การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยเทคนิค Machine Learning

โดย

นางสาวอัญญดา เพ็ญพร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

พ.ศ. 2566

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร มีภารกิจในการจัดทำข้อมูลพยากรณ์ผลผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญระดับจังหวัด ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองทางสถิติ ซึ่งเป็นการพยากรณ์ผลผลิตทั้งปีของปีปัจจุบัน เผยแพร่เป็นรายไตรมาส เพื่อให้ผู้บริหารกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และผู้ใช้ทั่วไปมีข้อมูลสำหรับการวางแผนและกำหนดนโยบายภาคการเกษตร โดยมีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการพยากรณ์อย่างต่อเนื่องตามบริบทของการพัฒนาเทคโนโลยี ร่วมกับการพัฒนาระบบข้อมูลภาคเกษตรเพื่อเพิ่มคุณภาพของข้อมูลให้มีความถูกต้อง แม่นยำ เพียงพอต่อความต้องการใช้ และได้รับการยอมรับจากผู้ใช้ข้อมูล สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรมีการจัดเก็บข้อมูลสถิติอย่างเป็นระบบ มีการจัดการฐานข้อมูล การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงการบูรณาการข้อมูลร่วมกับหน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จนถึงยุคปัจจุบันที่ Internet และเทคโนโลยีสารสนเทศ Big Data มีความสำคัญ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้จัดทำโครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเกษตร ร่วมกับหน่วยงานภาคีภายใต้บันทึกความร่วมมือระหว่าง 10 กระทรวง ช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์ข้อมูลปริมาณมหาศาลได้ และสามารถตอบสนองความต้องการใช้ข้อมูลที่หลากหลายและไม่สิ้นสุด ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการนำ Machine Learning มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการและประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ รวมถึงนำมาใช้ในการพัฒนาเทคนิควิธีการพยากรณ์ ให้มีความรวดเร็ว ทันต่อความต้องการใช้ มีความแม่นยำ และได้รับการยอมรับจากผู้ใช้เพิ่มมากขึ้น

การศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยเทคนิค Machine Learning ครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนาเทคนิควิธีการพยากรณ์ผลผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ด้วยอัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) ซึ่งมีข้อดีคือมีความแม่นยำ สามารถลดการเกิด Overfit ได้ ประมวลผลได้รวดเร็ว ส่งผลให้สามารถนำผลพยากรณ์ไปใช้ในการจัดทำนโยบาย มาตรการต่างๆ ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

อัญญดา เพ็ญพร

ตุลาคม 2566

บทคัดย่อ

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยเทคนิค Machine Learning มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์และหาค่าพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ระดับจังหวัด ด้วยการใช้อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) โดยคัดเลือกจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญครอบคลุมทั้งสามภาคที่มีการเพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงาน จำนวน 4 จังหวัด ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดของแต่ละภาค คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เลือกจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ ส่วนภาคเหนือเลือกจังหวัดกำแพงเพชร และภาคกลางเลือกจังหวัดกาญจนบุรี เนื้อที่เพาะปลูกของทั้ง 4 จังหวัด รวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 35 ของเนื้อที่เพาะปลูกรวมทั้งประเทศ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลสถิติรายปีของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานระดับจังหวัด ข้อมูลราคาหัวมันสด ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้น 14.5% และราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นาเฉลี่ยรายปีระดับจังหวัด ข้อมูลภาพรวมทั้งประเทศของราคา FOB มันเส้นและแป้งมันเฉลี่ยรายปี ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ค่า NDVI และค่า EVI เฉลี่ยรายเดือนระดับจังหวัด รวมทั้งข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด รายเดือนระดับจังหวัด ตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2565 รวม 23 ปี ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน มีสัดส่วนในการแบ่งข้อมูล 80 : 20 คือ ส่วนที่ 1 ชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Dataset) จำนวน 19 ชุด (ข้อมูลปี 2543-2561) และส่วนที่ 2 ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset) จำนวน 4 ชุด (ข้อมูลปี 2562-2565) จากนั้นฝึกสอนแบบจำลองจากการปรับค่า Hyperparameter ที่เหมาะสม ทำให้ได้แบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด ตรวจสอบความแม่นยำของค่าพยากรณ์กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของ สศก. และเป็นข้อมูลสถิติเผยแพร่ ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) รวมทั้งนำค่า MAPE ของ XGBoost เปรียบเทียบกับค่า MAPE ของค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. ที่พยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) และเป็นค่าที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ กำแพงเพชรและกาญจนบุรี ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost มีค่า MAPE หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 3.92 4.62 4.21 และ 1.66 ตามลำดับ ต่ำกว่าค่า MAPE ที่ได้จากวิธี MRA ซึ่งเป็นค่าพยากรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วของ สศก. แสดงว่าค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากกว่า รวมทั้งค่าพยากรณ์ยังมีทิศทางการเพิ่มขึ้นหรือลดลง สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตในแต่ละปี และแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้ XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานในปีที่ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าปีอื่นมากได้อย่างแม่นยำมากกว่าวิธี MRA โดยเฉพาะในปีที่ประสบภัยแล้ง หรืออุทกภัย เช่นปีเพาะปลูก 2562/63 และ 2564/65 ในการศึกษาครั้งนี้มีประโยชน์สำหรับการพัฒนาแบบจำลองให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์สินค้าชนิดอื่นมีโครงสร้างข้อมูลการผลิตเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนชุดข้อมูล จำนวนตัวแปรปัจจัย หรือการใช้ข้อมูล Big Data จะทำให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	**(ก)**
บทคัดย่อ	**(ข)**
สารบัญ	**(ค)**
สารบัญตาราง	**(จ)**
สารบัญตารางภาคผนวก	**(ฉ)**
สารบัญภาพ	**(ช)**
สารบัญภาพภาคผนวก	**(ฌ)**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 กรอบแนวคิดและขอบเขตการศึกษา	3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.5 วิธีการศึกษา	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 การตรวจสอบเอกสาร และแนวคิดทฤษฎี	**8**
2.1 การตรวจเอกสาร	8
2.2 แนวคิดทฤษฎี	10
2.2.1 การพยากรณ์ด้วยเทคนิค Machine Learning	10
2.2.2 การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ด้วยอัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)	12
2.2.3 การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)	22
2.2.4 การคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด	25
2.2.5 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง	26
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	**27**
3.1 การกำหนดตัวแปรในแบบจำลอง	27
3.2 ข้อสมมติฐานเบื้องต้น	28
3.3 การสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost	30
3.4 การวิเคราะห์และปรับค่าพยากรณ์ของ สศก.	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

3.5 การเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างในการใช้อัลกอริทึม XGBoost และ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ 32

3.6 สภาพการผลิตมันสำปะหลังโรงงานในแหล่งผลิตที่สำคัญ 32

บทที่ 4 ผลการศึกษา 37

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 47

5.1 สรุป 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 48

บรรณานุกรม 49

ภาคผนวก 52

ภาคผนวกที่ 1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 53

ภาคผนวกที่ 2. Code คำสั่งภาษา R 82

ภาคผนวกที่ 3. Output จากคำสั่งภาษา R 84

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ระดับประเทศ และจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญ ปีเพาะปลูก 2564/65 (ปี 2565) 5

3.1 มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ จังหวัดนครราชสีมา จำแนกตามจังหวัด ปีเพาะปลูก 2561/62 – 2564/65 34

4.1 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดนครราชสีมา ด้วยอัลกอริทึม XGBoost 37

4.2 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดนครราชสีมา ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. 38

4.3 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดชัยภูมิ ด้วยอัลกอริทึม XGBoost 40

4.4 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดชัยภูมิ ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. 40

4.5 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost 42

4.6 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. 42

4.7 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost 44

4.8 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. 44

4,9 แสดงค่า R Square RMSE MAE ของผลพยากรณ์ที่ได้ด้วยวิธี XGBoost และเปรียบเทียบค่า MAPE ระหว่างวิธี XGBoost และ MLR ของ สศก. จำแนกตามจังหวัด 46

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1. จังหวัดนครราชสีมา: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565 54
2. จังหวัดนครราชสีมา: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 55
3. จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 56
4. จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565 57
5. จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565 58
6. จังหวัดนครราชสีมา: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565 59
7. จังหวัดนครราชสีมา: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565 60
8. จังหวัดชัยภูมิ: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565 61
9. จังหวัดชัยภูมิ: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 62
10. จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 63
11. จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565 64
12. จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565 65
13. จังหวัดชัยภูมิ: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565 66
14. จังหวัดชัยภูมิ: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565 67
15. จังหวัดกำแพงเพชร: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565 68
16. จังหวัดกำแพงเพชร: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 69
17. จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 70
18. จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565 71
19. จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565 72
20. จังหวัดกำแพงเพชร: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565 73
21. จังหวัดกำแพงเพชร: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565 74
22. จังหวัดกาญจนบุรี: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565 75

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

23. จังหวัดกาญจนบุรี: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 76
24. จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565 77
25. จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565 78
26. จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565 79
27. จังหวัดกาญจนบุรี: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565 80
28. จังหวัดกาญจนบุรี: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565 81

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา (Conceptual Framework) 4

2.1 แสดงตัวอย่างการสร้าง Decision Tree 12

2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของ อัลกอริทึม Gradient boosting decision trees (GBDTs) 14

2.3 แสดงค่าจาก Loss Function เมื่อมีการปรับค่า β 17

2.4 Phi Function สำหรับอัลกอริทึม XGBoost 18

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่ **หน้า**

1. Code คำสั่งภาษา R เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยอัลกอริทึม XGBoost 83
2. ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดนครราชสีมา 85
3. ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดชัยภูมิ 86
4. ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดกำแพงเพชร 87
5. ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดกาญจนบุรี 88

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการศึกษา

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังโรงงานอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย และคองโก และยังเป็นประเทศผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลก โดยมีมูลค่าส่งออกมากกว่า 100,000 ล้านบาทต่อปี ปีเพาะปลูก 2561/62 – 2564/65 มีครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน เพิ่มขึ้นจาก 537,937 ครัวเรือนในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 738,153 ครัวเรือน ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.82 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโรงงานเพิ่มขึ้นจาก 8.67 ล้านไร่ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 9.92 ล้านไร่ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.76 เนื่องจากในช่วงปี 2562 - 2565 ราคาหัวมันสำปะหลังโรงงานที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายจัดทำโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น โดยปลูกแทนในพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน สับปะรดโรงงาน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งปลูกในพื้นที่เดิมที่เคยปลูก และในพื้นที่ว่าง สำหรับผลผลิตต่อไร่มีแนวโน้มลดลงจาก 3,586 กิโลกรัมในปีเพาะปลูก 2561/62 เหลือ 3,434 กิโลกรัมในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 0.93 ต่อปี เนื่องจากในช่วงปีเพาะปลูก 2562/63 ประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต หัวมันโตไม่เต็มที่ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตมันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 31.08 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 34.07 ล้านตันในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.77 ต่อปี ตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังโรงงานยังเป็นพืชที่ดูแลง่าย การเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ขึ้นกับฤดูกาล สามารถจะชะลอการเก็บเกี่ยวได้ ทนต่อความแห้งแล้งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น มีตลาดรองรับแน่นอนทั้งในอุตสาหกรรมแปรรูป อุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเชื้อเพลิง มันสำปะหลังโรงงานจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญโดยเป็นทั้งพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทน ที่ต้องพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและการบริหารจัดการผลผลิต เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้อย่างยั่งยืน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้จัดทำยุทธศาสตร์สินค้ามันสำปะหลัง ฉบับล่าสุดปี 2564 – 2567 มีเป้าหมายคือเพิ่มมูลค่าการส่งออกอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อปีราคามันสำปะหลังภายในประเทศมีเสถียรภาพและเป็นธรรม เกษตรกรเข้าถึงพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่าง (Cassava Mosaic Disease: CMD) ให้เชื้อแป้งสูงและมีผลผลิตต่อไร่ไม่ต่ำกว่า 5 ตัน ภายในปี 2567

สำหรับการจัดทำข้อมูลด้านการผลิตและการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) โดยศูนย์สารสนเทศการเกษตร (ศสส.) มีหน้าที่ในการจัดทำข้อมูลสถิติ และข้อมูลพยากรณ์ผลผลิต รวมถึงพัฒนาเทคนิควิธีการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง ครบถ้วน ทันต่อความต้องการใช้ของผู้ใช้ ได้แก่ ผู้บริหารกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คณะกรรมการต่างๆ เช่น คณะกรรมการนโยบายและบริหารจัดการมันสำปะหลัง ซึ่งได้นำข้อมูล

ไปใช้ในการวางแผน กำหนดนโยบายด้านการผลิต การตลาด การบริหารการนำเข้า ส่งออก การรักษาเสถียรภาพราคาผลผลิตในประเทศ เป็นต้น ในด้านการพยากรณ์ข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังโรงงานของ ศสส. เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณโดยการสร้างแบบจำลองทางสถิติ ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งแบบจำลองจะแสดงความสัมพันธ์เชิงเศรษฐศาสตร์และสถิติระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ราคาผลผลิตที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ราคาปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปุ๋ยเคมี เป็นต้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตต่อไร่ ทั้งนี้จะจัดทำและเผยแพร่ข้อมูลพยากรณ์ผลผลิตของปีเพาะปลูกปัจจุบัน เฉพาะรายการที่สำคัญได้แก่ เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ระดับจังหวัด ภาคและประเทศ โดยแต่ละจังหวัดประกอบด้วยแบบจำลองของเนื้อที่เก็บเกี่ยวและแบบจำลองของผลผลิตต่อไร่ ซึ่งผลผลิตคำนวณมาจากผลคูณของค่าพยากรณ์เนื้อที่เก็บเกี่ยวและค่าพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่ ในช่วงเวลาเพาะปลูกตามคำนิยามคือ ผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนตุลาคมถึงกันยายนของปีถัดไป ผลการพยากรณ์เป็นการพยากรณ์ทั้งปีเพาะปลูก และเผยแพร่เป็นรายไตรมาส

นอกจากนี้ ศสส. ยังใช้ความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้รู้ที่อยู่ในพื้นที่ ในการประเมินสถานการณ์ และความเห็นจากคณะกรรมการและคณะทำงานที่เกี่ยวข้องอีกหลายชุด รวมทั้งการตัดสินใจของผู้วิเคราะห์ที่ต้องพยายามหาข้อมูลประกอบรอบด้านที่ไม่สามารถใส่ในแบบจำลอง เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับจากผู้ใช้ข้อมูล อย่างไรก็ตาม จุดอ่อนของวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ คือหากปีใดเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น อุทกภัย โรคและแมลงศัตรูพืชระบาด ความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้จะลดลง ผู้วิเคราะห์ต้องอาศัยข้อมูลจากผู้รู้ในพื้นที่มากขึ้น รวมทั้งในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างมาก เกิดความขัดแย้งทางภูมิรัฐศาสตร์ และยังมีสถานการณ์ระบาดจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ซึ่งไม่เคยมีในอดีต ส่งผลกระทบต่อความต้องการและราคาผลผลิต ทำให้การพยากรณ์คลาดเคลื่อนได้มาก ทั้งนี้ ศสส. มีการติดตามสถานการณ์การผลิตทุกเดือน หากมีสถานการณ์เปลี่ยนแปลงหรือมีข้อมูลประกอบการพยากรณ์เพิ่มเติม จะมีการปรับค่าพยากรณ์ในไตรมาสถัดไป

สศก. ดำเนินการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง ทั้งในเรื่องการจัดทำข้อมูลสถิติอย่างเป็นระบบ มีการจัดการฐานข้อมูล การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการบูรณาการข้อมูลร่วมกับหน่วยงานอื่น เพื่อพัฒนาคุณภาพของข้อมูล ให้มีความถูกต้อง แม่นยำ เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริหารและผู้ใช้ทั่วไป ตามบริบทของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเข้าสู่ยุคดิจิทัล ปี 2565 สศก. จึงได้จัดทำโครงการเพื่อยกระดับฐานข้อมูลด้านการเกษตรไปสู่ฐานข้อมูล Big Data โดยได้รับความร่วมมือด้านการเชื่อมโยงข้อมูลและการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายใต้บันทึกความร่วมมือระหว่าง 10 กระทรวง และเพื่อให้เกิดการใช้ Big Data ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงมีแนวคิดในการสร้างระบบการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) รวมถึงการพัฒนาเทคนิควิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ให้มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยหลายงานได้กล่าวถึงวิธีการพยากรณ์โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และ Machine Learning ซึ่งเป็นระบบที่มีความสามารถในการ

เรียนรู้และคิดเหมือนกับมนุษย์ และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรม พลังงาน การแพทย์ การผลิต รวมถึงด้านการเกษตรด้วย

ดังนั้นเพื่อให้ผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ระดับจังหวัด มีความแม่นยำ ได้รับความน่าเชื่อถือมากขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดทำนโยบายและมาตรการได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตในพื้นที่ จึงต้องมีการพัฒนาเทคนิควิธีการพยากรณ์ ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่มีการใช้งานมากที่สุดในปี 2564 สามารถลดการเกิด overfit ได้ (แบบจำลองที่ได้เรียนรู้ข้อมูลจาก Training Data set ดีมาก แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยพบมาก่อนได้) สามารถจัดการกับ Missing Value และประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสมกับการพยากรณ์ผลผลิตในระดับจังหวัด ซึ่งต้องสร้างแบบจำลองจำนวนมากในเวลาที่จำกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

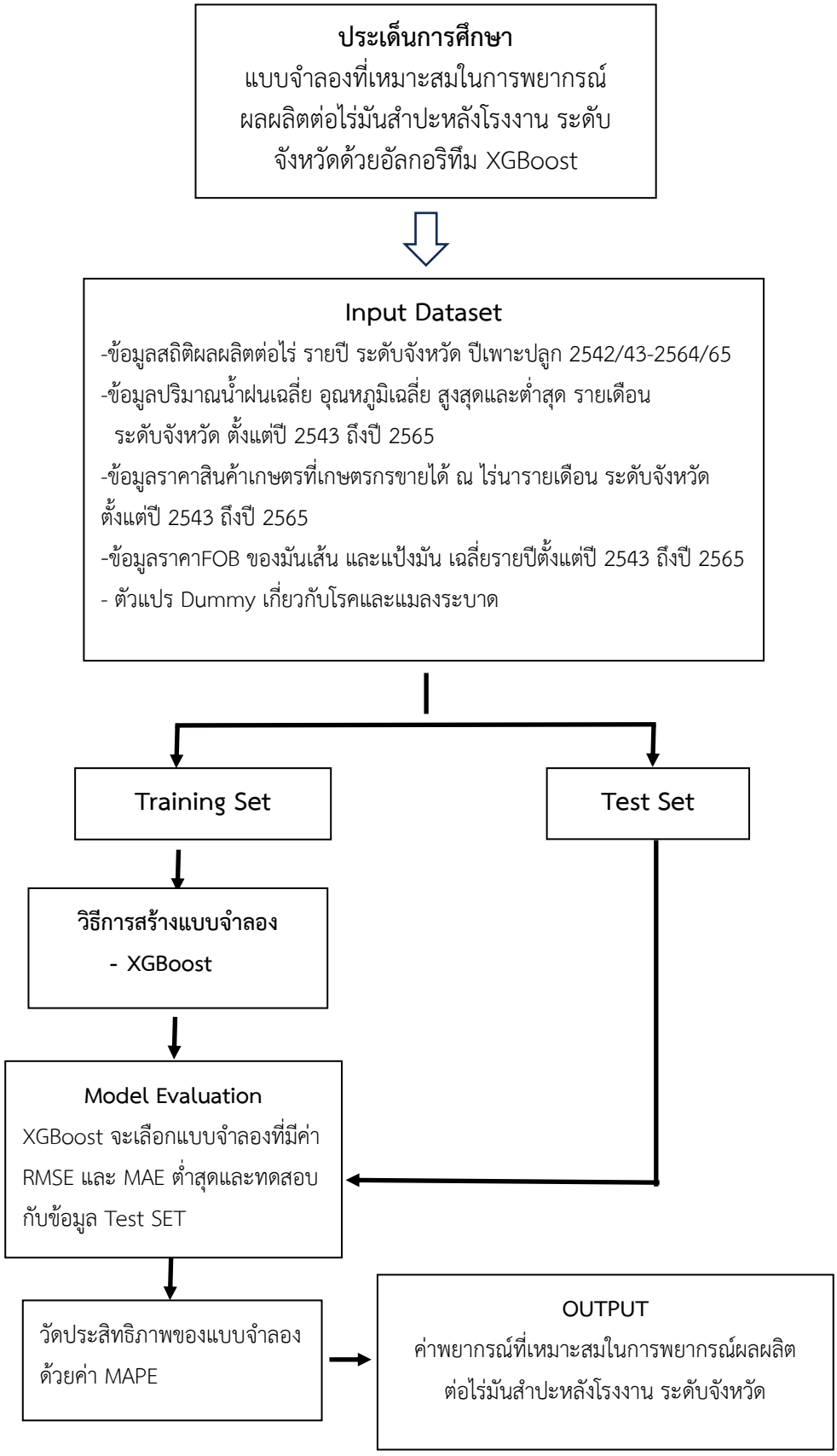
1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ระดับจังหวัด ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)

1.2.2 เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังโรงงาน ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) และตรวจสอบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของ สศก. และเป็นข้อมูลสถิติเผยแพร่ รวมทั้งเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้จาก XGBoost กับค่าพยากรณ์ที่ได้ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis ของ สศก.

1.3 กรอบแนวคิดและขอบเขตการศึกษา

1.3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา (Conceptual Framework)

ศึกษาวิธีการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ระดับจังหวัด ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าพยากรณ์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE)



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา (Conceptual Framework)

1.3.2 ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)

1) ตรวจสอบความแม่นยำของค่าพยากรณ์กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของ สศก. และเป็นข้อมูลสถิติเผยแพร่ ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) รวมทั้งนำค่า MAPE ของ XGBoost เปรียบเทียบกับค่า MAPE ของค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. ที่พยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) และเป็นค่าที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว โดยวิธีที่ให้ค่า MAPE ต่ำกว่าเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากกว่า

สำหรับจังหวัดที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษาจะเลือกจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญครอบคลุมทั้งสามภาคที่มีการเพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานจำนวน 4 จังหวัดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เลือกจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดเป็นอันดับ 1 และ 2 ของประเทศและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคเหนือเลือกจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของภาคเหนือ และภาคกลางเลือกจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของภาคกลาง โดยเนื้อที่เพาะปลูกของทั้ง 4 จังหวัดรวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 35 ของเนื้อที่เพาะปลูกรวมทั้งประเทศ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ระดับประเทศและจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญ ปีเพาะปลูก 2564/65 (ปี 2565)

จังหวัด/ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	
				ปลูก	เก็บ
รวมทั้งประเทศ	**10,861,975**	**9,921,058**	**34,068,005**	**3,136**	**3,434**
ภาคเหนือ	**2,832,129**	**2,591,571**	**8,510,509**	**3,005**	**3,284**
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	**5,884,274**	**5,342,114**	**18,687,677**	**3,176**	**3,498**
ภาคกลาง	**2,145,572**	**1,987,373**	**6,869,819**	**3,202**	**3,457**
นครราชสีมา	1,481,929	1,321,026	4,636,085	3,128	3,509
ชัยภูมิ	879,394	598,128	1,931,446	2,196	3,229
กำแพงเพชร	767,634	724,697	2,390,160	3,114	3,298
กาญจนบุรี	573,343	536,220	1,862,562	3,249	3,474

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

2) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์เป็นข้อมูลผลผลิตต่อไร่ ระดับจังหวัด ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายปี ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2542/43 (ปี 2543) ถึงปีเพาะปลูก 2564/65 (ปี 2565) รวมทั้งข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งอื่น ตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2565

3) ระยะเวลาในการศึกษา มกราคม ถึง กันยายน 2566

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 (ปี 2565) หมายถึง มันสำปะหลังโรงงานที่เก็บเกี่ยวผลผลิตระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2564 ถึง วันที่ 30 กันยายน 2565 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขายหรือนำส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรม เช่น ลานมันเส้น โรงงานมันอัดเม็ด โรงงานแป้งมัน โรงงานเอทานอล และโรงงานแปรรูปอื่น ๆ ยกเว้นพันธุ์บริโภคสด

คุ้มรวมสำหรับการสำรวจปริมาณการผลิตของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คือ ครัวเรือนที่มีเนื้อที่เพาะปลูกตั้งแต่ 1 ไร่ ขึ้นไป

1.4.2 ลักษณะผลผลิตมันสำปะหลังโรงงานหมายถึง ผลผลิตหัวมันสดที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้ว

1.5 วิธีการศึกษา

1.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ทุติยภูมิจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่

1) ข้อมูลสถิติรายปี รายจังหวัดของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2542/43 (ปี 2543) ถึงปีเพาะปลูก 2564/65 (ปี 2565) ที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและจัดทำเอกภาพร่วมกับหน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลปริมาณการผลิตสินค้าเกษตร ซึ่งมีปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นประธาน มีเลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เป็นเลขานุการ

2) ข้อมูลสถิติรายเดือน รายจังหวัดของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุด ตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2565 และข้อมูลพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (สสน.)

3) ข้อมูลราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ได้แก่ราคาหัวมันสด ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงาน ในระดับจังหวัด ที่สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รวบรวมจากการเก็บข้อมูลและรายงานจากพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรในทุกภูมิภาค ตั้งแต่ปี 2543-2565ราคา FOB ของมันเส้น และแป้งมัน ซึ่งเป็นราคาเฉลี่ยทั้งปี รวบรวมจากสมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย และกรมศุลกากร

4) ตัวแปร Dummy เกี่ยวกับโรคและแมลงระบาด ได้แก่เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู ซึ่งได้ทำความเสียหายต่อผลผลิตและทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ในปี 2551 พบการระบาดของเพลี้ยแป้งรุนแรงในหลายจังหวัด เช่น กำแพงเพชร นครราชสีมา โดยพบการระบาดในช่วงฤดูแล้งและฝนทิ้งช่วงระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม สาเหตุสำคัญของการระบาดอย่างกว้างขวางคือ การแพร่กระจายโดยลม และการใช้ท่อนพันธุ์ที่มีเพลี้ยแป้งอาศัยอยู่ไปปลูกโดยไม่มีการจัดการให้ท่อนพันธุ์สะอาดก่อน พบการระบาดและเสียหายสูงสุดในปี 2553

นอกจากนี้ยังมีโรคใบด่างมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อไวรัส *Cassava Mosaic Virus* เริ่มพบโรคในปี 2561 ซึ่งโรคนี้แพร่ระบาดจากการนำท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคมาปลูกต่อ และมีแมลงหวี่ขาวยาสูบเป็นพาหะโดยสามารถดูดน้ำเลี้ยงจากต้นมันที่เป็นโรคแล้วนำไปปล่อยต้นอื่นได้ ซึ่งอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลังใบจะลดรูป

แคระแกร็น ยอดหงิก ซึ่งบางครั้งอาการยอดหงิกที่เกิดจากการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้ง และอาการข้างเคียงของการโดนสารกำจัดวัชพืชจะมีอาการคล้ายโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งอาจทำให้ผู้ปลูกมันสำปะหลังเข้าใจผิดได้

5) ข้อมูล NDVI และ EVI ของมันสำปะหลังโรงงาน จากภาพถ่ายดาวเทียม โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) (Geo-Informatics and Space Tecchnology Development Agency: GISTDA) ตั้งแต่ปี 2543 - 2565

1.5.2 การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์

เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost โดยใช้โปรแกรมภาษา R (R Programming) และแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลชุดฝึกสอน (Training dataset) ร้อยละ 80 (ข้อมูลปี 2543-2561) และ ข้อมูลชุดทดสอบ (Testing dataset) ร้อยละ 20(ข้อมูลปี 2562-2565) แล้วใช้ข้อมูลชุดฝึกสอนในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด ด้วยค่า R square ค่า Root mean square error (RMSE) และ ค่า Mean Absolute Error (MAE) จากแบบจำลองที่มี R square สูงสุด และมีค่า RMSE และ ค่า MAE ต่ำที่สุด

1.5.3 การทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของค่าพยากรณ์

พยากรณ์ข้อมูลจากแบบจำลองที่ได้ โดยใช้ข้อมูลชุดทดสอบ (ข้อมูลปี 2562-2565) แล้วตรวจสอบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้ด้วยวิธี Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของ สศก. และเป็นข้อมูลสถิติเผยแพร่ ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) รวมทั้งนำค่า MAPE ของ XGBoost เปรียบเทียบกับค่า MAPE ของค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. ที่พยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) และเป็นค่าที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว วิธีที่ให้ค่า MAPE ต่ำกว่า เป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากกว่า

1.5.4 การวิเคราะห์ผลพยากรณ์กับสถานการณ์การผลิต ระดับจังหวัด

วิเคราะห์ค่าพยากรณ์ที่ได้ว่ามีทิศทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตที่เกิดขึ้นในพื้นที่แต่ละปี และแต่ละจังหวัดหรือไม่ รวมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อผลผลิตต่อไร่ว่ามีมากน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นการพัฒนาเทคนิควิธีการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ระดับจังหวัด ที่จะทำให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง มีความแม่นยำมากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้มากขึ้นและสอดคล้องกับสถานกาณ์การผลิตในพื้นที่

1.6.2 สามารถนำเทคนิควิธีการนี้ ไปใช้กับการพยากรณ์สินค้าเกษตรอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างข้อมูลการผลิตเช่นเดียวกัน

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การตรวจเอกสาร

นพพร รัตนช่วง (2566) ได้ศึกษาการทำนายความหวานผลเมล่อนแบบรวดเร็วโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับแบบจำลองอัลกอริทึม โดยค่าความหวานของเมล่อนปกติจะมากกว่า12.5 Brix สามารถตรวจวัดได้จากเครื่องวัดความหวานแบบดิจิตอล ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ทราบปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้เสนอเทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับแบบจำลองอัลกอริทึมเพื่อหาค่าความหวานของเมล่อน วิธีการตรวจวัดความหวานของเมล่อนจะดำเนินการเก็บข้อมูลภาพถ่ายผลเมล่อนเต็มใบ 4 ด้าน คือ ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้ายและด้านขวา ทั้งหมด 100 ตัวอย่าง ประกอบด้วยค่าน้ำหนัก เส้นรอบวง ขนาดก้าน ขนาดแกนกลางวงกลมเล็ก ขนาดแกนกลางถึงขอบตาข่ายวงกลมใหญ่ความสูง ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์อุณหภูมิและความเข้มสีโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ข้อมูลทั้งหมดนี้จะถูกนำมาเรียนรู้ด้วยเทคนิค Random Forest (RF) และ XGBoost เป็นอัลกอริทึมอันหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่ถูกเลือกใช้ในการทำนายค่าความหวานของเมล่อน ผลการทดสอบพบว่าค่า R-squared ของการเรียนรู้โมเดลในอัลกอริทึม XGBoost คือ 99% ในขณะที่อัลกอริทึม RF คือ 95% จึงสรุปได้ว่าอัลกอริทึม XGBoost มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้โมเดลได้ดีกว่าอัลกอริทึม RF โดยค่าน้ำหนักของเมล่อนมีข้อเด่นชัดสำคัญที่สุด และค่าสีของเมล่อนมีข้อเด่นชัดสำคัญน้อยที่สุดในการแปลผลกับค่าความหวานของเมล่อนสำหรับการทดสอบจริงได้นำแบบจำลองของอัลกอริทึม XGBoost มาทำนายค่าความหวานของเมล่อนจำนวน 50 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าความแม่นยำในการทำนายมากถึง 95% สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบผลเมล่อน

วันเพ็ญ โพธิ์เกษม และคณะ (2560) ได้ออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล (Data Mining) ในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ. 2555 – 2559 ประกอบด้วยคุณลักษณะ (attribute) 8 คุณลักษณะมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดยผ่านกระบวนการคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ (Feature selection) ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ จากนั้นนำไปพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน พบว่า แบบจำลองโดยใช้เทคนิคเครือข่ายเบย์ มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยให้ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกได้ และค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวม ดังนี้ 0.673, 0.606, 0.685 และ 0.629 ตามลำดับ รวมทั้งค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) มีค่าไม่สูงมากนัก ซึ่งมีค่า 0.303 และ 0.201 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำของการทำนายดี

ปรีชา ลิ้มตระกูล และคณะ(2559) ได้ศึกษาการพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยผู้วิจัยใช้ข้อมูลปัจจัยการผลิตมันสำปะหลังจากสำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล(Classification) ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และใช้ 5 อัลกอริทึม (Algorithm) ได้แก่ J48, Random Tree, SimpleCart, Naïve Bayes และ LADTree ผู้วิจัยเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด ในส่วนของข้อมูลทดสอบ (Test Set) โดยอัลกอริทึม J48 ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 75.64% อัลกอริทึม SimpleCart ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 80.12% และอัลกอริทึม LADTree ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 89.55% ส่วนอัลกอริทึม Random Tree และอัลกอริทึม Naïve Bayes ให้ค่าความแม่นยำต่ำกว่า 70% จึงไม่นำมาพิจารณาจากนั้นนำอัลกอริทึมทั้งสามตัวที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดไปพัฒนา ตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ระบบสารสนเทศและการสืบค้นข้อมูลในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชั่น ซึ่งระบบสามารถสืบค้น ปรับปรุง เพิ่มเติม บันทึก และแสดงรายงานข้อมูลมันสำปะหลังได้

วลัยพร ศะศิประภาและคณะ (2555) ได้นำเทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล และค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) มาใช้ในการประเมินผลผลิตมันสำปะหลัง โดยศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับผลผลิตมันสำปะหลังใน จ.กำแพงเพชร ดำเนินการศึกษาโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมไทยโชต ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 - มิถุนายน พ.ศ. 2553 กับข้อมูลผลผลิตที่ได้จากการสำรวจมันสำปะหลังของเกษตรกรช่วงปีการผลิต พ.ศ. 2552-2554 ในมันสำปะหลัง 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) พันธุ์ระยอง 5 รอเก็บเกี่ยวข้ามปี 2) พันธุ์ระยอง 5 ปีเดียว 3) พันธุ์ระยอง 5 ข้ามปี 4) พันธุ์อื่น ๆ รอเก็บเกี่ยวข้ามปี 5) พันธุ์อื่น ๆ ปีเดียว และ 6) พันธุ์อื่น ๆ ข้ามปี ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในปีเดียว (กลุ่ม 2) มีสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ทางบวกกับ NDVI ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ในขณะที่ NDVI ของเดือนอื่น หรือผลผลิตมันสำปะหลังกลุ่มอื่น ๆ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้นผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์คละที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในปีเดียว (กลุ่ม 5) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ NDVI ของเดือน พฤศจิกายนและธันวาคม พ.ศ. 2552 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่เมื่อพิจารณาแผนภาพการกระจาย (scatter plot) ของกลุ่ม 2 และ 5 พบว่ารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ชัดเจน ไม่สามารถหาสมการความสัมพันธ์ได้ ซึ่งพอสรุปในขั้นต้นได้ว่าอาจใช้ NDVI ของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 เป็นปัจจัยหนึ่งในการคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในปีเดียว หรืออาจศึกษา NDVI เพิ่มเติมในช่วงที่มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตมีพื้นที่ใบสูงสุด น้ำหนักส่วนเหนือดินสูงสุด หรืออายุประมาณ 180-240 วันหลังปลูก หรือศึกษาจากดัชนีพืชพรรณอื่น ๆ ที่นำมาใช้เพื่อประมาณส่วนเหนือดินของพืช

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นได้ว่าการใช้อัลกอริทึมของ Machine Learning เพื่อการพยากรณ์ข้อมูลด้านการเกษตรมีความแม่นยำค่อนข้างมาก และนิยมใช้อย่างแพร่หลาย โดยอัลกอริทึมที่นิยมใช้ เช่น Decision Tree, Neural Networks เป็นต้น สำหรับอัลกอริทึม XGBoost เพื่อการพยากรณ์ข้อมูลด้านการเกษตรในประเทศไทยยังมีน้อย แต่เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมในตระกูล Decision Tree แล้ว พบว่ามีความแม่นยำ

มากกว่า นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ได้จากเทคนิคการสำรวจระยะไกล มาใช้ในการประเมินผลผลิตมันสำปะหลัง ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของต้นพืชและพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง

2.2 แนวคิดทฤษฎี

2.2.1 การพยากรณ์ด้วยเทคนิค Machine Learning

Machine Learning คือการใช้ข้อมูลเพื่อทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) Supervised Learning หรือการเรียนรู้แบบชี้นำด้วยข้อมูล เป็นการฝึกสอนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้การใส่ข้อมูล (input) เข้าไปแล้วมีผลลัพธ์ (output) ออกมา ซึ่งแบ่งแยกย่อยได้อีกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ Classification และ Regression โดย Classification คือการจำแนกประเภทของข้อมูล 2 กลุ่มหรือข้อมูลที่ไม่มีความต่อเนื่องโดยใช้ Confusion Matrix เป็นตัววัดค่าความแม่นยำซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการจัดกลุ่มชุดข้อมูล เช่น การคัดแยกคุณภาพของผลิตภัณฑ์การจำแนกประเภทของสัตว์ การคัดแยกลักษณะหน้าตา เป็นต้น ส่วน Regression หรือการถดถอยจะใช้กับข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง ไม่ได้รวมกันเป็นกลุ่ม โดยใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ในการวัดความแม่นยำซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของตัวเลข เช่น การทำนายยอดขายสินค้าล่วงหน้าเพื่อวางแผนการจัดโปรโมชั่นหรือการพยากรณ์อากาศในอนาคต เป็นต้น

2) Unsupervised Learning หรือการเรียนรู้แบบไม่ชี้นำโดยไม่มีข้อมูล เป็นการฝึกสอนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการป้อนเฉพาะข้อมูล (input) ให้เครื่องเรียนรู้และค้นพบรูปแบบด้วยตัวเอง การเรียนรู้แบบนี้มักถูกนำไปใช้เพื่อการแยกกลุ่ม (Clustering) กลุ่มลูกค้าสำหรับ Target Advertisement การลดขนาดมิติข้อมูล (Dimensionality Reduction) สำหรับการทำ Dashboard หรือเตรียมข้อมูลสำหรับทำ Supervised Learning ต่อไป

3) Reinforcement Learning หรือการเรียนรู้ตามการกระทำหรือสภาพแวดล้อมที่พบ โดยให้คอมพิวเตอร์ลองผิดลองถูกและปรับปรุงความสามารถจากผลลัพธ์ในรูปแบบรางวัล-การลงโทษ (Reward-Penalty) วิธีการเรียนรู้แบบนี้ใช้กันแพร่หลายใน Gaming Robot, Autonomous Vehicle, Facebook Chat bot เป็นต้น

ณัฐรัฐ อังศุธรารักษ์ (2563) กล่าวว่า ทั้ง Machine Learning และ วิชาสถิติ ต่างมีเป้าหมายเดียวกัน คือ “การเรียนรู้จากข้อมูล” (Learning from data) โดยที่ Machine Learning จะใช้เทคนิคทางสถิติ (Statistics) ในการสร้างความสามารถให้คอมพิวเตอร์เกิดการ “เรียนรู้”จากข้อมูลโดยปราศจากการสร้างโปรแกรมให้แต่ต้น (without being explicitly programmed)

Machine Learning และ สถิติ มีความแตกต่างกันในเรื่องวัตถุประสงค์ ซึ่ง Machine Learning นั้นถูกสร้างขึ้นเพื่อให้การพยากรณ์จากข้อมูลมีความแม่นยำสูงสุด (Best Possible Accuracy) โดยไม่มีการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ซึ่งเพียงแค่ป้อนข้อมูลจำนวนมากเข้าไป ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ก็จะประมวลผลและหารูปแบบของข้อมูลซึ่งสามารถนำไปใช้พยากรณ์ตัวแปรต่อไป โดยไม่สนใจ

การอธิบายความสัมพันธ์ต่าง ๆ ระหว่างตัวแปร ในส่วนของแบบจำลองทางสถิติที่แม้จะสามารถพยากรณ์โดยอาศัยข้อมูลเช่นเดียวกับ Machine Learning แต่โดยทั่วไปแล้ว แบบจำลองทางสถิติถูกออกแบบมาเพื่ออนุมาน หรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นหลัก โดยนักสถิติจำเป็นต้องเข้าใจมิติต่าง ๆ ของข้อมูล ทั้งวิธีการเก็บข้อมูล คุณสมบัติทางสถิติของข้อมูล การกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างฯลฯ เพื่อให้มีความเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลอง ในขณะที่ความแม่นยำไม่ถือเป็นประเด็นสำคัญที่สุดของแบบจำลองทางสถิติ อีกประเด็นหนึ่งคือ ความแตกต่างกันระหว่างการพยากรณ์ ซึ่งเป็นการมองไปข้างหน้า และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งแน่นอนว่า Machine Learning มีการปรับแบบจำลองตามข้อมูลที่เข้ามาใหม่ตลอดเวลา เป็นการเน้นการมองไปข้างหน้า ในขณะที่แบบจำลองทางสถิติเป็นการศึกษาข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในอดีตเพื่ออธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลในช่วงที่มีการเก็บรวบรวม ซึ่งเป็นการเน้นการอธิบายสิ่งที่ได้เกิดขึ้น

ความแตกต่างอีกด้านคือความต้องการด้านข้อมูล ซึ่ง Machine Learning มักจะต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการศึกษา เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ได้ดีเพราะการใช้ Machine Learning มีแนวโน้มที่จะเกิดการ Overfitting แบบจำลองและข้อมูลจำนวนน้อยอาจจะมี Outliers คิดเป็นสัดส่วนที่มาก ส่งผลให้ความแม่นยำของแบบจำลองลดลง จึงมักจะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนหลักหมื่นจนถึงหลักล้าน การประยุกต์ใช้จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมที่มีการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากอยู่แล้ว เช่น ธนาคาร หรือข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยทั่วไปที่มักจะสามารถอนุมานและพยากรณ์ได้ค่อนข้างดีโดยใช้ข้อมูลที่มีกลุ่มตัวอย่างหลักสิบหรือหลักร้อย เช่น การออกแบบสำรวจข้อมูลเพื่อศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นการเฉพาะ โดยที่การเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างไม่ได้ส่งผลมากนักต่อคุณภาพของแบบจำลอง เนื่องจากสมมติฐานต่างๆที่ถูกกำหนดมาในแบบจำลองทางสถิติจะถูกใช้เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาเติมเต็มช่องว่างในการวิเคราะห์ดังกล่าว

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองทางสถิติทั่วไปจะได้เปรียบกว่า Machine Learning ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจำนวนมากในทำนองเดียวกันกับจำนวนตัวอย่าง หรือข้อมูล ในกรณีที่จำนวนตัวแปรต้น (Predictor Variables) มีจำนวนมาก ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันเอง (Multicollinearity) และมีลักษณะความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นสมการเชิงเส้น (Nonlinear) การใช้ Machine Learning อาจจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบจำลองสถิติ หากต้องการความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูล และมีกลุ่มตัวอย่างหรือตัวแปรจำนวนมาก การใช้ Machine Learning จะมีประสิทธิภาพที่สุด เช่น ในการสร้างระบบ Image recognition และ Computer vision ซึ่งต้องใช้ข้อมูลรูปภาพในรูปแบบดิจิทัลจำนวนมากเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้ในทางกลับกัน หากสิ่งที่ต้องการคือการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และจำนวนกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างจำกัด การใช้แบบจำลองทางสถิติทั่วไปอาจมีความเหมาะสมมากกว่า

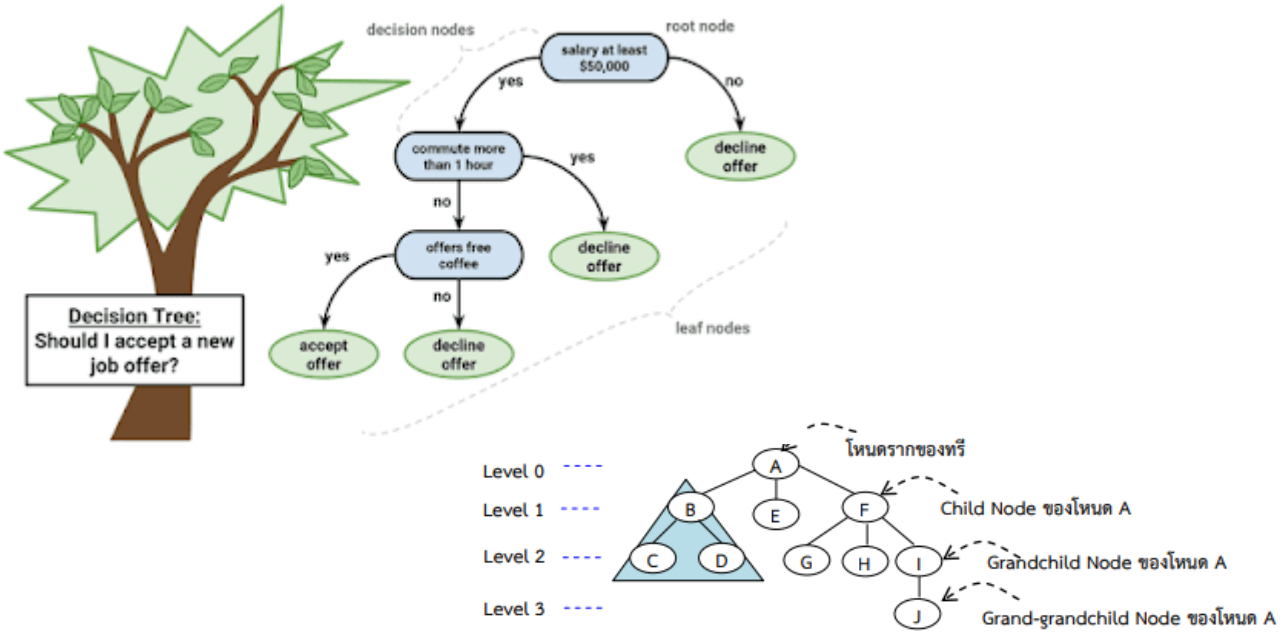
2.2.2 การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ด้วยอัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)

อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) เป็นอัลกอริทึมที่ซับซ้อน ได้รับการพัฒนาเป็นโครงการวิจัยที่มหาวิทยาลัยวอชิงตัน โดย Tianqi Chen และ Carlos Guestrin ในปี 2559 อัลกอริทึมนี้ได้รับเครดิตจากการชนะการแข่งขันในเว็ปไซต์ Kaggle หลายครั้ง และยังถูกใช้งานในอุตสาหกรรมที่ล้ำสมัยหลายรายการ รวมทั้งมีผู้ใช้อย่างกว้างขวาง เป็นแบบจำลอง(Model) ที่พัฒนามาจาก Model Gradient Boosting Decision Tree เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น โดย XGBoost นำเอา Decision Tree มา train ต่อๆ กันหลายๆ tree โดยที่แต่ละ Decision Tree จะเรียนรู้จาก Error ของ Tree ก่อนหน้า ทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากขึ้นเมื่อมีการเรียนรู้ของ Tree ต่อเนื่องกันจนมีความลึกมากพอ และแบบจำลองจะหยุดเรียนรู้เมื่อไม่เหลือ Pattern ของ Error จาก Tree ก่อนหน้าให้เรียนรู้แล้ว

ข้อดีของ XGBoost คือสามารถลดการเกิด Overfit ได้ สามารถจัดการกับ Missing Value สามารถทำงานแบบขนานกับจำนวน core ของ CPU ได้ และใช้ hardware อย่างมีประสิทธิภาพ

1) Decision Tree Model

Decision Tree Model เป็น Rule-Based Model ที่จะสร้างเงื่อนไข If-else ขึ้นมาจากข้อมูลในตัวแปร เพื่อที่จะแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มใหม่ที่สามารถอธิบาย Target ได้ดีที่สุด โดยการสร้างเงื่อนไข If-else ในแต่ละตัวแปรจะถูกกำหนดด้วย Objective Function และสำหรับ Regression Tree หรือ Decision Tree ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์จะมีค่า Residual Sum of Squares (RSS) เป็น Objective Function ในการหาจุดที่ดีที่สุดในการแบ่งข้อมูล (Split Point) จากการ Minimize ให้ RSS มีค่าน้อยที่สุด



ที่มา Chaiyaphop Jamjumrat (Bas) และตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลTreeของ เบญจมาศ ปัญญางาม

ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการสร้าง Decision Tree

วิธีการทำ Decision Tree คือ การค่อยๆ แบ่งข้อมูลออกทีละ 2 ส่วน (Recursive Binary Split) จาก Node บนสุดของ Tree เรียกว่า Root Node และไล่ลงมาเรื่อย ๆ จนถึง Leaf Node ตามภาพ 2.1 และทำ Prediction ค่า Target Variable ด้วยวิธีการง่ายๆ คือ ใช้ค่า Mean ของ Target Variable Node โดยการ Split ข้อมูลจาก Root Node จนถึง Leaf Node จะทำจนกว่าจะได้ Condition ที่กำหนด เช่น ความลึกของ Tree ไม่เกิน 10 ชั้น (Max Dept) หรือจำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มที่แบ่งออกมา (Leaf Node) มีจำนวนขั้นต่ำ 5 Observation (Min Sample)

หลักการในการแบ่งข้อมูลในแต่ละ Node สำหรับข้อมูลที่มี k Feature และ n Observation มีดังนี้

- เลือก 1 Feature จาก k Feature มาทำ Sorting ข้อมูล ด้วยค่าของ Feature ที่เลือกมา

- หาจุดแบ่งข้อมูล (Split Point) ที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากข้อมูล n Observation สามารถหาจุดแบ่งข้อมูลที่เป็นไปได้ n-1 จุด

- สำหรับการแบ่งข้อมูลแต่ละแบบที่เป็นไปได้ คำนวณค่า Residual Sum of Squares (RSS) จากการทำ Prediction ค่า Target Variable ด้วยค่า Mean ของ Target Variable ในแต่ละกลุ่ม

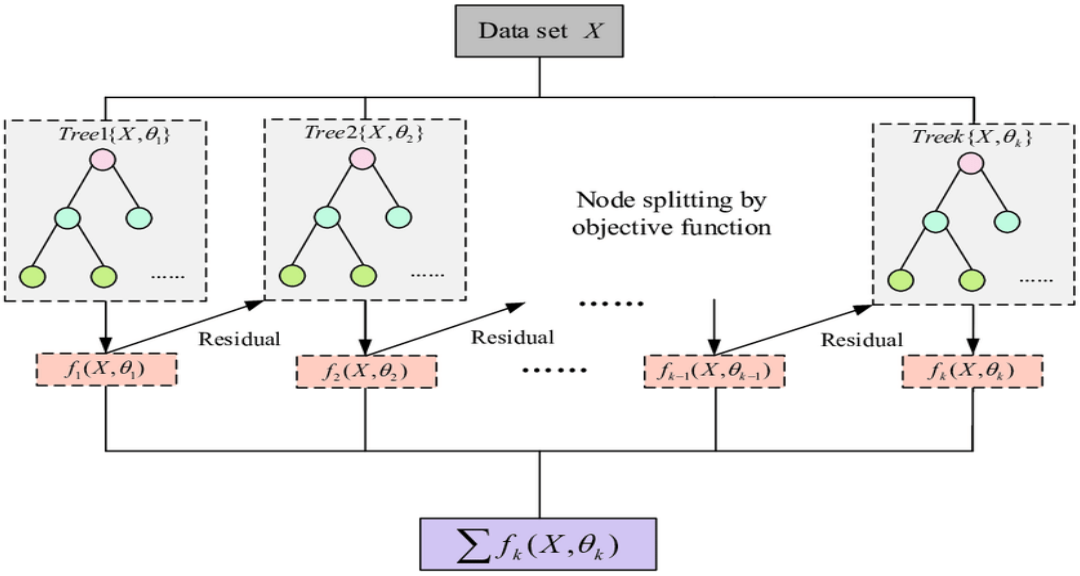
- เลือก Split Point ที่ให้ค่า RSS น้อยที่สุด เมื่อสิ้นสุดการ Split แล้วจะ Predict ค่า Target Variable จากค่า Mean ของ Target Variable ภายใน Node ของตัวเอง สำหรับ Leaf Node ที่ยังสามารถ Split ได้ต่อ จะต้องหาจุดแบ่งข้อมูล จาก Observation ที่เหลือแล้วคำนวณค่า Residual Sum of Squares (RSS) ของ Leaf Node นั้นๆจนกว่าจะสิ้นสุดการแบ่ง Node

ข้อเด่นของ Decision Trees คือความชัดเจน ง่ายต่อการ implement และการแปลผล โดยลักษณะคล้ายกับ "if-else" rules แต่ข้อจำกัดคือเรื่องของ Overfitting ที่ Model จะ fit เข้ากับ Data จนทำให้เกิดประสิทธิภาพของการทำงานที่ต่ำ (Low Accuracy) ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพของ Decision Trees ด้วย Gradient Boosting ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีรายละเอียดและขั้นตอนมาก ต้องสร้าง Strong Model จาก Weak Model โดย Algorithm จะทำการสุ่มสร้าง Decision Tree จำนวนหลายร้อย Model ทำซ้ำ (Iteration) และประเมินผลแต่ละModel จนกว่า จะได้ Decision Tree ที่สมบูรณ์

2) อัลกอริทึม Gradient boosting decision trees (GBDTs)

อัลกอริทึม GBDTs คืออัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนามาจากอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ โดยใช้เทคนิคร่วมกันตัดสินใจแบบ Boosting คือการสร้างต้นแบบ เริ่มต้นด้วยต้นไม้ตัดสินใจกับชุดข้อมูล แล้วใช้ต้นแบบที่ได้ คาดการณ์ชุดข้อมูลนั้น ทำการปรับปรุงต้นแบบโดยสร้างต้นแบบใหม่จากความผิดพลาดของต้นแบบก่อนหน้า ทำกระบวนการนี้ซ้ำเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของต้นแบบจนได้ต้นแบบสุดท้ายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ข้อดีของกระบวนการ Boosting คือได้มีการทดลอง ปรับโครงสร้างของ Tree ทั้ง depth of tree การย่อการขยาย Node การ split node เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายของ model มี Accuracy ที่ดี และปรับเรื่องของ Variance ของ Model ไปในตัวด้วย



ที่มา: Rui Guo, Zhiqian Zhao, Tao Wang and Dianrong Gao. (2020)

ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของ อัลกอริทึม Gradient boosting decision trees (GBDTs)

ขั้นตอนที่ 1 อัลกอริทึม Boosting จะกำหนดน้ำหนักที่เท่ากันให้กับตัวอย่างข้อมูลแต่ละรายการ ซึ่งจะป้อนข้อมูลไปยัง Model แรกที่เรียกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน จากนั้นอัลกอริทึมพื้นฐานจะทำนายตัวอย่างข้อมูลแต่ละรายการ

ขั้นตอนที่ 2 อัลกอริทึม Boosting จะประเมินการทำนายของ Model และเพิ่มน้ำหนักของตัวอย่างด้วยข้อผิดพลาดที่มีนัยสำคัญมากขึ้น นอกจากนี้ยังกำหนดน้ำหนักตามประสิทธิภาพของ Model อีกด้วย โดย Model ที่ให้ผลการทำนายที่ยอดเยี่ยมจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการตัดสินใจขั้นสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 3 อัลกอริทึมจะส่งข้อมูลถ่วงน้ำหนักไปยังต้นไม้ตัดสินใจถัดไป

ขั้นตอนที่ 4 อัลกอริทึมจะทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกว่ากรณีตัวอย่างของข้อผิดพลาดในการฝึกฝนจะต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อจำกัดของ GBDT ดังนี้

(1) GBDT ไม่มีตัว Regularization ที่ชัดเจน โดยมีการตั้งสมมติฐานว่า จำนวน Node ในแต่ละ Tree เป็น Regularization

(2) GBDT จำเป็นต้องใช้ค่า Shrinkage Parameter หรือ Learning Rate ที่เล็กมาก ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ดี ทำให้เปลือง Computational Power ในการประมวลผลค่อนข้างมาก

(3) GBDT เป็นแบบจำลอง Black Box ซึ่งไม่สามารถอธิบายให้เข้าใจหลักการทำงานภายใน

3) อัลกอริทึม eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)

GBDTs และ XGBoost ใช้หลักการทำงานของ Gradient Boosting เช่นเดียวกันแต่มีความแตกต่างในรายละเอียดการสร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง XGboost ใช้ Regularization Parameter ผ่านวิธี LASSO (L1) และ Ridge (L2) Regularization เพื่อลดการ Overfitting ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น รวมทั้ง GBDTs ไม่สามารถประมวลผลต้นไม้แต่ละต้นพร้อม ๆ กันได้ เนื่องจากต้นไม้แต่ละต้นขึ้นอยู่กับต้นไม้ก่อนหน้า ในขณะที่ XGBoost พัฒนาให้สามารถทำงานแบบ Parallel Processing สามารถสร้างต้นไม้หลายต้นได้พร้อมกันในแต่ละรอบของการเรียนรู้ และใช้ค่าความผิดพลาดจากการทำนายของต้นไม้ก่อนหน้าเพื่อปรับปรุง Model ในรอบถัดไป จึงทำให้ XGboost ทำงานได้รวดเร็วกว่า ทั้งยังใช้พารามิเตอร์ max_depth ในการหยุดการแบ่งต้นไม้แทนแบบเดิม และทำงานแบบย้อนกลับซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณได้อย่างมาก นอกจากนี้ยังสามารถจัดการกับข้อมูลที่หายไปโดยใช้ Parameter Missing และรับมือกับรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการใช้อัลกอริทึม Weighted Quantile Sketch เพื่อค้นหาจุดแบ่งที่เหมาะสมที่สุดระหว่างชุดข้อมูลแบบถ่วงน้ำหนัก และมีการตรวจสอบแบบไขว้ในแต่ละครั้งที่เรียนรู้อีกด้วย (Morde, 2019)

หลักการพยากรณ์ด้วย XGBoost ใช้แบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด โดยใช้หลักการเดียวกับสมการ Regression และ loss functionซึ่งประยุกต์จากMean Square Error (MSE) function โดย Loss Function คือ สมการในการหาค่าความคลาดเคลื่อน ของ Model ที่ใช้ในการพยากรณ์ ถ้าค่า Loss Function ยิ่งมีค่ามากแสดงว่า Model ที่ใช้ในการพยากรณ์ ยิ่งมีความคลาดเคลื่อนมาก

จาก $$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

เมื่อ y_i คือค่าจริงหน่วยที่ i

$\hat{y}_i$ คือค่าพยากรณ์ของค่าจริงหน่วยที่ iและสามารถเขียนสมการถดถอยที่เกิดจากการใช้ตัวแปร x ที่มีความสัมพันธ์กับ *y* เพื่อพยากรณ์ค่า *y* ได้ดังนี้

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_i x_i \quad (2)$$

เมื่อ β_0 คือค่าความชัน (Slope) หรือ regression coefficient

β_i คือค่าคงที่ หรือจุดตัดแกน *y*

Loss Function เขียนได้ดังนี้

$$\mathcal{L}(y_i,\hat{y_i}) \quad = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y_i})^2 \tag{3}$$

หรือ $$\mathcal{L}\left(\beta_0,\beta_j\right) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\left(\beta_0+\sum_{j=1}^{p}\beta_j x_{ij}\right)\right)^2 \tag{4}$$

เมื่อกำหนด Loss Function แล้วดำเนินการตามวิธี Gradient Descent เพื่อหาค่า β_0และ ค่า β_jที่จะทำให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยใช้สูตรในการคำนวณค่า β_0และ ค่า β_j ใหม่ที่ดีขึ้น โดยในรอบแรกของการคำนวณ Gradient Descent จะเริ่มจากการสุ่มเดาค่า β_0และ ค่า β_1ค่าแรกขึ้นมาก่อน และวัด Performance ของโมเดลที่เกิดจากค่า β_0และ ค่า β_1ที่สุ่มขึ้นมา ด้วยค่า error จาก Loss Function และจะนำค่า Error ที่ได้มาช่วยในการคำนวณค่า β_0และ ค่า β_jใหม่ที่ดีกว่าเดิม และนำค่า β_0 และ ค่า β_j ปัจจุบันที่ได้มาทำแบบนี้วนซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่า β_0และ ค่า β_jที่ทำให้ค่า Error ของ Model ต่ำที่สุดซึ่งการทำวนซ้ำของ Gradient Descent ในแต่ละครั้ง ก็คือการก้าวขยับเข้าไปหาจุดที่มีค่า Error ต่ำที่สุดลงไปเรื่อย ๆ ดังนั้นระยะความยาวของการก้าวแต่ละครั้ง จึงส่งผลต่อความเร็วในการคำนวณและถ้าก้าวยาวไปอาจจะทำให้ก้าวเลยจุดที่ดีที่สุดไปดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่า Learning rate หรือ ระยะความยาวของการก้าวในแต่ละครั้งของ Gradient Descent ให้เหมาะสมด้วย

Gradient Descent Formula สำหรับ Linear Regression คือ

$$\beta_j = \beta_j - \frac{d\mathcal{L}(\beta_0,\beta_1)}{d\beta_j} \tag{5}$$

โดย β คือ ค่าคงที่และค่า Regression Coefficient

$\propto$ คือ Learning rate และ $\mathcal{L}(\beta)$ คือ Loss Function based on β หรือ

$$New\ \beta = \beta - Learning\ rate \times Gradient$$

Gradient Descent จะทำการหาให้ ค่า β_0และ ค่าβ_jใหม่ให้

จาก Loss Function based on β

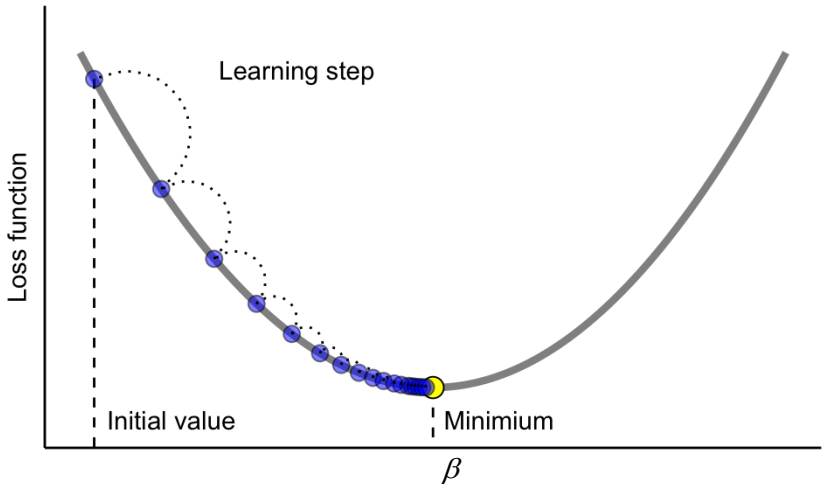
$$\mathcal{L}(\beta_0,\beta_1) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-(\beta_0+\beta_1 x_i))^2 \tag{6}$$

เมื่อนำมาใช้คู่กับสมการ Gradient Descent จะได้ออกมาเป็น 2 สมการ คือสมการที่ j= 0 และ j = 1

เมื่อ j= 0 $$\beta_0 = \beta_0 - \alpha\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-(\beta_0+\beta_1 x_i)) \tag{7}$$

เมื่อ j= 1 $$\beta_1 = \beta_1 - \alpha\frac{2x_i}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-(\beta_0+\beta_1 x_i)) \tag{8}$$

เมื่อได้ค่า β_0 และ ค่า β_j จากการปรับใหม่ จะนำค่าใหม่มาคำนวณต่อไปเรื่อยๆจนค่าลดลงเข้าใกล้ 0 หรือลดลงไม่ได้อีกแล้ว



ที่มา: https://www.linkedin.com/pulse/cracking-code-machine-learning-beginners-guide-alves-estrella

ภาพที่ 2.3 แสดงค่าจาก Loss Function เมื่อมีการปรับค่า β

จากภาพจะเห็นว่าเป็นรูประฆังหงาย ที่เกิดจากการนำเอาค่า Loss Function ที่ปรับ Model หลายๆ ครั้งมาคำนวณค่า Loss Function แล้วเอามา Plot โดยค่าที่ต่ำที่สุดนั้น จะหมายความว่าค่า Loss Function มีค่าเท่ากับ 0 หรือหมายความว่า Model ที่ใช้ในการคำนวณนั้นมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงเป็น 0 หรือมีความแม่นยำมากในการพยากรณ์

การหาค่า β หรือค่าความชันที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ จะใช้การหาอนุพันธ์ (Derivative) ของฟังก์ชัน จะได้สมการความชันของฟังก์ชันนั้นๆ

$$\mathcal{L}(y_i,\hat{y_i}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \left(\beta_0 + \sum_{j=1}^{p}\beta_j x_{ij}\right)\right)^2 \qquad (9)$$

แบบจำลองของ Gradient Tree Boosting สร้างจาก Loss Function โดยเพิ่ม Regularization Term เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการเรียนรู้จาก Training Dataset สามารถแก้ปัญหา Underfitting หรือ Overfitting ของ Machine Learning Model ได้ (ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์ ,2562)

Regularization Term ใช้หลักการของตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ วิธีการถดถอยริดจ์ (Ridge Regression) และวิธีการถดถอยลาสโซ่

Hoerl และ Kennard (1970) เสนอวิธีการถดถอยริดจ์ (Ridge Regression Method, Ridge) เพื่อแก้ปัญหาการเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งจะลดความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าเฉลี่ยให้มีค่าต่ำลง

หลักการของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดพบว่า ถ้าต้องการลดความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ต้องทำให้ $|X'X|$ มีค่าเพิ่มขึ้น โดยบวกค่าคงที่ λ เข้ากับสมาชิกทุกตัวบนเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์ $|X'X|$ ดังนั้นตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการถดถอยริดจ์ อยู่ในรูปดังต่อไปนี้

$$\hat{\beta}_R = \left(X'X + \lambda I_{p+1}\right)^{-1} X'y \qquad (10)$$

เมื่อ λ เป็นค่าคงที่ ซึ่งอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และ I_{p+1} เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) ขนาด *(p+1) x (p+1)*

$$\hat{\beta}_R = argmin\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^{p}\beta_j x_{ij})^2 + \lambda\sum_{j=1}^{p}\beta_j^2\right] \;;\lambda>0 \qquad (11)$$

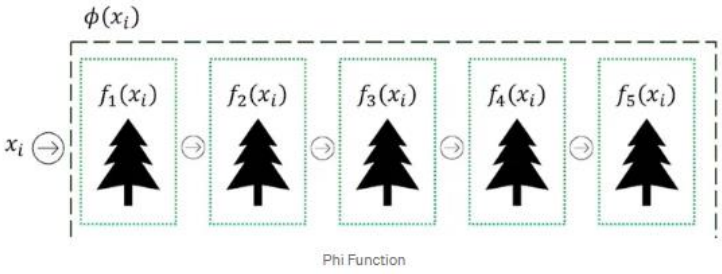
เมื่อ $\lambda\sum_{j=1}^{p}\beta_j^2$ คือฟังก์ชันการลงโทษ และ λ คือพารามิเตอร์ปรับแต่ง (Tuning Parameter) ซึ่งควบคุมขนาดการหดตัว (Shrinkage) ของ $\hat{\beta}_R$

วิธีการถดถอยลาสโซ่ โดย Tibshirani (1996) เสนอวิธีการวิเคราะห์การถดถอยลาสโซ่ (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator Regression Method, LASSO) ใช้สำหรับการประมาณค่าและการคัดเลือกตัวแปรเข้าสู่ตัวแบบในคราวเดียวกันกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจำนวนไม่มากนักในตัวแบบจะทำให้วิธีลาสโซ่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์ โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณของวิธีลาสโซ่จะอยู่ในรูปผลบวกระหว่างผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองและผลรวมสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ถ่วงน้ำหนักให้มีค่าต่ำสุด หากค่าถ่วงน้ำหนักมาก ๆ จะทำให้สัมประสิทธิ์นั้นหดตัวเหลือเท่ากับศูนย์หรือหายไป กล่าวคือ วิธีนี้จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนใหญ่เป็นศูนย์และค่าสัมประสิทธิ์บางส่วนไม่เท่ากับศูนย์ (Sparse Estimator) โดยตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธีลาสโซ่ ดังนี้

$$\hat{\beta}_R = argmin\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^{p}\beta_j x_{ij})^2 + \lambda\sum_{j=1}^{p}|\beta_j|\right] \qquad (12)$$

จากแบบจำลองของ XGBoost โดยค่าพยากรณ์ของ Y_i จากแต่ละต้นจะถูกนำมารวมกันคือ $\hat{y}_i$ซึ่งประมาณด้วย Function ของ x_iหรือ $\phi(x_i)$

$$\hat{y}_i = \phi(x_i) = \sum_{k=1}^{T} f_k(x_i) \qquad (13)$$



ที่มา In Depth Overview of XGBoost Part I by Jay Jo

ภาพที่ 2.4 Phi Function สำหรับอัลกอริทึม XGBoost

ดังนั้น แบบจำลอง XGBoost จึงเป็นดังสมการ (Tianqi Chen and Carlos Guestrin, 2016)

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) = \sum_{i=1}^{n} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i)) + \sum_{k=1}^{T} \Omega f_k(x_j) \quad (14)$$

เมื่อ $$\Omega f(x_j) = \gamma^T + \frac{1}{2}\lambda \sum_{j=1}^{p} \beta_j^2 + \alpha \sum_{j=1}^{p} |\beta_j| \quad (15)$$

ถ้า *k* คือ ต้นไม้ที่ *k* ของการประมาณค่า *y* และ $\hat{y}_i^{(t)}$ คือค่าพยากรณ์ *y* จากต้นไม้ ต้นที่ *t*

เมื่อ *t = o* , $\hat{y}_i^{(0)} = f_0(x_i) = 0$

t = 1 , $\hat{y}_i^{(1)} = f_0(x_i) + f_1(x_i) = \hat{y}_i^{(0)} + f_1(x_i)$

t = 2 , $\hat{y}_i^{(2)} = f_1(x_i) + f_2(x_i) = \hat{y}_i^{(1)} + f_2(x_i)$

$$\hat{y}_i^{(t)} = \sum_{k=1}^{t} f_k(x_i) = f_{t-1}(x_i) + f_t(x_i) \quad (16)$$

จากสมการที่ (14) เขียนได้เป็น

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) = \sum_{i=1}^{n} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)} + f_t(x_i)) + \sum_{k=1}^{T} \Omega f_k(x_j)) \quad (17)$$

เพื่อให้ได้ค่า *Loss Function* ที่เหมาะสมที่สุด จะใช้ Gradient Descent คำนวณโดย *First Order* และ *Second Order derivatives* และใช้ *Taylor Approximation* ทำให้ได้สมการต่อไปนี้

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{i=1}^{n} [\mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) + \partial_{\hat{y}^{(t-1)}} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) f_t(x_i) + \frac{1}{2} \partial^2_{\hat{y}^{(t-1)}} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) f_t^2(x_i) + \sum_{k=1}^{T} \Omega f_k(x_j) \quad (18)$$

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{i=1}^{n} [\mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) + g_i f_t(x_i) + \frac{1}{2} h_i f_t^2(x_i)] + \sum_{k=1}^{T} \Omega f_k(x_j) \quad (19)$$

เมื่อ $g_i = \partial_{\hat{y}^{(t-1)}} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)})$

$h_i = \partial^2_{\hat{y}^{(t-1)}} \mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)})$

$\mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)})$ มีค่าเป็นค่าคงที่ แทนด้วย γ และเนื่องจาก Loss Function ได้มาจากมุมมองของต้นไม้ จึงเป็นการเหมาะสมที่สุดที่จะเลือกผลรวมของต้นไม้ *T* ต้น ดังนั้น จึงแทน $\sum_{i=1}^{n} [\mathcal{L}(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) \approx \gamma^T$

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{i=1}^{n} [g_i f_t(x_i) + \frac{1}{2} h_i f_t^2(x_i)] + \gamma^T + \sum_{k=1}^{T} \Omega f_k(x_j) \quad (20)$$

เมื่อ input x ลงในฟังก์ชัน q หรือโครงสร้างของต้นไม้ ซึ่งต้นไม้แต่ละต้นจะมีจำนวนกิ่งก้าน และโหนดที่แตกต่างกัน ต้นไม้จะจับคู่ input x กับโหนดด้วยน้ำหนักที่กำหนด

สมมติให้ $f_t(x_j) = w_{q(x)}$

$$\Omega f_k(x_j) = \frac{1}{2}\lambda \sum_{k=1}^{T} w_k^2 \quad \text{, (Ridge Regression)} \tag{21}$$

แทนค่า $w_{q(x)}$ลงใน*สมการ* (20)

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{k=1}^{T} \sum_{i=1}^{n} [\, g_i w_k + \frac{1}{2} h_i w_k^2] + \gamma^T + \sum_{k=1}^{T} \lambda w_k^2$$

$$\approx \sum_{k=1}^{T} [\, \sum_{i=1}^{n} g_i]\, w_k + \frac{1}{2} [\sum_{i=1}^{n} h_i + \lambda]\, w_k^2] + \gamma^T \tag{22}$$

ให้ $G_i = \sum_{i=1}^{n} g_i$ และ $H_i = \sum_{i=1}^{n} h_i$

ดังนั้น $$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{k=1}^{T} \left[G_k w_k + \frac{1}{2}(H_k + \lambda) w_k^2 \right] + \gamma^T \tag{23}$$

หาค่าของสมการที่เหมาะสม (*Optimize)* ด้วยการทำ *first order derivative* ให้มีค่าเท่ากับศูนย์

นั่นคือ $G_k + (H_k + \lambda) w_k = 0$

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของ w_kคือ $w_k = \frac{-G_k}{H_k + \lambda}$ (24)

แทนค่า w_kลงในสมการที่ *(*23)

$$\mathcal{L}(y_i, \phi(x_i)) \approx \sum_{k=1}^{T} \left[G_k \frac{-G_k}{H_k + \lambda} + \frac{1}{2}(H_k + \lambda) \left(\frac{-G_k}{H_k + \lambda} \right)^2 \right] + \gamma^T$$

$$\approx -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^{T} \left[\frac{G_k^2}{H_k + \lambda} \right] + \gamma^T \tag{25}$$

เมื่อ T คือจำนวนต้นไม้

γ คือ Pruning Parameter ค่าที่ใช้เพื่อควบคุมการขยายของต้นไม้ เป็นค่าขั้นต่ำสำหรับการลดค่าความผิดพลาดในการแบ่ง *Node* การเพิ่มค่า γ จะทำให้มีการแบ่ง *Node* เกิดขึ้นน้อยลง ซึ่งจะช่วยลดความซับซ้อนของ *Model*

λ คือ Regularization Parameter มีค่าตั้งแต่ 0 - ∞เพื่อลดค่าความไวในการทำนายค่าสังเกตแต่ละค่า เป็นค่าที่ใช้ปรับเพิ่มค่าน้ำหนักของใบในต้นไม้

Pruning Parameter (γ) อัลกอริทึม *XGBoost* ใช้พารามิเตอร์ *max_deep* ตามที่ระบุเกณฑ์การหยุดสำหรับการแตกกิ่ง และเริ่มตัดต้นไม้ เพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการคำนวณอย่างมีนัยสำคัญ

หลักการทำงานของ XGBoost มีดังนี้

(1) XGBoost จะสร้างต้นไม้แรกโดยใช้การคำนวณ Gradient และ Hessian ของฟังก์ชันความสูญเสีย (loss function) เพื่อปรับค่าในแต่ละรอบของการเรียนรู้ โดยใช้ตัวอย่างข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด

(2) การปรับปรุงต้นไม้ (Tree Update) XGBoost จะใช้ Gradient และ Hessian เพื่อปรับค่าในแต่ละ Node ของต้นไม้ เป็นการปรับค่าน้ำหนักให้กับตัวแปรและตัดสินใจในการแบ่งชุดข้อมูล พร้อม ๆ กับปรับค่า Regularization (Regularization Adjustment) เพื่อป้องกันการเกิด overfitting ในข้อมูลชุดฝึกสอน โดยใช้พารามิเตอร์ γ และ λ ซึ่งต้นไม้จะถูกปรับปรุงในทุก ๆ รอบของการเรียนรู้ เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนาย

(3) การสร้างต้นไม้ใหม่ (New Tree Creation) XGBoost จะสร้างต้นไม้ใหม่โดยใช้ทั้งการคำนวณ Gradient และ Regularization Adjustment เพื่อปรับค่าในการตัดสินใจของต้นไม้ในแต่ละรอบของการเรียนรู้ โดย XGBoost สามารถสร้างต้นไม้หลายต้นพร้อมกันและใช้การปรับปรุงแบบ Gradient Boosting ซึ่งช่วยลดเวลาของการประมวลผลได้

(4) การเลือกต้นไม้ที่สร้างใหม่ (New Tree Selection) หลังจากที่ทำการปรับปรุงต้นไม้แล้ว XGBoost จะทำการเลือกต้นไม้ที่สร้างใหม่โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดที่ได้จากต้นไม้ต้นที่แล้วกับค่าความผิดพลาดใหม่

(5) การสรุปผลลัพธ์ (Result Aggregation) ผลลัพธ์จากต้นไม้แต่ละต้นในแต่ละรอบของการเรียนรู้จะถูกรวมกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์ XGBoost จะใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากต้นไม้ทั้งหมดเพื่อทำนายผลลัพธ์สุดท้าย

ขั้นตอนเหล่านี้จะทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงจำนวนรอบที่กำหนดหรือจนกว่าจะมีการหยุดทำงานด้วยเงื่อนไขที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ เช่น จำนวนต้นไม้ที่กำหนดไว้หรือค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่ต้องการให้ถึงเมื่อการเรียนรู้จบสิ้นลง

โดยสรุปคือ อัลกอริทึม XGBoost ใช้หลักการของแบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเช่นเดียวกับสมการ Regression และ loss function ซึ่งประยุกต์จาก Mean Square Error (MSE) Function เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก Gradient Boosting Machine (GBM) โดยปรับปรุงและเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้ของต้นไม้ในการทำนาย (Decision Tree) และการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ รวมทั้งใช้กระบวนการ Gradient Boosting ในการสร้างแบบจำลองหลายๆแบบ ซึ่งแบบจำลองใหม่ในแต่ละรอบจะเรียนรู้และปรับค่าความผิดพลาดของแบบจำลองก่อนหน้า เพื่อลดความผิดพลาดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่ โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้ลดค่าของฟังก์ชันความสูญเสีย (Loss Function) จนมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดตามหลักการของ Gradient Descent นอกจากนี้ยังใช้การปรับค่า Regularization Parameter ผ่านวิธี LASSO และ Ridge regularization เพื่อป้องกันการเกิด Overfitting ในข้อมูลชุดฝึกสอน โดย XGBoost ยังมีความสามารถในการทำงานแบบ Parallel Processing สามารถสร้างต้นไม้หลายต้นได้พร้อมกันในแต่ละรอบของการเรียนรู้ และใช้ค่าความผิดพลาดจากการทำนายของต้นไม้ก่อนหน้าเพื่อปรับปรุง Model ในรอบถัดไป นอกจากนี้ XGBoost ยังช่วยในการจัดการกับข้อมูลที่หายไป (Missing Data) อีกด้วย ทำให้ XGBoost เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการแข่งขันของข้อมูลและปัญหาต่าง ๆ ในวงการข้อมูลและเครื่องมือ

วิเคราะห์ต่าง ๆ ลักษณะการทำงานของ XGBoost มีลักษณะการทำงานเชิงต้นไม้ที่ปรับปรุงขึ้น โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างต้นไม้ในแต่ละรอบ ซึ่งทำให้สามารถทำนายได้แม่นยำมากขึ้นโดยใช้ต้นไม้เล็ก ๆ หลาย ๆ ต้นในการประมวลผล และรวมผลการทำนายจากต้นไม้ทุกต้นเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุด

ทั้งนี้แบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นจาก XGBoost จะเป็นแบบจำลองที่ซับซ้อน **และไม่สามารถ แสดงในรูปของสมการได้**

2.2.3 การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามเพียง 1 ตัว กับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ตัวแบบเต็มรูป (Full Model) ดังนี้

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ . \\ . \\ Y_n \end{bmatrix}_{n\times 1} = \begin{bmatrix} 1 & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1p} \\ 1 & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2p} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ 1 & X_{n2} & X_{n3} & \dots & X_{np} \end{bmatrix}_{n\times p} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ \beta_p \end{bmatrix}_{p\times 1} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}_{n\times 1}$$

เมื่อ Y เป็นเมทริกซ์ของตัวแปรตามขนาด n x 1

n เป็นขนาดของตัวอย่าง

X เป็นเมทริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด n x p

p เป็นจำนวนพารามิเตอร์

β เป็นเมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณขนาด p x 1

ε เป็นเมทริกซ์ของค่าความคลาดเคลื่อนขนาด n x 1

การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการสรุปอ้างอิงไปยังประชากรจำเป็นต้องมีการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าประเมินเหล่านั้น เพื่อตัดสินใจว่าสมการที่ทดสอบเหมาะสมกับข้อมูลดีหรือไม่ หรือสำหรับการตัดสินใจว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามหรือไม่ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวสถิติทดสอบดังนี้ คือ

สมมติฐานว่าง $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \dots = \beta_p = 0$

สมมติฐานทางเลือก $H_1 : \beta_j$ อย่างน้อยหนึ่งตัวไม่เท่ากับศูนย์ ; j = 2 , 3 , ... , p

หรือ สมมติฐานว่าง H_0: ตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

สมมติฐานทางเลือก H_1: ตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

ตัวสถิติทดสอบคือ $F = \frac{\frac{SSR}{p-1}}{\frac{SSE}{n-p}}$

โดยที่ SSR คือ ผลบวกกำลังสองของการถดถอย หรือผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าประมาณของตัวแปรตามตามเส้นการถดถอยและค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

SSE คือ ผลบวกกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

p คือ จำนวนพารามิเตอร์

n คือ ขนาดของตัวอย่าง

อาณาเขตวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อ $F > F_{\alpha(p-1,\, n-p)}$

วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method) เป็นวิธีหาค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error : SSE) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งคือ min $\varepsilon'\varepsilon$

เมื่อ
$$\hat{\varepsilon}'\hat{\varepsilon} = (Y - X\hat{\beta})'(Y - X\hat{\beta})$$
$$= Y'Y - 2\hat{\beta}'X'Y + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta} \qquad (26)$$

และการหาค่าน้อยที่สุดของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนทำได้โดยการหาอนุพันธ์ (Differentiate) ของสมการ (26) เทียบกับ $\hat{\beta}$ แล้วกำหนดให้เท่ากับศูนย์

$$\frac{\partial}{\partial\hat{\beta}}\left(Y'Y - 2\hat{\beta}X'Y + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta}\right) = 0$$
$$-2X'Y + 2X'X\hat{\beta} = 0$$
$$(X'X)\hat{\beta} = X'Y$$

ดังนั้น
$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

ตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จะเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด แต่จะประมาณค่า β ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด มีข้อกำหนดข้อหนึ่งคือตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันนั่นคือมีสภาพที่ไม่เหมาะสม การประมาณค่า β ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดอาจจะไม่ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด ซึ่งการพิจารณาผลของตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันสามารถพิจารณาจากคุณสมบัติของตัวประมาณค่า β สองประการคือ เมทริกซ์ความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วมของตัวประมาณ β และค่าเฉลี่ยความแตกต่างกำลังสองระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β ซึ่งสามารถเขียนในรูป $X'X$ และ σ^2 ดังนี้

กำหนดให้ความแปรปรวนของตัวประมาณ $\hat{\beta}$ มีค่าเป็น $Var(\hat{\beta})$ จะได้ว่า

$$Var(\hat{\beta}) = \sigma^2(X'X)^{-1} \qquad (27)$$

และให้ d คือความแตกต่างระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β

ดังนั้น $$d^2 = (\hat{\beta} - \beta)'(\hat{\beta} - \beta)$$

ซึ่งค่าเฉลี่ยของความแตกต่างกำลังสองระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β คือ $E(d^2)$ อยู่ในรูปของ

$$E(d^2) = \sigma^2 trace(X'X)^{-1} \quad (28)$$

โดย E (d^2) จะมีค่าสมมูลกับ $E\left[(\hat{\beta} - \beta)'(\hat{\beta} - \beta)\right]$ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$E(d^2) \equiv E\left[(\hat{\beta} - \beta)'(\hat{\beta} - \beta)\right]$$
$$\equiv E(\hat{\beta}') - \beta'\beta$$

เมื่อแทนค่า $E(d^2)$ จากสมการ (28) จะได้ $E(\hat{\beta}'\hat{\beta})$ ดังนี้

$$E(\hat{\beta}'\hat{\beta}) = \beta'\beta + \sigma^2 trace(X'X)^{-1} \quad (29)$$

เมื่อ ε มีการแจกแจงแบบปกติจะได้ว่า

$$Var(d^2) = 2\sigma^4 trace[\textstyle\sum_{i=1}^{p}(X'X)^{-1}]^2 \quad (30)$$

จากสมการ (27) , (28) และ (30) จะเห็นว่าการประมาณค่าต่างๆ อยู่ในรูปของเมทริกซ์ $(X'X)$ ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบการประมาณค่า $\hat{\beta}$ จึงควรแปลงให้อยู่ในรูปฟังก์ชันของค่าเจาะจง (Eigen Value) ของเมทริกซ์ $(X'X)$ โดยใช้คุณสมบัติข้อหนึ่งของค่าเจาะจงกล่าวคือ ถ้า λ_i เป็นค่าเจาะจงของเมทริกซ์ $(X'X)$ เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, p$ และ p คือ จำนวนพารามิเตอร์แล้ว $\sum_{i=1}^{p}\lambda_i$ จะเท่ากับ $trace\,(X'X)$

สมมติให้ค่า λ_i เป็นค่าเจาะจงของเมทริกซ์ $(X'X)$ ซึ่ง λ_{max} คือค่าเจาะจงที่มีค่ามากที่สุด และ λ_{min} คือค่าเจาะจงที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น $(\lambda_{max} = \lambda_i) \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq (\lambda_{min} = \lambda_p) > 0$

จากสมการ (28) และ (30) สามารถเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันของค่าเจาะจง (Eigen Value) ได้ดังนี้

$$E(d^2) = \sigma^2 \textstyle\sum_{i=1}^{p}\frac{1}{\lambda_i}$$

และ $$Var(d^2) = 2\sigma^4 \textstyle\sum_{i=1}^{p}\left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^2$$

ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีสภาพที่ไม่เหมาะสมค่าเจาะจง (Eigen Value) ของเมทริกซ์ $(X'X)$ จะมีค่าน้อย ซึ่งมีผลทำให้ความแตกต่างระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β มีค่ามากแล้วส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน การประมาณค่า β ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม

2.2.4 การคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด

ค่าสถิติที่ใช้ในการคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด ได้แก่

1) R^2 (R Square) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (Coefficient of Multiple Determination) เป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งหมดในสมการที่มีต่อตัวแปรตาม หรือตัวแปรอิสระทั้งหมดที่อยู่ในสมการสามารถอธิบายการผันแปรตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใดหากยิ่งมีค่าสูง แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความเหมาะสมในการพยากรณ์ ตัวแปรตามได้ดีมากเท่านั้น

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\hat{\beta}'X'Y - n\overline{y}^2}{Y'Y - n\overline{y}^2}$$

เมื่อ Y เป็นเมทริกซ์ของตัวแปรตามขนาด n x 1

n เป็นขนาดของตัวอย่าง

X เป็นเมทริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด n x p

p เป็นจำนวนพารามิเตอร์

β เป็นเมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณขนาด p x 1

SSR (Sum of Squares Regression) คือ ผลบวกกำลังสองของการถดถอย หรือผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าประมาณของตัวแปรตามตามเส้นการถดถอยและค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม หรือ $\hat{\beta}'X'Y - n\overline{y}^2$

SST (Total Sum of Squares) คือ ผลบวกกำลังสองทั้งหมด หรือคือผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนระหว่างตัวแปรตามกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม หรือ $Y'Y - n\overline{y}^2$

2) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) คือ การวัดความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจากการพยากรณและคาจริงเฉลี่ยกำลังสอง

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

3) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) คือ ค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างคาจากการพยากรณ และคาจริง

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

เมื่อ y_i = ค่าจริงของตัวแปรตาม

$\hat{y}_i$ = ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

n = ขนาดของตัวอย่าง

ถ้าค่า MAE และ RMSE ต่ำ แสดงวา ค่าพยากรณ์มีความใกล้เคียงกับค่าจริง ซึ่งหมายถึงแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูง

2.2.5 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จะพิจารณาจากแบบจำลองที่มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) ต่ำสุด ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ระหว่างค่าพยากรณ์เทียบกับค่าจริงหรือค่าสถิติ ดังนี้

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right|$$

เมื่อ y_i = ค่าจริงของตัวแปรตาม

$\hat{y}_i$ = ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

n = ขนาดของตัวอย่าง

หากค่า *MAPE* ที่คำนวณได้มีค่าน้อย แสดงว่า มีความแม่นยำในการพยากรณ์มาก หรือค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 การกำหนดตัวแปรในแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์หรือตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์

$Yield_{tj}$ คือ ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานปีที่ t จังหวัดที่ j

3.1.2 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่มีสมมติฐานว่ามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่จะทำการพยากรณ์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวแปรอิสระ ดังนี้

$X1_{tj}$ คือราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เฉลี่ยทั้งปี ปีที่ tจังหวัดที่ j

$X2_{tj}$ คือราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา สูงสุดในปีที่ t จังหวัดที่ j

$X3_{tj}$ คือราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ต่ำสุดในปีที่ t จังหวัดที่ j

$X4_{tj}$ คือราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา เดือนที่ผลผลิตออกสู่ตลาดมากในปีที่ t จังหวัดที่ j

$X5_{tj}$ คือราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้น 14.5% เฉลี่ยทั้งปี ปีที่ t จังหวัดที่ j

$X6_{tj}$ คือราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ต่ำสุดในปีที่ t จังหวัดที่ j

$X7_{t}$ คือราคาส่งออกมันเส้น (FOB) เฉลี่ยทั้งปีในปีที่ t

$X8_{t}$ คือราคาส่งออกแป้งมัน (FOB) เฉลี่ยทั้งปีในปีที่ t

$RMean1_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean2_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกุมภาพันธ์ ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean3_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนมีนาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean4_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนเมษายน ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean5_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean6_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนมิถุนายน ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean7_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean8_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนสิงหาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean9_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกันยายน ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean10_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนตุลาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean11_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤศจิกายน ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$RMean12_{tj}$ คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$Temp_Mean1_{tj}$ – $Temp_Mean12_{tj}$ คืออุณหภูมิเฉลี่ยเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j – อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$Temp_Max1_{tj}$ – $Temp_Max12_{tj}$ คืออุณหภูมิสูงสุดในเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j – อุณหภูมิสูงสุดในเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$Temp_Min1_{tj}$ – $Temp_Min12_{tj}$ คืออุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j – อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

EVI_1_{tj} - EVI_12_{tj} คือ ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณในเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j- ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณในเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

$NDVI_1_{tj}$ - $NDVI_12_{tj}$ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณในเดือนมกราคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j- ค่าดัชนีพืชพรรณในเดือนธันวาคม ในปีที่ t จังหวัดที่ j

3.2 ข้อสมมติฐานเบื้องต้น

3.2.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน นั่นคือ ผลผลิตต่อไร่จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณและการกระจายของปริมาณน้ำฝนรายเดือนในปีนั้นเพิ่มขึ้น หรือเพียงพอต่อความต้องการน้ำของมันสำปะหลังโรงงาน

จากสภาพพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงานในแหล่งผลิตสำคัญทั้ง 4 จังหวัด จะเห็นว่าส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตต่อไร่คือปริมาณน้ำฝน รายเดือน ระดับจังหวัด แม้ว่ามันสำปะหลังจะเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้ง แต่ความต้องการน้ำตลอดระยะเวลาเพาะปลูกสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 2,000 มิลลิเมตร สำหรับในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเพียงเล็กน้อยเฉลี่ยต่อปีประมาณ 500 ถึง 750 มิลลิเมตร หรือได้รับน้ำไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตรต่อเดือน ก็พบว่ามันสำปะหลังยังคงสามารถเจริญเติบโตได้ จัดเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน รายเดือน ระดับจังหวัดจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) หรือ สสน.เนื่องจากมีสถานีโทรมาตรตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติ จำนวน 581 สถานีมากกว่าจำนวนสถานีที่ทำการตรวจอากาศทุกคาบเวลาที่กำหนดตามองค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) จำนวน 122 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา และ สสน. มีการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้า เป็นรายเดือน ระดับจังหวัด ซึ่งในงานพยากรณ์สามารถนำมาใช้ได้ด้วย

3.2.2 อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด รายเดือน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน นั่นคือผลผลิตต่อไร่จะลดลง เมื่ออุณหภูมิในปีนั้นเพิ่มขึ้น มันสำปะหลังโรงงานเป็นพืชที่ไม่ทนต่อสภาพภูมิอากาศที่หนาวเย็นจัด (อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 18 ถึง 30 องศาเซลเซียส และช่วงที่ต้องการน้ำมากที่สุดคือช่วง 6 - 10 เดือนหลังปลูก นอกจากนี้ หากมีระยะฝนทิ้งช่วงนาน 2-3 เดือน จะทำให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตจะลดลง

3.2.3 ราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ยทั้งปีเพาะปลูก ราคา FOB มีผลต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกร รวมถึงการบำรุง ดูแล เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูง

การเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังโรงงาน สามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ 7-24 เดือนหลังปลูก ปัจจัยหลักของการเก็บเกี่ยวผลผลิตขึ้นอยู่กับราคาที่เกษตรกรขายได้ เมื่อเห็นว่าช่วงเดือนใดมีราคาดีจะจูงใจให้เก็บเกี่ยวมากขึ้นโดยไม่คำนึงถึงอายุเก็บเกี่ยว ดังนั้นตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ที่สำคัญ คือราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้รายเดือน ซึ่งราคา ณ เดือนปัจจุบัน จะมีผลต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกร แตกต่างจากพืชอื่น เช่น ข้าว ผลผลิตต่อไร่จะขึ้นอยู่กับราคาที่เกษตรกรขายได้ในฤดูกาลที่ผ่านมา จึงตั้งสมมติฐานว่าหากราคาช่วงที่ผ่านมาดี เกษตรกรจะมีทุนและแรงจูงใจในการบำรุง ดูแล มากขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น

3.2.4 ตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) เป็นตัวแปรที่ใช้แทนปีที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น ภัยธรรมชาติ การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งบางปีเกิดอุทกภัยทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องรีบเก็บผลผลิตก่อนถึงอายุเก็บเกี่ยวทำให้ได้ผลผลิตขนาดเล็กน้ำหนักน้อย ผลผลิตต่อไร่จึงลดลง หรือในกรณีที่เกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งหรือโรคใบด่าง จะส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตต่อไร่

ในกรณีนี้มีเพียงข้อมูลจากการรายงานและการคาดการณ์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบและจำนวนพื้นที่เสียหายสิ้นเชิงจากกรมส่งเสริมการเกษตร ซึ่งปกติ สศก. จะใช้การวิเคราะห์ผลกระทบต่อความเสียหายของผลผลิตหลังจากที่ได้ค่าพยากรณ์จากแบบจำลองแล้ว และใช้ข้อมูลจากการติดตามสถานการณ์ในพื้นที่ รวมถึงการเปรียบเทียบกับปีที่เกิดเหตุการณ์คล้ายคลึงกัน

3.2.5 NDVI และ EVI เป็นตัวแปรที่สามารถบ่งบอกถึงสภาพการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์ของต้นมันสำปะหลังโรงงาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากจากภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้อมูลระยะไกลจัดทำโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA เมื่อค่า NDVI และ EVI มีค่าสูง สมมติฐานได้ว่าผลผลิตต่อไร่จะสูงด้วย ในกรณีที่พบการระบาดของโรคใบด่าง สีและความสมบูรณ์ของใบจะลดลง ทำให้ค่า NDVI และ EVI จะน้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่พบโรค จึงตั้งสมมติฐานได้ว่าผลผลิตต่อไร่จะต่ำ ทั้งนี้ GISTDA มีการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ เฉลี่ยรายเดือน เป็นรายพืช ระดับจังหวัด ตั้งแต่ปี 2543 ถึง ปี 2565

อนึ่งค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) เป็นการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด กับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ทำให้ NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งจะช่วยในการแปลผลได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ ค่า 0 หมายถึงไม่มีพืชพรรณใบเขียวอยู่ในพื้นที่สำรวจ ในขณะที่ค่า 0.8 หรือ 0.9 หมายถึงมีพวกพืชพรรณใบเขียวหนาแน่นมากในพื้นที่ดังกล่าว กรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อน ในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดสูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก ในขณะที่พื้นผิวเป็นดินจะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 0 (Rouse et al., 1974)

ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI) Huete, et al. (2002) ได้พัฒนาค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการตอบสนองของการสะท้อนพลังงานแสงจากดินและบรรยากาศ ซึ่งมีรายงานว่าค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ มีคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบมากกว่าค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบ NDVI (Matsushita, et al., 2007, Waring, et al., 2006)

3.3 การสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost

การศึกษาครั้งนี้จะสร้างแบบจำลองและพยากรณ์โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost ซึ่งวิธีนี้ไม่มีข้อจำกัดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ และความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ แต่ต้องแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 สำหรับการฝึกสอน (Training) เพื่อให้แบบจำลองเกิดกระบวนการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 80 ของข้อมูลทั้งหมด(ข้อมูลปี 2543-2561) และส่วนที่ 2 สำหรับการทดสอบ (Test) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง คิดเป็นร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด(ข้อมูลปี 2562-2565) แล้วใช้โปรแกรมภาษา R (R Programming) ในการสร้างแบบจำลองโดยกำหนดค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ (hyperparameter) ที่ใช้ในอัลกอริทึม XGBoost ซึ่งจะทำให้แบบจำลองมีความถูกต้อง (Accuracy) สูง หรือลดค่า Loss ให้มีค่าต่ำที่สุด พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ก่อนที่ Model จะทำการเรียนรู้ เช่น ค่า Learning Rate ที่ใช้ในการควบคุมว่าใน 1 ขั้นตอนของการเรียนรู้จะปรับค่า Weights หรือจำนวนต้นไม้อย่างไร เป็นต้น การเลือกชุด Hyperparameter ที่เหมาะสมถือว่ามีความสำคัญในแง่ของประสิทธิภาพและความแม่นยำของ Model แต่ไม่มีกฎใดๆ ที่กำหนดไว้ว่าจะกำหนดค่าเท่าใดจะเหมาะสมที่สุด หรือค่าเริ่มต้นที่ดีที่สุดคืออะไร จะต้องทำการทดลองเพื่อหาชุด Hyperparameter ที่เหมาะสมที่สุดเอง

สำหรับ โปรแกรมภาษา R ต้องกำหนด Hyperparameter ดังนี้

n round คือ The number of Boosting Round หรือจำนวนรอบของการ Run

Max_dept คือ ค่าความลึกของต้นไม้ (Decision Tree) แต่ละต้นยิ่งต้นไม้มีความลึกมากจะสามารถแยกข้อมูลได้ละเอียดมากขึ้น โดยความลึกของต้นไม้กำหนดค่าเริ่มต้นไว้เป็น3 และไม่ควรเกิน 5 (Gabriel Tseng, 2018) เมื่อค่าน้อยกว่าสาม (< 3) แสดงว่ามีปัญหากับข้อมูลที่ไม่เพียงพอ มีข้อโต้แย้งบางประการที่การปรับค่า Max_dept ที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม ทำให้ต้องใช้เวลามากและพยายามหาทศนิยมที่เหมาะสม ซึ่งต้องใช้ความพยายามมากกว่าประโยชน์ที่ได้รับ ยิ่งความลึกของต้นไม้มากเท่าไร ความน่าจะเป็นที่จะเกิด Overfitting ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น อีกทางเลือกหนึ่งคือพยายามปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์อื่นๆ ที่จะทำให้โมเดลมีความแข็งแกร่งมากขึ้น หรืออิทธิพลของค่าผิดปกติในข้อมูลจะลดลง นอกจากนี้ XGBoost ยังใช้หน่วยความจำสูงมาก เมื่อตั้งค่า Max_dept สูง

Learning rate หรือ eta เป็นตัวกำหนดอัตราการเรียนรู้ของตัวแบบและป้องกันการ Overfitting จากการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนด้วยการปรับค่าน้ำหนักของข้อมูลที่เรียนรู้มา ซึ่ง eta มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เป็นค่าที่บอกว่าควรปรับปรุง Parameter มากน้อยแค่ไหน โดยถ้ามากไป Model อาจจะไม่ Converge ถ้าน้อยไปอาจจะใช้เวลานานในการ Training

Gamma คือการควบคุมความซับซ้อน (γ) หรือตัวคูณ Lagrangian อาจเป็นไฮเปอร์พารามิเตอร์ XGBoost ที่ท้าทายผู้ปฏิบัติงานด้าน Machine Learning ส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ศูนย์ (0) ถึงอนันต์ เป็นตัวกำหนดการลด Loss Function ขั้นต่ำที่จะทำการแบ่ง Node ของ Decision tree หากการแบ่งนั้นมีการลด Loss ต่ำกว่าที่กำหนด ตัวแบบจะหยุดการแบ่ง Node และในทางปฏิบัติแล้ว ขีดจำกัดของ Gamma อยู่ที่ประมาณ 20 และหาค่าที่เหมาะสมยากมาก (Laurae, 2016)

Subsample เป็นค่าที่ XGBoost จะสุ่มตัวอย่างข้อมูลชุดฝึกสอนตามร้อยละที่กำหนดก่อนที่จะปลูกต้นไม้ เช่นกำหนดค่า 0.5 XGBoost จะสุ่มตัวอย่างข้อมูลการฝึกครึ่งหนึ่งของข้อมูลชุดฝึกสอนทั้งหมด

min_child_weight เป็นตัวกำหนดผลรวมน้ำหนักขั้นต่ำของการแบ่ง Node เมื่อผลรวมของน้ำหนักต่ำกว่าค่าที่กำหนด Node จะถูกยกเลิกและหยุดการแบ่ง Node

colsample_bytree คือ อัตราส่วนตัวอย่างย่อยของคอลัมน์หรือตัวแปรเมื่อสร้าง Decision tree การสุ่มตัวอย่างจะทำเพียงครั้งเดียวสำหรับทุก Decision tree จากนั้นตัวแบบจะดำเนินการตามคำสั่งต่อไปโดยทั่วไปกำหนดค่าระหว่าง 0.5-0.8 (Vishwajit sen, 2023)

จากการประมวลผลข้อมูลชุดฝึกสอน เมื่อกำหนด hyperparameter แบบทดลองไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้แบบจำลองและพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานที่เหมาะสมที่สุด โดยจะพิจารณาค่า RMSE หรือ MAE ที่ต่ำที่สุด หรือ R Square ที่ดีที่สุด

เมื่อได้แบบจำลองจากข้อมูลชุดฝึกสอนแล้ว จะนำแบบจำลองดังกล่าวมาพยากรณ์ข้อมูลจากชุดทดสอบ (ข้อมูลปี 2562-2565) แล้วพิจารณาค่า MAPE ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลสถิติที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างและการบูรณาการร่วมกับหน่วยงานอื่นเพื่อจัดทำเป็นข้อมูลเอกภาพ กับค่าพยากรณ์ที่ได้ รวมทั้งพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตต่อไร่เทียบกับปีที่แล้วว่าสอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นหรือไม่ด้วย

ทั้งนี้แบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นจาก XGBoost จะเป็นแบบจำลองที่ซับซ้อน และ**ไม่สามารถ**แสดงในรูปของสมการได้ง่าย ได้เหมือนกับการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์หรือสถิติอื่น ๆ เช่น Linear Regression เป็นต้น

3.4 การวิเคราะห์และปรับค่าพยากรณ์ของ สศก.

สศก. จัดทำผลพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังโรงงาน ในระดับจังหวัด โดยการสร้างแบบจำลองทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งแต่ละจังหวัดประกอบด้วยแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์เนื้อที่เก็บเกี่ยว และแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่ แล้วนำมาคำนวณผลผลิตจากเนื้อที่เก็บเกี่ยวคูณด้วยผลผลิตต่อไร่

เมื่อได้ค่าพยากรณ์จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้ว ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สศก. ต้องนำมาวิเคราะห์โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลภายนอกอื่นๆ ด้วยว่าสอดคล้องกันหรือไม่ โดยเฉพาะเรื่องของทิศทาง (Direction) ของการเปลี่ยนแปลงว่าในปีที่พยากรณ์นั้น สิ่งที่กำลังพยากรณ์อยู่มีทิศทางเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปีที่ผ่านมา ซึ่งในข้อนี้ผู้ทำการพยากรณ์จะต้องมีความรอบรู้ข้อมูล สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะภาวะการผลิตและการตลาดในปีที่ผ่านมา

ตลอดจนสภาพดินฟ้าอากาศช่วงฤดูการผลิตปัจจุบันด้วย ข้อมูลภายนอกจากที่กล่าวข้างต้น เช่น ข้อมูลจากการลงพื้นที่ติดตามสถานการณ์การผลิตและการตลาดด้วยการสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ประกอบการ ผู้รู้ และการสังเกตการเจริญเติบโตของพืชจากแปลงเกษตรกร ข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลจากทะเบียนเกษตรกร ข้อมูลการส่งออก เป็นต้น หลังจากการวิเคราะห์อาจมีการปรับค่าพยากรณ์จากแบบจำลองที่ได้ตามค่าพยากรณ์แบบช่วงที่ยอมรับได้

จากนั้น สศก. จะเสนอค่าพยากรณ์ต่อคณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลปริมาณการผลิตสินค้าเกษตร โดยมีปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นประธาน มีเลขาธิการ สศก. เป็นเลขานุการ และคณะกรรมการฯ ประกอบด้วยอธิบดีกรมต่าง ๆ ภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พิจารณาให้ความเห็นชอบผลพยากรณ์ก่อนเผยแพร่ โดย สศก. จัดทำผลพยากรณ์เป็นรายไตรมาส ซึ่งแต่ละไตรมาสคือผลพยากรณ์ผลผลิตที่ได้ทั้งปีเพาะปลูก

ในแต่ละไตรมาส อาจมีการปรับค่าพยากรณ์ เมื่อพบว่ามีสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปและมีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีของการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ดำเนินการพยากรณ์ครั้งแรกในเดือนมิถุนายน 2564 ซึ่งเป็นช่วงก่อนฤดูการเก็บเกี่ยว ข้อมูลที่ใช้พยากรณ์มีเพียงบางส่วน เช่นราคาช่วงก่อนเก็บเกี่ยวดี แต่ยังไม่แน่ว่าช่วงต่อไปราคาจะลดลงหรือไม่ การพยากรณ์ครั้งถัดไปคือ กันยายน ธันวาคม 2564 และมีนาคม 2565 ซึ่งจะได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น เป็นช่วงเวลาที่จะทราบผลกระทบจากนโยบายและได้ข้อมูลสถานการณ์การผลิตตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงใกล้เก็บเกี่ยวมากขึ้น ทำให้ต้องมีการทบทวนสถานการณ์ก่อนการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ

3.5 การเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างการใช้อัลกอริทึม XGBoost และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

นำค่าพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ผลการพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก.ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว มาเปรียบเทียบความแม่นยำโดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) หากแบบจำลองใดมีค่า MAPE น้อยที่สุด แสดงว่าแบบจำลองนั้นมีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่า

3.6 สภาพการผลิตมันสำปะหลังโรงงานในแหล่งผลิตที่สำคัญ

แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญของภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา และชัยภูมิ ส่วนภาคกลางมีแหล่งผลิตสำคัญ ได้แก่จังหวัดกาญจนบุรี

จังหวัดนครราชสีมา เป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในประเทศโดยปลูกมากที่อำเภอครบุรี ด่านขุดทด เสิงสาง หนองบุญมาก และสีคิ้วลักษณะภูมิประเทศของอำเภอครบุรี และเสิงสาง ส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา มีภูเขาสูง สลับซับซ้อนอยู่ทางใต้ของจังหวัด ส่วนอำเภอด่านขุดทด และสีคิ้ว พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาและที่ราบสูง สลับกับที่ราบลุ่มแม่น้ำ

จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า ปีเพาะปลูก 2564/65 จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่เพาะปลูก 1.48 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจาก 1.43 ล้านไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.01 เนื่องจากรัฐบาลมีโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 จึงจูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่ปลูกแทนอ้อยโรงงานที่ราคาตกต่ำอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เนื้อที่เก็บเกี่ยวมีแนวโน้มลดลงจาก 1.41 ล้านไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 1.32 ล้านไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 1.01 ผลผลิตลดลงจาก 5.33 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 4.64 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 2.39 ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลงจาก 3,768 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 3,509 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 1.40 เนื่องจากประสบภัยแล้ง และโรคใบด่างมันสำปะหลังในปีเพาะปลูก 2562/63 และผลกระทบจากพายุโกนเซินและพายุเตี้ยนหมู่ในเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2564 ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย รวมทั้งบางส่วนยังคงได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง สำหรับพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 72

เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ในจังหวัดนครราชสีมา มีการรวมกลุ่มกันหลายกลุ่มตามนโยบายของรัฐบาล เพื่อเพิ่มอำนาจการต่อรองราคากับพ่อค้าคนกลาง และมีการพัฒนาจากการขายหัวมันสด เป็นการขายมันเส้น ทำให้มีรายได้สูงขึ้น และยังได้รับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิต เช่นการใช้ระบบน้ำหยด ทำให้บางรายสามารถผลิตได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น ในจังหวัดนครราชสีมา เป็นที่ตั้งของโรงงานผลิตมันเส้นถึง 132 แห่ง และโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง 31 แห่ง ทำให้มีตลาดรองรับผลผลิตในจังหวัด

สำหรับปัญหาของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานในจังหวัดนครราชสีมา พบการระบาดของโรคใบด่าง ทำให้ลดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง ต้นจะชะงักการเจริญเติบโต หัวมันเล็กกว่าปกติ นอกจากนี้พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ ต้องรอน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติและไม่มีน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่งมาช่วย หากฝนไม่ตก ร่วมกับสภาพอากาศร้อนจัด ต้นพันธุ์ที่ปลูกไว้จะเปื่อย ทำให้ไม่งอก เพราะไม่มีน้ำมาหล่อเลี้ยง ดังนั้นปีที่สภาพอากาศแห้งแล้ง เกษตรกรอาจต้องปลูกหลายรอบและทำให้ขาดแคลนท่อนพันธุ์ได้

ตารางที่ 3.1 มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ จำแนกตามจังหวัด ปีเพาะปลูก (2561/62 - 2564/65)

จังหวัด/ ปีเพาะปลูก	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	
				ปลูก	เก็บ
นครราชสีมา					
2561/62	1,431,615	1,413,314	5,325,614	3,720	3,768
2562/63	1,524,187	1,398,488	4,628,006	3,036	3,309
2563/64	1,676,987	1,548,240	5,507,286	3,284	3,557
2564/65	1,481,929	1,321,026	4,636,085	3,128	3,509
ชัยภูมิ					
2561/62	629,570	605,111	2,169,264	3,446	3,585
2562/63	735,629	648,646	1,847,589	2,512	2,848
2563/64	894,588	731,837	2,533,502	2,832	3,462
2564/65	879,394	598,128	1,931,446	2,196	3,229
กำแพงเพชร					
2561/62	684,681	684,561	2,487,594	3,633	3,634
2562/63	713,159	706,739	2,250,642	3,156	3,185
2563/64	792,322	761,358	2,403,525	3,034	3,157
2564/65	767,634	724,697	2,390,160	3,114	3,298
กาญจนบุรี					
2561/62	480,879	479,644	1,665,352	3,463	3,472
2562/63	502,591	497,377	1,643,813	3,271	3,305
2563/64	561,216	558,026	1,901,962	3,389	3,408
2564/65	573,343	536,220	1,862,562	3,249	3,474

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

จังหวัดชัยภูมิ มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงานมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง พื้นที่ครึ่งหนึ่งของจังหวัดเป็นป่าไม้และภูเขา นอกจากนั้นเป็นที่ราบสูงแหล่งผลิตมันสำปะหลังโรงงาน ส่วนใหญ่อยู่ทางตอนล่างของจังหวัด ได้แก่ อำเภอเทพสถิต หนองบัวระเหว จัตุรัส ซับใหญ่ และบ้านเขว้า มีแหล่งน้ำ ได้แก่ แม่น้ำชี และแม่น้ำป่าสัก เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงานในช่วงต้นฝน บางรายที่สามารถให้น้ำได้จะเริ่มปลูกตั้งแต่เดือนมกราคม ส่วนพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนจะเริ่มปลูกตั้งแต่มีนาคมถึงพฤษภาคม ขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นของดิน ความพร้อมของท่อนพันธุ์และการเตรียมแปลง

จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า ปีเพาะปลูก 2564/65 จังหวัดชัยภูมิ มีเนื้อที่เพาะปลูก 879,394 ไร่ เพิ่มขึ้นจาก 629,570 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.73 เนื้อที่เก็บเกี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 605,111 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 731,837 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2563/64 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.97 เนื่องจากในช่วงปี 2562 - 2565 ราคาหัวมันสำปะหลังโรงงานที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับรัฐบาลมีโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโรงงานซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 จึงจูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูก ยกเว้นปีเพาะปลูก 2564/65 เนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลงเหลือ 598,128 ไร่ เนื่องจากได้รับความเสียหายจากอุทกภัย สำหรับผลผลิตและผลผลิตต่อไร่มีแนวโน้มลดลง โดยผลผลิตลดลงจาก 2.17 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 1.93 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 0.33 ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลงจาก 3,585 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 3,229 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 1.18 เนื่องจากประสบภัยแล้ง และโรคใบด่างมันสำปะหลังในปีเพาะปลูก 2562/63 และผลกระทบจากพายุโกนเซินและพายุเตี้ยนหมู่ในเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2564 ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย รวมทั้งบางส่วนยังคงได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง สำหรับพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 72

จังหวัดกำแพงเพชร เป็นจังหวัดแหล่งผลิตมันสำปะหลังโรงงานอันดับ 3 ของประเทศ พื้นที่ปลูกมากอยู่ในอำเภอขาณุวรลักษบุรี อำเภอเมืองกำแพงเพชร และอำเภอคลองลาน เป็นจังหวัดที่มีแม่น้ำปิงไหลผ่านตอนกลางเป็นระยะทางยาว และเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการระบบน้ำชลประทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้จังหวัดกำแพงเพชรมีศักยภาพทางด้านการผลิตสินค้าเกษตรสูง

จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปีเพาะปลูก 2564/65 จังหวัดกำแพงเพชร มีเนื้อที่เพาะปลูก 767,634 ไร่ เพิ่มขึ้นจาก 684,681 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.59 เนื้อที่เก็บเกี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 684,561 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 724,697 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.46 เนื่องจากในช่วงปี 2562 - 2565 ราคาหัวมันสำปะหลังโรงงานที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับรัฐบาลมีโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 จึงจูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูก

สำหรับผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ มีแนวโน้มลดลง โดยผลผลิตลดลงจาก 2.49 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 2.39 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 0.54 ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลงจาก 3,634 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 3,298 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือลดลงร้อยละ 2.95 เนื่องจากในปีเพาะปลูก 2562/63 ประสบภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง และปีเพาะปลูก 2563/64 ประสบภัยแล้งในช่วงเดือนมีนาคม ถึงพฤษภาคม 2563 และผลกระทบจากพายุโกนเซินและพายุเตี้ยนหมู่ในเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2564 ทำให้ ผลผลิตได้รับความเสียหาย โดยเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร นิยมปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 11และห้วยบง 80 เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งสูง เปอร์เซ็นต์ความงอก และความอยู่รอดสูงให้ผลผลิตต่อไร่สูง เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 8 - 12 เดือน ซึ่งให้เชื้อแป้งเฉลี่ย 25 – 30%

เกษตรกรส่วนใหญ่ในจังหวัด จะขายหัวมันสดที่ลานมันใกล้แปลงปลูก สำหรับลานมันเมื่อรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรแล้ว จะนำหัวมันสำปะหลังไปแปรรูปเป็นมันเส้นหรือนำไปส่งโรงงานแป้งมันสำปะหลังที่อยู่ภายในจังหวัดกำแพงเพชร นอกจากนี้ กำแพงเพชรยังเป็นแหล่งรวบรวมผลผลิตมันสำปะหลังจากจังหวัดต่างๆ ของภาคเหนือ เช่น จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี ตาก สุโขทัย และลำปาง เป็นต้น ในจังหวัดกำแพงเพชรมีโรงแป้ง 10 แห่ง บริษัทผู้ส่งออก 2 แห่ง ลานรับซื้อ 148 ลาน และโรงงานผลิตเอทานอล 2 แห่ง (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร, 2565)

จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงานมากเป็นอันดับ 4 ของประเทศ แหล่งผลิต ได้แก่อำเภอเลาขวัญ และอำเภอไทรโยค โดยที่อำเภอลาขวัญ มีสภาพพื้นที่เป็นที่ดอน บางส่วนเป็นที่ลาดเชิงเขา สภาพภูมิอากาศรอนและแหงแลงในฤดูรอน และมีฝนตกพอประมาณในฤดูฝน ส่วนอำเภอไทรโยค สภาพพื้นที่เป็นทิวเขาสลับกับที่ราบเชิงเขา มีแม่น้ำแควน้อยไหลผ่าน จากสภาพพื้นที่ทำให้อำเภอไทรโยคสามารถปลูกมันสำปะหลังโรงงานที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าอำเภอเลาขวัญ

จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า ปีเพาะปลูก 2564/65 จังหวัดกาญจนบุรี มีเนื้อที่เพาะปลูก 573,343 ไร่ เพิ่มขึ้นจาก 480,879 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.59 เนื้อที่เก็บเกี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 479,644 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 536,220 ไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.60 เนื่องจากในช่วงปี 2562 - 2565 ราคาหัวมันสำปะหลังโรงงานที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับรัฐบาลมีโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 2 จึงจูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูก สำหรับผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1.67 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 1.86 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.93 ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นจาก 3,472 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2561/62 เป็น 3,474 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2564/65 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.32 เนื่องจากในปีเพาะปลูก 2563/64 และ 2564/65 ปริมาณน้ำฝนเหมาะสม เกษตรกรสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ดีขึ้น โดยเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี นิยมปลูกมันสำปะหลังโรงงาน พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 72

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62-2564/65 (ปี2562-2565) สำหรับจังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญครอบคลุมทั้งสามภาค จำนวน 4 จังหวัดได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ กำแพงเพชร และกาญจนบุรี โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost และใช้ตัวแปรได้แก่ ราคาหัวมันสด ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้น 14.5% และราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา เฉลี่ยรายปีระดับจังหวัด ราคา FOB ของมันเส้นและแป้งมันเฉลี่ยรายปี ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ค่า NDVI และ ค่า EVI เฉลี่ยรายเดือนระดับจังหวัด รวมทั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดรายเดือนระดับจังหวัด จากการแบ่งข้อมูลตั้งแต่ปี 2543 – 2565 ออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลฝึกสอน (Training Dataset) ร้อยละ 80 ซึ่งอัลกอริทึม XGBoost ใช้ข้อมูล 19 ชุด (ปี 2543-2561) และข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset) ร้อยละ 20 ใช้ข้อมูล 4 ชุด (ปี 2562-2565) ผลการพยากรณ์ของแต่ละจังหวัดสรุปได้ดังนี้

1) จังหวัดนครราชสีมา

จากการที่อัลกอริทึม XGBoost ใช้ข้อมูลฝึกสอน 19 ชุด (ปี 2543-2561) ในการเรียนรู้และพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ของจังหวัดนครราชสีมา แล้วนำมาใช้ทดสอบการพยากรณ์กับชุดข้อมูลทดสอบ 4 ชุด (ปี 2562-2565) ได้ค่าสถิติที่สำคัญ ได้แก่ R^2 = 0.6510 RMSE = 229.57 MAE = 183.70 หรือแบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำร้อยละ 65.10 และเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของการพยากรณ์หรือค่า MAPE พบว่าค่าพยากรณ์ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2561/62 ถึง 2564/65 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 3.92

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัด นครราชสีมา ด้วยอัลกอริทึม XGBoost

Parameter	ขอบเขต	ค่าที่ดีที่สุด
eta	0 - ∞	0.2
max_depth	0 - ∞	3
gamma	0 - ∞	0.2
Min_child_weight	0 - ∞	2
Eval_metric	RMSE	RMSE
n_round	0 - ∞	600
Subsample	0 - 1	0.2
Colsample_bytree	0 - 1	0.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดนครราชสีมา ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก.

ปีเพาะปลูก	ข้อมูลสถิติเผยแพร่ (กก./ไร่)	ค่าพยากรณ์ XGBoost (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)	ค่าพยากรณ์ MRA (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)
2561/62	3,768	3,475	7.78	3,887	3.16
2562/63	3,309	3,409	3.02	3,475	5.02
2563/64	3,557	3,685	3.60	3,173	10.80
2564/65	3,509	3,464	1.28	3,310	5.67
		MAPE	**3.92**		**6.16**

การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างค่าพยากรณ์ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost และค่าพยากรณ์ของ สศก. ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) ซึ่งผ่านการวิเคราะห์แล้วในไตรมาสสุดท้ายของการพยากรณ์ ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตสูงสุด คือเดือนมีนาคม รวมทั้งเป็นช่วงที่ทราบผลกระทบของปัจจัยต่างๆ และมีข้อมูลประกอบการพยากรณ์มากกว่าไตรมาสอื่นๆ เช่น ปี 2564/65 มีผลกระทบจากอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2564 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูเก็บเกี่ยว การพยากรณ์ไตรมาสสุดท้าย คือเดือนมีนาคม 2565 จึงได้รับทราบผลกระทบของอุทกภัยแล้วพอสมควร

ผลการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ พบว่า ปีเพาะปลูก 2561/62 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความคลาดเคลื่อนสูง และสูงกว่าค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. แต่ในปีเพาะปลูกถัดมา คือปีเพาะปลูก 2562/63 - 2564/65 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากขึ้น และแม่นยำมากกว่าผลพยากรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วของ สศก. ด้วย รวมทั้งแนวโน้มของค่าพยากรณ์จาก XGBoost ก็ตรงตามสถานการณ์การผลิตในแต่ละปี ดังนี้

ปีเพาะปลูก 2562/63 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ทำให้หัวมันโตไม่เต็มที่ นอกจากนี้บางพื้นที่มีการปลูกซ่อมและรีบเก็บเกี่ยวก่อนครบอายุ ประกอบกับในแปลงที่พบการระบาดของโรคใบด่างและต้องทำลายทั้งแปลงเกษตรกรขุดหัวมันสำปะหลังโรงงานอายุ 5-6 เดือนมาขายก่อนทำลายต้นมันสำปะหลังโรงงาน

ปีเพาะปลูก 2563/64 ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย ปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ประกอบกับเกษตรกรสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ดี โดยใช้ท่อนพันธุ์สะอาดปลอดโรคจากภาครัฐ เกษตรกรบางส่วนที่เคยประสบปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลังเปลี่ยนไปปลูกพันธุ์

ที่ทนทานต่อโรค อีกทั้งการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้พฤติกรรมของเกษตรกรเปลี่ยนแปลงไป ใช้เวลาดูแลรักษามันสำปะหลังโรงงานมากขึ้น

ปีเพาะปลูก 2564/65 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม 2564 จากอิทธิพลของพายุเตี้ยนหมู่ ทำให้หัวมันสำปะหลังโรงงานบางพื้นที่เสียหายสิ้นเชิง ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ และความชื้นในดินสูง ส่งผลให้หัวมันสำปะหลังโรงงานในพื้นที่ลุ่มต่ำเน่าเสียหาย ประกอบกับบางพื้นที่มีการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้การลงหัว และสะสมอาหารไม่ดีเท่าที่ควร

สำหรับผลพยากรณ์ในปีเพาะปลูก 2561/62 มีความคลาดเคลื่อนสูงอาจเนื่องมาจาก ผลกระทบของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งเริ่มมีการระบาดในเดือนสิงหาคม 2561 ดังนั้นจึงไม่เคยปรากฏในข้อมูลชุดฝึกสอนมาก่อน (ข้อมูลปี 2543-2561) ส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถทำนายข้อมูลที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อนได้ แต่ในปีถัดมาผลพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนต่ำลง เพราะสามารถเรียนรู้ผลกระทบทั้งจากภัยแล้ง และอุทกภัย แม้ว่าจะผลผลิตเสียหายเพราะโรคใบด่างบ้าง แต่มีผลกระทบน้อยกว่า ทั้งนี้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูงอาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น จำนวนชุดข้อมูลฝึกสอนสำหรับการเรียนรู้มีน้อยเกินไป การปรับค่า Hyperparameter ยังไม่ดีพอ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามค่าพยากรณ์ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost ก็สามารถพยากรณ์ทิศทางการลดลงของผลผลิตต่อไร่ได้ และค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 5 ในขณะที่การพยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า ด้วยข้อจำกัดของวิธี MRA คือหากเป็นปีใดมีค่าผลผลิตต่อไร่ลดลงผิดปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงจะสูง เนื่องจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณจะให้น้ำหนักของค่าสังเกตที่ผิดปกติเท่ากับค่าสังเกตที่เป็นข้อมูลส่วนใหญ่ เส้นสมการถดถอยที่ได้จะถูกปรับทิศทางไปตามข้อมูลที่ผิดปกติ ส่งผลให้ความแปรปรวนของมีค่าสูงขึ้น จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้มีค่าไม่เหมาะสม

2) จังหวัดชัยภูมิ

จากการที่อัลกอริทึม XGBoost ใช้ข้อมูลฝึกสอน 19 ชุด (ปี 2543-2561) ในการเรียนรู้และพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานของจังหวัดชัยภูมิ แล้วนำมาใช้ทดสอบการพยากรณ์กับชุดข้อมูลทดสอบ 4 ชุด (ปี 2562-2565) ได้ค่าสถิติที่สำคัญ ได้แก่ R^2 = 0.7393 RMSE = 173.83 MAE = 155.55 หรือแบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำร้อยละ 73.93 และเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของการพยากรณ์หรือค่า MAPE พบว่าค่าพยากรณ์ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2561/63 ถึง 2564/65 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 4.62

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดชัยภูมิ ด้วยอัลกอริทึม XGBoost

Parameter	ขอบเขต	ค่าที่ดีที่สุด
eta	0 - ∞	0.4
max_depth	0 - ∞	3
gamma	0 - ∞	0.4
Min_child_weight	0 - ∞	3
Eval_metric	RMSE	RMSE
n_round	0 - ∞	200
Subsample	0 - 1	0.4
Colsample_bytree	0 - 1	0.3

ตารางที่ 4.4 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดชัยภูมิด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก.

ปีเพาะปลูก	ข้อมูลสถิติเผยแพร่ (กก./ไร่)	ค่าพยากรณ์ XGBoost (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)	ค่าพยากรณ์ MRA (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)
2561/62	3,585	3,379	5.75	3,529	1.56
2562/63	2,848	3,172	11.38	3,253	14.22
2563/64	3,462	3,488	0.75	3,205	7.42
2564/65	3,229	3,248	0.59	3,190	1.21
		MAPE	**4.62**		**6.10**

จากการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost และค่าพยากรณ์ของ สศก. ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) ซึ่งผ่านการวิเคราะห์แล้ว ในไตรมาสสุดท้ายของการพยากรณ์พบว่า ปีเพาะปลูก 2561/62 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความคลาดเคลื่อนสูง และสูงกว่าค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. แต่ในปีเพาะปลูกถัดมา คือปีเพาะปลูก 2562/63 - 2564/65 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากขึ้น และแม่นยำมากกว่าผลพยากรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วของ สศก. ด้วย รวมทั้งแนวโน้มของค่าพยากรณ์จาก XGBoost ตรงตามสถานการณ์การผลิตในแต่ละปี ดังนี้

ปีเพาะปลูก 2562/63 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบภาวะภัยแล้งฝนทิ้งช่วง และโรคใบด่างมันสำปะหลัง

ปีเพาะปลูก 2563/64 ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ประกอบกับเกษตรกรสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ดี โดยใช้ท่อนพันธุ์สะอาดปลอดโรคจากภาครัฐเกษตรกรบางส่วนที่เคยประสบปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลังเปลี่ยนไปปลูกพันธุ์ที่ทนทานต่อโรค

ปีเพาะปลูก 2564/65 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม 2564 จากอิทธิพลของพายุเตี้ยนหมู่ ทำให้หัวมันสำปะหลังโรงงานบางพื้นที่เสียหายสิ้นเชิง ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ และความชื้นในดินสูง ส่งผลให้หัวมันสำปะหลังโรงงานในพื้นที่ลุ่มต่ำเน่าเสียหาย ประกอบกับบางพื้นที่มีการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้การลงหัว และสะสมอาหารไม่ดีเท่าที่ควร

สำหรับผลพยากรณ์ในปีเพาะปลูก 2561/62 มีความคลาดเคลื่อนสูงอาจเนื่องมาจากเป็นปีที่เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนพันธุ์ที่นำมาปลูก เพราะมีโรงแป้งส่งเสริมให้ปลูกพันธุ์แขกดำซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้นำข้อมูลเรื่องพันธุ์มาใส่ในแบบจำลอง ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนำมาปลูกมีความหลากหลาย หากจะนำข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวกับพันธุ์มันสำปะหลังโรงงานใส่เข้าไปในแบบจำลอง ทำได้เพียงเพิ่มข้อมูล Dummy Variable หรืออาจสร้างแบบจำลองจำแนกตามพันธุ์ แต่ข้อมูลปัจจัยจำแนกตามพันธุ์ เช่น ข้อมูล NDVI ยังไม่มีหน่วยงานจัดทำ นอกจากนี้หลายสาเหตุที่ทำให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูง เช่น จำนวนชุดข้อมูลฝึกสอนสำหรับการเรียนรู้มีน้อยเกินไป หรือการปรับค่า Hyperparameter ยังไม่ดีพอ เป็นต้น

3) จังหวัดกำแพงเพชร

จากการที่อัลกอริทึม XGBoost ใช้ข้อมูลฝึกสอน 19 ชุด (ปี 2543-2561) ในการเรียนรู้และพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานของจังหวัดกำแพงเพชร แล้วนำมาใช้ทดสอบการพยากรณ์กับชุดข้อมูลทดสอบ 4 ชุด (ปี 2562-2565) ได้ค่าสถิติที่สำคัญ ได้แก่ R^2 = 0.7866 RMSE = 307.09 MAE = 281.23 หรือแบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำร้อยละ 78.66 และเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของการพยากรณ์หรือค่า MAPE พบว่าค่าพยากรณ์ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2562/63 ถึง 2564/65 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 4.21

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost

Parameter	ขอบเขต	ค่าที่ดีที่สุด
eta	0 - ∞	0.3
max_depth	0 - ∞	4
gamma	0 - ∞	0.2
Min_child_weight	0 - ∞	1
Eval_metric	RMSE	RMSE
n_round	0 - ∞	250
Subsample	0 - 1	0.1
Colsample_bytree	0 - 1	0.1

ตารางที่ 4.6 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดกำแพงเพชร ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก.

ปีเพาะปลูก	ข้อมูลสถิติเผยแพร่ (กก./ไร่)	ค่าพยากรณ์ XGBoost (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)	ค่าพยากรณ์ MRA (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)
2561/62	3,634	3,494	3.85	3,726	2.53
2562/63	3,185	3,366	5.68	3,446	8.19
2563/64	3,157	3,212	1.74	3,340	5.80
2564/65	3,298	3,481	5.55	3,494	5.94
		MAPE	**4.21**		**5.62**

จากการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost และค่าพยากรณ์ของ สศก. ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) ซึ่งผ่านการวิเคราะห์แล้ว ในไตรมาสสุดท้ายของการพยากรณ์ พบว่า ปีเพาะปลูก 2561/62 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความคลาดเคลื่อนสูง และสูงกว่าค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. แต่ในปีเพาะปลูกถัดมา คือปีเพาะปลูก 2562/63 - 2564/65 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากขึ้น และแม่นยำมากกว่าผลพยากรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วของ สศก. ด้วย รวมทั้งแนวโน้มของค่าพยากรณ์จาก XGBoost ตรงตามสถานการณ์การผลิตในแต่ละปี ดังนี้

ปีเพาะปลูก 2562/63 ผลผลิตต่อไร่ลดลงเนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้มันสำปะหลังโรงงานชะงักการเจริญเติบโต หัวมันโตไม่เต็มที่ส่วนมันสำปะหลังโรงงานในแปลงที่ปลูกซ่อมและปลูกใหม่ไม่ครบอายุการเก็บเกี่ยว

ปีเพาะปลูก 2563/64 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้งเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานและอยู่ในระยะการเจริญเติบโตช่วง 1-2 เดือนแรก ส่งผลให้การเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ประกอบกับผลกระทบจากพายุโกนเซินและพายุเตี้ยนหมู่ในเดือนกันยายน ถึงตุลาคม 2564 ทำให้ฝนตกหนักและน้ำท่วมขังบางพื้นที่ เกษตรกรจึงรีบเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ยังไม่ครบอายุการเก็บเกี่ยวก่อนได้รับความเสียหาย

ปีเพาะปลูก 2564/65 ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย ปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประกอบกับเกษตรกรบางส่วนที่เคยประสบปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลังเปลี่ยนไปปลูกพันธุ์ที่ทนทานต่อโรค และสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรคได้ดี แม้ว่าบางพื้นที่ประสบอุทกภัยจากอิทธิพลของพายุเตี้ยนหมู่ ส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงานในพื้นที่ลุ่มต่ำ เร่งเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ยังไม่ครบอายุก่อนได้รับความเสียหาย แต่เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย อีกทั้งบางพื้นที่เกษตรกรเพิ่มอายุการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโรงงานเพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

สำหรับผลพยากรณ์ในปีเพาะปลูก 2561/62 มีความคลาดเคลื่อนสูงอาจเนื่องมาจาก เป็นปีที่เกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานมาเป็นมันสำปะหลังโรงงาน เพราะราคาอ้อยโรงงานมีแนวโน้มลดลง โดยราคาขั้นสุดท้ายลดลงจาก 1,083.86 บาทต่อตันอ้อยในปีเพาะปลูก 2559/60 เป็น 790.62 บาทต่อตันอ้อยในปีเพาะปลูก 2560/61 และ 680.77 บาทต่อตันอ้อยในปีเพาะปลูก 2561/62 ซึ่งผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังโรงงานที่ปลูกในพื้นที่ที่เคยปลูกอ้อยโรงงานจะสูงกว่าที่ปลูกในพื้นที่เดิม เพราะเป็นที่ลุ่ม มีน้ำเพียงพอ มีปุ๋ยบำรุงต้นอ้อยตกค้างอยู่ในดิน ซึ่งเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยบำรุงต้นอ้อยโรงงานมากกว่ามันสำปะหลังโรงงาน ดังนั้นสภาพดินจึงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตต่อไร่ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เพียงข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และค่า NDVI EVI ที่จะสะท้อนความสมบูรณ์ของต้น แต่ไม่ได้ใส่ตัวแปรเกี่ยวกับสภาพดินโดยตรง และเช่นเดียวกับจังหวัดนครราชสีมา และชัยภูมิ ความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์อาจเนื่องมาจากสาเหตุอื่นด้วย เช่น จำนวนชุดข้อมูลฝึกสอนสำหรับการเรียนรู้มีน้อยเกินไป หรือการปรับค่า Hyperparameter ยังไม่ดีพอ เป็นต้น

4) จังหวัดกาญจนบุรี

จากการที่อัลกอริทึม XGBoost ใช้ข้อมูลฝึกสอน 19 ชุด (ปี 2543-2561) ในการเรียนรู้และพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานของจังหวัดกาญจนบุรี แล้วนำมาใช้ทดสอบการพยากรณ์กับชุดข้อมูลทดสอบ 4 ชุด (ปี 2562-2565) ได้ค่าสถิติที่สำคัญ ได้แก่ R^2 = 0.6870 RMSE = 250.56 MAE = 222.13 หรือแบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำร้อยละ 68.70 และเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของการพยากรณ์หรือค่า MAPE พบว่าค่าพยากรณ์ตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2562/63 ถึง 2564/65 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 1.66

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า Parameter ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2564/65 ของจังหวัดกาญจนบุรี ด้วยอัลกอริทึม XGBoost

Parameter	ขอบเขต	ค่าที่ดีที่สุด
eta	0 - ∞	0.3
max_depth	0 - ∞	2
gamma	0 - ∞	0.1
Min_child_weight	0 - ∞	1
Eval_metric	RMSE	RMSE
n_round	0 - ∞	50
Subsample	0 - 1	0.2
Colsample_bytree	0 – 1	0.3

ตารางที่ 4.8 แสดงผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ของจังหวัดกาญจนบุรี ด้วยอัลกอริทึม XGBoost เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้าย ของ สศก.

ปีเพาะปลูก	ข้อมูลสถิติเผยแพร่ (กก./ไร่)	ค่าพยากรณ์ XGBoost (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)	ค่าพยากรณ์ MRA (กก./ไร่)	APE (ร้อยละ)
2561/62	3,472	3,419	1.53	3,396	2.19
2562/63	3,305	3,187	3.57	3,445	4.24
2563/64	3,408	3,409	0.03	3,414	0.18
2664/65	3,474	3,422	1.50	3,571	2.79
		MAPE	**1.66**		**2.35**

จากการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ที่ได้จากอัลกอริทึม XGBoost และค่าพยากรณ์ของ สศก. ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) ซึ่งผ่านการวิเคราะห์แล้ว ในไตรมาสสุดท้ายของการพยากรณ์พบว่า ปีเพาะปลูกถัดมา คือปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 ค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากกว่าผลพยากรณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วของ สศก. รวมทั้งแนวโน้มของค่าพยากรณ์จาก XGBoost ก็ตรงตามสถานการณ์การผลิตในแต่ละปี ดังนี้

ปีเพาะปลูก 2562/63 ผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้มันสำปะหลังโรงงานชะงักการเจริญเติบโต หัวมันโตไม่เต็มที่

ปีเพาะปลูก 2563/64ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย ปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

ปีเพาะปลูก 2564/65 ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย ปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แม้ว่าบางพื้นที่มีฝนตกชุกทำให้ความชื้นในดินสูง ส่งผลให้หัวมันสำปะหลังโรงงานเน่าเสียหายในพื้นที่ลุ่มต่ำ แต่เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอน ประกอบกับเกษตรกรส่วนใหญ่สามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ดี

ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ตั้งแต่ปี 2561-2565 ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากจังหวัดกาญจนบุรี มีการบริหารจัดการท่อนพันธุ์สะอาดที่ดี และอำเภอเลาขวัญเป็นแหล่งผลิตท่อนพันธุ์ ทำให้ปัญหาเรื่องโรคใบด่างในพื้นที่มีน้อย ค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis จึงค่อนข้างแม่นยำด้วย

ภาพรวมผลพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ของทั้ง 4 จังหวัดสำคัญข้างต้น ด้วยวิธี Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม XGBoost จากข้อมูลฝึกสอน (Training Dataset) 19 ชุด (ปี 2543-2561) ได้แบบจำลองที่มีค่า R Square อยู่ระหว่าง 0.65 – 0.78 ซึ่งไม่สูงมากนัก อาจเกิดจากข้อมูลไม่เพียงพอในการอธิบายความแปรปรวนของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ส่วนค่า RMSE อยู่ระหว่าง 173.83 - 307.09 และค่า MAE อยู่ระหว่าง 155.55 - 281.23 ซึ่งค่า RMSE และ MAE ของแต่ละจังหวัดไม่แตกต่างกันมากนัก จากแบบจำลองที่ได้นำมาใช้พยากรณ์กับข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset) 4 ชุด (ปี 2562-2565) ค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าร้อยละ 5 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในเชิงสถิติ รวมทั้งค่าพยากรณ์ยังมีทิศทางการเพิ่มขึ้นหรือลดลงสอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตในแต่ละพื้นที่ด้วย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า R Square RMSE MAE ของผลพยากรณ์ที่ได้ด้วยวิธี XGBoost และเปรียบเทียบค่า MAPE ระหว่างวิธี XGBoost และ MRA ของ สศก. ในไตรมาสสุดท้าย จำแนกตามจังหวัด

จังหวัด	จากข้อมูล ปี 2543-2561 XGBoost			จากข้อมูล ปี 2562-2565	
				XGBoost	MRA (สศก.)
	R Square	RMSE	MAE	MAPE	MAPE
นครราชสีมา	0.6510	229.57	183.70	3.92	6.16
ชัยภูมิ	0.7393	173.83	155.55	4.62	6.21
กำแพงเพชร	0.7866	307.09	281.23	4.21	5.62
กาญจนบุรี	0.6870	250.56	222.13	1.66	2.35

อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนชุดข้อมูลที่จำเป็นต้องรวบรวมมาจากหน่วยงานอื่น มีจำนวนน้อย และมีข้อจำกัดเรื่องข้อมูลปัจจัยอื่นที่ควรเพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง เช่น พันธุ์ที่เกษตรกรนำมาปลูก สภาพดิน เป็นต้น ซึ่งจะมีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลอง รวมทั้งข้อมูลบางรายการ ยังไม่มีข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในช่วงที่ต้องดำเนินการพยากรณ์ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ต้องอาศัยข้อมูลจากการพยากรณ์ล่วงหน้าของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ซึ่งการพยากรณ์สภาพอากาศเป็นเรื่องยาก และความแม่นยำของการพยากรณ์สภาพอากาศจะมีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ผลผลิตหรือผลผลิตต่อไร่ของสินค้าเกษตรด้วย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาวิธีการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ กำแพงเพชร และกาญจนบุรี ปีเพาะปลูก 2561/62 - 2564/65 (ปี 2562 - 2565) ด้วยเทคนิค Machine Learning โดยใช้อัลกอริทึม Extreme Gradient Boosting (XGBoost) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2565 ได้แก่ข้อมูลสถิติผลผลิตต่อไร่รายปีระดับจังหวัด ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุดรายเดือนระดับจังหวัด ข้อมูลราคาหัวมันสด ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นารายเดือนระดับจังหวัด ข้อมูลราคา FOB ของมันเส้น และแป้งมันเฉลี่ยรายปี และตัวแปร Dummy เกี่ยวกับโรคและแมลงระบาด ดำเนินการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลชุดฝึกสอน (Training dataset) ร้อยละ 80 (ข้อมูลปี 2543-2561) และ ข้อมูลชุดทดสอบ (Testing dataset) ร้อยละ 20 (ข้อมูลปี 2562-2565) เมื่อได้ค่าพยากรณ์จากอัลกอริทึม XGBoost แล้วตรวจสอบความแม่นยำของค่าพยากรณ์กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยตัวอย่างของ สศก. และเป็นข้อมูลสถิติเผยแพร่ ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) รวมทั้งนำค่า MAPE ของ XGBoost เปรียบเทียบกับค่า MAPE ของค่าพยากรณ์ไตรมาสสุดท้ายของ สศก. ที่พยากรณ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis (MRA) และเป็นค่าที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว พบว่า

ค่าพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ กำแพงเพชรและกาญจนบุรี ปีเพาะปลูก 2562/63 ถึงปีเพาะปลูก 2564/65 ที่ได้จากอัลกอลิทึม XGBoost มีค่า MAPE หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 3.92 4.62 4.21 และ 1.66 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่า MAPE ที่ได้จากวิธี Multiple Regression Analysis ของ สศก. ในไตรมาสสุดท้าย ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว แสดงว่าค่าพยากรณ์จาก XGBoost มีความแม่นยำมากกว่า โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าร้อยละ 5 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในเชิงสถิติ รวมทั้งค่าพยากรณ์ยังมีทิศทางการเพิ่มขึ้นหรือลดลง สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตในแต่ละพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้ XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานในปีที่ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าปีอื่นมากๆ ได้อย่างแม่นยำมากกว่าวิธี Multiple Regression Analysis เช่นในปีเพาะปลูก 2562/63 และ 2564/65

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยเทคนิค Machine Learning อัลกอริทึม XGBoost โดยใช้ชุดข้อมูลดังกล่าวข้างต้น แม้ว่าการปรับค่า Hyperparameter จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองให้ดีขึ้นได้ แต่ค่า R Square ที่ได้จาก XGBoost ของทั้งสี่จังหวัดมีค่าไม่สูงมาก คืออยู่ระหว่าง 0.65 – 0.78 อาจเกิดจากข้อมูลไม่เพียงพอในการอธิบายความแปรปรวนของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทดลองใช้อัลกอริทึม XGBoost สำหรับการพยากรณ์เนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโรงงานด้วย เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ผลผลิตที่เกิดจากผลคูณระหว่างเนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตต่อไร่ โดยต้องมีการคัดเลือกข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อที่เก็บเกี่ยว จะทำให้ค่าพยากรณ์ที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้น รวมทั้งศึกษาและทดลองใช้อัลกอริทึมอื่น ๆ สำหรับการพยากรณ์ทั้งเนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตต่อไร่ ซึ่ง Machine Learning มีหลากหลายอัลกอริทึมให้เลือกใช้ เช่น Artificial Neural Networks, K Nearest Neighbor, Support Vector Machine, Recurrent Neural Network (RNN) เป็นต้น

5.2.2 ควรทดลองใช้โปรแกรม Python ซึ่งเป็นอีกเครื่องมือด้าน Data Science ที่ยอดนิยมมากที่สุด ถ้าในการสร้างแบบจำลองต้องมีการปรับค่าตัวแปรต่างๆ มาก โปรแกรมภาษา R ก็อาจจะยังทำไม่ได้ดีนัก แต่โปรแกรม Python มีแพคเกจ (Package) สำหรับ Machine Learning ได้แก่ Tensorflow, Pytorch และ Theano ที่สามารถใช้งานได้เสถียรและมีประสิทธิภาพมากกว่า

5.2.3 ในการพัฒนาต่อไป ควรใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูล Big Data ที่ สศก. กำลังดำเนินการ จะทำให้สามารถเพิ่มข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงานจากหน่วยงานอื่นๆ ทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลคุณภาพ ข้อมูลภูมิสารสนเทศ เช่น ราคาปัจจัยการผลิต (ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ท่อนพันธุ์ ฯลฯ) โอกาสการเกิดการระบาดของโรคใบด่างหรือเพลี้ยแป้ง ความเข้มของแสงแดด ข้อมูลชุดดิน สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่แล้งซ้ำซาก นโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลภาพถ่ายแปลงมันสำปะหลังโรงงานของเกษตรกร เป็นต้น รวมถึงประโยชน์จากฐานข้อมูล Big Data อาจสามารถขยายการพยากรณ์รายการอื่น หรือมีรายละเอียดมากขึ้น เช่น การพยากรณ์ผลผลิตในระดับอำเภอ การพยากรณ์ราคาหรือความต้องการสินค้าเกษตร เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริหารและผู้ใช้ข้อมูลได้ตรงตามความต้องการและหลากหลายมากขึ้น

5.2.4 ควรเพิ่มการประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้ข้อมูลได้รับทราบถึงการพัฒนาวิธีการพยากรณ์ด้วย Machine Learning ของ สศก. ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและการยอมรับของค่าพยากรณ์ต่อไป

5.2.5 ควรส่งเสริมให้มีการถ่ายทอดความรู้หรือจัดทำคู่มือในการเขียนโปรแกรมภาษา R และการปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับอัลกอริทึมที่ใช้ในการพยากรณ์ สำหรับบุคลากรของ สศก. ที่เกี่ยวข้องให้สามารถจัดทำแบบจำลอง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.6 ควรส่งเสริมบุคลากรของ สศก. ให้ได้มีการพัฒนาความรู้ด้าน Data Science และ Data Analysis รวมทั้งการเขียน Coding โปรแกรมภาษา R หรือโปรแกรม Python ที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์มากขึ้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. (2562). *ข้อมูลพันธุ์พืชรับรอง พันธุ์พืชแนะนำ และสิ่งประดิษฐ์* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://www.doa.go.th/cv/view.php?id=183.

ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์. (2562). *การทำ Regularization แบบสมัยใหม่ ด้วยเทคนิค Augmentation, Batch Normalization และ Dropout.* ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://blog.pjjop.org/modern-regularization-with-data-augmentation-batch-normalization-and-dropout/.

ณัฐรัฐ อังศุธรารักษ์. (2563). *สถิติ กับ Machine Learning ความเหมือนที่แตกต่าง* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 มิถุนายน 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://sasinconsulting.com/wp-content/uploads /2020/02/สถิติ-กับ-Machine-Learning-ความเหมือนที่แตกต่าง_by-Nattarat-Angsutrarux.pdf.

เบญจมาศ ปัญญางาม. (2560). *โครงสร้างข้อมูล* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 8 กรกฎาคม 2566 เข้าถึงได้จาก เว็บไซต์ https://www2.cs.science.cmu.ac.th/courses/204251/lib/exe/fetch.php?media =tree.pdf.

ปรีชา ลิ้มตระกูล วิภา เจริญภัณฑารักษ์และวิทยา พรพัชรพงศ์**.** (2559). *การพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จาก เว็บไซต์ https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/ VESTSU/ article/view/63634.

วลัยพร ศะศิประภานรีลักษณ์ วรรณสายสุภาพร ราจันทึก และณิชา โป่ทอง.(2555). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับผลผลิตมันสำปะหลังโรงงานในจังหวัดกำแพงเพชร* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 11 มกราคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://www.thaiscience.info/ Journals/Article/TARJ/10984422.pdf.

ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์ขนิษฐา กุลนาวินและวันเพ็ญ โพธิ์เกษม. (2560). *การออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 9 ธันวาคม 2565 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://tarr.arda.or.th/preview/ item/EBQ4pm9g3O9tLrQEBGIoG?keyword=.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร. (2565). *ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายสินค้ามันสำปะหลังจังหวัดกำแพงเพชรปีงบประมาณ พ.ศ. 2565* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จาก เว็บไซต์https://www.opsmoac.go.th/kamphaengphet-performance-files-441591791809 .

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2558). *มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50* [ออนไลน์]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=18089.

Boonstra, P.S., Mukherjee, B. and Taylar, J.M. (2015). *A small-sample choice of the tuning parameter in ridge regression*. Stat. Sin. 25: 1185-1206.

Chaiyaphop Jamjumrat. (2022). *รู้จักกับ Decision Tree มันคือต้นไม้อะไร ทำงานอย่างไร?*. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 8 กรกฎาคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://www.borntodev.com/2022/09/15/รู้จักกับ-decision-tree.

Gabriel Tseng. (2018). *Gradient Boosting and XGBoost*. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 5 กรกฎาคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์https://medium.com/ @gabrieltseng/gradient-boosting-and-xgboost-c306c1bcfaf5.

Hoerl, A.E. and Kennard, R.W.(1970). *Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems.* J. Am. Stat. Assoc. 12: 55-67.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and Ferreira, L. G. (2002*). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices*. Remote Sens. Environ., 83(1), 195-213.

Laurae. (2016). *xgboost: "Hi I'm Gamma. What can I do for you?" — and the tuning of regularization.* [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 16 ตุลาคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://medium.com/data-design/xgboost-hi-im-gamma-what-can-i-do-for-you-and-the-tuning-of-regularization-a42ea17e6ab6.

Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., and Qiu, G. (2007). *Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest.* Sensors, 7(11), 2636- 2651.

Morde, V. (2019). *XGBoost Algorithm: Long May She Reign!.* [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 ธันวาคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://towardsdatascience.com/https-medium-com- vishalmorde-xgboostalgorithm-long-she-may-rein-edd9f99be63dใ

Rouse Jr, J., Haas, R. H., Schell, J. A, and Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. NASA special publication, 351, 309.

Rui Guo, Zhiqian Zhao, Tao Wang, Guangheng Liu, Jingyi Zhao and Dianrong Gao. (2020). *Degradation State Recognition of Piston Pump Based on ICEEMDAN and XGBoost.* [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 กรกฎาคม 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์https://www.researchgate.net/publication/345327934_Degradation_state_recognition_of_piston_pump_based_on_ICEEMDAN_and_XGBoost.

Tianqi Chen and Carlos Guestrin. (2016). *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System*. University of Washington tqchen@cs.washington.edu.

Tibshirani, R., (1996). *Regression shrinkage and selection via the lasso, J*. Royal Stat. Soc.B.58: 267-288.

Vishwajit sen. (2023). *Gradient Boosting and XGBoost explained in detail*. [online]. สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 กันยายน 2566 เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ https://www.linkedin.com/pulse/gradient-boosting-xgboost-explained-detail-vishwajit-sen.

Waring, R. H., Coops, N. C., Fan, W., & Nightingale, J. M. (2006). *MODIS enhanced vegetation index predicts tree species richness across forested ecoregions in the contiguous USA.* Remote Sens. Environ., 103(2), 218-226.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ตารางภาคผนวกที่ 1 จังหวัดนครราชสีมา: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้น และแป้งมัน ปี 2543-2565

ปีเพาะปลูก	ปี	ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว (กก./ไร่)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาสูงสุด (บาท/กก.)	ราคาต่ำสุด (บาท/กก.)	ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (บาท/กก.)	ราคาอ้อยโรงงาน (บาท/กก.)	ราคา FOB มันเส้น (บาท/กก.)	ราคา FOB แป้งมัน (บาท/กก.)
2542/43	2543	2,664	0.81	0.57	0.67	3.92	0.45	2.25	6.34
2543/44	2544	2,998	1.12	0.60	0.71	4.00	0.57	2.62	7.73
2544/45	2545	2,885	1.30	1.02	1.02	4.27	0.47	2.20	5.74
2545/46	2546	3,062	1.09	0.80	0.95	4.58	0.47	2.23	5.56
2546/47	2547	3,228	1.05	0.76	0.88	4.61	0.39	2.72	6.38
2547/48	2548	2,663	1.58	0.95	1.17	4.80	0.59	3.92	8.82
2548/49	2549	3,418	1.49	0.90	1.49	5.19	0.71	3.74	7.60
2549/50	2550	3,739	1.69	0.88	1.24	7.20	0.71	4.42	9.88
2550/51	2551	3,321	2.27	1.63	1.84	7.66	0.71	5.25	10.78
2551/52	2552	3,594	1.48	1.17	1.30	6.33	0.86	4.27	8.79
2552/53	2553	2,872	2.84	1.20	1.94	8.17	0.95	6.36	15.47
2553/54	2554	3,054	2.86	2.02	2.84	8.65	1.01	8.40	15.59
2554/55	2555	3,842	2.61	1.78	2.61	9.90	1.05	8.06	15.07
2555/56	2556	3,650	2.44	2.09	2.09	8.20	0.96	7.89	15.61
2556/57	2557	3,761	2.27	1.90	2.09	7.38	0.91	7.84	14.77
2557/58	2558	3,823	2.34	2.02	2.26	9.11	0.95	8.06	15.98
2558/59	2559	3,659	1.92	1.13	1.80	8.87	0.74	7.10	14.11
2559/60	2560	3,704	1.52	1.10	1.40	6.46	0.95	6.47	13.05
2560/61	2561	3,770	2.43	1.53	1.93	7.97	0.71	9.59	20.68
2561/62	2562	3,768	2.49	1.75	2.34	8.39	0.67	9.63	19.48
2562/63	2563	3,309	1.84	1.51	1.84	8.21	0.69	9.56	12.97
2563/64	2564	3,557	1.84	1.51	1.84	8.79	0.96	8.20	15.60
2564/65	2565	3,509	2.64	2.15	2.16	11.09	0.96	9.37	17.40

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางภาคผนวกที่ 2 จังหวัดนครราชสีมา: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย รายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	13.48	29.10	14.56	191.56	192.64	201.38	132.12	312.93	204.13	157.36	10.58	0.03
2544	7.93	5.01	85.90	39.99	181.72	126.05	97.79	160.44	154.88	125.57	16.11	0.60
2545	2.14	15.22	54.48	61.60	150.16	104.58	98.06	222.27	303.69	92.57	31.63	27.91
2546	0.00	30.31	91.37	49.51	105.25	175.56	131.77	155.33	229.51	102.87	0.10	0.00
2547	15.77	43.03	9.41	65.68	171.26	208.51	186.20	147.96	223.44	12.21	10.36	0.06
2548	2.49	2.61	28.31	68.25	162.74	73.77	159.63	131.88	338.25	119.75	103.29	5.68
2549	0.11	17.20	62.69	98.44	150.13	124.42	149.68	125.99	209.03	214.26	8.58	1.13
2550	0.46	16.82	62.23	96.18	229.08	111.43	129.92	184.26	223.68	177.53	10.18	0.00
2551	3.07	11.16	31.41	184.22	204.93	109.71	131.61	191.68	368.92	172.68	38.51	0.99
2552	0.01	21.10	98.97	135.09	180.19	85.03	134.64	168.75	268.86	115.28	10.01	1.91
2553	46.95	22.47	21.14	78.44	95.36	127.36	184.71	263.08	238.04	307.58	1.96	8.42
2554	0.12	19.93	21.20	112.95	170.96	109.63	210.90	197.12	291.28	188.11	6.20	0.21
2555	53.55	7.48	40.53	93.07	176.59	94.24	112.47	169.09	224.23	84.48	46.02	4.11
2556	19.10	6.39	23.81	74.17	101.02	125.19	227.05	168.78	363.53	252.59	20.68	8.54
2557	0.00	1.27	34.94	80.30	116.54	81.78	128.31	217.09	206.64	114.63	41.77	3.92
2558	8.73	17.83	54.61	53.90	69.72	89.94	175.31	189.63	259.07	141.05	24.28	13.55
2559	34.81	0.06	4.00	38.99	102.74	176.42	206.22	141.97	253.76	138.03	47.34	0.12
2560	7.75	4.47	138.56	39.00	243.91	193.70	192.23	235.21	182.48	151.80	27.25	9.65
2561	25.00	38.31	28.69	141.91	178.02	104.37	144.71	153.92	176.41	82.81	13.46	19.53
2562	0.03	8.18	17.25	65.50	122.82	98.31	107.15	207.89	212.73	79.08	4.51	0.00
2563	1.02	0.21	45.45	73.60	158.91	177.18	151.42	232.30	295.00	261.15	6.80	0.02
2564	0.00	21.59	29.36	191.36	105.27	81.85	218.45	189.35	342.52	233.85	10.64	24.90
2565	8.38	46.56	102.12	112.63	208.56	85.03	134.64	168.75	268.86	115.28	10.01	1.91

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 3 จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	25.65	25.91	28.79	29.19	29.02	28.53	28.20	28.44	27.58	27.73	25.31	25.66
2544	26.86	27.47	28.07	31.44	29.21	28.99	28.99	28.53	28.47	27.90	24.53	24.94
2545	24.85	27.59	29.20	30.49	29.30	29.54	29.30	28.36	27.82	27.65	26.67	26.61
2546	24.38	27.40	28.43	30.59	30.21	29.30	28.81	28.87	28.00	27.67	27.02	24.06
2547	25.33	25.73	29.75	30.88	29.67	28.72	28.77	28.70	28.13	27.37	27.16	24.22
2548	25.24	29.09	28.80	30.59	30.72	29.80	28.93	28.84	28.11	27.72	26.70	24.17
2549	25.41	27.66	29.42	29.93	29.33	29.41	28.88	28.53	28.16	27.89	27.76	24.89
2550	25.15	27.33	29.77	30.07	29.13	28.73	28.36	28.42	28.00	27.25	25.49	24.99
2551	24.42	26.71	29.05	30.18	28.96	29.46	28.78	28.58	28.23	27.78	25.97	24.15
2552	24.05	27.56	29.54	30.75	30.17	29.53	29.38	29.07	28.21	28.16	25.98	23.77
2553	26.90	28.90	30.31	31.33	30.37	29.24	29.24	28.34	28.44	27.45	26.22	25.20
2554	25.08	27.26	28.64	30.39	30.39	28.89	28.73	28.56	27.81	27.30	25.88	24.52
2555	25.62	27.97	29.48	30.10	29.47	29.09	28.42	28.38	28.34	27.47	26.81	24.57
2556	25.25	27.90	29.93	29.53	30.59	29.10	28.81	28.02	27.49	27.38	27.03	22.53
2557	22.79	27.56	29.90	31.71	30.85	29.63	29.47	28.30	28.28	27.05	27.69	25.01
2558	24.21	26.89	29.92	30.35	31.39	30.53	29.62	29.07	28.63	27.86	28.29	26.82
2559	26.08	25.77	30.27	32.79	31.60	29.88	28.93	29.30	28.45	28.41	27.54	25.68
2560	26.41	26.64	29.43	30.28	29.76	29.48	28.45	29.08	29.10	28.00	26.79	24.79
2561	25.93	26.14	28.77	29.27	29.60	29.48	28.81	28.46	28.67	28.60	27.58	27.04
2562	26.19	29.36	30.52	31.93	32.43	31.82	30.70	29.20	28.43	28.96	27.24	25.27
2563	27.56	27.71	30.84	31.13	31.94	30.29	30.10	29.21	29.24	26.58	27.11	25.31
2564	16.90	19.70	24.20	25.10	25.90	26.50	26.00	25.10	24.50	24.10	22.80	19.10
2565	19.50	21.40	24.50	18.10	25.10	29.53	29.38	29.07	28.21	28.16	25.98	23.77

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 4 จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิต่ำสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	19.49	19.35	22.43	24.23	24.52	24.47	24.24	24.35	23.62	23.66	19.94	20.07
2544	21.02	21.07	23.04	25.45	24.67	24.66	24.79	24.69	24.17	23.73	19.36	19.32
2545	18.30	21.36	23.46	24.41	24.66	25.01	25.06	24.37	24.10	23.16	22.09	21.53
2546	17.91	21.12	22.88	24.82	25.16	24.86	24.46	24.70	24.09	23.33	21.22	17.88
2547	19.01	19.53	23.21	24.72	24.89	24.54	24.43	24.68	24.03	22.35	21.38	17.30
2548	18.60	22.30	22.62	24.94	25.58	25.39	24.74	24.69	24.21	23.56	22.20	19.25
2549	18.52	21.74	23.50	24.58	24.61	24.88	24.94	24.59	24.13	23.72	22.24	19.12
2550	18.98	20.59	24.21	24.66	24.84	25.39	24.74	24.71	24.41	23.46	20.01	20.31
2551	18.99	19.97	22.90	24.65	24.72	24.85	24.62	24.46	24.18	24.12	21.56	18.20
2552	16.72	21.69	23.57	24.82	24.68	25.10	24.83	24.90	24.53	24.07	20.90	19.61
2553	20.85	23.13	23.18	25.77	26.21	25.65	25.00	24.47	24.44	23.40	21.56	19.84
2554	17.76	21.20	21.29	24.15	24.88	25.12	24.60	24.45	24.38	23.48	21.68	18.41
2555	21.20	21.99	23.67	24.88	25.19	25.18	24.64	24.50	24.12	23.47	23.36	21.17
2556	19.71	22.51	23.78	25.21	25.65	25.03	24.74	24.58	23.99	23.15	22.23	16.45
2557	15.82	20.81	23.86	24.95	25.50	25.66	25.26	24.59	24.42	23.58	22.59	19.50
2558	17.79	20.74	24.31	24.37	26.00	25.48	25.20	24.76	24.47	23.51	23.27	21.26
2559	20.23	19.11	23.69	26.31	26.25	25.30	24.65	25.21	24.66	24.35	22.97	20.63
2560	21.33	20.04	23.54	24.85	25.24	25.14	24.62	25.00	24.85	23.96	22.39	19.67
2561	20.40	20.23	23.22	24.03	24.79	25.30	25.14	24.72	24.35	23.93	22.42	21.64
2562	20.39	23.10	23.96	25.87	27.24	27.21	26.23	25.16	24.39	24.12	21.84	18.81
2563	21.11	21.15	24.75	25.39	26.62	25.63	25.44	25.09	25.06	23.32	22.32	19.77
2564	10.50	16.00	19.00	21.50	21.80	21.60	21.50	21.50	21.30	19.90	18.10	13.40
2565	16.50	15.70	20.80	14.80	18.00	25.10	24.83	24.90	24.53	24.07	20.90	19.61

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิสูงสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	31.80	32.47	35.15	34.14	33.51	32.59	32.16	32.52	31.54	31.80	30.68	31.24
2544	32.71	33.87	33.10	37.42	33.75	33.33	33.18	32.37	32.78	32.06	29.71	30.55
2545	31.40	33.83	34.94	36.57	33.93	34.08	33.53	32.34	31.55	32.15	31.25	31.70
2546	30.86	33.67	33.98	36.37	35.26	33.73	33.15	33.03	31.92	32.01	32.83	30.24
2547	31.65	31.93	36.29	37.04	34.45	32.90	33.12	32.72	32.23	32.40	32.93	31.14
2548	31.88	35.88	34.99	36.24	35.85	34.20	33.12	32.99	32.00	31.87	31.20	29.10
2549	32.31	33.59	35.35	35.29	34.05	33.93	32.82	32.48	32.19	32.06	33.29	30.66
2550	31.32	34.07	35.34	35.49	33.42	32.08	31.99	32.13	31.58	31.04	30.96	29.68
2551	29.85	33.46	35.20	35.71	33.21	34.06	32.95	32.69	32.27	31.44	30.37	30.10
2552	31.39	33.44	35.51	36.69	35.66	33.95	33.94	33.23	31.90	32.25	31.06	27.92
2553	32.96	34.67	37.44	36.90	34.53	32.83	33.47	32.22	32.43	31.51	30.89	30.56
2554	32.40	33.32	35.99	36.62	35.89	32.65	32.86	32.68	31.23	31.13	30.09	30.63
2555	30.05	33.94	35.29	35.32	33.76	33.00	32.19	32.26	32.56	31.47	30.26	27.97
2556	30.79	33.29	36.09	33.86	35.52	33.16	32.89	31.47	30.98	31.62	31.82	28.60
2557	29.76	34.32	35.95	38.48	36.19	33.60	33.69	32.01	32.13	30.52	32.80	30.51
2558	30.64	33.04	35.52	36.32	36.77	35.58	34.04	33.38	32.79	32.21	33.30	32.39
2559	31.93	32.43	36.86	39.27	36.94	34.47	33.20	33.38	32.25	32.47	32.11	30.73
2560	31.48	33.23	35.33	35.72	34.27	33.81	32.28	33.16	33.35	32.03	31.18	29.91
2561	31.46	32.04	34.32	34.51	34.42	33.66	32.47	32.20	33.00	33.28	32.74	32.43
2562	32.00	35.62	37.08	37.99	37.62	36.43	35.17	33.24	32.46	33.81	32.65	31.72
2563	34.02	34.26	36.92	36.86	37.25	34.95	34.76	33.32	33.43	29.83	31.90	30.86
2564	34.80	38.70	40.10	39.70	38.20	38.80	39.70	38.30	35.00	35.30	35.30	33.20
2565	36.60	35.80	38.80	35.80	36.00	33.95	33.94	33.23	31.90	32.25	31.06	27.92

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 6 จังหวัดนครราชสีมา: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า EVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.2101	0.2101	0.2404	0.3374	0.3840	0.3785	0.4245	0.2727	0.4627	0.5273	0.3980	0.3033
2544	0.2463	0.2053	0.2217	0.2708	0.3658	0.2978	0.3714	0.4487	0.4736	0.5174	0.3926	0.2987
2545	0.2405	0.2005	0.2216	0.2668	0.3574	0.3386	0.3268	0.4413	0.4544	0.5361	0.4345	0.3545
2546	0.3106	0.2433	0.2687	0.3021	0.3599	0.4358	0.4965	0.5320	0.5119	0.5002	0.3958	0.2737
2547	0.2253	0.2035	0.2077	0.2271	0.3114	0.3797	0.3807	0.4480	0.5190	0.3824	0.3070	0.2505
2548	0.2133	0.1802	0.1929	0.2368	0.2956	0.3389	0.3524	0.4240	0.5120	0.5272	0.4884	0.3738
2549	0.2973	0.2359	0.2609	0.3495	0.4094	0.4291	0.4693	0.4569	0.5173	0.5451	0.4490	0.3410
2550	0.2465	0.2114	0.2115	0.2591	0.3754	0.3887	0.3962	0.4655	0.4583	0.5155	0.4494	0.3254
2551	0.2643	0.2374	0.2062	0.3030	0.3652	0.4467	0.3712	0.4847	0.5272	0.4703	0.4336	0.3556
2552	0.2761	0.2228	0.2719	0.3651	0.4062	0.4147	0.3861	0.4614	0.5133	0.5393	0.4701	0.3280
2553	0.2605	0.2547	0.2384	0.2485	0.3037	0.3803	0.4541	0.5048	0.4625	0.5282	0.4737	0.3652
2554	0.2742	0.2351	0.2489	0.2764	0.3802	0.4003	0.3963	0.4990	0.5314	0.5177	0.4647	0.3381
2555	0.2815	0.2607	0.2632	0.3041	0.3655	0.3974	0.4611	0.4431	0.4726	0.5106	0.4172	0.3659
2556	0.2685	0.2242	0.2217	0.2470	0.3272	0.4000	0.4552	0.5237	0.5346	0.5190	0.4478	0.3452
2557	0.2617	0.2203	0.2296	0.2798	0.3345	0.3910	0.4601	0.5352	0.5525	0.4586	0.4309	0.3336
2558	0.2591	0.2284	0.2275	0.2543	0.3103	0.3638	0.4438	0.5258	0.5468	0.5332	0.4136	0.3430
2559	0.2663	0.2242	0.2109	0.2142	0.2992	0.3618	0.4541	0.5324	0.5151	0.4953	0.4550	0.3583
2560	0.2782	0.2365	0.2400	0.2900	0.4178	0.4361	0.4508	0.5171	0.4516	0.4917	0.4002	0.3084
2561	0.2539	0.2401	0.2468	0.2693	0.4132	0.4358	0.3646	0.4192	0.4867	0.4483	0.3821	0.3112
2562	0.2579	0.2106	0.2140	0.2394	0.3401	0.3626	0.3458	0.3875	0.5225	0.4877	0.3984	0.2896
2563	0.2493	0.2113	0.2104	0.2516	0.3199	0.4357	0.5079	0.5652	0.5281	0.4914	0.4181	0.3406
2564	0.3411	0.3029	0.3389	0.3912	0.4106	0.4710	0.4989	0.4323	0.5449	0.5350	0.4151	0.3183
2565	0.2542	0.2647	0.3251	0.3735	0.3569	0.3947	0.4213	0.4691	0.5045	0.5035	0.4243	0.3283

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 7 จังหวัดนครราชสีมา: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า NDVI รายเดือน											
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**
2543	0.4025	0.4025	0.3916	0.4745	0.5316	0.4962	0.5791	0.3058	0.6541	0.7264	0.6240	0.5062
2544	0.4250	0.3641	0.3928	0.4198	0.5027	0.3527	0.5185	0.5888	0.6528	0.7311	0.6259	0.5019
2545	0.4137	0.3495	0.3645	0.4161	0.4998	0.4325	0.4130	0.5807	0.6628	0.7407	0.6636	0.5864
2546	0.5138	0.4231	0.4488	0.4667	0.5288	0.6030	0.6365	0.7075	0.6878	0.7315	0.6214	0.4520
2547	0.3891	0.3783	0.3590	0.3843	0.4684	0.5184	0.5302	0.5886	0.7344	0.5803	0.4885	0.4186
2548	0.3487	0.3143	0.3225	0.3635	0.4203	0.4257	0.4732	0.5679	0.6971	0.7185	0.7068	0.5995
2549	0.5007	0.4189	0.4401	0.5199	0.5851	0.5966	0.6047	0.5890	0.6800	0.7606	0.6856	0.5479
2550	0.4081	0.3508	0.3655	0.3935	0.5572	0.5536	0.5053	0.6433	0.5899	0.6943	0.6770	0.5325
2551	0.4454	0.3942	0.3479	0.4512	0.5216	0.5758	0.4456	0.6478	0.7468	0.6588	0.6610	0.5694
2552	0.4723	0.3876	0.4539	0.5318	0.5740	0.5668	0.4730	0.6068	0.6315	0.7592	0.6820	0.5338
2553	0.4781	0.4382	0.3851	0.3961	0.4490	0.5467	0.5903	0.6397	0.5545	0.7270	0.6970	0.5723
2554	0.4553	0.3993	0.4234	0.4322	0.5319	0.5525	0.5558	0.6120	0.6611	0.7146	0.6843	0.5341
2555	0.4767	0.4581	0.4548	0.4731	0.5014	0.5380	0.5912	0.5513	0.6016	0.7426	0.6472	0.6021
2556	0.5562	0.5146	0.5247	0.4980	0.5005	0.5816	0.5395	0.4911	0.7467	0.7159	0.6628	0.4919
2557	0.4385	0.3774	0.3784	0.4390	0.4802	0.5046	0.5910	0.6949	0.7390	0.6237	0.6297	0.5279
2558	0.5394	0.4936	0.4851	0.5511	0.5810	0.5458	0.5218	0.5878	0.7448	0.7754	0.7165	0.6146
2559	0.4441	0.3718	0.3398	0.3306	0.4186	0.4817	0.6342	0.6494	0.6400	0.6940	0.6600	0.5630
2560	0.4715	0.3869	0.3921	0.4367	0.5683	0.5617	0.5573	0.7041	0.6409	0.7083	0.6023	0.5178
2561	0.4430	0.3976	0.4095	0.4330	0.5891	0.5968	0.4781	0.5906	0.6871	0.6493	0.5949	0.4954
2562	0.4188	0.3539	0.3361	0.3731	0.5004	0.5036	0.4938	0.5312	0.7177	0.6778	0.6101	0.4498
2563	0.3901	0.3353	0.3391	0.3864	0.4711	0.5934	0.6731	0.7570	0.7149	0.7510	0.6570	0.5407
2564	0.4901	0.4267	0.4460	0.5117	0.5682	0.5974	0.6576	0.5497	0.6296	0.7349	0.6342	0.5105
2565	0.4350	0.4495	0.5080	0.5227	0.5159	0.5330	0.5483	0.5993	0.6734	0.7098	0.6469	0.5304

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 8 จังหวัดชัยภูมิ: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565

ปีเพาะปลูก	ปี	ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว (กก./ไร่)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาสูงสุด (บาท/กก.)	ราคาต่ำสุด (บาท/กก.)	ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (บาท/กก.)	ราคาอ้อยโรงงาน (บาท/กก.)	ราคา FOB มันเส้น (บาท/กก.)	ราคา FOB แป้งมัน (บาท/กก.)
2542/43	2543	2,635	0.66	0.76	0.52	3.70	0.44	2.25	6.34
2543/44	2544	2,659	0.80	1.08	0.52	3.94	0.58	2.62	7.73
2544/45	2545	2,612	1.07	1.20	0.97	4.27	0.47	2.20	5.74
2545/46	2546	2,909	1.03	1.17	0.85	4.33	0.45	2.23	5.56
2546/47	2547	3,204	0.92	1.17	0.81	4.48	0.46	2.72	6.38
2547/48	2548	2,647	1.46	1.59	1.24	4.50	0.52	3.92	8.82
2548/49	2549	3,351	1.25	1.50	0.75	5.04	0.76	3.74	7.60
2549/50	2550	3,518	1.25	1.84	0.89	5.43	0.66	4.42	9.88
2550/51	2551	3,298	1.98	2.57	1.67	7.83	0.69	5.25	10.78
2551/52	2552	3,541	1.28	1.51	1.04	5.90	0.76	4.27	8.79
2552/53	2553	2,856	2.07	2.86	1.26	8.19	1.05	6.36	15.47
2553/54	2554	3,115	2.67	3.45	1.95	8.10	0.99	8.40	15.59
2554/55	2555	3,327	2.20	2.58	1.78	9.01	1.03	8.06	15.07
2555/56	2556	3,456	2.30	2.43	2.16	8.46	0.96	7.89	15.61
2556/57	2557	3,603	2.07	2.26	1.88	6.68	0.90	7.84	14.77
2557/58	2558	3,557	2.21	2.34	2.02	8.34	0.92	8.06	15.98
2558/59	2559	3,363	1.84	1.92	1.13	8.87	0.74	7.10	14.11
2559/60	2560	3,402	1.51	1.71	1.19	6.22	0.95	6.47	13.05
2560/61	2561	3,412	2.27	2.60	1.57	7.97	0.71	9.59	20.68
2561/62	2562	3,599	2.25	2.58	1.82	8.12	0.67	9.63	19.48
2562/63	2563	2,848	1.82	1.97	1.51	8.09	0.71	9.56	12.97
2563/64	2564	3,462	1.82	1.97	1.51	9.32	0.98	8.20	15.60
2564/65	2565	3,229	2.53	2.93	2.30	11.61	0.98	9.37	17.40

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางภาคผนวกที่ 9 จังหวัดชัยภูมิ: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย รายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.91	23.92	10.77	198.76	211.60	211.57	156.18	304.93	234.43	157.53	0.59	0.00
2544	1.50	1.00	57.03	66.38	178.36	127.87	109.94	214.30	230.52	98.77	4.73	1.44
2545	4.60	5.26	68.10	61.08	127.27	115.47	70.03	259.77	294.31	118.14	20.54	23.94
2546	0.12	18.19	118.99	41.89	123.78	147.41	91.84	169.49	254.43	26.58	0.00	0.00
2547	27.59	37.83	18.03	82.64	186.49	210.77	167.95	117.41	175.58	1.21	2.79	0.08
2548	1.17	0.23	11.63	77.03	98.47	129.23	133.04	159.84	251.28	62.90	80.67	1.01
2549	0.01	18.42	67.76	83.60	133.22	135.61	141.21	196.30	269.74	171.55	6.40	0.05
2550	0.04	19.10	35.80	76.91	177.14	134.77	95.43	230.04	308.46	178.61	2.92	0.00
2551	3.22	12.46	32.60	196.09	162.89	161.53	147.24	215.45	349.73	152.95	39.43	0.08
2552	0.03	4.53	99.94	103.77	212.10	81.00	136.92	213.95	270.13	107.81	20.19	1.60
2553	40.70	9.96	9.48	59.15	82.42	120.68	200.40	359.04	232.76	243.66	0.17	12.79
2554	0.04	15.15	31.08	119.55	184.60	119.24	179.85	255.69	325.23	104.73	9.58	0.03
2555	32.78	7.20	31.91	68.36	197.27	121.04	97.13	188.51	243.37	56.87	21.17	7.61
2556	43.67	1.21	34.04	40.90	125.99	119.39	278.30	144.23	314.72	105.04	9.10	33.68
2557	0.00	0.11	34.85	90.65	86.48	85.30	112.95	206.74	206.71	64.54	42.64	0.34
2558	1.28	23.01	35.16	56.15	43.90	82.60	178.88	159.90	192.24	135.58	12.58	17.57
2559	58.65	0.00	1.17	48.43	99.79	181.67	171.20	138.38	300.09	120.01	56.63	0.31
2560	10.10	1.82	64.92	34.69	248.73	166.74	244.80	210.77	141.49	172.06	11.56	11.94
2561	13.45	18.27	30.83	123.04	191.77	124.14	169.29	145.98	149.57	79.25	5.15	10.75
2562	0.01	15.31	29.53	55.43	153.20	85.74	96.75	224.16	173.08	35.61	4.68	0.00
2563	0.06	0.00	53.45	100.85	116.67	157.53	111.46	209.90	234.21	150.64	3.90	0.00
2564	0.00	16.80	36.07	173.79	92.46	62.72	183.92	158.60	372.45	178.11	7.27	4.67
2565	19.27	26.83	122.16	62.00	123.83	81.00	136.92	213.95	270.13	107.81	20.19	1.60

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 10 จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	25.61	25.94	28.76	29.39	28.89	28.45	28.17	28.37	27.59	27.95	25.48	25.69
2544	26.70	27.35	28.18	31.85	29.15	28.88	28.83	28.45	28.39	28.16	24.61	25.03
2545	24.65	27.47	29.18	30.54	29.39	29.52	29.04	28.25	27.80	27.75	26.70	26.42
2546	24.12	27.27	28.32	30.74	30.48	29.19	28.98	28.77	28.01	27.97	27.15	23.97
2547	25.13	25.61	29.75	31.01	29.56	28.59	28.65	28.56	28.18	27.53	27.10	24.02
2548	25.12	28.98	28.85	30.73	30.80	29.56	28.85	28.56	28.09	28.01	26.83	24.26
2549	25.26	27.50	29.60	30.12	29.27	29.45	28.71	28.35	28.23	27.93	27.64	24.74
2550	24.88	27.10	29.56	30.28	29.25	28.73	28.27	28.25	27.96	27.26	25.48	24.88
2551	24.21	26.55	28.94	30.41	28.83	29.19	28.50	28.50	28.34	28.02	25.99	24.08
2552	23.95	27.45	29.34	30.69	30.24	29.40	29.23	28.90	28.23	28.22	26.09	23.69
2553	26.72	28.38	30.10	31.39	30.46	29.16	29.24	28.16	28.45	27.55	26.12	25.08
2554	24.90	26.92	28.50	30.51	30.36	28.71	28.57	28.43	27.68	27.42	25.99	24.50
2555	25.40	27.71	29.52	30.15	29.51	28.95	28.13	28.13	28.33	27.43	26.92	24.45
2556	25.00	27.59	29.81	29.63	30.46	29.07	28.73	27.77	27.46	27.16	26.92	22.18
2557	22.41	27.29	29.75	31.75	30.85	29.53	29.31	28.20	28.26	27.26	27.50	24.91
2558	23.89	26.78	29.94	30.45	31.56	30.70	29.46	28.95	28.68	27.92	28.37	26.56
2559	25.57	25.47	30.24	33.15	31.56	29.78	28.75	28.97	28.38	28.52	27.39	25.55
2560	26.30	26.49	29.41	30.56	29.80	29.40	28.25	28.93	29.09	27.89	27.02	24.62
2561	25.74	26.01	28.83	29.46	29.55	29.34	28.48	28.18	28.68	28.62	27.47	26.84
2562	26.15	29.03	30.51	32.20	32.49	31.92	30.62	28.84	28.45	29.11	27.29	25.01
2563	27.30	27.47	30.65	31.09	32.07	30.25	30.13	29.01	29.23	26.72	27.12	25.15
2564	17.30	20.50	24.90	25.80	26.80	26.80	25.90	25.30	25.00	24.70	23.10	19.20
2565	20.00	21.50	24.90	19.90	25.20	29.40	29.23	28.90	28.23	28.22	26.09	23.69

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 11 จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิต่ำสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	18.89	19.12	21.92	24.20	24.44	24.48	24.23	24.34	23.61	23.61	19.80	19.72
2544	20.51	20.56	22.97	25.62	24.62	24.59	24.69	24.62	24.12	23.78	19.16	19.19
2545	17.88	20.97	23.10	24.21	24.64	24.98	24.94	24.27	24.16	23.08	21.86	21.06
2546	17.51	20.63	22.42	24.82	25.16	24.85	24.53	24.61	24.14	23.34	21.03	17.50
2547	18.52	19.20	22.87	24.66	24.76	24.47	24.36	24.53	24.03	22.22	21.00	16.78
2548	18.22	22.02	22.47	24.83	25.54	25.21	24.68	24.55	24.24	23.58	22.07	18.98
2549	17.99	21.35	23.43	24.52	24.53	24.84	24.77	24.41	24.12	23.60	21.81	18.63
2550	18.45	20.02	23.75	24.65	24.73	25.33	24.67	24.56	24.27	23.28	19.76	19.89
2551	18.48	19.58	22.55	24.60	24.53	24.71	24.48	24.28	24.17	24.08	21.19	17.77
2552	16.34	21.33	23.33	24.75	24.68	24.95	24.70	24.73	24.53	24.10	20.69	19.18
2553	20.67	22.44	23.09	25.85	26.38	25.67	24.93	24.39	24.51	23.36	21.18	19.62
2554	17.55	20.66	20.88	24.00	24.83	24.98	24.50	24.39	24.38	23.38	21.34	18.24
2555	20.73	21.45	23.41	24.79	25.01	24.97	24.37	24.14	24.10	23.25	23.22	20.83
2556	19.27	22.03	23.22	24.94	25.05	24.85	24.60	24.22	23.90	22.74	21.96	15.91
2557	15.48	20.33	23.38	24.65	25.29	25.38	24.98	24.34	24.31	23.49	22.24	19.19
2558	17.31	20.43	24.14	24.28	26.07	25.54	25.05	24.65	24.46	23.51	23.18	20.94
2559	19.53	18.62	23.48	26.62	26.13	25.17	24.51	24.85	24.59	24.32	22.64	20.22
2560	21.16	19.63	23.24	24.87	25.12	25.04	24.42	24.85	24.85	23.82	22.44	19.42
2561	20.14	19.99	22.95	23.99	24.62	25.08	24.75	24.45	24.30	23.80	22.10	21.30
2562	20.27	22.41	23.63	25.82	27.23	27.24	26.17	24.82	24.20	24.04	21.69	18.30
2563	20.66	20.70	24.33	25.21	26.54	25.56	25.42	24.98	25.00	23.32	22.14	19.21
2564	12.50	17.50	20.00	22.60	23.50	23.70	23.00	23.50	23.00	20.00	19.30	14.60
2565	17.60	16.40	21.00	17.90	18.00	24.95	24.70	24.73	24.53	24.10	20.69	19.18

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 12 จังหวัดชัยภูมิ: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิสูงสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	32.32	32.77	35.59	34.59	33.33	32.41	32.11	32.40	31.57	32.29	31.16	31.65
2544	32.89	34.15	33.40	38.07	33.68	33.16	32.98	32.27	32.66	32.54	30.07	30.88
2545	31.42	33.98	35.26	36.87	34.14	34.07	33.15	32.23	31.43	32.42	31.54	31.79
2546	30.73	33.91	34.22	36.65	35.79	33.54	33.43	32.94	31.89	32.60	33.27	30.45
2547	31.75	32.02	36.62	37.35	34.37	32.71	32.93	32.60	32.34	32.85	33.19	31.26
2548	32.02	35.95	35.23	36.63	36.06	33.90	33.03	32.57	31.94	32.44	31.59	29.54
2549	32.53	33.65	35.77	35.72	34.01	34.05	32.64	32.29	32.33	32.25	33.48	30.85
2550	31.30	34.18	35.37	35.92	33.77	32.12	31.87	31.95	31.65	31.24	31.21	29.87
2551	29.93	33.51	35.32	36.22	33.13	33.66	32.52	32.73	32.52	31.95	30.79	30.39
2552	31.56	33.56	35.35	36.63	35.80	33.86	33.77	33.07	31.93	32.34	31.48	28.20
2553	32.76	34.32	37.11	36.93	34.53	32.65	33.55	31.93	32.38	31.74	31.07	30.53
2554	32.25	33.19	36.12	37.02	35.90	32.44	32.64	32.46	30.98	31.46	30.65	30.76
2555	30.07	33.98	35.63	35.51	34.01	32.93	31.89	32.12	32.55	31.61	30.61	28.07
2556	30.73	33.15	36.41	34.32	35.88	33.29	32.85	31.31	31.02	31.59	31.87	28.45
2557	29.34	34.25	36.12	38.85	36.41	33.69	33.63	32.06	32.21	31.02	32.76	30.63
2558	30.47	33.14	35.73	36.63	37.05	35.85	33.87	33.25	32.89	32.33	33.55	32.18
2559	31.61	32.32	36.99	39.68	37.00	34.39	32.98	33.08	32.18	32.73	32.14	30.87
2560	31.43	33.35	35.59	36.26	34.48	33.76	32.07	33.02	33.33	31.95	31.59	29.82
2561	31.35	32.03	34.70	34.93	34.49	33.61	32.21	31.91	33.06	33.45	32.84	32.38
2562	32.03	35.66	37.39	38.58	37.76	36.61	35.06	32.86	32.71	34.18	32.89	31.73
2563	33.93	34.24	36.97	36.97	37.60	34.94	34.83	33.04	33.46	30.13	32.10	31.10
2564	35.00	38.90	39.90	39.60	38.40	38.30	39.30	35.80	34.00	35.90	34.90	32.70
2565	35.00	35.70	39.00	31.10	36.80	33.86	33.77	33.07	31.93	32.34	31.48	28.20

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 13 จังหวัดชัยภูมิ: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า EVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.2089	0.2089	0.2411	0.3255	0.3842	0.3682	0.4371	0.3307	0.4776	0.4993	0.3939	0.3090
2544	0.2441	0.2086	0.2637	0.3132	0.3814	0.2945	0.4011	0.4290	0.4621	0.4973	0.3862	0.2914
2545	0.2218	0.1920	0.2165	0.2751	0.3523	0.3594	0.3367	0.3910	0.4238	0.4804	0.4099	0.3380
2546	0.2927	0.2396	0.2644	0.3547	0.3707	0.4423	0.4590	0.4997	0.4793	0.4548	0.3612	0.2573
2547	0.2234	0.1907	0.2014	0.2563	0.3731	0.3755	0.4130	0.4232	0.4920	0.3609	0.2972	0.2494
2548	0.2124	0.1838	0.1913	0.2264	0.2941	0.3800	0.3494	0.4471	0.4820	0.4639	0.4383	0.3520
2549	0.2966	0.2284	0.2713	0.4011	0.4496	0.3989	0.4836	0.5354	0.4516	0.4967	0.4354	0.3396
2550	0.2508	0.2042	0.2500	0.3057	0.3957	0.3717	0.4173	0.4615	0.4944	0.4973	0.4343	0.3216
2551	0.2625	0.2258	0.2134	0.3380	0.4141	0.4401	0.3574	0.4725	0.5139	0.4520	0.4322	0.3613
2552	0.2743	0.2282	0.2560	0.3832	0.4190	0.4797	0.4582	0.5215	0.4809	0.4903	0.4311	0.3267
2553	0.2619	0.2303	0.2481	0.2677	0.3425	0.4125	0.4277	0.5003	0.4950	0.5392	0.4514	0.3474
2554	0.2762	0.2293	0.2381	0.3016	0.3780	0.4223	0.3865	0.4535	0.5050	0.5209	0.4346	0.3277
2555	0.2802	0.2785	0.2926	0.3390	0.3702	0.4070	0.4128	0.4313	0.4918	0.4920	0.3933	0.3560
2556	0.2654	0.2508	0.2684	0.2757	0.3470	0.3795	0.4093	0.4843	0.4698	0.5097	0.4325	0.3454
2557	0.2644	0.2318	0.2462	0.2948	0.3396	0.3624	0.4781	0.5004	0.5025	0.4476	0.4013	0.3270
2558	0.2583	0.2301	0.2353	0.2802	0.3119	0.3524	0.3801	0.5337	0.5140	0.4860	0.3942	0.3327
2559	0.2792	0.2311	0.2127	0.2238	0.3042	0.3221	0.4530	0.4805	0.5069	0.5251	0.4185	0.3685
2560	0.2753	0.2373	0.2358	0.2827	0.3983	0.4082	0.4510	0.4760	0.3963	0.4616	0.4161	0.3169
2561	0.2568	0.2425	0.2503	0.2590	0.3868	0.4418	0.3970	0.3958	0.4766	0.4413	0.3867	0.3245
2562	0.2761	0.2315	0.2412	0.2586	0.3574	0.3618	0.3695	0.3957	0.4743	0.4210	0.3578	0.2755
2563	0.2421	0.2116	0.2280	0.2502	0.3075	0.4182	0.4879	0.4849	0.4446	0.4823	0.4048	0.3323
2564	0.3353	0.3071	0.3287	0.3898	0.4445	0.4258	0.4454	0.4157	0.5684	0.4828	0.4164	0.3225
2565	0.2700	0.2768	0.3429	0.3793	0.3692	0.3920	0.4187	0.4574	0.4820	0.4774	0.4058	0.3238

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 14 จังหวัดชัยภูมิ: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า NDVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.3873	0.3873	0.3982	0.4863	0.5206	0.4832	0.5726	0.3906	0.6996	0.7267	0.6480	0.5224
2544	0.4409	0.3772	0.4415	0.4781	0.5382	0.3420	0.5544	0.5675	0.6383	0.7256	0.6246	0.4973
2545	0.3990	0.3480	0.3768	0.4353	0.5000	0.4530	0.4108	0.5124	0.6191	0.7250	0.6656	0.5898
2546	0.5120	0.4280	0.4395	0.5171	0.5347	0.6201	0.6028	0.6610	0.6787	0.7175	0.5874	0.4315
2547	0.3804	0.3578	0.3327	0.4135	0.5351	0.4764	0.5274	0.5404	0.7224	0.5567	0.4770	0.4126
2548	0.3552	0.3305	0.3217	0.3585	0.4219	0.4853	0.4713	0.5633	0.6930	0.7084	0.6867	0.5760
2549	0.5166	0.4214	0.4528	0.5602	0.6221	0.5126	0.5944	0.7253	0.6053	0.7724	0.6907	0.5687
2550	0.4230	0.3505	0.4188	0.4521	0.5596	0.5372	0.5765	0.6884	0.6590	0.7259	0.6661	0.5296
2551	0.4369	0.4028	0.3538	0.5043	0.5656	0.5561	0.4057	0.6547	0.7376	0.6541	0.6736	0.5940
2552	0.4764	0.4048	0.4375	0.5638	0.5822	0.6399	0.5818	0.7169	0.5965	0.7496	0.6726	0.5499
2553	0.4718	0.4098	0.3934	0.4216	0.4881	0.5790	0.5291	0.6271	0.6146	0.7520	0.6890	0.5696
2554	0.4668	0.3996	0.4124	0.4465	0.5284	0.5634	0.5157	0.5401	0.6428	0.7656	0.6837	0.5295
2555	0.4751	0.4729	0.4898	0.5014	0.4988	0.5081	0.4884	0.5242	0.6560	0.7352	0.5979	0.5860
2556	0.4152	0.4347	0.4108	0.3805	0.4618	0.5754	0.5303	0.6154	0.6500	0.7534	0.6798	0.5444
2557	0.4448	0.3860	0.3941	0.4560	0.4755	0.4421	0.5725	0.6727	0.7077	0.6414	0.6115	0.5213
2558	0.5411	0.5141	0.5524	0.5318	0.5664	0.5820	0.5402	0.6960	0.6242	0.7306	0.6964	0.6412
2559	0.4605	0.3827	0.3486	0.3444	0.4264	0.4039	0.6459	0.5690	0.7071	0.7609	0.6605	0.5792
2560	0.4816	0.3917	0.3832	0.4259	0.5344	0.5374	0.5745	0.6538	0.5921	0.7208	0.6218	0.5318
2561	0.4514	0.4018	0.4085	0.4138	0.5451	0.5844	0.5208	0.5366	0.6791	0.6527	0.6058	0.5195
2562	0.4466	0.3821	0.3908	0.3914	0.5240	0.5059	0.4968	0.5147	0.6913	0.6209	0.5663	0.4237
2563	0.3766	0.3406	0.3601	0.4020	0.4523	0.5564	0.6479	0.7151	0.6276	0.7316	0.6531	0.5394
2564	0.5243	0.4466	0.4410	0.4867	0.5250	0.6208	0.6405	0.5401	0.6951	0.7746	0.6681	0.5163
2565	0.4428	0.4787	0.5295	0.5244	0.5185	0.5257	0.5455	0.6011	0.6608	0.7137	0.6421	0.5352

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 15 จังหวัดกำแพงเพชร: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้นและแป้งมัน ปี 2543-2565

ปีเพาะปลูก	ปี	ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว (กก./ไร่)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาสูงสุด (บาท/กก.)	ราคาต่ำสุด (บาท/กก.)	ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (บาท/กก.)	ราคาอ้อยโรงงาน (บาท/กก.)	ราคา FOB มันเส้น (บาท/กก.)	ราคา FOB แป้งมัน (บาท/กก.)
2542/43	2543	2,887	0.57	0.63	0.50	3.82	0.46	2.25	6.34
2543/44	2544	3,041	0.99	1.03	0.93	3.95	0.50	2.62	7.73
2544/45	2545	2,715	1.03	1.03	1.03	4.14	0.46	2.20	5.74
2545/46	2546	3,368	0.81	0.85	0.80	4.43	0.48	2.23	5.56
2546/47	2547	3,355	0.67	0.76	0.56	4.59	0.40	2.72	6.38
2547/48	2548	2,967	1.26	1.37	0.98	4.78	0.60	3.92	8.82
2548/49	2549	3,529	1.14	1.31	0.97	5.43	0.71	3.74	7.60
2549/50	2550	3,745	1.08	1.36	0.86	6.35	0.75	4.42	9.88
2550/51	2551	3,558	1.80	2.10	1.42	7.39	0.55	5.25	10.78
2551/52	2552	4,009	1.07	1.21	0.90	5.75	0.70	4.27	8.79
2552/53	2553	3,057	1.95	2.38	1.51	8.03	0.92	6.36	15.47
2553/54	2554	3,038	2.61	3.13	1.76	7.62	0.89	8.40	15.59
2554/55	2555	3,727	2.34	2.37	2.31	8.49	0.94	8.06	15.07
2555/56	2556	3,839	2.01	2.03	1.97	8.43	0.84	7.89	15.61
2556/57	2557	3,958	2.14	2.50	1.87	6.42	0.73	7.84	14.77
2557/58	2558	4,065	1.58	2.33	1.99	7.67	0.87	8.06	15.98
2558/59	2559	3,569	1.84	1.92	1.13	8.87	0.74	7.10	14.11
2559/60	2560	3,547	1.54	1.78	1.02	5.41	0.88	6.47	13.05
2560/61	2561	3,594	2.17	2.60	1.39	7.97	0.71	9.59	20.68
2561/62	2562	3,634	2.04	2.42	1.50	7.54	0.61	9.63	19.48
2562/63	2563	3,185	1.95	1.97	1.60	7.33	0.66	9.56	12.97
2563/64	2564	3,157	2.29	2.38	2.21	8.64	0.82	8.20	15.60
2564/65	2565	3,298	2.34	2.61	2.28	10.24	0.82	9.37	17.40

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางภาคผนวกที่ 16 จังหวัดกำแพงเพชร: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย รายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.98	27.75	8.89	134.27	211.26	190.40	143.68	188.55	279.03	207.22	3.24	0.23
2544	5.79	2.79	100.01	13.44	311.68	180.31	143.68	217.38	193.48	218.71	11.75	5.58
2545	4.22	1.62	62.28	42.93	140.83	137.27	126.00	227.57	453.19	172.55	63.09	29.56
2546	10.28	7.42	67.10	25.66	92.57	204.65	176.82	136.92	277.24	106.03	0.77	0.00
2547	6.42	28.98	27.60	76.90	251.53	172.91	149.07	175.76	261.46	12.51	2.27	0.00
2548	0.30	7.02	24.09	100.45	59.75	223.21	174.27	125.53	286.58	91.47	74.98	4.50
2549	0.00	15.25	30.81	92.23	259.62	192.29	183.88	189.55	292.96	140.89	9.13	0.00
2550	0.11	5.04	10.37	74.45	308.69	183.19	144.76	133.54	274.80	237.90	6.85	0.13
2551	2.84	30.96	19.59	125.25	213.82	173.55	197.44	163.39	268.69	300.98	48.37	4.77
2552	0.11	0.80	57.59	63.77	161.76	202.40	186.65	175.48	230.32	192.61	3.46	0.00
2553	27.29	4.44	13.76	65.93	91.26	182.70	260.93	263.44	218.73	303.16	0.27	38.87
2554	2.75	4.62	126.00	106.77	273.58	181.02	266.35	196.77	343.52	215.07	18.54	1.76
2555	6.19	22.76	26.51	46.32	200.95	164.98	192.65	185.90	343.09	95.44	46.51	15.41
2556	19.40	11.56	40.79	25.64	131.81	222.87	255.72	212.09	397.28	101.51	22.52	9.62
2557	0.00	2.02	8.02	55.25	127.59	124.43	246.09	220.28	205.33	109.85	56.28	2.51
2558	35.36	2.77	30.74	64.66	52.39	97.56	127.53	177.02	227.45	136.29	30.73	23.05
2559	27.02	0.00	3.96	3.33	89.45	187.62	234.36	191.28	245.03	220.65	50.11	1.88
2560	23.38	4.61	37.37	82.09	398.83	153.00	277.30	229.15	185.24	215.41	19.25	24.47
2561	10.05	32.95	30.49	93.32	156.19	154.58	146.97	181.78	165.90	111.78	6.31	7.11
2562	6.32	24.57	11.13	32.74	138.45	157.01	76.69	274.44	189.47	91.48	19.00	0.04
2563	0.06	1.81	4.88	58.72	55.55	103.97	91.94	150.10	217.75	149.72	17.43	0.00
2564	0.82	5.10	35.98	198.09	98.91	85.58	195.19	188.05	409.50	232.44	23.18	0.01
2565	10.58	108.62	40.61	75.91	304.82	202.40	186.65	175.48	230.32	192.61	3.46	0.00

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 17 จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	25.45	25.91	28.44	29.70	28.75	28.52	28.29	28.34	27.68	27.96	25.66	25.80
2544	26.35	26.98	28.15	31.73	28.72	28.71	28.46	28.33	28.41	28.06	24.70	25.15
2545	24.51	27.41	28.90	30.74	29.44	29.14	28.52	28.09	27.65	27.62	26.59	26.15
2546	24.26	26.77	28.33	30.88	30.44	28.65	28.63	28.65	28.14	28.15	27.24	23.89
2547	25.12	25.89	29.45	31.33	29.34	28.48	28.44	28.45	28.18	27.68	26.99	23.73
2548	25.04	28.31	29.02	30.63	30.91	29.18	28.85	28.41	28.14	28.05	26.89	24.59
2549	25.14	27.47	29.93	30.26	28.74	28.97	28.37	28.29	28.26	28.07	27.45	24.62
2550	24.91	26.79	29.31	30.69	29.43	28.37	28.02	28.03	28.00	27.23	25.55	24.49
2551	24.15	27.22	28.94	30.87	28.77	28.81	28.15	28.33	28.39	27.93	26.04	23.90
2552	23.87	27.44	29.03	31.01	30.78	29.09	28.84	28.72	28.28	28.14	25.96	23.46
2553	26.90	28.20	30.07	31.47	30.75	29.23	29.04	27.94	28.39	27.66	26.29	25.35
2554	25.32	27.20	28.97	30.79	30.42	28.67	28.31	28.10	27.58	27.48	26.02	24.66
2555	25.45	27.57	29.63	30.56	29.60	28.47	28.02	27.82	28.30	27.65	26.72	24.52
2556	24.84	27.92	29.61	30.20	30.47	28.72	28.23	27.44	27.73	27.49	27.19	22.69
2557	22.79	27.14	29.64	32.06	31.51	29.56	29.40	28.31	28.23	27.36	27.07	24.99
2558	23.51	26.38	29.57	30.37	31.48	30.38	29.22	28.88	28.84	27.88	28.09	26.17
2559	24.67	25.80	29.87	32.98	32.07	29.23	28.36	28.49	28.18	28.27	27.22	25.38
2560	25.68	26.28	29.30	30.38	29.75	29.07	28.03	28.53	28.90	27.91	26.96	24.54
2561	25.65	26.21	28.58	29.34	29.48	28.85	28.13	28.00	28.63	28.42	27.26	26.48
2562	25.88	27.90	29.50	31.99	32.97	31.78	30.32	28.53	28.53	29.04	27.16	24.70
2563	26.86	27.37	30.49	31.38	32.14	30.28	30.18	29.12	29.32	27.31	27.29	25.25
2564	18.40	20.60	25.10	25.60	27.10	26.60	26.10	25.70	25.20	25.00	24.10	19.20
2565	19.80	21.70	25.10	23.80	25.80	29.09	28.84	28.72	28.28	28.14	25.96	23.46

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 18 จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิต่ำสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	18.49	19.05	21.49	24.30	24.29	24.55	24.31	24.29	23.60	23.65	20.00	19.73
2544	19.83	19.67	23.05	25.35	24.42	24.50	24.52	24.51	24.06	23.74	19.19	19.47
2545	17.86	20.74	22.38	24.03	24.61	24.85	24.76	24.14	23.96	22.92	21.95	20.87
2546	17.86	19.64	22.10	24.45	25.12	24.65	24.42	24.69	24.16	23.53	21.03	17.02
2547	18.10	19.11	22.45	24.81	24.71	24.50	24.26	24.59	23.93	22.47	20.98	16.33
2548	17.97	21.00	22.49	24.83	25.55	25.15	24.79	24.61	24.16	23.61	22.13	19.33
2549	17.73	21.05	23.63	24.46	24.27	24.75	24.70	24.52	24.12	23.60	21.48	18.11
2550	17.63	18.94	22.31	24.41	24.50	24.93	24.46	24.47	24.20	23.21	20.14	18.99
2551	17.89	20.40	22.52	24.89	24.41	24.62	24.41	24.26	24.18	23.95	21.12	17.35
2552	15.89	20.82	22.71	24.72	24.79	24.62	24.36	24.44	24.34	23.89	20.45	18.53
2553	20.80	21.61	22.96	25.56	26.51	25.56	24.96	24.40	24.36	23.48	21.18	19.79
2554	18.27	20.42	21.36	23.85	24.51	24.70	24.34	24.31	24.19	23.32	21.08	18.35
2555	20.25	20.96	22.94	24.77	24.91	24.73	24.23	24.19	24.16	23.34	23.19	20.82
2556	18.97	21.93	22.51	24.94	25.15	24.60	24.25	24.01	23.89	23.00	22.21	16.03
2557	15.27	19.54	22.48	24.71	25.41	25.35	24.84	24.30	24.27	23.31	21.84	19.23
2558	17.06	19.37	23.25	24.05	25.97	25.40	25.03	24.65	24.63	23.48	22.86	20.61
2559	18.16	18.56	22.82	26.08	26.13	24.82	24.20	24.60	24.38	23.90	22.25	19.89
2560	20.48	18.97	22.65	24.55	25.09	24.92	24.26	24.59	24.57	23.80	22.48	19.30
2561	19.91	19.93	22.26	23.69	24.56	24.90	24.64	24.34	24.25	23.73	21.92	21.09
2562	20.10	20.86	22.40	25.14	27.05	26.92	25.91	24.83	24.28	23.88	21.27	17.61
2563	19.81	20.06	23.46	25.05	26.51	25.54	25.46	25.08	25.07	23.72	22.02	18.90
2564	13.30	16.40	18.70	22.50	23.50	24.10	24.10	23.20	23.40	22.70	20.60	14.00
2565	16.30	16.10	21.30	21.40	23.70	24.62	24.36	24.44	24.34	23.89	20.45	18.53

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 19 จังหวัดกำแพงเพชร: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิสูงสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	32.41	32.77	35.38	35.11	33.21	32.48	32.27	32.39	31.76	32.27	31.32	31.88
2544	32.88	34.29	33.24	38.11	33.01	32.92	32.39	32.15	32.75	32.38	30.21	30.83
2545	31.16	34.09	35.42	37.45	34.27	33.43	32.28	32.05	31.35	32.32	31.22	31.42
2546	30.67	33.90	34.56	37.31	35.76	32.66	32.85	32.60	32.12	32.77	33.44	30.75
2547	32.15	32.66	36.44	37.84	33.96	32.46	32.62	32.32	32.42	32.90	32.99	31.13
2548	32.12	35.63	35.55	36.43	36.27	33.21	32.91	32.20	32.13	32.48	31.64	29.85
2549	32.56	33.89	36.24	36.07	33.22	33.19	32.05	32.06	32.39	32.55	33.41	31.13
2550	32.19	34.65	36.31	36.97	34.36	31.80	31.59	31.59	31.80	31.24	30.96	29.99
2551	30.40	34.04	35.36	36.84	33.12	33.00	31.90	32.39	32.60	31.90	30.95	30.44
2552	31.85	34.06	35.34	37.30	36.77	33.56	33.31	33.00	32.22	32.40	31.47	28.40
2553	33.01	34.79	37.17	37.38	34.98	32.91	33.12	31.48	32.42	31.85	31.40	30.91
2554	32.37	33.97	36.57	37.72	36.34	32.63	32.27	31.89	30.97	31.64	30.96	30.98
2555	30.65	34.19	36.33	36.34	34.28	32.20	31.81	31.46	32.44	31.97	30.25	28.22
2556	30.72	33.90	36.71	35.47	35.79	32.84	32.21	30.87	31.57	31.97	32.17	29.36
2557	30.32	34.74	36.80	39.40	37.60	33.78	33.96	32.32	32.18	31.42	32.31	30.75
2558	29.95	33.38	35.89	36.69	36.98	35.35	33.41	33.11	33.06	32.27	33.32	31.74
2559	31.18	33.03	36.93	39.89	38.01	33.63	32.53	32.38	31.97	32.64	32.19	30.88
2560	30.88	33.59	35.95	36.21	34.41	33.22	31.80	32.47	33.23	32.02	31.43	29.79
2561	31.38	32.49	34.90	34.99	34.39	32.81	31.63	31.66	33.02	33.12	32.61	31.87
2562	31.65	34.95	36.61	38.85	38.89	36.64	34.74	32.23	32.78	34.20	33.05	31.78
2563	33.92	34.69	37.51	37.72	37.77	35.02	34.90	33.17	33.57	30.90	32.57	31.59
2564	35.20	38.50	39.00	39.40	38.60	38.60	38.40	36.10	35.50	35.80	34.90	32.40
2565	34.80	35.60	38.60	33.20	37.00	33.56	33.31	33.00	32.22	32.40	31.47	28.40

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 20 จังหวัดกำแพงเพชร: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า EVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.2453	0.2453	0.2501	0.3073	0.3648	0.4385	0.4588	0.3423	0.5048	0.5562	0.4628	0.3770
2544	0.2648	0.2334	0.2614	0.2928	0.4098	0.3735	0.4646	0.5217	0.5019	0.5492	0.4530	0.3638
2545	0.2624	0.2226	0.2297	0.2561	0.3615	0.4216	0.4174	0.4928	0.5181	0.5279	0.4822	0.4334
2546	0.3512	0.2473	0.2657	0.3118	0.3837	0.4043	0.4997	0.4815	0.5604	0.5239	0.4325	0.3253
2547	0.2466	0.2288	0.2564	0.2337	0.3834	0.4430	0.4186	0.5237	0.5132	0.4285	0.3639	0.2797
2548	0.2255	0.2174	0.2375	0.3000	0.3460	0.4242	0.4190	0.4754	0.5324	0.5321	0.4976	0.3868
2549	0.3063	0.2347	0.2481	0.2767	0.3751	0.4511	0.5192	0.5651	0.4941	0.5599	0.4777	0.3660
2550	0.2540	0.2186	0.2188	0.2489	0.3924	0.4779	0.4788	0.5286	0.5250	0.5138	0.5046	0.3341
2551	0.2467	0.2262	0.2362	0.2880	0.3980	0.4836	0.4344	0.5289	0.5395	0.4911	0.4565	0.3869
2552	0.3024	0.2336	0.2418	0.2871	0.3661	0.5049	0.4215	0.5577	0.5212	0.5605	0.4665	0.3348
2553	0.2588	0.2561	0.2236	0.2264	0.2715	0.3530	0.4234	0.4841	0.5444	0.5898	0.4978	0.3841
2554	0.3108	0.2445	0.2565	0.3811	0.4310	0.4981	0.5025	0.5441	0.5186	0.5343	0.4856	0.3479
2555	0.2594	0.2627	0.2609	0.2734	0.3130	0.4261	0.4015	0.4355	0.5632	0.5301	0.4628	0.4061
2556	0.2833	0.2563	0.2484	0.2526	0.3536	0.4441	0.5138	0.5109	0.5285	0.5149	0.4782	0.3771
2557	0.2454	0.2280	0.2428	0.2798	0.3098	0.3627	0.4632	0.5185	0.5232	0.5294	0.4820	0.3654
2558	0.2876	0.2390	0.2383	0.2800	0.2970	0.3293	0.3539	0.4498	0.5288	0.5691	0.5005	0.3830
2559	0.3012	0.2426	0.2275	0.2243	0.2474	0.3229	0.4442	0.5343	0.5125	0.5442	0.4885	0.3669
2560	0.2964	0.2425	0.2381	0.2857	0.3887	0.4537	0.4781	0.5272	0.5012	0.5004	0.4583	0.3620
2561	0.2846	0.2464	0.2495	0.2867	0.3527	0.4196	0.4040	0.4218	0.5041	0.4589	0.4474	0.3446
2562	0.2976	0.2426	0.2549	0.2505	0.2832	0.3533	0.3818	0.4502	0.5656	0.4953	0.4199	0.3005
2563	0.2720	0.2246	0.2338	0.2388	0.2596	0.3808	0.4275	0.5271	0.5332	0.5238	0.4805	0.3829
2564	0.3396	0.3041	0.2845	0.3564	0.3984	0.4336	0.4544	0.4350	0.5033	0.4177	0.4090	0.3623
2565	0.2565	0.3033	0.3521	0.3271	0.4210	0.4639	0.4638	0.4810	0.5307	0.5346	0.4557	0.3738

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 21 จังหวัดกำแพงเพชร: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า NDVI รายเดือน											
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**
2543	0.4532	0.4532	0.3978	0.4382	0.4927	0.5522	0.5666	0.3736	0.7004	0.7555	0.6864	0.5919
2544	0.4613	0.3889	0.4115	0.4298	0.5286	0.4327	0.5825	0.6714	0.6541	0.7374	0.6665	0.5708
2545	0.4502	0.3734	0.3710	0.3683	0.4640	0.5385	0.5030	0.6101	0.6760	0.7484	0.7270	0.6642
2546	0.5719	0.4252	0.4062	0.4251	0.4914	0.5149	0.6347	0.5899	0.6979	0.7457	0.6553	0.5164
2547	0.4218	0.3856	0.3841	0.3386	0.5310	0.5254	0.5139	0.6869	0.7033	0.6212	0.5342	0.4500
2548	0.3640	0.3553	0.3561	0.4231	0.4441	0.5245	0.5136	0.6268	0.7249	0.7279	0.7254	0.5962
2549	0.5099	0.3832	0.3783	0.3996	0.4948	0.5483	0.6142	0.7395	0.6411	0.7610	0.6841	0.5585
2550	0.4259	0.3541	0.3443	0.3733	0.5362	0.6060	0.5808	0.6683	0.7072	0.7123	0.7139	0.5374
2551	0.4077	0.3824	0.3594	0.4227	0.5031	0.6194	0.5099	0.7036	0.7267	0.6741	0.6793	0.6035
2552	0.4920	0.3874	0.3897	0.4307	0.4892	0.6385	0.4735	0.7131	0.6127	0.7427	0.6931	0.5342
2553	0.4605	0.4126	0.3406	0.3274	0.3478	0.4589	0.4860	0.6011	0.7057	0.7768	0.7010	0.5959
2554	0.4920	0.3918	0.4114	0.5316	0.5348	0.6692	0.5805	0.7232	0.6658	0.7684	0.6960	0.5417
2555	0.4430	0.4182	0.3934	0.3689	0.3862	0.5125	0.4681	0.5355	0.7421	0.7353	0.6981	0.6105
2556	0.4578	0.4537	0.4503	0.4290	0.5030	0.5670	0.5585	0.6802	0.6541	0.6985	0.7090	0.6166
2557	0.3953	0.3467	0.3662	0.3816	0.3919	0.4166	0.5416	0.7138	0.7075	0.7358	0.6650	0.5399
2558	0.3720	0.3496	0.3154	0.3404	0.3651	0.3760	0.4453	0.6644	0.6928	0.5804	0.4735	0.4226
2559	0.4590	0.3785	0.3314	0.3045	0.3207	0.3660	0.5584	0.6400	0.6908	0.7443	0.6940	0.5740
2560	0.4958	0.3819	0.3384	0.3930	0.5013	0.5531	0.6034	0.6926	0.7175	0.7325	0.6727	0.5470
2561	0.4845	0.4049	0.3956	0.4150	0.4783	0.5493	0.5044	0.5842	0.6801	0.6592	0.6391	0.5535
2562	0.4806	0.3851	0.3632	0.3501	0.4141	0.4703	0.4963	0.5595	0.7442	0.6675	0.6156	0.4478
2563	0.4007	0.3393	0.3409	0.3555	0.3795	0.5124	0.5769	0.6797	0.7343	0.7249	0.6874	0.5654
2564	0.5152	0.4709	0.5055	0.5334	0.5886	0.6551	0.6521	0.5445	0.6513	0.7473	0.6747	0.5521
2565	0.2565	0.4786	0.4815	0.4610	0.5150	0.6749	0.6689	0.6799	0.7152	0.7596	0.7139	0.6178

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 22 จังหวัดกาญจนบุรี: ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว ราคามันสำปะหลังโรงงาน ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความชื้น 14.5% ราคาอ้อยโรงงานที่เกษตรกรขายได้ ราคา FOB มันเส้น และแป้งมัน ปี 2543-2565

ปีเพาะปลูก	ปี	ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว (กก./ไร่)	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาสูงสุด (บาท/กก.)	ราคาต่ำสุด (บาท/กก.)	ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (บาท/กก.)	ราคาอ้อยโรงงาน (บาท/กก.)	ราคา FOB มันเส้น (บาท/กก.)	ราคา FOB แป้งมัน (บาท/กก.)
2542/43	2543	2,680	0.68	0.76	0.56	3.82	0.47	2.25	6.34
2543/44	2544	2,647	0.77	0.94	0.60	3.95	0.48	2.62	7.73
2544/45	2545	2,398	1.02	1.16	0.92	4.14	0.44	2.20	5.74
2545/46	2546	2,853	0.85	0.92	0.74	4.43	0.46	2.23	5.56
2546/47	2547	3,015	0.87	1.01	0.78	4.59	0.39	2.72	6.38
2547/48	2548	2,482	1.25	1.41	1.12	4.78	0.52	3.92	8.82
2548/49	2549	3,130	1.09	1.29	0.89	5.43	0.67	3.74	7.60
2549/50	2550	3,750	1.20	1.39	0.92	5.00	0.58	4.42	9.88
2550/51	2551	3,374	1.82	2.12	1.56	7.30	0.49	5.25	10.78
2551/52	2552	3,713	1.22	1.49	0.92	5.90	0.75	4.27	8.79
2552/53	2553	2,924	1.82	2.08	1.32	8.02	0.81	6.36	15.47
2553/54	2554	2,888	2.49	3.05	1.82	8.26	0.93	8.40	15.59
2554/55	2555	3,301	2.25	2.58	1.83	9.46	0.86	8.06	15.07
2555/56	2556	3,298	2.12	2.34	1.96	8.44	0.82	7.89	15.61
2556/57	2557	3,325	1.94	2.24	1.62	7.76	0.60	7.84	14.77
2557/58	2558	3,358	2.02	2.32	1.85	8.40	0.79	8.06	15.98
2558/59	2559	3,191	1.84	1.92	1.13	8.87	0.74	7.10	14.11
2559/60	2560	3,281	1.39	1.52	1.18	6.02	0.89	6.47	13.05
2560/61	2561	3,356	2.00	2.39	1.41	7.97	0.71	9.59	20.68
2561/62	2562	3,472	1.94	2.34	1.42	7.65	0.56	9.63	19.48
2562/63	2563	3,305	1.90	2.02	1.40	7.54	0.75	9.56	12.97
2563/64	2564	3,408	2.07	2.02	1.40	8.59	0.89	8.20	15.60
2564/65	2565	3,474	2.37	2.63	2.29	9.22	0.89	9.37	17.40

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางภาคผนวกที่ 23 จังหวัดกาญจนบุรี: ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย รายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.73	40.93	33.23	168.79	183.96	163.52	115.73	142.18	181.07	241.95	4.87	0.14
2544	17.22	10.57	95.43	26.52	234.75	133.29	171.85	203.94	161.40	232.33	33.41	3.05
2545	0.27	0.74	27.28	97.34	245.88	116.08	206.59	234.49	285.19	119.95	94.65	24.07
2546	0.62	10.83	120.53	64.25	122.56	173.16	266.67	172.55	240.01	105.13	0.23	0.00
2547	11.98	18.47	5.49	38.82	207.61	213.72	120.02	182.07	179.81	29.17	5.83	0.00
2548	3.05	3.24	37.58	68.47	174.40	158.19	293.06	182.70	346.55	160.57	53.71	19.31
2549	0.48	42.73	68.25	106.44	260.33	171.17	261.97	240.78	268.70	148.39	25.35	3.81
2550	4.84	0.19	26.57	116.30	268.09	164.95	215.72	219.25	167.73	184.61	12.99	0.90
2551	0.65	48.04	38.31	120.37	203.84	168.07	173.63	230.20	196.65	235.12	45.26	0.66
2552	0.08	7.56	95.63	102.20	224.87	180.03	214.94	265.51	209.79	183.68	4.48	0.01
2553	8.77	1.86	7.80	31.44	115.15	147.03	182.64	259.19	277.08	256.59	0.10	28.80
2554	4.93	24.17	163.55	87.82	196.54	186.19	228.01	227.65	191.90	164.45	0.53	0.25
2555	17.25	44.04	37.24	47.76	124.38	216.74	291.52	178.63	445.10	123.76	63.37	0.38
2556	8.61	5.20	44.64	45.95	66.96	237.19	317.92	157.94	316.13	178.00	69.81	1.82
2557	0.00	0.73	45.71	82.72	121.36	113.63	174.03	176.42	166.65	180.16	67.02	4.57
2558	23.17	13.47	47.98	62.21	56.15	212.01	175.63	141.37	249.22	152.35	34.47	6.45
2559	20.49	0.00	26.06	8.59	130.93	163.85	186.76	187.99	182.64	243.72	30.07	1.07
2560	27.47	2.41	52.27	67.89	202.89	126.09	217.44	204.21	170.60	234.82	53.53	18.61
2561	8.40	11.78	18.43	126.17	149.59	171.26	240.72	227.40	151.05	156.18	13.98	29.50
2562	2.93	4.73	19.83	19.63	127.37	166.00	108.30	284.53	219.11	72.76	18.43	0.00
2563	0.00	0.01	9.32	69.28	87.99	143.84	119.83	184.24	288.90	308.40	37.76	0.37
2564	0.02	4.27	39.18	145.30	112.17	119.53	319.76	187.83	303.03	280.07	38.17	2.71
2565	7.85	65.43	87.45	85.24	226.40	180.03	214.94	265.51	209.79	183.68	4.48	0.01

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 24 จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	26.20	26.60	28.75	29.56	29.10	28.62	28.29	28.49	27.92	28.06	25.89	26.37
2544	27.25	27.67	28.44	31.46	29.06	29.00	28.74	28.41	28.77	27.91	24.94	25.42
2545	25.37	28.03	29.38	30.75	28.98	28.92	28.82	28.24	27.88	27.84	26.95	26.74
2546	24.80	27.24	28.36	30.22	29.72	28.95	28.43	28.63	28.07	27.85	27.45	24.41
2547	25.90	26.59	29.87	31.31	29.32	28.46	28.74	28.43	28.31	27.75	27.48	24.46
2548	25.58	28.85	29.31	30.94	30.58	29.34	28.66	28.48	28.35	28.00	27.19	24.96
2549	25.90	28.04	29.93	30.22	29.11	29.05	28.48	28.26	28.55	28.23	27.88	25.30
2550	25.89	27.46	29.74	30.66	29.51	28.43	27.92	28.12	28.04	27.45	25.79	25.27
2551	25.02	27.67	29.11	30.35	28.53	28.53	27.98	28.10	28.28	27.85	26.22	24.25
2552	24.41	27.78	29.50	30.92	30.21	29.05	28.88	28.76	28.25	28.12	26.17	24.15
2553	27.27	28.72	30.29	31.54	30.76	29.32	28.52	27.93	28.65	27.80	26.73	25.86
2554	25.94	27.95	29.32	30.81	30.54	28.93	28.42	28.21	27.82	27.55	26.36	25.29
2555	26.13	27.94	29.70	30.29	29.46	28.25	28.28	27.75	28.34	27.88	26.92	25.11
2556	25.57	28.42	29.90	29.81	30.32	28.44	28.13	27.48	27.69	27.74	27.48	23.32
2557	23.63	27.72	29.85	31.77	31.23	29.48	29.09	28.07	28.26	27.21	27.75	25.76
2558	24.60	27.21	29.86	30.47	31.35	30.15	29.40	29.17	28.92	28.40	28.62	27.26
2559	26.28	26.89	30.24	32.75	31.92	29.57	28.95	29.24	28.71	28.61	27.97	26.29
2560	26.50	27.26	29.95	30.63	30.15	29.54	28.47	28.96	29.27	28.30	27.14	25.28
2561	26.66	27.12	29.39	29.69	29.79	29.15	28.45	28.15	28.81	28.65	27.79	27.25
2562	26.60	28.99	30.07	32.14	32.65	31.47	30.32	28.97	28.76	29.30	27.78	25.80
2563	27.79	28.12	30.55	31.33	32.00	30.31	30.14	29.37	29.38	27.40	27.68	25.99
2564	18.70	21.10	24.80	25.70	26.10	26.00	25.50	25.40	25.20	24.70	24.00	19.80
2565	20.50	22.50	25.20	22.70	25.50	29.05	28.88	28.76	28.25	28.12	26.17	24.15

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 25 จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิต่ำสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	19.79	19.87	22.32	24.45	24.54	24.41	24.07	24.16	23.52	23.56	20.38	20.38
2544	21.07	20.75	23.22	25.05	24.55	24.74	24.56	24.46	23.95	23.47	19.29	19.47
2545	18.78	21.63	23.07	24.08	24.10	24.22	24.85	24.20	23.93	22.97	22.18	21.35
2546	17.94	20.12	21.84	23.53	24.50	24.72	24.32	24.56	23.95	23.38	21.59	17.87
2547	19.35	19.96	23.28	24.69	24.77	24.30	24.36	24.45	24.04	22.60	21.61	17.11
2548	18.72	21.95	23.15	25.19	25.48	25.28	24.68	24.55	24.34	23.63	22.59	19.95
2549	18.91	21.89	23.84	24.60	24.55	24.72	24.73	24.45	24.21	23.76	22.07	19.02
2550	19.38	20.25	23.34	24.89	24.88	25.34	24.59	24.70	24.52	23.76	20.54	20.33
2551	19.46	21.67	23.00	24.52	24.09	24.13	24.04	24.20	24.08	23.96	21.48	17.88
2552	16.75	21.62	23.55	24.86	24.63	24.63	24.28	24.38	24.20	23.66	20.99	19.48
2553	21.17	22.43	23.23	25.66	26.41	25.47	23.95	23.94	24.59	23.64	22.01	20.66
2554	19.12	21.62	21.99	24.17	24.74	24.77	24.30	24.17	23.97	23.45	21.68	19.24
2555	21.38	22.06	23.54	24.70	24.97	24.89	24.46	24.33	24.23	23.77	23.60	21.75
2556	20.05	22.86	23.42	24.91	25.51	24.69	24.33	24.38	24.12	23.49	22.63	17.01
2557	16.35	20.77	23.22	24.99	25.50	25.28	24.80	24.21	24.31	23.47	22.57	20.06
2558	18.28	20.47	23.69	24.24	25.97	25.33	25.18	24.89	24.60	23.91	23.52	21.67
2559	20.02	20.05	23.43	26.26	26.34	25.19	24.70	25.07	24.64	24.25	23.14	21.06
2560	21.46	20.37	23.64	25.07	25.49	25.16	24.52	24.76	24.70	23.99	22.77	20.22
2561	21.12	21.13	23.39	24.17	24.83	25.08	24.87	24.46	24.27	24.00	22.49	22.00
2562	20.88	22.60	23.19	25.57	27.13	26.87	25.99	25.29	24.69	24.50	22.47	19.63
2563	21.74	21.89	24.60	25.75	26.92	25.82	25.67	25.42	25.34	23.93	22.96	20.53
2564	12.80	15.70	18.70	21.50	20.50	21.50	22.50	22.50	21.50	20.50	18.80	13.00
2565	17.00	16.00	21.50	17.90	20.50	24.63	24.28	24.38	24.20	23.66	20.99	19.48

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 26 จังหวัดกาญจนบุรี: อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ปี 2543-2565

ปี	อุณหภูมิสูงสุด รายเดือน (องศาเซลเซียส)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	32.61	33.34	35.17	34.67	33.66	32.83	32.50	32.82	32.32	32.55	31.40	32.37
2544	33.44	34.59	33.66	37.88	33.58	33.26	32.92	32.35	33.59	32.35	30.59	31.37
2545	31.95	34.43	35.70	37.41	33.85	33.63	32.79	32.28	31.82	32.71	31.73	32.13
2546	31.67	34.37	34.89	36.91	34.94	33.17	32.54	32.70	32.19	32.32	33.31	30.94
2547	32.45	33.22	36.46	37.93	33.88	32.61	33.12	32.41	32.58	32.90	33.36	31.81
2548	32.43	35.75	35.46	36.68	35.68	33.40	32.65	32.41	32.35	32.37	31.79	29.97
2549	32.88	34.20	36.03	35.84	33.68	33.37	32.23	32.06	32.88	32.70	33.70	31.57
2550	32.40	34.67	36.14	36.44	34.14	31.52	31.26	31.55	31.56	31.14	31.04	30.21
2551	30.58	33.67	35.22	36.19	32.97	32.93	31.91	32.00	32.48	31.73	30.97	30.62
2552	32.06	33.93	35.45	36.98	35.79	33.47	33.47	33.14	32.29	32.57	31.35	28.83
2553	33.37	35.02	37.35	37.41	35.11	33.17	33.09	31.91	32.71	31.97	31.46	31.06
2554	32.75	34.29	36.66	37.46	36.34	33.08	32.54	32.25	31.68	31.64	31.03	31.34
2555	30.88	33.82	35.85	35.89	33.94	31.60	32.10	31.18	32.46	31.99	30.24	28.46
2556	31.09	33.98	36.38	34.72	35.12	32.20	31.94	30.58	31.26	31.99	32.34	29.64
2557	30.92	34.66	36.47	38.55	36.97	33.68	33.38	31.92	32.21	30.94	32.94	31.46
2558	30.93	33.95	36.03	36.70	36.73	34.96	33.62	33.45	33.24	32.90	33.72	32.86
2559	32.55	33.73	37.05	39.25	37.51	33.94	33.20	33.41	32.78	32.97	32.80	31.52
2560	31.53	34.15	36.26	36.18	34.82	33.92	32.43	33.16	33.84	32.62	31.52	30.33
2561	32.20	33.11	35.38	35.20	34.75	33.21	32.03	31.85	33.35	33.30	33.10	32.51
2562	32.32	35.38	36.94	38.71	38.18	36.06	34.65	32.65	32.84	34.09	33.09	31.96
2563	33.85	34.35	36.51	36.91	37.07	34.79	34.61	33.33	33.42	30.88	32.40	31.46
2564	35.80	39.30	40.50	38.80	38.50	38.20	39.50	37.50	36.30	36.90	35.80	34.00
2565	37.50	37.50	38.80	36.20	37.60	33.47	33.47	33.14	32.29	32.57	31.35	28.83

ที่มา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 27 จังหวัดกาญจนบุรี: ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation index: EVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า EVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.2801	0.2801	0.2876	0.3649	0.4491	0.4403	0.4263	0.3565	0.4704	0.5347	0.4651	0.3672
2544	0.2656	0.2424	0.2775	0.3557	0.3987	0.3344	0.3514	0.3581	0.4370	0.5255	0.4525	0.3712
2545	0.2948	0.2276	0.2581	0.2705	0.4011	0.4044	0.3425	0.4171	0.4886	0.5097	0.4767	0.4321
2546	0.3677	0.2779	0.3197	0.3655	0.4171	0.4066	0.4639	0.4281	0.5301	0.4818	0.4536	0.3465
2547	0.2797	0.2638	0.2470	0.2522	0.4304	0.3992	0.4107	0.4563	0.4814	0.4299	0.3466	0.2816
2548	0.2291	0.2070	0.2295	0.2713	0.3453	0.3146	0.3342	0.4283	0.5076	0.4786	0.4756	0.3886
2549	0.3422	0.2832	0.3041	0.3903	0.4683	0.4378	0.4164	0.5203	0.5004	0.5283	0.4810	0.3819
2550	0.2726	0.2259	0.2428	0.3107	0.4587	0.4394	0.4456	0.4841	0.5068	0.5354	0.4921	0.3697
2551	0.2639	0.2747	0.2909	0.3436	0.4392	0.4179	0.3871	0.4433	0.4900	0.5003	0.4566	0.4014
2552	0.3066	0.2365	0.2604	0.3520	0.4101	0.4477	0.3495	0.4879	0.5079	0.5086	0.4752	0.3624
2553	0.2748	0.2540	0.2584	0.2605	0.3121	0.3922	0.4303	0.4847	0.4957	0.5626	0.4954	0.3749
2554	0.3242	0.2683	0.3428	0.4203	0.4247	0.4184	0.4063	0.4363	0.5111	0.5096	0.4902	0.3634
2555	0.2752	0.2676	0.2451	0.3009	0.3456	0.3798	0.3314	0.4449	0.5090	0.5222	0.4867	0.4387
2556	0.3032	0.2752	0.2525	0.2551	0.3408	0.4427	0.3942	0.5041	0.4716	0.5278	0.4987	0.4231
2557	0.2780	0.2541	0.2516	0.3219	0.3642	0.3662	0.3578	0.4462	0.4977	0.4943	0.4709	0.3728
2558	0.3071	0.2491	0.2641	0.3231	0.3454	0.3748	0.3710	0.4292	0.4877	0.5144	0.4604	0.3507
2559	0.2809	0.2328	0.2311	0.2419	0.3074	0.3303	0.4683	0.4241	0.4966	0.5136	0.4788	0.3815
2560	0.3111	0.2527	0.2335	0.2884	0.3754	0.4316	0.4491	0.4681	0.4640	0.4962	0.4946	0.3807
2561	0.3159	0.2648	0.2879	0.3328	0.4209	0.3961	0.2607	0.3631	0.4701	0.4535	0.4339	0.3636
2562	0.3265	0.2536	0.2448	0.2686	0.3701	0.4362	0.3840	0.3686	0.4670	0.4902	0.4073	0.3148
2563	0.2815	0.2283	0.2385	0.2625	0.3143	0.4331	0.4449	0.4700	0.4602	0.5091	0.4872	0.4078
2564	0.3090	0.2877	0.3010	0.3423	0.4149	0.3955	0.3933	0.4535	0.5179	0.4679	0.4371	0.3742
2565	0.3094	0.3533	0.3882	0.3823	0.3888	0.4018	0.3918	0.4397	0.4895	0.5043	0.4644	0.3749

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางภาคผนวกที่ 28 จังหวัดกาญจนบุรี: ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index :NDVI) รายเดือน ปี 2543-2565

ปี	ค่า NDVI รายเดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2543	0.4621	0.4621	0.4838	0.5247	0.6107	0.5496	0.5384	0.4302	0.6549	0.7427	0.7005	0.6001
2544	0.4688	0.4230	0.4665	0.5301	0.5657	0.3938	0.4643	0.4811	0.6053	0.7421	0.6858	0.5856
2545	0.4796	0.4117	0.4111	0.4213	0.5487	0.5093	0.3926	0.5673	0.6911	0.7422	0.7034	0.6773
2546	0.5739	0.4668	0.4878	0.5271	0.5427	0.5652	0.5942	0.4794	0.6827	0.7298	0.6773	0.5549
2547	0.4936	0.4634	0.4090	0.4092	0.6117	0.4964	0.4971	0.5706	0.6644	0.6374	0.5461	0.4571
2548	0.3695	0.3422	0.3535	0.4223	0.4791	0.3726	0.4327	0.6026	0.6866	0.6943	0.7199	0.6186
2549	0.5823	0.4928	0.5004	0.5726	0.6208	0.5390	0.4928	0.6703	0.6242	0.7507	0.7117	0.6072
2550	0.4607	0.3972	0.3949	0.5059	0.6391	0.5668	0.5684	0.6645	0.6599	0.7161	0.7148	0.6017
2551	0.4532	0.4859	0.4631	0.5235	0.5869	0.5012	0.4656	0.6323	0.6532	0.6901	0.6873	0.6292
2552	0.4937	0.3988	0.4225	0.5252	0.5525	0.5751	0.4352	0.6681	0.6053	0.7291	0.7055	0.5829
2553	0.4984	0.4312	0.3966	0.3959	0.4483	0.5574	0.5633	0.6231	0.6186	0.7602	0.7207	0.6222
2554	0.5356	0.4450	0.5307	0.5856	0.5816	0.5269	0.4925	0.5420	0.6421	0.7140	0.6957	0.5581
2555	0.4630	0.4286	0.3931	0.4421	0.4578	0.4905	0.4066	0.5345	0.6744	0.7411	0.7286	0.6674
2556	0.4501	0.4330	0.4213	0.4163	0.4828	0.5171	0.5190	0.5798	0.6543	0.7449	0.6772	0.5590
2557	0.4525	0.3935	0.3914	0.4613	0.4959	0.4398	0.4422	0.5997	0.6798	0.6846	0.6779	0.5659
2558	0.4694	0.4622	0.4506	0.4525	0.5371	0.6059	0.4067	0.6865	0.6841	0.7270	0.6952	0.5969
2559	0.4431	0.3755	0.3476	0.3540	0.4183	0.4397	0.5802	0.5157	0.6550	0.7178	0.6886	0.6001
2560	0.5343	0.4091	0.3667	0.4094	0.5093	0.5159	0.5404	0.5895	0.6358	0.7304	0.6671	0.5845
2561	0.5223	0.4490	0.4505	0.4794	0.5928	0.5458	0.3290	0.4807	0.6364	0.6852	0.6330	0.5675
2562	0.5187	0.4140	0.3738	0.4003	0.5411	0.5608	0.5189	0.4462	0.6844	0.6763	0.6246	0.4900
2563	0.4320	0.3825	0.3719	0.4131	0.4688	0.5846	0.6120	0.6486	0.6570	0.7362	0.7121	0.6289
2564	0.5955	0.5316	0.5225	0.6134	0.6415	0.6376	0.6056	0.6801	0.7117	0.7758	0.7370	0.5849
2565	0.3094	0.5440	0.5672	0.5410	0.5424	0.5223	0.4953	0.5769	0.6573	0.7213	0.6868	0.5882

ที่มา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ภาคผนวกที่ 2

Code คำสั่งภาษา R

```
ibrary(xgboost) #for fitting the xgboost model
library(caret)   #for general data preparation and model fitting
setwd("C:/Users/cassava")
getwd()
my_data<- read.csv("C:/Users/cassava/data.csv", header = TRUE)
head(my_data)
#split into training (80%) and testing set (20%)
set.seed(200)
parts = createDataPartition(my_data$Y2, p = .7, list = F)
train_data = my_data[parts, ]
test_data = my_data[-parts, ]
str(train_data)
str(test_data)
gbmGrid<-  expand.grid(max_depth = c(1, 2, 3, 4, 5),
nrounds = c(500,1000,1500,2000,2500,3000),     # number of trees
                       # default values below
                       eta = 0.4, #0.5 ,1
                       gamma = 0.4, #0.5 ,1
                       subsample = 0.4, #0.5 ,1
min_child_weight = 1, #1,2,3
colsample_bytree = 0.4) #0.5 ,1
train_control = trainControl(method = "cv", number = 3,
verboseIter = TRUE,
allowParallel = TRUE)
xgb_tune = train(x= train_data [,-88],
                 y= train_data [,88],
trControl = train_control,
tuneGrid = gbmGrid,
                 method = "xgbTree",
                 verbose = TRUE)
xgb_tune
xgb_tune$bestTune
predict(xgb_tune,test_data)
xgb.pred = predict(xgb_tune,test_data)
mse = mean((test_data$Y2 - xgb.pred)^2)
mse
mae = caret::MAE(test_data$Y2, xgb.pred)
mae
rmse = caret::RMSE(test_data$Y2, xgb.pred)
rmse
library(forecast)
forecast(xgb.pred,h=1)
```

ภาพภาคผนวกที่ 1 Code คำสั่งภาษา R เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน ด้วยอัลกอริทึม XGBoost

ภาคผนวกที่ 3

Output จากคำสั่งภาษา R

max_depth	nrounds	RMSE	Rsquared	MAE
3	100	314.2049	0.423092	266.6881
3	200	278.497	0.5357435	243.6048
3	300	271.949	0.5991445	196.0078
3	400	261.7212	0.6165131	209.3218
3	500	252.1926	0.5991156	195.2346
3	600	229.5725	0.650969	183.6984
4	100	346.5847	0.315633	316.9491
4	200	310.5024	0.413133	265.676
4	300	325.5446	0.4377417	269.6547
4	400	297.1865	0.4881896	236.5536
4	500	284.6274	0.5725891	215.2966
4	600	279.4707	0.5492796	234.5495
5	100	335.4461	0.4614869	287.4244
5	200	316.9911	0.4688461	264.6423
5	300	321.8437	0.3973738	262.3064
5	400	304.8015	0.4982507	243.624
5	500	285.0657	0.5166233	232.431
5	600	293.9734	0.534415	231.8421
6	100	327.2036	0.5682215	291.0463
6	200	283.6557	0.6049393	224.6726
6	300	279.8129	0.6077954	228.1942
6	400	296.0143	0.5940273	221.176
6	500	280.7562	0.6058953	216.8658
6	600	285.7123	0.5861312	213.4774

```
> xgb_tune$bestTune
  nrounds max_depth eta gamma colsample_bytree
6     600         3 0.2   0.2              0.2
  min_child_weight subsample
6                2       0.2
> predict(xgb_tune,test_data)
[1] 3474.825 3408.865 3684.747 3463.863
>
```

ภาพภาคผนวกที่ 2 ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดนครราชสีมา

max_depth	nrounds	RMSE	Rsquared	MAE
3	100	187.1435	0.741338	163.9804
3	200	173.8324	0.73932	155.5525
3	300	184.0377	0.721753	167.9426
3	400	195.6193	0.704042	175.0607
3	500	197.3764	0.683547	174.3202
3	600	194.7739	0.685719	170.1374
4	100	205.1066	0.618617	165.9939
4	200	193.7983	0.696449	165.3817
4	300	175.727	0.737701	145.2298
4	400	190.1608	0.745636	154.9858
4	500	178.2445	0.753461	148.2628
4	600	189.0716	0.749769	159.9024
5	100	214.6636	0.61422	187.7201
5	200	207.059	0.568525	166.4786
5	300	206.2348	0.596626	175.3195
5	400	207.6355	0.604594	170.0946
5	500	202.7117	0.623474	165.9264
5	600	197.7461	0.644663	165.4139
6	100	219.8244	0.533504	186.9122
6	200	201.6638	0.608494	175.465
6	300	201.5757	0.610541	178.6834
6	400	212.0689	0.598844	186.0053
6	500	212.5336	0.591301	187.8392
6	600	223.8543	0.569153	195.1424

```
> xgb_tune$bestTune
  nrounds max_depth eta gamma colsample_bytree
2     200         3 0.4   0.4              0.3
  min_child_weight subsample
2                3       0.4
> predict(xgb_tune,test_data)
[1] 3379.273 3171.994 3488.452 3248.136
>
```

ภาพภาคผนวกที่ 3 ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดชัยภูมิ

max_depth	nrounds	RMSE	Rsquared	MAE
2	50	379.0905	0.708545	331.936
2	100	440.3882	0.805003	396.1414
2	150	445.6006	0.917621	408.4191
2	200	430.2083	0.950222	391.2917
2	250	416.1387	0.926787	382.6288
2	300	485.6781	0.908025	435.6003
3	50	366.6116	0.956668	318.2803
3	100	371.1267	0.948715	349.4463
3	150	363.3128	0.784131	332.7363
3	200	368.831	0.852375	344.7262
3	250	358.3945	0.929332	331.1777
3	300	372.0878	0.845756	353.3196
4	50	382.7663	0.697976	355.2023
4	100	356.8278	0.813926	341.375
4	150	329.335	0.822201	309.4898
4	200	339.8884	0.790248	325.7194
4	250	307.0867	0.786591	281.2257
4	300	344.6478	0.846613	323.6945
5	50	363.5284	0.68608	348.3601
5	100	367.211	0.773819	351.336
5	150	433.7237	0.810451	413.3187
5	200	479.7273	0.767751	444.7052
5	250	474.1915	0.773884	450.065
5	300	455.5558	0.80554	440.1842

```
> xgb_tune$bestTune
   nrounds max_depth eta gamma colsample_bytree
23     250         4 0.3   0.2              0.1
   min_child_weight subsample
23                1       0.1
>
>
>
> predict(xgb_tune,test_data)
[1] 3494.281 3365.982 3212.410 3480.546
>
```

ภาพภาคผนวกที่ 4 ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดกำแพงเพชร

max_depth	nrounds	RMSE	Rsquared	MAE
1	50	253.8922	0.82986	240.4841
1	100	278.5007	0.880135	262.8224
1	150	292.834	0.855004	276.6866
1	200	279.7423	0.84557	251.7347
1	250	268.9285	0.860375	243.6157
1	300	281.97	0.853673	258.4139
2	50	250.5592	0.686999	222.1286
2	100	275.9874	0.759957	249.9664
2	150	277.2882	0.771039	245.1626
2	200	281.8595	0.772082	251.2905
2	250	277.6277	0.741536	245.6515
2	300	275.3326	0.743244	242.8531
3	50	257.1777	0.803498	227.3003
3	100	260.8009	0.794275	225.624
3	150	260.9841	0.725713	227.9895
3	200	265.3436	0.704458	228.6856
3	250	273.5316	0.747388	236.3083
3	300	272.7513	0.753801	236.0706
4	50	294.943	0.689204	263.1744
4	100	318.5013	0.825509	287.8545
4	150	341.8024	0.725316	301.9484
4	200	345.3868	0.724827	303.7021
4	250	354.0923	0.733753	313.6746
4	300	353.4836	0.70057	312.5056

```
> xgb_tune$bestTune
  nrounds max_depth eta gamma colsample_bytree
7      50         2 0.3   0.1              0.3
  min_child_weight subsample
7                1       0.2
>
>
>
> predict(xgb_tune,test_data)
[1] 3418.956 3187.061 3409.223 3422.409
>
```

ภาพภาคผนวกที่ 5 ค่า RMSE R Square และ MAE ที่ได้การปรับไฮเปอร์พารามิเตอร์ของอัลกอริทึม XGBoost เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่มันสำปะหลังโรงงาน จังหวัดกาญจนบุรี