รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN (Forecasting Sugar Cane Yield in the Eastern Area of Thailand with ANN Technique)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 353174
สัญญาเลขที่ 78/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN (Forecasting Sugar Cane Yield in the Eastern Area of Thailand with ANN Technique)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 78/2560

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 78/2560).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN (Forecasting Sugar Cane Yield in the Eastern Area of Thailand with ANN Technique)รหัสโครงการ 353174 / สัญญาเลขที่ 78/2560 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 198,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ ราคาอ้อยเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนโดยรวม จำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณน้ำฝนสูงสุด เป็นตัวแปร 8 ตัวที่มีประโยชน์และมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะถูกวัดและตรวจสอบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ. 2557 เพื่อพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิคข่ายงานระบบประสาทเทียม (ANN) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยคือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายที่ประกอบด้วยตัวแปรอินพุท 8 ตัว โหนดของชั้นซ่อนซึ่งมีอยู่เพียงชั้นเดียวจำนวน 3 โหนด และโหนดของชั้นเอาท์พุทจำนวน 1 โหนด (MLP 8-3-1) ซึ่งเห็นได้จากรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผลผลิตอ้อย เทคนิค ANN

ผลลัพธ์ที่ได้และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันคือ ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ อรนงค์ บุเกตุ และพุธษดี ศิริแสงตระกูล (2556)

2. ในการที่จะพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้อย่างถูกต้องและแม่นยำนั้น สามารถประยุกต์เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายแบบ MLP ก็

เพียงพอแล้วซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ปฏิบัติการ

3. สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวชี้แนะหรือข้อแนะนำในการพัฒนาตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมเพื่อให้ได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่ดีที่สุดสำหรับพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของข่ายงานระบบประสาทเทียม เช่น จำนวนชั้นซ่อน จำนวนโหนดของชั้นซ่อน หรือฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุท เป็นต้น

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปพยากรณ์ผลผลิตอ้อยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมสำหรับบริเวณภาคหรือจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพัฒนาศักยภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยได้

บทคัดย่อภาษาไทย

ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ ราคาอ้อยเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนโดยรวม จำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณน้ำฝนสูงสุด เป็นตัวแปร 8 ตัวที่มีประโยชน์และมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะถูกวัดและตรวจสอบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ. 2557 เพื่อพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิคข่ายงานระบบประสาทเทียม (ANN) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยคือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายที่ประกอบด้วยตัวแปรอินพุท 8 ตัว โหนดของชั้นซ่อนซึ่งมีอยู่เพียงชั้นเดียวจำนวน 3 โหนด และโหนดของชั้นเอาท์พุทจำนวน 1 โหนด (MLP 8-3-1) ซึ่งเห็นได้จากรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบและชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผลผลิตอ้อย เทคนิค ANN

Abstract

Size of sugar cane cultivated area, quantity of sugar cane delivered to the chest, average sugar cane price, maximum temperature, minimum temperature, overall rainfall, number of rainy days and maximum rainfall are the eight significantly useful variables measured and investigated since 2002 to 2014 to forecast sugar cane yield in the eastern area of Thailand with artificial neural network (ANN) technique. The study results display the best performance ANN in forecasting of sugar cane yield in the eastern area of Thailand is the simple ANN consisted of 8 input variables, 3 nodes in a hidden layer and 1 output node (MLP 8-3-1) as seeing of the minimum root mean square error (RMSE) for both of training and validation data set.

Keywords: Sugar Cane Yield, ANN Technique

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญเรื่อง		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย		ฎ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
	1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	4
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2	วิธีดำเนินการวิจัย	6
	2.1 คำอธิบายข้อมูล	6
	2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	6
	2.3 การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	7
	2.4 การวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียม	7
บทที่ 3	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	9
	3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	9
	3.2 ผลการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	10
	3.3 ผลการวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียม	12
บทที่ 4	บทสรุป	14
	4.1 สรุปผลการวิจัย	14
	4.2 อภิปรายผลการวิจัย	15

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลผลิต	16
5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	16
5.2 การจดสิทธิบัตร	16
5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	16
5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	16
รายงานสรุปการเงิน	17
บรรณานุกรม	18
ประวัตินักวิจัยและคณะ	20

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพีของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	8
2	สมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย	12

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–3–1 และ RBF 8–3–1	10
2	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–5–1 และ RBF 8–5–1	11

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
ANN	ข่ายงานระบบประสาทเทียม (Artificial neural network)
MLP	ข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer perceptron)
RBF	ข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน (Radial basis function)
RMSE	รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับที่ 4 ของโลก รองลงมาจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ตามลำดับ ประเทศบราซิลเป็นประเทศที่มีผลผลิตอ้อยมากที่สุดในโลก ส่วนประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตอ้อยได้มากเป็นอันดับที่ 3 ในทวีปเอเชีย รองลงมาจากประเทศอินเดียและจีน อ้อยจึงจัดเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะนอกจากจะใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายเพื่อใช้ในการบริโภคภายในประเทศแล้วประเทศไทยยังสามารถส่งออกอ้อยโดยสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นมูลค่าถึง 2 แสนล้านบาทในช่วงปี พ.ศ. 2555/2556 (การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ, 2557) นอกจากนี้ยังใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป และที่สำคัญผลิตผลจากอ้อยยังนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน เช่น เอทานอล ได้อีกด้วย

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกหญ้าเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนและชุ่มชื้น ประเทศไทยจึงปลูกอ้อยแล้วได้ผลผลิตดีและสามารถปลูกอ้อยได้เกือบทุกภาค ยกเว้นภาคใต้ เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกชุกและมีอากาศร้อนตลอดปีจึงมีสภาพภูมิอากาศไม่เหมาะสมทำให้อ้อยไม่หวาน สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้แบ่งเขตบริเวณการปลูกอ้อยออกเป็น 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกของประเทศไทยประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดระยอง สระแก้ว ปราจีนบุรี ชลบุรี จันทบุรี และฉะเชิงเทรา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 501,300 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2555/2556 จำนวน 17,844 ไร่ หรือร้อยละ 3.69 โดยมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกอ้อยลดลง จึงมีผลผลิตอ้อยต่อไร่ในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับภาคอื่น ๆ (กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, 2557)

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยจะมีความก้าวหน้าไปอย่างมากเมื่อเทียบกับในอดีตที่ผ่านมา แต่เกษตรกรที่ปลูกอ้อยยังคงประสบปัญหาในด้านต้นทุนการผลิตสูง ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากประเทศไทยยังคงมีผลผลิตอ้อยต่อไร่ต่ำกว่าประเทศคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญ เช่น ประเทศบราซิล และออสเตรเลีย เป็นต้น จึงทำให้ศักยภาพในการแข่งขันยังคงด้อยกว่าประเทศคู่แข่งซึ่งปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือความไม่มีเสถียรภาพของปริมาณอ้อยในแต่ละปี ทำให้การค้าขายน้ำตาลกับต่างประเทศเกิดความยากลำบาก เพราะไม่สามารถคาดคะเนปริมาณน้ำตาลที่จะผลิตได้อย่างแม่นยำ สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งเป็นเพราะพื้นที่ปลูกอ้อยมากกว่าร้อยละ 80 ยังคงต้องอาศัยน้ำฝน ทำให้ผลผลิตของอ้อยขาดเสถียรภาพตามไปด้วย (การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ, 2555) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลิตอ้อย เช่น ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ ราคาอ้อยเฉลี่ย อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ดังนั้นการวางแผนการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตอ้อยจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาหาอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะใช้ช่วยในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพแทนการใช้แบบจำลองเอมไพริเคิล (Empirical model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิมที่ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก หรือแทนการใช้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression model) ซึ่งมีข้อจำกัดที่ต้องอยู่ภายใต้ข้อสมมุติเชิงสถิติ (Statistical assumptions) ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมใช้กันมากอย่างหนึ่งคือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียม (Artificial neural network model) หรือตัวแบบ ANN เนื่องจากเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ เกี่ยวกับข้อสมมุติเชิงสถิติ

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายหรือการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ มีอาทิ เช่น

วิภาพร ฉิมณรงค์ (2552) วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความยาวนานแสงแดด ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงปี พ.ศ. 2501 ถึงปี พ.ศ. 2551 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพภูมิอากาศและผลผลิตอ้อยจากพื้นที่แปลงปลูกอ้อยที่ทำสัญญากับโรงงานน้ำตาลรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด ขนาดพื้นที่ 2,600 ไร่ ซึ่งเป็นผลผลิตจากการประเมินผลผลิตอ้อยสำหรับปีการผลิต 2547/48 และ 2550/51 จำนวน 277 แปลง โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression equation) และสหสัมพันธ์ของ Kendall-tau ผลการศึกษาพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2501 ถึงปี พ.ศ. 2551 อุณหภูมิเฉลี่ย ($P<0.01$) อุณหภูมิสูงสุด ($P<0.05$) และอุณหภูมิต่ำสุด ($P<0.01$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ แต่ความยาวนานแสงแดด ($P<0.01$) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ส่วนการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพภูมิอากาศกับผลผลิตอ้อยพบว่าปริมาณน้ำฝน ($P<0.01$) จำนวนวันที่ฝนตก ($P<0.01$) ความยาวนานแสงแดด ($P<0.01$) ความชื้นสัมพัทธ์ ($P<0.01$) อุณหภูมิเฉลี่ย ($P<0.01$) อุณหภูมิสูงสุด ($P<0.01$) และอุณหภูมิต่ำสุด ($P<0.01$) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติกับข้อมูลผลผลิตอ้อยสำหรับพันธุ์ K84-200 และจำนวนวันที่ฝนตก ($P<0.01$) ความชื้นสัมพัทธ์ ($P<0.01$) และอุณหภูมิต่ำสุด ($P<0.05$) มีความสัมพันธ์กับผลผลิตอ้อยในพันธุ์ K88-92

ปรีชา กาเพ็ชร และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร (2555) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตพืชเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิซึ่งส่งผลกระทบทางอ้อมต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน จึงได้มีการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตอ้อยในพื้นที่จากปี พ.ศ. 2553 ถึงปี พ.ศ. 2592 เนื่องจากอ้อยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและมีพื้นที่ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีการใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM และประเมินสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคโดยแบบจำลอง PRECIS ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการประเมิน 20x20 กิโลเมตร เป็นตัวป้อนข้อมูลของแบบจำลองอ้อยในโปรแกรม DSSAT ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการผลิตอ้อยใน

ระยะยาวเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของผลผลิตมีความแปรปรวนสูงทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ความแปรปรวนเชิงพื้นที่เกิดขึ้นจากความหลากหลายของชุดดินและสภาพภูมิอากาศ ขณะที่ความแปรปรวนเชิงเวลาเกิดขึ้นจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน แนวทางการลดความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยทำได้โดยการพัฒนาระบบการให้น้ำอย่างเพียงพอตลอดฤดูการเพาะปลูก และการคัดเลือกหาพันธุ์ทนแล้งได้ดีหรือมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง

อรนงค์ บุเกตุ และพุธษดี ศิริแสงตระกูล (2556) เสนอแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณผลผลิตอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยประยุกต์ข่ายงานระบบประสาทเทียมที่มีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Back propagation) โดยรวบรวมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันกับผลผลิตอ้อยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อย เป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบ ANN1 เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ของปัจจัยกับปริมาณผลผลิตอ้อย จึงได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการถดถอย ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตอ้อย ได้แก่ ข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อย ซึ่งจะเป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบ ANN2 และจากสมมุติฐานด้านพืชแข่งขันทางเศรษฐกิจของอ้อยคือราคา พืชแข่งขันจึงน่าจะมีผลต่อปริมาณการปลูกอ้อย จึงมีการเพิ่มปัจจัยด้านราคาพืชแข่งขัน 3 ปัจจัย ได้แก่ ราคาอ้อยเฉลี่ย ราคายางพาราเฉลี่ย และราคามันสำปะหลังเฉลี่ย ซึ่งเมื่อรวมกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเชิงสถิติ ได้แก่ ข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต พื้นที่ปลูกอ้อย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจะเป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบ ANN3 ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2552 เพื่อสร้างและเปรียบเทียบตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมจากข้อมูลปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ชุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ ANN3 ที่มีสถาปัตยกรรมของข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ 8:4:1 ให้ผลพยากรณ์แม่นยำสูงที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9973

Xu, Shen, & Chen, Z. (2010) ศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ยโดยพันธุกรรม BP เนื่องจากปัจจัยในการเจริญเติบโตจะมีผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยเฉลี่ยซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบ เช่น พันธุ์อ้อย และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น แล้วจึงนำไปวิเคราะห์โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและข่ายงานระบบประสาทเทียมโดยตัวแบบทางพันธุกรรม SGA/IGA และอื่น ๆ ร่วมกับข่ายงานระบบประสาทเทียม ตัวแบบ genetic BP ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าการใช้วิธีการวิเคราะห์เหล่านี้ให้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

Binbol (2006) ศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยที่บริษัทน้ำตาลสะวันนาในนูแมน (Numan) ประเทศไนจีเรีย โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตอ้อยและปัจจัยทางด้านภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

ส่วนผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณด้วยวิธีทีละขั้นตอน (Stepwise) พบว่าปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตอ้อยคือ การระเหยและอุณหภูมิต่ำสุดในขั้นตอนของการงอก

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยและปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ ราคาอ้อยเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนโดยรวม จำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณน้ำฝนสูงสุด รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

2. เพื่อพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN

3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการทำวิจัยระหว่างนักวิจัยร่วมองค์กรและเตรียมความพร้อมของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาเข้าสู่การเป็นนักวิจัยรุ่นใหม่

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรแต่ละตัวของจังหวัดในภาคตะวันออก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดระยอง สระแก้ว ปราจีนบุรี ชลบุรี จันทบุรี และฉะเชิงเทรา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ.2557 ดังนี้

1. ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออก (ไร่) ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่) และปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (ตัน) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม

2. ราคาอ้อยเฉลี่ย (บาท/ตัน) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3. อุณหภูมิสูงสุด (°c) อุณหภูมิต่ำสุด (°c) ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (มิลลิเมตร) จำนวนวันที่ฝนตก (วัน) และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มิลลิเมตร) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ จากกรมอุตุนิยมวิทยา

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

ตัวแบบเชิงสถิติที่นิยมใช้กันมากอย่างหนึ่งในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยคือตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แต่ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณนั้นจะต้องอยู่ภายใต้ข้อสมมุติเชิงสถิติอย่างหนึ่งที่ว่าตัวแปรอิสระที่ใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามนั้นจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ข่ายงานระบบประสาทเทียมจึงเป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ เนื่องจากการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ด้วยเทคนิคข่ายงานระบบประสาทเทียมนั้นไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Multicollinearity) ดังนั้นการสร้างตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตอ้อยด้วยเทคนิคข่ายงานระบบประสาทเทียม จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อย เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตอ้อยซึ่งเป็นปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนโดยรวม จำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณน้ำฝนสูงสุด อาจมีความสัมพันธ์กันเองโดยธรรมชาติอยู่แล้วจึงไม่เหมาะสมที่จะสร้างตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยด้วยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยด้วยเทคนิคข่ายงานระบบประสาทเทียม

2. เป็นการบริการความรู้แก่สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม

3. เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารในระดับประเทศและ/หรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย “การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN” มีดังนี้

2.1 คำอธิบายข้อมูล

ข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรแต่ละตัวของจังหวัดในภาคตะวันออก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดระยอง สระแก้ว ปราจีนบุรี ชลบุรี จันทบุรี และฉะเชิงเทรา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ.2557 ดังนี้

1. ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออก (Y: ไร่) ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1: ไร่) และปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2: ตัน) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม

2. ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3: บาท/ตัน) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3. อุณหภูมิสูงสุด (X_4: ˚c) อุณหภูมิต่ำสุด (X_5:˚c) ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6: มิลลิเมตร) จำนวนวันที่ฝนตก (X_7: วัน) และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8: มิลลิเมตร) ซึ่งเก็บรวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ จากกรมอุตุนิยมวิทยา

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีการแบ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

1. ชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ.2553 คิดเป็นร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมด

2. ชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ.2557 คิดเป็นร้อยละ 30 ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเป็นข้อมูลคนละชุดกับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ เนื่องจากจะเป็นชุดข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระดังกล่าวข้างต้นสามารถที่จะใช้พยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้ถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใด

2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยนั้นมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนี้

2.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือ ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออก (Y) และตัวแปรอิสระแต่ละตัว คือ ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) อุณหภูมิสูงสุด (X_4) อุณหภูมิต่ำสุด (X_5) ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6) จำนวนวันที่ฝนตก (X_7) และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8) ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

2.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างตัวอิสระทั้ง 8 ตัวดังกล่าวข้างต้น ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์-เพียร์สัน

2.3 การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยในงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์เทคนิค ANN ที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรม (Architecture) ซึ่งมีการเชื่อมโยงไปข้างหน้าอย่างทั่วถึง (Fully-connected feed forward) ของข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่าย (Simple ANN) แบบมัลติเลเยอร์เพอร์-เซพตรอน (Multilayer perceptron: MLP) และข่ายงานระบบประสาทเทียมขั้นสูง (Advanced ANN) แบบเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน (Radial basis function: RBF) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. ชั้นอินพุท (Input layer) จำนวน 1 ชั้น

ประกอบด้วยโหนด (Node) จำนวน 8 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดที่มี โดยโหนดแต่ละโหนดจะแทนจำนวนตัวแปรอิสระแต่ละตัว

2. ชั้นซ่อน (Hidden layer)

เนื่องจากไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนในการกำหนดจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนโหนดของชั้นซ่อน ผู้วิจัยจึงประยุกต์ข่ายงานระบบประสาทเทียมที่ประกอบด้วยชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น ตามคำแนะนำของ Cybengo (1989) และ Hornik, Stinchcombe & White (1989) ส่วนจำนวนโหนดของชั้นซ่อนกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3 โหนด และ 5 โหนด ตามคำแนะนำของ Guo & Dooley (1992) ที่แสดงให้เห็นว่าจำนวนโหนดของชั้นซ่อนเป็น 3 โหนด และ 5 โหนด เป็นจำนวนที่เพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหา Overtraining และ Undertraining

3. ชั้นเอาท์พุท (Output layer) จำนวน 1 ชั้น

โดยมีจำนวนโหนดของชั้นเอาท์พุทเท่ากับ 1 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากันกับจำนวนตัวแปรตามหรือตัวแปรเป้าหมาย (Target variable)

ส่วนฟังก์ชันเชื่อมต่อการทำงาน (Activation function) ของโหนดของชั้นซ่อนเป็นฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก-แทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent) และฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) สำหรับข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP และข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ RBF ตามลำดับ ขณะที่ฟังก์ชันเชื่อมต่อการทำงานของโหนดของชั้นเอาท์พุทใช้ฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (Exponential) และฟังก์ชันเอกลักษณ์ (Identity) สำหรับข่ายงานระบบประสาท-เทียมแบบ MLP และข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ RBF ตามลำดับ

2.4 การวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียม

ในการตรวจสอบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่ได้ใช้พยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้ถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใดนั้น มีดัชนีที่ใช้สำหรับวัดสมรรถนะของตัวแบบอยู่หลายอย่าง รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error: RMSE) เป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

โดยที่ y_i เป็นค่าสังเกตของค่าผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

$\hat{y}_i$ เป็นค่าพยากรณ์ของค่าผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

และ n เป็นจำนวนค่าสังเกตทั้งหมดของข้อมูล

ถ้ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมใดมีค่าน้อยที่สุดแล้ว ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมนั้นจะมีสมรรถนะในการพยากรณ์ค่าผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN มีผลการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

เมื่อใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพี (p-value) ของการทดสอบ (ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในวงเล็บ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าพีของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0.080 (0.525)							
X_2	0.176 (0.162)	**0.990** **(0.000)**						
X_3	**0.353** **(0.004)**	0.091 (0.469)	0.123 (0.328)					
X_4	0.116 (0.358)	**0.348** **(0.005)**	**0.366** **(0.003)**	-0.145 (0.248)				
X_5	-0.018 (0.885)	**-0.329** **(0.008)**	**-0.322** **(0.010)**	0.028 (0.824)	**-0.462** **(0.000)**			
X_6	0.064 (0.610)	**-0.382** **(0.002)**	**-0.368** **(0.003)**	0.163 (0.196)	**-0.246** **(0.048)**	0.132 (0.298)		
X_7	-0.003 (0.982)	**-0.248** **(0.046)**	**-0.246** **(0.049)**	0.226 (0.070)	**-0.295** **(0.017)**	0.152 (0.230)	**0.152** **(0.000)**	
X_8	0.097 (0.442)	**-0.316** **(0.010)**	**-0.306** **(0.013)**	0.209 (0.095)	-0.183 (0.145)	0.057 (0.653)	**0.695** **(0.000)**	**0.462** **(0.000)**

จากตารางที่ 1 พบว่า

3.1.1 ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออก (Y) มีอยู่เพียงตัวเดียวคือราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งจะเห็นได้จากค่าพีของการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมีค่าน้อยกว่า 0.05

3.1.2 ความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีค่าพีของการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันน้อยกว่า 0.05 มีดังนี้

1. ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) โดยมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.469

2. ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) โดยมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.328

3. ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระใด ๆ เลย โดยค่าพีของการทดสอบทุกตัวมีค่ามากกว่า 0.05

4. อุณหภูมิสูงสุด (X_4) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.248 และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.145

5. อุณหภูมิต่ำสุด (X_5) มีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.008, ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.010 และอุณหภูมิสูงสุด (X_4) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.000

6. ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.196 และอุณหภูมิต่ำสุด (X_5) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.298

7. จำนวนวันที่ฝนตก (X_7) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.070 และอุณหภูมิต่ำสุด (X_5) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.230

8. ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8) มีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.010, ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.013, ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.000 และจำนวนวันที่ฝนตก (X_7) ซึ่งมีค่าพีของการทดสอบเท่ากับ 0.000

3.2 ผลการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

เมื่อพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมซึ่งมีการเชื่อมโยงไปข้างหน้าอย่างทั่วถึง โดยที่เป็นโครงสร้างข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายแบบ MLP ซึ่งมีฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุทเป็นฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent) และฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (Exponential) ตามลำดับ และเป็นโครงสร้างข่ายงานระบบประสาทขั้นสูงแบบ RBF ซึ่งมีฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของซ่อนและชั้นเอาท์พุทเป็นฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) และฟังก์ชันเอกลักษณ์ (Identity) ตามลำดับ จะได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่ประยุกต์ในงานวิจัยนี้ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. โหนดของชั้นเอาท์พุทจำนวน 1 โหนด ซึ่งแสดงค่าของผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย (Y)

2. โหนดของชั้นอินพุทจำนวน 8 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากันกับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมด 8 ตัว ได้แก่

1. ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1)

2. ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2)

3. ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3)

4. อุณหภูมิสูงสุด (X_4)

5. อุณหภูมิต่ำสุด (X_5)

6. ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6)

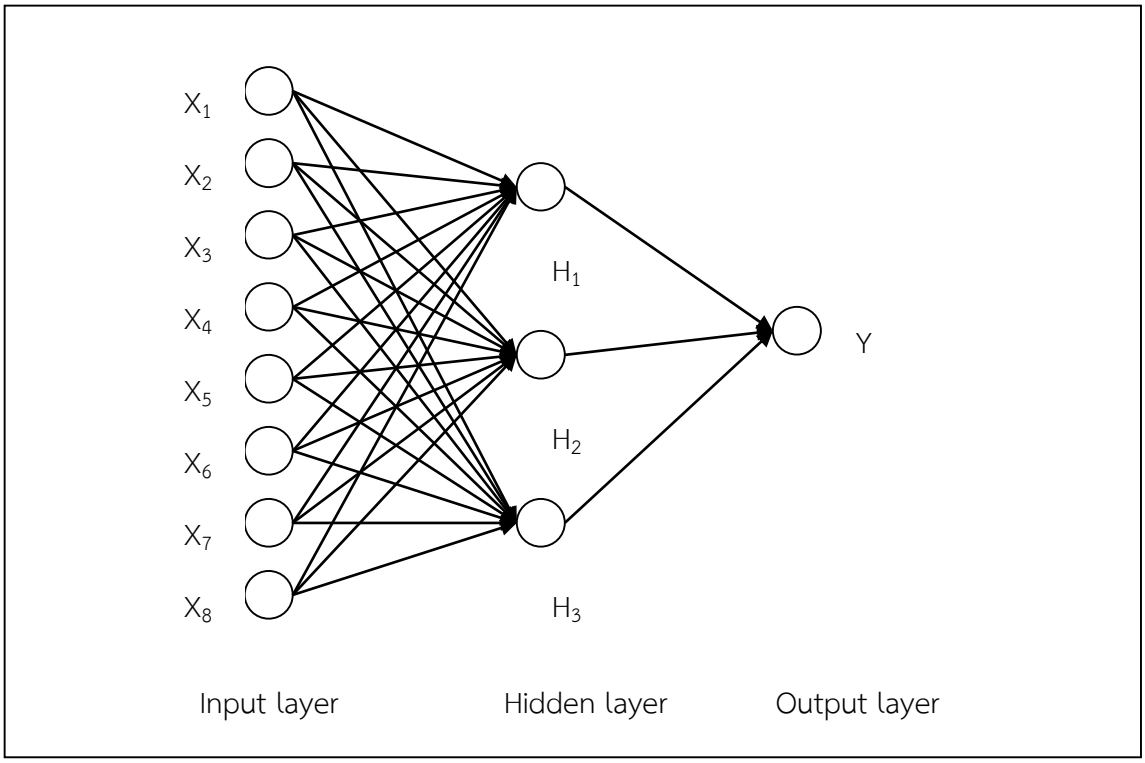
7. จำนวนวันที่ฝนตก (X_7)

8. ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8)

3. โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 3 โหนด ได้แก่ H_1, H_2 และ H_3 และโหนดของชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด ได้แก่ H_1, H_2, H_3, H_4 และ H_5

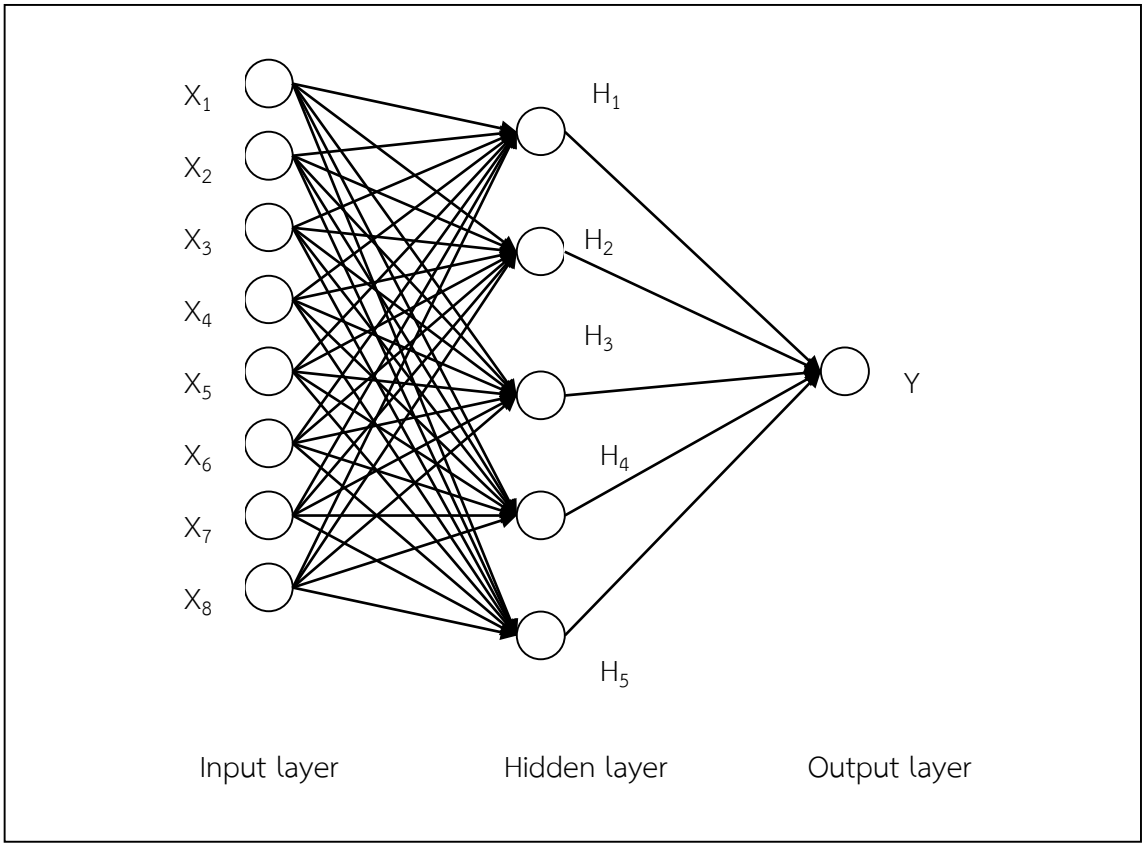
ดังนั้นจึงมีตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมทั้งหมดที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ดังนี้

1. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุทจำนวน 8 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 3 โหนด และโหนดของชั้นเอาท์พุทจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP 8–3–1 และ RBF 8–3–1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–3–1 และ RBF 8–3–1

2. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุทจำนวน 8 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด และโหนดของชั้นเอาท์พุทจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP 8–5–1 และ RBF 8–5–1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–5–1 และ RBF 8–5–1

3.3 ผลการวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียม

เมื่อหาค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) เพื่อใช้เป็นดัชนีวัดสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

Architecture of Neural network	Activation function of		RMSE of	
	Hidden layer	Output layer	Training set	Validation set
MLP 8–3–1	Hyperbolic Tangent	Exponential	**0.455290**	**0.744068**
MLP 8–5–1	Hyperbolic Tangent	Exponential	0.976472	0.961801
RBF 8–3–1	Gaussian	Identity	1.949770	0.995277
RBF 8–5–1	Gaussian	Identity	1.092490	0.945180

จากตารางที่ 2 พบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย คือ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–3–1 โดยมีรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (0.455290) และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (0.744068) น้อยที่สุด

ส่วนตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่พยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้ถูกต้องแม่นยำน้อยที่สุด คือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ RBF 8–3–1 ซึ่งเห็นได้จากให้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (1.949770) และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (0.995277) มากที่สุด

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN” สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออก (Y) คือราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3)

2. ความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างตัวแปรอิสระเป็นดังนี้

2.1 ขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3)

2.2 ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3)

2.3 ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระใด ๆ เลย

2.4 อุณหภูมิสูงสุด (X_4) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8)

2.5 อุณหภูมิต่ำสุด (X_5) มีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) และอุณหภูมิสูงสุด (X_4)

2.6 ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) และอุณหภูมิต่ำสุด (X_5)

2.7 จำนวนวันที่ฝนตก (X_7) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ทุกตัวที่เหลืออยู่ ยกเว้นราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) และอุณหภูมิต่ำสุด (X_5)

2.8 ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (X_8) มีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย (X_1) ปริมาณอ้อยส่งเข้าหีบ (X_2) ปริมาณน้ำฝนโดยรวม (X_6) และจำนวนวันที่ฝนตก (X_7)

3. ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย คือ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP 8–3–1 โดยมีรากของค่า= คลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (0.455290) และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (0.744068) น้อยที่สุด

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันคือ ราคาอ้อยเฉลี่ย (X_3) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ อรนงค์ บุเกตุ และพุธษดี ศิริแสงตระกูล (2556)

2. ในการที่จะพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยได้อย่างถูกต้องและแม่นยำนั้น สามารถประยุกต์เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายแบบ MLP ก็เพียงพอแล้วซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากข่ายงานระบบประสาทเทียมแบบ MLP เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ปฏิบัติการ

3. สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวชี้แนะหรือข้อแนะนำในการพัฒนาตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมเพื่อให้ได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมที่ดีที่สุดสำหรับพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของข่ายงานระบบประสาทเทียม เช่น จำนวนชั้นซ่อน จำนวนโหนดของชั้นซ่อน หรือฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุท เป็นต้น

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปพยากรณ์ผลผลิตอ้อยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมสำหรับบริเวณภาคหรือจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพัฒนาศักยภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยได้

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Mekparyup, J. & Saithanu, K., (201X). Forecasting Sugar Cane Yield in the Eastern Area of Thailand with ANN Technique. *Asian Journal of Applied Sciences, X*(X), xxx-xxx.

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคหรือจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมซึ่งจะทำให้ทราบว่าสามารถใช้เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเทียมอย่างง่ายแบบ MLP เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยได้

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 353174 สัญญาเลขที่ 78/2560

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การพยากรณ์ผลผลิตอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยเทคนิค ANN (Forecasting Sugar Cane Yield in the Eastern Area of Thailand with ANN Technique)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2560

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 – 30 กันยายน พ.ศ. 2560

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 108,570 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 25 มกราคม พ.ศ. 2560

งวดที่ 2 (40%) 58,536 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 19 มิถุนายน พ.ศ. 2560

งวดที่ 3 (10%) _____ บาท เมื่อวัน เดือน ปี _____

รวม 167,106 บาท (หนึ่งแสนหกหมื่นเจ็ดพันหนึ่งร้อยหกบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	72,000.00	72,000.00	0.00
2. ค่าตอบแทน	21,800.00	21,800.00	0.00
3. ค่าใช้สอย	25,000.00	25,000.00	0.00
4. ค่าวัสดุ	27,540.00	27,540.00	0.00
5. ค่าครุภัณฑ์	35,400.00	35,400.00	0.00
6. ค่าสาธารณูปโภค	16,260.00	16,260.00	0.00
รวม	198,000.00	198,000.00	0.00

(_____)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ ประจำปี 2555. (2555). ขอนแก่น.

การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ ประจำปี 2557. (2555). กาญจนบุรี.

กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. (2557). วันที่ค้นข้อมูล 1 กันยายน 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.ocsb.go.th/th/home/index.php

ปรีชา กาเพ็ชร และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. (2555). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย : พื้นที่ศึกษา จังหวัดกาฬสินธุ์. *แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3*, 83-91.

วิภาพร ฉิมณรงค์. (2552). ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพภูมิอากาศกับผลผลิตอ้อย: กรณีศึกษาพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานน้ำตาลรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุลาวัลย์ สุทธิวรวงศ์. (2547). แบบจำลองเอมไพลิเคิ้ลเพื่อใช้ทำนายผลผลิตอ้อยระดับแปลงปลูกในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2554). *รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย.* วันที่ค้นข้อมูล 29 มีนาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=923&SystemModuleKey=journal

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). *ราคาอ้อยโรงงาน*. วันที่ค้นข้อมูล 30 มีนาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/main.php?filename=index

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2557). *สถิติปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา*. วันที่ค้นข้อมูล 10 เมษายน 2558, เข้าถึงได้จาก http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html

อรนงค์ บุเกตุ และพุธษดี ศิริแสงตระกูล. (2556). แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณอ้อยของภาคตะวันออก-เฉียงเหนือโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 41*(1), 213-225.

Binbol, N. L., Adebayo, A. A., and Kwon-Ndung, E. H. (2006). Influence of climatic factors on the growth and yield of sugar cane at Numan, Nigeria, *Climate Research Clim Res, 32,* 247-252.

Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of control, signals and systems*, *2*(4), 303-314.

Hornik, K., Stinchcombe, M., & White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, *2*(5), 359-366.

Xu, Y. C., Shen, S. Q. and Chen, Z. (2010). Comparative Study of Sugarcane Average Unit Yield Prediction With Genetic BP Neural Network Algorithm. China: Department of Computer Science, Guangdong Polytechnic Institute Guangzhou, College of Engineering, South China Agricultural University.