

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูก:
แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ

พีรพัฒน์ แก้วจินดา

วิทยานิพนธ์เสนอต่อมหาวิทยาลัยรามคำแหง
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ)
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CROP PLANNING:
AN ECONOMIC CROP MODEL

PEERAPAT KAEWJINDA

A THESIS PRESENTED TO RAMKHAMHAENG UNIVERSITY
IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(DECISION SUPPORT SYSTEMS)

2017

COPYRIGHTED BY RAMKHAMHAENG UNIVERSITY

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนเพาะปลูก:

แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ

ชื่อผู้เขียน

นายพีรพัฒน์ แก้วจินดา

สาขาวิชา

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. ระพีพรรณ พิริยะกุล

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี พิริยะกุล

มหาวิทยาลัยรามคำแหงอนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

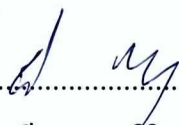
(อาจารย์ ดร. สืบพงษ์ ปราบใหญ่)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นววรรณ เพ็ชรศิริ)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ระพีพรรณ พิริยะกุล)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี พิริยะกุล)

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนเพาะปลูก:

แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ

ชื่อผู้เขียน

นายพีรพัฒน์ แก้วจินดา

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ปีการศึกษา

2560

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ระพีพรรณ พิริยะกุล

ประธานกรรมการ

2. รองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี พิริยะกุล

งานวิจัยครั้งนี้ ทำต้นแบบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยให้ข้อมูลแก่เกษตรกรก่อนที่จะเริ่มเพาะปลูก งานวิจัยฉบับนี้เป็นต้นแบบเพื่อนำไปพัฒนาใช้งานจริงในอนาคต โดยงานวิจัยฉบับนี้มีพืชทางเลือกในการเพาะปลูก 4 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง โดยจะใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการให้คำแนะนำ และเปรียบเทียบค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยที่นำมาใช้วิเคราะห์ ซึ่งมีเกณฑ์ให้คะแนน 4 อย่าง คือ ความเหมาะสมของพื้นที่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก ความต้องการในอนาคต และผลกำไร ผลกำไรจะทำการคิดจากราคาขายลบด้วยต้นทุนแล้วหารด้วยระยะเวลาที่ปลูก ราคาขายที่ได้จะใช้การพยากรณ์ราคาด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม กับการพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม เมื่อเกษตรกรเลือกพืชที่จะทำการเพาะปลูก และบันทึกในระบบ ระบบจะใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลให้คะแนนแก่การแนะนำของเกษตรกรคนต่อไป และเมื่อเกษตรกรเพาะปลูกจนเก็บเกี่ยว และขายผลผลิตเรียบร้อยแล้ว เกษตรกรจะต้องมาปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องตามความเป็นจริง เพื่อที่คำแนะนำจะได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ABSTRACT

Thesis Title	A Decision Support System for Crop Planning: An Economic Crop Model	
Student's Name	Mr. Peerapat Kaewjinda	
Degree Sought	Master of Science	
Field of Study	Decision Support Systems	
Academic Year	2017	
Advisory Committee		
	1. Assoc. Prof. Dr. Rapepun Piriyakul	Chairperson
	2. Assoc. Prof. Dr. Montree Piriyakul	

In this thesis, the researcher describes and analyzes a model developed for a decision support system providing information to agriculturalists prior to planting crops. This research project serves as a prototype for developing the model such that it can be actually utilized in the future.

Alternative crops selected for cultivation have been divided into four types, *viz.*, rice, corn, sugar cane, and cassava.

The analytic hierarchy process (AHP) decision making method was applied for weighting purposes and the scores for each factor analyzed were compared. Four scoring criteria were used. These were the suitability of the area; the amount of water used in cultivation; future demand; and profitability.

Profitability was calculated by subtracting costs from the sales price and dividing by the length of time required for cultivation. The sales price was

predicted by applications of an artificial neural network (ANN) system in conjunction with time series forecasting using an autoregressive integrated moving average model (ARIMA).

Thus, when an agriculturalist selected crops for cultivation and recorded them through this system, the system would use the information to process the scores in order to make recommendations for the next agricultural decision. When the agriculturalist planted his crop, harvested the produce, and then sold the produce, the agriculturalist would be able to make adjustments in the information thus made available, thereby ensuring greater accuracy. This, then, would in turn ensure that future recommendations would show maximum efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้จาก รองศาสตราจารย์ ดร. ระพีพรรณ พิริยะกุล และรองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี พิริยะกุล คณะกรรมการที่ปรึกษาคุชฎินิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ปรีกษา ตรวจสอบ ตลอดจนแก้ไขในข้อผิดพลาดต่าง ๆ และอาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรระบบสนับสนุนการตัดสินใจทุกท่าน ที่สั่งสอนให้ความรู้ นำมาใช้เป็นพื้นฐาน และแนวทางในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ และรุ่นพี่สาขาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหงทุกท่านที่คอยช่วยเหลือกันในเรื่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่เรียน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ทำให้ผู้วิจัย ประสบความสำเร็จมาถึงระดับนี้ คุณค่า คุณประโยชน์ และคุณงามความดีอันพึงเกิดจากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นการตอบแทนพระคุณของบิดามารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพ

พีรพัฒน์ แก้วจินดา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญตาราง.....	(10)
สารบัญภาพประกอบ	(12)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
การสร้างคลังข้อมูลและนำเข้าข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์	5
เทคนิคพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรล่วงหน้า.....	11
เทคนิคที่ใช้ในการให้ค่าน้ำหนักและคะแนนในการตัดสินใจ	18
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	28
การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51

บทที่	หน้า
4 การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ.....	63
การใช้งานแนะนำพืชที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก.....	63
การแสดงผลข้อมูลในภาพรวมให้แก่ผู้บริหาร	71
การพยากรณ์ราคาของผลผลิตการเกษตร	73
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	76
สรุปผลการวิจัย.....	76
ข้อเสนอแนะ.....	76
ภาคผนวก	
ก ข้อมูลที่ใช้ในระบบ.....	78
ข การพยากรณ์ราคา	97
บรรณานุกรม	100
ประวัติผู้เขียน.....	104

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลราคาขายผลผลิตทางการเกษตรในอดีต	9
2 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่.....	22
3 ค่าของ R.I. ตามขนาดของเมตริกซ์	23
4 เหตุผลในการเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	29
5 ข้อมูลทั้งหมด.....	32
6 อำเภอ.....	33
7 เชื้อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง	34
8 ปริมาณน้ำเข้า/ออกจากเชื้อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง.....	35
9 รายชื่อกลุ่มพืช	35
10 การเพาะปลูกของกลุ่มพืช	36
11 ความต้องการผลผลิตของกลุ่มพืช.....	37
12 ราคาผลผลิตของกลุ่มพืช.....	38
13 รายชื่อพันธุ์พืช.....	38
14 ราคาผลผลิตของพันธุ์พืช	39
15 รายชื่อชนิดพืช.....	39
16 ราคาผลผลิตของชนิดพืช	40
17 ปริมาณน้ำที่ใช้ของกลุ่มพืช.....	41
18 จังหวัด	41
19 ตำบล	42
20 คลังข้อมูล	43
21 วันที่.....	43
22 การเพาะปลูกพืชรายวัน	44
23 ข้อมูลปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน รายงานวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2560	47

ตาราง	หน้า
24 ข้อมูลราคาสินค้าที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา.....	48
25 คำนวณต้นทุนการผลิตข้าวนาปี	49
26 ข้อมูลการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด จังหวัดชัยนาท	50
27 ค่าพยากรณ์จาก ANN	74
28 ค่าพยากรณ์จาก ARIMA.....	74
29 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ARIMA และ ANN.....	75
30 ข้อมูลราคาข้าว.....	79
31 ข้อมูลราคาข้าวโพด.....	80
32 ข้อมูลราคาอ้อย	81
33 ข้อมูลราคามันสำปะหลัง	82
34 ข้อมูลต้นทุนการเพาะปลูก	83
35 ข้อมูลการใช้น้ำของข้าว	83
36 ข้อมูลการใช้น้ำของข้าวโพด.....	86
37 ข้อมูลการใช้น้ำของอ้อย.....	90
38 ข้อมูลการใช้น้ำของมันสำปะหลัง.....	93
39 ราคาที่ได้จากการพยากรณ์	98

สารบัญภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
1 กระบวนการ ETL	7
2 ตัวอย่างการแปลงข้อมูล	10
3 ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ ETL แล้ว	11
4 แผนภูมิลำดับชั้น	19
5 ตารางเมตริกซ์ C	21
6 ระบบงาน (work flow).....	31
7 โครงสร้างความสัมพันธ์ (ER diagram)	32
8 โครงสร้างความสัมพันธ์คลังข้อมูล (star schema).....	82
9 ข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก.....	46
10 โปรแกรม Visual Studio 2017.....	53
11 ตั้งค่าการทำงานบน Azure	54
12 โปรแกรม SQL Server Management Studio (SSMS).....	55
13 การเรียกใช้ Google ในโปรแกรม	57
14 ข้อมูลที่เก็บบน Carto และการเรียกดูข้อมูล	58
15 ข้อมูลที่จัดเก็บบนแผนที่	58
16 โปรแกรม R studio	59
17 การติดตั้งการวิเคราะห์สำเร็จรูป.....	60
18 โปรแกรม Weka	61
19 โปรแกรม Tableau.....	62
20 หน้าเข้าสู่ระบบ	64
21 เลือกพื้นที่เพาะปลูก	65
22 ผลลัพธ์คะแนนของพืชแต่ละชนิดที่แนะนำ	66
23 ตั้งค่าน้ำหนัก.....	67

ภาพ	หน้า
24 ตั้งค่าชั้นสูง	68
25 ข้อมูลปริมาณน้ำใกล้เคียงพื้นที่	69
26 บันทึกพืชที่จะทำการเพาะปลูก	70
27 บันทึกข้อมูลหลังเก็บเกี่ยว.....	71
28 มุมมองการเพาะปลูกพืชโดยรวม	72
29 มุมมองความต้องการผลผลิต	73

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาชีพทำเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนไทยมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ประเทศไทยสามารถเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักอยู่ 4 ประเภท คือ ข้าว ยางพารา อ้อย และมันสำปะหลัง โดยข้าวได้รับการเพาะปลูกเป็นอันดับหนึ่ง ข้าวสามารถปลูกได้เกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย ส่งผลให้ประเทศไทยเป็นผู้นำการส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลกเกือบทุกปี แต่ปัจจุบันประเทศอื่น ๆ เช่น เวียดนาม อินเดีย เริ่มมีผลผลิตข้าวออกมามากขึ้นและมีราคาถูกกว่าข้าวไทย อันเนื่องมาจากความสามารถในการสร้างผลผลิตต่อไร่ ส่งผลให้การแข่งขันในราคาข้าวมีการแข่งขันรุนแรงขึ้น โดยราคาข้าวมีความผันผวนมาก กอปรกับความสามารถในการผลิตของเกษตรกรไทยก็ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร บางครั้งเกษตรกรก็ได้รับคำแนะนำเรื่องการปลูกพืชที่ไม่ถูกต้อง อย่างเช่น การปลูกพืชชนิดเดียวกัน ตามกันเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลผลิตที่ออกมามีเกินปริมาณความต้องการ ดังรายงานสถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญ และแนวโน้ม ปี พ.ศ. 2558 ที่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560x) รายงานว่า ผลผลิตของข้าวนาปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณเพิ่มขึ้น 3.53% จากปี พ.ศ. 2553 แต่ความต้องการลดลงจาก 17.79 ล้านตันข้าวเปลือก ในปี พ.ศ. 2553 เหลือ 16.32 ล้านตันข้าวเปลือก ในปี พ.ศ. 2557 หรือลดลงร้อยละ 1.56 ต่อปี ส่งผลให้ราคาขายต่ำสุดของข้าวเปลือกในปี พ.ศ. 2557 อยู่ที่ 6,982 บาทต่อตัน

การสนับสนุนจากภาครัฐในนโยบายราคาข้าวก็ไม่สามารถทำได้เพราะขาดเงินสนับสนุน การที่จะหวังพึ่งจากรัฐเพียงด้านเดียวคงไม่สามารถทำได้ ดังนั้น เกษตรกรควรจะหาความรู้เพื่อนำมาวางแผนการผลิตพืชผลทางการเกษตรให้สอดคล้องกับทรัพยากรการผลิต ต้นทุน โดยเทียบกับราคาของผลผลิตที่คาดในอนาคต จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถบริหารการปลูกพืชได้โดยให้ผลประโยชน์สูงสุด

จำเป็นต้องอาศัย ความรู้ในการสนับสนุนซึ่งสามารถเข้าถึงได้ร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์
 ชี้นำในการเลือกปลูกพืชเพื่อให้ประสพผลตามที่เป้าหมายไว้ อันจักนำไปสู่คุณภาพชีวิต
 ของเกษตรกรไทย และสนับสนุนแนวทางการทำให้ประเทศไทยเป็นครัวโลก

ปัญหาข้างต้นนี้ สืบเนื่องมาจากการเข้าไม่ถึงแหล่งความรู้ที่สมบูรณ์พอ ปัจจุบัน
 หน่วยงานของรัฐมีระบบสนับสนุนเรื่องการใช้ที่ดินในเพาะปลูกพืชแต่ละประเภท
 ความเหมาะสม และต้นทุนการผลิตเฉลี่ยของพืชเกษตรแต่ละประเภทเทียบต่อพื้นที่
 ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งประชาชนสามารถเข้าไปใช้ในอินเทอร์เน็ตแล้ว
 แต่ระบบดังกล่าว ยังขาดการเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการตัดสินใจ

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ มีเจตนาที่จะบูรณาการระบบที่รัฐมีอยู่ร่วมกับระบบที่สร้างขึ้น
 ที่ประกอบด้วย การใช้การวิเคราะห์ลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process--AHP) เพื่อให้
 ความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่นำมาช่วยตัดสินใจ การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial
 Neural Network--ANN) และการพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม (Autoregressive
 Integrated Moving Average Model--ARIMA) เพื่อพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรในอนาคต
 เพื่อนำมาสู่การสนับสนุนการตัดสินใจของเกษตรกรทั่วภูมิภาคในประเทศไทยในการจัด
 บริการการเพาะปลูก สามารถเลือกพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่และช่วงเวลาที่จะทำการเพาะปลูก
 ภายใต้ทรัพยากร ปริมาณน้ำ สภาพความเหมาะสมของพื้นที่ต่อพืชที่ต้องการปลูกและ
 ราคาสินค้าเกษตรที่คาดการณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
 สำหรับใช้ในการบริหารการ เพาะปลูกพืชทางการเกษตร

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยมีขอบเขต ดังนี้

การวิจัยนี้ให้คำแนะนำในการวางแผนเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ความต้องการของสินค้า ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ สภาพความเหมาะสมของพื้นที่ต่อพืชแต่ละประเภท

เทคนิคใช้ในการพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตร คือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural network--ANN) และการพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม (Auto Regressive Integrated Moving Average model--ARIMA)

เทคนิคการวิเคราะห์ลำดับขั้น ใช้เพื่อให้ให้นักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจของระบบ เพื่อให้ได้ตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้านฮาร์ดแวร์ (hardware)

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU Intel Core i7
2. หน่วยความจำหลัก (RAM) 8 GB
3. หน่วยความจำสำรอง (hard disk) 500 GB

ด้านซอฟต์แวร์ (software)

1. Visual Basic.net
2. Cloud (azure)
3. SQL Server
4. Google Map
5. Carto

6. R studio

7. Weka

8. Tableau

นิยามศัพท์เฉพาะ

พืชเศรษฐกิจ คือ พืชที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต มีลักษณะเด่นทางการค้า สามารถนำไปบริโภคโดยเป็นอาหารที่ให้วิตามิน แร่ธาตุ และเป็นแหล่งพลังงานของมนุษย์และสัตว์ อีกทั้งสามารถสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัว และประกอบเป็นอาชีพได้

อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ หมายถึง อ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักเก็บน้ำตั้งแต่ 100 ล้าน ลบ.ม. ขึ้นไป หรือมีพื้นที่ผิวน้ำตั้งแต่ 15 ตร.กม. ขึ้นไป หรือมีพื้นที่ชลประทานตั้งแต่ 80,000 ไร่ ขึ้นไป

ระบบสนับสนุนตัดสินใจทางการเกษตรของเกษตรกร คือ ระบบที่นำข้อมูลที่มีผลต่อการตัดสินใจมาผ่านกระบวนการ และแนะนำพืชที่เหมาะสมกับช่วงเวลาเพาะปลูกนั้น ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อใช้ในการบริหารการเพาะปลูกพืชทางการเกษตรที่ใช้ได้ทั้งเกษตรกรและผู้บริหารการส่งออกสินค้าเกษตร
2. ได้ฐานข้อมูลพืชผลทางการเกษตรที่ใช้ได้ในระบบเป็นจริง (online real time)

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูก: แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ ในการพัฒนาตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อการวางแผนเพาะปลูกพืชทางการเกษตรในประเทศไทย อาศัยแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สนับสนุนดังนี้

1. การสร้างคลังข้อมูลและนำเข้าข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์
2. เทคนิคพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรล่วงหน้า
3. เทคนิคที่ใช้ในการให้คำแนะนำและคะแนนในการตัดสินใจ
4. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างคลังข้อมูลและนำเข้าข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งนำมาประกอบการวิเคราะห์ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ ออกแบบฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นคลังข้อมูลขององค์กร ว่าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้าง และสามารถหาข้อมูลได้จากแหล่งใด จากนั้นหาข้อมูล และนำข้อมูลเข้าฐานข้อมูลต่อไป

คลังข้อมูล (data warehouse)

สามารถให้คำจำกัดความของคลังข้อมูล (data warehouse) ด้วยนิยาม 4 ข้อ คือ ฐานข้อมูลคลังข้อมูล เป็นฐานข้อมูลที่มีการรวบรวม (integrated) การเก็บข้อมูลแยกตามเนื้อหา (subject-oriented) ข้อมูลที่ทำการเก็บนั้นมีความสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลา (time-variant) และข้อมูลที่เก็บเข้าไปในคลังข้อมูลจะไม่สูญสลาย (nonvolatile) ซึ่งมีไว้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยคุณสมบัติของแต่ละข้อ มีดังต่อไปนี้ (กฤษฎา บุศรา, 2551)

1. ฐานข้อมูลที่มีการรวบรวม (integrated) หมายความว่า คลังข้อมูลนั้นเป็น ฐานข้อมูลที่เป็นศูนย์กลาง ซึ่งนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มารวมไว้ ด้วยกัน การที่จะรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ให้เป็นหนึ่งเดียวนั้น หมายถึงว่า จะต้องมีการจัดการ เป็นอย่างดี เพื่อที่จะกำหนดและหามาตรฐานที่เหมาะสมให้กับทุกส่วนของข้อมูล การรวบรวม ข้อมูล จึงต้องใช้เวลา เมื่อทำสำเร็จก็จะสามารถให้ภาพรวมของทั้งหมดได้ และเป็น การยกระดับการตัดสินใจ

2. การเก็บข้อมูลแยกตามเนื้อหา (subject-oriented) หมายความว่า การทำคลังข้อมูล ข้อมูลจะถูกเตรียมทำให้สมบูรณ์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อเตรียมการสำหรับ การตอบคำถามของปัญหาต่าง ๆ ดังนั้น ฐานข้อมูลคลังข้อมูล จึงประกอบไปด้วย ข้อมูล ที่ได้รับการจัดการและสรุปรวมตามหัวข้อหลักต่าง ๆ ซึ่งในแต่ละหัวข้อหลัก ๆ ของ ฐานข้อมูลคลังข้อมูล ก็ยังประกอบไปด้วยหัวข้อเฉพาะที่สนใจอีกด้วย

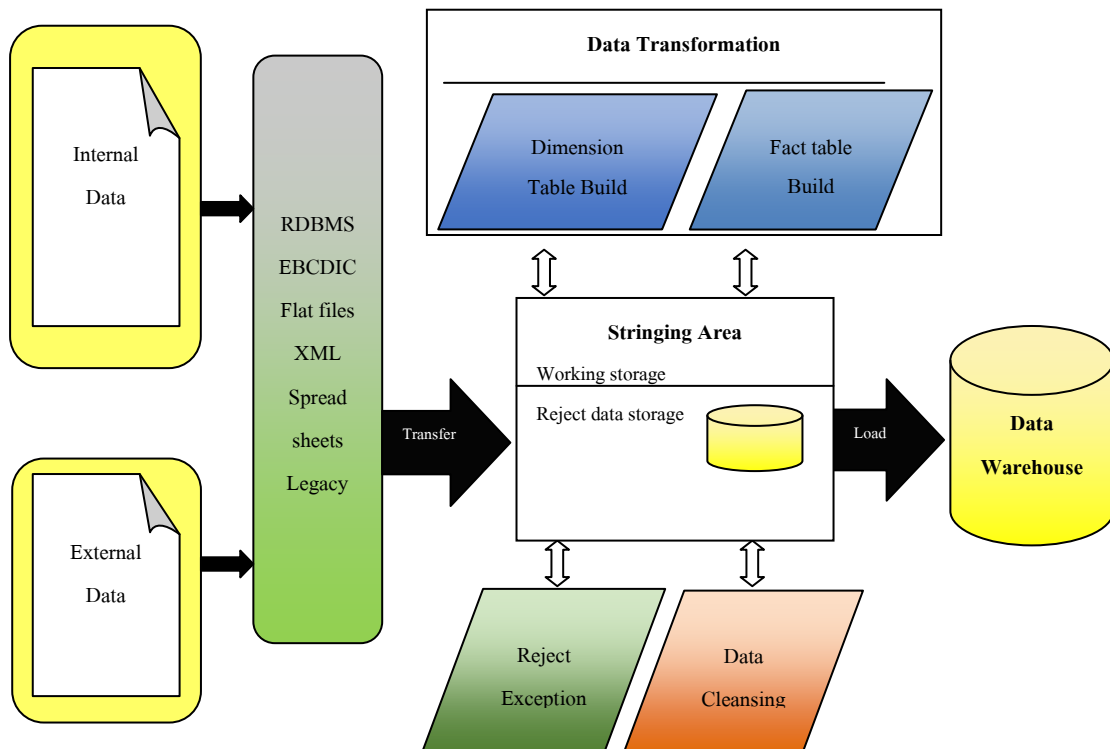
3. ข้อมูลที่ทำการเก็บนั้นมีความสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลา (time-variant) หมายความว่า ฐานข้อมูลคลังข้อมูล จะแสดงการเคลื่อนที่ของข้อมูลต่อเวลา เมื่อข้อมูล เก็บมาถึงระยะเวลาที่กำหนดก็จะทำการบรรจุข้อมูลลงไปในคลังข้อมูล

4. ข้อมูลที่เก็บเข้าไปในคลังข้อมูลจะไม่สูญสลาย (nonvolatile) หมายความว่า เมื่อข้อมูลถูกบรรจุลงในคลังข้อมูล แล้วก็จะคงอยู่ในนั้น ไม่มีการนำข้อมูลออก เนื่องจาก คลังข้อมูลนั้นจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับประวัติทั้งหมด สาเหตุจากการที่ข้อมูลในคลังข้อมูล นั้นไม่มีการลบข้อมูลทิ้ง แต่มีการเพิ่มข้อมูลขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้คลังข้อมูลนั้นมีขนาดใหญ่ ดังนั้น DBMS จึงต้องสามารถที่จะจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก ๆ ได้

Extract Transform Load (ETL)

ETL (Extract Transform Load) คือ กระบวนการหนึ่งในระบบคลังข้อมูล โดยระบบ ที่ออกแบบเอาไว้จะดึงข้อมูลออกมาจากหลาย ๆ ที่ นำกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ ของข้อมูลมาประยุกต์ใช้มีการเชื่อมโยงและปรับข้อมูลให้เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน เพื่อให้ข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งสามารถใช้งานร่วมกันได้ และท้ายที่สุดทำการส่งมอบ (delivery) ข้อมูลเหล่านั้นในรูปแบบที่ง่ายต่อการใช้ โดยขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าฐานข้อมูล

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กระบวนการดึงข้อมูล (extraction) กระบวนการแปลงข้อมูล (transformation) และการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ (loading) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 กระบวนการ ETL

ที่มา. จาก เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบฐานข้อมูล (หน้า 10), โดย กฤษฎา บุศรา, 2551, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จากภาพ 1 อธิบายได้ ดังนี้

1. กระบวนการดึงข้อมูล (extraction) เป็นกระบวนการเริ่มต้นของระบบ จากแหล่งของข้อมูล โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลที่จะใช้จะมาจากหลาย ๆ ที่ ข้อมูลที่อยู่ต่างที่กันนั้น อาจจะอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน อาจจะอยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลคนละชนิด หรือไม่ใช่ว่าฐานข้อมูล แต่เป็นระบบไฟล์ข้อมูลธรรมดา (flat files) หรือในอีกกรณี คือ เป็นข้อมูลในฐานข้อมูลที่ไม่ใช่ระบบจัดการฐานข้อมูล (Relational Data Base System--RDBMS) เช่น ข้อมูลในรูปแบบของระบบจัดการสารสนเทศ (Information Management System--

IMS) หรือข้อมูลอื่นใดในระบบ เช่น Virtual Storage Access Method (VSAM) หรือ Indexed Sequential Access Method (ISAM) หรือแม้กระทั่งการดึงจากข้อมูลรูปแบบอื่น ๆ ที่ดึงกันโดยตรงจากระบบอื่นเลย เช่น Web Spider หรือ Screen Scraping ข้อมูลจะถูกดึงเข้าสู่ระบบโดยตรง เป้าหมายของกระบวนการดึงข้อมูลนี้ คือ ดึงข้อมูลเข้ามาสู่รูปแบบมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้เหมาะสมต่อการแปลงรูปร่างของข้อมูลในขั้นตอนถัดไป เนื้อแท้ของกระบวนการนี้จะเกี่ยวพันกับกระบวนการอ่านข้อมูลที่ถูกดึงเข้าสู่ระบบ ส่งผลให้เกิดกระบวนการตรวจสอบข้อมูลว่าตรงตามรูปแบบที่กำหนดไว้เบื้องต้นหรือไม่ ทั้งรูปแบบของข้อมูล และโครงสร้างของข้อมูล ซึ่งถ้าหากเกิดข้อมูลนั้นไม่ได้มาตรฐานหรือผิดจากรูปแบบที่กำหนดเอาไว้เบื้องต้น ก็จะเกิดกระบวนการปฏิเสธข้อมูลนั้น ๆ ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 1)

ตาราง 1

ข้อมูลราคาขายผลผลิตทางการเกษตรในอดีต

รายการสินค้า	หน่วย	พ.ศ. 2548											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15%	บาท/ตัน	6,423.00	6,568.00	6,568.00	6,556.00	6,471.00	6,614.00	6,718.00	6,754.00	6,840.00	6,900.00	6,692.00	6,744.00
ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ	บาท/ตัน	7,604.00	7,736.00	7,816.00	7,913.00	7,769.00	7,630.00	7,486.00	7,618.00	7,816.00	7,850.00	7,393.00	7,579.00
ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดขาว	บาท/ตัน	5,929.00	5,940.00	6,039.00	6,115.00	6,060.00	6,038.00	6,034.00	6,157.00	6,084.00	5,812.00	5,576.00	5,835.00
อ้อยรวมพันธุ์	บาท/ตัน	520.00	517.00	529.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	670.00	684.00
มันสำปะหลังกะละ	บาท/กก.	1.30	1.39	1.48	1.47	1.41	1.30	1.30	1.40	1.30	1.21	1.27	1.40
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	บาท/กก.	5.01	4.96	4.97	4.83	5.02	4.81	5.05	4.89	4.73	4.74	4.73	4.74

ที่มา. จาก ราคาสินค้าเกษตรรายเดือน, โดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560, ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก <http://www.oae.go.th/monthlyprice.html>

2. กระบวนการแปลงข้อมูล (transformation) การแปลงข้อมูลนี้จะมีการใช้กฎหรือฟังก์ชัน เพื่อที่จะแปลงข้อมูลให้ได้ตามที่ต้องการก่อนที่จะนำข้อมูลเข้าไปยังปลายทาง ข้อมูลจากต้นทางบางแหล่งมีความจำเป็นน้อยมากหรือแทบจะไม่ต้องมีการแปลงข้อมูลเลย แต่บางแหล่งอาจมีความจำเป็นมาก และต้องการกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งจะสิ้นเปลืองทรัพยากรระบบ และเวลาในการแปลงข้อมูลมาก ทั้งนี้ความซับซ้อนนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการ หรือเป้าหมายของการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 2

```
-- Replace Error
UPDATE T
SET T.FIELD3 = M.Dam
, T.FIELD4 = M.Province
FROM tmp.WaterTransaction T WITH (NOLOCK)
INNER JOIN tmp.MapDam M WITH (NOLOCK)
ON REPLACE(T.FIELD3, ' ', '') = M.EDam
AND T.FIELD4 = M.EProvince
Where Isnumeric(FIELD2) = 1
And SIrrg_Id Is Null

-- Update SIrrg_Id
UPDATE T
SET T.SIrrg_Id = I.SIrrg_Id
, T.UseFlag = 1
FROM tmp.WaterTransaction T WITH (NOLOCK)
INNER JOIN (Select SIrrg_Id, SIrrg_Name, REPLACE(SProv_Name, N'จ.', '') AS SProv_Name
FROM dbo.Irrigation S WITH (NOLOCK)
INNER JOIN dbo.Province S WITH (NOLOCK)
ON SIrrg_SProv_Id = SProv_Id) I
ON FIELD3 = SIrrg_Name
AND FIELD4 = SProv_Name
Where Isnumeric(FIELD2) = 1
And UseFlag = 0

-- Update Value
UPDATE tmp.WaterTransaction T
SET QtyPercent = Case When FIELD10 = '-' Or FIELD10 = '' Then 0 Else Convert(decimal(6,3), FIELD10) End
Where UseFlag = 1
-- 1011261
```

ภาพ 2 ตัวอย่างการแปลงข้อมูล

3. การนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ (loading) กระบวนการนำข้อมูลเข้า โดยทั่วไปจะนำข้อมูลเข้าไปในคลังข้อมูลองค์กร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการขององค์กร หรือการใช้งานว่าจะให้ข้อมูลไหลไปในทิศทางใด บางงานหรือบางองค์กรจะมีการสะสมของข้อมูล ความถี่ของการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ อาจจะมีการล้างข้อมูลแล้วทับข้อมูลใหม่ โดยทั่วไปแล้ว

ข้อมูลในคลังข้อมูล จะมีการใช้กันปีต่อปี เมื่อขึ้นปีใหม่แล้วจะมีการล้างข้อมูลของปีเก่า และเก็บไว้ในระบบข้อมูลสำรอง เนื่องจากว่า กระบวนการนำข้อมูลเข้าจะต้องปฏิบัติตามพินัยกับฐานข้อมูล ดังนั้น จะต้องมีการประเมินเรื่องของการจำกัด ความถูกต้องของข้อมูล และการเรียกใช้ข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการนำข้อมูลเข้า ซึ่งสิ่งเหล่านี้รวม ๆ แล้ว เรียกว่า กระบวนการควบคุมคุณภาพของข้อมูล (data quality performance of ETL process) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 3

Tirrgw_Id	Tirrgw_Sirrg_Id	Tirrgw_UseFlag	Tirrgw_CrBy	Tirrgw_CrDt	Tirrgw_UpdBy	Tirrgw_UpdDt	Tirrgw_Date	Tirrgw_Qty	Tirrgw_QtyPercent	Tirrgw_FlowInQty	Tirrgw_FlowOutQty	Tirrgw_UselessQty
1	1	1	0	2017-02-02 17:29:49.420	0	2017-02-02 17:35:05.907	2017-02-01	204.000	101.667	0.000	0.000	40.000
2	2	1	0	2017-02-02 17:29:49.480	0	2017-02-02 17:35:07.343	2017-02-01	104.000	70.000	0.000	0.000	8.000
3	3	1	0	2017-02-02 17:29:49.530	0	2017-02-02 17:35:08.907	2017-02-01	705.000	73.750	2.300	6.450	3.000
4	4	1	0	2017-02-02 17:29:49.607	0	2017-02-02 17:35:10.420	2017-02-01	2390.000	61.061	2.390	10.070	3012.000
5	5	1	0	2017-02-02 17:29:49.620	0	2017-02-02 17:35:12.093	2017-02-01	3214.000	75.959	3.920	5.990	10265.000
6	6	1	0	2017-02-02 17:29:49.653	0	2017-02-02 17:35:13.593	2017-02-01	149.000	68.750	0.000	0.240	5.000
7	7	1	0	2017-02-02 17:29:49.717	0	2017-02-02 17:35:15.157	2017-02-01	145.000	41.667	0.000	1.300	30.000
8	8	1	0	2017-02-02 17:29:49.810	0	2017-02-02 17:35:16.873	2017-02-01	156.000	70.968	0.000	0.800	20.000
9	9	1	0	2017-02-02 17:29:49.810	0	2017-02-02 17:35:17.077	2017-02-01	75.000	74.359	0.000	0.290	12.000
10	10	1	0	2017-02-02 17:29:49.870	0	2017-02-02 17:35:20.547	2017-02-01	97.000	67.683	0.000	0.310	14.000
11	11	1	0	2017-02-02 17:29:49.950	0	2017-02-02 17:35:21.953	2017-02-01	97.000	81.841	0.000	1.510	37.220
12	12	1	0	2017-02-02 17:29:50.077	0	2017-02-02 17:35:23.437	2017-02-01	50.000	35.750	0.000	0.020	9.000
13	13	1	0	2017-02-02 17:29:50.170	0	2017-02-02 17:35:24.900	2017-02-01	187.000	44.211	0.000	0.950	47.000

ภาพ 3 ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ ETL แล้ว

เทคนิคพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรล่วงหน้า

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการวิเคราะห์นั้น คือ ราคาในอนาคต งานวิจัยฉบับนี้ จึงได้นำข้อมูลในอดีตมาพยากรณ์ ในการพยากรณ์ราคาที่เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (time series) นั้น ก็มีด้วยกันอยู่หลายทฤษฎี งานวิจัยฉบับนี้ จะใช้ 2 เทคนิค แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน และจะเลือกเทคนิคที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนำไปใช้เป็นตัวพยากรณ์ในระบบต่อไป โดยเทคนิคทั้ง 2 วิธี ได้แก่

โครงข่ายเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network--ANN)

โครงข่ายเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network--ANN) คือ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือตัวแบบทางคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะโครงสร้างและการทำงานคล้ายกับสมองของมนุษย์ โดยการประมวลผลจากการคำนวณแบบเครือข่าย แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bio electric network) ในสมองของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และจุดประสานประสาท (synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทจนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560)

โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียมจะมีความสามารถในการเรียนรู้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ป้อนให้กับระบบการเรียนรู้ (learning) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของเครือข่ายประสาทเทียม ตัวเครือข่ายจะถูกฝึกสอนโดยการแสดงรูปแบบต่าง ๆ ที่ต้องการให้เครือข่ายเรียนรู้ด้วยกฎการเรียนรู้ (learning rule) ความสามารถนี้ทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีความแตกต่างไปจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป (อาทิตย์ ศรีแก้ว, 2552)

เครือข่ายประสาทเทียมจะทำการเก็บข้อมูลความรู้ (knowledge) ในขั้นตอนการเรียนรู้ไว้ที่น้ำหนักประสาท (synaptic weights) ซึ่งโครงสร้างของตัวเซลล์ประสาท (neurons) ในเครือข่ายประสาทเทียมนั้นมีรูปแบบมากมายหลายชนิด โครงสร้างดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนรู้ของเครือข่ายที่ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักประสาทที่แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นจำนวนของเซลล์ประสาท กฎการเรียนรู้ เป็นต้น (อาทิตย์ ศรีแก้ว, 2552)

การวิจัยนี้จะใช้ราคาจากอดีต แล้วใช้เทคนิค Multilayer Perceptron ในการทำนายแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลชุดสอน (training set) กับข้อมูลชุดทดสอบ (testing set) ข้อมูลชุดสอน จะมีข้อมูล 120 ค่า เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2559 และข้อมูลชุดทดสอบ จะมีข้อมูล 15 ค่า คือ ปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2560 และทำการทดลองหาค่า อัตราการเรียนรู้ (learning rate) โมเมนตัม (momentum) ชั้นซ่อน (hidden layer) จำนวน ครั้งวิเคราะห (training time) และค่าย้อนหลัง (lag) เพื่อหาค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุด

การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม (Autoregressive Integrated Moving Average model--ARIMA)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Box-Jenkins (Box-Jenkins 1976) เป็นระเบียบวิธีทางสถิติสำหรับหาตัวแบบพยากรณ์ เทคนิคนี้อาศัยความสัมพันธ์จากข้อมูลในอดีตเพื่อหาตัวแบบแสดงพฤติกรรมของข้อมูลและใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการพยากรณ์ในระยะสั้น ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Box-Jenkins เรียกตัวแบบ ARIMA ซึ่งย่อมาจากคำว่า Auto Regressive Integrated Moving Average ตัวแบบ ARIMA มีข้อสมมติว่า ค่าปัจจุบันของค่าสังเกตเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าสังเกต และค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มในอดีต ตัวแบบ คือ (Zhang, 2004, p. 214)

$$Y_t = \delta + \varphi_1 Y_{t-1} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

โดย

Y_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

δ เป็นค่าคงที่ในตัวแบบ

ε_t เป็นความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t ซึ่งมีข้อสมมติว่า ε_t เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระกัน ค่าเฉลี่ย 0 ความแปรปรวนคงที่

φ_i ($i = 1, \dots, p$) และ θ_j ($j = 1, \dots, q$) เป็นพารามิเตอร์ในตัวแบบ ส่วน p และ q เป็นจำนวนเต็มซึ่งแสดงอันดับของตัวแบบ (Zhang, 2004, p. 214)

ส่วนของค่าสังเกตในอดีตที่อยู่ในตัวแบบเรียกเป็นเทอมการถดถอยในตนเอง (Auto Regressive--AR) และส่วนของความคลาดเคลื่อนสุ่มในอดีตที่อยู่ในตัวแบบเรียกเป็นเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average--MA) และอนุกรมเวลาที่ต้องมีการหาผลต่างก่อนเพื่อแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ เรียกว่า อนุกรมเวลาที่ปรับให้มีลักษณะคงที่แล้ว (Integrated--I) ตัวแบบ ARIMA นิยมเขียนโดยบอกอันดับ p ของ AR อันดับ d ของการหาผลต่างของอนุกรมเพื่อให้เป็นอนุกรมเวลาลักษณะคงที่ และอันดับ q ของ MA โดยเขียนแทนด้วย ARIMA (p, d, q) ถ้า $q = 0$ และ $d = 0$ จะเป็นตัวแบบ AR (p) แต่ถ้า $p = 0$ และ $d = 0$ จะเป็นตัวแบบ MA (q) (Zhang, 2004, p. 215)

ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลานั้น Box-Jenkins ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ การกำหนดตัวแบบ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และการตรวจสอบตัวแบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (Zhang, 2004, pp. 215-216)

1. การกำหนดตัวแบบ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาสร้างตัวแบบต้องมีสมบัติคงที่ (stationary) คือ ลักษณะทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และ ลักษณะของสหสัมพันธ์ ในตัวเองของข้อมูลต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาการพิจารณาว่าข้อมูลเป็นข้อมูลที่คงที่หรือไม่อาจดูได้จากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองในเชิงทฤษฎี (theoretical AutoCorrelation Function--ACF) กล่าวคือ ACF ของอนุกรมเวลา ที่คงที่ จะมีลักษณะลดลง (die down) เข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วเมื่อข้อมูลอนุกรมเวลามีระยะห่างกันเพิ่มขึ้นหรือถูกตัดออก (cut off) ที่ระยะห่างช่วงใดช่วงหนึ่ง แต่ถ้า ACF มีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์ ช้า ๆ แสดงว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ (non-stationary) ถ้าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม หรือความแปรปรวนไม่คงที่ จะต้องปรับให้มีลักษณะคงที่ก่อน โดยการหาผลต่าง หรือการแปลงรูปกำลัง (power transformation)

การกำหนดตัวแบบและอันดับของ p และ q ทำโดยการเปรียบเทียบลักษณะของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Auto-Correlation Function--PACF) ของค่าสังเกต กับลักษณะของ ACF และ PACF ตามทฤษฎีของตัวแบบ ARIMA อันดับต่าง ๆ ซึ่งเสนอโดย Box-Jenkins โดยการกำหนดอันดับของ p และ q พิจารณาจาก ACF และ PACF ประกอบกัน ถ้าเป็นตัวแบบ AR (p) คือ AR อันดับ p สหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) จะมีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (PACF) ที่ห่างกันเกิน p ช่วงเวลา จะมีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว

ถ้าเป็นตัวแบบ MA (q) คือ MA อันดับ q สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ห่างกันเกิน q ช่วงเวลาจะมีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนจะมีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว

ถ้าเป็นตัวแบบผสมระหว่าง AR และ MA (Mixed Autoregressive Moving Average--ARMA (p, q)) สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ห่างกันเกิน q ช่วงเวลา และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนที่ห่างกันเกิน p ช่วงเวลา จะมีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว

ถ้าทั้งสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนมีค่าเท่ากับศูนย์
ทุกช่วงห่าง จะได้แบบจำลองที่เรียกว่า White Noise นิยาม คือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t$$

โดยที่

$$\varepsilon_t \sim \text{IN}(0, \sigma_A^2)$$

ถ้าทั้งสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนจากข้อมูล
อนุกรมเวลาที่ได้จากการแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาคงที่โดยการหาผลต่าง มีค่าเท่ากับศูนย์
จะได้ตัวแบบที่เรียกว่า Random Walk นิยาม คือ

$$Y_t = Y_{t-1} + \theta_0 + \varepsilon_t$$

โดยที่

$$\varepsilon_t \sim \text{IN}(0, \sigma_A^2)$$

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (estimation) หลังจากได้กำหนดแบบจำลอง
ในขั้นตอนที่ 1 แล้ว จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
(least-squares method) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดค่าประมาณเบื้องต้น (initial
estimates) เพื่อประมวลผลจนได้ค่าประมาณสุดท้าย ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปจะทำการคำนวณ
แบบย้อนซ้ำ (iterative) จนกว่าจะให้ค่าผลรวมค่าประมาณความ คลาดเคลื่อนกำลังสอง
($\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2$) มีค่าน้อยที่สุด โดยที่ ε_t คือ ค่าประมาณความคลาดเคลื่อน ε_t จากนั้นนำ
แบบจำลองที่ได้ไปตรวจสอบเหมาะสม

3. การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (diagnostic checking) ในขั้นตอน
การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่เลือก
มีความเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ทำกรวิเคราะห์หรือไม่ โดย

3.1 ทดสอบค่าประมาณพารามิเตอร์ในแบบจำลองตามขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 สมมติฐานในการทดสอบ $H_0 = 0$ เมื่อ H_0 เป็นการรับสมมติฐาน

$H_1 \neq 0$ เมื่อ H_1 เป็นการปฏิเสธสมมติฐาน

3.1.2 ตัวสถิติทดสอบ $t = \frac{\text{ตัวประมาณพารามิเตอร์}}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวประมาณ}}$

3.1.3 กำหนด α

3.1.4 เขตวิกฤต $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$

3.1.5 สรุปผล ถ้าผลการทดสอบนำไปสู่การปฏิเสธสมมติฐานว่าง แสดงว่าพารามิเตอร์ตัวที่ทดสอบนั้นแตกต่างจากศูนย์ ควรรวมพารามิเตอร์ตัวนั้นอยู่ในแบบจำลอง

3.2 พิจารณาค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากการสร้างสมการพยากรณ์แบบจำลอง

3.2.1 สร้างกราฟค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ถ้ากราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่า ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมีการกระจายไม่คงที่ แต่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่และข้อมูลอนุกรมเวลา มีความแปรปรวนไม่คงที่

3.2.2 ดูจาก Theoretical AutoCorrelation Function (ACF) และ Theoretical Partial AutoCorrelation Function (PACF) ของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน ถ้ามีแบบจำลองเป็น White Noise แสดงว่า แบบจำลองที่ได้เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม

3.2.3 การทดสอบสหสัมพันธ์ในตนเองของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน Boxand Pierce ได้เสนอวิธีทดสอบ โดยสร้างตัวสถิติที่มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่มีค่าองศาแห่งความอิสระ (degree of freedom) เท่ากับจำนวนสหสัมพันธ์ในตัวเองจากตัวอย่าง (sample autocorrelations) ของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน k ตัวที่ใช้ในการทดสอบ จำนวนพารามิเตอร์ (n) ที่ประมาณค่าในแบบจำลอง ตัวสถิตินี้เรียกว่า Box-Pierce Chi-Square Statistic

$$Q = n \sum_{k=1}^h r_k^2$$

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

โดยที่

n จำนวนข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตอนุกรมเวลา
หลังจากปรับให้เป็นอนุกรมเวลาคงที่แล้ว

h ค่าสูงสุดของ lag

k จำนวนสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน
ที่ใช้ในการคำนวณค่า Q

r_k พังค์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน
ในที่นี้ใช้ e ในที่ของ Y

ตัวสถิติ Box-Pierce คำนวณจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าประมาณ
ความคลาดเคลื่อนในอนุกรมเวลาที่ห่างกันในหน่วยเวลาต่าง ๆ ซึ่งจะทดสอบว่า
ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ (Zhang, 2004, p. 217)

1. สมมติฐานในการทดสอบ $H_0 : \rho_k = 0$ ทุก ๆ ค่าที่ $k \leq K$

$H_1 : \rho_k \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่าที่ $k \leq K$

$$t = n \sum_{k=1}^K r_k^2(\varepsilon)$$

2. ตัวสถิติทดสอบ

3. กำหนด α

4. เขตวิกฤต $Q > \chi^2_{\alpha, k-m}$

5. สรุปผล

ถ้าผลการทดสอบนำไปสู่การปฏิเสธสมมติฐานว่าง แสดงว่า ความคลาดเคลื่อน
ยังมีสหสัมพันธ์กันอยู่จึงต้องปรับปรุงแบบจำลองใหม่ แต่ถ้าผลการทดสอบยอมรับ
สมมติฐาน แสดงว่า แบบจำลองที่ได้เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม

ถ้าพบว่า แบบจำลองที่ได้ไม่เหมาะสมจะต้องพิจารณาเลือกแบบจำลองใหม่
คือ กลับไปที่ขั้นตอนกำหนดแบบจำลองใหม่จนกว่าจะได้แบบจำลองที่เหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้ จะใช้ราคาจากอดีตที่ผ่านมา โดยให้ราคาในประเทศเป็นตัวตาม
และราคาจากต่างประเทศปี และเดือน ใช้เป็นตัวแปรอิสระในการพยากรณ์ราคาในอนาคต
โดยจะใช้โปรแกรม R studio ในการหาค่า โดยมีข้อมูล 145 ชุดข้อมูลเพื่อสร้างตัวแบบ
ซึ่งจะเปลี่ยนค่า p , d และ q เพื่อหาค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุด (Zhang, 2004, p. 218)

เทคนิคที่ใช้ในการให้ค่าน้ำหนักและคะแนนในการตัดสินใจ

เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เป็นวิธีการที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Thomas L. Saaty ในปี ค.ศ. 1970 เป็นเทคนิคในการตัดสินใจเลือกหรือเรียงลำดับทางเลือกของปัญหาที่ต้องใช้การตัดสินใจที่ซ้ำซ้อน โดยสร้างรูปแบบการตัดสินใจให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้น และนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์สรุปแนวทางเลือกที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการทำ ดังนี้ (Wikipedia, the free encyclopedia, 2017)

หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการในการตัดสินใจของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการให้คะแนนแต่ละปัจจัย ในแต่ละปัจจัยที่นำมาใช้นั้น ผู้ใช้ระบบก็อาจจะให้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกันได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาวิธีการให้คะแนน และค่าน้ำหนัก เกณฑ์การให้น้ำหนักของปัจจัยมีอยู่หลายเทคนิค เช่น Point Score Analysis (PSA), Simple Additive Weighting (SAW) เป็นต้น แต่งานวิจัยฉบับนี้ ทำให้ง่ายต่อผู้ที่จะใช้ระบบ และผู้ใช้อย่างสามารถเลือกให้ค่าน้ำหนักสำหรับแต่ละปัจจัยได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นวิธีที่เปรียบเทียบทั้งค่าน้ำหนัก และเปรียบเทียบค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยที่นำมาใช้วิเคราะห์ ทำให้ผลของการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ และเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มี 3 หลักการ ดังต่อไปนี้ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

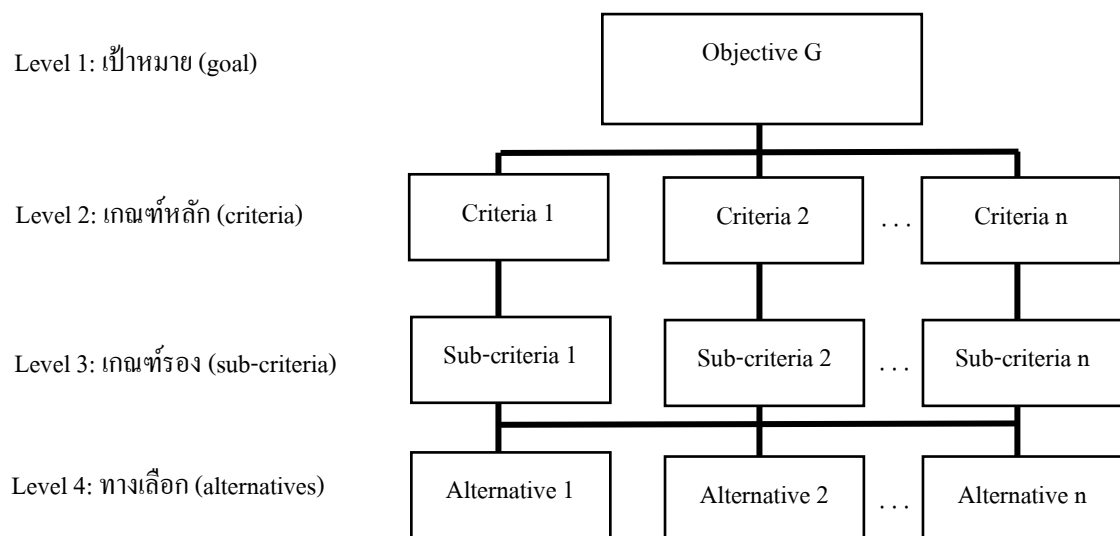
1. หลักการสร้างรูปแบบของปัญหา จะต้องสร้างรูปแบบของปัญหาให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้นที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างระดับชั้น โดยแต่ละปัจจัยที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกัน จะเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งองค์ประกอบหลักของโครงสร้างลำดับชั้นประกอบด้วย ระดับชั้นของวัตถุประสงค์ ระดับชั้นของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ และระดับชั้นของทางเลือกต่าง ๆ ของปัญหา ตามลำดับ

2. หลักการใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ ผู้ตัดสินใจต้องเปรียบเทียบปัจจัยที่มีอยู่ในระดับชั้นเดียวกันเป็นคู่ ๆ โดยคำนึงถึงความสำคัญที่มีต่อระดับชั้นที่สูงกว่าเป็นคู่ ๆ จนครบทุกปัจจัย

3. หลักการความสอดคล้องของเหตุผล ความสอดคล้องของเหตุผลมีความหมายสองประการ ประการแรก หลักการตัดสินใจภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน ประการที่สอง การวิเคราะห์ความสอดคล้อง

ขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมาก เริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจึงนำ “ทางเลือก” ที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 4 แผนภูมิลำดับชั้น

จากภาพ 4 การแสดงแบบจำลองหรือแผนภูมิลำดับชั้นของ “กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์” ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ช่วยในการตัดสินใจ โครงสร้างของแผนภูมินี้ประกอบไปด้วย “องค์ประกอบ” หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจต่าง ๆ แผนภูมินี้มีลักษณะเป็นระดับชั้น จำนวนของลำดับชั้นจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการตัดสินใจซึ่งอธิบายได้ ดังนี้ (สุธรรม อรุณ, 2549)

1. ระดับชั้นที่ 1 หรือระดับบนสุด แสดงเป้าหมายของการตัดสินใจ ในงานวิจัยนี้มีขอบเขตของเป้าหมายการตัดสินใจเป็นพืชที่จะแนะนำให้ทำการเพาะปลูก มี 4 ตัวเลือกคือ ข้าว ข้าวโพดอ้อย และมันสำปะหลัง

2. ระดับชั้นที่ 2 แสดงถึงเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ที่มีผลต่อเป้าหมายในการตัดสินใจนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ให้ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกพืชที่จะทำการเพาะปลูกไว้ด้วยกัน 4 ปัจจัย คือ ความเหมาะสมของพื้นที่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก ความต้องการในอนาคตของพืชที่ต้องการปลูก และผลกำไร คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือน

3. ระดับชั้นที่ 3 ลงมา แสดงถึงเกณฑ์ย่อยของการตัดสินใจ ซึ่งจะมีจำนวนเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความชัดเจนของเกณฑ์หลัก ระดับชั้นนี้อาจไม่จำเป็นต้องมี ถ้าเกณฑ์หลักมีความชัดเจนเพียงพอ ในงานวิจัยนี้ไม่ใช่เกณฑ์ย่อยนี้

4. ส่วนระดับชั้นต่ำสุด หรือระดับชั้นสุดท้าย คือ ทางเลือกที่จะนำมาพิจารณาผ่านเกณฑ์การตัดสินใจตามที่กำหนดไว้ ในงานวิจัยนี้ไม่ใช่ระดับชั้นสุดท้าย

การวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญ

ขั้นตอนของการหาลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ นี้ ผู้วิจัยจะใช้การวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ เป็นคู่ ๆ ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์โดยการเปรียบเทียบเครื่องมือที่เหมาะสมในการวินิจฉัยนั้น คือ ตารางเมตริกซ์ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

กำหนดให้

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ เป็นตัวแทนของเกณฑ์หลักการตัดสินใจ

$SC_1, SC_2, SC_3, \dots, SC_n$ เป็นตัวแทนของเกณฑ์รองการตัดสินใจ

a_{ij} แทนตัวเลขแสดงการวินิจฉัยเปรียบเทียบ

โดยทำการวินิจฉัยเปรียบเทียบทีละคู่ปัจจัย เช่น C_i กับ SC_i การวินิจฉัยจะทำในรูปของตารางเมตริกซ์ขนาด $n \times n$ เช่น ต้องการคำนวณเมตริกเกณฑ์หลักการตัดสินใจ C ที่มีเกณฑ์รองการตัดสินใจ SC จะได้เมตริกซ์ $C = [SC_{ij}]$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) (วิฑูรย์ ตันศิริกงกล, 2542)

กฎเกณฑ์การนำค่า SC_{ij} จากการเปรียบเทียบทีละคู่ปัจจัยไปใส่ลงในตารางเมตริกซ์มีกฎอยู่ 2 ข้อ ดังนี้ (วิฑูรย์ ตันศิริกงกล, 2542)

1. ถ้า $SC_{ij} = \alpha$ จะทำให้ $SC_{ji} = 1/\alpha$ และ $\alpha \neq 0$
2. ถ้าปัจจัยที่ SC_i ถูกตัดสินใจให้มีความสำคัญเทียบเท่ากับปัจจัย SC_j จะทำให้ค่าของ $SC_{ij} = \frac{1}{SC_{ji}}$ ดังนั้น ตารางเมตริกซ์ C สามารถเขียนได้ ดังแสดงในภาพ 5

เกณฑ์ตัดสินใจ (C)

ปัจจัย

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} SC_1 & SC_2 & SC_3 & \dots & SC_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} SC_1 \\ SC_2 \\ SC_3 \\ \vdots \\ SC_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

ภาพ 5 ตารางเมตริกซ์ C

ที่มา. จาก AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก (หน้า 42), วิฑูรย์ ตันศิริกงกล, 2542, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.

การวินิจฉัยเปรียบเทียบทีละคู่ปัจจัยระหว่างปัจจัย SC_i กับ SC_j นั้น จะทราบว่าปัจจัยที่ทำการพิจารณานั้นมีความสำคัญ ส่งผล มีอิทธิพล หรือมีประโยชน์มากกว่าปัจจัยอื่นที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบลำดับความสำคัญทีละคู่แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางเมตริกซ์ A ตัวอย่าง ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 2)

ตาราง 2

ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่

	เกณฑ์ตัดสินใจ		ปัจจัย			
	SCn	A_1	A_2	A_3	...	A_n
ปัจจัย	A_1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
	A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	...	a_{2n}
	A_3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	...	a_{3n}
	:	:	:	:		:
	A_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	...	1

ที่มา. จาก AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก (หน้า 43),
 วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.

เมื่อได้ค่าการเปรียบเทียบของแต่ละคู่แล้ว ก็จะคำนวณหาค่า Normalized Matrix ของเมตริกซ์ในแต่ละแถวโดยที่ค่า Normalized ที่ได้นี้ จะแทนค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในระดับขั้นนั้น ๆ การหาค่า Normalized หาได้จากค่าเฉลี่ยของความสำคัญในแต่ละแถว (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

การคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio--C.R.)

เพื่อเป็นการทดสอบว่า ผลของการเปรียบเทียบคู่ที่ได้ดำเนินมา มีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ทำได้โดยการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล ซึ่งมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

ขั้นที่ 1 การคำนวณค่า $\lambda_{\max}$ ซึ่งก็คือการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัยในแถวตั้งแต่ละแถวมาคูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกันผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งในกรณีที่การวินิจฉัยในปัจจัยนั้น มีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า

$$\lambda_{\max} = n$$

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องหาได้จากสูตร

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

ขั้นที่ 3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random consistency Index--R.I.)

โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1 x 1 จนถึง 15 x 15 ผลของ R.I. ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 3)

ตาราง 3

ค่าของ R.I. ตามขนาดของเมตริกซ์

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

ที่มา. จาก AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก (หน้า 46), โดย วิทยุย์ ดันศิริคงคล, 2542, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.

ขั้นที่ 4 คำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio--C.R.)

คือ การหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า C.I. ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์ กับค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตาราง ค่า C.R. หาได้จากสูตร ดังนี้

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

ซึ่งผลจากการคำนวณได้จะพิจารณาค่าของ $C.R. \leq 0.10$ ถือว่ายอมรับได้ ถ้าหาก $C.R. > 0.10$ ถือว่ายอมรับไม่ได้โดยผู้ตัดสินใจจะต้องทบทวนการให้สเกลการเปรียบเทียบใหม่อีกครั้งจนค่า C.R. ลดลง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Priya and Shibasaki (2001) ศึกษาเรื่อง “National Spatial Crop Yield Simulation Using GIS-Based Crop Production Model” เป็นการศึกษาสภาพดิน สภาพอากาศ ที่แตกต่างกันในประเทศอินเดียที่ระดับความละเอียดที่ 5 ตารางกิโลเมตรต่อจุด และใน

แคว้นมคธที่ระดับความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตรต่อจุด ตัวแบบที่สร้างมีชื่อว่า Spatial-EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) สามารถจำลองการเพาะปลูก ซึ่งทำให้คาดการณ์ได้ดีขึ้น การใช้วิธีการนี้ระดับภูมิภาค หรือประเทศสามารถจำลองการผลิตพืช ซึ่งช่วยให้นักวิจัย และผู้มีอำนาจตัดสินใจเข้าใจสถานะ ขอบเขตของสภาพอากาศดิน และผลกระทบของการจัดการพืชไร่ เช่น ข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Pazek and Rozman (2005) ศึกษาเรื่อง *Application of Analytical Hierarchy Process in Agriculture* เป็นการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ (MCDA) โดยใช้เทคนิค AHP นำมาช่วยวางแผน และจัดทำยุทธศาสตร์ธุรกิจฟาร์ม โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ การเงิน การตลาด เทคโนโลยี ความเสี่ยง และแรงงาน ในงานวิจัยนี้ ได้มีการศึกษาใช้ AHP สำหรับฟาร์มเกษตรอินทรีย์สวนผสมขนาด 8 ไร่ มี 3 ทางเลือก ทางเลือกที่ 1 ทำสวนผลไม้ในทุ่งหญ้าแบบดั้งเดิม ปลูกแอปเปิ้ล ลูกพลัม และลูกแพร์ เพื่อนำมาแปรรูป ทางเลือกที่ 2 เลี้ยงแพะ 100 ตัว เพื่อผลิตนม และชีส ทางเลือกที่ 3 ปลูกข้าวสาลี เพื่อขาย และผลิตแป้ง แล้วใช้ปัจจัยการเงิน การตลาด เทคโนโลยี ความเสี่ยง และแรงงาน มาให้คะแนนแต่ละทางเลือก ผลออกมาแนะนำให้ทำทางเลือกที่ 3

Rangsan Nochai and Titida Nochai (2006) ศึกษาเรื่อง *ARIMA Model for Forecasting Oil Palm Price* เป็นการศึกษาการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มของประเทศไทย ใน 3 ประเภท คือ ราคาฟาร์ม ราคาขายส่ง และราคาน้ำมันดิบ สำหรับระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2547 แล้วใช้เทคนิค ARIMA หาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการคาดการณ์ ทั้ง 3 ประเภทของราคาปาล์มน้ำมัน โดยพิจารณาจากค่า MAPE ต่ำสุด ผลการศึกษาค่าตัวแบบของราคาฟาร์ม คือ ARIMA (2, 1, 0) ตัวแบบราคาขายส่ง คือ ARMA (1, 0, 1) หรือ ARMA (1, 1) และ ตัวแบบราคาน้ำมันดิบ คือ ARIMA (3, 0, 0) หรือ AR (3)

Agha, Nofal, Nassar, and Shehada (2012) ศึกษาเรื่อง “Multi Criteria Governmental Crop Planning Problem: An Analytic Hierarchy Approach” เป็นการศึกษาจัดอันดับพืชที่จะปลูกในพื้นที่ของรัฐบาลในฉนวนกาซา โดยใช้เทคนิค AHP แบบการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ (MCDA) มี 7 ปัจจัยที่ใช้จัดอันดับ คือ เศรษฐศาสตร์ การเงิน การตลาด สิ่งแวดล้อม เทคนิค การเมือง และสังคม และเกณฑ์ย่อยอีก 30 เกณฑ์ มีพืช 8 ประเภท ได้แก่ ผัก ผลไม้ ส้ม มะกอก ปาล์ม พืชที่ปลูกเพื่อการส่งออก พืชไร่ และ

พืชสมุนไพร ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยทางเศรษฐกิจเป็นเกณฑ์ที่สำคัญที่สุด คิดเป็น 0.33 ของน้ำหนักทั้งหมด ในขณะที่ปัจจัยทางเทคนิคเป็นเกณฑ์ที่สำคัญน้อยที่สุด คิดเป็น 0.07 ของน้ำหนักทั้งหมด ส่วนเกณฑ์ย่อยที่สำคัญที่สุด คือ GDP มีน้ำหนัก 0.103 ผลการจัดอันดับให้พืชที่ปลูกเพื่อการส่งออกเป็นลำดับที่ 1 ส้มและผักเป็นลำดับที่ 2 ผลไม้และพืชไร่เป็นลำดับที่ 4 มะกอกเป็นลำดับที่ 6 ปาล์มเป็นลำดับที่ 7 และพืชสมุนไพรเป็นลำดับที่ 8

Hemageetha and Nasira (2013) ศึกษาเรื่อง *Radial Basis Function Model for Vegetable Price Prediction* เป็นการศึกษาการพยากรณ์ราคาของพืชผัก ใช้ทฤษฎี Back-Propagation Neural Network (BPNN) เปรียบเทียบกับ Radial Basis Function (RBF) ที่มีข้อมูลราคาของมะเขือเทศตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2555 เก็บข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ แล้วนำข้อมูลที่ได้นำไปโปรแกรม MATLAB ผลที่ได้ BPNN มีค่า MSE 22.6 ส่วน RBF มีค่า MSE 14.45 และ BPNN มีค่า Accuracy 77.4% ส่วน RBF มีค่า Accuracy 85.55%

Paswan and Begum (2013) ศึกษาเรื่อง “Regression and Neural Networks Models for Prediction of Crop production” เป็นการศึกษาการพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร โดยใช้ทฤษฎี Regression เปรียบเทียบกับ Neural Network และเปรียบเทียบโครงสร้างการคำนวณของ Neural Network กับวิธีการสถิติแบบดั้งเดิม เช่น Regression Analysis, Logistic Regression และ Discriminant Analysis ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบปรากฏว่าวิธี Neural Network ดีกว่า แต่ทั้งนี้ ผู้วิจัยก็ได้ให้เหตุผลว่า การทำงานที่ดีอาจจะต้องใช้วิธีการสถิติแบบดั้งเดิมเข้าร่วมด้วย

Amin, Amanullah, and Akbar (2014) ศึกษาเรื่อง “Time Series Modeling for Forecasting Wheat Production of Pakistan” เป็นการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณข้าวสาลีในประเทศปากีสถาน เพื่อกำหนดสถานการณ์การผลิต ในงานวิจัยนี้ มีการใช้ข้อมูล พ.ศ. 2445-2548 โดยใช้ซอฟต์แวร์ JMP และ Statgraphics ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่ดีที่สุดคือ ARIMA (1, 2, 2) และเมื่อใช้ตัวแบบที่ได้ทำนาย พบว่า การผลิตข้าวสาลีของปากีสถานจะกลายเป็น 26,623.5 ตัน ในปี พ.ศ. 2563 และจะกลายเป็นสองเท่าในปี พ.ศ. 2603 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2553

Papadopoulos, Kalivas, and Hatzichristos (2015) ศึกษาเรื่อง “GIS Modelling for Site-Specific Nitrogen Fertilization towards Soil Sustainability” เป็นการศึกษาและพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการใส่ปุ๋ยในแต่ละพื้นที่ โดยใช้ทฤษฎี Fuzzy Logic ร่วมกับเทคโนโลยี GIS เพื่อระบุปริมาณไนโตรเจน และปริมาณปุ๋ยที่เกษตรกรควรใส่ในแต่ละพื้นที่อย่างแน่นอน ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้ลดปริมาณของการใส่ปุ๋ยในงานวิจัยนี้ ยังได้แบ่งเขตตามลักษณะของดินเพื่อให้ง่ายต่อการแนะนำ และการวิเคราะห์

Kumar and Babu (2016) ศึกษาเรื่อง “Web GIS Based Decision Support System for Agriculture Crop Monitoring System: A Case Study from Part of Medak District” เป็นการศึกษาและพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการเพาะปลูก โดยเริ่มตัวอย่างที่บางส่วนของจังหวัด Medak แล้วใช้เทคโนโลยี Geographic Information System (GIS) ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลดิน ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลการกักเก็บน้ำของดิน ข้อมูลน้ำใต้ดิน เป็นต้น แล้วนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่นั้น ๆ ในการใช้เพาะปลูกย่อย ซึ่งข้อมูลที่แสดงออกมาจะอยู่ในรูปของแผนที่ ซึ่งทำให้เห็นภาพรวม และสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น และงานวิจัยนี้ยังทำการเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกเพื่อเฝ้าดู ตรวจสอบจำนวน และตำแหน่งของพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก

Ratkal, Akalwadi, Patil, and Mahesh (2016) ศึกษาเรื่อง *Farmer's Analytical Assistant* เป็นการให้คำแนะนำกับเกษตรกรที่ประเทศอินเดีย โดยให้เกษตรกรใส่ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ตำแหน่ง พืชที่ปลูกก่อนหน้า และพืชที่ต้องการเพาะปลูก ส่วนนักวิเคราะห์จะใส่ข้อมูล พืช ราคาตลาดหมาย ผลผลิตตลาดหมาย ปริมาณที่ต้องการ ดินที่ต้องการ และค่าอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ค่าความชื้น และค่า pH ของดิน และจะนำข้อมูลที่ได้มาผ่านสมการ Non-Linear Regression ซึ่งมีค่าน้ำหนักของ ปริมาณน้ำฝน 50% ราคาสินค้าเกษตรก่อนหน้า 35% และอุณหภูมิ 15% สุดท้ายจะได้คำแนะนำในพืชที่ต้องการเพาะปลูก

Sharififar, Ghorbani, and Sarmadian (2016) ศึกษาเรื่อง “Soil Suitability Evaluation for Crop Selection Using Fuzzy Sets Methodology” โดยศึกษาจากที่ดินทางการเกษตรที่แตกต่างกัน 4 แห่ง ใช้วิธีประเมิน Storie Method, Square Root Method, Maximum Limitation Method และ Fuzzy Sets Method ที่ดินที่ศึกษาอยู่ในเมือง Bastam จังหวัด Semnan ที่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอิหร่าน และพืชที่นำมาใช้ประเมินความเหมาะสม

ได้แก่ มะเขือเทศ ข้าวสาลี และมันฝรั่ง สำหรับปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ความลึกของราก CaCo_3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ความเหนียวของดิน ค่า pH และความลาดชัน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$ และ $\alpha = 0.05$ ผลลัพธ์ของการคำนวณทั้ง 4 วิธี Fuzzy Sets Method มีนัยสำคัญกับทุกพืชที่ $p = 0.05$ แต่วิธี Maximum Limitation Method ไม่มีนัยสำคัญ และ Storie Method และ Square Root Methods มีนัยสำคัญกับข้าวสาลีที่ $p = 0.1$

Jadhav, Chinnappa Reddy, and Gaddi (2017) ศึกษาเรื่อง “Application of ARIMA Model for Forecasting Agricultural Prices” เป็นการศึกษาการคาดการณ์ราคาหน้าฟาร์ม และการตรวจสอบความถูกต้องของพืช ได้แก่ ข้าวเปลือก ธัญพืชและข้าวโพด ในรัฐ Karnataka ปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ข้อมูลช่วงเวลาปี พ.ศ. 2545-2559 โดยใช้เทคนิค ARIMA แบบไม่แปรผันในการพยากรณ์ราคาของพืช และความแม่นยำของการพยากรณ์ประเมินโดยใช้เกณฑ์ MSE MAPE และ Theil U ผลการศึกษาการพยากรณ์ราคาด้วย ARIMA ได้ค่าพยากรณ์ค่อนข้างใกล้เคียง ข้าวเปลือกมีค่า MSE 4221, MAPE 2.993 และ Theil U 0.068 ธัญพืชมีค่า MSE 2792, MAPE 1.859 และ Theil U 0.029 และข้าวโพดมีค่า MSE 1726, MAPE 1.255 และ Theil U 0.027 และได้ใช้ตัวแบบนี้พยากรณ์ไปจนถึงปี พ.ศ. 2563

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษานั้น การสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูก ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ แต่ละปัจจัยนั้นก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม และการใช้งานได้จริง ปัจจัยที่เหมาะสมกับที่หนึ่ง อาจจะ ไม่เหมาะสมกับที่หนึ่ง เมื่อทำการสร้างระบบใหม่ จึงต้องทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใหม่ด้วยเช่นกัน อีกทั้งระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูกที่ทำสำหรับประเทศไทย และมีตัวเลือกในการแนะนำพืชหลายชนิด ยังไม่พบงานวิจัยในลักษณะนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจพัฒนางานวิจัยนี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูก: แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ ประกอบด้วยขั้นตอนวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ
2. การสร้างคลังข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ระบบ

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัย และปรึกษาผู้รู้ในด้านการเพาะปลูก เพื่อหาปัจจัยที่เกษตรกรใช้ในการตัดสินใจเลือกพืชการเพาะปลูก จากงานวิจัยเรื่อง Farmer's Analytical Assistant ของ Ratkal, Akalwadi, Patil, and Mahesh (2016) ได้เลือกใช้ปัจจัยในการแนะนำการเพาะปลูกพืชไว้ 3 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำฝน ราคาในอดีต และอุณหภูมิ จากการปรึกษาผู้รู้ในด้านการเพาะปลูกได้แนะนำถึงปัจจัยที่เกษตรกรเลือกใช้ในการเพาะปลูกไว้ 5 ปัจจัย คือ ราคาขาย ณ ปัจจุบัน ความรู้ของบรรพบุรุษ หรือความรู้ที่เคยปลูก ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก ความต้องการของสินค้า หรือมีการทำสัญญาซื้อขายไว้ล่วงหน้า และสภาพความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะปลูก จากปัจจัยข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์ แล้วเลือกปัจจัยที่เหมาะสม มีผลต่อการเพาะปลูก และมีผลต่อกำไรของเกษตรกรไว้ ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 4)

ตาราง 4

เหตุผลในการเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

ปัจจัย	แหล่งอ้างอิง	เลือก/ ไม่เลือก	เหตุผล
1. ปริมาณน้ำฝน	Ratkal et al. (2016)	ไม่เลือก	ปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือรู้จำนวนที่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ เพราะฉะนั้น การอาศัยปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงเป็นทางเลือกที่ไม่เหมาะสมสำหรับผู้วิจัย
2. ราคาในอดีต	Ratkal et al. (2016)	เลือก	ราคาในอดีตเป็นปัจจัยที่สามารถสะท้อนราคาในอนาคต ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปัจจัยนี้ในการให้คำแนะนำ และผู้วิจัยยังหาปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับราคาในอนาคตอีกด้วย
3. อุณหภูมิ	Ratkal et al. (2016)	ไม่เลือก	อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม อีกทั้งค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของประเทศไทยทั้งประเทศค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น การแนะนำการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ของประเทศ อุณหภูมิจึงมีผลกระทบค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงไม่เลือกใช้ปัจจัยนี้
4. ราคาขาย ณ ปัจจุบัน	Agha et al. (2012)	เลือก	ราคาขาย ณ ปัจจุบันก็เป็นเหตุผลเดียวกับราคาในอดีต ที่สามารถสะท้อนราคาในอนาคตได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปัจจัยนี้ในการให้คำแนะนำ
5. ความรู้ของบรรพบุรุษ หรือความรู้ที่เคยปลูก	ผู้เชี่ยวชาญ	ไม่เลือก	ความรู้ของบรรพบุรุษ หรือความรู้ที่เคยปลูก เป็นสิ่งที่สามารถเรียนรู้ หรือหาประสบการณ์เพิ่มได้ ผู้วิจัยจึงไม่เลือกใช้ปัจจัยนี้
6. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก	Kumar and Babu (2016)	เลือก	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก โดยปัจจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ปัจจัยนี้ในการให้คำแนะนำ แต่ผู้จัดทำยังมองถึงปริมาณน้ำที่คงเหลือในเขื่อนต่าง ๆ ใกล้เคียงบริเวณที่เพาะปลูก ที่สามารถใช้ได้มาประกอบเพิ่มเติมในปัจจัยนี้ด้วย
7. ความต้องการของสินค้า หรือมี การทำสัญญาซื้อขายไว้ล่วงหน้า	Agha et al. (2012)	เลือก	ความต้องการของสินค้า หรือมีการทำสัญญาซื้อขายไว้ล่วงหน้าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการขายสินค้าที่จะเพาะปลูก ถ้าไม่มีความต้องการที่จะซื้อแล้ว ผลผลิตที่ออกมา ก็ไม่สามารถจะขายได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปัจจัยนี้ในการให้คำแนะนำ

ตาราง 4 (ต่อ)

ปัจจัย	แหล่งอ้างอิง	เลือก/ ไม่เลือก	เหตุผล
8. สภาพความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะปลูก	Sharififar et al. (2016)	เลือก	สภาพความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะปลูกเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของการเพาะปลูก เพราะถ้าพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยแก่การเพาะปลูก การเพาะปลูกก็ไม่สามารถได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปัจจัยนี้ในการให้คำแนะนำ

จากตาราง 4 ผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยที่ใช้ในการแนะนำการเพาะปลูกไว้ 4 ปัจจัย คือ

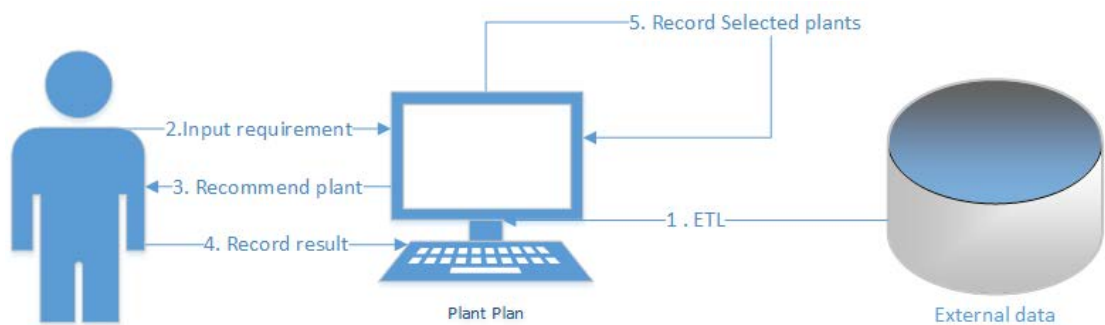
1. ความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกกับพืชที่ต้องการปลูก โดยใช้ข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อนใกล้กับบริเวณพื้นที่เพาะปลูก โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อนจากศูนย์ประมวลวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ กรมชลประทาน
3. ความต้องการในอนาคตของพืชที่ต้องการปลูก ดูจากการคาดการณ์ความต้องการของสินค้าเกษตรเทียบกับผลผลิตที่ออกสู่ตลาดแล้ว โดยใช้ข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการของสินค้าจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร
4. ผลกำไร คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือน โดยการเอาต้นทุนที่เกษตรกรจะใช้ หรือ ค่าต้นทุนเฉลี่ย มาลบกับราคาขายที่พยากรณ์ไว้ ณ เวลาที่ผลผลิตมาหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการปลูกเป็นกำไรต่อเดือน โดยใช้ข้อมูลราคาขายในอดีตจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร

$$\text{ผลกำไร} = \frac{\text{ต้นทุนต่อไร่} - (\text{ผลผลิต (ตัน)} \times \text{ราคาพยากรณ์ ณ เวลาที่ผลผลิตออก})}{\text{เวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก (วัน)} / 30}$$

การออกแบบระบบ ระบบงาน (work flow) ของการทำงานของระบบจะมีอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ จากแหล่งต่าง ๆ เข้าสู่ระบบ เพื่อนำไปใช้ประมวลผลหรือใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น

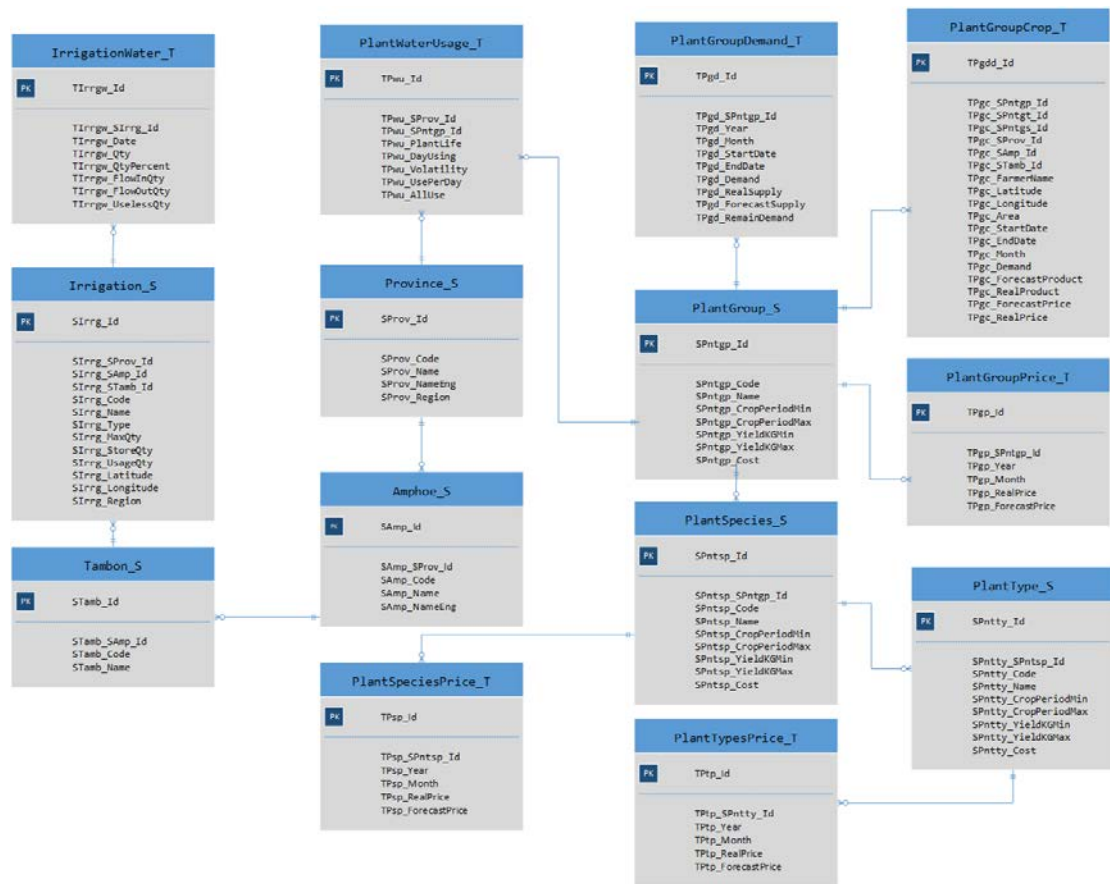
2. ผู้ใช้ระบบใส่ข้อมูลความต้องการในการเพาะปลูก
3. ระบบทำการประมวลผล และบอกผลลัพธ์คะแนนของพืชแต่ละชนิด
4. ผู้ใช้เลือกพืชที่จะทำการเพาะปลูกจริง
5. ระบบบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลการเลือกพืชที่เพาะปลูกนำไปใช้วิเคราะห์ให้กับผู้ใช้คนถัดไป



ภาพ 6 ระบบงาน (work flow)

สร้างคลังข้อมูล

โครงสร้างความสัมพันธ์ (ER diagram) เป็นการเก็บข้อมูลที่ระบบนำไปใช้ มีโครงสร้างความสัมพันธ์ ดังแสดงในภาพ 7 ข้อมูลที่ถูกเก็บในแต่ละตารางจะอธิบายไว้ในหัวข้อคำอธิบายโครงสร้างข้อมูล (data dictionary)



ภาพ 7 โครงสร้างความสัมพันธ์ (ER diagram)

คำอธิบายโครงสร้างข้อมูล (data dictionary) โครงสร้างตารางในฐานข้อมูล เป็นชื่อตารางในฐานข้อมูลที่ระบบใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปประมวลผล หรือนำเสนอ แก่ผู้ใช้งาน รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 5)

ตาราง 5

ข้อมูลทั้งหมด

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	Amphoe_S	ตารางอำเภอ
2	Irrigation_S	ตารางเขื่อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
3	IrrigationWater_T	ตารางเก็บข้อมูลปริมาณน้ำเข้า/ออกจาก เขื่อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
4	PlantGroup_S	ตารางรายชื่อกลุ่มพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น
5	PlantGroupCrop_T	ตารางเก็บข้อมูลการเพาะปลูกของกลุ่มพืช
6	PlantGroupDemand_T	ตารางเก็บข้อมูลความต้องการผลผลิตของกลุ่มพืช
7	PlantGroupPrice_T	ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของกลุ่มพืช
8	PlantSpecies_S	ตารางรายชื่อพันธุ์พืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวหอมมะลิ ข้าวเหนียว เป็นต้น
9	PlantSpeciesPrice_T	ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของพันธุ์พืช
10	PlantType_S	ตารางรายชื่อชนิดพืช เช่น ข้าวเจ้า กข 2 ข้าวเจ้า กข 21 ข้าวเจ้า กข 23 เป็นต้น
11	PlantTypePrice_T	ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของชนิดพืช
12	PlantWaterUsage_T	ตารางปริมาณน้ำที่ใช้ของกลุ่มพืช
13	Province_S	ตารางจังหวัด
14	Tambon_S	ตารางตำบล

ตารางอำเภอ ชื่อ Amphoe_S เก็บข้อมูลอำเภอในประเทศไทย รายละเอียดดังข้อมูล
ที่ปรากฏ (ดูตาราง 6)

ตาราง 6

อำเภอ

ลำดับ	ชื่อคอลัมน์	คำอธิบาย
1	SAmp_Id	รหัสอำเภอ
2	SAmp_SProv_Id	รหัสจังหวัด
3	SAmp_Code	ชื่อย่ออำเภอ
4	SAmp_Name	ชื่ออำเภอภาษาไทย
5	SAmp_NameEng	ชื่ออำเภอภาษาอังกฤษ

ตารางเชื่อมเก็บน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลางชื่อ Irrigation_S เก็บข้อมูลเชื่อมในประเทศไทย และข้อมูลรายละเอียด เช่น ความจุ ปริมาณการใช้ ที่ตั้ง เป็นต้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 7)

ตาราง 7

เชื่อมเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SIrrg_Id	รหัสเชื่อมหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
2	SIrrg_SProv_Id	รหัสจังหวัด
3	SIrrg_SAmP_Id	รหัสอำเภอ
4	SIrrg_STamb_Id	รหัสตำบล
5	SIrrg_Code	ชื่อย่อเชื่อมหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
6	SIrrg_Name	ชื่อเชื่อมหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
7	SIrrg_Type	ประเภทเชื่อมหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
8	SIrrg_MaxQty	ความจุสูงสุด (ลบ.ม.)
9	SIrrg_StoreQty	ความจุ (ลบ.ม.)
10	SIrrg_UsageQty	ปริมาณการใช้ (ลบ.ม.)
11	SIrrg_Latitude	ที่ตั้งละติจูด
12	SIrrg_Longitude	ที่ตั้งลองจิจูด
13	SIrrg_Region	ภาคที่ตั้งของเชื่อม

ตารางเก็บข้อมูลปริมาณน้ำเข้า/ออกจากเชื่อมเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลางชื่อ IrrigationWater_T เก็บข้อมูลปริมาณน้ำเข้าออกของแต่ละเชื่อมเป็นรายวัน รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 8)

ตาราง 8

ปริมาณน้ำเข้า/ออกจากเขื่อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TIrrgw_Id	รหัสเก็บข้อมูลปริมาณน้ำเข้า/ออกจากเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
2	TIrrgw_SIrrg_Id	รหัสเขื่อนเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
3	TIrrgw_Date	วันที่บันทึก
4	TIrrgw_Qty	ปริมาณคงเหลือ (ลบ.ม.)
5	TIrrgw_QtyPercent	เปอร์เซ็นต์ปริมาณคงเหลือ
6	TIrrgw_FlowInQty	ปริมาณน้ำเข้า (ลบ.ม.)
7	TIrrgw_FlowOutQty	ปริมาณน้ำออก (ลบ.ม.)
8	TIrrgw_UselessQty	ปริมาณน้ำที่สูญหาย (ลบ.ม.)

ตารางรายชื่อกลุ่มพืช ชื่อ PlantGroup_S เก็บข้อมูลของกลุ่มพืชแต่ละชนิด และรายละเอียด เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก ผลผลิตที่จะเพาะปลูกได้ ต้นทุนในการเพาะปลูก เป็นต้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 9)

ตาราง 9

รายชื่อกลุ่มพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
2	SPntgp_Code	ชื่อย่อกลุ่มพืช
3	SPntgp_Name	ชื่อกลุ่มพืช
4	SPntgp_CropPeriodMin	ระยะเวลาปลูกขั้นต่ำ (วัน)
5	SPntgp_CropPeriodMax	ระยะเวลาปลูกสูงสุด (วัน)
6	SPntgp_YieldKGMin	ผลผลิตต่อไร่ต่ำสุด (กิโลกรัม)
7	SPntgp_YieldKGMax	ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (กิโลกรัม)
8	SPntgp_Cost	ต้นทุนต่อไร่ (บาท)

ตารางเก็บข้อมูลการเพาะปลูกของกลุ่มพืช ชื่อ PlantGroupCrop_T เก็บข้อมูลพืชที่เกษตรกรเลือกที่จะเพาะปลูก และรายละเอียด เช่น ที่ตั้ง จำนวนพื้นที่ที่เพาะปลูก วันเริ่มเพาะปลูก เป็นต้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 10)

ตาราง 10

การเพาะปลูกของกลุ่มพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPgc_Id	รหัสกลุ่มพืช
2	TPgc_SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
3	TPgc_SPntgt_Id	รหัสชนิดพืช
4	TPgc_SPntgs_Id	รหัสพันธุ์พืช
5	TPgc_SProv_Id	รหัสจังหวัด
6	TPgc_SAmp_Id	รหัสอำเภอ
7	TPgc_STamb_Id	รหัสตำบล
8	TPgc_FarmerName	ชื่อเกษตรกร
9	TPgc_Latitude	ที่ตั้งละติจูด
10	TPgc_Longitude	ที่ตั้งลองจิจูด
11	TPgc_Area	พื้นที่ปลูก (ไร่)
12	TPgc_StartDate	วันเริ่มปลูก
13	TPgc_EndDate	วันเก็บเกี่ยว
14	TPgc_Month	จำนวนเดือนที่ปลูก
15	TPgc_Demand	ความต้องการก่อนปลูก (กิโลกรัม)
16	TPgc_ForecastProduct	ผลผลิตคาดการณ์ (กิโลกรัม)
17	TPgc_RealProduct	ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจริง (กิโลกรัม)
18	TPgc_ForecastPrice	ราคาขายคาดการณ์ (บาท)
19	TPgc_RealPrice	ราคาขายจริง (บาท)

ตารางเก็บข้อมูลความต้องการผลผลิตของกลุ่มพืช ชื่อ PlantGroupDemand_T เก็บข้อมูลความต้องการของผลผลิตของพืชแต่ละชนิดเป็นรายเดือน รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 11)

ตาราง 11

ความต้องการผลผลิตของกลุ่มพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPgd_Id	รหัสความต้องการผลผลิตของกลุ่มพืช
2	TPgd_SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
3	TPgd_Year	ปีที่ต้องการผลผลิต
4	TPgd_Month	เดือนที่ต้องการผลผลิต
5	TPgd_StartDate	วันที่เริ่ม
6	TPgd_EndDate	วันที่สิ้นสุด
7	TPgd_Demand	ความต้องการ
8	TPgd_RealSupply	ผลผลิตที่รองรับจริง
9	TPgd_ForecastSupply	ผลผลิตที่คาดการณ์
10	TPgd_RemainDemand	ความต้องการคงเหลือ

ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของกลุ่มพืช ชื่อ PlantGroupPrice_T เก็บข้อมูลราคาขายของกลุ่มพืช มีทั้งค่าประมาณการ และราคาขายจริง รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 12)

ตาราง 12

ราคาผลผลิตของกลุ่มพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPgp_Id	รหัสราคาผลผลิตของกลุ่มพืช
2	TPgp_SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
3	TPgp_Year	ปีของราคาผลผลิต
4	TPgp_Month	เดือนของราคาผลผลิต
5	TPgp_RealPrice	ราคาขายจริง (บาท)
6	TPgp_ForecastPrice	ราคาขายคาดการณ์ (บาท)

ตารางรายชื่อพันธุ์พืช ชื่อ PlantSpecies_S เก็บข้อมูลของพันธุ์พืชแต่ละชนิด และรายละเอียด เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก ผลผลิตที่จะเพาะปลูกได้ ต้นทุนในการเพาะปลูก เป็นต้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 13)

ตาราง 13

รายชื่อพันธุ์พืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SPntsp_Id	รหัสพันธุ์กลุ่มพืช
2	SPntsp_SPntgp_Id	รหัสพันธุ์พืช
3	SPntsp_Code	ชื่อย่อพันธุ์พืช
4	SPntsp_Name	ชื่อพันธุ์พืช
5	SPntsp_CropPeriodMin	ระยะเวลาปลูกขั้นต่ำ (วัน)
6	SPntsp_CropPeriodMax	ระยะเวลาปลูกสูงสุด (วัน)
7	SPntsp_YieldKGMin	ผลผลิตต่อไร่ต่ำสุด (กิโลกรัม)
8	SPntsp_YieldKGMax	ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (กิโลกรัม)
9	SPntsp_Cost	ต้นทุนต่อไร่ (บาท)

ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของพันธุ์พืช ชื่อ PlantSpeciesPrice_T เก็บข้อมูลราคาขายของพันธุ์พืช มีทั้งค่าประมาณการ และราคาขายจริง รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 14)

ตาราง 14

ราคาผลผลิตของพันธุ์พืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPsp_Id	รหัสราคาผลผลิตของพันธุ์พืช
2	TPsp_SPntsp_Id	รหัสพันธุ์พืช
3	TPsp_Year	ปีของราคาผลผลิต
4	TPsp_Month	เดือนของราคาผลผลิต
5	TPsp_RealPrice	ราคาขายจริง (บาท)
6	TPsp_ForecastPrice	ราคาขายคาดการณ์ (บาท)

ตารางรายชื่อชนิดพืช ชื่อ PlantType_S เก็บข้อมูลของชนิดพืชแต่ละชนิด และรายละเอียด เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก ผลผลิตที่จะเพาะปลูกได้ ต้นทุนในการเพาะปลูก เป็นต้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 15)

ตาราง 15

รายชื่อชนิดพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SPntty_Id	รหัสชนิดพืช
2	SPntty_SPntsp_Id	รหัสพันธุ์กลุ่มพืช
3	SPntty_Code	ชื่อย่อชนิดพืช
4	SPntty_Name	ชื่อชนิดพืช
5	SPntty_CropPeriodMin	ระยะเวลาปลูกขั้นต่ำ (วัน)
6	SPntty_CropPeriodMax	ระยะเวลาปลูกสูงสุด (วัน)

ตาราง 15 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
7	SPntty_YieldKGMin	ผลผลิตต่อไร่ต่ำสุด (กิโลกรัม)
8	SPntty_YieldKGMax	ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (กิโลกรัม)
9	SPntty_Cost	ต้นทุนต่อไร่ (บาท)

ตารางเก็บข้อมูลราคาผลผลิตของชนิดพืช ชื่อ PlantTypePrice_T เก็บข้อมูลราคาขายของชนิดพืช มีทั้งค่าประมาณการ และราคาขายจริง รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 16)

ตาราง 16

ราคาผลผลิตของชนิดพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPtp_Id	รหัสราคาผลผลิตของชนิดพืช
2	TPtp_SPntty_Id	รหัสพันธุ์ชนิดพืช
3	TPtp_Year	ปีของราคาผลผลิต
4	TPtp_Month	เดือนของราคาผลผลิต
5	TPtp_RealPrice	ราคาขายจริง (บาท)
6	TPtp_ForecastPrice	ราคาขายคาดการณ์ (บาท)

ตารางปริมาณน้ำที่ใช้ของกลุ่มพืช ชื่อ PlantWaterUsage_T เก็บปริมาณน้ำที่ใช้ของแต่ละกลุ่มพืช เก็บเป็นรายจังหวัด รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 17)

ตาราง 17

ปริมาณน้ำที่ใช้ของกลุ่มพืช

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	TPwu_Id	รหัสปริมาณน้ำที่ใช้ของกลุ่มพืช
2	TPwu_SProv_Id	รหัสจังหวัด
3	TPwu_SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
4	TPwu_PlantLife	อายุพืช
5	TPwu_DayUsing	จำนวนวันที่ใช้
6	TPwu_Volatility	ปริมาณน้ำที่ระเหย (ลิตร)
7	TPwu_UsePerDay	จำนวนที่ใช้ต่อวัน (ลิตร)
8	TPwu_AllUse	ใช้ทั้งหมด (ลิตร)

ตารางจังหวัด ชื่อ Province_S เก็บข้อมูลจังหวัดในประเทศไทย รายละเอียด
 ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 18)

ตาราง 18

จังหวัด

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SProv_Id	รหัสจังหวัด
2	SProv_Code	ชื่อย่อจังหวัด
3	SProv_Name	ชื่อจังหวัดภาษาไทย
4	SProv_NameEng	ชื่อจังหวัดภาษาอังกฤษ
5	SProv_Region	ภาค

ตารางตำบล ชื่อ Tambon_S เก็บข้อมูลตำบลในประเทศไทย รายละเอียดดังข้อมูล
 ที่ปรากฏ (ดูตาราง 19)

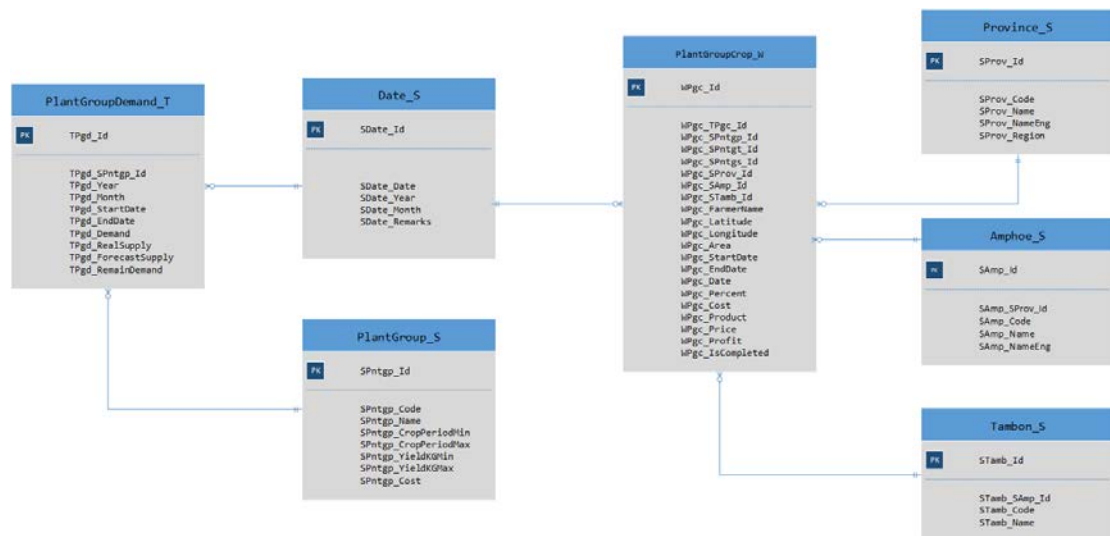
ตาราง 19

ตำบล

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	STamb_Id	รหัสตำบล
2	STamb_SAmp_Id	รหัสอำเภอ
3	STamb_Code	ชื่อย่อตำบล
4	STamb_Name	ชื่อตำบล

โครงสร้างความสัมพันธ์คลังข้อมูล (star schema)

เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผลมาแล้ว เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้วิเคราะห์ หรือออกรายงานตามมุมมองที่ต้องการ มีโครงสร้างความสัมพันธ์ ดังแสดงในภาพ 8 ข้อมูลที่ถูกเก็บในแต่ละตาราง จะอธิบายไว้ในหัวข้อ คำอธิบายโครงสร้างคลังข้อมูล (data dictionary)



ภาพ 8 โครงสร้างความสัมพันธ์คลังข้อมูล (star schema)

คำอธิบายโครงสร้างคลังข้อมูล (data dictionary)

โครงสร้างตารางในคลังข้อมูล เป็นชื่อตารางในฐานะข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผลมาแล้ว จัดเก็บข้อมูลเพื่อไว้ใช้ในการนำเสนอข้อมูลได้ง่ายขึ้น รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 20)

ตาราง 20

คลังข้อมูล

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	Date_S	วันที่
2	PlantGroupCrop_W	การเพาะปลูกพืชรายวัน

วันที่ (Date_S) เก็บข้อมูลวันที่ เดือน และปี รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 21)

ตาราง 21

วันที่

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	SDate_Id	รหัสวันที่
2	SDate_Date	วันที่
3	SDate_Year	ปี
4	SDate_Month	เดือน

การเพาะปลูกพืชรายวัน (PlantGroupCrop_W) เก็บข้อมูลความถี่ของพืชที่เลือกทำการเพาะปลูกแล้ว รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 22)

ตาราง 22

การเพาะปลูกพืชรายวัน

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	WPgc_Id	รหัสการเพาะปลูกพืชรายวัน
2	WPgc_TPgc_Id	รหัสการเพาะปลูก
3	WPgc_SPntgp_Id	รหัสกลุ่มพืช
4	WPgc_SPntgt_Id	รหัสพันธุ์พืช
5	WPgc_SPntgs_Id	รหัสชนิดพืช
6	WPgc_SProv_Id	รหัสจังหวัด
7	WPgc_SAmP_Id	รหัสอำเภอ
8	WPgc_STamb_Id	รหัสตำบล
9	WPgc_FarmerName	ชื่อเกษตรกร
10	WPgc_Latitude	ละติจูด
11	WPgc_Longitude	ลองจิจูด
12	WPgc_Area	จำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
13	WPgc_StartDate	วันเริ่มปลูก
14	WPgc_EndDate	วันเก็บเกี่ยว
15	WPgc_Date	วันที่บันทึก
16	WPgc_Percent	เปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า
17	WPgc_Cost	ต้นทุน (บาท)
18	WPgc_Product	ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ (กิโลกรัม)
19	WPgc_Price	ราคาขาย (บาท)
20	WPgc_Profit	กำไร (บาท)
21	WPgc_IsCompleted	เก็บเกี่ยวสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์และให้คำแนะนำในการเลือกพืชที่จะทำการเพาะปลูก จำเป็นต้องหาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจ และข้อมูลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจ ดังนั้น จึงต้องรวบรวมข้อมูลเหล่านั้นจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ นำมาประมวลผล และใช้ประกอบการตัดสินใจ การรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจากแหล่งต่าง ๆ มีดังนี้

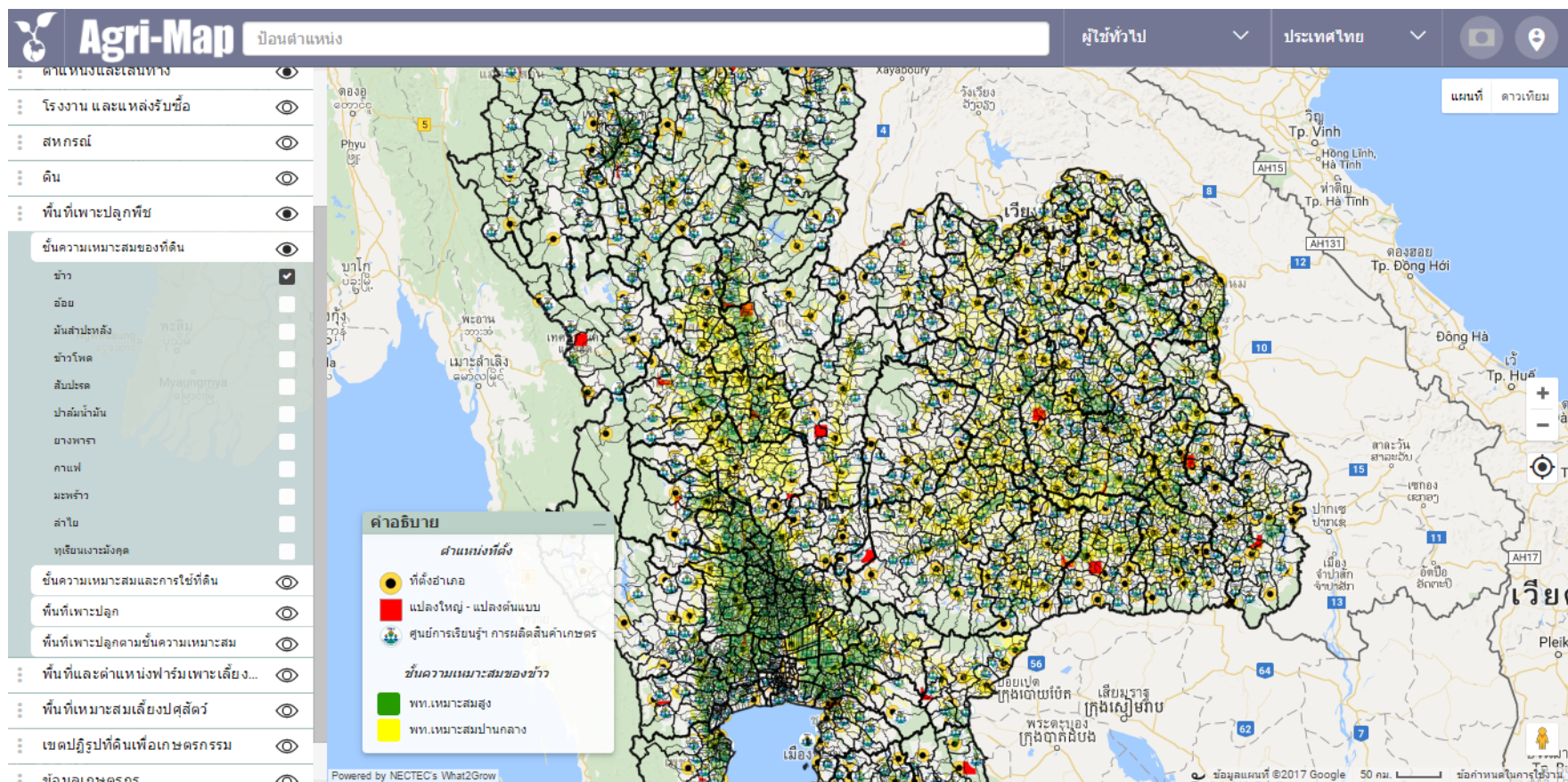
1. ข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกกับพืชที่ต้องการปลูก ได้รับข้อมูลจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ เป็นข้อมูลเชิงแผนภูมิ ข้อมูลจะแสดงผลบนแผนที่ ซึ่งจะต้องใช้ซอฟต์แวร์ Carto ที่เป็นบริการออนไลน์ในการแสดงผล ดังแสดงในภาพ 9

ข้อมูลที่แสดงในภาพ 9 จะเป็นแผนที่แสดงข้อมูลของพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกในระดับต่าง ๆ ของพืชที่สนใจ เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น

2. ข้อมูลปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน ได้รับข้อมูลจากศูนย์ประมวลวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ กรมชลประทาน เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบรายงาน แต่ต้องทำการคัดลอกข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ และนำข้อมูลลงฐานข้อมูลต่อไป ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 23)

3. ข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการของสินค้า ได้รับข้อมูลจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบของรายงาน และทำการบันทึกข้อมูลเข้าฐานข้อมูล

4. ข้อมูลราคาขายผลผลิตทางการเกษตรในอดีต ได้รับข้อมูลจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบเป็นไฟล์ Excel และนำเข้าฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้ ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 24)



ภาพ 9 ข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก

ที่มา. จาก ระบบแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุกออนไลน์, 2560, ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก <http://agri-map-online.moac.go.th/>

ตาราง 23

ข้อมูลปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน รายงานวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2560

อ่างเก็บน้ำเขื่อน			ปริมาณน้ำในอ่างฯ				ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯ				ปริมาณน้ำระบาย		
(ภาค)	ความจุที่			ปัจจุบัน		ใช้การได้จริง		ค่าเฉลี่ย (ล้าน ม. 3)	สะสมตั้งแต่ 1 ม.ค. 60			วันนี้ (ล้าน ม. 3)	สะสมตั้งแต่ 1 ม.ค. 60 (ล้าน ม. 3)
	รณก.	ปี 2559	ปริมาณน้ำ (ล้าน ม. 3)	% เทียบกับ รณก.	ปริมาณน้ำ (ล้าน ม. 3)	% เทียบกับ รณก.	ปริมาณ น้ำ (ล้าน ม. 3)		ปริมาณ (ล้าน ม. 3)	% เทียบกับ ค่าเฉลี่ยทั้งปี			
	(ล้าน ม. 3)	(ล้าน ม. 3)											
	(ล้าน ม. 3)	(ล้าน ม. 3)											
เขื่อนภูมิพล	13,462	4,007	6,022	45	2,221.61	17	5,607	17.63	871.69	15.55	3	1,640.67	
เขื่อนสิริกิติ์	9,510	3,594	4,645	49	1,794.60	19	5,683	9.4	783.04	13.78	5.05	3,292.99	
เขื่อนแม่งัด	265	44	88	33	75.62	29	319	0.16	19.13	6	0.25	103.73	
เขื่อนก้วลม	106	28	65	61	61.34	58	547	0.79	181.71	33.22	1.2	212.98	
เขื่อนแม่กวง	263	31	44	17	29.85	11	190	0.19	31.98	16.83	0.04	88.45	
เขื่อนก้วคอหมา	170	35	132	77	125.39	74	229	0.5	53.52	23.37	0.4	89.19	
เขื่อนแควน้อย	939	246	388	41	344.96	37	1,387	6.38	229.16	16.52	1.73	641.28	

ที่มา. จาก รายงานสภาพน้ำเขื่อนต่าง ๆ, โดย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2560, คั่นเมื่อ 17

กรกฎาคม 2560, จาก http://www.thaiwater.net/DATA/REPORT/php/rid_bigcm.php

ตาราง 24

ข้อมูลราคาสินค้าที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา

รายการสินค้า	หน่วย	พ.ศ. 2548											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15%	บาท/ตัน	6,423.00	6,568.00	6,568.00	6,556.00	6,471.00	6,614.00	6,718.00	6,754.00	6,840.00	6,900.00	6,692.00	6,744.00
ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ	บาท/ตัน	7,604.00	7,736.00	7,816.00	7,913.00	7,769.00	7,630.00	7,486.00	7,618.00	7,816.00	7,850.00	7,393.00	7,579.00
ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดขาว	บาท/ตัน	5,929.00	5,940.00	6,039.00	6,115.00	6,060.00	6,038.00	6,034.00	6,157.00	6,084.00	5,812.00	5,576.00	5,835.00
อ้อยรวมพันธุ์	บาท/ตัน	520.00	517.00	529.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	670.00	684.00
มันสำปะหลังกละ	บาท/กก.	1.30	1.39	1.48	1.47	1.41	1.30	1.30	1.40	1.30	1.21	1.27	1.40
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	บาท/กก.	5.01	4.96	4.97	4.83	5.02	4.81	5.05	4.89	4.73	4.74	4.73	4.74

ที่มา. จาก ราคาสินค้าเกษตรรายเดือน, โดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560, ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก <http://www.oae.go.th/monthlyprice.html>

5. ข้อมูลต้นทุนการผลิต ได้รับข้อมูลจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบ เป็นไฟล์ Excel และนำเข้าฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้ ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 25)

ตาราง 25

คำนวณต้นทุนการผลิตข้าวนาปี

คำนวณต้นทุนการผลิตข้าวนาปี				
พื้นที่เพาะปลูก แปลงที่คำนวณ ระบุจำนวนไร่	1.00	ไร่		
1. ค่าใช้จ่าย				
1.1 ค่าแรงงาน	0.00	บาท		
ค่าเตรียมดิน		บาท		
ค่าปลูก รวมค่าเตรียมพันธุ์		บาท		
ค่าดูแลรักษา		บาท		
ค่าเก็บเกี่ยว รวบรวม		บาท		
1.2 ค่าวัสดุ	0.00	บาท		
ค่าพันธุ์		บาท		
ค่าปุ๋ย		บาท		
ค่ายาปราบศัตรูพืชและวัชพืช		บาท		
ค่าวัสดุอื่น ๆ น้ำมันเชื้อเพลิง และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์		บาท		
1.3 เสียโอกาสเงินลงทุน	0.00	บาท	7	(อัตราดอกเบี้ยร้อยละ ต่อปี)
1.4 ค่าเช่าที่ดิน		บาท		
1.5 ค่าเสื่อมอุปกรณ์	7.31	บาท	7.31	บาทต่อไร่
1.6 ค่าเสียโอกาสอุปกรณ์	1.98	บาท	1.98	บาทต่อไร่
2. ผลผลิต ที่คาดว่าจะเก็บเกี่ยวได้ในแปลงนี้		กิโลกรัม		
3. ราคาที่คาดว่าจะขายได้		บาทต่อดัน		
4. ผลการคำนวณตามต้นทุนของท่าน	1.00	ไร่		
ต้นทุนรวมของเกษตรกร	9.29	บาท คิดเป็น	9.29	บาท/ไร่
รายได้	0.00	บาท คิดเป็น	0.00	บาท/ไร่
กำไร/ขาดทุน	-9.29	บาท คิดเป็น	-9.29	บาท/ไร่
5. ต้นทุน ของ สศก.	3,968.21	บาท คิดเป็น	3,968.21	บาท/ไร่

ที่มา. จาก คำนวณต้นทุนผลิตข้าวนาปี, โดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ก, กันยายน 17 กรกฎาคม 2560, <http://www.oae.go.th/economicdata/costcal.html>

6. ข้อมูลการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด ตามพื้นที่ ได้รับข้อมูลจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจ-การเกษตร เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบ เป็นไฟล์ pdf และเข้าฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้ ดังข้อมูล ที่ปรากฏ (ดูตาราง 26)

ตาราง 26

ข้อมูลการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด จังหวัดชัยนาท

ลำดับ ที่	ชื่อพืช	อายุพืช (วัน)	จำนวนวัน ที่ต้อง ส่งน้ำ (วัน)	ค่าการ- ระเหย เฉลี่ย (มม.)	ค่า ET/E (KP)	น้ำใช้ ของพืช ต่อวัน (มม.)	น้ำใช้ของพืช	
							ตลอดอายุ มม.	ม. 3/ไร่
1	ข้าว กข.	100	86	5.3	1.30	8.4	722	1154
2	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	100	86	5.3	1.14	7.5	649	1038
3	ข้าวบาสมาดิ	100	86	5.3	1.29	8.3	717	1147
4	ข้าวสาลี	100	86	5.3	0.71	3.8	324	518
5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	100	86	5.3	0.80	4.2	365	583
6	ข้าวโพดหวาน	75	68	5.3	0.79	4.2	285	456
7	ข้าวฟ่าง	110	96	5.3	0.79	4.2	402	643
8	ถั่วเหลือง	100	86	5.3	0.85	4.5	387	620
9	ถั่วลิสง	105	91	5.3	0.80	4.2	386	617
10	ถั่วเขียว	70	63	5.3	0.67	3.6	224	358
11	งา	90	76	5.3	0.76	4.0	306	490
12	ยาสูบ	90	83	5.3	0.94	5.0	414	662
13	ทานตะวัน	110	96	5.3	0.80	4.2	407	651
14	แตงโม	85	78	5.3	1.05	5.6	434	695
15	ฝ้าย	160	130	5.3	0.71	3.8	489	783
16	อ้อย	300	270	5.3	0.71	3.8	1016	1626
17	ละหุ่ง	230	200	5.3	0.73	3.9	774	1238
18	เผือก	170	156	5.3	1.48	7.8	1224	1958
19	หน่อไม้ฝรั่ง	365	365	5.3	0.82	4.3	1586	2538
20	มะเขือเทศ	110	96	5.3	1.01	5.4	514	822
21	หอมหัวใหญ่	100	86	5.3	0.90	4.8	410	656

ตาราง 26 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อพืช	อายุพืช (วัน)	จำนวนวัน ที่ต้อง ส่งน้ำ (วัน)	ค่าการ- ระเหย เฉลี่ย (มม.)	ค่า ET/E (KP)	น้ำใช้ ของพืช ต่อวัน (มม.)	น้ำใช้ของพืช	
							ตลอดอายุ มม.	ม. 3/ไร่
22	หอมแดง	85	71	5.3	0.84	4.5	316	506
23	กระเทียม	110	96	5.3	0.55	2.9	280	448
24	มันฝรั่ง	95	81	5.3	0.89	4.7	382	611

ที่มา. จาก คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และค่าสัมประสิทธิ์พืช (หน้า 3), โดย สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2554, กรุงเทพมหานคร: ผู้แต่ง.

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ คาดหมายว่าผู้ใช้สามารถเข้าถึงโปรแกรมนี้ได้จากทุกแห่งทั่วประเทศ ดังนั้นจึงเลือกใช้บริการ Cloud เพื่อให้การเรียกใช้งานมีความรวดเร็ว โดยเว็บไซต์ใช้ภาษา Visual Basic และนำเว็บไซต์ไปติดตั้งกับบริการ Cloud และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาทั้งระบบ มีดังนี้

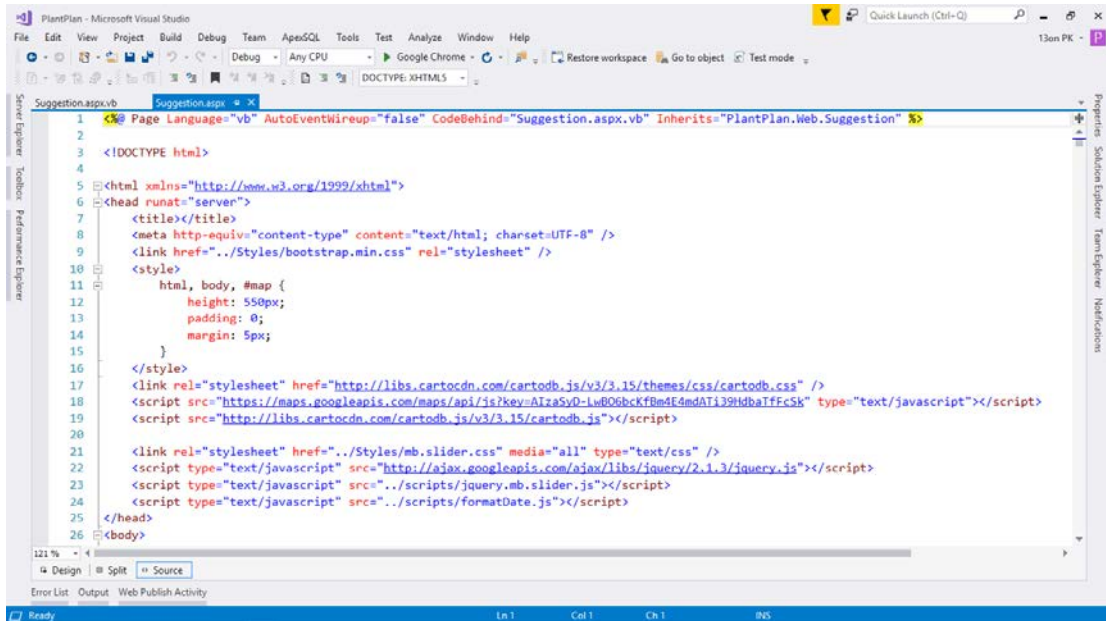
1. Visual Basic .NET
2. Cloud (azure)
3. SQL Server
4. Google Map
5. Carto
6. R studio
7. Weka
8. Tableau

Visual Basic .NET

Visual Basic .net หรือ VB .NET เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม Visual Programming บนระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากภาษา BASIC (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับผู้เริ่มหัดเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจากภาษา BASIC เป็นภาษาโปรแกรมที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย (ไทยออล, 2557)

VB .NET เป็นเวอร์ชันล่าสุดของ Visual Basic ที่บริษัทไมโครซอฟต์ได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง ต่อจากเวอร์ชัน 6 ซึ่งไมโครซอฟต์ได้เพิ่มขีดความสามารถขึ้นมาอีกมากมาย สิ่งที่น่าสนใจก็คือ การปรับเปลี่ยนภาษาให้เป็นลักษณะ OOP (Object-Oriented Programming) เต็มตัวเหมือนกับภาษาโปรแกรมสมัยใหม่ เช่น C, C++, C#, Delphi และ JAVA เป็นต้น และเนื่องจาก VB. NET อยู่ในตระกูล .NET จึงรับเอาความสามารถอื่นๆ ใน .NET เข้ามาด้วย นอกจากนั้นแล้ว VB ยังเป็นภาษาที่ถูกผนวกเข้ากับโปรแกรมอื่นๆ ของไมโครซอฟต์ เช่น Microsoft Access, Excel, Word เป็นต้น เพื่อใช้เขียนโปรแกรมลักษณะสคริปต์ (script) หรือมาโคร (macro) (ไทยอัฟโพส, 2560)

การพัฒนาระบบจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า Visual Studio 2017 โปรแกรมนี้สามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของไมโครซอฟต์ (<https://www.visualstudio.com/downloads>) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 10



ภาพ 10 โปรแกรม Visual Studio 2017

Cloud (azure)

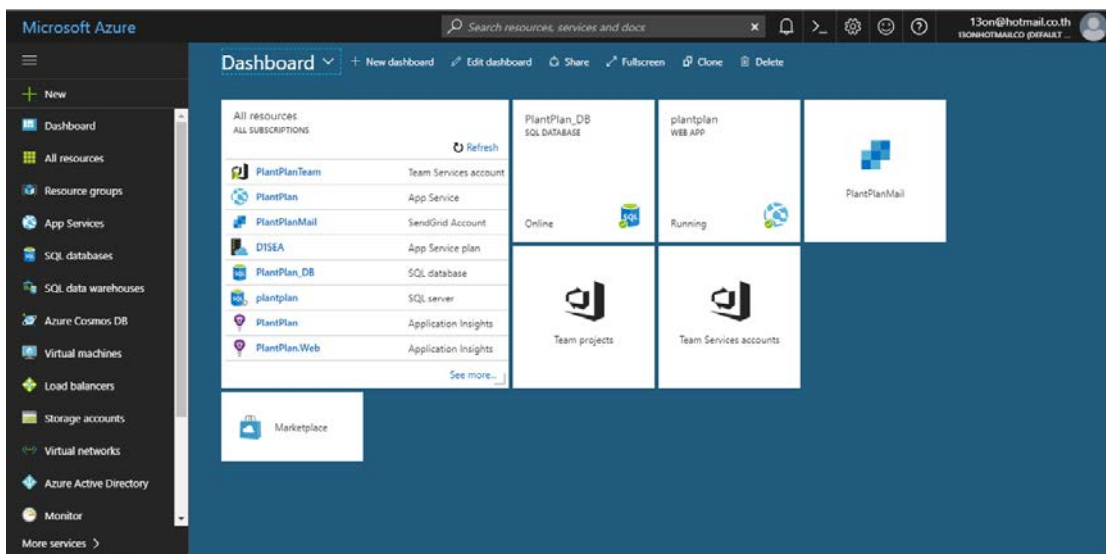
Cloud คือ การทำงานร่วมกันของเซิร์ฟเวอร์จำนวนมาก โดยแบ่งชั้นการประมวลผลออกจากชั้นเก็บข้อมูล ชั้นการประมวลผล (computing layer) เป็นการร่วมกันทำงานของเซิร์ฟเวอร์จำนวนมาก หากมีเซิร์ฟเวอร์ใดเสียหาย ก็จะไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานของลูกค้า เพราะจะย้ายการทำงานไปยังเซิร์ฟเวอร์ตัวอื่นแทนโดยอัตโนมัติ เว็บหรือเซิร์ฟเวอร์เสมือนจะทำงานประมวลผลในชั้นนี้ ซึ่งระบบจะแบ่งทรัพยากร CPU, Memory ให้ตามจำนวนที่ใช้งาน และแยกทรัพยากรกับผู้อื่นอย่างชัดเจน พร้อม Firewall ปกป้องกันระบบจากผู้ใช้อื่นได้ (สุรตนา บุญคง, 2557)

ระบบ Cloud บางแบบยังรองรับการขยายหรือหดตัวโดยอัตโนมัติสำหรับเซิร์ฟเวอร์เสมือน หรือเว็บของลูกค้า เมื่อการใช้งานเพิ่มขึ้น หรือลดลง ตามที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้น ด้วยการทำงานร่วมกันของเซิร์ฟเวอร์จำนวนมาก และการแยกส่วนของการทำงานแบบเป็นระบบเช่นนี้ จึงทำให้การทำงานของเว็บหรือเซิร์ฟเวอร์เสมือน ไม่ติดขัด และมั่นใจได้ตลอดเวลา แตกต่างจากเว็บโฮสติ้ง หรือเซิร์ฟเวอร์ธรรมดาทั่วไปที่หากเกิดการติดขัด

เสียหายของอุปกรณ์นั้น ๆ ก็จะทำให้การทำงานหยุดลงโดยไม่มีระบบทดแทน (สุรตนา บุญคง, 2557)

ระบบ Cloud เป็นระบบที่มีความน่าเชื่อถือสูง และยังสามารถกำหนดทรัพยากรตามความต้องการได้ และค่าใช้จ่ายยังถูกกว่าการตั้งระบบขึ้นมาเอง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ระบบ Cloud แต่ระบบ Cloud มีผู้ให้บริการหลายราย ผู้วิจัยจึงเลือกผู้ให้บริการจากความน่าเชื่อถือและมีบริการเสริมอื่น ๆ ที่มีให้ใช้เพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงเลือกระบบ Cloud ของ Microsoft ชื่อ Azure ที่มีผู้ใช้งานอย่างกว้างขวาง อีกทั้งผู้วิจัยยังได้จัดเก็บข้อมูลบนระบบ Cloud ของ Azure อีกด้วย (สุรตนา บุญคง, 2557)

การใช้บริการ Azure จำเป็นต้องเป็นสมาชิก จากนั้นจะสามารถเข้าใช้บริการ การตั้งค่า และปรับแต่งประสิทธิภาพ ได้จากหน้าเว็บไซต์ (<https://azure.microsoft.com>) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 11



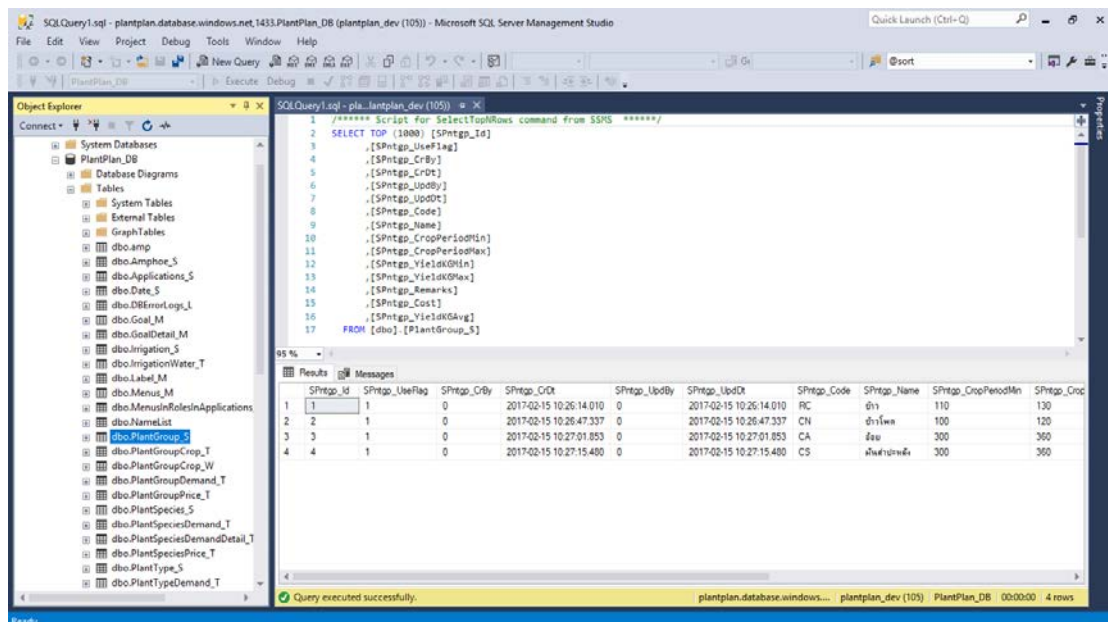
ภาพ 11 ตั้งค่าการทำงานบน Azure

SQL Server

SQL Server หรือ Microsoft SQL Server คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System--RDBMS) ผลิตโดยบริษัท Microsoft

เป็นระบบฐานข้อมูลแบบ Client/Server และรันอยู่บน Window NT ซึ่งใช้ภาษา T-SQL ในการดึงเรียกข้อมูล ด้วยเหตุที่ข้อมูลส่วนใหญ่ทั่วโลกเก็บไว้ในเครื่องที่ใช้ Microsoft Windows เป็นระบบปฏิบัติการ จึงทำให้เป็นการง่ายต่อ Microsoft SQL ที่จะนำข้อมูล ที่อยู่ในรูป Windows Based มาเก็บและประมวลผล และปัจจุบัน Microsoft ยังเปิดให้บริการ Microsoft SQL Server บนระบบ Cloud ที่สามารถกำหนดทรัพยากรที่ใช้ตามความต้องการ (Wikipedia, the free encyclopedia, 2018c)

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ใช้ได้เลือกใช้บริการระบบ Cloud ของ Microsoft Azure แล้ว จึงเลือกใช้ microsoft SQL server ที่อยู่บนระบบ cloud เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนา และทำให้ระบบมีความเสถียร การใช้งาน SQL Server จำเป็นต้องทำงานผ่านโปรแกรม SQL Server Management Studio (SSMS) เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่บน Cloud แต่ก่อนที่จะทำการติดต่อกับฐานข้อมูล ผู้ใช้จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลบน Cloud ก่อน รายละเอียดดังแสดงในภาพ 12



ภาพ 12 โปรแกรม SQL Server Management Studio (SSMS)

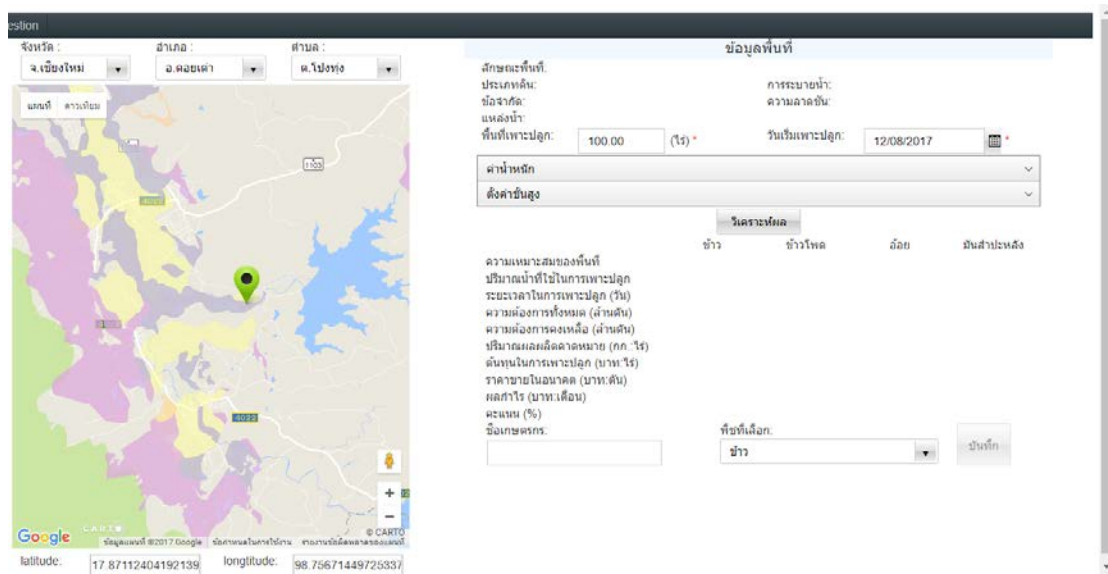
Google Map

Google Map เป็นบริการของบริษัท Google ที่เริ่มให้บริการตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 Google Maps จะรวบรวมข้อมูลจากหลากหลายที่มาเพื่อนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาให้ ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาจากข้อมูลที่มาจาก Google Search ข้อมูลที่ส่งมาจากเจ้าของธุรกิจ ในท้องถิ่นโดยตรง และข้อมูลของบุคคลที่สาม เช่น Directory ของ Yellow Pages ที่ใช้งาน ได้สำหรับสาธารณะ (Wikipedia, the free encyclopedia, 2018b)

ข้อมูลแผนที่ที่พบใน Google Maps มีที่มาจาก Tele Atlas และรูปภาพที่พบ ในโหมดดาวเทียมมีที่มาจาก Digital Globe และ MDA Federal เป็นหลัก ซึ่งทาง Google เองก็พยายามที่จะปรับเปลี่ยนข้อมูลแผนที่อย่างสม่ำเสมอ (Wikipedia, the free encyclopedia, 2018b)

Google Map เป็นเว็บไซต์ค้นหาส่วนหนึ่งของ Google โดยเน้นที่การค้นหาบริการ และร้านค้าต่าง ๆ โดยการใส่สิ่งที่ต้องการค้นหา เช่น ใส่สถานที่ ที่ต้องการค้นหา แล้ว Google Map จะแสดงผลว่ามีร้านที่ต้องการอยู่จำนวนกี่ร้าน และแสดงตำแหน่งพร้อม หมายเลขโทรศัพท์ ฐานข้อมูลบางส่วน of Google Map ได้ถูกนำมารวมกับ Google Earth (Wikipedia, the free encyclopedia, 2018b)

บริการของ Google Map ยังเปิดให้ใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ในปริมาณ ที่จำกัด มีข้อมูลที่มีการปรับปรุงอยู่เสมอ และมีความน่าเชื่อถือของข้อมูล แต่การที่จะเรียกใช้ แผนที่ของ Google ได้จะต้องมีรหัสที่ Google ออกให้ เพื่อใช้ยืนยันในการติดต่อของข้อมูล แผนที่ ในการวิจัยนี้ จึงนำแผนที่มาแสดงเพื่อให้ง่ายต่อการเลือกพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูก รายละเอียดดังแสดงในภาพ 13



ภาพ 13 การเรียกใช้ Google ในโปรแกรม

Carto

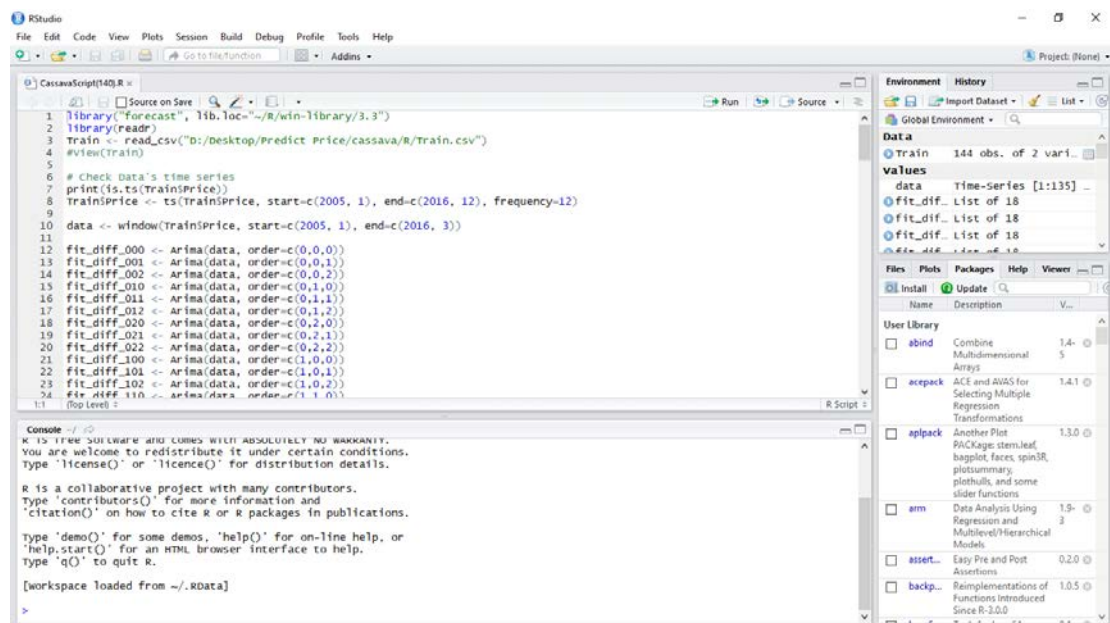
Carto (เดิม คือ Carto DB) เป็นแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์แบบคลาวด์ซอฟต์แวร์ (Software as a Service--SaaS) ที่ให้บริการเครื่องมือแผนที่ GIS และเว็บสำหรับแสดงผลในเว็บเบราว์เซอร์ มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างภาพข้อมูล ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ GIS หรือประสบการณ์การพัฒนาก่อนหน้านี้ CARTO สามารถเก็บข้อมูลและแสดงกราฟได้หลากหลายรูปแบบบนแผนที่ ตามความเหมาะสมที่ผู้ใช้งานต้องการแสดง (Wikipedia, the free encyclopedia, 2018a)

Carto เป็นเครื่องมือที่สามารถแสดงกราฟบนแผนที่บางรูปแบบที่ Google Map ไม่สามารถทำได้ และยังมีบริการที่ให้บริการโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ในปริมาณที่จำกัด อีกทั้งยังสามารถใช้งานร่วมกับ Google Map ได้ ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้งานซอฟต์แวร์นี้ แต่ก่อนที่จะสามารถเรียกใช้ข้อมูลต่าง ๆ ได้ จำเป็นต้องใส่ข้อมูลเข้าไปก่อน เมื่อต้องการเรียกใช้ข้อมูลก็สามารถเรียกใช้ด้วยภาษา SQL และข้อมูลที่สำคัญสำหรับการแสดงข้อมูลบนแผนที่ คือ ข้อมูล Geometry รายละเอียดดังแสดงในภาพ 14

R Studio

อาร์ (R) หรือภาษาอาร์ เป็นภาษาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ทางด้านสถิติ ภาษาอาร์เป็นที่นิยมใช้ในหมู่นักสถิติในด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์สถิติเอง และการวิเคราะห์ข้อมูลภาษาอาร์เป็นซอฟต์แวร์ในรูปแบบของโอเพนซอร์ซ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และแจกจ่ายได้ ส่วน R Studio เป็นเครื่องมือ (Integrated Development Environment--IDE) ที่ใช้ในการเขียน และวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังสามารถนำเข้าวิธีการวิเคราะห์สำเร็จรูป (package) ที่นักพัฒนาทั่วไปนำออกมาเผยแพร่ นำมาใช้วิเคราะห์ได้ สามารถศึกษาข้อมูลของภาษาอาร์ได้จากเว็บไซต์ www.r-project.org สำหรับโปรแกรม R studio สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ www.rstudio.com (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559)

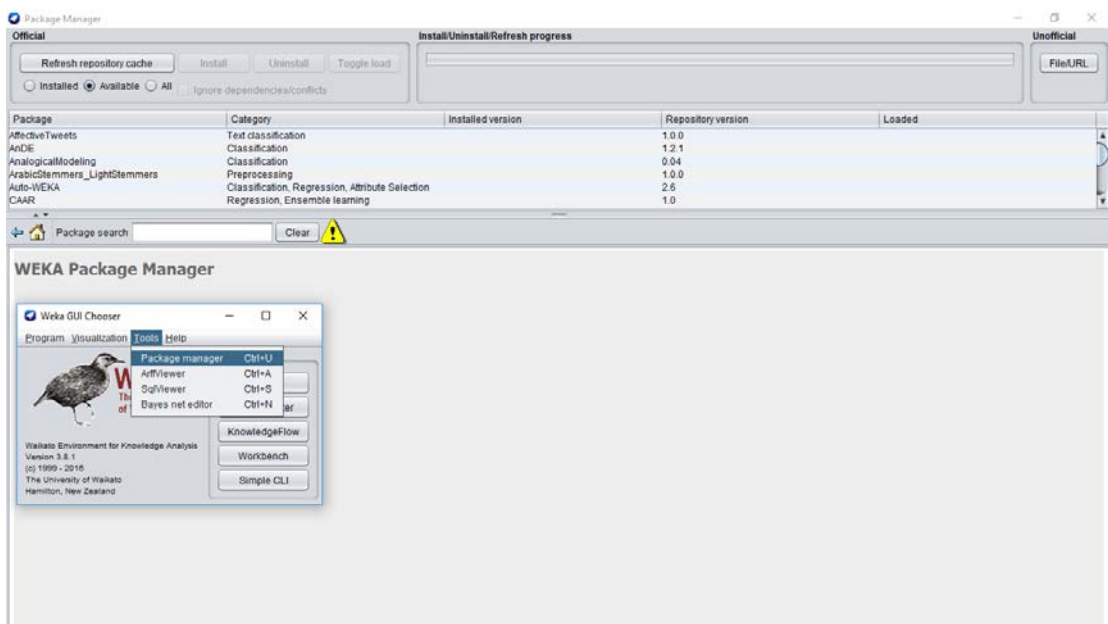
R studio เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และสามารถพัฒนาได้อย่างอิสระ เนื่องจากการใช้งานและพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้งานซอฟต์แวร์นี้ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 16



ภาพ 16 โปรแกรม R studio

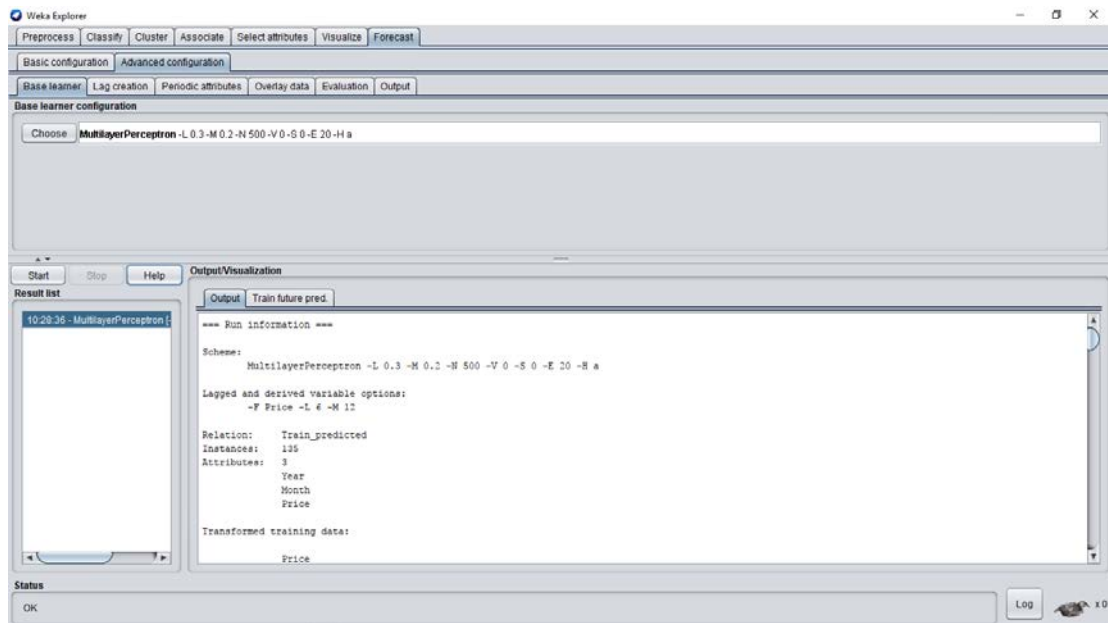
Weka

Weka เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาด้วยภาษาจาวา โดยมหาวิทยาลัย Waikato ประเทศนิวซีแลนด์ เริ่มพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ พยากรณ์ และทำเหมืองข้อมูล โดยส่วนหน้าจอของผู้ใช้งานที่สามารถเข้าใจได้ง่าย สามารถนำข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น CSV, JSON เป็นต้น และ Weka ยังเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้จากเว็บไซต์ www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/ และมีนักพัฒนาอิสระที่พัฒนาการวิเคราะห์สำเร็จรูป (package) หรือส่วนเสริมอื่น ๆ ที่สามารถดาวน์โหลดมาใส่โปรแกรม Weka เพิ่มเติมได้จากตัวโปรแกรม Weka รายละเอียดดังแสดงในภาพ 17



ภาพ 17 การติดตั้งการวิเคราะห์สำเร็จรูป

Weka เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอีกตัวหนึ่งที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย และมีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย มีหน้าต่างของการใส่ข้อมูล จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้งานซอฟต์แวร์นี้ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 18



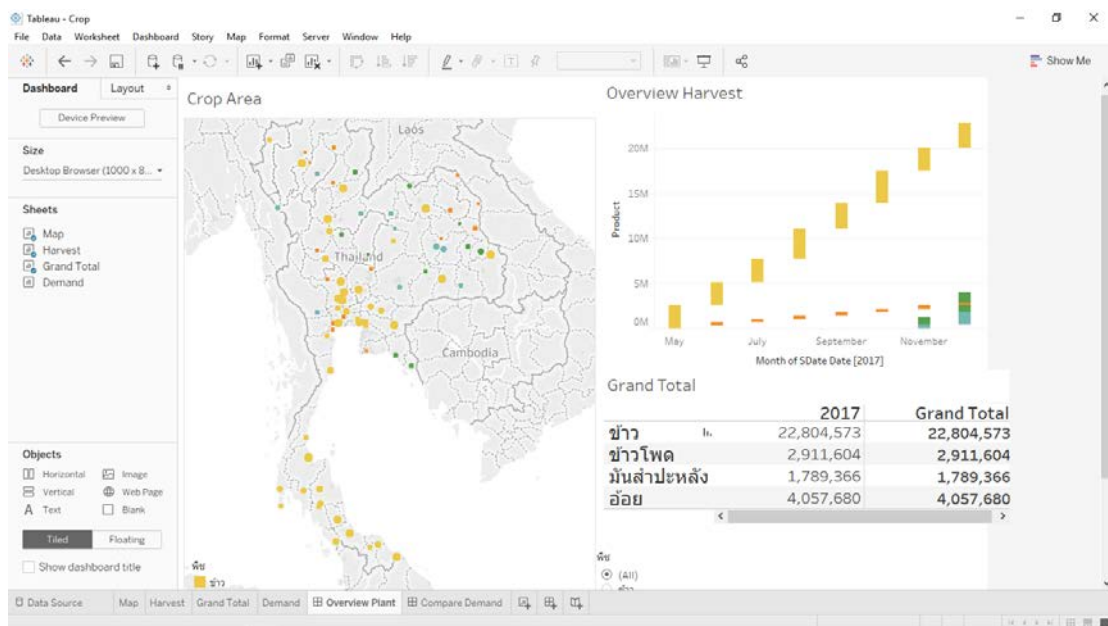
ภาพ 18 โปรแกรม Weka

Tableau

Tableau-BI Software ซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างชาญฉลาด ทาโบล์ว เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถนำข้อมูลจำนวนมากที่มีหลากหลายในองค์กรมาทำการวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลเชิงธุรกิจช่วยให้ผู้บริหารมีข้อมูลเชิงลึกเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจ อย่างรวดเร็ว และชาญฉลาด สามารถดูข้อมูลได้หลากหลายมิติ ดูในรูปแบบของกราฟ ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการนำเสนอข้อมูล การใช้งานที่ง่ายเพียงคลิกเมาส์ก็สามารถ ที่จะเปลี่ยนแปลงรายงานได้ตามความต้องการ รองรับการเข้าถึงข้อมูลจากหลายฐานข้อมูล และสามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลในองค์กรนั้นมาใช้งาน เช่น Excel, Access, Firebird 2.0, IBM DB2, MS SQL Server, Microsoft Power Pivot เป็นต้น การเข้าถึงหรือการใช้งาน สามารถทำได้โดยง่าย ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูง ถึงพนักงานระดับปฏิบัติการ ทั้งนี้ทั้งนั้น สามารถเพิ่มทักษะและแนวคิดให้กับพนักงานระดับปฏิบัติการให้มีแนวคิดเชิงสถิติและ การประยุกต์ใช้งานมากขึ้น (ทาโบล์ว ไทยแลนด์, 2559)

Tableau เป็นซอฟต์แวร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน ผู้ใช้ทั่วไปที่ต้องการใช้งานตาม มุมมองของตนเอง ก็สามารถสร้างหรือแก้ไขได้ตามความต้องการ Tableau ยังมีรูปแบบ

ของกราฟที่หลากหลายรูปแบบให้เลือกใช้ อีกทั้ง Tableau ยังสามารถติดต่อกับระบบฐานข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ใช้ SQL Server ที่อยู่บนระบบ Cloud จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ตัวนี้มาทำ Dashboard แสดงข้อมูลในภาพรวมเพื่อให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องนำไปใช้วิเคราะห์และตัดสินใจต่อไป รายละเอียดดังแสดงในภาพ 19



ภาพ 19 โปรแกรม Tableau

บทที่ 4

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การวิจัยเรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูก: แบบจำลองพืชเศรษฐกิจ เป็นการสร้างระบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจแก่เกษตรกร และผู้บริหารจัดการในภาพรวม ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้โปรแกรมและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

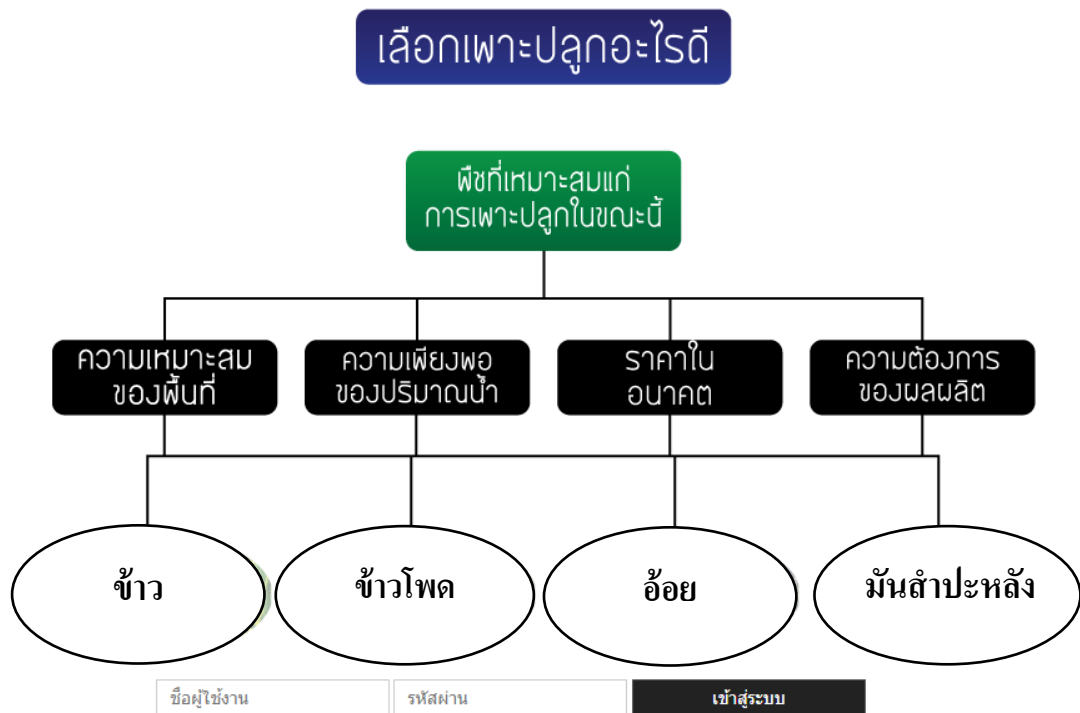
1. การใช้งานแนะนำพืชที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก
2. การแสดงข้อมูลในภาพรวมให้แก่ผู้บริหาร
3. การศึกษาค่าพยากรณ์ราคาของผลผลิตการเกษตร

การใช้งานแนะนำพืชที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนเพาะปลูกเป็นระบบที่อยู่บนเซิร์ฟเวอร์ ผู้ใช้จึงสามารถเข้าใช้งานได้จากคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เอง ขั้นตอนของการใช้งานโปรแกรมมีขั้นตอน ดังนี้

หน้าเข้าสู่ระบบ

ผู้ใช้งานจะต้องได้รับชื่อผู้ใช้งานกับรหัสผ่าน เพื่อเข้าใช้ระบบ โดยชื่อผู้ใช้แต่ละคนจะมีสิทธิในการเข้าใช้งานต่างกัน ผู้ดูแลระบบจะเป็นคนกำหนดสิทธิให้แก่ผู้ใช้ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 20



ภาพ 20 หน้าเข้าสู่ระบบ

เลือกพื้นที่ที่ต้องการทำการเพาะปลูกและใส่จำนวนพื้นที่และวันที่เริ่มเพาะปลูก

สามารถเลือกจังหวัด อำเภอ และตำบล ที่ต้องการ จากนั้นสามารถย้ายตำแหน่งของหมุดสีเขียวไปยังพื้นที่ที่ต้องการ ในแผนที่จะแสดงของพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดไว้บนแผนที่ ใช้สีเหลืองแทนพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าว ใช้สีเขียวแทนพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกอ้อย ใช้สีส้มแทนพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าวโพด และใช้สีม่วงแทนพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกมันสำปะหลัง เมื่อได้จุดที่ต้องการแล้ว จากนั้นให้ใส่จำนวนพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูก และวันที่เริ่มเพาะปลูก รายละเอียดดังแสดงในภาพ 21

จังหวัด : จ. เชียงใหม่

อำเภอ : อ. คลองเตา

ตำบล : ต. โป่งทุ่ง

ข้อมูลพื้นที่

ลักษณะพื้นที่:	การระบายน้ำ:
ประเภทดิน:	ความลาดชัน:
ข้อจำกัด:	
แหล่งน้ำ:	
พื้นที่เพาะปลูก:	วันเริ่มเพาะปลูก:
100.00	12/08/2017

คำนวณพื้นที่

ดึงค่าขึ้นสูง

วิเคราะห์ผล

ข้าว
ข้าวโพด
ถั่วเขียว
มันสำปะหลัง

ความเหมาะสมของพื้นที่
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก
ระยะเวลาในการเพาะปลูก (วัน)
ความต้องการทั้งหมด (ผ่านดิน)
ความต้องการคงเหลือ (ผ่านหิน)
ปริมาณผลผลิตคาดการณ์ (กก./ไร่)
ต้นทุนในการเพาะปลูก (บาท/ไร่)
ราคาขายในอนาคด (บาท/ตัน)
ผลกำไร (บาท/เดือน)
คะแนน (%)
ชื่อเกษตรกร:

พืชที่เลือก:

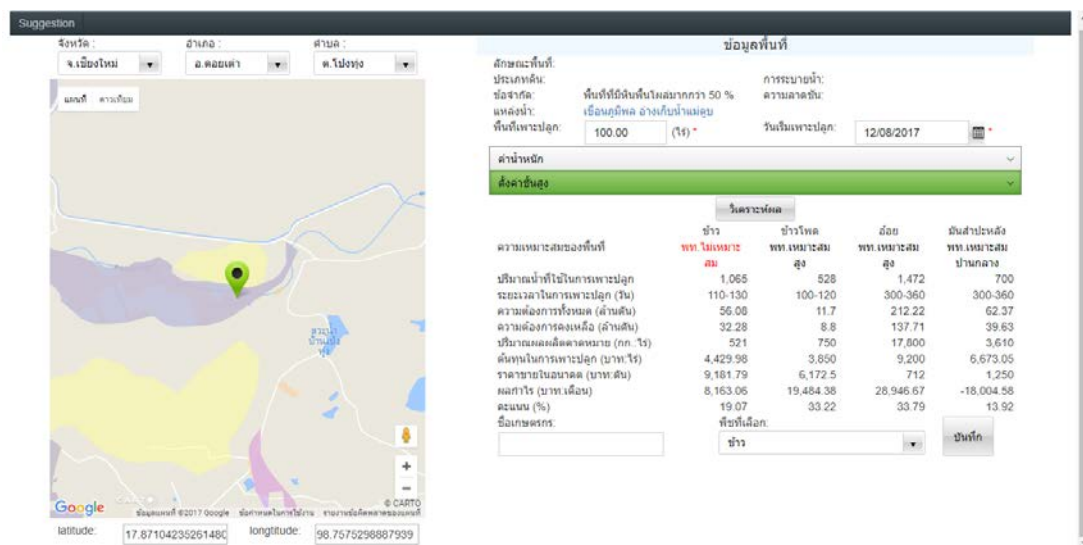
ข้าว

บันทึก

ภาพ 21 เลือกพื้นที่เพาะปลูก

แสดงผลลัพธ์คะแนนของพืชแต่ละชนิดที่แนะนำ

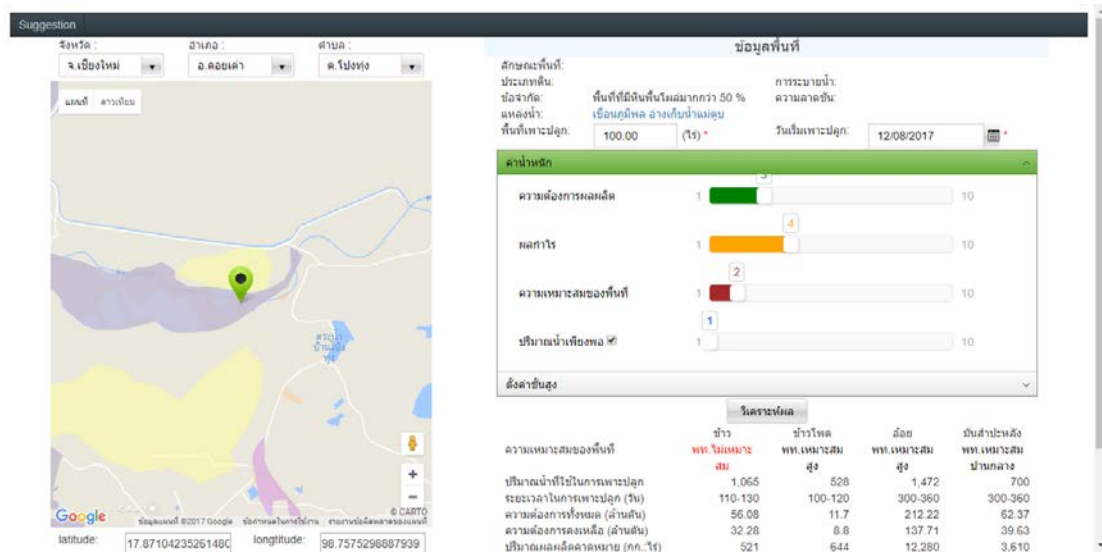
เมื่อทำการกดปุ่มวิเคราะห์ผล ระบบจะแสดงข้อมูล ลักษณะพื้นที่ ประเภทดิน การระบายน้ำ ข้อจำกัด ความลาดชัน แหล่งน้ำ และค่าต่าง ๆ ของพืชแต่ละชนิด พร้อมทั้งคะแนนที่ระบบคำนวณให้ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 22



ภาพ 22 ผลลัพธ์คะแนนของพืชแต่ละชนิดที่แนะนำ

ตั้งค่าน้ำหนัก

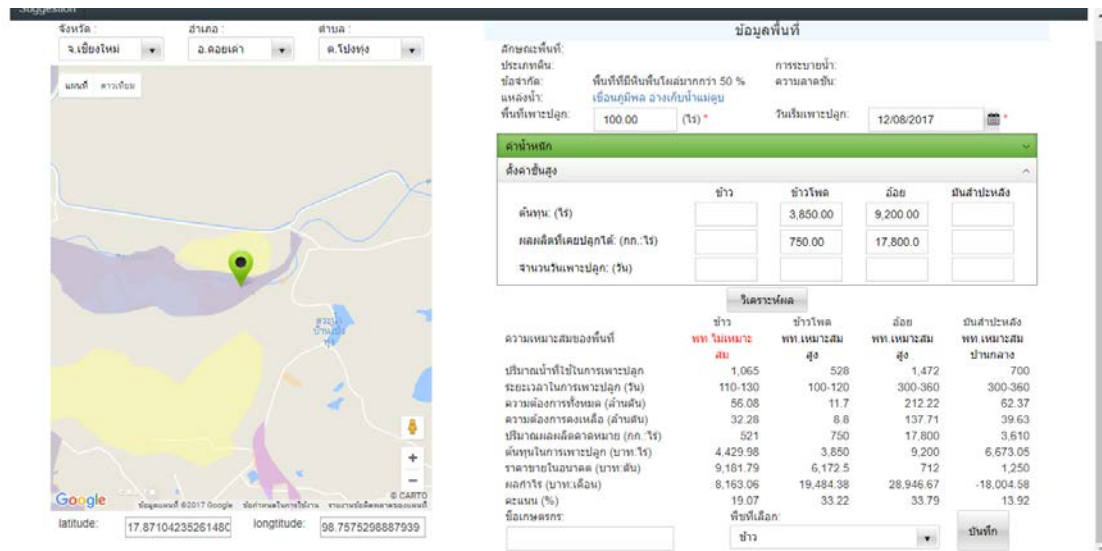
เกษตรกรแต่ละคนนั้นให้ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะปลูกต่างกัน ระบบจึงรองรับให้เกษตรกรตั้งค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยได้แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่สามารถตั้งค่าน้ำหนักได้มีด้วยกัน 4 ปัจจัยคือ ความต้องการผลผลิต ผลกำไร ความเหมาะสมของพื้นที่ และปริมาณน้ำเพียงพอ ส่วนปัจจัยของปริมาณน้ำ ระบบออกแบบให้เกษตรกรสามารถเลือกใช่หรือไม่ใช่ ปัจจัยนี้ได้ โดยการกดเลือกหรือไม่เลือกด้านหลังปัจจัยนี้ สำหรับค่าความสำคัญแต่ละปัจจัย ระบบมีคะแนนเลือกได้ตั้งแต่ 1-10 รายละเอียดดังแสดงในภาพ 23



ภาพ 23 ตั้งค่าน้ำหนัก

ตั้งค่าขั้นสูง

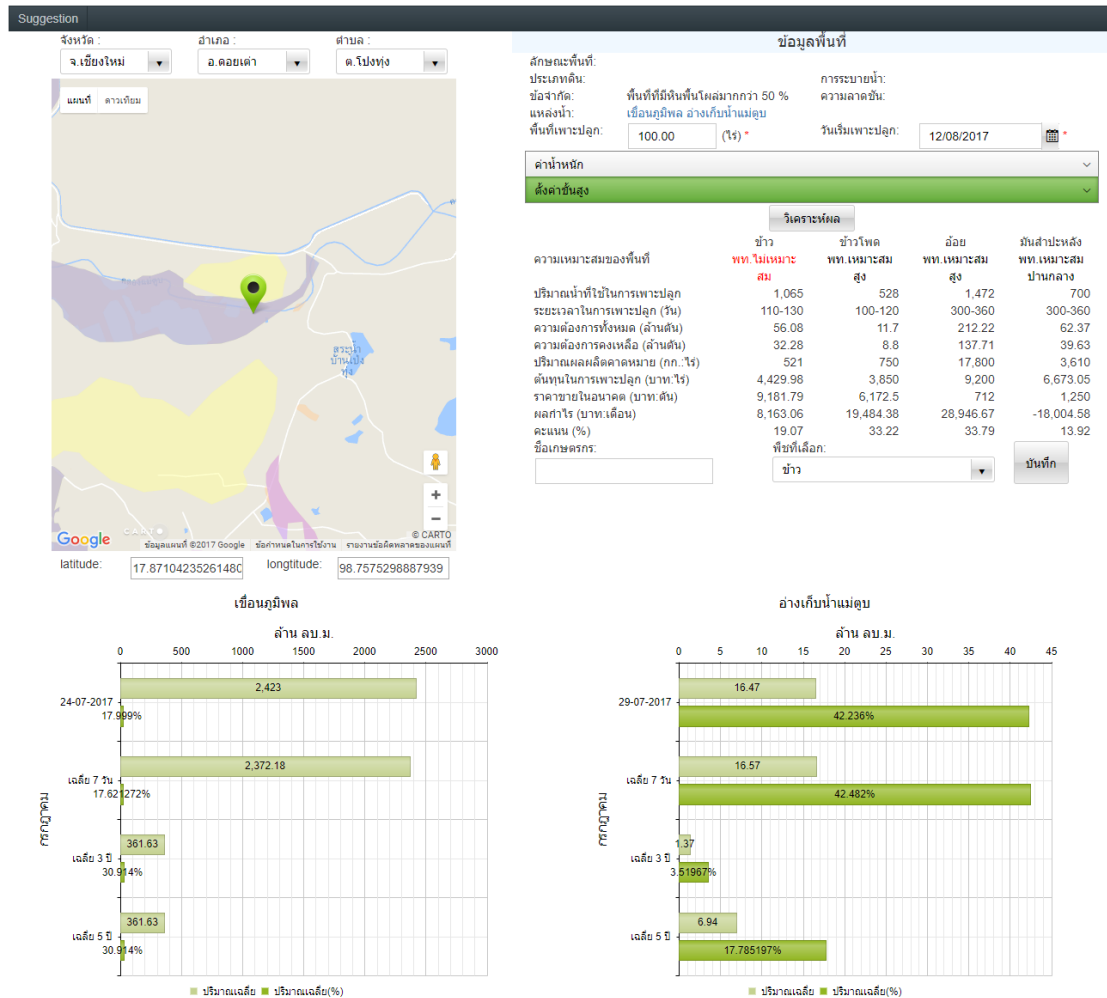
ในการคำนวณคะแนน ระบบจะใช้ข้อมูลต้นทุนต่อไร่ ผลผลิตต่อไร่ และจำนวนวันที่ใช้ในการเพาะปลูกมาคำนวณด้วย ในระบบมีค่ามาตรฐานของค่าเหล่านั้นเตรียมไว้ให้สำหรับเกษตรกรที่ไม่เคยเพาะปลูก หรือไม่ทราบค่าเหล่านั้น แต่สำหรับเกษตรกรที่เคยมีประสบการณ์ หรือทราบค่าเหล่านั้น สามารถเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ได้ เพื่อให้ผลการคำนวณนั้นมีความแม่นยำมากขึ้น รายละเอียดดังแสดงในภาพ 24



ภาพ 24 ตั้งค่าขึ้นสูง

ข้อมูลปริมาณน้ำใกล้พื้นที่

ระบบได้ตรวจสอบแหล่งน้ำที่ใกล้บริเวณที่เลือกกว่ามีที่ใดบ้าง ถ้ามีแหล่งน้ำที่ใกล้เคียงก็จะทำการแสดงชื่อตำบลบน และจะแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันพร้อมทั้งค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน 7 วันล่าสุด ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน 3 ปีย้อนหลังของเดือนเดียวกัน และค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำคงเหลือในเขื่อน 5 ปีย้อนหลังของเดือนเดียวกัน เพื่อให้ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 25



ภาพ 25 ข้อมูลปริมาณน้ำใกล้พื้นที่

บันทึกพืชที่จะทำการเพาะปลูก

เมื่อทราบค่าที่ระบบแนะนำแล้ว เกษตรกรจะเป็นผู้เลือกที่จะทำการเพาะปลูกพืชชนิดใด ซึ่งจะเชื่อตามคำแนะนำหรือไม่ก็ได้ เมื่อเลือกได้แล้ว ก็ให้ทำการใส่ชื่อ พร้อมทั้งพืชที่เลือก แล้วกดบันทึก โดยข้อมูลที่บันทึกไปนั้นจะมีผลต่อการคิดคะแนนของเกษตรกรคนต่อไป นั่นคือในส่วนของการจะลดลง รายละเอียดดังแสดงในภาพ 26

Suggestion

จังหวัด : จ. เชียงใหม่ อำเภอ : อ. ดอยเต่า ตำบล : ต. ปางรอง

แผนที่ : ดาวเทียม

แผนที่

Google

© 2017 Google

ละติจูด: 17.8710423526148C ลองจิจูด: 98.757529687939

ข้อมูลพื้นที่

ลักษณะพื้นที่: ป่าละเมาะ

ชื่อจาก: พื้นที่ที่มีพื้นที่ป่าไม้มากกว่า 50 %

แหล่งน้ำ: เขื่อนกุดพิมาน อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อน

พื้นที่เพาะปลูก: 100.00 (ไร่)

การระบายน้ำ: ความลาดชัน

วันที่เพาะปลูก: 12/08/2017

คำนวณพื้นที่

คำนวณพื้นที่

วิเคราะห์ผล

ความเหมาะสมของพื้นที่	ข้าว	ข้าวโพด	ถั่ว	มันสำปะหลัง
พื้นที่เหมาะสม	1,065	528	1,472	700
พื้นที่ไม่เหมาะสม	110-130	100-120	300-360	300-360
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก	56.08	11.7	212.22	62.37
ความเค็มของดิน (ค่าเฉลี่ย)	32.28	8.8	137.71	39.63
ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)	521	750	17,800	3,610
ต้นทุนในการเพาะปลูก (บาท/ไร่)	4,429.98	3,850	9,200	6,673.05
ราคาขายในอเนกประสงค์ (บาท/ตัน)	9,161.79	6,172.5	712	1,250
ผลกำไร (บาท/ไร่)	8,163.06	19,484.38	28,946.67	-18,004.58
คะแนน (%)	19.07	33.22	33.79	13.92

ชื่อเกษตรกร: นายเกษมกร ดนไญ

พืชที่เลือก: ถั่ว

บันทึก

ภาพ 26 บันทึกพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูก

บันทึกข้อมูลหลังเก็บเกี่ยว

หลังที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวแล้ว จะต้องมาทำการบันทึกข้อมูลที่ผลการเพาะปลูกว่า เป็นอย่างไร โดยสิ่งที่เกษตรกรต้องมาทำการบันทึกคือ ต้นทุนที่ใช้จริง ผลผลิตที่ได้จริง และราคาขายได้ขายจริง จากนั้นระบบจะทำการคำนวณกำไรให้ใหม่อีกครั้ง และทำการบันทึก ลงระบบ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ช่วยในการคำนวณค่าของเกษตรกรในครั้งต่อไป ได้แม่นยำขึ้น รายละเอียดดังแสดงในภาพ 27

Management											
พืช:	อ้อย										
จังหวัด:	จ. เชียงใหม่										
อำเภอ:	อ. ดอยเต่า										
ตำบล:	ต. โป่งทุ่ง										
เกษตรกร:	นายเกษตรกร คนไทย										
เริ่มปลูก:	12-08-2017										
เริ่มปลูก:	พท.เหมาะสมสูง										
ความต้องการ:	212.22										
พื้นที่:	100.000										
เก็บเกี่ยว:	07-08-2018										
ปริมาณน้ำที่ใช้:	1,472.00										
คะแนน:	33.79										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>คาดการณ์</th> <th>ผลลัพธ์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ต้นทุน:</td> <td>9,200.00</td> </tr> <tr> <td>ผลผลิต:</td> <td>17,800.00</td> </tr> <tr> <td>ราคาขาย:</td> <td>712.00</td> </tr> <tr> <td>กำไร:</td> <td>28,946.67</td> </tr> </tbody> </table>		คาดการณ์	ผลลัพธ์	ต้นทุน:	9,200.00	ผลผลิต:	17,800.00	ราคาขาย:	712.00	กำไร:	28,946.67
คาดการณ์	ผลลัพธ์										
ต้นทุน:	9,200.00										
ผลผลิต:	17,800.00										
ราคาขาย:	712.00										
กำไร:	28,946.67										
สมบูรณ์:	☐										
Save Back											

ภาพ 27 บันทึกข้อมูลหลังเก็บเกี่ยว

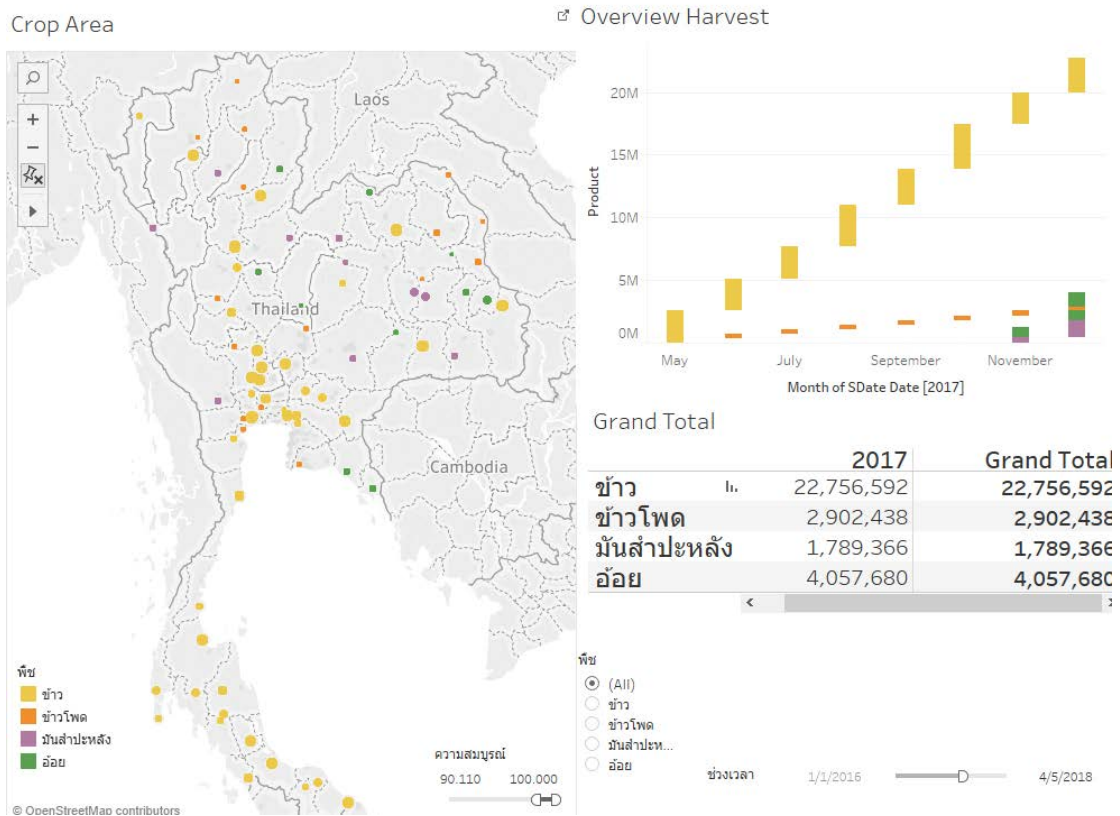
การแสดงผลข้อมูลในภาพรวมให้แก่ผู้บริหาร

เมื่อเกษตรกรแต่ละรายมาบันทึกข้อมูลการเพาะปลูกของตนในระบบก็จะทำให้เกษตรกรได้รู้ถึงการคาดการณ์ของผลผลิต และกำไรที่จะได้รับ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีเพียงเกษตรกรที่รายนั้น ๆ ที่รับทราบ แต่ในอีกแง่มุมหนึ่ง ผู้ที่บริหารและจัดการการเกษตรยังสามารถใช้ข้อมูลเหล่านั้นมองภาพรวมของการเพาะปลูกที่เกิดขึ้นแล้ว และค่าคาดการณ์ของการเพาะปลูกที่กำลังจะออกผลผลิตในอนาคต ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้วางแผน และจัดการให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบมุมมองให้กับผู้บริหารไว้ ดังนี้

มุมมองการเพาะปลูกพืชในภาพรวม

มุมมองนี้จะแสดงพื้นที่ทำการเพาะปลูกลงบนแผนที่ โดยจะแทนสีเหลืองแทนข้าว ส้มแทนข้าวโพด เขียวแทนอ้อย และม่วงแทนมันสำปะหลัง สามารถดูความสมบูรณ์ของ

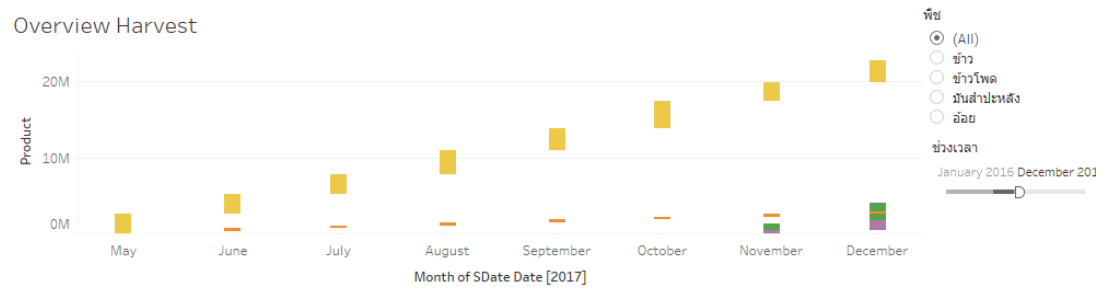
การเพาะปลูกในช่วงเวลาต่าง ๆ สามารถดูผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวในแต่ละเดือน และยัง
สามารถทราบถึงผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด รายละเอียดดังแสดงในภาพ 28



ภาพ 28 มุมมองการเพาะปลูกพืชโดยรวม

มุมมองความต้องการผลผลิต

มุมมองนี้จะแสดงผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้ว ผลผลิตที่คาดว่าจะเก็บเกี่ยวได้ และสรุป
ความต้องการคงเหลือของปี ๆ นั้น และสามารถเลือกดูตามชนิดพืช และตามช่วงเวลา
เช่น รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปี รายละเอียดดังแสดงในภาพ 29



Grand Total

	2017			Grand Tot..
	Q2	Q3	Q4	
ข้าว	5,123,819	8,748,272	8,884,501	22,756,592
ข้าวโพด	701,302	1,113,241	1,087,895	2,902,438
มันสำปะหลัง			1,789,366	1,789,366
อ้อย			4,057,680	4,057,680

Demand

		ความต้องการทั้งหมด	เก็บเกี่ยวแล้ว	กำลังปลูก	ความต้องการคงเหลือ
ข้าว	2017	28,039,992	10,371,471	12,385,121	5,283,400
ข้าวโพด	2017	5,850,000	1,374,493	1,527,945	2,947,562
มันสำปะหลัง	2017	31,186,992	0	1,789,366	29,397,626
อ้อย	2017	106,111,140	0	4,057,680	102,053,460

ภาพ 29 มุมมองความต้องการผลผลิต

การพยากรณ์ราคาของผลผลิตการเกษตร

ในงานวิจัยนี้ มีปัจจัยผลกำไรที่เป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจ ซึ่งการจะทราบผลกำไรนั้น ระบบจำเป็นต้องทราบถึงต้นทุนต่อไร่ที่ใช้และราคาขายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้น ราคาขายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจึงเกิดขึ้นได้จากการพยากรณ์ ในงานวิจัยนี้ จึงได้ใช้ข้อมูลราคาขายในอดีตมาพยากรณ์ราคาขายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ทฤษฎีการพยากรณ์ 2 วิธีมาเปรียบเทียบกันแล้วเลือกค่าที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในระบบต่อไป โดย 2 วิธีนั้น คือ Artificial Neural Networks (ANN) และ Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)

ในการทดลองหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN จากโปรแกรม Weka นั้น ในงานวิจัยนี้ได้เปลี่ยนค่าอัตราการเรียนรู้ (learning rate) โมเมนตัม (momentum) ชั้นซ่อน (hidden

layer) จำนวนครั้งที่สอน (training time) และ ค่าย้อนหลัง (lag) เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของพืชแต่ละชนิด รายละเอียดดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 27)

ตาราง 27

ค่าพยากรณ์จาก ANN

	Learning Rate	Momentum	Hidden Layer	Training Time	Lag	MSE	MAPE
1. ข้าว	0.3	0.3	5	5000	6/12	306,929.61	5.10
2. ข้าว (multivariable)	0.5	0.3	3	500	12/12	342,442.29	5.31
3. ข้าวโพด	0.1	0.0	1	50	6/6	477,702.72	9.98
4. อ้อย	0.2	0.0	6	500	1/6	6,712.06	9.23
5. มันสำปะหลัง	0.3	0.3	3	500	1/1	66,015.47	11.91

ในการทดลองหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ARIMA จากโปรแกรม R studio นั้น ในงานวิจัยนี้ ได้เปลี่ยนค่า p, d และ q เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของพืชแต่ละชนิดซึ่งได้ผลดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 28)

ตาราง 28

ค่าพยากรณ์จาก ARIMA

	p	d	q	MSE	MAPE
1. ข้าว	1	2	0	279,385.55	5.02
2. ข้าว (Multivariable)	2	2	0	304,697.18	5.20
3. ข้าวโพด	2	2	0	296,615.81	6.75
4. อ้อย	2	2	0	5,225.25	7.30
5. มันสำปะหลัง	2	2	0	151,605.28	27.67

สำหรับข้าวเป็นพืชที่มีการส่งออกในรูปแบบข้าวเปลือก และข้าวสาร มีกระบวนการแปรรูปค่อนข้างน้อย และสามารถทราบราคาของตลาดโลกได้ ต่างจากอ้อย ข้าวโพด

และมันสำปะหลัง ที่ไม่ได้ส่งออกในรูปแบบของผลผลิตดังกล่าว และข้อมูลของราคาค่อนข้างหาได้ยาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการพยากรณ์แบบหลายตัวแปรในเฉพาะข้าว โดยใช้ราคาขายของต่างประเทศเป็นตัวแปรเพิ่มเข้ามาช่วยในการพยากรณ์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับพยากรณ์ที่ใช้ราคาเพียงอย่างเดียว เพื่อหาค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากการทดลองหาค่าพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ แต่ละพืชตัวเลือกจะได้ผล ดังข้อมูลที่ปรากฏ (ดูตาราง 29)

ตาราง 29

เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ARIMA และ ANN

	ARIMA		ANN	
	MSE	MAPE	MSE	MAPE
ข้าว	279,385.55	5.02	306,929.61	5.10
ข้าวโพด	296,615.81	6.75	477,702.72	9.98
อ้อย	5,225.25	7.30	6,712.06	9.23
มันสำปะหลัง	151,605.28	27.67	66,015.47	11.91

จากการทดลองหาค่าพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี สำหรับข้าวได้ผลที่ไม่ค่อยแตกต่างกัน แต่วิธี ARIMA จะได้ผลดีกว่า สำหรับข้าวโพดพยากรณ์ด้วยวิธี ARIMA ได้ผลดีกว่า สำหรับอ้อยพยากรณ์ด้วยวิธี ARIMA ได้ผลดีกว่า และสำหรับมันสำปะหลังพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ได้ผลดีกว่า

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือก Model ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปพยากรณ์ราคาผลผลิตในอนาคตต่อไป โดยจะใช้วิธี ANN กับมันสำปะหลัง ใช้วิธี ARIMA กับข้าว ข้าวโพด และอ้อย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การสร้างระบบสารสนเทศในการจัดเก็บข้อมูลและแนะนำพืชที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ จะช่วยให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกได้ทราบถึงข้อมูลของความพร้อม ความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยส่งผลให้การเพาะปลูกครั้งนั้น ๆ ประสบผลสำเร็จ และสามารถคาดการณ์ถึงผลที่จะได้รับในอนาคต ส่วนผู้บริหารของรัฐบาล ผู้ที่ส่งออกผลผลิต หรือผู้ที่มีความเกี่ยวข้อง ก็สามารถมองเห็นถึงภาพรวม ณ ปัจจุบัน และอนาคต ทำให้สามารถเตรียมความพร้อม หรือรับมือกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ทั้งนี้ เกิดจากการนำข้อมูลที่มีอยู่ทั่วไปที่ทุกคนสามารถเข้าถึง นำมาบูรณาการหลาย ๆ ด้าน ผ่านการประมวลผล วิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ และสามารถเข้าใจได้ง่ายแก่ผู้ใช้

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ยังเป็นเพียงแค่ต้นแบบ ยังขาดการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์จริง ซึ่งผู้วิจัยหวังอย่างยิ่งให้เกิดการนำไปใช้อย่างเป็นรูปธรรม และถ้าเกิดการนำไปใช้ ควรมีการนำไปพัฒนาต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงอยากเสนอแนะสำหรับผู้ที่มาศึกษา หรือนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนา ดังนี้

1. การเพิ่มตัวเลือกของพืช เพื่อแนะนำการเพาะปลูกพืชให้หลายหลากชนิด อาจจะพัฒนาในส่วนของไม้ยืนต้น หรือพืชสวน เพื่อให้ครอบคลุมแก่เกษตรกรที่ปลูกพืชทุกประเภท

2. การแนะนำพืช ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการให้คะแนนความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ไม่ใช่อัตราส่วนที่จะให้ทำการเพาะปลูก ดังนั้น ถ้ามีการวิจัยและพัฒนาต่อ อาจจะพัฒนาไปถึงการแนะนำพืชหลาย ๆ ชนิดให้ปลูกพร้อมกันตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เป็นการทำเกษตรแบบผสมผสาน ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ที่พระราชทานให้คำแนะนำการทำเกษตรแบบผสมผสาน เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้หลายทาง และลดความเสี่ยงของการขาดทุนจากสินค้าราคาตกต่ำ

3. การพยากรณ์ ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการพยากรณ์แบบหลายตัวแปรในเฉพาะข้าว ซึ่งอาจจะพัฒนาไปในพืชชนิดอื่น หรือหาตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อราคา เพื่อให้ผลพยากรณ์มีความแม่นยำสูงขึ้น หรือถ้ามีการทำสัญญาซื้อขาย หรือกำหนดราคาขายล่วงหน้า ก็อาจจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นค่าราคาขายได้

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นเพื่อจะสร้างระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยเหลือเกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำเกษตรกรรม เพื่อแก้ปัญหาของการขาดทุน การขายสินค้าไม่ได้ หรือสินค้าขาดตลาด ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่นำไปใช้ หรือผู้ศึกษาสูงสุด

ภาคผนวก ก
ข้อมูลที่ใช้ในระบบ

ตาราง 30

ข้อมูลราคาข้าว

(บาท/ตัน)

ปี ค.ศ.	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	7,604.00	7,736.00	7,816.00	7,913.00	7,769.00	7,630.00	7,486.00	7,618.00	7,816.00	7,850.00	7,393.00	7,579.00
2006	7,628.00	7,873.00	7,960.00	8,028.00	8,069.00	8,160.00	8,353.00	8,612.00	8,642.00	8,685.00	8,262.00	7,882.00
2007	8,072.00	8,274.00	8,388.00	8,526.00	8,643.00	8,778.00	8,864.00	9,016.00	9,033.00	9,028.00	8,927.00	9,691.00
2008	10,150.00	11,906.00	12,995.00	16,389.00	17,292.00	15,570.00	14,307.00	13,621.00	13,197.00	13,424.00	12,728.00	12,089.00
2009	12,188.00	12,755.00	13,182.00	13,175.00	13,133.00	13,078.00	13,551.00	13,372.00	14,857.00	15,203.00	13,502.00	14,155.00
2010	14,106.00	14,337.00	13,948.00	13,607.00	13,178.00	12,803.00	13,125.00	13,528.00	13,895.00	14,070.00	13,184.00	12,837.00
2011	12,511.00	12,304.00	11,821.00	12,113.00	12,202.00	12,287.00	12,471.00	12,942.00	13,275.00	14,265.19	15,219.00	15,004.00
2012	15,201.00	15,024.00	14,770.00	14,752.00	14,628.00	14,616.00	14,832.00	15,369.00	15,538.00	15,813.00	15,302.00	15,386.00
2013	15,702.00	16,070.00	15,862.00	15,643.00	15,809.00	15,870.00	15,576.00	15,675.00	15,776.00	15,708.00	14,984.00	14,313.00
2014	14,252.00	14,223.00	14,186.00	13,902.00	13,846.00	13,812.00	13,886.00	13,992.00	14,094.00	14,179.00	13,367.00	11,649.00
2015	12,565.00	13,103.00	13,571.00	13,470.00	13,341.00	13,134.00	13,098.00	13,073.00	13,282.00	13,099.00	12,018.00	11,518.00
2016	10,918.00	10,798.00	10,725.00	10,588.00	10,901.00	11,062.00	11,130.00	11,009.00	10,698.00	9,516.59	8,293.74	9,181.79
2017	7,517.23	7,357.64	7,477.59	7,551.11	7,663.82	8,195.36						

ตาราง 31

ข้อมูลราคาข้าวโพด

(บาท/ตัน)

ปี ค.ศ.	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	5,010.00	4,960.00	4,970.00	4,830.00	5,020.00	4,810.00	5,050.00	4,890.00	4,730.00	4,740.00	4,730.00	4,740.00
2006	4,820.00	4,780.00	4,700.00	5,180.00	5,530.00	5,720.00	5,530.00	5,340.00	5,150.00	5,390.00	5,330.00	5,830.00
2007	6,530.00	7,020.00	7,100.00	7,040.00	6,810.00	6,630.00	6,160.00	5,990.00	6,660.00	7,280.00	7,230.00	7,260.00
2008	7,480.00	7,690.00	8,380.00	8,580.00	8,310.00	8,160.00	9,850.00	8,580.00	7,670.00	6,690.00	6,690.00	6,130.00
2009	6,510.00	6,450.00	6,260.00	6,940.00	6,200.00	6,510.00	6,420.00	5,190.00	5,090.00	5,180.00	6,080.00	6,830.00
2010	6,930.00	7,170.00	7,610.00	8,160.00	8,320.00	8,470.00	8,740.00	8,340.00	8,090.00	7,890.00	7,940.00	8,000.00
2011	8,210.00	8,380.00	8,360.00	8,870.00	8,620.00	8,130.00	8,020.00	7,220.00	7,430.00	7,760.00	8,390.00	8,540.00
2012	8,610.00	8,670.00	8,480.00	9,180.00	8,960.00	9,090.00	9,240.00	9,950.00	9,250.00	8,940.00	9,460.00	8,750.00
2013	8,440.00	8,840.00	8,990.00	8,960.00	8,620.00	8,180.00	8,310.00	7,590.00	6,920.00	6,760.00	6,920.00	6,230.00
2014	6,110.00	6,680.00	7,240.00	7,180.00	7,360.00	7,540.00	7,700.00	7,870.00	6,750.00	6,780.00	7,610.00	8,070.00
2015	8,590.00	8,750.00	8,180.00	8,110.00	8,330.00	8,330.00	8,000.00	8,150.00	7,590.00	7,410.00	7,330.00	7,490.00
2016	8,160.00	7,950.00	7,560.00	7,660.00	7,610.00	7,840.00	8,100.00	7,700.00	6,940.00	6,038.00	6,066.00	6,172.50
2017	6,258.00	6,297.50	6,447.50	5,970.00	6,002.00	6,400.00						

ตาราง 32

ข้อมูลราคาอ้อย

(บาท/ตัน)

ปี ค.ศ.	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	520.00	517.00	529.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	520.00	670.00	684.00
2006	675.00	704.00	715.00	652.00	652.00	652.00	652.00	652.00	652.00	652.00	652.00	680.00
2007	692.00	694.00	663.00	663.00	620.00	620.00	620.00	620.00	620.00	620.00	620.00	543.00
2008	581.00	597.00	586.00	567.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	675.00	685.00
2009	691.00	707.00	724.00	751.00	751.00	751.00	751.00	751.00	751.00	751.00	832.00	845.00
2010	839.00	851.00	938.00	1,009.00	1,009.00	1,009.00	1,009.00	1,009.00	1,009.00	1,009.00	774.69	899.00
2011	911.00	948.00	939.00	949.00	910.00	910.00	910.00	910.00	910.00	910.00	1,024.00	928.00
2012	950.00	958.00	958.00	961.00	974.00	974.00	974.00	974.00	974.00	974.00	999.00	888.00
2013	901.00	913.00	940.00	1,004.00	1,028.00	1,028.00	1,028.00	1,028.00	1,028.00	1,028.00	845.00	820.00
2014	866.00	865.00	875.00	928.00	958.00	958.00	958.00	958.00	958.00	958.00	893.00	841.00
2015	829.00	854.00	868.00	904.00	834.00	777.00	777.00	777.00	777.00	777.00	664.00	720.00
2016	749.00	759.00	765.00	702.00	712.00	712.00	712.00	712.00	712.00	712.00	858.10	901.13
2017	900.73	903.61	906.24	908.89	911.54	914.19						

ตาราง 33

ข้อมูลราคามันสำปะหลัง

(บาท/ตัน)

ปี ค.ศ.	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	1,300.00	1,390.00	1,480.00	1,470.00	1,410.00	1,300.00	1,300.00	1,400.00	1,300.00	1,210.00	1,270.00	1,400.00
2006	1,380.00	1,360.00	1,300.00	1,180.00	990.00	990.00	960.00	940.00	940.00	870.00	1,000.00	1,130.00
2007	1,120.00	1,160.00	1,230.00	1,210.00	1,250.00	1,350.00	1,520.00	1,720.00	1,790.00	1,720.00	1,630.00	1,820.00
2008	1,990.00	2,090.00	2,200.00	2,220.00	2,130.00	2,000.00	1,930.00	1,760.00	1,530.00	1,400.00	1,280.00	1,140.00
2009	1,160.00	1,160.00	1,190.00	1,130.00	1,110.00	1,130.00	1,210.00	1,250.00	1,200.00	1,240.00	1,450.00	1,790.00
2010	1,930.00	1,780.00	1,880.00	2,100.00	2,160.00	2,280.00	2,610.00	2,950.00	2,550.00	2,400.00	2,570.00	2,730.00
2011	2,820.00	2,960.00	2,930.00	2,770.00	2,550.00	2,200.00	2,020.00	2,000.00	1,920.00	1,730.00	2,220.00	2,450.00
2012	2,250.00	1,880.00	1,750.00	1,800.00	1,890.00	1,970.00	1,900.00	2,070.00	2,210.00	2,100.00	2,250.00	2,120.00
2013	2,010.00	2,040.00	2,190.00	2,250.00	2,220.00	2,200.00	2,140.00	2,160.00	2,130.00	1,960.00	2,090.00	2,170.00
2014	2,130.00	2,260.00	2,210.00	2,210.00	2,150.00	1,980.00	1,830.00	1,870.00	2,010.00	2,040.00	2,240.00	2,310.00
2015	2,280.00	2,150.00	2,180.00	2,160.00	2,120.00	2,180.00	2,180.00	2,280.00	2,310.00	2,090.00	1,990.00	1,950.00
2016	1,870.00	1,760.00	1,800.00	1,920.00	1,780.00	1,490.00	1,410.00	1,250.00	1,130.00	1,058.00	1,277.50	1,507.50
2017	1,484.00	1,530.00	1,502.50	1,275.00	1,180.00	1,152.50						

ตาราง 34

ข้อมูลต้นทุนการเพาะปลูก

พืช	ต้นทุน (บาท)
1. ข้าว	4,429.98
2. ข้าวโพด	4,470.02
3. อ้อย	10,482.13
4. มันสำปะหลัง	6,673.05

ตาราง 35

ข้อมูลการใช้น้ำของข้าว

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
กรุงเทพมหานคร	86.00	5.30	8.40	1,154.00
สมุทรปราการ	86.00	5.30	8.40	1,154.00
นนทบุรี	86.00	5.20	8.30	1,137.00
ปทุมธานี	86.00	5.20	8.30	1,137.00
พระนครศรีอยุธยา	86.00	5.20	8.30	1,137.00
อ่างทอง	86.00	5.30	8.40	1,154.00
ลพบุรี	86.00	5.80	9.00	1,244.00
สิงห์บุรี	86.00	5.40	8.50	1,172.00
ชัยนาท	86.00	5.00	8.00	1,101.00
สระบุรี	86.00	5.10	8.10	1,119.00
ชลบุรี	86.00	4.90	7.90	1,083.00
ระยอง	86.00	5.30	8.40	1,154.00
จันทบุรี	86.00	4.70	7.60	1,047.00
ตราด	86.00	5.00	8.00	1,101.00
ฉะเชิงเทรา	86.00	4.80	7.70	1,065.00
ปราจีนบุรี	86.00	4.90	7.90	1,083.00

ตาราง 35 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
นครนายก	86.00	4.50	7.40	1,011.00
สระแก้ว	86.00	5.30	8.40	1,154.00
นครราชสีมา	86.00	5.40	8.50	1,172.00
บุรีรัมย์	86.00	5.80	9.00	1,244.00
สุรินทร์	86.00	6.30	9.70	1,333.00
ศรีสะเกษ	86.00	4.50	7.40	1,011.00
อุบลราชธานี	86.00	6.20	9.60	1,315.00
ยโสธร	86.00	4.70	7.60	1,047.00
ชัยภูมิ	86.00	6.00	9.30	1,280.00
หนองบัวลำภู	86.00	5.40	8.50	1,172.00
อำนาจเจริญ	86.00	5.40	8.50	1,172.00
บึงกาฬ	86.00	5.40	8.50	1,172.00
ขอนแก่น	86.00	5.90	9.20	1,262.00
อุดรธานี	86.00	5.30	8.40	1,154.00
เลย	86.00	4.60	7.50	1,029.00
หนองคาย	86.00	4.50	7.40	1,011.00
มหาสารคาม	86.00	5.60	8.80	1,208.00
ร้อยเอ็ด	86.00	5.50	8.70	1,190.00
กาฬสินธุ์	86.00	5.30	8.40	1,154.00
สกลนคร	86.00	6.10	9.40	1,298.00
นครพนม	86.00	4.40	7.20	993.00
มุกดาหาร	86.00	4.90	7.90	1,083.00
เชียงใหม่	86.00	4.80	7.70	1,065.00
ลำพูน	86.00	5.40	8.50	1,172.00

ตาราง 35 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
ลำปาง	86.00	4.30	7.10	976.00
อุตรดิตถ์	86.00	4.80	7.70	1,065.00
แพร่	86.00	5.30	8.40	1,154.00
น่าน	86.00	3.60	6.20	850.00
พะเยา	86.00	4.70	7.60	1,047.00
เชียงราย	86.00	4.50	7.40	1,011.00
แม่ฮ่องสอน	86.00	4.90	7.90	1,083.00
นครสวรรค์	86.00	6.40	9.80	1,351.00
อุทัยธานี	86.00	4.80	7.70	1,065.00
กำแพงเพชร	86.00	4.60	7.50	1,029.00
ตาก	86.00	6.30	9.70	1,333.00
สุโขทัย	86.00	5.20	8.30	1,137.00
พิษณุโลก	86.00	4.60	7.50	1,029.00
พิจิตร	86.00	4.80	7.70	1,065.00
เพชรบูรณ์	86.00	5.20	8.30	1,137.00
ราชบุรี	86.00	5.10	8.10	1,119.00
กาญจนบุรี	86.00	5.80	9.00	1,244.00
สุพรรณบุรี	86.00	5.30	8.40	1,154.00
นครปฐม	86.00	5.40	8.50	1,172.00
สมุทรสาคร	86.00	5.30	8.40	1,154.00
สมุทรสงคราม	86.00	5.30	8.40	1,154.00
เพชรบุรี	86.00	4.90	7.90	1,083.00
ประจวบคีรีขันธ์	86.00	5.10	8.10	1,119.00
นครศรีธรรมราช	86.00	4.50	7.40	1,011.00
กระบี่	86.00	4.90	7.90	1,083.00

ตาราง 35 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
พังงา	86.00	3.60	6.20	850.00
ภูเก็ต	86.00	5.30	8.40	1,154.00
สุราษฎร์ธานี	86.00	5.20	8.30	1,137.00
ระนอง	86.00	4.60	7.50	1,029.00
ชุมพร	86.00	4.80	7.70	1,065.00
สงขลา	86.00	6.40	9.80	1,351.00
สตูล	86.00	4.80	7.70	1,065.00
ตรัง	86.00	5.40	8.50	1,172.00
พัทลุง	86.00	3.60	6.20	850.00
ปัตตานี	86.00	4.30	7.10	976.00
ยะลา	86.00	6.30	9.70	1,333.00
นราธิวาส	86.00	4.70	7.60	1,047.00

ตาราง 36

ข้อมูลการใช้ น้ำของข้าวโพด

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
กรุงเทพมหานคร	86.00	5.30	4.20	583.00
สมุทรปราการ	86.00	5.30	4.20	583.00
นนทบุรี	86.00	5.20	4.20	572.00
ปทุมธานี	86.00	5.20	4.20	572.00
พระนครศรีอยุธยา	86.00	5.20	4.20	572.00
อ่างทอง	86.00	5.30	4.20	583.00
ลพบุรี	86.00	5.80	4.60	638.00
สิงห์บุรี	86.00	5.40	4.30	594.00
ชัยนาท	86.00	5.00	4.00	550.00

ตาราง 36 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
สระบุรี	86.00	5.10	4.10	561.00
ชลบุรี	86.00	4.90	3.90	539.00
ระยอง	86.00	5.30	4.20	583.00
จันทบุรี	86.00	4.70	3.80	517.00
ตราด	86.00	5.00	4.00	550.00
ฉะเชิงเทรา	86.00	4.80	3.80	528.00
ปราจีนบุรี	86.00	4.90	3.90	539.00
นครนายก	86.00	4.50	3.60	495.00
สระแก้ว	86.00	5.30	4.20	583.00
นครราชสีมา	86.00	5.40	4.30	594.00
บุรีรัมย์	86.00	5.80	4.60	638.00
สุรินทร์	86.00	6.30	5.00	694.00
ศรีสะเกษ	86.00	4.50	3.60	495.00
อุบลราชธานี	86.00	6.20	5.00	682.00
ยโสธร	86.00	4.70	3.80	517.00
ชัยภูมิ	86.00	6.00	4.80	660.00
หนองบัวลำภู	86.00	5.40	4.30	594.00
อำนาจเจริญ	86.00	5.40	4.30	594.00
บึงกาฬ	86.00	5.40	4.30	594.00
ขอนแก่น	86.00	5.90	4.70	649.00
อุดรธานี	86.00	5.30	4.20	583.00
เลย	86.00	4.60	3.70	506.00
หนองคาย	86.00	4.50	3.60	495.00
มหาสารคาม	86.00	5.60	4.50	616.00
ร้อยเอ็ด	86.00	5.50	4.40	605.00

ตาราง 36 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
กาฬสินธุ์	86.00	5.30	4.20	583.00
สกลนคร	86.00	6.10	4.90	671.00
นครพนม	86.00	4.40	3.50	484.00
มุกดาหาร	86.00	4.90	3.90	539.00
เชียงใหม่	86.00	4.80	3.80	528.00
ลำพูน	86.00	5.40	4.30	594.00
ลำปาง	86.00	4.30	3.40	473.00
อุตรดิตถ์	86.00	4.80	3.80	528.00
แพร่	86.00	5.30	4.20	583.00
น่าน	86.00	3.60	2.90	396.00
พะเยา	86.00	4.70	3.80	517.00
เชียงราย	86.00	4.50	3.60	495.00
แม่ฮ่องสอน	86.00	4.90	3.90	539.00
นครสวรรค์	86.00	6.40	5.10	705.00
อุทัยธานี	86.00	4.80	3.80	528.00
กำแพงเพชร	86.00	4.60	3.70	506.00
ตาก	86.00	6.30	5.00	694.00
สุโขทัย	86.00	5.20	4.20	572.00
พิษณุโลก	86.00	4.60	3.70	506.00
พิจิตร	86.00	4.80	3.80	528.00
เพชรบูรณ์	86.00	5.20	4.20	572.00
ราชบุรี	86.00	5.10	4.10	561.00
กาญจนบุรี	86.00	5.80	4.60	638.00
สุพรรณบุรี	86.00	5.30	4.20	583.00
นครปฐม	86.00	5.40	4.30	594.00

ตาราง 36 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
สมุทรสาคร	86.00	5.30	4.20	583.00
สมุทรสงคราม	86.00	5.30	4.20	583.00
เพชรบุรี	86.00	4.90	3.90	539.00
ประจวบคีรีขันธ์	86.00	5.10	4.10	561.00
นครศรีธรรมราช	86.00	4.50	3.60	495.00
กระบี่	86.00	4.90	3.90	539.00
พังงา	86.00	3.60	2.90	396.00
ภูเก็ต	86.00	5.30	4.20	583.00
สุราษฎร์ธานี	86.00	5.20	4.20	572.00
ระนอง	86.00	4.60	3.70	506.00
ชุมพร	86.00	4.80	3.80	528.00
สงขลา	86.00	6.40	5.10	705.00
สตูล	86.00	4.80	3.80	528.00
ตรัง	86.00	5.40	4.30	594.00
พัทลุง	86.00	3.60	2.90	396.00
ปัตตานี	86.00	4.30	3.40	473.00
ยะลา	86.00	6.30	5.00	694.00
นราธิวาส	86.00	4.70	3.80	517.00

ตาราง 37

ข้อมูลการใช้ น้ำของอ้อย

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
กรุงเทพมหานคร	270.00	5.30	3.80	1,626.00
สมุทรปราการ	270.00	5.30	3.80	1,626.00
นนทบุรี	270.00	5.20	3.70	1,595.00
ปทุมธานี	270.00	5.20	3.70	1,595.00
พระนครศรีอยุธยา	270.00	5.20	3.70	1,595.00
อ่างทอง	270.00	5.30	3.80	1,626.00
ลพบุรี	270.00	5.80	4.10	1,779.00
สิงห์บุรี	270.00	5.40	3.80	1,656.00
ชัยนาท	270.00	5.00	3.60	1,534.00
สระบุรี	270.00	5.10	3.60	1,564.00
ชลบุรี	270.00	4.90	3.50	1,503.00
ระยอง	270.00	5.30	3.80	1,626.00
จันทบุรี	270.00	4.70	3.30	1,442.00
ตราด	270.00	5.00	3.60	1,534.00
ฉะเชิงเทรา	270.00	4.80	3.40	1,472.00
ปราจีนบุรี	270.00	4.90	3.50	1,503.00
นครนายก	270.00	4.50	3.20	1,380.00
สระแก้ว	270.00	5.30	3.80	1,626.00
นครราชสีมา	270.00	5.40	3.80	1,656.00
บุรีรัมย์	270.00	5.80	4.10	1,779.00
สุรินทร์	270.00	6.30	4.50	1,932.00
ศรีสะเกษ	270.00	4.50	3.20	1,380.00
อุบลราชธานี	270.00	6.20	4.40	1,902.00
ยโสธร	270.00	4.70	3.30	1,442.00

ตาราง 37 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
ชัยภูมิ	270.00	6.00	4.30	1,840.00
หนองบัวลำภู	270.00	5.40	3.80	1,656.00
อำนาจเจริญ	270.00	5.40	3.80	1,656.00
บึงกาฬ	270.00	5.40	3.80	1,656.00
ขอนแก่น	270.00	5.90	4.20	1,810.00
อุดรธานี	270.00	5.30	3.80	1,626.00
เลย	270.00	4.60	3.30	1,411.00
หนองคาย	270.00	4.50	3.20	1,380.00
มหาสารคาม	270.00	5.60	4.00	1,718.00
ร้อยเอ็ด	270.00	5.50	3.90	1,687.00
กาฬสินธุ์	270.00	5.30	3.80	1,626.00
สกลนคร	270.00	6.10	4.30	1,871.00
นครพนม	270.00	4.40	3.10	1,350.00
มุกดาหาร	270.00	4.90	3.50	1,503.00
เชียงใหม่	270.00	4.80	3.40	1,472.00
ลำพูน	270.00	5.40	3.80	1,656.00
ลำปาง	270.00	4.30	3.10	1,319.00
อุตรดิตถ์	270.00	4.80	3.40	1,472.00
แพร่	270.00	5.30	3.80	1,626.00
น่าน	270.00	3.60	2.60	1,104.00
พะเยา	270.00	4.70	3.30	1,442.00
เชียงราย	270.00	4.50	3.20	1,380.00
แม่ฮ่องสอน	270.00	4.90	3.50	1,503.00
นครสวรรค์	270.00	6.40	4.50	1,963.00

ตาราง 37 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
อุทัยธานี	270.00	4.80	3.40	1,472.00
กำแพงเพชร	270.00	4.60	3.30	1,411.00
ตาก	270.00	6.30	4.50	1,932.00
สุโขทัย	270.00	5.20	3.70	1,595.00
พิษณุโลก	270.00	4.60	3.30	1,411.00
พิจิตร	270.00	4.80	3.40	1,472.00
เพชรบูรณ์	270.00	5.20	3.70	1,595.00
ราชบุรี	270.00	5.10	3.60	1,564.00
กาญจนบุรี	270.00	5.80	4.10	1,779.00
สุพรรณบุรี	270.00	5.30	3.80	1,626.00
นครปฐม	270.00	5.40	3.80	1,656.00
สมุทรสาคร	270.00	5.30	3.80	1,626.00
สมุทรสงคราม	270.00	5.30	3.80	1,626.00
เพชรบุรี	270.00	4.90	3.50	1,503.00
ประจวบคีรีขันธ์	270.00	5.10	3.60	1,564.00
นครศรีธรรมราช	270.00	4.50	3.20	1,380.00
กระบี่	270.00	4.90	3.50	1,503.00
พังงา	270.00	3.60	2.60	1,104.00
ภูเก็ต	270.00	5.30	3.80	1,626.00
สุราษฎร์ธานี	270.00	5.20	3.70	1,595.00
ระนอง	270.00	4.60	3.30	1,411.00
ชุมพร	270.00	4.80	3.40	1,472.00
สงขลา	270.00	6.40	4.50	1,963.00
สตูล	270.00	4.80	3.40	1,472.00
ตรัง	270.00	5.40	3.80	1,656.00

ตาราง 37 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
พัทลุง	270.00	3.60	2.60	1,104.00
ปัตตานี	270.00	4.30	3.10	1,319.00
ยะลา	270.00	6.30	4.50	1,932.00
นราธิวาส	270.00	4.70	3.30	1,442.00

ตาราง 38

ข้อมูลการใช้ น้ำของ มั่นสำปะหลัง

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
กรุงเทพมหานคร	95.00	5.30	5.10	773.00
สมุทรปราการ	95.00	5.30	5.10	773.00
นนทบุรี	95.00	5.20	5.00	759.00
ปทุมธานี	95.00	5.20	5.00	759.00
พระนครศรีอยุธยา	95.00	5.20	5.00	759.00
อ่างทอง	95.00	5.30	5.10	773.00
ลพบุรี	95.00	5.80	5.60	846.00
สิงห์บุรี	95.00	5.40	5.20	788.00
ชัยนาท	95.00	5.00	4.80	730.00
สระบุรี	95.00	5.10	4.90	744.00
ชลบุรี	95.00	4.90	4.70	715.00
ระยอง	95.00	5.30	5.10	773.00
จันทบุรี	95.00	4.70	4.50	686.00
ตราด	95.00	5.00	4.80	730.00
ฉะเชิงเทรา	95.00	4.80	4.60	700.00
ปราจีนบุรี	95.00	4.90	4.70	715.00
นครนายก	95.00	4.50	4.30	657.00

ตาราง 38 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
สระแก้ว	95.00	5.30	5.10	773.00
นครราชสีมา	95.00	5.40	5.20	788.00
บุรีรัมย์	95.00	5.80	5.60	846.00
สุรินทร์	95.00	6.30	6.00	919.00
ศรีสะเกษ	95.00	4.50	4.30	657.00
อุบลราชธานี	95.00	6.20	6.00	905.00
ยโสธร	95.00	4.70	4.50	686.00
ชัยภูมิ	95.00	6.00	5.80	876.00
หนองบัวลำภู	95.00	5.40	5.20	788.00
อำนาจเจริญ	95.00	5.40	5.20	788.00
บึงกาฬ	95.00	5.40	5.20	788.00
ขอนแก่น	95.00	5.90	5.70	861.00
อุดรธานี	95.00	5.30	5.10	773.00
เลย	95.00	4.60	4.40	671.00
หนองคาย	95.00	4.50	4.30	657.00
มหาสารคาม	95.00	5.60	5.40	817.00
ร้อยเอ็ด	95.00	5.50	5.30	803.00
กาฬสินธุ์	95.00	5.30	5.10	773.00
สกลนคร	95.00	6.10	5.90	890.00
นครพนม	95.00	4.40	4.20	642.00
มุกดาหาร	95.00	4.90	4.70	715.00
เชียงใหม่	95.00	4.80	4.60	700.00
ลำพูน	95.00	5.40	5.20	788.00
ลำปาง	95.00	4.30	4.10	627.00
อุตรดิตถ์	95.00	4.80	4.60	700.00

ตาราง 38 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
แพร่	95.00	5.30	5.10	773.00
น่าน	95.00	3.60	3.50	525.00
พะเยา	95.00	4.70	4.50	686.00
เชียงราย	95.00	4.50	4.30	657.00
แม่ฮ่องสอน	95.00	4.90	4.70	715.00
นครสวรรค์	95.00	6.40	6.10	934.00
อุทัยธานี	95.00	4.80	4.60	700.00
กำแพงเพชร	95.00	4.60	4.40	671.00
ตาก	95.00	6.30	6.00	919.00
สุโขทัย	95.00	5.20	5.00	759.00
พิษณุโลก	95.00	4.60	4.40	671.00
พิจิตร	95.00	4.80	4.60	700.00
เพชรบูรณ์	95.00	5.20	5.00	759.00
ราชบุรี	95.00	5.10	4.90	744.00
กาญจนบุรี	95.00	5.80	5.60	846.00
สุพรรณบุรี	95.00	5.30	5.10	773.00
นครปฐม	95.00	5.40	5.20	788.00
สมุทรสาคร	95.00	5.30	5.10	773.00
สมุทรสงคราม	95.00	5.30	5.10	773.00
เพชรบุรี	95.00	4.90	4.70	715.00
ประจวบคีรีขันธ์	95.00	5.10	4.90	744.00
นครศรีธรรมราช	95.00	4.50	4.30	657.00
กระบี่	95.00	4.90	4.70	715.00
พังงา	95.00	3.60	3.50	525.00
ภูเก็ต	95.00	5.30	5.10	773.00

ตาราง 38 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนวันที่ใช้	การระเหย	ใช้ต่อวัน	ใช้ทั้งหมด
สุราษฎร์ธานี	95.00	5.20	5.00	759.00
ระนอง	95.00	4.60	4.40	671.00
ชุมพร	95.00	4.80	4.60	700.00
สงขลา	95.00	6.40	6.10	934.00
สตูล	95.00	4.80	4.60	700.00
ตรัง	95.00	5.40	5.20	788.00
พัทลุง	95.00	3.60	3.50	525.00
ปัตตานี	95.00	4.30	4.10	627.00
ยะลา	95.00	6.30	6.00	919.00
นราธิวาส	95.00	4.70	4.50	686.00

ภาคผนวก ข
การพยากรณ์ราคา

ตาราง 39

ราคาที่ได้จากการพยากรณ์

ปี ค.ศ.	เดือน	วิธีพยากรณ์ ARIMA				วิธีพยากรณ์ ANN			
		ข้าว		ข้าวโพด		อ้อย		มันสำปะหลัง	
		ราคาจริง	ราคาพยากรณ์	ราคาจริง	ราคาพยากรณ์	ราคาจริง	ราคาพยากรณ์	ราคาจริง	ราคาพยากรณ์
2016	4	7,727.00	7,786.77	7,660.00	7,564.12	702.00	780.58	1,920.00	1,706.85
	5	8,074.00	7,746.10	7,610.00	7,409.37	712.00	790.77	1,780.00	1,626.25
	6	8,452.00	7,726.49	7,840.00	7,211.20	712.00	801.40	1,490.00	1,554.69
	7	8,670.00	7,698.73	8,100.00	7,090.24	712.00	813.62	1,410.00	1,490.24
	8	8,735.00	7,674.12	7,700.00	6,940.89	712.00	824.56	1,250.00	1,432.18
	9	7,999.00	7,648.29	6,940.00	6,781.52	712.00	835.84	1,130.00	1,380.44
	10	7,486.67	7,622.94	6,038.00	6,637.20	712.00	847.34	1,058.00	1,335.10
	11	7,057.03	7,597.40	6,066.00	6,487.87	858.10	858.56	1,277.50	1,296.07
	12	7,272.19	7,571.93	6,172.50	6,336.29	901.13	869.90	1,507.50	1,262.93
2017	1	7,517.23	7,546.44	6,258.00	6,187.64	900.73	881.25	1,484.00	1,235.02
	2	7,357.64	7,520.95	6,297.50	6,038.11	903.61	892.55	1,530.00	1,211.53
	3	7,477.59	7,495.46	6,447.50	5,888.09	906.24	903.88	1,502.50	1,191.68
	4	7,551.11	7,469.98	5,970.00	5,738.63	908.89	915.21	1,275.00	1,174.80
	5	7,663.82	7,444.49	6,002.00	5,589.03	911.54	926.53	1,180.00	1,160.32
	6	8,195.36	7,419.00	6,400.00	5,439.32	914.19	937.86	1,152.50	1,147.81
	7		7,393.51		5,289.72		949.19		1,136.93
	8		7,368.03		5,140.09		960.51		1,127.44

ตาราง 39 (ต่อ)

ปี ค.ศ.	เดือน	วิธีพยากรณ์ ARIMA				วิธีพยากรณ์ ANN			
		ข้าว		ข้าวโพด		อ้อย	มันสำปะหลัง		
		ราคาจริง	ราคาพยากรณ์	ราคาจริง	ราคาพยากรณ์	ราคาจริง	ราคาพยากรณ์		
2018	9		7,342.54		4,990.44		971.84		1,119.12
	10		7,317.05		4,840.81		983.16		1,111.81
	11		7,291.57		4,691.18		994.49		1,105.38
	12		7,266.08		4,541.55		1,005.82		1,099.72
	1		7,240.59		4,391.91		1,017.14		1,094.73
	2		7,215.10		4,242.28		1,028.47		1,090.33
	3		7,189.62		4,092.65		1,039.79		1,086.45
	4		7,164.13		3,943.01		1,051.12		1,083.03
	5		7,138.64		3,793.38		1,062.44		1,080.03
	6		7,113.15		3,643.74		1,073.77		1,077.39
	7		7,087.67		3,494.11		1,085.10		1,075.08
	8		7,062.18		3,344.48		1,096.42		1,073.06
9		7,036.69		3,194.84		1,107.75		1,071.30	
10		7,011.21		3,045.21		1,119.07		1,069.78	
11		6,985.72		2,895.58		1,130.40		1,068.46	
12		6,960.23		2,745.94		1,141.72		1,067.33	

บรรณานุกรม

- กฤษฎา บุศรา. (2551). *เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบฐานข้อมูล*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทาโบลัว ไทยแลนด์. (2559). *Tableau-BI Software คืออะไร?* ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก <http://tableauthailand.blogspot.com/>
- ไทยออล. (2557). *วิซวลเบสิก (Visual Basic) ระดับพื้นฐาน*. ค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2558, จาก <http://www.thaiall.com/vb/indexo.html>
- ไทยอัฟโพส. (2560). *Microsoft เผยแพร่ Visual Studio 2017 ด้วยการติดตั้งที่รวดเร็วขึ้น และรอยยับแบบ Leaner*. ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก <https://th.upost.info/31373933303439393135>
- ระบบแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุกออนไลน์. (2560). ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก <http://agri-map-online.moac.go.th/>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2559). *ภาษาอาร์*. ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาอาร์>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2560). *โครงข่ายประสาทเทียม*. ค้นเมื่อ 14 มกราคม 2560, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/โครงข่ายประสาทเทียม>
- วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. (2542). *AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2560). *รายงานสถานภาพน้ำเขื่อนต่าง ๆ*. ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก http://www.thaiwater.net/DATA/REPORT/php/rid_bigcm.php
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560ก). *คำนวณต้นทุนผลิตข้าวนาปี*. ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, <http://www.oae.go.th/economicdata/costcal.html>

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560ข). *ราคาสินค้าเกษตรรายเดือน*. ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2560, จาก <http://www.oae.go.th/monthlyprice.html>
- สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. (2554). *คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช*. กรุงเทพมหานคร: ผู้แต่ง.
- สุธรรม อรุณ. (2549). การตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์. *โปรดักทีวีสต์ เวิลด์*, 11(64), 83-89.
- สุรัตนา บุญคง. (2557). ระบบ Cloud คืออะไร และ Cloud คืออย่างไร. ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560, จาก <https://surattana15.wordpress.com/2014/09/02/ระบบ-cloud-คืออะไร-และ-cloud-คืออะไร-2/>
- อาทิตย์ ศรีแก้ว. (2552). *ปัญญาเชิงคำนวณ*. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.
- Agha, S. R., Nofal, L. G., Nassar, H. A., & Shehada, R. Y. (2012). Multi criteria governmental crop planning problem: An analytic hierarchy approach. *Management*, 2(4), 96-105.
- Amin, M., Amanullah, M., & Akbar, A. (2014). Time series modeling for forecasting wheat production of Pakistan. *The Journal of Animal Plant Science*, 24(5), 1444-1451.
- Hemageetha, N., & Nasira, G. M. (2013, Febuary). *Radial basis function model for vegetable price prediction*. 2013 International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME), Periyar University Salem, Tamilnadu Salem, India.
- Jadhav, V., Chinnappa Reddy, B. V., & Gaddi, G. M. (2017). Application of ARIMA model for forecasting agricultural prices. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 19(5), 981-992.

- Kumar, S., & Babu, S. (2016). Web GIS based decision support system for agriculture crop monitoring system: A case study from part of medak district. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(117), 1-20.
- Papadopoulos, A., Kalivas, D., & Hatzichristos, T. (2015). GIS modelling for site-specific nitrogen fertilization towards soil sustainability. *Sustainability*, 7, 6684-6705.
- Paswan, R. P., & Begum, S. A. (2013). Regression and neural networks models for prediction of crop production. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(9), 98-108.
- Pazek, K., & Rozman, C. (2005). *Application of analytical hierarchy process in agriculture*. Retrieved August 22, 2017, from https://www.researchgate.net/publication/47697229_APPLICATION_OF_ANALYTICAL_HIERARCHY_PROCESS_IN_AGRICULTURE
- Priya, S., & Shibasaki, R. (2001). National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model. *Ecological Modelling*, 136(2), 113-129.
- Rangsan Nochai, & Titida Nochai. (2006). *ARIMA model for forecasting oil palm price*. Retrieved August 2, 2016, from <http://web.vu.lt/ef/v.karpuskiene/files/2015/10/Arima-Palm-OIL-Price.pdf>
- Ratkal, A. G., Akalwadi, G., Patil, V. N., & Mahesh, K. (2016, October). *Farmer's analytical assistant*. 2016 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM), Bangalore, Karnataka, India.

- Sharififar, A., Ghorbani, H., & Sarmadian, F. (2016). Soil suitability evaluation for crop selection using fuzzy sets methodology. *Acta Agriculturae Slovenica*, 107(1), 159-174.
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2017). *Analytic hierarchy process*. Retrieved August 22, 2017, from https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_hierarchy_process
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2018a). *CartoDB*. Retrieved January 2, 2018, from <https://en.wikipedia.org/wiki/CartoDB>
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2018b). *Google Maps*. Retrieved January 2, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2018c). *Microsoft SQL Server*. Retrieved January 2, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server
- Zhang, G. P. (2004). A Combined ARIMA and neural network approach for time series forecasting. In G. P. Zhang (Ed.), *Neural networks in business forecasting* (pp. 213-225). Hershey, PA: Idea Group Inc.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายพีรพัฒน์ แก้วจินดา
วัน เดือน ปีเกิด	20 มิถุนายน 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเจ้าพระยาวิทยาคม ปีการศึกษา 2550 สำเร็จปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2554
ตำแหน่งหน้าที่ การงานปัจจุบัน	-