข้อเสียตรงที่อาจเกิดความเอนเอียง หรือเกรงใจทำให้ไม่กล้าออกความคิดเห็น ถ้าความคิดเห็นไม่ตรงกับคนอื่น ๆ หรือไม่ตรงกับความคิดเห็นของผู้มีอำนาจมากกว่าหรือผู้ถือหุ้นใหญ่ และมักจะเห็นด้วยกับความคิดเห็นของผู้มีอำนาจหรือผู้ถือหุ้นใหญ่

3. การพยากรณ์ยอดขาย (Sale Force Composite Forecasts) เป็นการพยากรณ์โดยให้แต่ละฝ่าย เช่น ให้หัวหน้าฝ่ายขายตามภาคต่างๆ ประมาณยอดขาย แล้วนำมารวมกันทุกภาคกลายเป็นค่าพยากรณ์ยอดขายรวมของบริษัท หรือให้ตัวแทนขายแต่ละคนประมาณยอดขายของตนเองแล้วนำมารวมกันเป็นยอดขายรวมของบริษัท การพยากรณ์ยอดขายโดยวิธีนี้ค่อนข้างจะแม่นยำ เนื่องจากตัวแทนขายแต่ละคน/หน่วยจะใกล้ชิดกับลูกค้า/ตลาดมาก ทำให้คาดคะเนได้ถูกต้อง

4. พยากรณ์โดยการสำรวจตลาด (Survey of Expectations and Anticipations) เป็นการพยากรณ์ยอดขายโดยทำการสำรวจลูกค้าหรือผู้ที่คาดว่าจะเป็ลูกค้าเพื่อตรวจสอบว่าในอนาคต

ลูกค้าต้องการสินค้าอะไรบ้าง จำนวนเท่าใด ด้วยการทำวิจัยตลาด ซึ่งอาจใช้การสัมภาษณ์ตัวต่อตัว โทรศัพท์หรือจดหมาย เป็นต้น

5. การพยากรณ์ด้วยเทคนิคเดลไฟ (Delphi) เทคนิคเดลไฟเป็นเทคนิคที่แก้ไขข้อเสียของวิธีระดมความคิด ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเอนเอียง หรือคล้อยตามผู้อื่น เทคนิคเดลไฟ จึงแก้ปัญหาโดยการไม่ให้ผู้บริหารพบปะกัน หรือมาประชุมกัน หรือระดมความคิดเห็นกันซึ่งๆหน้า แต่จะส่งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการพยากรณ์ให้ผู้บริหารทุกคนเขียนตอบมา พร้อมทั้งระบุเหตุผล เช่น ยอดขายปีหน้าควรเป็นเท่าใด ควรออกผลิตภัณฑ์ใหม่หรือไม่ เพราะเหตุใด ดังนั้น โดยวิธีนี้จะได้ความคิดเห็นของทุกคน และไม่มีกรชี้นำ เมื่อได้คำตอบจากทุกคนแล้วให้นำมารวมกัน ซึ่งมักจะพบว่าจะมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันออกไป ผู้รวบรวมจะต้องสรุป แล้วส่งกลับไปให้ผู้บริหารทุกคนเป็นรอบที่ 2 เพื่อให้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนได้ข้อสรุปเป็นหนึ่งเดียว

2.4.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative methods)

การพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของข้อมูลปริมาณความต้องการที่เก็บรวบรวมไว้ในอดีต (Historical Data) รวมทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มาเป็นหลักในการพิจารณาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งการพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การพยากรณ์ด้วยเทคนิคอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) การพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นการพยากรณ์ที่อยู่ภายใต้ข้อสมมุติฐานว่ารูปแบบของข้อมูลในอดีตยังคงเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต หรืออาจกล่าวได้ว่าลักษณะของการเปลี่ยนแปลง รูปแบบของข้อมูลหรือตัวแปรที่เราสนใจศึกษา เช่น ปริมาณความต้องการหรืออุปสงค์ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ซึ่งจะเรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) จะทำให้สามารถคาดการณ์ หรือทำนายได้ว่าในอนาคตลักษณะของ ข้อมูลก็ควรจะอยู่ในรูปแบบเช่นนั้นต่อไป โดยในที่นี้เวลาจะเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) รูปแบบของ อนุกรมเวลาที่พบบ่อย เช่น ราคาน้ำมัน รายได้ประชาชาติ และ ดัชนีอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นต้น ดังนั้นวิธีนี้จะเป็นการพยากรณ์ค่าตัวแปรตามเมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ หรือเวลานั่นเอง ข้อมูลอนุกรมเวลาประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยแนวโน้ม (T) อิทธิพลของฤดูกาล (S) อิทธิพลของวัฏจักร (C) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (I) ในการ

วิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นจำเป็นต้องตรวจสอบรูปแบบของข้อมูลก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์หา ข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้นั้นประกอบด้วยอิทธิพลของการผันแปรในรูปแบบใดบ้าง โดยการพล็อตจุดลงบนกราฟเพื่อคลุ้ลักษณะการ เปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาว และถ้า กำหนดให้ Y_t แทนข้อมูลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t ใด ๆ แล้ว รูปแบบ ความสัมพันธ์ของข้อมูล อนุกรมเวลาสามารถเขียนแทนด้วยสมการรูปแบบผลคูณ (Multiplicative Model) ดังต่อไปนี้

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (24)$$

โดยค่าพยากรณ์ที่คำนวณได้จะเท่ากับค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ ณ สิ้นเวลาปัจจุบัน

(2) การวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (Causal Methods) ตัวแบบหรือการวิเคราะห์เชิงสาเหตุเป็นวิธี พยากรณ์เชิงปริมาณที่มีข้อสมมติแตกต่างจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลา กล่าวคือจะสมมติปัจจัย อื่นๆตั้งแต่ 1 ตัวแปรขึ้นไปมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการที่จะพยากรณ์ เช่น การพยากรณ์ ปริมาณความต้องการสินค้าว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อราคาน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป หรือ ว่าขึ้นอยู่กับ การตั้งราคา การโฆษณาประชาสัมพันธ์และราคาสินค้าที่ทดแทนกันได้หรือไม่ เป็นต้น โดยจะเรียกตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ว่า ตัวแปรตาม (Dependent Variable) และข้อมูลหรือตัวแปร อื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์จะเรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) โดยตัวแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis Model) โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = a + bX \quad (25)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม

X คือ ตัวแปรอิสระ

a คือ จุดตัดแกน Y

b คือ ค่าความชันของสมการเส้นตรง

โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของสมการทำนาย สิ่งสำคัญที่ต้องการหาในการวิเคราะห์ การถดถอย คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ หรือในรูปแบบคะแนน มาตรฐาน หรือทั้งคู่ และความคาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ โดยตัวแบบการวิเคราะห์การ

ถดถอย สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย ซึ่งเป็นตัวแบบที่กำหนดว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์หรือขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว และตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เป็นตัวแบบที่กำหนดว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์หรือขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปรขึ้นไป

ในงานวิจัยนี้ได้นำการพยากรณ์เชิงปริมาณ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ มาประยุกต์ใช้เพื่อพยากรณ์ปริมาณไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำชีวมวล โดยนำข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างในอดีตมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดยเปรียบเทียบการพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียม แล้วทำการเปรียบเทียบผลพยากรณ์ทั้งสองเทคนิค โดยดูจากค่าความคลาดเคลื่อนที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.4.4 การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

เป้าหมายสูงสุดในการพยากรณ์ที่ผู้เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ทุก ๆ ฝ่ายต้องการคือการได้ค่าพยากรณ์ ที่มีความถูกต้องและไม่เอียงและค่าความถูกต้องของการพยากรณ์จะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์จะเป็นการตรวจสอบ ว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์แตกต่างจากค่าจริงมากน้อยเพียงใด ณ ช่วงเวลา t เดียวกัน ใดๆ หากค่าจริงแตกต่างจากค่าพยากรณ์มาก ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ก็จะมีค่าสูง สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สามารถคำนวณได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$e_t = Y_t - F_t \quad (26)$$

เมื่อ e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t

Y_t คือ ค่าปริมาณความต้องการจริง ณ ช่วงเวลา t

F_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t

โดยปกติแล้วมักจะนิยมวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในระยะยาว ซึ่งวัดจากค่าความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์สะสม โดยเปรียบเทียบจริงในอดีตและค่าที่ได้จากตัวแบบการพยากรณ์ในการเลือกใช้ตัว แบบการพยากรณ์จึงควรพิจารณาว่าการพยากรณ์ที่ได้นั้นมีความถูกต้อง

สูง หรืออีกนัยหนึ่งก็คือมีค่าความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์ต่ำนั่นเอง วิธีวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่นิยมใช้มีดังนี้

2.4.4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (27)$$

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย หรือ MAD เป็นตัววัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่นิยมใช้กัน อย่างแพร่หลาย นอกจากนั้นยังนิยมนำมาใช้วัดเพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์โดยผู้พยากรณ์ควรที่จะเลือกสมการ พยากรณ์ที่มีค่า MAD ต่ำสุด

2.4.4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE)

มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n} \quad (28)$$

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอีกวิธีหนึ่ง คือ การหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ MSE ซึ่งค่านี้ใช้หลักการเดียวกันกับการหาค่าความแปรปรวนในทางสถิติ การวัด ค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีนี้จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่สูง เนื่องจากการนำความคลาดเคลื่อน ณ เวลาใด ๆ มายกกำลังสอง ก่อนที่จะหาผลรวมแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง

2.4.4.3 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error:

MAPE) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{e_t}{y_t} \right| \times 100}{n} \quad (29)$$

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย หรือ MAPE นั้นจะมีข้อได้เปรียบกว่าอีก 2 วิธีที่กล่าวมา เนื่องจากการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าข้อมูลจริง จึงสามารถที่จะใช้ในการประเมินการพยากรณ์ได้เหมาะสมกว่า

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์มีอยู่หลายวิธีดังที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เนื่องจากสามารถแสดงผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายกว่าวิธีอื่นๆ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Magasiner (1987) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณความชื้น (moisture content) ในกากอ้อยที่แปรเปลี่ยนใน ช่วงกว้างตั้งแต่ 0 ถึง 56% ต่อสมรรถนะการทำงานของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณความชื้น (moisture content) ในกากอ้อยมีความสำคัญและบทบาทสูงมากต่อ สมรรถนะการทำงานของหม้อไอน้ำและเป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการออกแบบหม้อไอน้ำ หากปริมาณ ความชื้น (moisture content) ในกากอ้อยสูงเกินค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่งแล้วจะส่งผลให้หม้อไอน้ำมีสมรรถนะที่จำกัดเห็นได้ จากการพิจารณา กากอ้อยตัวอย่างสองชนิดที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน ชนิดแรกมีค่าความชื้น 47% (wet basis) และ ชนิดที่ สองมีค่าความชื้น 56% (wet basis) หากดูอย่างผิวเผินแล้วพบว่าปริมาณความชื้นของกากอ้อยชนิดที่สองเพิ่มขึ้นจากชนิด แรกเพียงเล็กน้อยคือ 9% เท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วหาได้เป็นเช่นนั้นไม่ เพราะว่าหากลองคำนวณภาระการระเหยน้ำ ต่อหนึ่งกิโลกรัมกากอ้อยของกากอ้อยทั้งสองชนิดแล้วมีค่าเท่ากับ $0.886 \text{ kg}_{\text{น้ำ}}/\text{kg}_{\text{กากอ้อย}}$ และ $1.273 \text{ kg}_{\text{น้ำ}}/\text{kg}_{\text{กากอ้อย}}$ ตามลำดับดังนั้น กากอ้อยชนิดที่สองมีภาระการระเหยน้ำมากกว่ากากอ้อยชนิดแรกถึง 43.68% เลยทีเดียว นั่นหมายความว่ากากอ้อยชนิดที่สองจะต้องสูญเสียพลังงานความร้อนเพื่อการระเหยน้ำอย่างเดียว (latent heat) มากกว่ากากอ้อยชนิดแรกถึง 43.68% ทำให้กากอ้อยชนิดที่สองเหลือพลังงานความร้อนที่จะใช้ประโยชน์ (sensible heat) ได้น้อยลง ส่งผลให้เกิดปัญหา ต่างๆตามมามากมายได้แก่ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดลง การสิ้นเปลืองกากอ้อยต่อกิโลกรัมไอน้ำเพิ่มขึ้น

A. Gani and I. Naruse (2007) ได้ศึกษาอิทธิพลของเซลลูโลส ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) และลิกนิน ($\text{C}_{40}\text{H}_{44}\text{O}_6$) ต่อการกลั่นสลาย (pyrolysis) และการเผาไหม้ (combustion) ของชีวมวลชนิดต่างๆ ได้แก่ ฟางข้าว (rice straw) แกลบ (rice husk) ขี้เลื่อยไม้ ฮิโนกิ (Hinoki sawdust) ชังข้าวโพด (corn stalk) ไยปาล์ม (palm fiber) เปลือกไม้ (larch bark) กากอ้อย (bagasse) จากผลการศึกษาพบว่าทุกชีวมวลมีการกลั่นสลายแบ่งเป็นสอง ช่วงเวลา ช่วงแรก เซลลูโลสจะกลั่นสลายออกมาก่อนอย่าง

รวดเร็ว ให้อัตราการกลั่นสลายที่สูงมาก แล้วตามด้วยช่วงที่สองซึ่งเป็นการกลั่นสลายของลิกนินอย่างช้าๆ สำหรับการเผาไหม้นั้น จะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับการกลั่นสลายเพราะทุกเชื้อเพลิงจะให้การเผาไหม้สูง ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกลั่นสลายของเซลลูโลสจนช่วงแรก มีส่วนช่วยส่งเสริมการติดไฟ (ignition enhancement) และส่งเสริมการกลั่นสลายของลิกนินให้เร็วขึ้น เนื่องจากใน เซลลูโลสมี branching chain ของ polysaccharides ซึ่งระเหยและติดไฟง่ายและไม่มีสารประกอบแอโรมาติก (aromatic compounds) ที่ระเหยและติดไฟยากแต่ประการใด ดังนั้น การเผาไหม้ของชีวมวลจึงดำเนินไปตามขั้นตอนที่ควรเป็นคือ หนึ่ง เกิดการกลั่นสลายของเซลลูโลส (volatilization) และตามด้วยการเผาไหม้ (volatile combustion) สอง เกิดรูพรุน (porosity) บนผิวของอนุภาคถ่านชีวมวล (char particle of biomass) ซึ่งจะเอื้อต่อการแพร่เข้าไปของออกซิเจนเป็นอย่างดี

Mitchell(2000) ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับฐานข้อมูลแหล่งพลังงานชีวมวล ที่สามารถเข้าถึงได้ทางอินเทอร์เน็ต โดยการวิจัยได้ตั้งคำถามหลักสองประการ คือ หนึ่ง ทำอย่างไรให้สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลการปลูก การเก็บเกี่ยว และการเปลี่ยนแปลงของแหล่งพลังงานชีวมวล ได้โดยง่าย สอง จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้อย่างไร เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และนำความรู้ที่ได้นั้นมากออกแบบ และพัฒนา การใช้ประโยชน์แหล่งพลังงานชีวมวล อย่างไรก็ดีรายงานฉบับนี้ได้มุ่งเน้นไปที่การจัดการฐานข้อมูล แต่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อการนำองค์ความรู้ไปใช้ประโยชน์ยังไม่ชัดเจนนัก

Kecebas and Yabanova (2012) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีความสลับซับซ้อน และสมการทางด้านอุณหพลศาสตร์ก็ไม่สามารถอธิบายได้อย่างถูกต้อง เพราะยังมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิแวดล้อม จากผลการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้น สามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพของระบบได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว นอกจากนั้น จากการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยนำเข้า พบว่า อุณหภูมิแวดล้อม และ อัตราการไหลในวงจรของ AGDHS (Afyonkarahisar Geothermal District Heating System) มีผลต่อค่าพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญ

KohokenZ (1988) ได้เรียบเรียงประวัติ และการพัฒนาของโครงข่ายประสาทดัดเทียม รวมไปถึง การประยุกต์ใช้ในยุคนั้น 1980 แต่ในที่นี่เราจะศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ โครงข่ายประสาทดัดเทียมกับอุตสาหกรรมพลังงาน ซึ่งมีระบบที่ซับซ้อน (complex systems) มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์และตัวแปรจำนวนมากทั้งในชุดข้อมูลนำเข้า และชุดข้อมูลส่งออก

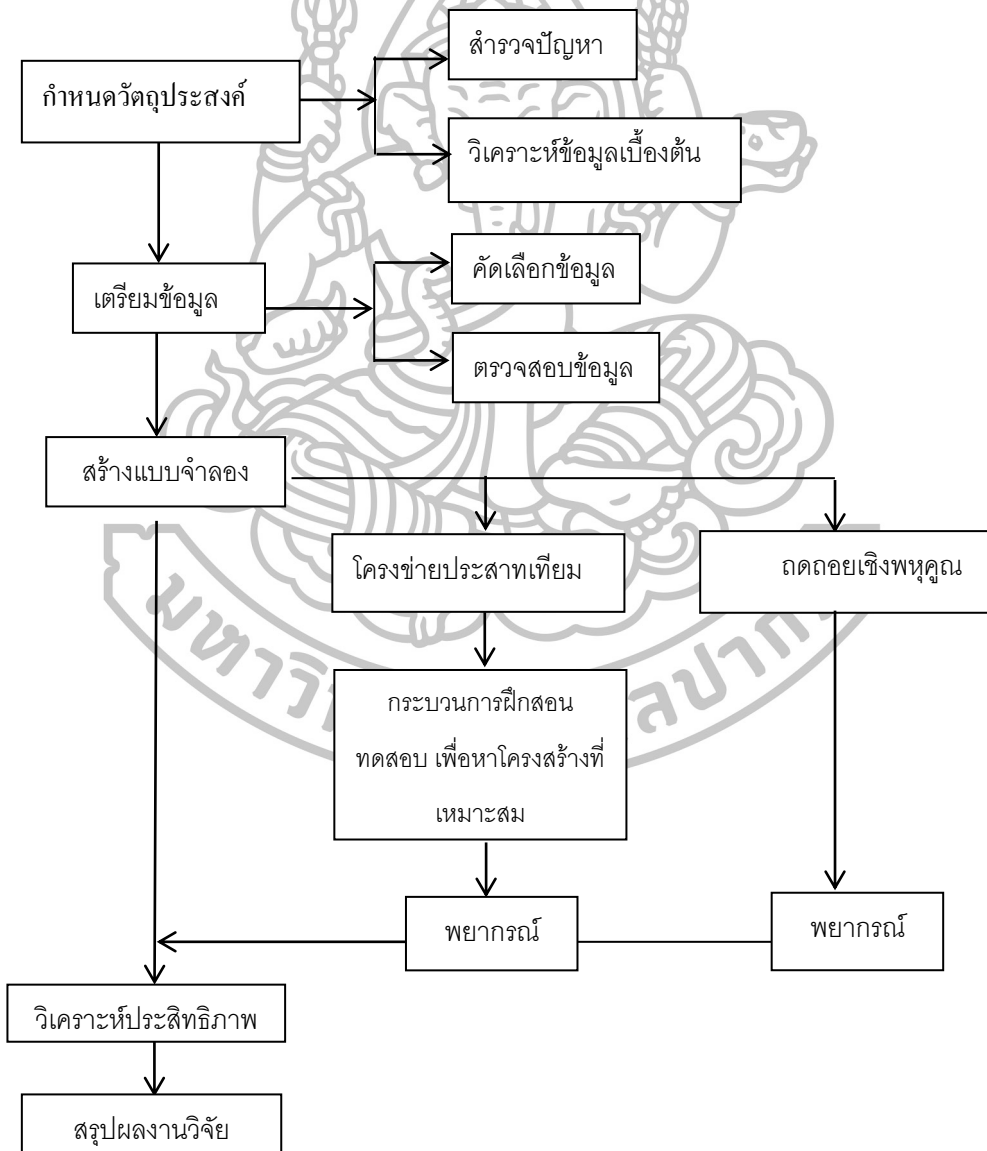
Kalogirou (2000) ได้เรียบเรียงวรรณกรรมในช่วงหลายทศวรรษก่อนปี 2000 ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียมกับระบบพลังงานที่หลากหลาย เช่น พลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์ HVAC การพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม การพยากรณ์พลังงานลม ระบบปั่นกระแสไฟฟ้า และระบบทำความเย็น ผู้เขียนคนเดียวกันนี้ได้ทบทวนวรรณกรรม การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียมกับระบบพลังงานทดแทน (renewable energy systems) และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงวิธีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียมในแง่มุมต่างๆ อาทิเช่น แนวคิดและ หลักการของโครงข่ายประสาทดัดเทียม การออกแบบโครงข่ายแบบหลายชั้น และการคัดเลือก พารามิเตอร์ ผู้เขียนยังได้รวบรวมหลักการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนที่ปรากฏใน วรรณกรรม ประกอบไปด้วย การผลิตไอน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ การทำน้ำร้อนจากพลังงาน แสงอาทิตย์ การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น



บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการ
วัตถุประสงค์ : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานตามรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก แสดงได้ดังภาพที่ 13 ดังนี้

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย

ในขั้นตอนแรกนี้ ทางผู้วิจัยจะทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยถึงการ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อดูว่าในงานที่ต้องการวิจัย มีการศึกษาหรือวิจัยในส่วใดไป แล้วบ้าง ไปในรูปแบบไหน มีข้อเสนอแนะเป็นอย่างไร จากนั้นทำการศึกษาสภาพปัจจุบันของ โรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง ทั้งในด้านเทคโนโลยีที่ใช้ กำลังการผลิต การบำรุงรักษา และผลิตภาพ ของโรงไฟฟ้า จากนั้นจึงศึกษาพารามิเตอร์ และตัวแปรต่างๆ ทั้งชุดข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออก เพื่อทำการบ่งชี้พารามิเตอร์ และตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ในทาง วิศวกรรม และทำการศึกษาเทคนิคการพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อให้ ทราบถึงเงื่อนไขต่างๆที่ต้องพิจารณา ในการพยากรณ์ในแต่ละรูปแบบ ขั้นตอนในการพยากรณ์ ข้อจำกัดในการพยากรณ์ รวมไปถึงความแม่นยำของผลการพยากรณ์ซึ่งขึ้นกับข้อมูล หรือปัจจัย นำเข้าที่กำหนดขึ้น

3.2 เตรียมข้อมูล

3.2.1 คัดเลือกข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง ต่อจากนั้นทำการบ่งชี้ชุดข้อมูลที่ไม่อยู่ใน สภาวะปกติ (outliers) ในทางสถิติ เพื่อป้องกันความผิดพลาด ในการส่งต่อข้อมูลให้โครงข่าย ประสาทเทียม

3.2.2 นำชุดข้อมูลที่ได้แบ่งออกเป็นสองชุด ชุดแรก เป็นชุดที่เรียกว่า training data set เพื่อนำ มาใช้ฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมให้เข้าใจระบบ ชุดที่สอง เป็นชุดที่เรียกว่า validation data set เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความถูกต้องสมบูรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม

3.3 สร้างแบบจำลอง

เมื่อได้ข้อมูลสำหรับนำเข้าแล้ว จะทำการหาโครงสร้างที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาท เทียมแบบหลายชั้นบนโปรแกรม Alyuda neural Intelligence โดยใช้การค้นหาแบบ Grid Search

โดยการกำหนดให้ค้นหาทีละ 1 ระดับ โดยกำหนดรอบในการทดสอบสำหรับแต่ละโครงสร้าง 5000 รอบ ทำซ้ำ 2 รอบ โดยกำหนดกฎเกณฑ์การเลือกโครงสร้างที่ดีที่สุด คือค่าผิดพลาดของข้อมูลทดสอบ เมื่อได้โครงสร้างที่ดีที่สุดแล้วจึงฝึกสอนและทดสอบ กำหนดการฝึกสอนเป็นแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น เรียนรู้ด้วยวิธีแพร่ย้อนกลับ ปรับค่าเรียนรู้และโมเมนต์ให้เหมาะกับงานวิจัย หลังจากนั้นทำการสร้างแบบจำลองเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยใช้โปรแกรม MINITAB 16 แล้วนำผลการพยากรณ์ไปประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไป เปรียบเทียบด้วยค่าความผิดพลาดแบบค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และแสดงผลด้วยกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าที่ได้จากการพยากรณ์

3.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้จะทำใช้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of determination, R^2) ประเมินความใกล้เคียงของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กับข้อมูลจริง จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลองการพยากรณ์ทำโดยประเมินจากร้อยละของความผิดพลาดเฉลี่ย (MAPE) ของทั้งการพยากรณ์โดยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมแม่นยำในการใช้งานจริงในอนาคต

3.5 สรุปผลงานวิจัย

จากนั้นนำเสนอผลงานวิจัยในส่วนของแบบจำลองการพยากรณ์ ผลการพยากรณ์และประสิทธิภาพการพยากรณ์ในแต่ละเทคนิค พร้อมข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการพยากรณ์และวิธีการใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างและผู้ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงจัดทำรูปเล่มรายงานการวิจัย

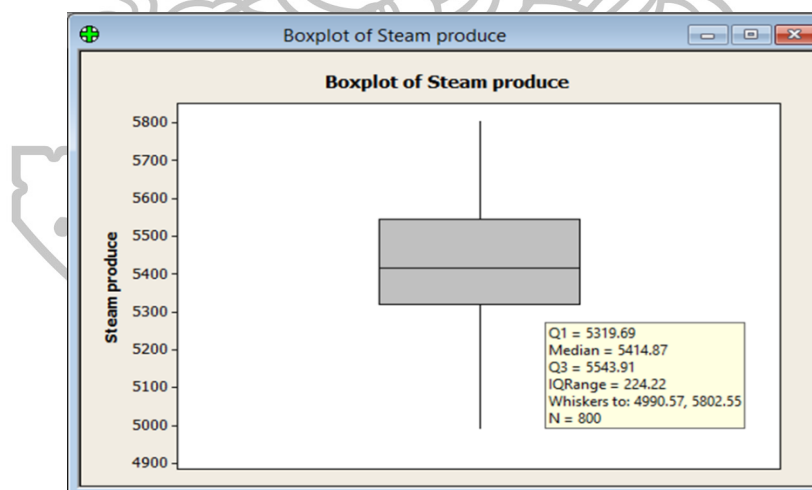
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากบทที่ 3 เป็นการนำเสนอขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในแต่ละลำดับชั้น ในบทนี้จะเป็นผลการดำเนินงาน ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย เป็นลำดับดังต่อไปนี้

4.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ในการคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้วิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม ปี 2555 ถึงเดือนมีนาคม 2558 จากนั้นทำการคัดเลือกข้อมูลและทำการบ่งชี้ชุดข้อมูลที่ไม่อยู่ในสภาวะปกติ (outliers) ในทางสถิติเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการส่งต่อข้อมูลให้โครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี Box Plot โดยใช้โปรแกรม Minitab 6



ภาพที่ 14 Box Plot ของชุดข้อมูลการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง

จากนั้นแบ่งข้อมูลเป็นช่วงการเรียนรู้ (training data set) จำนวน 720 ค่า และข้อมูลช่วงทดสอบ(validation data set)จำนวน 80 ค่า หรือ แบ่งร้อยละ 90:10 แล้วคัดกรองพารามิเตอร์ต่างๆ

และตัวแปร ที่เกี่ยวข้อง กับประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในทางวิศวกรรม โดยการประชุม ระดมสมองกับพนักงานของบริษัทตัวอย่าง เพื่อให้ได้พารามิเตอร์และตัวแปรที่มีความสำคัญใน การนำมาเป็นปัจจัยนำเข้า ซึ่งจะได้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแสดงในภาพที่ 15 โดยมี ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 16 ได้แก่นชนิด ปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบชีวมวลแต่ละชนิด รวมถึง อุณหภูมิและแรงดันน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ ดังตารางที่ 3

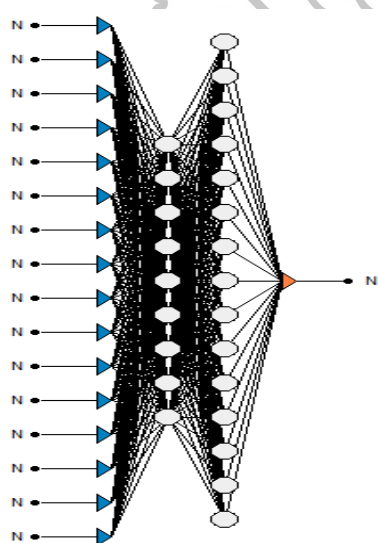
ตารางที่ 3 รายละเอียดปัจจัยนำเข้าและปัจจัยนำออกสำหรับแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม

ปัจจัยนำออก	รายละเอียด
Y1	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้
ปัจจัยนำเข้า	รายละเอียด
X1	ปริมาณการใช้ขานอ้อยของหม้อไอน้ำตัวที่ 1
X2	ปริมาณการใช้ขานอ้อยของหม้อไอน้ำตัวที่ 2
X3	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขานอ้อย
X4	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบ
X5	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแกลบ
X6	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงขี้เลื่อย
X7	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขี้เลื่อย
X8	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟางข้าว
X9	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟางข้าว
X10	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้สับ
X11	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงไม้สับ
X12	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงใบอ้อย
X13	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงใบอ้อย
X14	แรงดันน้ำป้อน
X15	อุณหภูมิน้ำป้อน
X16	Enthalpyน้ำป้อน

4.2 การสร้างแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม

เมื่อได้ข้อมูลสำหรับนำเข้าแล้ว จะทำการหาโครงสร้างที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น โดยใช้การค้นหาแบบ Grid Search ทดสอบจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 2 ชั้น โดยค้นหาโดยการกำหนดให้ค้นหาทีละ 1 ระดับ โดยกำหนดรอบในการทดสอบสำหรับแต่ละโครงข่าย 5000 รอบ ทำซ้ำ 2 รอบ ทำการเลือกโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่มีค่าความผิดพลาดการฝึกสอนแบบย้อนกลับของชุดข้อมูลทดสอบน้อยที่สุด และค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (R^2) เข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงถึงแบบจำลองที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ไปทำการเรียนรู้ด้วยวิธีแพร่ย้อนกลับ โดยมีการปรับค่าอัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม ให้เหมาะสมกับงานวิจัย

ผลการค้นหาโครงสร้างที่เหมาะสมได้แก่โครงข่าย [16-9-15-1] หรือส่วนนำเข้า 16 โหนด มีชั้นซ่อนที่ 1 จำนวน 9 โหนด ชั้นซ่อนที่ 2 จำนวน 15 โหนด มีป้อนข้อมูล 1 โหนด แสดงในภาพที่ 15 อธิบายได้ดังนี้ โครงสร้างมีค่าฟิตเนสมากที่สุด เท่ากับ 0.038608 ค่าผิดพลาดเฉลี่ยในการฝึกสอนเท่ากับ 21.024788 ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.97 และค่าความสัมพันธ์ (Correlation) เท่ากับ 0.98 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม



Parameter	Value
Architecture	[16-9-15-1]
Fitness	0.038608
Train Error	21.024788
Validation Error	35.68528
Correlation	0.98
R^2	0.97

ภาพที่ 15 โครงสร้างที่ดีที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์[16-9-15-1]

เมื่อได้โครงสร้างที่เหมาะสมจากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อค้นหาอัตราการเรียนรู้ และโมเมนตัม ที่ให้ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ต่ำที่สุด โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย 9 ระดับ โดยกำหนด อัตราการเรียนรู้มี 10 ระดับคือ 0.01-0.10 และโมเมนตัมมีค่า 0.1-0.9 ทำการทดสอบพยากรณ์ 90 คาบเวลาล่าสุดจากข้อมูลชุดฝึกสอนและหาค่าผิดพลาดเฉลี่ย จากการทดสอบพบว่าค่าผิดพลาดที่ต่ำสุดเท่ากับ 32.56 ที่อัตราการเรียนรู้ 0.07 และโมเมนตัม 0.7 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปกำหนดใน โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ต่อไป

ตารางที่ 4 ผลการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของอัตราการเรียนรู้และ โมเมนตัม

Learning rate	momentum	ERROR	Learning rate	momentum	ERROR
0.01	0.1	52.1	0.06	0.1	45.44
0.01	0.2	40.91	0.06	0.2	35.95
0.01	0.3	37.42	0.06	0.3	43.12
0.01	0.4	44.22	0.06	0.4	44.2
0.01	0.5	37.03	0.06	0.5	40.96
0.01	0.6	34.94	0.06	0.6	35.58
0.01	0.7	37.68	0.06	0.7	39.94
0.01	0.8	40.59	0.06	0.8	40
0.01	0.9	41.63	0.06	0.9	43.62
0.02	0.1	37.64	0.07	0.1	38.97
0.02	0.2	34.44	0.07	0.2	44.77
0.02	0.3	38.49	0.07	0.3	40.51
0.02	0.4	33.96	0.07	0.4	46.67
0.02	0.5	34.71	0.07	0.5	42.05
0.02	0.6	36.18	0.07	0.6	42.89
0.02	0.7	40.24	0.07	0.7	32.56
0.02	0.8	38.44	0.07	0.8	41.71
0.02	0.9	35.61	0.07	0.9	41.3
0.03	0.1	39.4	0.08	0.1	43.44
0.03	0.2	43.73	0.08	0.2	40.55
0.03	0.3	33.12	0.08	0.3	36.92
0.03	0.4	36.81	0.08	0.4	39.17
0.03	0.5	40.65	0.08	0.5	39.98
0.03	0.6	37.61	0.08	0.6	33.35
0.03	0.7	41.51	0.08	0.7	40.55
0.03	0.8	35.24	0.08	0.8	44.58
0.03	0.9	41.12	0.08	0.9	43.39
0.04	0.1	40.71	0.09	0.1	38.35
0.04	0.2	37.51	0.09	0.2	38.81
0.04	0.3	46.45	0.09	0.3	39.07
0.04	0.4	39.55	0.09	0.4	44.68
0.04	0.5	37.26	0.09	0.5	41.28
0.04	0.6	35.59	0.09	0.6	41.09
0.04	0.7	40.62	0.09	0.7	42.15

ตารางที่ 4 ผลการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของอัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม (ต่อ)

Learning rate	momentum	ERROR	Learning rate	momentum	ERROR
0.04	0.8	38.24	0.09	0.8	39.37
0.04	0.9	49.63	0.09	0.9	42.71
0.05	0.1	41.73	0.10	0.1	42.11
0.05	0.2	38.7	0.10	0.2	40.89
0.05	0.3	42.44	0.10	0.3	41.74
0.05	0.4	35.16	0.10	0.4	38.69
0.05	0.5	36.21	0.10	0.5	38.43
0.05	0.6	39.79	0.10	0.6	42.47
0.05	0.7	38.83	0.10	0.7	36.21
0.05	0.8	43.96	0.10	0.8	41.37
0.05	0.9	44.91	0.10	0.9	45.73

4.3 วิธีถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

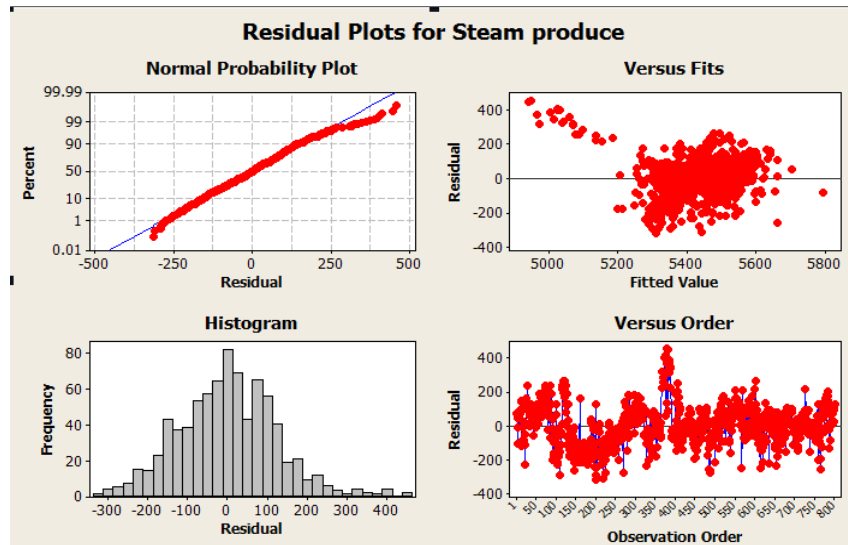
สำหรับตัวแปรอิสระที่ใช้กับวิธีถดถอยเชิงพหุคูณของงานวิจัยนี้ จะใช้ตัวแปรอิสระชนิดเดียวกับการแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ชุดข้อมูลป้อนเข้ามีความเสมอภาคกัน เพื่อทำให้ไม่เกิดอคติในการวิเคราะห์ผลการทดลอง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอย โดยก่อนการวิเคราะห์ควรทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลนำเข้า ว่ามีความเหมาะสมตามแผนการทดลองหรือไม่ โดยมีการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบการกระจายตัว โดยใช้กราฟการกระจายแบบแจกแจง (Normal probability plot) ซึ่งกราฟต้องไม่แสดงสิ่งผิดปกติให้เห็น เศษเหลือต้องมีการกระจายไปในแนวเส้นตรง

2. ตรวจสอบของความแปรปรวน โดยใช้กราฟ (versus fitted) หากข้อมูลมีความเสถียร เศษเหลือต้องมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ

3. การกระจายตัวของของกราฟ (Histogram) เศษเหลือ ควรมีแนวโน้มการกระจายตัวเข้าใกล้ศูนย์ และเป็นรูประฆังคว่ำ

4. การตรวจสอบความเป็นอิสระ โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Versus Order) ข้อมูลเศษเหลือบนแผนภูมิ ควรมีรูปแบบอิสระต่อกัน



ภาพที่ 16 กราฟสำหรับตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อทดสอบสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสมการให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง ร้อยละ 43.8 และให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง ที่ได้รับการปรับค่าแล้ว ($R\text{-Sq adj}$) ร้อยละ 42.7

The regression equation is
 Steam produce = 1175 + 0.637 Bagasse + 0.208 LHV Bagasse + 1.27 Rice husk
 - 0.00373 LHV Rice husk + 1.79 Saw dust + 0.00026 LHV saw dust
 + 2.17 Rice straw - 0.00087 LHV Rice straw + 0.850 Woodchip
 + 0.00107 LHV wood chip + 1.34 cane leaf + 0.00411 LHV leaf
 + 0.874 Feed water pressure + 53.6 Temp - 10.9 Enthalpy

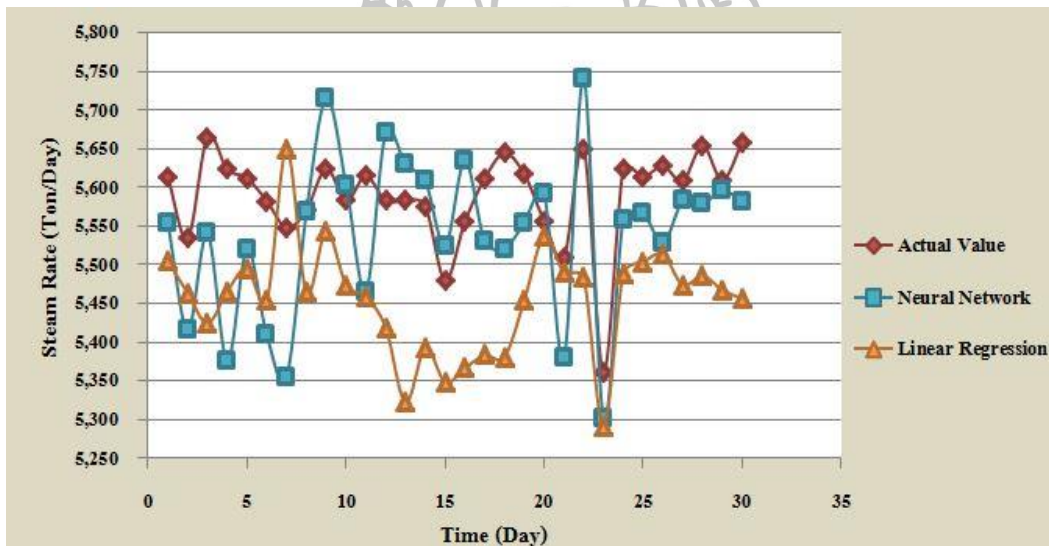
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1174.7	331.2	3.55	0.000
Bagasse	0.63738	0.03948	16.15	0.000
LHV Bagasse	0.20768	0.01423	14.59	0.000
Rice husk	1.26738	0.08955	14.15	0.000
LHV Rice husk	-0.003735	0.001005	-3.72	0.000
Saw dust	1.7881	0.3184	5.62	0.000
LHV saw dust	0.000260	0.001072	0.24	0.808
Rice straw	2.1667	0.9090	2.38	0.017
LHV Rice straw	-0.000866	0.002656	-0.33	0.744
Wood chip	0.8500	0.1849	4.60	0.000
LHV wood chip	0.001074	0.001474	0.73	0.467
Caneleaf	1.3399	0.1130	11.86	0.000
LHV leaf	0.004108	0.001316	3.12	0.002
Feedwater press	0.8742	0.6690	1.31	0.192
Temp	53.59	30.18	1.78	0.076
Enthalpy	-10.867	7.046	-1.54	0.123

S = 123.445 R-Sq = 43.8% R-Sq(adj) = 42.7%

ภาพที่ 17 การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ

4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

จากนั้นจึงทำการพยากรณ์ เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมและวิธีถดถอยพหุคูณ ประกอบไปด้วยข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลจริงในช่วงเดือนเมษายน 2558 จำนวน 30 ค่า จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง จากการวิเคราะห์โดยโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 0.97 จากการวิเคราะห์แบบถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.44 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) โครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 1.52% ขณะที่ การวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เท่ากับ 2.52% ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์โดยโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลลัพธ์พยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากกว่า



ภาพที่ 18 ข้อมูลการพยากรณ์แบบต่างๆเปรียบเทียบข้อมูลจริง

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์การพยากรณ์ของทั้งสองรูปแบบเปรียบเทียบข้อมูลจริงในเชิงตัวเลข

DATE	Steam Produced		
	Actual Value	ANN	Regression
1/4/2558	5613.25	5554.13	5504.87
2/4/2558	5533.94	5415.52	5463.51
3/4/2558	5665.09	5540.44	5424.19
4/4/2558	5623.27	5374.99	5465.87
5/4/2558	5612.30	5520.48	5495.56
6/4/2558	5582.39	5408.66	5454.36
7/4/2558	5547.83	5355.35	5649.95
8/4/2558	5571.07	5568.30	5464.25
9/4/2558	5624.60	5715.48	5544.16
10/4/2558	5582.69	5603.87	5474.35
11/4/2558	5615.04	5465.66	5458.36
12/4/2558	5582.79	5671.33	5418.95
13/4/2558	5583.74	5629.68	5321.81
14/4/2558	5576.15	5608.61	5392.73
15/4/2558	5479.96	5523.97	5348.48
16/4/2558	5555.68	5634.86	5366.41
17/4/2558	5611.68	5530.67	5383.18
18/4/2558	5644.42	5520.91	5380.75
19/4/2558	5617.12	5554.59	5454.03
20/4/2558	5556.85	5592.00	5536.72
21/4/2558	5508.70	5379.24	5489.74
22/4/2558	5650.24	5740.99	5483.14
23/4/2558	5361.40	5302.02	5291.64
24/4/2558	5623.61	5559.02	5488.17
25/4/2558	5613.40	5567.24	5503.79
26/4/2558	5627.88	5527.76	5513.48
27/4/2558	5608.39	5582.96	5474.01
28/4/2558	5654.32	5578.63	5485.92
29/4/2558	5609.42	5595.95	5467.48
30/4/2558	5657.63	5581.99	5456.01
	R-Square	0.97	0.44
	MAPE %	1.52	2.52

จากการทดลองใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ปริมาณไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำ
ชีวมวล เปรียบเทียบกับวิธีถดถอยเชิงพหุคูณจากผลการวิจัยสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

4.5 วิเคราะห์วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

4.5.1 โครงสร้างที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองนั้นไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าควรจะมีค่าเท่าไร โดยโครงสร้างถ้ามีจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนโหนดที่น้อยเกินไป ก็อาจจะไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน และผลลัพธ์อาจไม่ถูกต้อง ถ้าโครงสร้างมีจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนโหนดที่มาก โครงสร้างจะมีความซับซ้อนและมีมิติการเรียนรู้ที่มาก แต่จะใช้เวลาในการเรียนรู้นาน โดยโครงสร้างที่เหมาะสมนั้น สามารถเลือกได้จากโครงสร้างที่มีค่าความผิดพลาดการฝึกสอนแบบย้อนกลับของชุดข้อมูลทดสอบที่น้อยที่สุด และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสองเข้าใกล้ 1

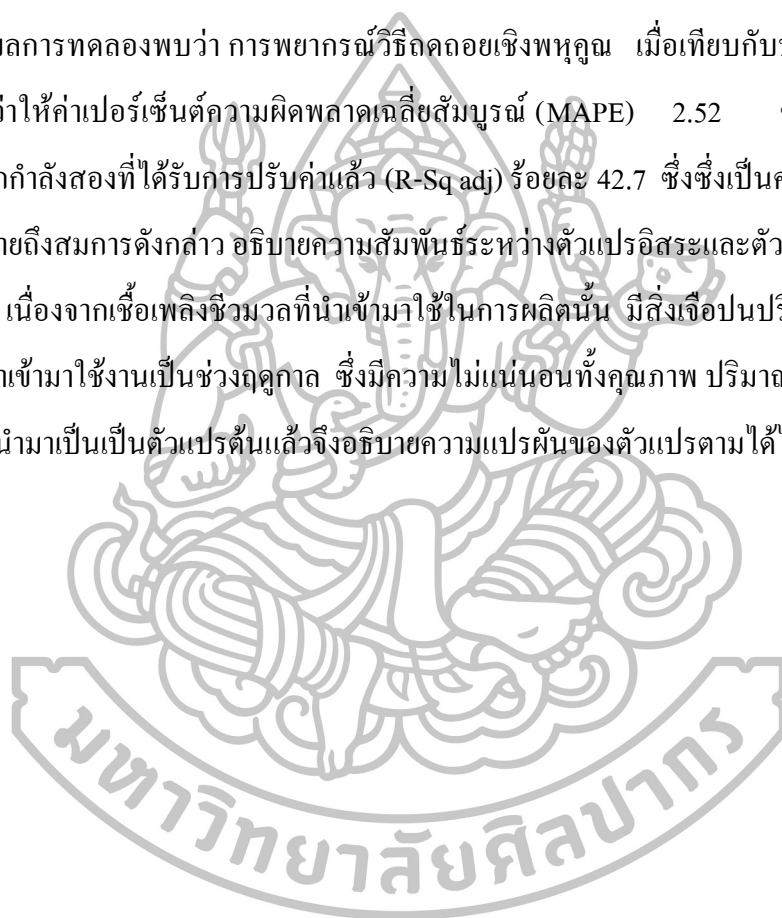
4.5.2 อัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Back-propagation Algorithm) จะมีการปรับถ่วงน้ำหนักในทุกๆรอบการเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นเอาต์พุต ย้อนกลับมาจนถึงชั้นซ่อนชั้นแรก เพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ จะมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถกำหนดอัตราการเรียนรู้ที่แน่นอนได้ โดยมีความเสี่ยงที่อาจจะไม่ได้คำตอบที่มีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด เช่น เมื่อมีอัตราการเรียนรู้สูงทำให้การเรียนรู้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว อาจทำให้ได้คำตอบที่เป็นค่าคล้ายกับจุดต่ำสุด (Local Minimum) ก่อนค่าที่เป็นจุดต่ำสุด (Global Minimum) ในการปรับถ่วงน้ำหนักอัตราการเรียนรู้นั้น ยังมีค่าน้อยจะทำให้การเรียนรู้เป็นไปได้อย่างละเอียด แต่จะมีความล่าช้าถึงจะได้ค่าเอาต์พุตตามที่ต้องการ ในทางกลับกัน ถ้าอัตราการเรียนรู้อีกมีค่ามากแสดงว่าแต่ละรอบมีการปรับถ่วงน้ำหนักมาก ซึ่งทำให้ใช้เวลาน้อยลง แต่ถ้ามีการปรับถ่วงน้ำหนักมากเกินไป ก็อาจจะทำให้ข้ามค่าที่ดีไปได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามข้อควรระวังอีกหนึ่งคือ ถ้าโครงสร้างมีการเรียนรู้ความสัมพันธ์ในชุดข้อมูลที่มีความซับซ้อนมาก การเรียนรู้ที่นานมากเกินไปอาจทำให้เกิด Over Fitting ได้ คือ โครงสร้างที่มีการเรียนรู้นั้นมีค่าความผิดพลาดการฝึกสอนของชุดข้อมูลทดสอบมีค่าต่ำ แต่เมื่อนำโครงสร้างไปทดสอบประสิทธิภาพแล้วกลับไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดี ส่วนค่าโมเมนตัมนั้น เป็นค่าที่ใช้สำหรับการเฉลี่ยค่าของการปรับถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไป เพื่อบังคับทิศทาง ให้เป็นไปตามที่ต้องการ เช่น เมื่อมีค่าความผิดพลาดมาก การปรับถ่วงน้ำหนัก ก็ควรจะกระโดดเร็วขึ้นเพื่อข้ามค่าพวกนั้นไป หรือในทาง

กลับกันถ้าค่าความผิดพลาดลดลงเรื่อยๆ ก็ควรจะปรับถ่วงน้ำหนักให้น้อยลง ซึ่งโมเมนต์นั้นจะเป็นตัวควบคุมและชี้นำอัตราการเรียนรู้ให้ไปในแนวทางเดียวกัน ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเลือกค่าอัตราการเรียนรู้และโมเมนต์ที่เหมาะสม สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ

4.6 วิเคราะห์วิธีถดถอยเชิงพหุคูณ

จากผลการทดลองพบว่า การพยากรณ์วิธีถดถอยเชิงพหุคูณ เมื่อเทียบกับปริมาณไอน้ำที่ผลิตจริง พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) 2.52 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสองที่ได้รับการปรับค่าแล้ว (R-Sq adj) ร้อยละ 42.7 ซึ่งซึ่งเป็นค่าที่ไม่น่าพอใจนัก เพราะหมายถึงสมการดังกล่าว อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เพียงร้อยละ 42.7 เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่นำเข้ามาใช้ในการผลิตนั้น มีสิ่งเจือปนปริมาณสูง และมีปริมาณการนำเข้ามาใช้งานในช่วงฤดูกาล ซึ่งมีความไม่แน่นอนทั้งคุณภาพ ปริมาณ และชนิดของเชื้อเพลิง เมื่อนำมาเป็นตัวแปรต้นแล้วจึงอธิบายความแปรผันของตัวแปรตามได้ไม่ดีนัก



บทที่ 5

การนำไปใช้งาน

จากบทที่ 4 เป็นการนำเสนอผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย ในบทที่ 5 นี้จะเป็นขั้นตอนการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้งานเป็นลำดับดังต่อไปนี้

5.1 การทำงานในปัจจุบัน

ขั้นตอนในการป้อนวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่างในปัจจุบัน จากการศึกษาการทำงานของพนักงาน พบว่ามีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้


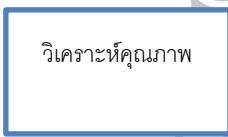
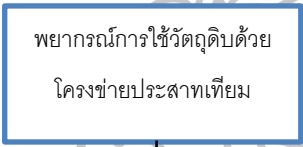


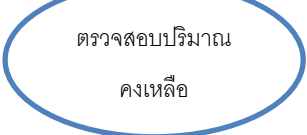
ตารางที่ 6 ขั้นตอนการป้อนวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง

ลำดับ	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
1	ตรวจสอบปริมาณ ไอน้ำที่ต้องผลิต	ผู้จัดการฝ่ายผลิตทำการตรวจสอบปริมาณไอน้ำที่ต้องผลิตในแต่ละวัน เพื่อผลิตไฟฟ้าและส่งให้กับลูกค้าจากแผนการผลิต	ผู้จัดการฝ่ายผลิต
2	วางแผนการผลิตโดย ใช้ประสบการณ์	จากนั้นทำการวางแผนผลิตประจำวันร่วมกับหัวหน้าแผนกผลิตโดยใช้ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชีวมวลที่มีอยู่และอาศัยประสบการณ์	ผู้จัดการฝ่ายผลิต
3	ตัดสินใจ	หลังจากการวางแผน จึงทำการตัดสินใจสั่งการ ทั้งด้านการใช้วัตถุดิบ เครื่องจักร และกำลังคน เพื่อให้การผลิตเป็นไปตามแผน	ผู้จัดการฝ่ายผลิต
4	ป้อนวัตถุดิบ	หัวหน้าแผนกผลิตทำการควบคุม อัตรา อัตราการป้อนวัตถุดิบชีวมวล โดยมีปรับอัตราการป้อนตามสถานการณ์	หัวหน้าแผนก
5	ตรวจสอบปริมาณ คงเหลือ	ทำการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบคงเหลือในแต่ละวัน ร่วมกับฝ่ายจัดหา และลูกค้า เพื่อวางแผนการนำเข้า	วิศวกรฝ่ายผลิต

5.2 วิธีการทำงานโดยใช้โรงจ่ายประสาทดเทียม

ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการป้อนวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง โดยโรงจ่ายประสาทดเทียม จากการศึกษาพบว่าสามารถออกแบบขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการโดยโรงจ่ายประสาทดเทียม

ลำดับ	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
1		ผู้จัดการฝ่ายผลิตทำการตรวจสอบปริมาณใอน้ำที่ต้องผลิตในแต่ละวัน เพื่อผลิตไฟฟ้าและส่งให้กับลูกค้าจากแผนการผลิต	ผู้จัดการฝ่ายผลิต
2		นำวัตถุดิบชีวมวลที่จะนำไปใช้ในการผลิตไปทำการตรวจสอบ โดยส่งแผนวิเคราะห์เพื่อวัดค่าปริมาณความร้อนด้วยเครื่อง bomb calorimeter	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์
3		จากนั้นนำปริมาณและค่าความร้อนของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่มีอยู่ มาใส่ในโรงจ่ายประสาทดเทียม เพื่อพยากรณ์การผลิตใอน้ำ เพื่อให้ทราบปริมาณวัตถุดิบที่ต้องป้อนให้กับหม้อใอน้ำ ให้เพียงพอสำหรับการผลิตใอน้ำในแต่ละวัน	ผู้จัดการฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายผลิต
4		เมื่อทราบสัดส่วน ชนิดและ ปริมาณ วัตถุดิบที่ใช้อยู่ในแต่ละวันแล้ว จึงทำการตัดสินใจสั่งการทั้งด้านการใช้วัตถุดิบ เครื่องจักร และกำลังคน	ผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าแผนก
5		หัวหน้าแผนกผลิตทำการควบคุมอัตราการป้อนวัตถุดิบชีวมวล โดยควบคุมให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ในแต่ละวัน	หัวหน้าแผนก
6		ทำการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบคงเหลือในแต่ละวัน ร่วมกับฝ่ายจัดหาเชื้อเพลิง และคู่ค้า เพื่อวางแผนการนำเข้า	วิศวกรฝ่ายผลิต

ในการป้อนวัตถุดิบชีวมวลเพื่อให้ความร้อนกับหม้อไอน้ำ ปัจจุบันต้องอาศัยการตัดสินใจ และสั่งการของผู้จัดการและหัวหน้าแผนกที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปีขึ้นไป ในการควบคุม อัตราการป้อนวัตถุดิบ จะมากหรือน้อยเป็นไปตามสถานการณ์ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วจะเกิดการ สิ้นเปลือง วิธีการทำงานใหม่ด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียม เมื่อทราบปริมาณไอน้ำที่ต้องผลิตใน แต่ละวันตามแผนการผลิตแล้ว ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทราบได้ถึงอัตราส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ ละชนิด เมื่อพิจารณาจากปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่และนำเข้า ค่าปริมาณความร้อนของวัตถุดิบแต่ละ ชนิดจากการวิเคราะห์ ทำให้ทราบถึงปริมาณวัตถุดิบชีวมวลที่ต้องป้อนให้กับหม้อไอน้ำเพียงพอ สำหรับการผลิตไอน้ำในแต่ละวัน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์และ ช่วยในการตัดสินใจ โดยพนักงานที่มีประสบการณ์ 3-5 ปี สามารถตัดสินใจและสั่งการได้ ทั้งด้าน การใช้วัตถุดิบ เครื่องจักร กำลังคน และการนำเข้าวัตถุดิบจากภายนอก

5.3 ผลการทดลองใช้งาน

เมื่อได้โครงสร้างประสาทเทียมที่เหมาะสม และขั้นตอนการใช้งานแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการ ทดลองใช้งานแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณไอน้ำของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง เป็นเวลา 60 วัน (กันยายน-ตุลาคม 2558) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ผลการพยากรณ์ปริมาณไอน้ำของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง

วันที่	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	%คลาดเคลื่อน
1/9/2015	5651.60	5616.76	0.62
2/9/2015	5666.29	5552.92	2.00
3/9/2015	5675.10	5542.61	2.33
4/9/2015	5659.73	5725.70	1.17
5/9/2015	5676.17	5793.79	2.07
6/9/2015	5632.90	5496.19	2.43
7/9/2015	5612.47	5573.72	0.69
8/9/2015	5633.11	5696.42	1.12
9/9/2015	5598.25	5658.08	1.07
10/9/2015	5596.39	5656.03	1.07
11/9/2015	5628.28	5691.11	1.12
12/9/2015	5604.74	5665.21	1.08
13/9/2015	5560.74	5616.81	1.01
14/9/2015	5634.82	5698.30	1.13
15/9/2015	5600.62	5660.68	1.07
16/9/2015	5568.35	5625.19	1.02
17/9/2015	5486.63	5600.29	2.07
18/9/2015	5645.82	5710.40	1.14

ตารางที่ 8 ผลการพยากรณ์ปริมาณไอน้ำของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	%คลาดเคลื่อน
19/9/2015	5589.11	5458.02	2.35
20/9/2015	5776.04	5700.64	1.31
21/9/2015	5582.69	5640.96	1.04
22/9/2015	5556.65	5666.32	1.97
23/9/2015	5489.05	5537.96	0.89
24/9/2015	5508.70	5559.57	0.92
25/9/2015	5589.37	5548.31	0.73
26/9/2015	5508.45	5642.30	2.43
27/9/2015	5581.17	5439.29	2.54
28/9/2015	5665.09	5781.60	2.06
29/9/2015	5650.38	5715.42	1.15
30/9/2015	5669.08	5775.99	1.89
1/10/2015	5665.91	5632.50	0.59
2/10/2015	5665.12	5581.63	1.47
3/10/2015	5662.67	5528.94	2.36
4/10/2015	5618.94	5680.83	1.10
5/10/2015	5731.20	5754.32	0.40
6/10/2015	5655.50	5521.05	2.38
7/10/2015	5699.14	5669.05	0.53
8/10/2015	5631.84	5695.02	1.12
9/10/2015	5545.81	5500.39	0.82
10/10/2015	5422.90	5365.19	1.06
11/10/2015	5621.35	5683.49	1.11
12/10/2015	5600.13	5660.14	1.07
13/10/2015	5567.56	5624.32	1.02
14/10/2015	5576.89	5634.58	1.03
15/10/2015	5254.75	5180.23	1.42
16/10/2015	5046.53	4951.18	1.89
17/10/2015	5220.28	5342.31	2.34
18/10/2015	5219.14	5241.05	0.42
19/10/2015	5194.86	5114.35	1.55
20/10/2015	5196.94	5116.63	1.55
21/10/2015	5170.90	5087.99	1.60
22/10/2015	5226.64	5149.30	1.48
23/10/2015	5213.11	5134.42	1.51
24/10/2015	5210.86	5131.95	1.51
25/10/2015	5185.76	5104.34	1.57
26/10/2015	5258.02	5183.82	1.41
27/10/2015	5556.52	5512.17	0.80
28/10/2015	5639.11	5753.02	2.02
29/10/2015	5638.72	5702.59	1.13
30/10/2015	5695.85	5765.44	1.22

จากผลการใช้งานพบว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง
โครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำให้ประสิทธิภาพการพยากรณ์เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งในอนาคตจะ
ทำการพัฒนาโดยฝังโครงข่ายประสาทเทียมเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ของโรงไฟฟ้าและเชื่อมโยง
เข้ากับระบบวัตถุดิบคงคลัง(Inventory) เพื่อเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และเพิ่ม
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าตัวอย่างให้ดียิ่งขึ้นต่อไป



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดการความต้องการวัตถุดิบชีวมวลของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง ซึ่งผลการวิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ ในการออกแบบระบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการพยากรณ์ปริมาณการป้อนวัตถุดิบชีวมวลให้แก่หม้อไอน้ำเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนตามที่ต้องการ โดยผลพลอยได้จากงานวิจัยนี้สามารถลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด (การป้อนวัตถุดิบชีวมวลมากเกินไปจนความจำเป็น) ในการจัดการวัตถุดิบชีวมวล และสามารถศึกษาพฤติกรรมของหม้อไอน้ำ ที่มีผลมาจากชนิด คุณภาพ และ ปริมาณของวัตถุดิบชีวมวล การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เริ่มจากการศึกษาสถานะปัจจุบันของโรงไฟฟ้าชีวมวลตัวอย่าง ทั้งในด้านวิศวกรรมและการจัดการ จากนั้นจึงศึกษาและเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของระบบในแง่อัตราการป้อนวัตถุดิบและพลังงานความร้อนที่ได้ จากการศึกษาพบว่าโรงไฟฟ้าตัวอย่างมีการบริหารจัดการแบบเป็นไปตามสถานการณ์ โดยมีการเพิ่มอัตราการป้อนวัตถุดิบชีวมวลตามสถานการณ์ และบ่อยครั้งมากเกินไปจนความจำเป็น ส่งผลให้มีการใช้วัตถุดิบชีวมวลอย่างสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงนำหลักการเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการจัดการความต้องการวัตถุดิบชีวมวลของโรงไฟฟ้า

สำหรับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากการทดลองพบว่าผลการค้นหาโครงสร้างที่ดีที่สุด ได้แก่ โครงสร้าง [16-9-15-1] คือ ส่วนนำเข้า 16 โหนด มีชั้นซ่อนที่หนึ่ง จำนวน 9 โหนด ชั้นซ่อนที่สอง จำนวน 15 โหนด และมีปัจจัยนำออก 1 โหนด ที่อัตราการเรียนรู้ 0.07 และโมเมนตัม 0.7 สำหรับข้อมูลที่ศึกษาพบว่าค่าที่เหมาะสมมีอยู่ในช่วง 0.01-0.1 โดยให้ค่าความผิดพลาดใกล้เคียงกัน แต่เมื่อค่าโมเมนตัมสูงกว่า 0.1 ปรากฏว่ามีค่าความผิดพลาดสูงมาก เนื่องจากค่าโมเมนตัมที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดการกระโดดข้ามจุดต่ำสุดที่แท้จริง ส่งผลให้มีค่าความผิดพลาดมาก ส่วนค่าอัตราการเรียนรู้ควรกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ที่ไม่สูงจนเกินไป เนื่องจากค่าที่สูง

เกินไปจะทำให้แบบจำลองเกิดการเรียนรู้ช้าลง และมีการแกว่งตัวมากขึ้น จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันมาทำการวิเคราะห์แบบถดถอยพหุคูณ และทำการพยากรณ์ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงในช่วงเดือนเมษายน 2558 จำนวน 30 ค่า พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง จากการวิเคราะห์โดยโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 0.97 จากการวิเคราะห์แบบถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.44 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) โครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 1.52% ขณะที่ การวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เท่ากับ 2.52% แสดงให้เห็นเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลลัพธ์พยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการถดถอยพหุคูณ ภายใต้เงื่อนไขและตัวแปรอิสระเดียวกัน ด้วยความไม่แน่นอนของคุณภาพ ปริมาณ และชนิดของเชื้อเพลิง ทำให้อัตราการผลิตไอน้ำไม่สามารถคาดคะเนได้จากข้อมูลของเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนไปแต่ละฤดูกาล ปัจจุบันการคาดการณ์หรือการพยากรณ์เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการวางแผนเพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการผลิตไอน้ำและไฟฟ้า การจัดหาวัตถุดิบชีวมวลที่มีความหลากหลาย ทั้งชนิดและคุณภาพ เพื่อให้มีปริมาณวัตถุดิบเพียงพอกับการใช้งานแต่ละปี รวมถึงการวางแผนด้านการเงินในการจัดซื้อวัตถุดิบ

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ในการหาปัจจัยนำเข้าให้กับโครงข่ายประสาทเทียมนั้น อาจจะเพิ่มเติมปัจจัยภายนอกที่ส่งผล เช่น ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณและอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ อุณหภูมิก๊าซไอเสีย คุณภาพน้ำป้อน (Feed Water) เป็นต้น

6.2.2 ในการสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ควรสร้างช่วงความเชื่อมั่นเพื่อควบคุมความผิดพลาดของแบบจำลอง ถ้ามีค่าความผิดพลาดสูงกว่าค่าความน่าเชื่อถือ ควรทำการค้นหาโครงสร้างใหม่

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี**

(พ.ศ. 2551-2565). เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม. เข้าถึงได้จาก www.eppo.go.th/

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). **สถานการณ์พลังงาน**

และแนวโน้ม 2556 -2557. เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม. เข้าถึงได้จาก www.dede.go.th

บุญชม ศรีสะอาด. (2547). **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น

สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **คู่มือการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบ**

หม้อไอน้ำและระบบอัดอากาศ. ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังน่านาวิทยา.

เต็มพงษ์ สุทนโรทก. (2553). **การพยากรณ์เพื่อการผลิต**. เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม. เข้าถึงได้จาก

www.termpong.wordpress.com

จันทรา ชวายนคร. (2552). “ระบบการพยากรณ์ราคาของพาราโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

กรณีศึกษาสถาบันวิจัยยาง.” การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และ

เทคโนโลยีสารสนเทศ 5: 845-850.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2549). **การพยากรณ์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

A.Gani I.Naruse. (2007). “Effect of cellulose and lignin content on pyrolysis and combustion characteristics for several types of biomass.” **Renewable Energy Vol.32:** 649-661.

A. Wienese. (2001). “Boilers, boiler fuel and boiler efficiency.” **South African Sugar Technologists Association** 75 (June): 275-281.

Hykin S. (1999). **Neural networks a comprehensive foundation**. New Jersey USA: Prentice Hall Inc.

- Khaw et al. (1995). "Optimum design of neural networks using the Taguchi method." **Neurocomputing** 7, 3 (April): 225-245.
- Magasiner N. (1987). "The effect of fuel moisture content on the performance of a typical bagasse fired water tube boiler." **South African Sugar Technologists Association** 66 (June): 86-89.
- Engelbrecht A. (2007). **Computational intelligence, an introduction**. 2nd ed. West Sussex England: John Wiley & Sons.
- Hertz J. (1991). **Introduction to the theory of neural computing**. Reading MA USA: Addison Wesley.
- Kohoken T. (1988). "An introduction neural computing." **Neural Networks** 1, 1 (April): 3-16.
- Kalogirou S. (1988). "Application of artificial neural-networks for energy system." **Applied Energy** 67, 1 (September): 17-35.
- Mitchell C. (2000). "Development of decision support systems for bioenergy applications." **Biomass & Bioenergy** 18, 4 (April): 265-278.
- Kecebas, A. and Yabanova I. (2000). "Thermal monitoring and optimization of geothermal district heating systems using artificial neural network: a case study." **Energy and Buildings** 64 (September): 339-346.
- Romeo L. and Garetta R. (2006). "Neural network for evaluating boiler behavior." **Applied Thermal Engineering**, no. 26: 1530-1536.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

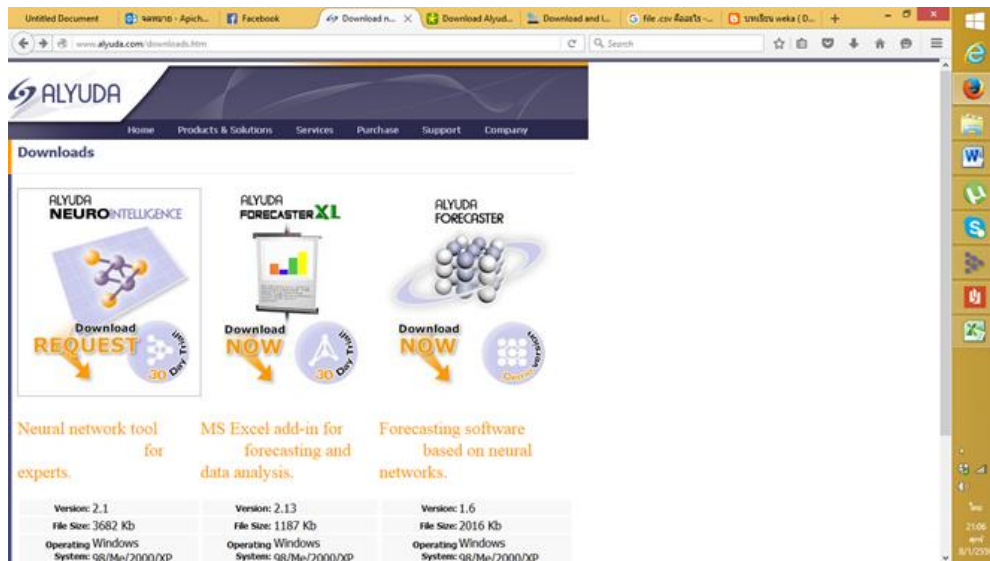
คู่มือการใช้งานโปรแกรมอายุด้่า (Alyuda NeuroIntelligence)



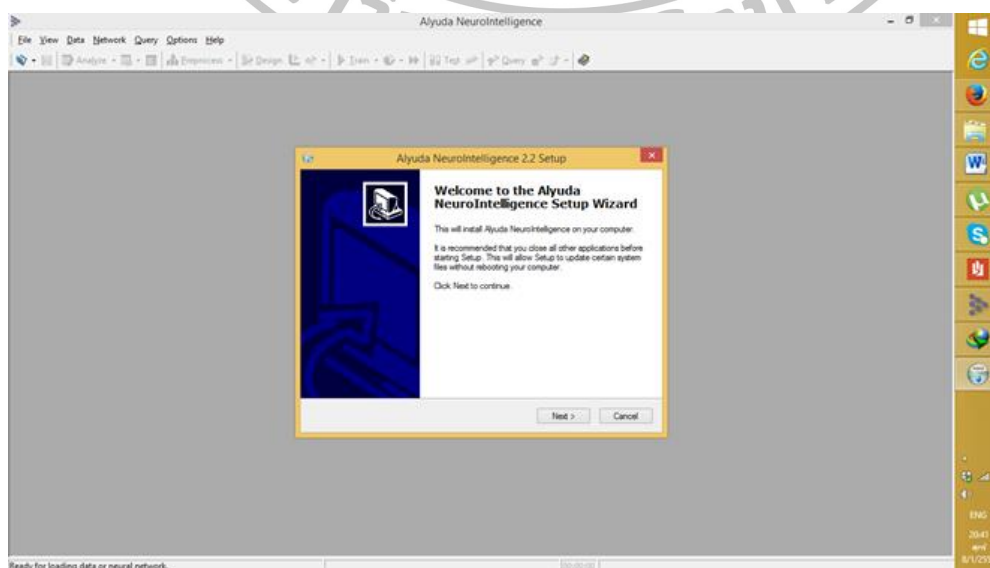
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Alyuda Neuronintelligence มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม

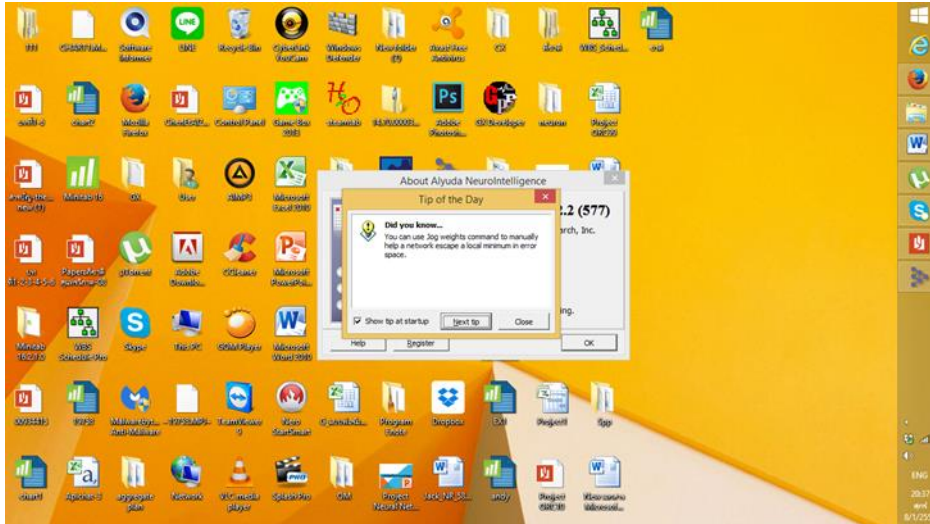
Download File จาก <http://www.alyuda.com/downloads.htm>



2) เมื่อรันหน้าจอโปรแกรมขึ้นมา ให้คลิกที่ Next เพื่อประมวลผลต่อไป จากนั้น คลิกที่ I Agree เพื่อแสดงการยอมรับ จากนั้น โปรแกรมจะประมวลผลหน้าต่างต่อไปเพื่อทำการ Install



3) เมื่อประมวลผลเสร็จแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าจอขึ้นมา

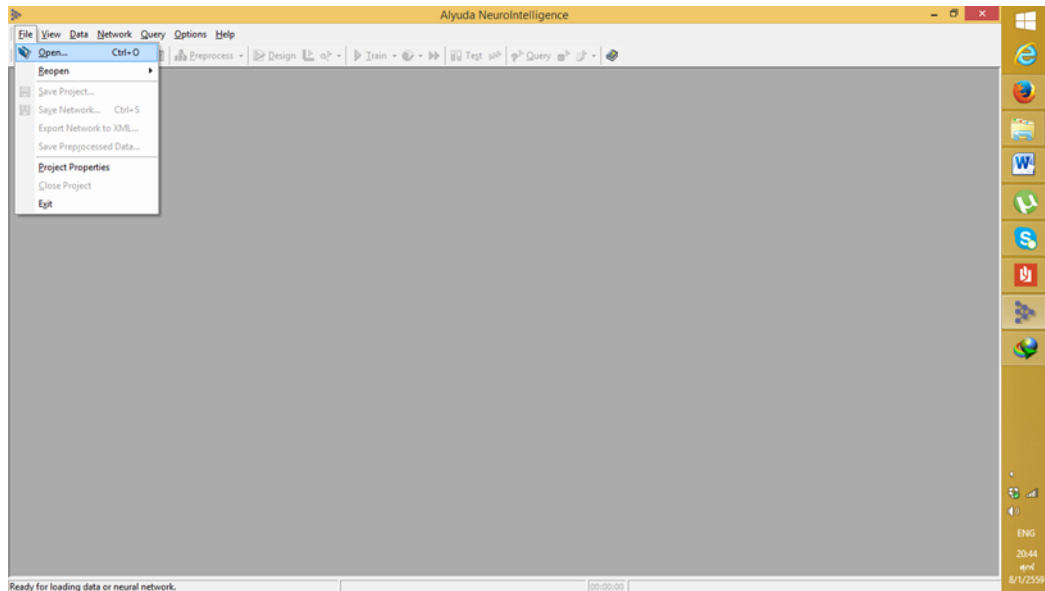


4) การเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์

นำข้อมูลที่ใช้งานวิจัย มาบันทึกค่าใน spreadsheet ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยให้หัวแปรอิสระอยู่ใน Column ด้านหน้า และตัวแปรตามอยู่ Column สุดท้าย จากนั้นบันทึกเป็นไฟล์แบบ .CSV

Date	Bag Boler	Bag Boler	LHV Bagor	Rice huck	LHV Rice	h Saw dust	LHV saw d	Rice straw	LHV Rice s	Wood chip	LHV wood	caneleaf	LHV leaf	Feedwater	Temp	Entropy
1 ม.ค.-12	940.46	955.5	8072.664	0	0	0	0	0	0	0	139.98	12682.62	118.8	159.28	679.041	
2 ม.ค.-12	942.27	959.25	7967.74	0	0	0	0	0	0	0	140.38	12767.51	120.27	159.71	680.977	
3 ม.ค.-12	923.09	952.55	7836.695	0	0	3.91	11217.73	0	0	0	164.21	12263	120.72	159.72	681.047	
5 ม.ค.-12	855.46	880.92	8084.4	3.74	13294.18	3.51	11916.51	0	0	22.23	11003.77	142.47	131.33	120.66	159.95	682.031
6 ม.ค.-12	916.97	934.44	7857.905	3.52	13374.28	0	0	0	0	21.15	10940.7	150.22	12922.72	121.19	159.89	681.805
7 ม.ค.-12	963.37	995.1	7610.97	3.45	13335.76	0	0	0	0	0	140.84	12661.55	120.82	159.58	680.451	
8 ม.ค.-12	907.99	922.08	8016.51	3.59	13208.86	0	0	0	0	0	169.76	12583.58	120.58	159.9	681.811	
9 ม.ค.-12	919.3	949.76	7791.9	0	0	3.26	10793.53	0	0	21.96	11428.76	183.18	12851.77	118.84	159.08	678.185
10 ม.ค.-12	955.88	975.56	7566.725	0	0	3.3	12627.83	0	0	22.25	10740.95	175.1	12620.83	119.3	158.9	677.439
11 ม.ค.-12	969.55	1018	7350.21	0	0	3.09	11088.78	0	0	22.57	10866.69	174.69	12940.55	118.99	159.36	679.396
12 ม.ค.-12	898.31	935.73	7513.22	0	0	2.44	11088.78	0	0	22.7	11193.78	165.41	12848.44	119.35	160.36	683.714
13 ม.ค.-12	967.02	1023.68	7284.4	0	0	6.15	11906.01	0	0	23.03	10580.81	194.35	13076.14	117.4	159.54	680.074
14 ม.ค.-12	968.33	1015.55	7627.02	0	0	3.34	11467.58	0	0	0	0	157.05	13615.11	117.63	159.8	681.205
15 ม.ค.-12	960.04	1031.43	7839.26	0	0	3.09	11744.12	0	0	21.89	11326.95	59.91	12658.42	120.78	159.77	681.265
16 ม.ค.-12	875.05	929.32	7865.355	0	0	3.25	11563.5	0	0	21.13	10518.86	165.74	12496.93	120.18	159.65	680.714
17 ม.ค.-12	866.65	957.07	7980.13	0	0	0	0	0	0	20.46	11382.79	160.74	12596.13	119.57	159.37	679.474
18 ม.ค.-12	951.06	1027.96	7271.261	0	0	0	0	0	0	21.16	11476.95	173.62	12694.65	119.31	159.68	680.79
19 ม.ค.-12	908.76	965.74	7227.22	0	0	7.48	10845.93	0	0	20.82	11165.64	200.86	12524.03	120.73	159.63	680.661
20 ม.ค.-12	941.14	1016.64	7419.514	0	0	3.19	11512.24	0	0	0	0	139.22	12810.46	121.07	159.71	681.025
21 ม.ค.-12	920.21	987.4	7394.345	0	0	0	0	0	0	0	0	171.37	12536.36	120.67	159.64	680.7
22 ม.ค.-12	944.41	1002.21	7439.22	0	0	0	0	0	0	21.09	11127.13	78.93	12532.7	121.01	159.41	679.733
23 ม.ค.-12	1017.74	1178.95	7217.544	0	0	0	0	0	0	24.09	11015.35	0	0	121.12	159.55	680.34
24 ม.ค.-12	1022.77	1065.66	7916.095	0	0	3.1	11185.68	0	0	23.04	10540.38	0	0	125.8	154.88	660.6
25 ม.ค.-12	1082.63	1111.2	7723.36	0	0	0	9.72	11334.14	0	0	0	0	0	120.19	159.5	680.07
26 ม.ค.-12	1025.21	1051.37	8112.84	0	0	2.74	11312.58	0	0	0	0	0	0	119.5	159.57	680.329
27 ม.ค.-12	1121.27	1150.47	7212.1	0	0	12.35	11405.53	0	0	22.23	10840.29	0	0	119.74	159.55	680.258
28 ม.ค.-12	1015.32	1047.03	8039.435	0	0	8.41	11783	0	0	22.86	10935.59	0	0	119.95	159.86	681.602
7 ม.ค.-17	1054.93	1073.4	8052.695	0	0	3.78	11646.72	0	0	21.67	11805.46	0	0	117.81	159.74	680.954

5) ทำการคลิกที่ไฟล์เพื่อทำเปิดไฟล์ข้อมูลดิบที่บันทึกไว้ใช้งานที่เมนู ไฟล์---> Open



6) ทำการจำแนกข้อมูลที่เมนู Analysis

Date	(N) Bagasse Boiler 1(Ton)	(N) Bagasse Boiler 2(Ton)	(N) LHV Bagasse	(N) Rice husk(Ton)	(N) LHV Rice husk	(N) Saw dust(Ton)	(N) LHV saw dust	(N) Rice straw (Ton)	(N) LHV Rice straw	(N) Wood chip (Ton)	(N) LHV wood
1-ธ.ค.-12	940.46	955.5	8072.66	0	0	0	0	0	0	0	0
VLD 2-ธ.ค.-12	942.27	959.25	7967.74	0	0	0	0	0	0	0	0
TST 3-ธ.ค.-12	923.09	952.55	7836.7	0	0	3.91	11217.73	0	0	0	0
TRN 5-ธ.ค.-12	855.46	886.92	8084.4	3.74	13294.18	3.51	11916.51	0	22.23	11003.77	0
TRN 7-ธ.ค.-12	916.97	934.44	7857.91	3.52	13374.38	0	0	0	21.15	10940.7	0
TRN 8-ธ.ค.-12	963.37	995.1	7610.97	3.45	13335.76	0	0	0	0	0	0
TRN 9-ธ.ค.-12	907.99	922.08	8016.51	3.59	13208.86	0	0	0	0	0	0
TRN 10-ธ.ค.-12	919.3	949.76	7791.9	0	0	3.26	10793.53	0	21.96	11428.76	0
TRN 11-ธ.ค.-12	955.88	975.56	7566.73	0	0	3.3	12627.83	0	22.25	10740.95	0
TST 12-ธ.ค.-12	969.55	1018	7350.21	0	0	3.09	11088.78	0	22.57	10866.69	0
TRN 13-ธ.ค.-12	898.31	935.73	7513.22	0	0	2.44	11088.78	0	22.7	11193.78	0
TRN 14-ธ.ค.-12	967.02	1023.68	7284.4	0	0	6.15	11906.01	0	23.03	10580.81	0
TRN 15-ธ.ค.-12	968.33	1015.55	7627.02	0	0	3.34	11467.58	0	0	0	0
VLD 17-ธ.ค.-12	960.04	1031.43	7839.26	0	0	3.09	11744.12	0	21.89	11326.95	0
TRN 18-ธ.ค.-12	875.05	929.32	7865.36	0	0	3.25	11563.5	0	21.13	10518.86	0
TRN 19-ธ.ค.-12	866.65	957.07	7980.13	0	0	0	0	0	20.46	11382.79	0
TRN 20-ธ.ค.-12	951.06	1027.96	7271.26	0	0	0	0	0	21.16	11476.95	0
TRN 21-ธ.ค.-12	908.76	965.74	7227.22	0	0	7.48	10845.93	0	20.82	11165.64	0
TST 22-ธ.ค.-12	941.14	1016.64	7419.51	0	0	3.19	11512.24	0	0	0	0
VLD 23-ธ.ค.-12	920.21	987.4	7394.35	0	0	0	0	0	0	0	0
TRN 24-ธ.ค.-12	944.41	1002.21	7439.22	0	0	0	0	0	21.09	11127.13	0
VLD 25-ธ.ค.-12	1017.74	1178.95	7217.54	0	0	0	0	0	24.09	11015.35	0
TRN 28-ธ.ค.-12	1022.77	1065.66	7916.1	0	0	3.1	11185.68	0	23.04	10540.38	0
TRN 29-ธ.ค.-12	1082.63	1111.2	7723.36	0	0	9.72	11334.14	0	0	0	0
TRN 30-ธ.ค.-12	1025.21	1051.37	8112.84	0	0	2.76	11312.58	0	0	0	0
TRN 31-ธ.ค.-12	1121.27	1150.47	7212.1	0	0	12.35	11405.53	0	22.23	10840.29	0
TST 2-ธ.ค.-13	1015.32	1047.03	8039.44	0	0	8.41	11783	0	22.86	10935.59	0
TRN 3-ธ.ค.-13	1054.93	1073.4	8052.7	0	0	3.28	11646.72	0	21.67	10805.46	0
TRN 4-ธ.ค.-13	1018.19	1035.88	7927.66	0	0	7.34	11417.81	0	22.48	10733.98	0
TRN 5-ธ.ค.-13	968.88	978.32	8059.26	0	0	5.54	11529.49	0	21.48	10888.15	0
VLD 6-ธ.ค.-13	1051.24	1047.67	7731.01	0	0	6.64	12020.91	0	0	0	0
TRN 8-ธ.ค.-13	1033.58	1034.52	7879.35	0	0	4.2	11374.57	0	20.95	10917.71	0
TST 7-ธ.ค.-13	1195.26	1176.62	7149.65	0	0	4.4	11624.2	0	21.85	10879.84	0

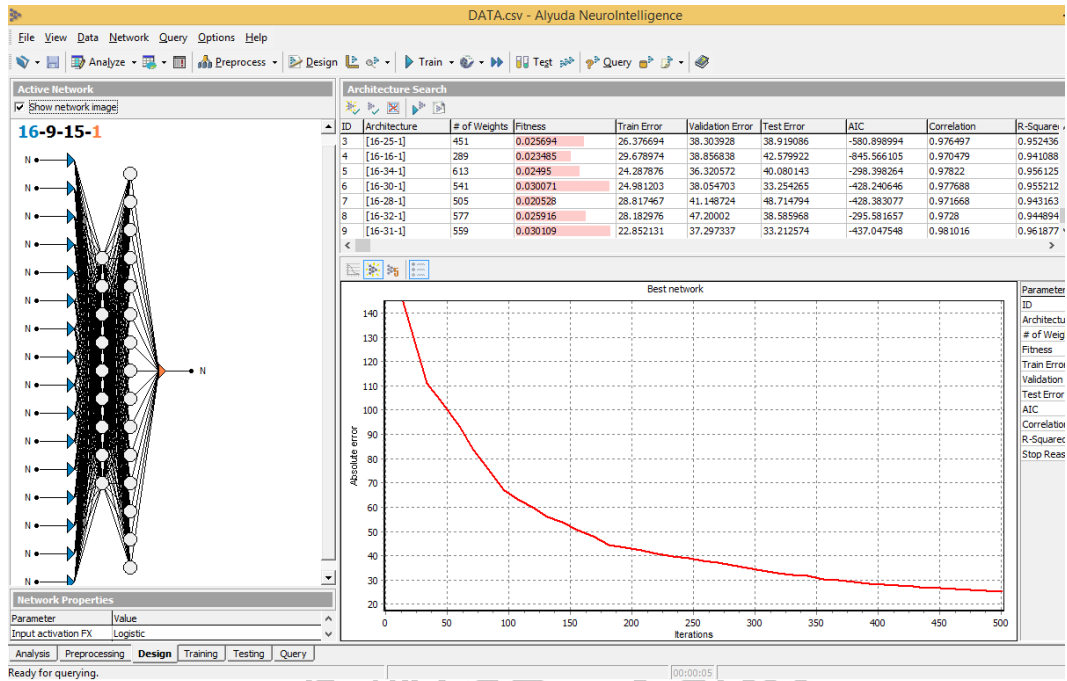
7) ทำการแปลงค่าเพื่อสร้างแบบจำลองที่เมนู Processing

The screenshot shows the 'DATA.csv - Alyuda NeuroIntelligence' application. The main window displays a table of 'Encoded Data' with columns for various input variables and their values. A 'Column Details' panel on the left provides information about the columns, including their types, formats, and scaling ranges. The interface includes standard menu options like File, View, Data, Network, Query, Options, and Help.

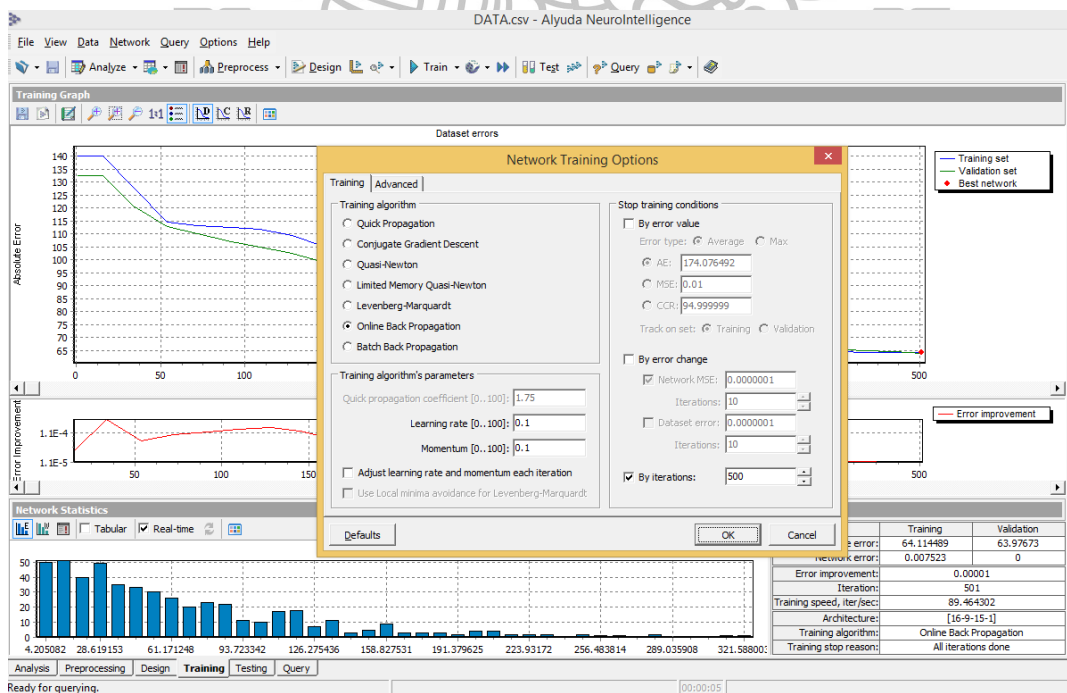
8) ทำการแบ่งข้อมูลระหว่าง Training กับ Validation โดยเข้าไปที่เมนู Data Partition Option

The screenshot shows the 'Apichat2.csv - Alyuda NeuroIntelligence' application. A 'Data Partition Options' dialog box is open, allowing users to specify the number of records and percentage for Training, Validation, and Ignored sets. The background shows a 'Raw Data' table with columns for 'Date', 'Bag Boiler 11', 'Bag Boiler 12', etc. The interface includes standard menu options like File, View, Data, Network, Query, Options, and Help.

9) ขั้นตอนการค้นหาโครงสร้างแบบจำลองประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุดโดยเข้าไปที่เมนู Search Architecture โปรแกรมจะทำการประมวลผล ทดสอบและเลือกโครงสร้างที่ดีที่สุด



10) ขั้นตอนการฝึกสอนโดยเข้าไปที่เมนู Network-->Training จากนั้นทำการปรับค่าอัตราการเรียนรู้และโมเมนตัม



11) เมื่อได้โครงสร้างที่เหมาะสม รวมถึงอัตราการเรียนรู้และโมเมนต์ จากนั้นจึงทำพยากรณ์ผล โดยเข้าไปที่เมนู Query

DATA.csv - Alyuda NeuroIntelligence

File View Data Network Query Options Help

Analyze Preprocess Design Train Test Query

Manual Query

Bagasse Boiler 1(Ton)	Bagasse Boiler 2(Ton)	LHV Bagasse	Rice husk(Ton)	LHV Rice husk	Saw dust(Ton)	LHV saw dust	Rice straw (Ton)	LHV Rice straw	Wood chip (Ton)	LHV wood chip	caneleaf (Ton)	LHV leaf	Steam produce (Ton)
775	8098	211	11789	8.40	8000	20	12650	87.5	10000	0	0	5540.506658	
max: 1506.86	max: 1559.17	max: 8772.81	max: 379.52	max: 13948.63	max: 54.82	max: 16448.48	max: 38.57	max: 13979.96	max: 127.5	max: 17543.36	max: 245.13	max: 1723	
min: 648.81	min: 651.52	min: 5259.43	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	min: 0	

Results Table

Bagasse Boiler 1(Ton)	Bagasse Boiler 2(Ton)	LHV Bagasse	Rice husk(Ton)	LHV Rice husk	Saw dust(Ton)	LHV saw dust	Rice straw (Ton)	LHV Rice straw	Wood chip (Ton)	LHV wood chip	caneleaf (Ton)	LHV leaf	Feedwater pressure(Bar)	Temp?
1000	1000	7249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	150
1121	1129	6790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	150
800	870	6790	0	0	0	35	10000	0	0	0	0	0	100	150
776	756	7868	0	0	0	0	10000	0	0	0	0	0	100	150
876	866	8034	213	1287	0	20	12650	0	0	0	0	0	100	150
764	775	8098	211	11789	8.4	8000	20	12650	87.5	10000	0	0	100	150

Analysis Preprocessing Design Training Testing Query

Ready for querying. 00:01:00





ภาคผนวก ข.

ผลการค้นหาโครงสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม

ตารางแสดงผลการค้นหาคโครงสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม

ID	Architecture	# of Weights	Fitness	Train Error	Validation Error	Correlation	R-Squared
1	[16-4-1]	73	0.0241	37.8699	46.2907	0.96	0.91
2	[16-5-1]	91	0.0303	24.9708	38.6792	0.98	0.96
3	[16-6-1]	109	0.0291	26.0376	40.6141	0.98	0.95
4	[16-7-1]	127	0.0312	24.7220	35.9223	0.98	0.95
5	[16-8-1]	145	0.0322	22.7602	38.3751	0.98	0.96
6	[16-9-1]	163	0.0279	24.5694	40.7046	0.98	0.96
7	[16-10-1]	181	0.0289	25.7322	44.5487	0.98	0.96
8	[16-11-1]	199	0.0355	23.0992	37.3828	0.98	0.96
9	[16-12-1]	217	0.0320	22.7291	38.7117	0.99	0.97
10	[16-13-1]	235	0.0310	27.6514	39.5166	0.98	0.95
11	[16-14-1]	253	0.0317	19.5714	35.4630	0.99	0.97
12	[16-15-1]	271	0.0336	17.6396	32.6227	0.99	0.98
13	[16-16-1]	289	0.0315	20.0067	34.3397	0.99	0.97
14	[16-17-1]	307	0.0318	22.7755	38.3190	0.98	0.96
15	[16-18-1]	325	0.0315	21.1512	35.6320	0.99	0.97
16	[16-4-9-1]	123	0.0314	26.5284	38.9492	0.98	0.95
17	[16-5-9-1]	149	0.0350	24.3468	32.9781	0.98	0.96
18	[16-6-9-1]	175	0.0367	23.8048	36.2574	0.98	0.96
19	[16-7-9-1]	201	0.0309	27.6599	36.7601	0.98	0.95
20	[16-8-9-1]	227	0.0305	24.5349	37.3555	0.98	0.96
21	[16-9-9-1]	253	0.0313	25.4732	38.9383	0.98	0.96
22	[16-10-9-1]	279	0.0334	22.4377	40.5267	0.98	0.96
23	[16-11-9-1]	305	0.0341	23.5005	35.8886	0.98	0.96
24	[16-12-9-1]	331	0.0327	23.1944	37.3379	0.98	0.96
25	[16-13-9-1]	357	0.0276	22.9282	38.2143	0.99	0.97
26	[16-14-9-1]	383	0.0318	23.3937	37.4902	0.99	0.97
27	[16-15-9-1]	409	0.0329	17.4337	34.2153	0.99	0.98
28	[16-16-9-1]	435	0.0347	18.1024	39.2545	0.99	0.98
29	[16-17-9-1]	461	0.0322	18.7103	37.9270	0.99	0.97
30	[16-18-9-1]	487	0.0273	25.0233	41.3159	0.99	0.96
31	[16-4-10-1]	129	0.0350	27.5908	37.4358	0.98	0.95
32	[16-5-10-1]	156	0.0278	27.4199	42.2979	0.98	0.95
33	[16-6-10-1]	183	0.0317	27.2619	41.2610	0.98	0.95
34	[16-7-10-1]	210	0.0316	28.6705	38.0425	0.97	0.94
35	[16-8-10-1]	237	0.0303	24.1077	37.3240	0.98	0.96
36	[16-9-10-1]	264	0.0336	22.6114	36.7087	0.98	0.96
37	[16-10-10-1]	291	0.0257	27.8933	40.1016	0.98	0.95
38	[16-11-10-1]	318	0.0358	21.5111	35.6612	0.98	0.97
39	[16-12-10-1]	345	0.0309	20.7673	36.3414	0.99	0.97
40	[16-13-10-1]	372	0.0291	23.4000	40.3525	0.98	0.96
41	[16-14-10-1]	399	0.0295	20.4090	36.7614	0.99	0.97
42	[16-15-10-1]	426	0.0305	20.2177	38.5577	0.99	0.97
43	[16-16-10-1]	453	0.0279	21.0497	37.7932	0.99	0.97
44	[16-17-10-1]	480	0.0346	20.7622	35.0543	0.99	0.97
45	[16-18-10-1]	507	0.0310	19.2148	36.6991	0.99	0.98
46	[16-4-11-1]	135	0.0329	26.0226	34.8160	0.98	0.95
47	[16-5-11-1]	163	0.0298	25.0242	42.4840	0.98	0.96
48	[16-6-11-1]	191	0.0295	26.1486	43.9038	0.98	0.96
49	[16-7-11-1]	219	0.0304	25.5757	43.8219	0.98	0.96
50	[16-8-11-1]	247	0.0296	30.8906	41.2303	0.97	0.94
51	[16-9-11-1]	275	0.0302	26.5549	36.2554	0.97	0.95

ID	Architecture	# of Weights	Fitness	Train Error	Validation Error	Correlation	R-Squared
52	[16-10-11-1]	303	0.0343	21.4270	35.8742	0.98	0.96
53	[16-11-11-1]	331	0.0332	27.0015	35.6144	0.98	0.95
54	[16-12-11-1]	359	0.0323	23.2274	36.9858	0.98	0.96
55	[16-13-11-1]	387	0.0306	21.6319	38.6602	0.99	0.97
56	[16-14-11-1]	415	0.0307	22.0674	38.1403	0.99	0.97
57	[16-15-11-1]	443	0.0318	19.7815	34.0943	0.99	0.97
58	[16-16-11-1]	471	0.0311	20.8256	39.6414	0.99	0.97
59	[16-17-11-1]	499	0.0311	20.0880	38.0288	0.99	0.97
60	[16-18-11-1]	527	0.0329	20.0264	35.4837	0.99	0.97
61	[16-4-12-1]	141	0.0302	29.6152	41.7172	0.97	0.94
62	[16-5-12-1]	170	0.0354	24.1095	33.6785	0.98	0.96
63	[16-6-12-1]	199	0.0306	24.7127	37.8402	0.98	0.96
64	[16-7-12-1]	228	0.0309	28.4831	39.1816	0.98	0.95
65	[16-8-12-1]	257	0.0285	27.5073	40.0158	0.98	0.95
66	[16-9-12-1]	286	0.0297	28.0340	39.3201	0.98	0.95
67	[16-10-12-1]	315	0.0309	23.7213	44.1768	0.98	0.96
68	[16-11-12-1]	344	0.0328	19.2947	38.0164	0.99	0.97
69	[16-12-12-1]	373	0.0301	23.7301	35.9284	0.99	0.96
70	[16-13-12-1]	402	0.0321	20.1976	39.8135	0.98	0.97
71	[16-14-12-1]	431	0.0285	22.7038	38.4101	0.99	0.97
72	[16-15-12-1]	460	0.0309	24.9554	36.3282	0.98	0.96
73	[16-16-12-1]	489	0.0338	22.8948	38.3176	0.99	0.96
74	[16-17-12-1]	518	0.0334	15.9470	34.7704	0.99	0.98
75	[16-18-12-1]	547	0.0314	18.3426	33.8574	0.99	0.97
76	[16-4-13-1]	147	0.0251	33.4680	46.7302	0.96	0.92
77	[16-5-13-1]	177	0.0235	34.3484	50.7661	0.96	0.92
78	[16-6-13-1]	207	0.0315	23.3736	37.9789	0.98	0.96
79	[16-7-13-1]	237	0.0324	27.4107	40.1730	0.98	0.95
80	[16-8-13-1]	267	0.0287	30.7246	43.3139	0.98	0.94
81	[16-9-13-1]	297	0.0249	32.9832	41.7872	0.96	0.92
82	[16-10-13-1]	327	0.0286	27.2245	38.4887	0.98	0.95
83	[16-11-13-1]	357	0.0273	25.0980	39.0752	0.98	0.96
84	[16-12-13-1]	387	0.0276	31.1273	41.6597	0.97	0.93
85	[16-13-13-1]	417	0.0319	24.8528	39.5090	0.99	0.96
86	[16-14-13-1]	447	0.0326	24.4127	37.4436	0.98	0.96
87	[16-15-13-1]	477	0.0310	25.8308	37.3863	0.98	0.96
88	[16-16-13-1]	507	0.0279	21.4307	37.2580	0.99	0.97
89	[16-17-13-1]	537	0.0308	22.2101	37.0901	0.98	0.96
90	[16-18-13-1]	567	0.0340	21.7579	39.0484	0.99	0.97
91	[16-4-14-1]	153	0.0240	35.9828	53.0550	0.96	0.92
92	[16-5-14-1]	184	0.0275	31.2350	43.2121	0.97	0.93
93	[16-6-14-1]	215	0.0299	24.9667	38.8493	0.98	0.96
94	[16-7-14-1]	246	0.0313	23.3769	38.7943	0.98	0.96
95	[16-8-14-1]	277	0.0310	23.3023	33.8531	0.98	0.96
96	[16-9-14-1]	308	0.0328	19.3604	41.9370	0.99	0.97
97	[16-10-14-1]	339	0.0286	26.4628	42.7039	0.98	0.95
98	[16-11-14-1]	370	0.0290	24.2486	37.6173	0.99	0.96
99	[16-12-14-1]	401	0.0293	20.5520	36.3171	0.99	0.97
100	[16-13-14-1]	432	0.0312	20.5976	38.4416	0.99	0.97
101	[16-14-14-1]	463	0.0308	19.7353	39.3428	0.99	0.97
102	[16-15-14-1]	494	0.0347	22.2759	39.6294	0.98	0.96
103	[16-16-14-1]	525	0.0305	26.6269	37.9299	0.98	0.95
104	[16-17-14-1]	556	0.0291	24.6176	36.7123	0.99	0.96
105	[16-18-14-1]	587	0.0305	24.6336	39.9326	0.99	0.96

ID	Architecture	# of Weights	Fitness	Train Error	Validation Error	Correlation	R-Squared
106	[16-4-15-1]	159	0.0305	26.1622	43.0795	0.98	0.95
107	[16-5-15-1]	191	0.0281	29.5498	46.5198	0.97	0.94
108	[16-6-15-1]	223	0.0323	25.8999	44.3255	0.98	0.96
109	[16-7-15-1]	255	0.0339	24.6237	39.5438	0.98	0.96
110	[16-8-15-1]	287	0.0290	29.5248	44.9493	0.98	0.95
111	[16-9-15-1]	319	0.0386	21.0248	35.6853	0.99	0.97
112	[16-10-15-1]	351	0.0322	22.6920	37.8626	0.98	0.97
113	[16-11-15-1]	383	0.0325	20.7122	38.3636	0.99	0.97
114	[16-12-15-1]	415	0.0281	23.9284	38.8525	0.99	0.96
115	[16-13-15-1]	447	0.0350	21.8191	35.4553	0.98	0.96
116	[16-14-15-1]	479	0.0322	21.1283	34.4975	0.99	0.97
117	[16-15-15-1]	511	0.0301	21.8082	39.5368	0.98	0.97
118	[16-16-15-1]	543	0.0300	26.7245	39.2898	0.98	0.95
119	[16-17-15-1]	575	0.0282	22.6020	44.0266	0.99	0.97
120	[16-18-15-1]	607	0.0303	22.0877	39.7267	0.99	0.97
121	[16-4-16-1]	165	0.0204	42.2583	55.5251	0.95	0.88
122	[16-5-16-1]	198	0.0338	24.8346	34.9130	0.98	0.95
123	[16-6-16-1]	231	0.0281	26.5257	41.3816	0.98	0.95
124	[16-7-16-1]	264	0.0307	29.3852	40.7268	0.98	0.95
125	[16-8-16-1]	297	0.0337	22.9405	38.5297	0.98	0.96
126	[16-9-16-1]	330	0.0333	24.8661	38.9680	0.98	0.96
127	[16-10-16-1]	363	0.0322	24.6662	36.6936	0.98	0.96
128	[16-11-16-1]	396	0.0311	23.5414	35.7727	0.98	0.96
129	[16-12-16-1]	429	0.0356	20.8517	37.5666	0.99	0.97
130	[16-13-16-1]	462	0.0299	23.3789	36.9944	0.99	0.96
131	[16-14-16-1]	495	0.0285	24.7030	35.5205	0.98	0.96
132	[16-15-16-1]	528	0.0319	19.7146	37.0987	0.99	0.97
133	[16-16-16-1]	561	0.0307	23.7367	38.3009	0.98	0.96
134	[16-17-16-1]	594	0.0330	18.6700	36.5833	0.99	0.98
135	[16-18-16-1]	627	0.0300	23.7570	38.2921	0.98	0.96
136	[16-4-17-1]	171	0.0239	34.6133	49.3534	0.96	0.92
137	[16-5-17-1]	205	0.0212	37.1320	47.4722	0.95	0.90
138	[16-6-17-1]	239	0.0316	27.4594	43.8799	0.97	0.95
139	[16-7-17-1]	273	0.0369	22.9230	39.2100	0.98	0.96
140	[16-8-17-1]	307	0.0281	25.2527	42.3939	0.98	0.96
141	[16-9-17-1]	341	0.0307	21.2604	38.7581	0.98	0.97
142	[16-10-17-1]	375	0.0288	23.0948	38.2212	0.98	0.96
143	[16-11-17-1]	409	0.0316	22.2218	35.4454	0.98	0.96
144	[16-12-17-1]	443	0.0333	19.7968	34.6842	0.99	0.97
145	[16-13-17-1]	477	0.0343	20.0000	34.5950	0.99	0.97
146	[16-14-17-1]	511	0.0283	26.4637	37.4843	0.98	0.95
147	[16-15-17-1]	545	0.0286	29.1323	39.7486	0.98	0.94
148	[16-16-17-1]	579	0.0326	18.8682	38.3404	0.99	0.97
149	[16-17-17-1]	613	0.0324	20.4032	36.9045	0.98	0.97
150	[16-18-17-1]	647	0.0347	17.5585	31.3749	0.99	0.98
151	[16-4-18-1]	177	0.0246	37.8612	51.5339	0.96	0.91
152	[16-5-18-1]	212	0.0317	27.6751	40.1284	0.97	0.95
153	[16-6-18-1]	247	0.0320	26.6912	37.9243	0.98	0.95
154	[16-7-18-1]	282	0.0268	25.4356	41.8637	0.98	0.96
155	[16-8-18-1]	317	0.0298	25.5120	35.9679	0.98	0.95
156	[16-9-18-1]	352	0.0287	23.4867	41.6413	0.98	0.96
157	[16-10-18-1]	387	0.0313	22.3585	40.7541	0.99	0.97
158	[16-11-18-1]	422	0.0233	29.7882	47.8874	0.98	0.95
159	[16-12-18-1]	457	0.0273	28.1124	39.7073	0.98	0.95

ID	Architecture	# of Weights	Fitness	Train Error	Validation Error	Correlation	R-Squared
160	[16-13-18-1]	492	0.0287	23.3212	39.5156	0.98	0.96
161	[16-14-18-1]	527	0.0312	22.7684	36.2862	0.98	0.96
162	[16-15-18-1]	562	0.0306	20.9733	37.7083	0.99	0.97
163	[16-16-18-1]	597	0.0305	25.0486	40.1454	0.98	0.96
164	[16-17-18-1]	632	0.0270	26.6129	42.4281	0.99	0.96
165	[16-18-18-1]	667	0.0325	22.0821	38.8932	0.98	0.97
166	[16-4-19-1]	183	0.0316	27.4570	40.6422	0.97	0.95
167	[16-5-19-1]	219	0.0333	25.6577	37.8419	0.98	0.95
168	[16-6-19-1]	255	0.0334	24.8515	35.1478	0.98	0.96
169	[16-7-19-1]	291	0.0285	29.9247	41.4622	0.98	0.94
170	[16-8-19-1]	327	0.0343	23.9315	37.7690	0.98	0.96
171	[16-9-19-1]	363	0.0303	20.6563	38.1690	0.99	0.97
172	[16-10-19-1]	399	0.0260	25.8841	42.2301	0.98	0.96
173	[16-11-19-1]	435	0.0292	22.2604	41.0395	0.98	0.96
174	[16-12-19-1]	471	0.0333	19.2815	37.1100	0.99	0.97
175	[16-13-19-1]	507	0.0356	20.3201	37.2223	0.99	0.97
176	[16-14-19-1]	543	0.0291	19.1842	39.5521	0.99	0.97
177	[16-15-19-1]	579	0.0325	22.7672	35.4275	0.98	0.96
178	[16-16-19-1]	615	0.0302	22.2327	36.7186	0.98	0.96
179	[16-17-19-1]	651	0.0309	22.8092	38.2334	0.99	0.97
180	[16-18-19-1]	687	0.0317	23.7023	36.7513	0.98	0.96
181	[16-4-20-1]	189	0.0313	26.6956	42.0922	0.98	0.95
182	[16-5-20-1]	226	0.0351	24.0482	34.3844	0.98	0.96
183	[16-6-20-1]	263	0.0299	23.9709	42.3413	0.98	0.96
184	[16-7-20-1]	300	0.0311	27.1324	38.9921	0.98	0.95
185	[16-8-20-1]	337	0.0335	23.6367	33.2217	0.98	0.96
186	[16-9-20-1]	374	0.0356	20.7867	33.9563	0.98	0.97
187	[16-10-20-1]	411	0.0335	21.3843	36.6235	0.99	0.97
188	[16-11-20-1]	448	0.0313	21.3468	38.0538	0.98	0.97
189	[16-12-20-1]	485	0.0326	25.8145	36.3060	0.98	0.95
190	[16-13-20-1]	522	0.0324	24.0433	35.7240	0.98	0.96
191	[16-14-20-1]	559	0.0333	20.5850	38.9429	0.99	0.97
192	[16-15-20-1]	596	0.0254	25.5521	37.6097	0.98	0.96
193	[16-16-20-1]	633	0.0321	26.2786	38.0023	0.98	0.95
194	[16-17-20-1]	670	0.0280	26.8416	41.5886	0.98	0.96
195	[16-18-20-1]	707	0.0282	21.6190	33.7201	0.98	0.96
196	[16-4-21-1]	195	0.0313	27.9666	35.5702	0.97	0.94
197	[16-5-21-1]	233	0.0319	24.1133	36.6887	0.98	0.96
198	[16-6-21-1]	271	0.0281	33.2930	42.3718	0.97	0.93
199	[16-7-21-1]	309	0.0294	24.3940	40.4072	0.98	0.96
200	[16-8-21-1]	347	0.0310	24.6627	37.8694	0.98	0.96
201	[16-9-21-1]	385	0.0269	28.2814	44.9592	0.98	0.95
202	[16-10-21-1]	423	0.0289	23.1127	40.7414	0.98	0.96
203	[16-11-21-1]	461	0.0309	28.2389	38.4718	0.98	0.94
204	[16-12-21-1]	499	0.0295	23.3057	38.2012	0.99	0.97
205	[16-13-21-1]	537	0.0317	20.1490	35.6989	0.98	0.97
206	[16-14-21-1]	575	0.0270	27.4429	42.6124	0.98	0.95
207	[16-15-21-1]	613	0.0323	24.0529	35.3594	0.99	0.96
208	[16-16-21-1]	651	0.0268	29.5742	43.6226	0.99	0.95
209	[16-17-21-1]	689	0.0280	25.8806	41.9083	0.99	0.96
210	[16-18-21-1]	727	0.0330	21.1435	37.6283	0.99	0.97
211	[16-4-22-1]	201	0.0329	26.1293	41.0054	0.98	0.95
212	[16-5-22-1]	240	0.0323	27.2875	45.0351	0.97	0.95
213	[16-6-22-1]	279	0.0337	22.7737	35.7317	0.98	0.96

ID	Architecture	# of Weights	Fitness	Train Error	Validation Error	Correlation	R-Squared
214	[16-7-22-1]	318	0.0265	31.4265	43.4897	0.97	0.93
215	[16-8-22-1]	357	0.0295	29.0592	39.2747	0.98	0.95
216	[16-9-22-1]	396	0.0281	30.1113	41.2306	0.97	0.94
217	[16-10-22-1]	435	0.0288	23.3367	44.8109	0.98	0.97
218	[16-11-22-1]	474	0.0284	21.5718	37.9495	0.99	0.97
219	[16-12-22-1]	513	0.0298	24.2546	42.3864	0.98	0.96
220	[16-13-22-1]	552	0.0330	20.5545	36.4153	0.99	0.97
221	[16-14-22-1]	591	0.0281	27.6717	42.8470	0.98	0.95
222	[16-15-22-1]	630	0.0356	21.4498	37.6951	0.99	0.97
223	[16-16-22-1]	669	0.0350	19.1338	36.4558	0.99	0.97
224	[16-17-22-1]	708	0.0292	20.0130	39.5936	0.99	0.97
225	[16-18-22-1]	747	0.0327	19.6054	36.3553	0.99	0.97
226	[16-4-23-1]	207	0.0329	26.6843	40.9745	0.98	0.95
227	[16-5-23-1]	247	0.0260	34.0658	47.2842	0.96	0.92
228	[16-6-23-1]	287	0.0343	24.7141	40.5857	0.98	0.96
229	[16-7-23-1]	327	0.0284	25.6941	42.7893	0.98	0.96
230	[16-8-23-1]	367	0.0269	29.4356	46.5849	0.98	0.95
231	[16-9-23-1]	407	0.0289	24.3547	41.5159	0.98	0.96
232	[16-10-23-1]	447	0.0276	24.6853	39.2658	0.98	0.96
233	[16-11-23-1]	487	0.0303	21.4681	40.3547	0.99	0.97
234	[16-12-23-1]	527	0.0311	24.0628	40.0836	0.99	0.96
235	[16-13-23-1]	567	0.0327	22.8033	27.6411	0.98	0.96
236	[16-14-23-1]	607	0.0321	22.5089	38.4076	0.98	0.96
237	[16-15-23-1]	647	0.0312	22.2580	34.8467	0.98	0.96
238	[16-16-23-1]	687	0.0261	26.6927	36.3310	0.98	0.96
239	[16-17-23-1]	727	0.0282	20.6832	37.1442	0.99	0.97
240	[16-18-23-1]	767	0.0316	18.7959	38.8991	0.99	0.97
241	[16-4-24-1]	213	0.0200	40.1089	53.5892	0.95	0.89
242	[16-5-24-1]	254	0.0310	24.4107	38.4339	0.98	0.96
243	[16-6-24-1]	295	0.0245	37.4545	49.1084	0.97	0.92
244	[16-7-24-1]	336	0.0281	26.8324	40.8118	0.98	0.95
245	[16-8-24-1]	377	0.0292	27.2340	37.0350	0.98	0.95
246	[16-9-24-1]	418	0.0273	30.2072	38.7613	0.98	0.94
247	[16-10-24-1]	459	0.0327	20.8664	36.5144	0.98	0.97
248	[16-11-24-1]	500	0.0311	23.0357	40.2328	0.98	0.96
249	[16-12-24-1]	541	0.0311	24.7134	37.3627	0.98	0.96
250	[16-13-24-1]	582	0.0341	20.3531	40.8025	0.99	0.97
251	[16-14-24-1]	623	0.0318	21.3176	38.1379	0.99	0.97
252	[16-15-24-1]	664	0.0297	24.4509	36.4215	0.98	0.95
253	[16-16-24-1]	705	0.0342	19.9351	37.9386	0.99	0.97
254	[16-17-24-1]	746	0.0293	23.0212	37.4642	0.98	0.96
255	[16-18-24-1]	787	0.0304	20.4178	36.5110	0.99	0.97



วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ขี้เลื่อย	LHV	ฟาง ข้าว	LHV	ไม้ซีก	LHV	ใบอ้อย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg	ตัน	ตัน
1/4/2558	725.16	741.62	7,763.88	215.96	14,014.05	-	11,762.12	-	-	-	10,181.31	183.76	13,467.45	99.24	160.60	683.65	5,613.25	5,554.13
2/4/2558	551.64	549.68	7,587.23	245.00	14,079.88	2.56	11,762.12	-	-	200.00	10,520.95	197.00	13,875.08	100.36	160.14	681.74	5,533.94	5,415.52
3/4/2558	1,206.46	1,239.18	6,610.61	-	-	-	-	66.84	11,562.84	-	-	-	-	113.10	151.10	643.71	5,665.09	5,540.44
4/4/2558	1,115.77	1,134.80	7,178.43	-	-	-	-	61.13	12,260.88	-	-	-	-	99.25	160.46	683.05	5,623.27	5,374.99
5/4/2558	656.80	660.01	7,663.29	-	14,101.21	45.95	11,762.12	-	-	500.00	10,080.75	88.81	13,481.85	100.03	160.84	684.73	5,612.30	5,520.48
6/4/2558	761.80	771.19	7,612.61	14.61	13,195.36	2.71	11,274.03	-	-	365.00	10,140.08	92.37	12,655.89	105.36	160.74	684.62	5,582.39	5,408.66
7/4/2558	606.44	607.18	8,231.87	267.14	13,086.80	87.39	11,208.88	-	-	56.32	8,296.71	137.23	12,622.15	108.85	160.91	685.56	5,547.83	5,355.35
8/4/2558	930.05	940.20	7,499.16	60.99	13,086.80	-	10,259.14	-	-	-	8,583.84	151.96	12,673.13	99.66	160.40	682.81	5,571.07	5,568.30
9/4/2558	848.22	859.68	7,670.93	-	-	-	-	-	-	200.00	9,253.40	158.88	12,394.88	99.04	160.43	682.91	5,624.60	5,715.48
10/4/2558	998.34	1,008.59	7,175.34	11.32	12,077.40	-	-	31.22	10,403.78	200.00	7,886.46	26.47	11,341.53	99.60	160.11	681.56	5,582.69	5,603.87
11/4/2558	978.20	997.97	7,007.38	20.00	13,086.80	36.87	11,673.14	-	-	115.00	11,354.98	88.75	12,228.69	99.53	160.47	683.11	5,615.04	5,465.66
12/4/2558	1,048.18	1,074.37	6,620.86	11.05	13,424.11	110	11,673.14	-	-	115.00	11,354.98	-	-	99.42	160.27	682.24	5,582.79	5,671.33
13/4/2558	914.31	915.23	7,318.31	3.29	13,281.10	-	-	-	-	293.00	11,354.98	-	-	98.53	160.66	683.87	5,583.74	5,629.68
14/4/2558	862.87	869.75	7,709.00	-	-	-	-	-	-	300.00	11,354.98	-	-	98.91	160.66	683.89	5,576.15	5,608.61
15/4/2558	830.36	842.91	7,563.53	-	-	-	-	-	-	330.00	11,354.98	-	-	99.39	160.39	682.76	5,479.96	5,523.97
16/4/2558	809.94	827.31	7,837.60	3.34	14,318.50	28.97	11,046.67	-	-	305.00	11,354.98	-	-	99.23	160.33	682.49	5,555.68	5,634.86
17/4/2558	838.09	864.40	7,291.68	-	-	5.98	11,812.27	-	-	400.00	10,948.94	-	-	98.47	160.39	682.70	5,611.68	5,530.67
18/4/2558	957.07	991.33	6,552.65	-	-	3.42	11,812.27	-	-	400.00	10,365.18	-	-	98.38	160.37	682.61	5,644.42	5,520.91

วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ชี้เลี้ยง	LHV	ฟางข้าว	LHV	ไม้ซิป	LHV	ใบอ้อย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg	ตัน	ตัน
19/4/2558	905.11	958.31	6,917.69	2.80	14,318.50	6.00	12,819.42	-	-	300.00	8,709.73	95.96	13,245.66	99.00	160.38	682.69	5,617.12	5,554.59
20/4/2558	851.77	891.50	7,072.01	-	-	4.47	10,178.75	-	-	326.17	8,448.56	148.40	10,455.41	99.00	160.37	682.65	5,556.85	5,592.00
21/4/2558	994.66	992.97	7,419.45	9.91	13,170.24	99.85	10,990.88	49.19	11,760.86	-	-	16.06	-	100.40	160.44	683.03	5,508.70	5,379.24
22/4/2558	873.90	874.42	7,060.18	2.89	13,167.10	4.11	10,492.20	11.12	12,630.57	300.00	9,187.82	142.76	11,696.50	99.49	160.72	684.18	5,650.24	5,740.99
23/4/2558	594.37	627.72	6,463.03	-	-	-	-	7.98	12,630.57	755.93	10,224.23	27.04	11,903.86	102.49	161.36	687.12	5,361.40	5,302.02
24/4/2558	924.97	936.68	6,883.65	-	-	-	-	6.82	12,630.57	280.00	8,837.41	106.50	14,058.89	98.55	160.72	684.13	5,623.61	5,559.02
25/4/2558	969.36	977.38	6,771.40	-	-	3.11	10,025.50	-	-	350.00	8,407.96	53.38	12,092.95	99.54	160.78	684.44	5,613.40	5,567.24
26/4/2558	998.93	1,003.17	6,823.80	-	-	7.07	9,941.06	6.99	11,774.93	330.00	8,180.30	32.13	11,768.19	99.74	160.56	683.51	5,627.88	5,527.76
27/4/2558	673.63	686.33	7,133.14	8.07	13,167.10	18.10	11,105.03	-	11,774.93	647.00	9,159.24	86.85	10,531.01	99.54	160.64	683.84	5,608.39	5,582.96
28/4/2558	1,112.00	1,115.09	7,021.48	3.07	12,184.03	3.09	10,305.22	7.15	-	-	8,938.85	111.56	11,383.65	99.56	160.69	684.06	5,654.32	5,578.63
29/4/2558	952.42	938.95	7,342.59	-	13,167.10	6.96	10,123.52	7.41	11,943.11	217.51	8,832.50	77.85	11,195.98	99.47	160.74	684.27	5,609.42	5,595.95
30/4/2558	1,142.35	1,136.66	7,449.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.47	160.74	681.00	5,657.63	5,581.99

วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ชีเส้อย	LHV	ฟางข้าว	LHV	ไม้ซิป	LHV	ใบฉุย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg		
1/9/2015	422.85	425.89	7132.92	2.90	13080.53	62.88	10461.45	5.88	12446.12	800.00	10901.67	116.37	12022.82	98.08	160.59	683.54	5651.60	5616.76
2/9/2015	341.71	345.71	7443.56	2.12	13080.53	163.85	10829.15	20.62	12446.12	800.00	11183.26	68.31	12637.42	97.80	160.66	683.82	5666.29	5582.92
3/9/2015	500.76	507.99	7391.47	0.00	0.00	36.97	11633.12	42.72	12446.12	803.00	10314.30	26.09	12692.63	98.18	160.60	683.59	5675.10	5542.61
4/9/2015	310.46	314.57	7816.11	2.35	13697.19	123.48	11861.75	33.71	13259.82	870.00	10690.68	63.73	13318.55	98.04	160.67	683.88	5659.73	5725.70
5/9/2015	422.67	421.67	7518.81	0.00	0.00	42.37	9936.33	19.87	12024.39	845.00	10337.04	94.69	13712.32	98.57	160.72	684.13	5676.17	5693.79
6/9/2015	645.95	645.02	7487.48	8.13	14093.20	78.79	9936.33	21.62	13860.64	800.00	5066.32	130.29	15110.47	99.55	160.89	684.92	5632.90	5496.19
7/9/2015	521.36	525.25	6923.87	0.00	0.00	136.77	10320.68	36.14	13940.61	806.71	8691.72	45.79	14840.75	99.43	160.76	684.35	5612.47	5573.72
8/9/2015	477.04	476.87	6369.65	4.42	14093.20	242.38	10331.16	43.18	14358.00	796.36	8869.55	41.61	14827.85	99.66	160.67	683.98	5633.11	5696.42
9/9/2015	419.23	431.16	6653.83	0.00	0.00	213.03	11674.92	43.49	13939.26	780.77	9602.37	39.05	14251.53	99.14	160.60	683.64	5598.25	5458.08
10/9/2015	427.13	441.79	7431.56	3.31	6751.06	142.12	11312.12	61.75	12853.98	860.00	9091.94	6.25	14272.65	99.13	160.66	683.90	5596.39	5556.03
11/9/2015	615.99	639.17	7438.93	0.00	0.00	128.77	8731.49	0.00	0.00	751.00	8557.59	0.00	0.00	99.11	160.57	683.51	5628.28	5691.11
12/9/2015	466.68	471.40	7315.28	6.00	13519.11	136.07	8672.19	22.85	13541.27	750.00	10439.74	49.47	11322.96	99.22	160.56	683.48	5604.74	5665.21
13/9/2015	509.42	504.77	7286.08	9.93	13314.27	83.29	10821.72	21.65	12490.53	750.00	10281.00	23.63	12402.64	100.36	160.63	683.85	5560.74	5616.81
14/9/2015	355.23	363.10	7289.28	0.00	0.00	298.49	10349.26	26.98	11850.34	782.25	9947.70	43.20	11379.98	99.26	160.31	682.40	5634.82	5698.30
15/9/2015	584.63	591.74	6791.03	29.11	12552.76	184.27	9722.13	33.10	11194.70	715.50	8622.17	11.68	11759.88	99.97	160.72	684.21	5600.62	5560.68
16/9/2015	497.87	509.80	6575.36	15.38	13282.04	128.27	10250.97	34.39	12259.30	791.35	9954.11	20.48	13164.86	99.71	160.43	682.95	5568.35	5525.19
17/9/2015	548.10	553.94	6763.06	2.42	13282.04	0.00	0.00	37.82	12877.01	783.96	10586.57	13.01	13584.12	100.20	160.43	682.98	5486.63	5635.29
18/9/2015	1192.04	1204.80	6870.58	3.86	13145.80	0.00	0.00	31.79	11069.95	0.00	0.00	0.00	0.00	98.70	160.12	681.55	5645.82	5710.40
19/9/2015	335.47	390.88	7174.42	0.00	0.00	0.00	0.00	33.44	12620.60	710.00	9570.30	15.68	13213.49	97.20	160.06	681.20	4197.96	5448.02
20/9/2015	552.67	561.97	6586.34	0.00	0.00	138.75	10218.53	42.87	12352.96	800.00	9621.90	27.28	12437.77	96.81	160.69	683.89	5776.04	5653.64

วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ซีล้อย	LHV	ฟางข้าว	LHV	ไม้มิพ	LHV	ใบอ้อย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg		
21/9/2015	669.69	677.77	7175.34	11.32	12077.40	0.00	0.00	31.22	10403.78	800.00	7886.46	26.47	11341.53	99.60	160.11	681.56	5582.69	5440.96
22/9/2015	640.97	642.74	7541.17	7.74	13064.90	0.00	0.00	46.30	12282.55	400.00	15321.88	15.11	14017.23	100.62	160.36	682.70	5556.65	5512.32
23/9/2015	464.13	465.99	7303.13	15.89	12818.31	367.10	11376.60	51.92	11940.09	400.00	11781.29	0.00	0.00	101.20	160.40	682.91	5489.05	5337.96
24/9/2015	598.69	598.35	7419.45	9.91	13170.24	99.85	10990.88	49.19	11760.86	700.00	8379.73	0.00	0.00	100.40	160.44	683.03	5508.70	5459.57
25/9/2015	741.11	752.29	6881.98	3.20	12861.64	0.00	0.00	62.04	12850.72	700.00	8046.61	0.00	0.00	100.53	160.50	683.30	5589.37	5548.31
26/9/2015	532.36	539.73	7259.64	0.00	0.00	0.00	0.00	52.83	13396.79	700.00	11475.54	0.00	0.00	99.82	160.33	682.52	5508.45	5359.30
27/9/2015	508.95	532.08	7303.13	2.83	12818.31	0.00	0.00	71.08	11940.09	700.00	11781.29	0.00	0.00	100.62	160.56	683.56	5581.17	5439.29
28/9/2015	697.53	718.26	6610.61	0.00	0.00	0.00	0.00	66.84	11562.84	700.00	9725.54	0.00	0.00	98.87	160.56	683.46	5665.09	5781.60
29/9/2015	615.19	626.00	7178.43	0.00	0.00	0.00	0.00	61.13	12260.88	700.00	10351.09	0.00	0.00	99.25	160.46	683.05	5650.38	5815.42
30/9/2015	631.22	641.53	6435.44	7.73	13165.00	0.00	0.00	49.64	12844.66	659.33	12166.16	0.00	0.00	98.87	160.26	682.16	5669.08	5735.99



วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ขี้เลื่อย	LHV	ฟางข้าว	LHV	ไม้ซิป	LHV	ไม้อ้อย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg		
1/10/2015	348.94	364.61	6640.98	10.37	13404.34	302.60	11715.51	34.61	11512.76	700.00	11228.43	16.82	13311.22	98.86	160.37	682.64	5665.91	5632.50
2/10/2015	376.60	396.06	7131.81	10.88	13334.40	272.15	10379.63	23.27	11860.82	800.00	9816.62	21.50	13247.32	98.27	160.18	681.78	5665.12	5581.63
3/10/2015	419.93	438.28	7357.24	8.02	13405.51	458.37	10310.94	22.10	10025.36	585.17	8714.65	40.36	11941.03	98.40	160.37	682.61	5662.67	5528.94
4/10/2015	502.01	515.93	7373.92	14.79	13441.02	150.00	12358.36	30.13	10905.53	700.00	9227.98	42.11	12381.62	99.56	160.34	682.55	5618.94	5680.83
5/10/2015	643.41	693.84	6921.85	3.02	13423.07	8.27	10163.57	0.00	0.00	1000.00	7911.25	0.00	0.00	98.65	159.78	680.08	5731.20	5754.32
6/10/2015	770.14	832.96	6889.50	7.21	13403.78	0.00	11519.11	0.00	0.00	500.00	11909.36	0.00	0.00	98.10	159.63	679.41	5655.50	5521.05
7/10/2015	967.77	1025.89	6940.25	10.79	13370.44	0.00	11762.70	0.00	0.00	300.00	10717.82	0.00	0.00	96.87	159.81	680.11	5699.14	5669.05
8/10/2015	966.36	1000.50	6879.50	7.71	13297.34	3.66	11762.70	0.00	0.00	300.00	11076.21	0.00	0.00	99.23	159.80	680.21	5631.84	5695.02
9/10/2015	902.14	933.17	7135.77	3.24	13297.34	6.60	11647.93	0.00	0.00	300.00	11686.40	0.00	0.00	99.15	159.96	680.89	5545.81	5500.39
10/10/2015	909.18	990.22	6936.42	3.27	13382.39	5.59	11551.51	0.00	0.00	300.00	10302.60	0.00	0.00	101.11	159.47	678.90	5422.90	5365.19
11/10/2015	459.93	478.19	6789.72	3.38	13194.20	200.00	9594.52	15.87	12159.49	797.36	10173.30	20.71	11486.39	111.45	160.83	685.37	5621.35	5683.49
12/10/2015	385.91	391.93	6946.27	0.00	0.00	200.00	9594.52	10.87	12299.56	818.59	10827.55	40.52	12173.85	107.00	160.79	684.93	5600.13	5660.14
13/10/2015	357.95	368.52	6876.22	0.00	0.00	206.44	11994.36	0.00	0.00	800.00	11604.79	0.00	0.00	99.14	159.98	680.97	5567.56	5624.32
14/10/2015	508.63	516.19	6718.32	0.00	0.00	208.18	10093.04	0.00	0.00	1000.00	7822.91	0.00	0.00	99.46	160.19	681.90	5576.89	5634.58
15/10/2015	576.82	578.51	5045.17	0.00	0.00	23.26	10790.68	10.11	11780.01	800.00	11509.08	30.06	12893.09	104.27	160.78	684.73	5254.75	5180.23
16/10/2015	747.08	753.16	6331.03	12.82	13132.40	3.20	10857.28	0.00	0.00	500.00	10201.59	30.77	12248.52	105.01	159.46	679.09	5046.53	4951.18
17/10/2015	708.92	704.42	7011.14	6.16	13261.11	0.00	0.00	4.63	11780.01	700.00	7439.60	37.04	12352.28	103.29	160.61	683.93	5220.28	5342.31
18/10/2015	612.45	607.10	7131.20	0.00	0.00	0.00	9747.62	0.00	0.00	700.00	9485.02	31.66	12138.13	102.95	160.26	682.41	5219.14	5241.05
19/10/2015	778.16	778.44	7272.39	3.44	13206.82	103.61	12369.44	4.41	11780.01	200.00	13263.32	27.25	11200.02	102.14	160.14	681.84	5194.86	5114.35
20/10/2015	595.30	603.42	7600.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	10236.74	30.44	13316.28	101.75	159.96	681.04	5196.94	5116.63

วันที่	Bagasse Boiler1	Bagasse Boiler2	LHV	แกลบ	LHV	ขี้เลื่อย	LHV	ฟางข้าว	LHV	ไม้ซิป	LHV	ใบอ้อย	LHV	Press	Temp	Enthalpy	ค่าจริง	Neural Network
	Ton	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Ton	kJ/kg	Bar-A	°C	kJ/kg		
21/10/2015	631.09	646.05	6755.78	9.26	13206.82	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	10749.14	26.48	13152.64	101.82	159.73	680.06	5170.90	5087.99
22/10/2015	696.07	700.90	7018.40	3.14	13206.82	0.00	10737.11	0.00	0.00	600.00	9238.41	31.98	10982.27	101.75	159.62	679.58	5226.64	5149.30
23/10/2015	642.69	647.37	7033.21	0.00	0.00	6.59	10178.56	0.00	0.00	600.00	10470.18	22.81	11565.79	101.38	159.66	679.73	5213.11	5134.42
24/10/2015	662.23	663.76	6965.82	3.64	13352.97	7.13	12143.49	0.00	0.00	600.00	9722.64	37.70	12474.91	101.57	159.66	679.74	5210.86	5131.95
25/10/2015	751.15	751.69	7066.37	4.93	13516.27	7.04	11923.53	0.00	0.00	500.00	9646.68	0.00	0.00	101.79	159.56	679.33	5185.76	5104.34
26/10/2015	694.25	701.70	7124.38	0.00	0.00	206.92	10015.80	0.00	0.00	400.00	9439.85	0.00	0.00	100.84	159.98	681.08	5258.02	5183.82
27/10/2015	719.85	742.11	6774.50	32.15	12542.85	204.23	12158.21	0.00	0.00	400.00	9810.36	0.00	0.00	98.21	160.01	681.05	5556.52	5512.17
28/10/2015	687.17	700.85	6645.46	0.00	0.00	360.00	12158.21	0.00	0.00	400.00	8418.09	0.00	0.00	99.06	160.31	682.39	5639.11	5753.02
29/10/2015	733.03	748.78	7023.57	10.37	12724.62	153.82	10053.17	0.00	0.00	700.00	6968.64	0.00	0.00	98.17	159.99	680.96	5638.72	5702.59
30/10/2015	788.00	819.05	7000.53	5.38	13014.37	176.82	10738.33	0.00	0.00	460.00	8592.69	0.00	0.00	97.46	159.82	680.19	5695.85	5765.44

ประวัติผู้ทำวิจัย

ชื่อผู้วิจัย

นายอภิชาติ สุนทรวิภาต

ที่อยู่

122/1 ม.6 ต.บ้านกร่าง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี 72140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2552

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

พ.ศ.2557

ศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2552-ปัจจุบัน

วิศวกรฝ่ายผลิต บริษัท มิตรผล ไปโอ-เพาเวอร์ (ด่านช้าง) จำกัด



