

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยคือข้อมูลมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่างของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย
4. การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA)
5. การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์
6. การประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์

ข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตข้อมูล

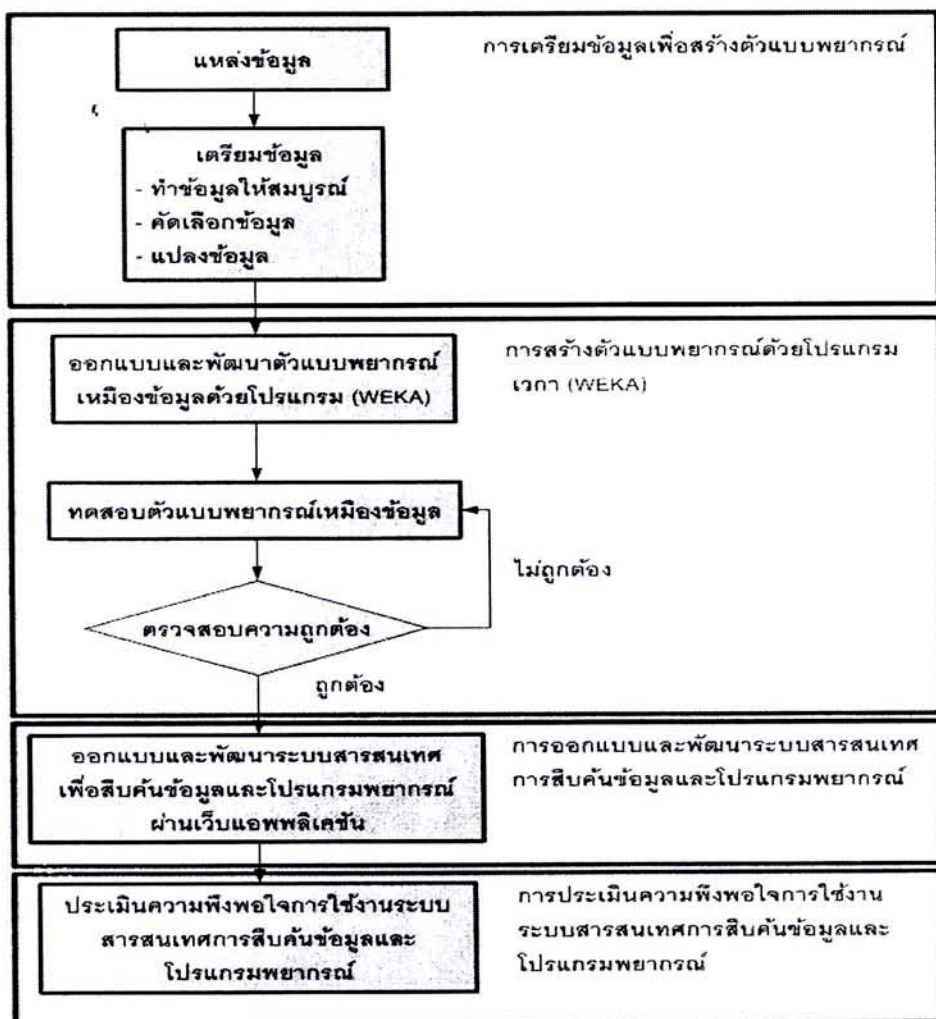
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง คือ ข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตมันสำปะหลังเป็นข้อมูลแบบitudinal ตั้งแต่ปี 2548 ถึง 2549 และปี 2551 ถึง 2553 โดยเป็นข้อมูลจากจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 ซึ่งประกอบด้วย 8 จังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่างได้แก่ กำแพงเพชร พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ตาก และอุทัยธานี ซึ่งข้อมูลมันสำปะหลังที่ได้มาจากการเพาะปลูกของเกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 520 ครัวเรือน

ขอบเขตกลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบสารสนเทศการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ เจ้าหน้าที่สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 และผู้ให้ทั่วไป จำนวน 30 คน รวมทั้งผู้ดูแลระบบ จำนวน 4 คน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่างเป็นการวิจัยและพัฒนาซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA) การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศ และการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและการพยากรณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังภาพ 14



ภาพ 14 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

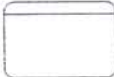
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือพัฒนาระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง 1 ชุด ดังนี้

การสร้างเครื่องมือในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบออกเป็น 2 ระดับคือ ขั้นต้นและขั้นสูง

ขั้นต้น (Basic System Analysis) ประกอบขั้นตอนดังนี้

- 1. การสรุปความต้องการของระบบ (System Requirement) ความต้องการของผู้ใช้หรือหมายถึงเป็นขั้นตอนของการเก็บรายละเอียด
- 2. การกำหนดบริบท (Context Description) เป็นการกำหนดบริบทประกอบด้วย List of Entities, List of Data และ List of Process
- 3. แผนภาพบริบท (Context Diagram) เป็นการออกแบบโครงสร้างบริบทมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบรองรับการทำงานเบื้องต้น โดยระบบสามารถประมวลผลระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่างในส่วนต่าง ๆ ได้ โดยการแสดงความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับระบบจะแสดงด้วยแผนภาพบริบทซึ่งในการออกแบบนี้จะใช้สัญลักษณ์แทนความหมายต่อไปนี้

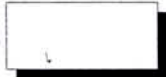
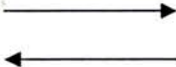
ตาราง 3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพบริบท

สัญลักษณ์	ความหมาย
	แทนระบบ
	ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ
	เส้นทางการไหลของข้อมูล

4. แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการ (Process Hierarchy Chart) เป็นการเขียนผังการไหลของข้อมูลในระดับต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนภาพบริบท

5. การสร้างแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เป็นการเขียนผังการไหลของข้อมูลในระดับต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการ

ตาราง 4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนผังการไหลของข้อมูล

สัญลักษณ์	ความหมาย
	Process ขั้นตอนการทำงานภายในระบบ
	External Agent บัณฑิตหรือสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบ
	Data Store แหล่งข้อมูล สามารถเป็นได้ทั้งไฟล์ข้อมูลและฐานข้อมูล
	Data Flow เส้นทางการไหลของข้อมูลแสดงทิศทางข้อมูลจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง

6. การอธิบายรายละเอียดของกระบวนการ (Process Description) เป็นการอธิบายรายละเอียดการทำงานให้ชัดเจนขึ้น โดยทั่วไปนิยมอธิบายการทำงานขั้นสุดท้ายของข้อมูลตัวแรก

7. พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เป็นขั้นตอนกำหนดแอมพริบิตที่อ้างถึงในการสร้างแบบจำลองข้อมูล เพื่อกำหนดรายละเอียดที่จะเป็นเบื้องต้นสำหรับใช้ในระบบ

ขั้นสูง (Advance System Analysis) ประกอบ 4 ขั้นตอนคือ

1. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูล โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าในในส่วนของโครงสร้างพจนานุกรมข้อมูล ซึ่งอาจใช้วิธีการทำให้เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบระบบฐานข้อมูลมันสำปะหลังจะนำข้อมูลความต้องการของระบบ แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบมาพิจารณา เพื่อเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ โดยเครื่องมือสำหรับการออกแบบระบบฐานข้อมูลได้เลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relationship

3. การออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล (Input Design) เป็นการออกแบบเพื่อนำข้อมูลเข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์ ถูกออกแบบให้มีรูปแบบสอดคล้องกับการแสดงผลทางจอภาพ

4. การออกแบบหน้าจอแสดงผล (Output Design) เป็นการแสดงผลแยกออกเป็นรายงานและข้อความ มีการดำเนินงาน 3 ชนิด คือ การแสดงผลจากฐานข้อมูลโดยตรง การแสดงผลจากการประมวลผลที่ได้รับจากการข้อมูลนำเข้า และการแสดงผลโดยตรงจากข้อมูลนำเข้า ในการออกแบบหน้าจอแสดงผลควรทำก่อนการออกแบบอื่น ๆ ทั้งหมด เพราะจะช่วยตรวจสอบแอททริบิวต์ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดแอททริบิวต์ครบถ้วนหรือไม่

นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์และการพัฒนาระบบสารสนเทศ การสืบค้นข้อมูลและการพยากรณ์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้านดังนี้

ด้านฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการเป็นลูกค้า (Client) มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ความเร็วไม่ต่ำกว่า 2 GHz.
 - 1.2 หน่วยความจำหลัก (Ram) ความเร็วไม่ต่ำกว่า 2 GHz.
 - 1.3 หน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard disk) ความจุไม่ต่ำกว่า 250 GB
 - 1.4 แลนการ์ด (Network Interface Card)
 - 1.5 จอภาพ (Monitor)
2. ด้านอุปกรณ์ต่อพ่วงและอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ เครื่องพิมพ์และอุปกรณ์สำรองข้อมูล
3. ด้านซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย

ระบบปฏิบัติการ Windows 7 โปรแกรม Appserve 2.5.10 ประกอบด้วยตัวแปลภาษา PHP เวอร์ชัน 5 โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL และโปรแกรมจัดการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่าย อินเทอร์เน็ต Apache โปรแกรมสร้างเว็บไซต์ โปรแกรมจัดการข้อมูลทางด้านสถิติ และโปรแกรมวิเคราะห์เหมืองข้อมูลเวกา (WEKA)

จากขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA) และการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA)

โดยนำเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมาใช้ในการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งในการจัดทำแบบตัวแบบ

พยากรณ์ได้ใช้โปรแกรมเวกา (WEKA) ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

แหล่งข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์คือ ข้อมูลมันสำปะหลังปี 2548 ถึง 2549 และ 2551 ถึง 2553 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 2 แต่เนื่องจากว่าข้อมูลมันสำปะหลังที่ได้มา ใช้ระเบียบวิธีการสำรวจ 2 แบบคือ การสำรวจด้วยตัวอย่าง (List Frame Survey) และการสำรวจเชิงพื้นที่ (Area Frame Survey)

การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์

โดยข้อมูลสำรวจได้ถูกจัดเก็บและบันทึกลงในระบบจัดการฐานข้อมูลไมโครซอฟต์เอ็กเซล 2003 (Microsoft Excel 2003) ข้อมูลมันสำปะหลังมีการจัดเก็บโดยการสำรวจเชิงพื้นที่ ทำให้บางปีมีรูปแบบการเก็บที่ไม่เหมือนกัน เช่น ชื่อแอดทริบิวต์ไม่เหมือนกัน จำนวนแอดทริบิวต์ไม่เท่ากัน ข้อมูลในแอดทริบิวต์ไม่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เป็นต้น ซึ่งแตกต่างกับข้อมูลมันสำปะหลังในปัจจุบัน ทำให้ผู้วิจัยต้องจัดเตรียมข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Data Cleansing) และเหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์ตามอัลกอริทึมที่เลือกใช้

1. การทำข้อมูลให้สมบูรณ์ (Data Cleansing)

ข้อมูลที่ได้มาจากหน่วยงานเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งยังไม่สามารถนำมาใช้กระบวนการเหมืองข้อมูลได้ ดังนั้นต้องมีการจัดการข้อมูล โดยทำการปรับชื่อของแอดทริบิวต์ให้เป็นภาษาอังกฤษและทำการจัดข้อมูลให้เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) โดยเปลี่ยนค่าของแอดทริบิวต์ให้เป็นหน่วยนับเดียวกัน เช่น หน่วย ไร่ งาน ตรว. ให้เป็นหน่วยไร่ ปริมาณปุ๋ยปรับหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนปริมาณผลผลิตปรับหน่วยเป็นตัน และผลผลิตให้อยู่ในหน่วยมาตรฐานคือ ตันต่อไร่ หลังจากนั้น กำจัดข้อมูลที่ในแถวเป็นค่าว่าง (NULL) มีค่าข้อมูลเป็น 0 หรือระเบียบที่มีค่าผลผลิตเป็น 0 ออกและเลือกแอดทริบิวต์ที่มีค่าที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้และมีข้อมูลครบถ้วน เช่น จังหวัด อำเภอ ตำบล พันธุ์ที่ใช้ อายุปลูกถึงเก็บ เดือนเก็บผลผลิต ปีเก็บผลผลิต เนื้อที่เก็บเกี่ยว เนื้อที่เสียหาย เนื้อที่ปลูก เนื้อที่ใส่ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ย และปริมาณผลผลิต เป็นต้น หลังจากที่ได้ข้อมูลมาต้องทำการกำหนดรหัสข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้มีความสะดวกและความถูกต้องในการประมวลผลจึงได้มีการกำหนดรหัสและแทนความหมายของข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลจังหวัด อำเภอ ตำบล พันธุ์ ปุ๋ย และหน่วยนับ เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 6 ถึง ตาราง 10

ตาราง 6 การแทนความหมายแอททริบิวต์

ชื่อเขตข้อมูล	ความหมาย
Year	ปี
Province	จังหวัด
Amphoe	อำเภอ
Tambon	ตำบล
Village	หมู่บ้าน
Species	พันธุ์ที่ใช้
CassAge	อายุปลูกถึงเก็บ(เดือน)
AreaGrownV	เนื้อที่ปลูก (ตรว.)
AreaGrownR	เนื้อที่ปลูก (ไร่)
AreaHarvestV	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ตรว.)
AreaHarvestR	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)
YieldProdTN	ปริมาณผลผลิต(ตัน)
YieldProdKG	ปริมาณผลผลิต(กิโลกรัม)
YieldProdAndAreaGrownx400TN	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)
YieldProdAndAreaGrownxNEW	ระยะช่วงผลผลิต (ตัวอักษร)
YieldProdAndAreaGrownxNUM	ระยะช่วงผลผลิต (ตัวเลข)
AreaDamageV	เนื้อที่เสียหาย (ตรว.)
AreaDamageR	เนื้อที่เสียหาย (ไร่) (งาน)
FertAreaCHV	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยเคมี(ไร่)
FertAreaCHR	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยเคมี(งาน)
FertQuanCHKG	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้(กก.)
FertQuanCHx400	ปริมาณปุ๋ยเคมีต่อเนื้อที่ใช้ปุ๋ยเคมี (ไร่)
FertAreaCKV	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยคอก(ตรว.)
FertAreaCKR	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยคอก(ไร่)
FertQuanCK(KG)	ปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้(กก.)
FertQuanCKx400	ปริมาณปุ๋ยคอกต่อเนื้อที่ใช้ปุ๋ยคอก (ไร่)

ตาราง 6 (ต่อ)

ชื่อเขตข้อมูล	ความหมาย
FertAreaCBV	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยหมัก/ชีวภาพ(ตรว.)
FertAreaCBR	เนื้อที่ใส่ปุ๋ยหมัก/ชีวภาพ(ไร่)
FertQuanCB(KG)	ปริมาณปุ๋ยหมัก/ชีวภาพที่ใช้ (กก.)
FertQuanCBx400	ปริมาณปุ๋ยหมักต่อเนื้อที่ปุ๋ยหมัก(ไร่)
FertAreaCLV	เนื้อที่ปุ๋ยอินทรีย์(ตรว.)
FertAreaCLR	เนื้อที่ปุ๋ยอินทรีย์(ไร่)
FertQuanCL(KG)	ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ (กก.)
FertQuanCLx400	ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ต่อเนื้อที่ปุ๋ยอินทรีย์ (ไร่)

ตาราง 7 การกำหนดจังหวัด

รหัสจังหวัด	จังหวัด
Kamphaengphet	กำแพงเพชร
Tak	ตาก
Nakhon Sawan	นครสวรรค์
Phichit	พิจิตร
Phitsanulok	พิษณุโลก
Phetchabun	เพชรบูรณ์
Sukhothai	สุโขทัย
Uthai Tharii	อุทัยธานี

ตาราง 8 การกำหนดรหัสพันธุ์

หมายเลข	รหัสประเภทพันธุ์	พันธุ์
1	A	ระยอง1
2	B	ระยอง3
3	C	ระยอง5
4	D	ระยอง60
5	E	ระยอง90
6	F	ศรีราชา1
7	G	เกษตรศาสตร์50
8	H	ห้วยบง60
9	I	ระยอง7
10	J	ระยอง9
11	K	ระยอง72
12	L	ห้วยบง80
99	M	พันธุ์อื่น ๆ



ตาราง 9 การแทนความหมายปุ๋ย

รหัสปุ๋ย	พันธุ์
CH	ปุ๋ยเคมี
CK	ปุ๋ยคอก
CB	ปุ๋ยหมัก/ชีวภาพ
CL	ปุ๋ยอินทรีย์

ตาราง 10 การกำหนดรหัสหน่วยนับ

รหัสหน่วยนับ	หน่วยนับ
RR	ไร่
NG	งาน
TW	ตารางวา
KG	กิโลกรัม
TN	ตัน

2. การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection)

การคัดเลือกรายการข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาวิจัยและสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างตัวพยากรณ์ โดยงานวิจัยนี้จะทำการคัดเลือก แอททริบิวต์ที่เกี่ยวข้องกับมันลำปะหลังจากขั้นตอนการทำข้อมูลให้สมบูรณ์ ปรากฏว่ามีปัจจัยทั้งหมด 11 ปัจจัย ได้แก่ จังหวัด, พันธุ์ที่ใช้, อายุปลูกถึงเก็บ, ผลผลิตต่อไร่, เนื้อที่ปลูก, เนื้อที่เก็บเกี่ยว, เนื้อที่เสียหาย, ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้, ปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้, ปริมาณปุ๋ยหมัก/ชีวภาพที่ใช้, ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้และเพื่อต้องการวิเคราะห์หาปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตจริง ผู้วิจัยจึงได้การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูล (Correlations) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นทั้ง 11 ตัว (ปัจจัย) กับตัวแปรตามคือ ผลผลิตต่อไร่ จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวกับผลผลิตมันลำปะหลังโดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เคนดอลล์ (Kendall's Correlations Analysis) ซึ่งตัวแปรของข้อมูลต้องมาจากข้อมูลเชิงปริมาณ (สูงกว่ามาตรเรียงลำดับหรือ Ordinal Scale) (กัลยา วาณิชยปัญญา, 2550) ประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีจำนวน 10 ตัวแปร ทดสอบสหสัมพันธ์ของโปรแกรม SPSS for Windows Version 17.0 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 11 ค่าความสัมพันธ์ของเคนดอลล์

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
พันธุ์มันสำปะหลัง	-0.194*
อายุปลูก	0.228*
เนื้อที่ปลูกไร่	0.047**
เนื้อที่เก็บเกี่ยว	0.051**
เนื้อที่เสียหาย	-0.025
ปริมาณปุ๋ยเคมี	0.084*
ปริมาณปุ๋ยคอก	-0.014
ปริมาณปุ๋ยชีวภาพ	0.000
ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์	0.025

* P – Value < 0.01, ** P Value <0.05

จากตาราง 11 พบว่าค่าประสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง มีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 จำนวน 3 ตัวแปร คือ พันธุ์ที่ใช้ อายุปลูก และปริมาณปุ๋ยเคมี และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จำนวน 2 ตัวแปร คือ เนื้อที่ปลูกไร่และเนื้อที่เก็บเกี่ยว ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางบวก สรุปได้ว่าจะมีตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ จังหวัด พันธุ์ อายุปลูก ปริมาณปุ๋ยเคมี ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์

3. การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูล ผ่านการหาความสัมพันธ์และทำการตัดระเบียบที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ออกแล้ว โดยข้อมูลเดิมของมันสำปะหลังจำนวน 1,895 ระเบียบและมีรายละเอียดทั้งหมด 44 แอททริบิวต์ ซึ่งเมื่อทำความสะอาดข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะได้ข้อมูลมันสำปะหลัง จำนวน 1,802 ระเบียบ และมีรายละเอียดทั้งหมด 11 แอททริบิวต์ เพื่อให้เหมาะสมกับอัลกอริทึมที่เลือกใช้

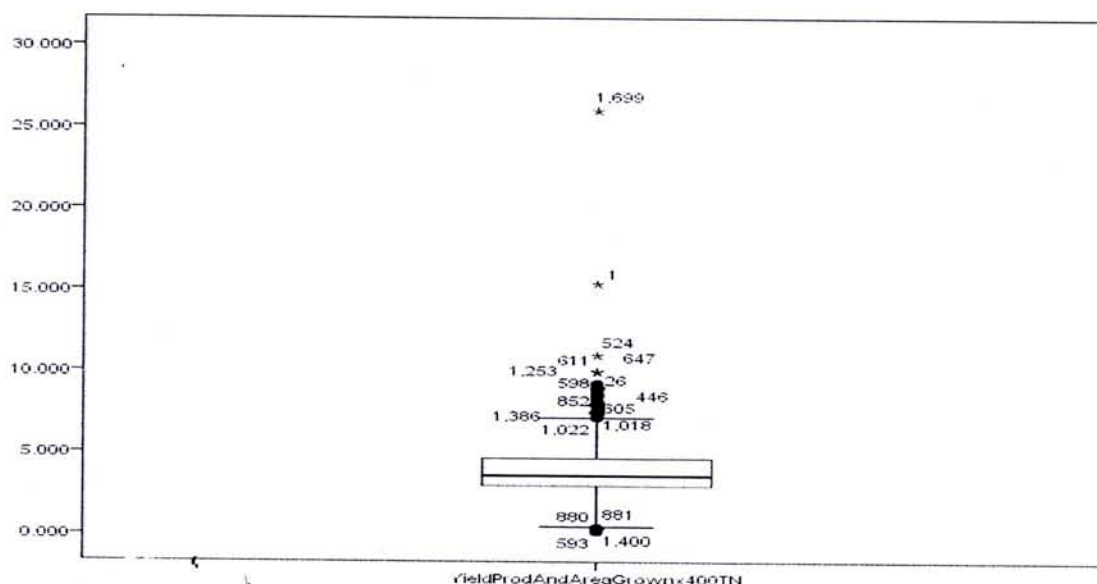
ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยต้องการสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าคำตอบเป็นระดับ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสเกลของตัวแปรผลผลิตให้อยู่ในรูปของระดับหรือช่วง โดยในที่นี้จะใช้การแปลงค่าแบบ Min – Max Normalization ดังอธิบายในบทที่ 2 และเมื่อพิจารณาค่าของข้อมูลจะพบว่ามีข้อมูลผิดปกติ (Outlier) ซึ่งค่าผิดปกติมากที่สุดและค่าผิดปกติน้อยที่สุดอยู่ในช่วงดังกล่าว ดังภาพ 13 ทำให้ถ้ามีค่าผลผลิตต่อไร่ที่ต่ำเกินไปหรือมีค่าสูงเกินไปจะต้องทำการปรับค่า Max และ Min เพื่อให้ช่วงระดับไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นการแปลงข้อมูลในกรณีนี้จึงใช้ค่า Max และ Min ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ กล่าวคือ ได้ค่าสูงสุด (Max) ของผลผลิตมันสำปะหลังเท่ากับ 7.5 และค่าต่ำสุด (Min) ของผลผลิตมันสำปะหลังเท่ากับ 0.38 ดังนั้น ผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ที่ได้จึงเป็นช่วงระดับประกอบไปด้วยจำนวน 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 = มากกว่า 6 ต้นต่อไร่

ระดับ 2 = ตั้งแต่ 3 ถึง 6 ต้นต่อไร่

ระดับ 3 = น้อยกว่า 0 ถึง 3 ต้นต่อไร่

ในการศึกษานี้ได้ทดลองปรับระดับเป็นค่าระดับอื่น ๆ เช่น 5 ระดับ เป็นต้น แต่เมื่อนำมาทำตัวแบบพยากรณ์ได้ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ที่ไม่ค่อยดีนัก ผู้วิจัยจึงตัดสินใจใช้ค่าระดับที่ 3 ระดับ เพราะให้ค่าความแม่นยำที่ดี



ภาพ 15 ค่าข้อมูลที่ผิดปกติเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูลผลผลิตต่อไร่

การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์

เมื่อได้ทำการแปลงข้อมูลแล้วจะต้องทำแปลงรูปแบบข้อมูลอีกครั้งให้อยู่ในรูปของเท็กซ์ไฟล์ (Text File) เพื่อใช้ในการประมวลผลด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA) เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยชุดข้อมูลจะต้องเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมเวกา (WEKA) ได้ โดยภายในแฟ้มข้อมูลจะมีส่วนประกอบดังภาพ 16

```

Cassava_AllTotal_Years_5_train - Notepad
File Edit Format View Help
@relation Cassava_AllTotal_Years_5_train
@attribute Province {Kamphaengphet,Tak,NakhonSawan,Phichit,Phitsanulok,Phetchabun,Sukhothai,UthaiThani}
@attribute Species {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}
@attribute CassAge {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24}
@attribute FertQuanCHx400 real
@attribute FertQuanCLx400 real
@attribute YieldProdAndAreaGrownxNUM {1,2,3}

@data
Kamphaengphet,3,10,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,24,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,24,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,24,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,24,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,18,50.000,0.000,1
Kamphaengphet,3,8,49.091,0.000,1

```

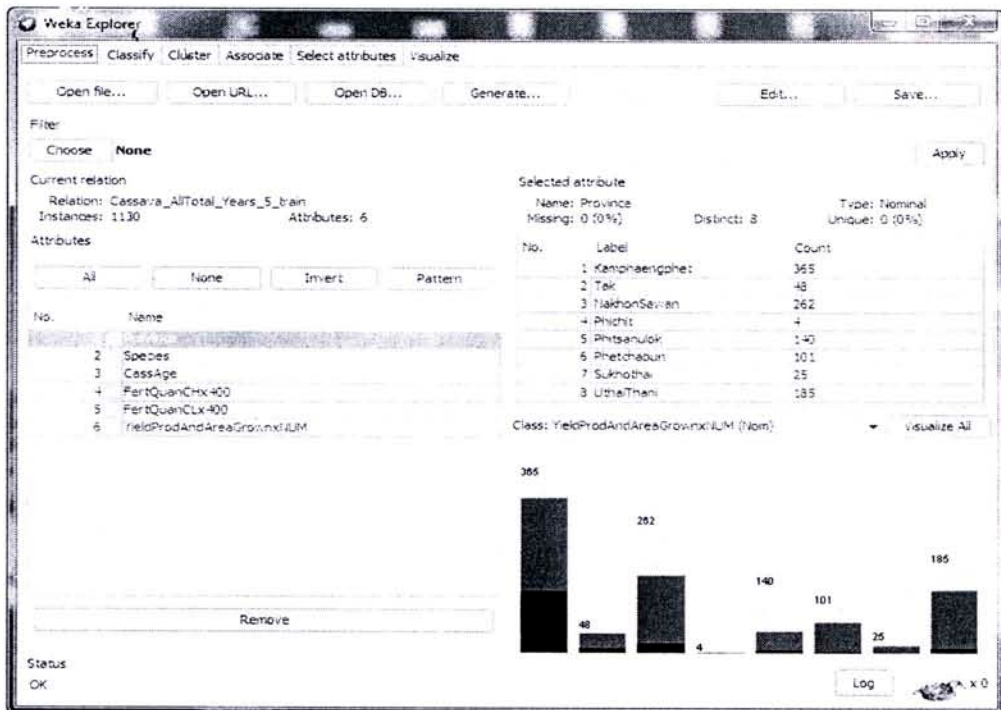
ภาพ 16 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลที่ใช้สำหรับประมวลผล

จากภาพ 16 เพิ่มข้อมูลจะต้องทำการจัดให้อยู่ในรูป .arff มีลักษณะคล้ายรูปแบบไฟล์ CSV ซึ่งสามารถแปลงไฟล์ในโปรแกรมประเภทสมุดงานได้ โดยอธิบายได้ว่า

@relation name เป็นบรรทัดที่บอกชื่อตารางข้อมูลเชิงสัมพันธ์

@attribute att-name type เป็นบรรทัดที่บอกชื่อลักษณะประจำแต่ละชนิดโดยที่ Numeric หรือ real 8nv ลักษณะประจำเก็บเป็นตัวเลข และ (V1, V2, ..., Vn) จะเป็นลักษณะประจำเก็บค่าไม่ต่อเนื่อง

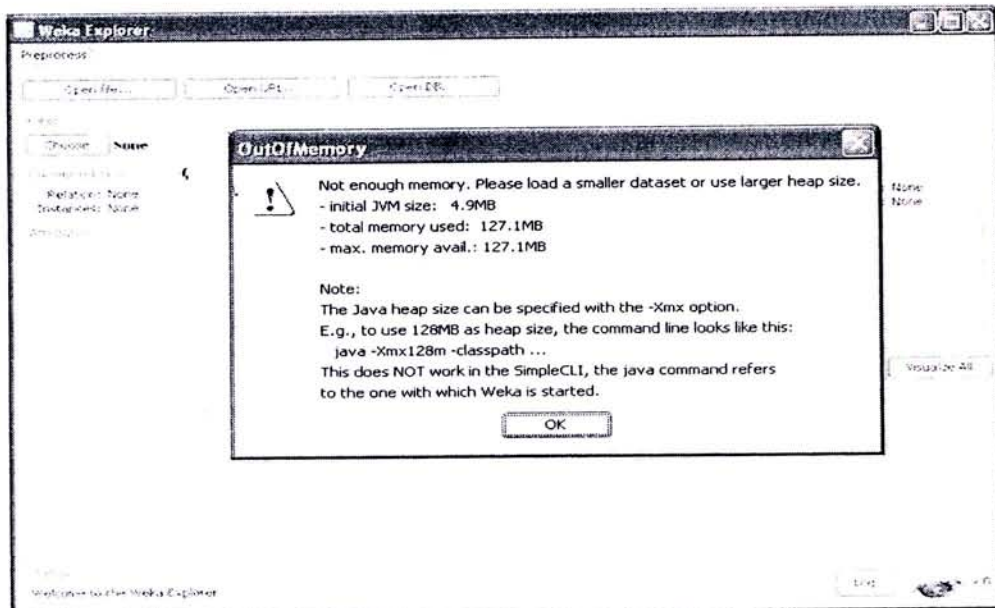
@data เป็นบรรทัดที่บอกถึงแถวที่ตามมาจะเป็นข้อมูล แถวละหนึ่งระเบียนเรียงตามลักษณะประจำที่บอกไว้ข้างต้น คั่นด้วย comma (,)



ภาพ 17 การนำข้อมูลเข้าโปรแกรมเวกา

วิธีแก้ปัญหาหน่วยความจำไม่พอ (WEKA out of Memory)

เมื่อรันโปรแกรมเวกา (WEKA) ด้วยข้อมูลที่มีขนาดใหญ่จะพบกล่องข้อความที่แสดงข้อความว่า Out of Memory ดังภาพ 1 เกิดจากหน่วยความจำที่ใช้ในการรันโปรแกรมเวกามีไม่พอ โดยปกติเมื่อติดตั้งโปรแกรมเวกาจะกำหนดค่าหน่วยความจำที่จองไว้ สำหรับรันโปรแกรมเวกาเท่ากับ 256 MB แต่ถ้าข้อมูลที่ต้องการรันด้วยโปรแกรมเวกามีการใช้หน่วยความจำที่มีขนาดมากกว่า 256 MB จะต้องทำการปรับค่า Maxheap



ภาพ 18 ข้อความเตือนหน่วยความจำ

ที่มา: Openminer, 2011

วิธีแก้ไขทำได้ 2 วิธี คือแก้ไขผ่านทางเวกา คอนฟิกูเรชัน (WEKA Configuration) และแก้ไขผ่านทางคอมมานด์ไลน์ (Command Line)

วิธี 1 แก้ไขจากเวกา คอนฟิกูเรชัน เป็นการแก้ไขค่าตัวแปร Maxheap ในคอนฟิกูเรชันไฟล์ของโปรแกรมเวกาซึ่ง Maxheap เป็นตัวแปรที่ระบุว่าจะสามารถใช้หน่วยความจำได้มากที่สุดเท่าไร ในการรันโปรแกรมเวกา โดยวิธีการแก้ไขตามขั้นตอนด้านล่าง

1. เข้าไปที่โฟลเดอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมเวกา เช่น C:\Program Files\Weka-3-6
2. เปิดไฟล์ชื่อ RunWeka.ini ด้วยโปรแกรม Notepad หรือ Editplus

changeLogs	ไฟล์ Log	
data	ข้อมูล	
doc	เอกสาร	
COPYING	ไฟล์	10 KB
documentation	คู่มือการใช้งาน	1 KB
documentation	คู่มือการใช้งาน	1 KB
README	ไฟล์	10 KB
remoteExperimentServer	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
RunWeka	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	1 KB
RunWeka.class	ไฟล์	10 KB
RunWeka	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
uninstall	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
Weka 3.6 (with console)	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
Weka 3.6	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
weka	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
weka	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
weka	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB
WekaManual	คู่มือการใช้งาน	10 KB
weka-src	โปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อ	10 KB

ภาพ 19 ไฟล์นามสกุล .ini

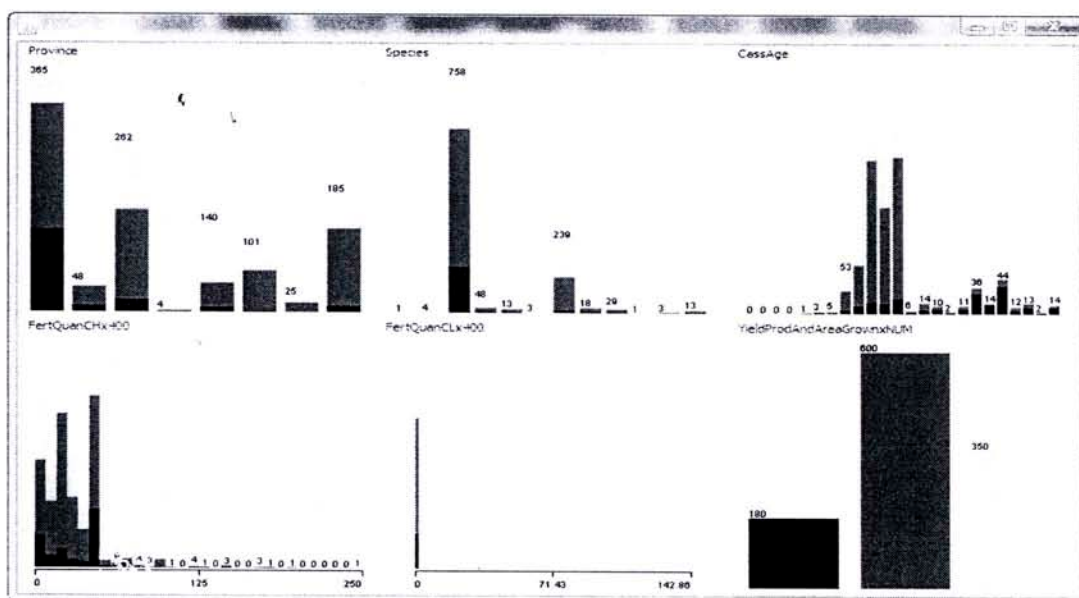
3. แก้ไขค่า Maxheap เพิ่มขึ้น (แต่ไม่เกินขนาดของหน่วยความจำภายในเครื่อง) เช่น 1024 m ดังภาพ 20

```
# placeholders ("bla" in command gets replaced with content of key "bla")
# Note: "#wekajar#" gets replaced by the launcher class, since that jar gets
# provided as parameter
# The YDI GUI
#mainclass=weka.gui.Main
# The GUIChooser
mainclass=weka.gui.GUIChooser
# The file encoding; use "utf-8" instead of "Cp1252" to display UTF-8 characters in the
# GUI, e.g., the Explorer
fileEncoding=Cp1252
```

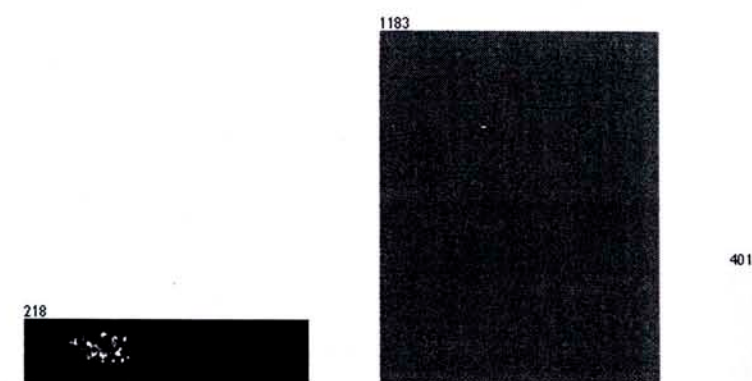
ภาพ 20 แก้ไขหน่วยความจำใน Maxheap

4. หลังจากแก้ไขค่า Maxheap และทำการบันทึกเสร็จแล้ว หากมีการเปิดโปรแกรมเวกาอยู่ให้ทำการปิดก่อนทุกครั้งแล้วเปิดขึ้นใหม่ เพื่อให้ระบบโหลดคอนฟิกรูเรชัน ใหม่อีกครั้งจึงจะใช้งานได้

วิธี 2 แก้ไขผ่านทางคอมมานไลน์ (Command Line) ทำโดยการรันคำสั่ง Java -Xmx1024m -jar weka.jar โดยที่ 1024m คือ จำนวนหน่วยความจำที่ต้องการเพิ่มให้โปรแกรมเวกา (แต่ไม่เกินขนาดของหน่วยความจำภายในเครื่อง) หลังการแก้ไขคอนคอนฟิกูเรชันแล้ว หากมีการเปิดโปรแกรมเวกาอยู่ให้ทำการปิดก่อนทุกครั้งแล้วเปิดขึ้นใหม่ เพื่อให้ระบบทำการโหลดคอนฟิกูเรชัน ใหม่อีกครั้งจึงจะใช้งานได้ หลังจากทำการปรับค่า Maxheap แล้ว จึงเข้าสู่หน้าหลักของโปรแกรมเวกาในส่วนที่เป็นการนำข้อมูลเข้า ซึ่งมีวิธีการทำงานดังนี้ 1) เลือกแถบ Preprocess 2) กดปุ่ม Open file โปรแกรมจะดึงข้อมูลมาแสดง ดังภาพ 21

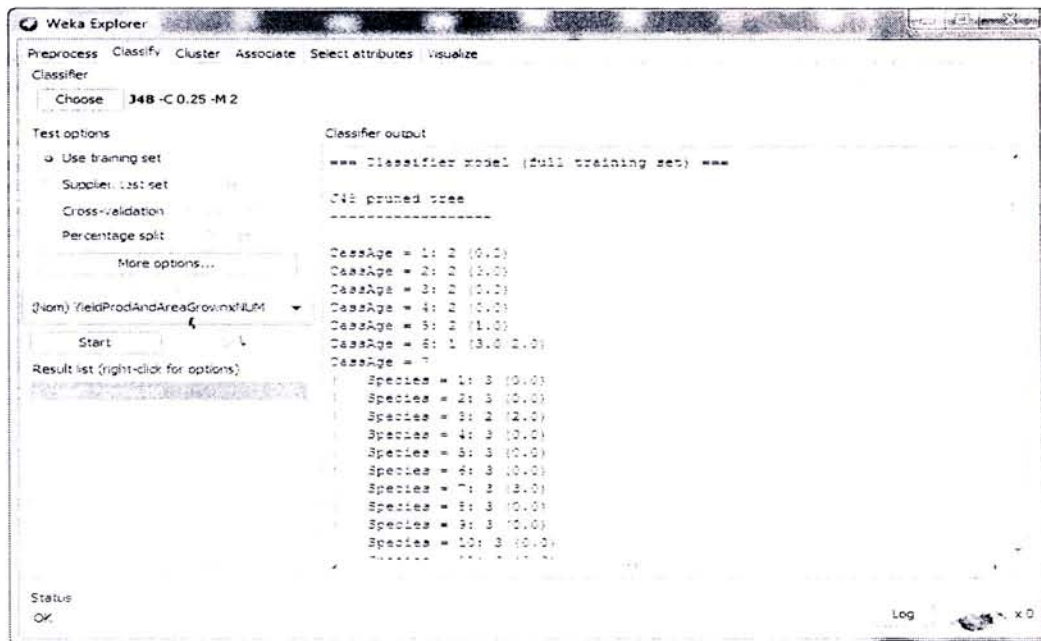


ภาพ 21 ข้อมูลสถิติของแต่ละแอททริบิวต์



ภาพ 22 ข้อมูลคำตอบของแต่ละระดับ

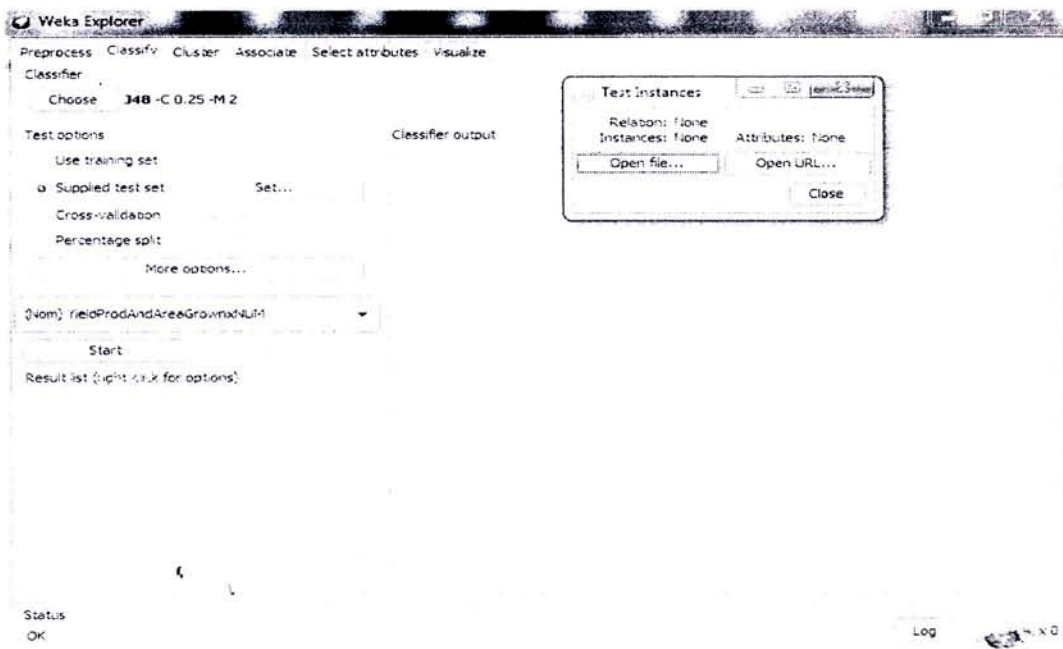
เมื่อกดปุ่ม Visualize All โปรแกรมจะแสดงหน้าจอรูปภาพซึ่งเป็นการสรุปค่าสถิติของแต่ละแอททริบิวต์ของข้อมูลที่นำเข้าโปรแกรมเวกา โดยจากภาพ 22 จะเห็นว่าค่าผลผลิตระดับ 2 มีจำนวนมากที่สุด



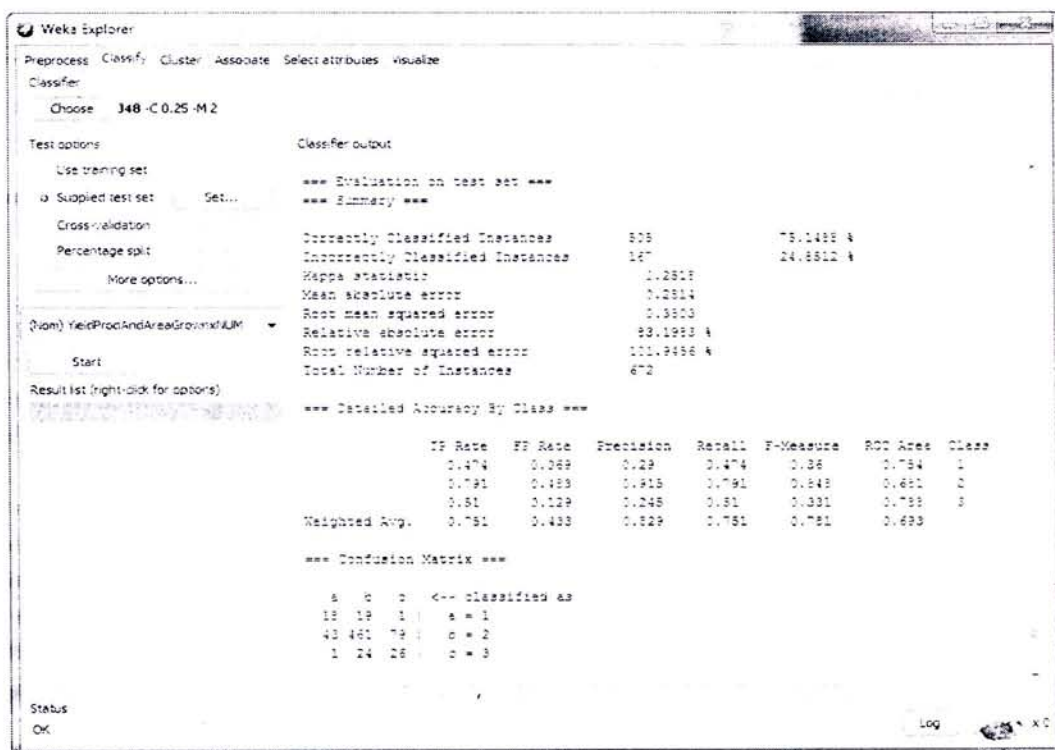
ภาพ 23 ข้อมูลผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมเวกา

จากภาพ 23 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์แผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจอยู่ในส่วนของ Classify ซึ่งวิธีการทำงานดังนี้

1. กดปุ่มเพื่อเลือกแถบ เลือกแถบ Classify
2. ในส่วนของโมดูล Classify กดปุ่ม Choose เลือกฟังก์ชันจากนั้นเลือก Trees -> J48
3. ในส่วนของ Test options กดปุ่มเลือก Use training set
4. เมื่อกดปุ่ม Start แล้วจะได้ผลลัพธ์บางส่วนแสดง ดังภาพ 24



ภาพ 25 การนำข้อมูลเข้าเพื่อทดสอบตัวแบบพยากรณ์



ภาพ 26 ผลการทดสอบตัวแบบพยากรณ์

จากผลการทดสอบของตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างจากต้นไม้มัดสินใจจากข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบ ผู้วิจัยจึงนำตัวแบบพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยได้มีการออกแบบและพัฒนาระบบดังนี้

การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง

การออกแบบระบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยในการพัฒนาการระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาปัญหา และรวบรวมข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การศึกษาระบบงานเดิม

ในระบบงานเดิมผู้ใช้จะต้องทำการค้นหาข้อมูลจากส่วนกลางซึ่งสามารถค้นหาได้จากหลายแหล่ง เช่น จากหนังสือ สื่อเผยแพร่ทั่วไป หรือสื่ออินเทอร์เน็ตอาจต้องเสียเวลากับการค้นหา เพราะมีข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งจากระบบงานเดิมจะพบข้อเสียก็คือ ผู้ใช้ต้องทำการคัดเลือกและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่จำนวนมากก่อน จึงจะเลือกว่าจะใช้ข้อมูลไหนที่ตรงกับความต้องการ

2. การวิเคราะห์ระบบงานใหม่

เมื่อศึกษาปัญหาที่พบในระบบงานเดิมนั้น จึงได้ทำการพัฒนาระบบงานใหม่โดยนำระบบสารสนเทศและโปรแกรมการพยากรณ์มาช่วยในการสืบค้นและพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยจะแบ่งความต้องการของระบบงานใหม่ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผู้ใช้และส่วนผู้ดูแลระบบ

3. การออกแบบระบบงาน (System Requirement)

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานและปัญหาที่พบของระบบสารสนเทศแบบเดิม พบว่าปัญหาส่วนใหญ่อยู่ที่ระบบการจัดเก็บเดิมที่ข้อมูลไม่มีระบบสืบค้นและโปรแกรมพยากรณ์ในเขตภาคเหนือตอนล่าง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการจัดการสืบค้นข้อมูล โดยเลือกพัฒนาระบบในลักษณะของเว็บแอปพลิเคชันและนำอัลกอริทึมของต้นไม้มัดสินใจเข้ามาช่วยในการพยากรณ์ข้อมูล โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบแบ่งได้ 3 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของเจ้าหน้าที่สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 และส่วนของผู้ใช้ทั่วไป

4. การพัฒนาและทดสอบระบบ

เป็นขั้นตอนของการสร้างระบบขึ้นมาด้วยการเขียนโปรแกรมจากข้อมูลที่ได้รวบรวมและออกแบบไว้ โดยในส่วนของฐานข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในการจัดการฐานข้อมูลและพัฒนาระบบในส่วนของผู้ใช้งาน พร้อมกับได้พัฒนาระบบเป็นลักษณะเว็บแอปพลิเคชันมีการทำงานด้วยภาษา PHP ซึ่งภายหลังจากการพัฒนาจะต้องทำการตรวจสอบการทำงานของระบบและความถูกต้องของข้อมูลด้วยการสร้างข้อมูลเพื่อดูผลลัพธ์ที่ได้ โดยเมื่อพบข้อผิดพลาดจะสามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้ในขั้นตอนการพัฒนาระบบได้ ซึ่งจะมีการวนซ้ำในลักษณะนี้จนกว่าจะไม่พบข้อผิดพลาด หรือพบแต่อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้

5. การประเมินผลระบบ

หลังจากได้ทำการพัฒนาและทดสอบระบบแล้วจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบและทดสอบระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความเชื่อมั่นต่อระบบที่พัฒนาขึ้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในวัดความพึงพอใจของระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาขึ้นจะใช้ผลที่ได้จากการทดสอบระบบผู้ใช้ทั้งหมด จำนวน 34 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 ผู้ใช้ทั่วไป และผู้ดูแลระบบ

การประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง (ภาคผนวก ก) โดยที่นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์แล้วนำไปเก็บข้อมูลกับเจ้าหน้าที่เศรษฐกิจการเกษตร เขต 2 จำนวน 30 ตัวอย่าง และผู้ดูแลระบบ จำนวน 4 ตัวอย่าง

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบโดยแปลงคำตอบของแบบประเมินเป็นตัวเลขไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือในส่วนที่เป็นแบบสอบถาม และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมดพร้อมเกณฑ์ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) นำข้อมูลมาแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศการสืบค้นข้อมูลและโปรแกรมพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งเป็นลักษณะของ

แบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยให้ผู้ตอบความคิดเห็นเกี่ยวกับรายการดังกล่าว ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 1 คือ ความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ระดับความคิดเห็น 2 คือ ความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับน้อย

ระดับความคิดเห็น 3 คือ ความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 4 คือ ความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับมาก

ระดับความคิดเห็น 5 คือ ความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายผู้วิจัยได้คัดแปลงมาจากแนวคิดของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้เลือกใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวัดค่ากลางของข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$) การหาค่าร้อยละ (Percentage) และวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) รวมทั้งการประมวลผลข้อมูลดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (18)$$

โดยที่กำหนดให้

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. ค่าร้อยละ (Percentage)

$$p = \frac{f}{n \times 100} \quad (19)$$

โดยที่กำหนดให้

p คือ ร้อยละ

f คือ ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

n คือ ขนาดของตัวอย่าง

3. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (20)$$

โดยที่กำหนดให้

S คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

n คือ จำนวนข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง