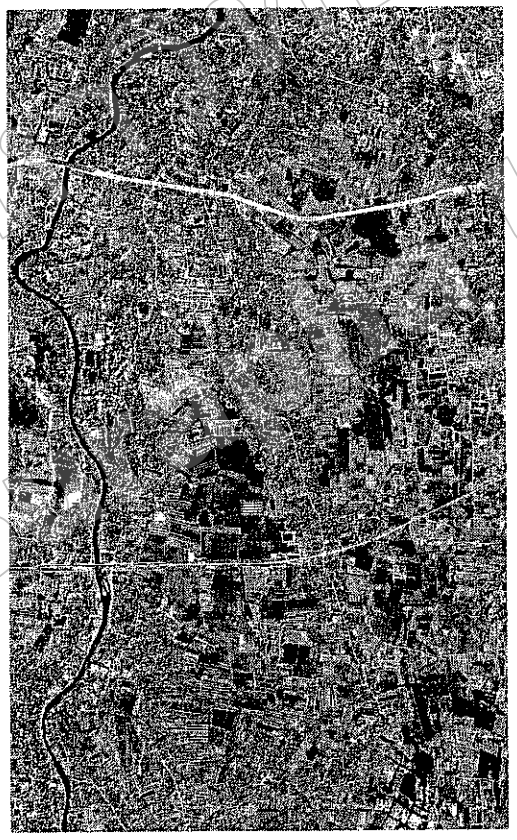
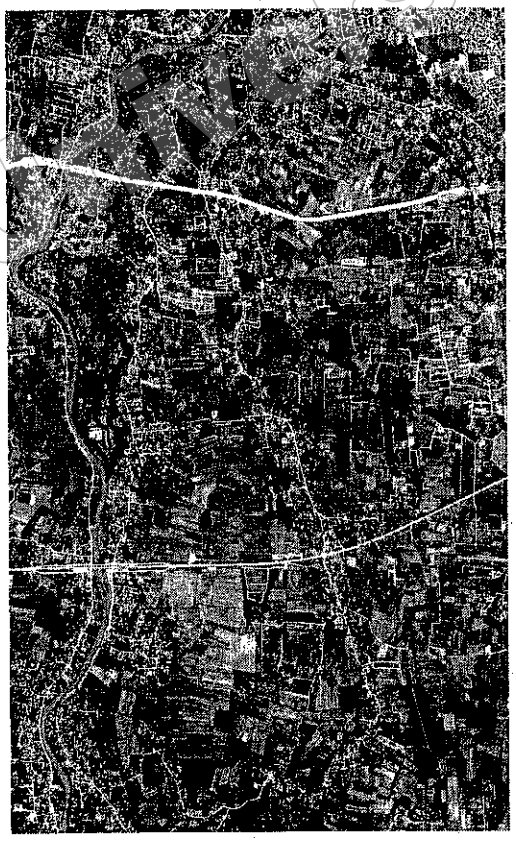
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลของการปรับภาพถ่ายดาวเทียม (Pan-Sharpen)

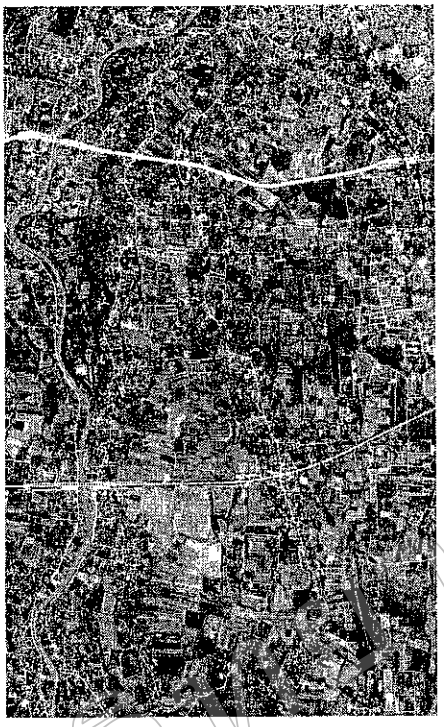
จากการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS บริเวณ ต.ท่าวังตาล อ.สารภี จ.เชียงใหม่ บันทึกเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2547 ประกอบไปด้วย 5 ช่วงคลื่นคือ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น มีความละเอียด 1 เมตร, ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน, ช่วงคลื่นสีเขียว, ช่วงคลื่นสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีความละเอียดภาพ 4 x 4 เมตร (ภาพที่ 11 ถึง 15) มาผ่านกระบวนการ Fusion ซึ่งจะทำให้ได้ภาพดาวเทียมสีที่มีความละเอียดสูง สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ดีขึ้น เพื่อใช้ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง และสะดวกในการแปลพื้นที่ปลูกลำไย



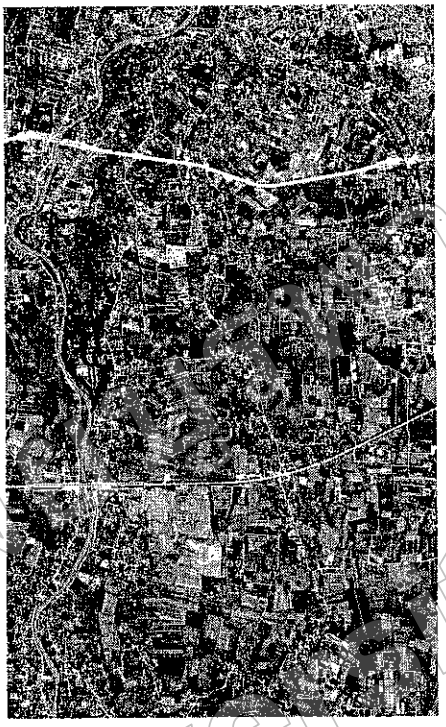
ภาพที่ 11 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS
ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น



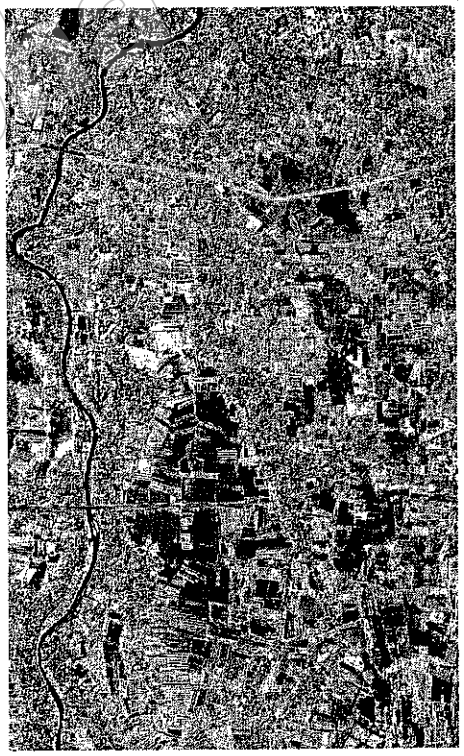
ภาพที่ 12 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS
ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 13 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS
ช่วงคลื่นสีเขียว

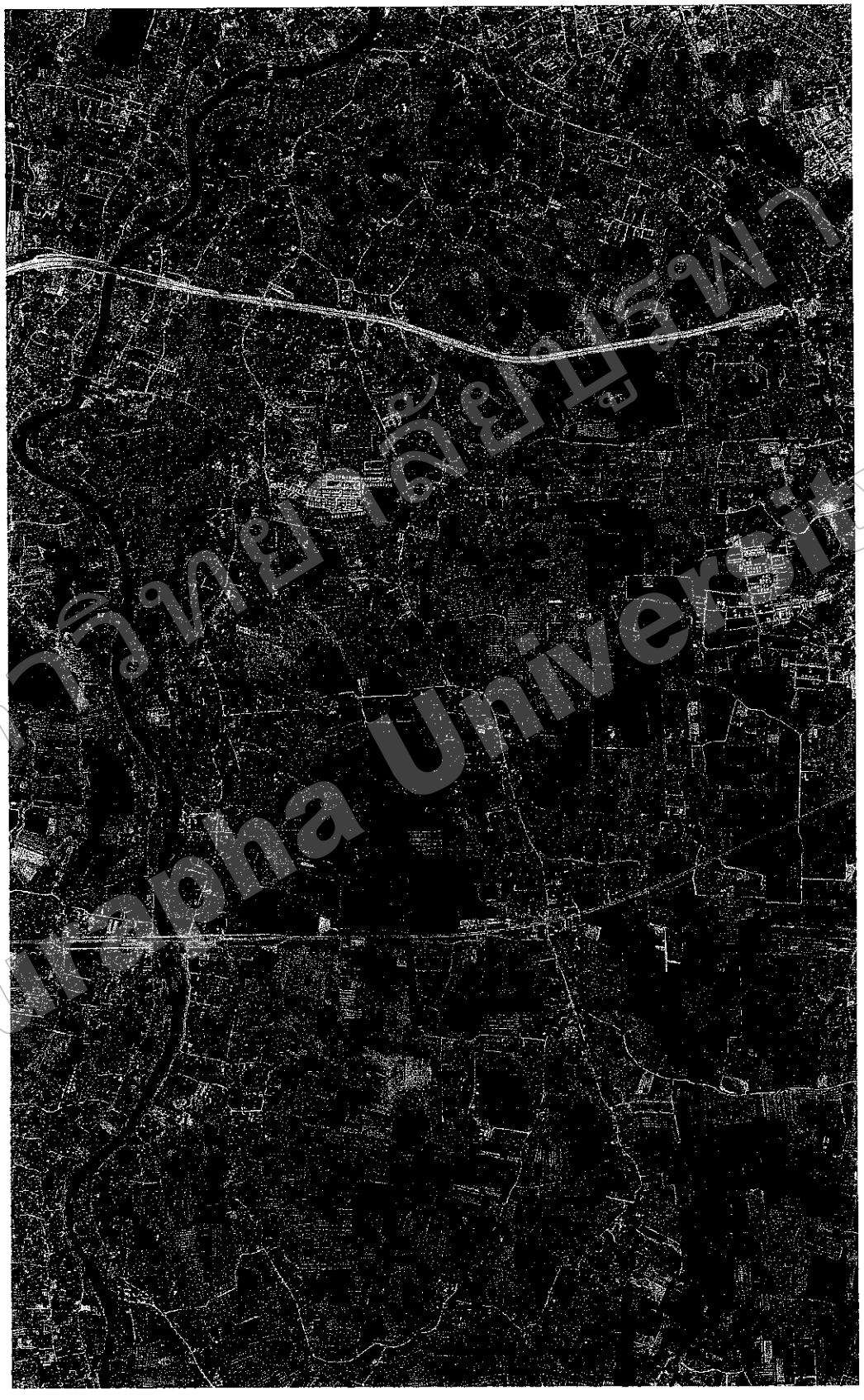


ภาพที่ 14 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS
ช่วงคลื่นสีแดง



ภาพที่ 15 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 16 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ที่ทำ Pan-Sharpen แล้ว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลของการแปลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

นำภาพที่ได้จากการทำ Pan-Sharpen (ภาพที่ 16) แล้วมา Digitize ในโปรแกรม TNTmips V.7.2 เพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่าง 40 ตัวอย่าง(ภาพที่ 17) โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ดุลยพินิจของผู้วิจัยในการกำหนดสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างที่จะมาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากร แบ่งออกเป็น กลุ่มที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ที่ไม่ใช่ลำไย ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง ไม้ยืนต้น นาข้าว ที่ว่างเปล่า ถนน และแหล่งน้ำ จำนวนอย่างละ 2 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ปลูกลำไย ซึ่งสามารถมองเห็นต้นลำไยได้อย่างชัดเจน โดยจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ ลำไยอายุน้อยกว่า 5 ปี จำนวน 4 ตัวอย่าง ลำไยอายุ 5 – 15 ปี จำนวน 10 ตัวอย่าง ลำไยอายุ 16 – 25 ปี จำนวน 10 ตัวอย่าง และลำไยอายุมากกว่า 25 ปี จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยนำขอบเขตพื้นที่ตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศและขอบเขตการปกครองด้วย แบ่งสีตามพื้นที่ตัวอย่าง ดังนี้

แสดงบริเวณสิ่งปลูกสร้าง

แสดงบริเวณไม้ยืนต้น

แสดงบริเวณนาข้าว

แสดงบริเวณที่ว่างเปล่า

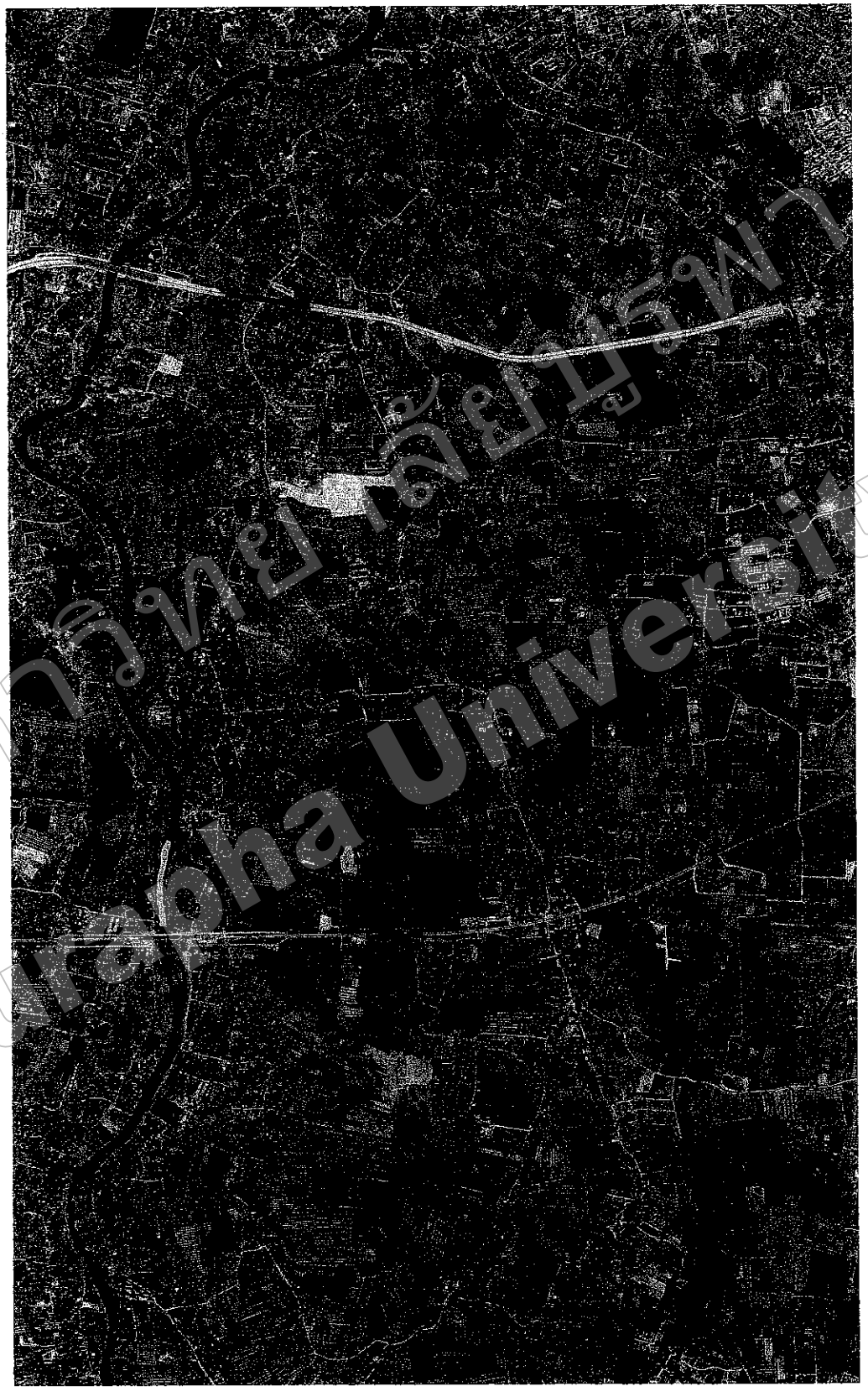
แสดงบริเวณถนน

แสดงบริเวณแหล่งน้ำ

แสดงบริเวณลำไย

เมื่อทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแล้วพบว่า ขอบเขตพื้นที่ที่ไม่ใช่ลำไยมีเนื้อที่ 161.48 ไร่ ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง 32.91 ไร่ ไม้ยืนต้น 12.22 ไร่ นาข้าว 93.19 ไร่ ที่ว่างเปล่า 5.12 ไร่ ถนน 7.18 ไร่ แหล่งน้ำ 10.86 ไร่ (ตารางที่ 3) และขอบเขตพื้นที่ที่ปลูกลำไยมีเนื้อที่ 85.64 ไร่ ซึ่งคิดเป็น 10% ของพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมดในบริเวณตำบลท่าวังตาล ประกอบด้วย ลำไยอายุน้อยกว่า 5 ปี 12.07 ไร่ ลำไยอายุ 5 – 15 ปี 36.07 ไร่ ลำไยอายุ 16 – 25 ปี 32.66 ไร่ และลำไยอายุมากกว่า 25 ปี 4.84 ไร่ (ตารางที่ 4)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

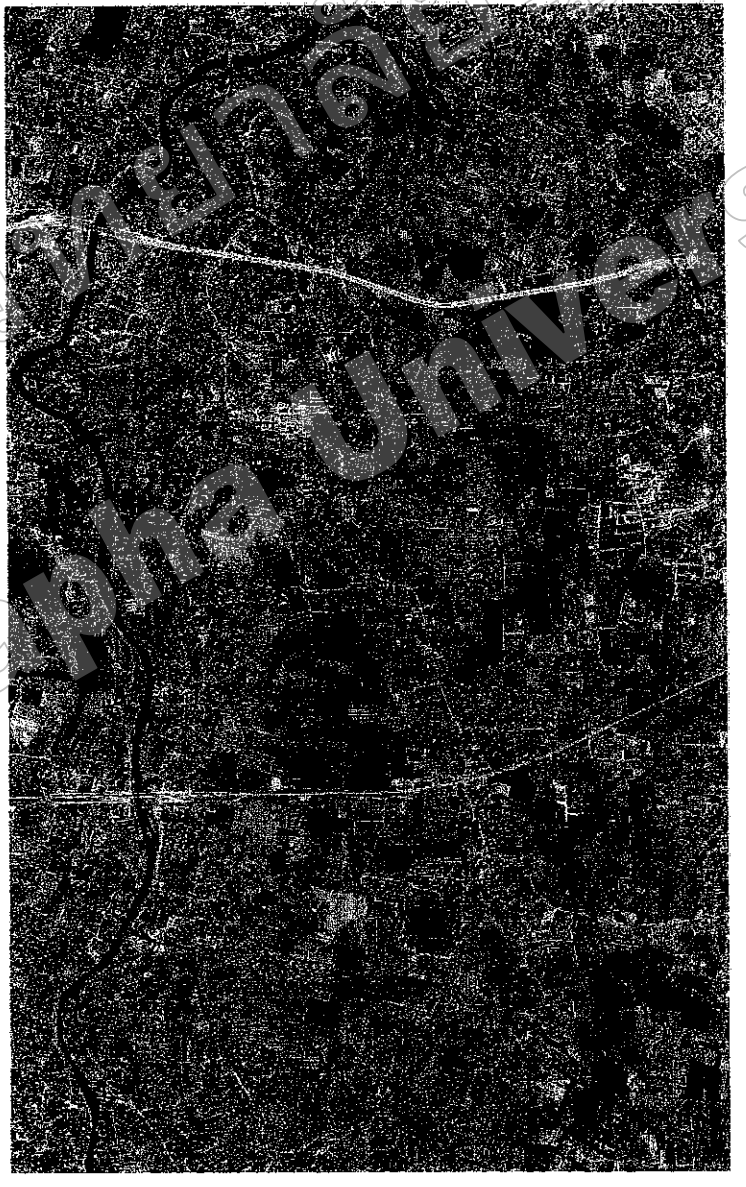


ภาพที่ 17 พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจำนวน 40 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการตรวจสอบข้อมูลภาคสนาม

จากการตรวจสอบขอบเขตการปกครองของตำบลท่าวังตาล กับการสำรวจภาคพื้นดิน ปรากฏว่าต้องทำการลากขอบเขตการปกครองของตำบลท่าวังตาลใหม่โดยอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้จากองค์การบริหารส่วนตำบลท่าวังตาลเป็นหลัก (ภาพที่ 18) และตรวจสอบข้อมูล40 กลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ทำการ Digitize ไว้ โดยเก็บข้อมูลรายละเอียดในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พิกัดของแปลงตัวอย่าง (จุดกึ่งกลางแปลง) เนื้อที่ยืนต้น จำนวนต้นที่ให้ผล พันธุ์ที่ใช้ปลูก อายุของต้นลำไย พร้อมทั้งสอบถามเกษตรกรถึงค่าผลผลิตต่อไร่ ที่เกษตรกรได้ทำการเพาะปลูกลำไยในปี 2547 (ตารางที่ 3 และ 4)



ภาพที่ 18 ขอบเขตตำบลท่าวังตาล (สีแดง) ที่ตรวจสอบกับภาคพื้นดิน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี

ในการหาค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี จะใช้โปรแกรม IDRISI มาคำนวณ โดยนำภาพดาวเทียม IKONOS ช่วงคลื่นสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่ง 2 ช่วงคลื่นนี้ มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องการจำแนกพืชพรรณ มาคำนวณตามสูตร 4 วิธี

จากนั้นเมื่อทำการคำนวณแล้ว จะได้ภาพที่มีค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี (ภาพที่ 19, 22, 25, 28) โดยนำขอบเขตของกลุ่มตัวอย่าง 40 ตัวอย่างมาซ้อนทับ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณแต่ละตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทข้อมูลคือ กลุ่มที่ไม่ใช่ลำไย ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง ไม้ยืนต้น นาข้าว (ช่วงเวลาที่ทำวิจัยอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน 2547 ซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มปลูกข้าว ค่าสะท้อนแสงจึงมีค่าเป็นลบ) ที่ว่างเปล่า ถนน และแหล่งน้ำ (ตารางที่ 3) รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ส่วนกลุ่มที่เป็นลำไยประกอบด้วย ลำไยอายุน้อยกว่า 5 ปี ลำไยอายุ 5- 15 ปี ลำไยอายุ 16 - 25 ปี และลำไยอายุมากกว่า 25 ปี (ตารางที่ 4) รวมทั้งหมด 28 ตัวอย่าง

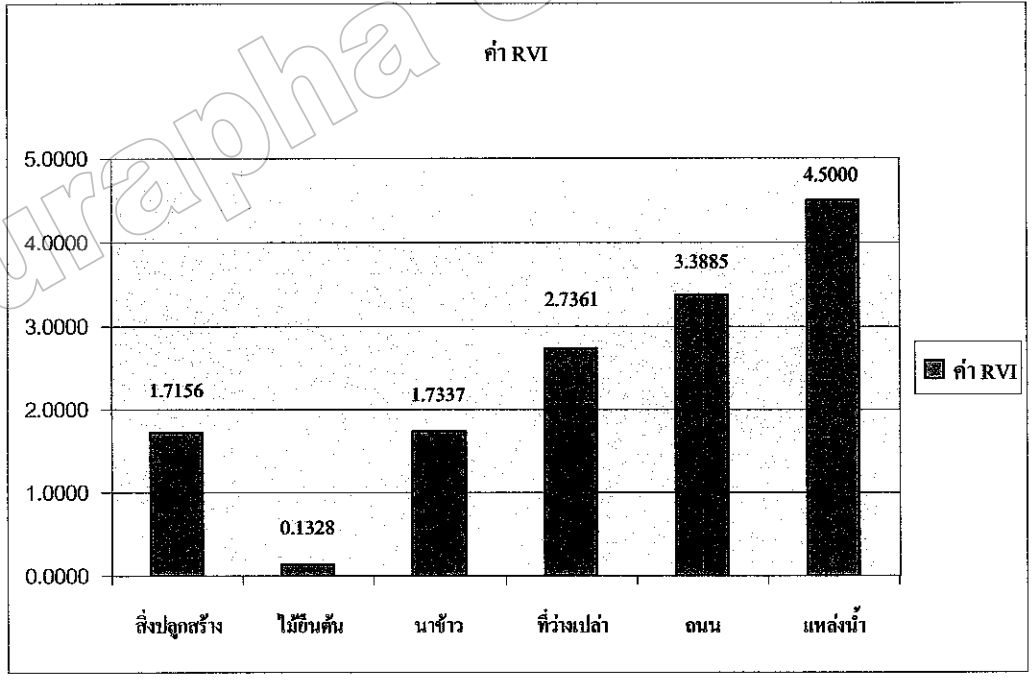
1. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI (Ratio Vegetation Index) เป็นการศึกษาค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณด้วยสูตร RVI พบว่าภาพที่ออกมา (ภาพที่ 19) สามารถจำแนกรายละเอียดของพื้นที่ประเภทต่างๆ ได้ลำบากมาก โดยจะพบ 3 สีหลัก ดังนี้ สีแดง เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ลำไย สีดำ เป็นกลุ่มตัวอย่างของลำไย และต้นไม้บางส่วน สีสุดท้ายคือสีเหลือง คือ แม่น้ำปิง จากนั้นนำค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มา ทำการ Plot กราฟ แบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มที่ไม่ใช่ลำไย (ภาพที่ 20) โดยมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI เป็นแนวแกนตั้ง และ ประเภทข้อมูล 6 ประเภท เป็นแนวแกนนอน ซึ่งจากการ Plot กราฟแล้ว สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มข้อมูลที่ไม่ใช่ลำไยจะมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง 0.1328 ถึง 4.50 ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง มีค่า 1.7156 ไม้ยืนต้น มีค่า 0.1328 นาข้าว มีค่า 1.7337 ที่ว่างเปล่า มีค่า 2.7361 ถนน มีค่า 3.3885 และแหล่งน้ำ มีค่า 4.50 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่า ข้อมูลอื่นๆ ที่นอกเหนือจากไม้ยืนต้นจะมีค่ามากกว่า 1 แต่ไม้ยืนต้น จะมีค่าน้อยกว่า 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่เป็นลำไย โดยมีการ Plot กราฟระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI เป็นแนวแกนตั้ง กับประเภทข้อมูลลำไย เป็นแนวแกนนอน (ภาพที่ 21) แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI นี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.2031 ถึง 0.6967 โดยลำไยช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี ลำไยอายุ 5 – 15 ปี ลำไยอายุ 16 – 25 ปี ลำไยอายุมากกว่า 25 ปี มีค่า 0.6967, 0.4930, 0.2850 และ0.2031 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า ลำไยที่มีอายุมาก จะมีค่าดัชนีพืชพรรณน้อย ส่วนลำไยที่มีอายุน้อย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณมาก

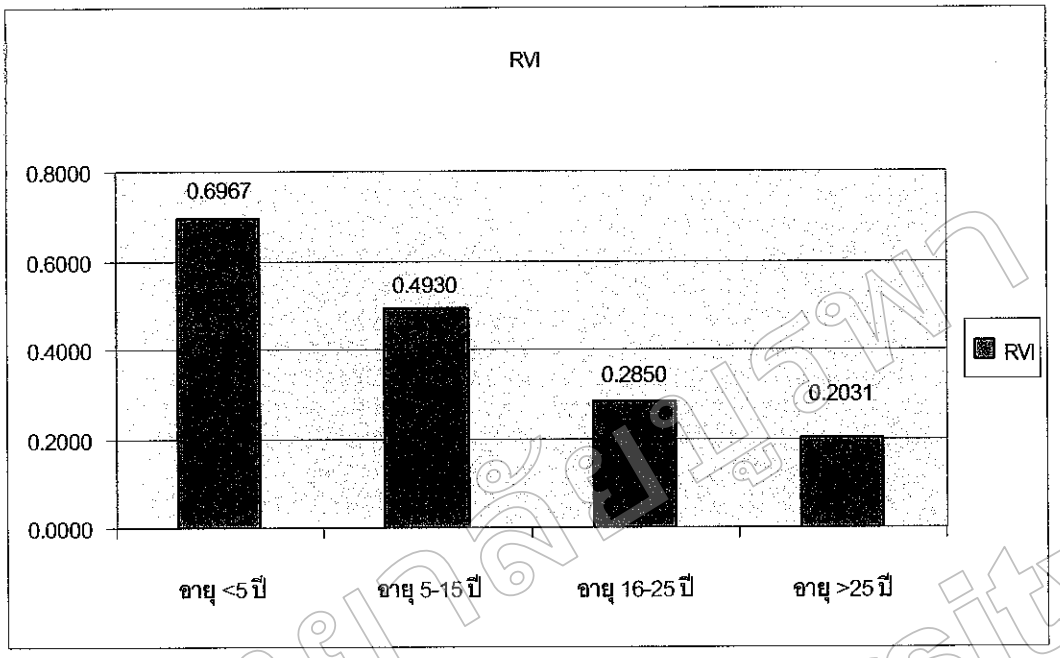
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 19 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ RVI



ภาพที่ 20 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ RVI ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ลำไยจำนวน 6 ประเภทข้อมูล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 21 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ RVI ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลำไย จำนวน 4 ประเภทข้อมูล

2. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) เป็นการศึกษาค่าอัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

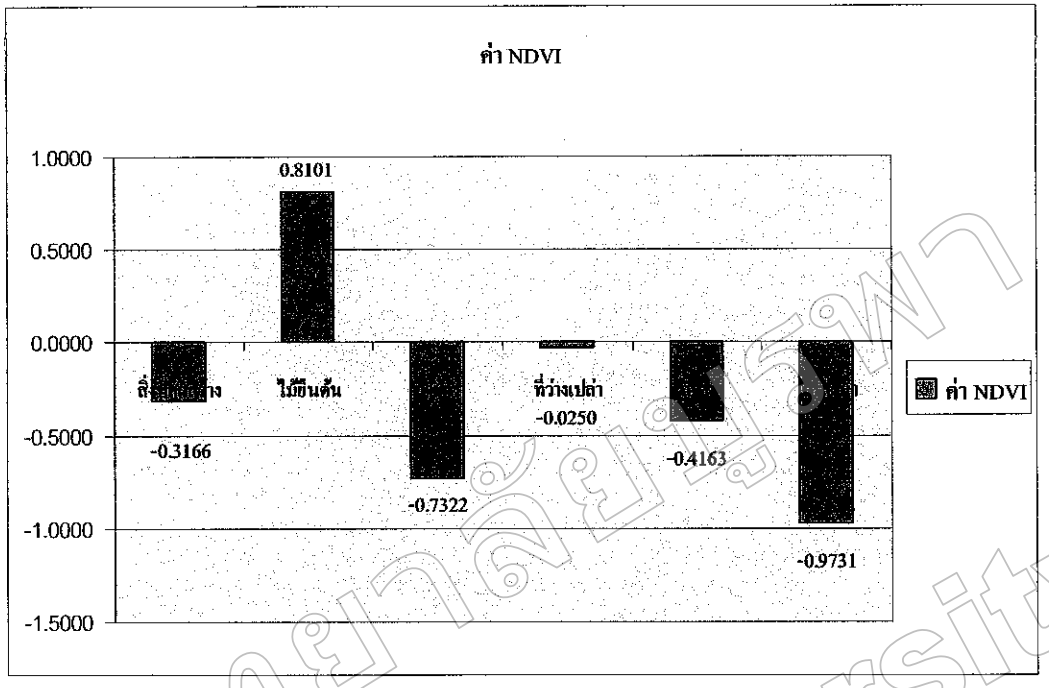
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณด้วยสูตร NDVI พบว่าภาพที่ออกมา (ภาพที่ 22) สามารถจำแนกรายละเอียดของพื้นที่ประเภทต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีสีที่แตกต่างกันมาก โดยสีเขียวจะเป็นสีของพืชพรรณ สีน้ำตาล เป็นสีของนาข้าว และสีน้ำตาลเข้มปนดำ เป็นแหล่งน้ำ แล้วนำค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มา ทำการ Plot กราฟ แบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มที่ไม่ใช่ลำไย (ภาพที่ 23) โดยมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI เป็นแนวแกนตั้ง และ ประเภทข้อมูล 6 ประเภทเป็นแนวแกนนอน ซึ่งจากการ Plot กราฟแล้ว สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มข้อมูลที่ไม่ใช่ลำไย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง -0.973 ถึง 0.8101 ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง มีค่า -0.3166 ไม้ยืนต้น มีค่า 0.8101 นาข้าว มีค่า -0.7322 ที่ว่างเปล่า มีค่า -0.0250 ถนน มีค่า -0.4163 และแหล่งน้ำ มีค่า -0.9731 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่า ข้อมูลอื่นๆ ที่นอกเหนือจากไม้ยืนต้นจะมีค่าติดลบ แต่ไม้ยืนต้น จะมีค่า เป็น

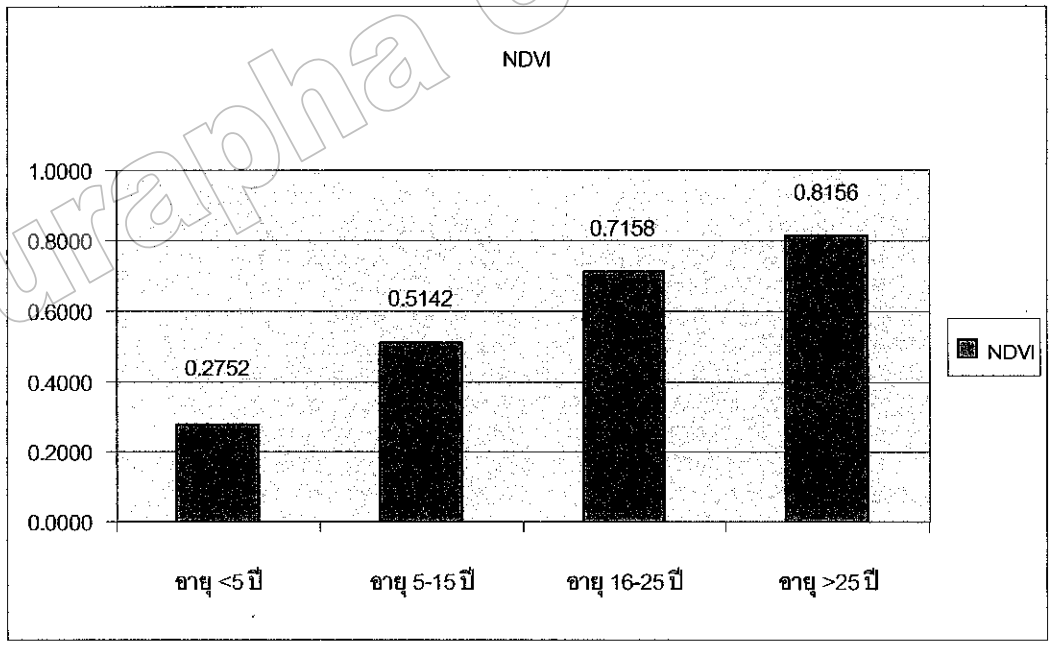
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บวก ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่เป็นลำไย โดยมีการ Plot กราฟระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI เป็นแนวแกนตั้ง กับประเภทข้อมูลช่วงอายุลำไย เป็นแนวแกนนอน (ภาพที่ 24) แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI นี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.2752 ถึง 0.8156 โดยลำไยช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี ลำไยอายุ 5 – 15 ปี ลำไยอายุ 16 – 25 ปี ลำไยอายุมากกว่า 25 ปี มีค่า 0.2752, 0.5142, 0.7158 และ0.8156 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า ลำไยที่มีอายุมาก จะมีค่าดัชนีพืชพรรณมาก ส่วนลำไยที่มีอายุน้อย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณน้อย

ภาพที่ 22 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ NDVI



ภาพที่ 23 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ NDVI ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ลำไยจำนวน 6 ประเภทข้อมูล



ภาพที่ 24 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ NDVI ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลำไย จำนวน 4 ประเภทข้อมูล

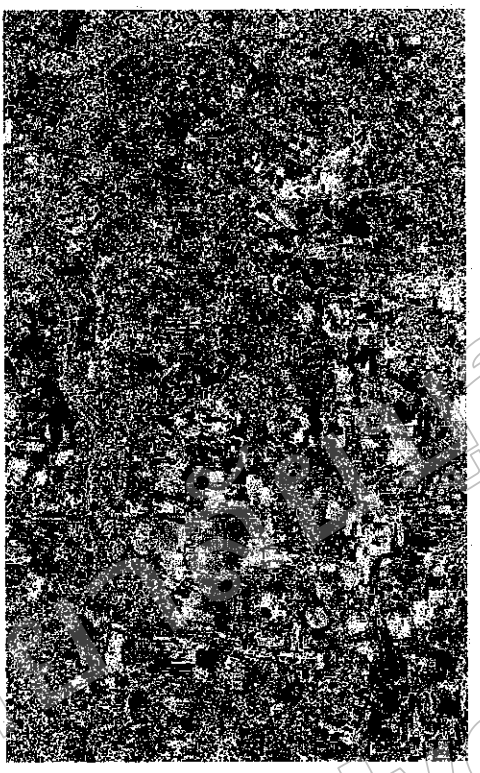
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) เป็นการศึกษาค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีสูตรดังนี้

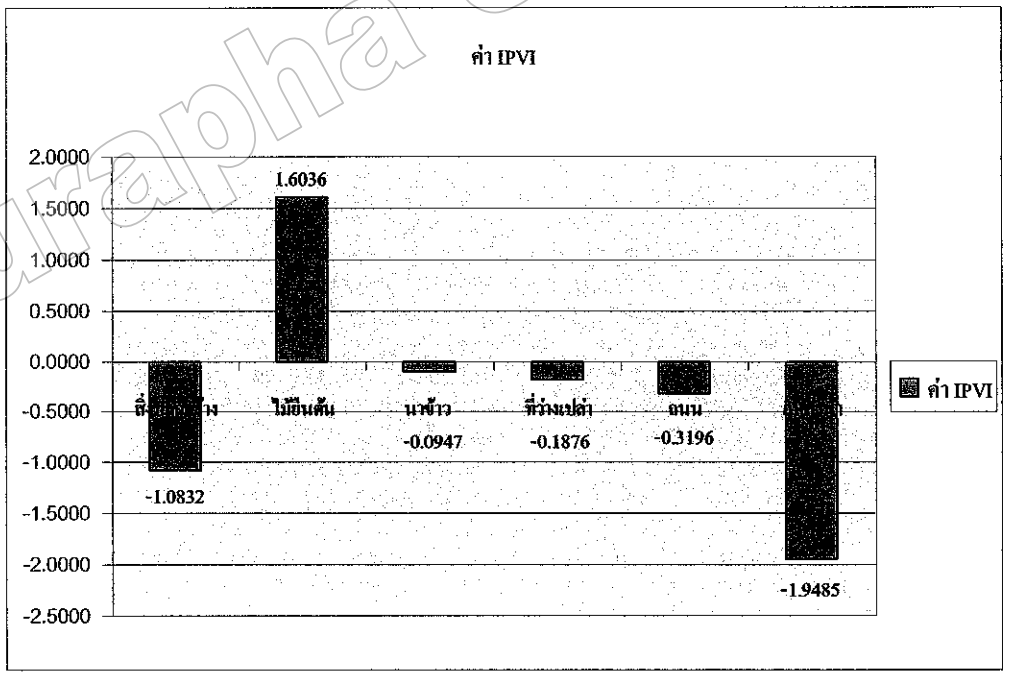
$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + RED}$$

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณด้วยสูตร IPVI พบว่าภาพที่ออกมา (ภาพที่ 25) สามารถจำแนกรายละเอียดของพื้นที่ประเภทต่างๆ ได้ดีกว่าภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI โดยสีเขียวจะเป็นสีของนาข้าว และแหล่งน้ำ สีน้ำตาลปนแดง จะเป็นสีของลำไย และไม้ยืนต้น แล้วนำค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มา ทำการ Plot กราฟ แบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มที่ไม่ใช่ลำไย (ภาพที่ 26) โดยมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI เป็นแนวแกนตั้ง และ ประเภทข้อมูล 6 ประเภท เป็นแนวแกนนอน ซึ่งจากการ Plot กราฟแล้ว สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มข้อมูลที่ไม่ใช่ลำไย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง -1.9485 ถึง 1.6036 ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง มีค่า -1.0832 ไม้ยืนต้น มีค่า 1.6036 นาข้าว มีค่า -0.0947 ที่ว่างเปล่า มีค่า -0.1876 ถนน มีค่า -0.3196 และแหล่งน้ำ มีค่า -1.9485 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่า ข้อมูลอื่นๆ ที่นอกเหนือจากไม้ยืนต้นจะมีค่าติดลบ แต่ไม้ยืนต้น จะมีค่า เป็นบวก ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่เป็นลำไย โดยมีการ Plot กราฟระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI เป็นแนวแกนตั้ง กับประเภทข้อมูลช่วงอายุลำไย เป็นแนวแกนนอน (ภาพที่ 27) แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI นี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.1541 ถึง 0.4137 โดยลำไยช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี ลำไยอายุ 5 – 15 ปี ลำไยอายุ 16 – 25 ปี ลำไยอายุมากกว่า 25 ปี มีค่า 0.1541, 0.2557, 0.3513 และ0.4137 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า ลำไยที่มีอายุมาก จะมีค่าดัชนีพืชพรรณมาก ส่วนลำไยที่มีอายุน้อย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณน้อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

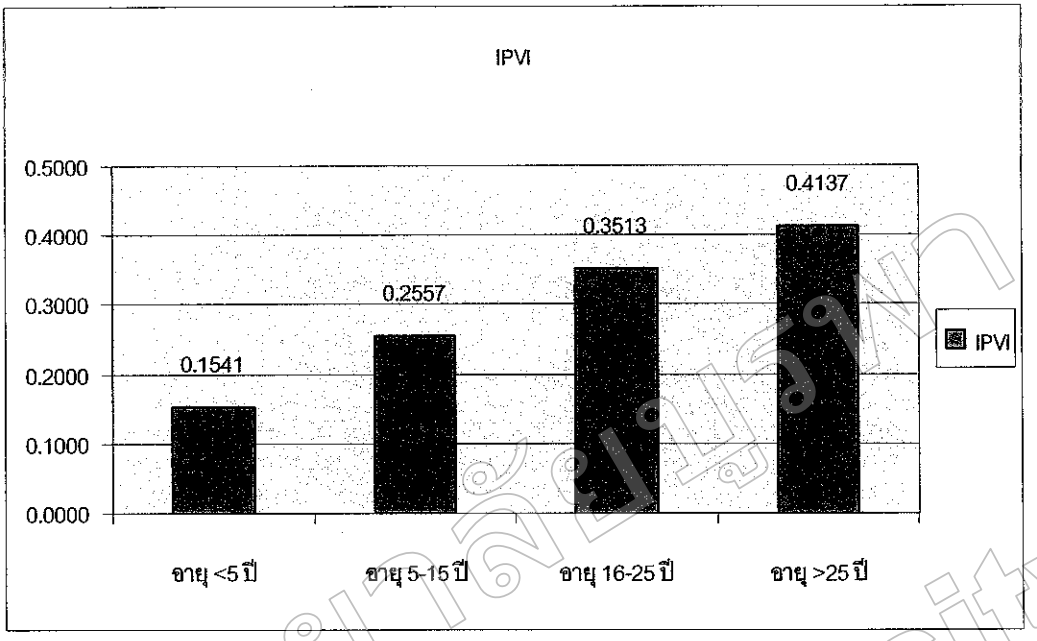


ภาพที่ 25 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ IPVI



ภาพที่ 26 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ IPVI ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ลำไยจำนวน 6 ประเภทข้อมูล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 27 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ IPVI ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลำไย จำนวน 4 ประเภทข้อมูล

4. ค่าดัชนีพืชพรรณโดยใช้สูตร SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) เป็นการ ค่าดัชนีพืชที่ถูกปรับแก้ ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน มีสูตรดังนี้

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} x(1+L)$$

แต่เนื่องจากสูตร SAVI จะมีปัจจัยค่าการปกคลุมพืชผลเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่ง L มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ผู้วิจัยจึงทำการจัดลำดับค่าการปกคลุมพืชผลของต้นลำไย ดังนี้ กำหนดให้ค่า L = 1 เมื่อลำไยมีอายุน้อยกว่า 5 ปี แสดงให้เห็นว่าเมื่อลำไยต้นเล็กจะมีพืชที่ปกคลุมดินอยู่น้อย ทำให้เห็นพื้นดินมาก ค่า L = 0.75 เมื่อลำไยอายุระหว่าง 5 ถึง 15 ปี ซึ่งแสดงถึงค่าการปกคลุมพืชผลที่มีมากขึ้น ค่า L = 0.5 เมื่อลำไยอายุระหว่าง 16 ถึง 25 ปี และค่า L = 0.25 เมื่อลำไยมีอายุมากกว่า 25 ปี แสดงให้เห็นว่าลำไยมีค่าการปกคลุมพืชผลสูงที่สุด

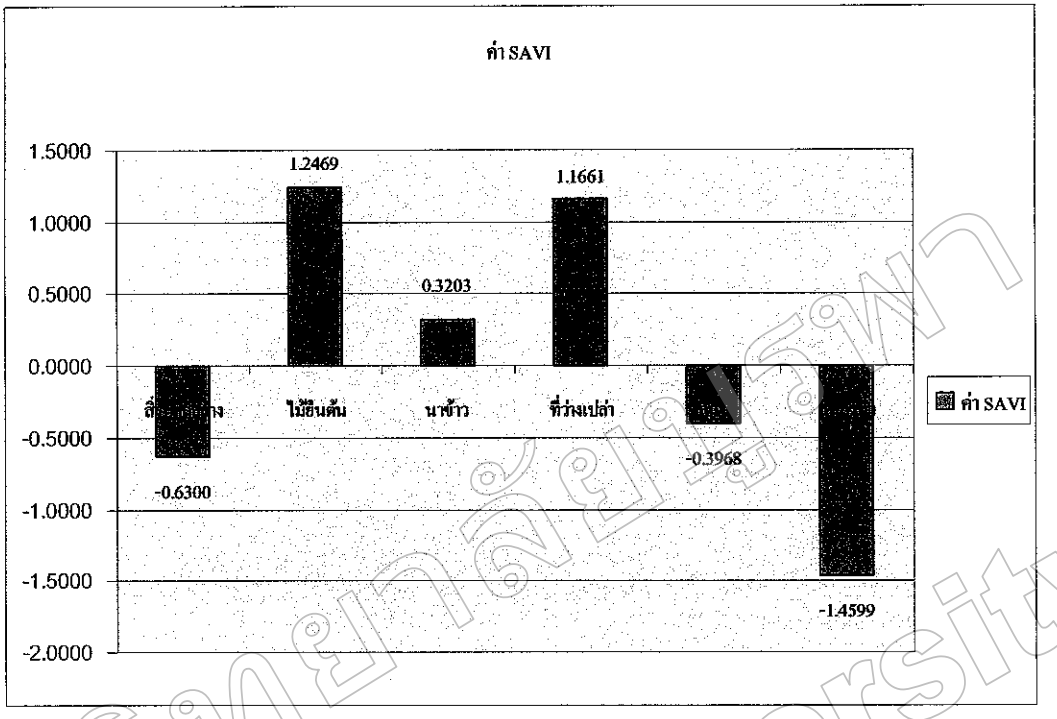
ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณด้วยสูตร SAVI พบว่าภาพที่ออกมา (ภาพที่ 28) จากสูตร SAVI จะมีค่าปัจจัยเกี่ยวกับพืชปกคลุมดิน (L) มีช่วงจาก 0 เป็นค่าที่มีพืชปกคลุมดินที่หนาแน่น ไปจนถึงค่า 1 ซึ่งเป็นค่าพืชปกคลุมดินที่ไม่หนาแน่น โดยในการวิจัยนี้ ใช้ค่า L = 1 เมื่อลำไยมีอายุน้อยกว่า 5 ปี ค่า L = 0.75 เมื่อลำไยอายุระหว่าง 5 ถึง 15 ปี ค่า L = 0.5 เมื่อลำไยอายุระหว่าง 16 ถึง 25 ปี และค่า L = 0.25 เมื่อลำไยมีอายุมากกว่า 25 ปี ลักษณะภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถแบ่งแยกรายละเอียด จากสีของภาพได้ดี เทียบเท่ากับ ภาพที่ได้จากค่าดัชนีพืช

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

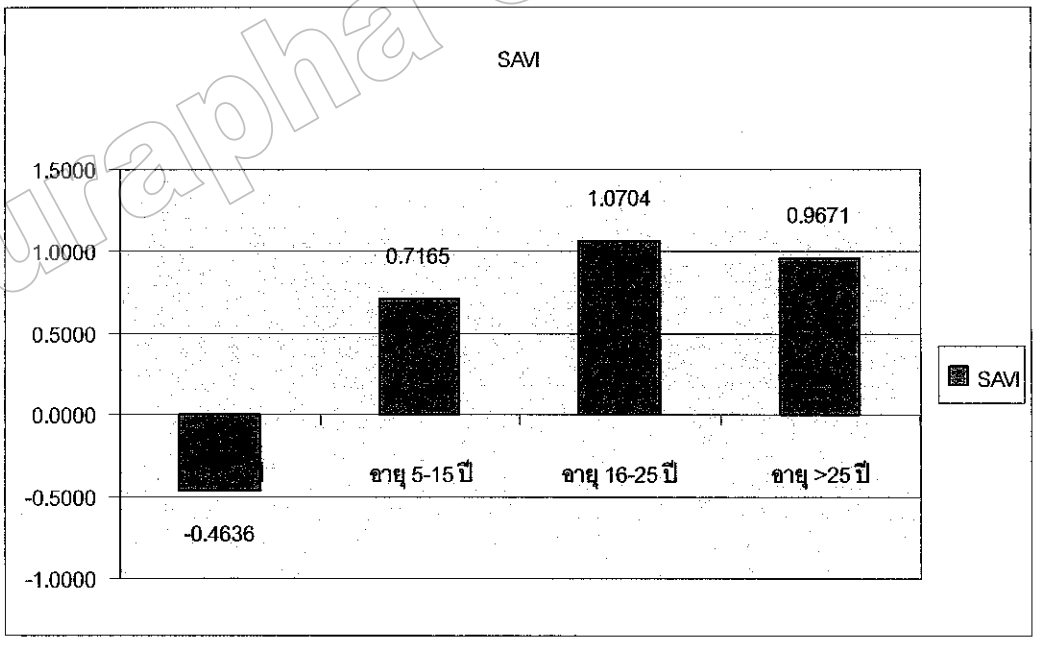
พรรณสูตร NDVI โดยที่ลำไย จะมีสีส้ม และนาข้าว จะมีสีน้ำเงินจนถึงม่วง จากนั้นให้นำค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มา Plot กราฟ แบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มที่ไม่ใช่ลำไย (ภาพที่ 29) โดยมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI เป็นแนวแกนตั้ง และ ประเภทข้อมูล 6 ประเภทเป็นแนวแกนนอน ซึ่งจากการ Plot กราฟแล้ว สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มข้อมูลที่ไม่ใช่ลำไย จะมีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ระหว่าง -1.4599 ถึง 1.2469 ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง มีค่า -0.63 ไม้ยืนต้น มีค่า 1.2469 นาข้าว มีค่า 0.3203 ที่ว่างเปล่า มีค่า 1.1661 ถนน มีค่า -0.3968 และแหล่งน้ำ มีค่า -1.4599 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่า ข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง ถนน แหล่งน้ำ มีค่าเป็นลบ และ ไม้ยืนต้น นาข้าว ที่ว่างเปล่า มีค่าเป็นบวก ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่เป็นลำไย โดยมีการ Plot กราฟระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI กับประเภทข้อมูลลำไย (ภาพที่ 30) แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI นี้จะมีค่าอยู่ในช่วง -0.4636 ถึง 1.0704 โดยลำไยช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี ลำไยอายุ 5 – 15 ปี ลำไยอายุ 16 – 25 ปี ลำไยอายุมากกว่า 25 ปี มีค่า -0.4636, 0.7165, 1.0704 และ0.9671 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าดัชนีพืชพรรณจะแปรผันตามกับผลผลิตของลำไย

ภาพที่ 28 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ SAVI

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



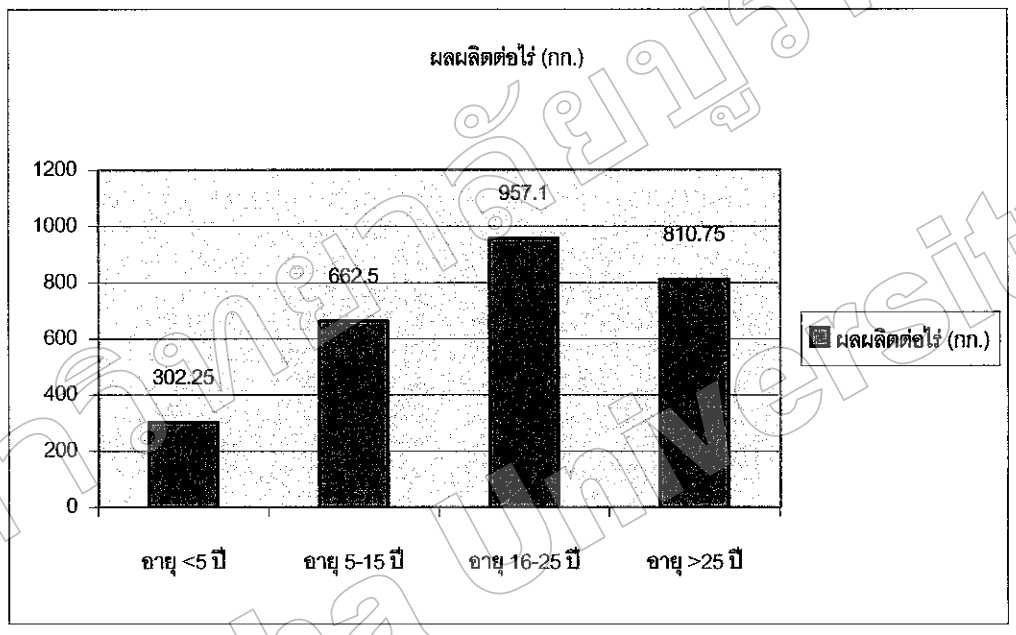
ภาพที่ 29 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ SAVI ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ลำไยจำนวน 6 ประเภทข้อมูล



ภาพที่ 30 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ ด้วยสูตรของ SAVI ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลำไย จำนวน 4 ประเภทข้อมูล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลจากการสำรวจ ทำให้ทราบค่าผลผลิตต่อไร่ เมื่อนำมา plot กับช่วงอายุของลำไย (ภาพที่ 31) จะเห็นว่า ช่วงอายุที่ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด คือ ลำไยอายุ 16-25 ปี เท่ากับ 957.1 กก./ไร่ จากนั้นค่าผลผลิตต่อไร่จะค่อยๆ ลดลง เท่ากับ 810.75 กก./ไร่ ในช่วงอายุที่มากกว่า 25 ปี และอายุ 5-15 ปี มีค่าเท่ากับ 662.5 กก./ไร่ ส่วนลำไยที่ให้ผลผลิตน้อยที่สุด จะอยู่ในช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี มีค่าเท่ากับ 302.25 กก./ไร่



ภาพที่ 31 ผลผลิตต่อไร่ของลำไย ที่จำแนกตามช่วงอายุ

ตารางที่ 3 ประเภทข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง ไม้ยืนต้น นาข้าว ที่ว่างเปล่า ถนน แหล่งน้ำ จำนวนตัวอย่าง พิกัด เนื้อที่ และดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 สูตร

ประเภทข้อมูล	ตัวอย่างที่	พิกัด		เนื้อที่ (ไร่)	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
		E	N					
สิ่งปลูกสร้าง	1	498633	2072283	4.21	1.8274	-0.3013	-1.1475	-0.6644
	2	499348	2071735	28.7	1.6038	-0.3318	-1.0189	-0.5956
	เฉลี่ย				**1.7156**	**-0.3166**	**-1.0832**	**-0.6300**
ไม้ยืนต้น	1	498699	2071854	7.23	0.1195	0.8235	1.5419	1.2396
	2	498745	2071217	4.99	0.1461	0.7966	1.6652	1.2542
	เฉลี่ย				**0.1328**	**0.8101**	**1.6036**	**1.2469**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ตัวอย่างที่	พิกัด		เนื้อที่ (ไร่)	RVI	NDVI	IPVI	SAVI
		E	N					
นาข้าว	1	499204	2069674	40.58	1.9727	-0.7302	-0.1019	0.3363
	2	499537	2069589	52.61	1.4947	-0.7341	-0.0875	0.3042
	เฉลี่ย				**1.7337**	**-0.7322**	**-0.0947**	**0.3203**
ที่ว่างเปล่า	1	498592	2069075	4.65	2.7030	-0.0218	-0.1316	1.1846
	2	498700	2069046	0.47	2.7692	-0.0282	-0.2436	1.1475
	เฉลี่ย				**2.7361**	**-0.0250**	**-0.1876**	**1.1661**
ถนน	1	499054	2072559	5.99	3.3139	-0.4084	-0.3725	-0.4024
	2	499609	2069843	1.19	3.463	-0.4241	-0.2667	-0.3912
	เฉลี่ย				**3.3885**	**-0.4163**	**-0.3196**	**-0.3968**
แหล่งน้ำ	1	498581	2070068	6.82	0	-0.9588	-1.9739	-1.4743
	2	499385	2070159	4.04	9	-0.9873	-1.9231	-1.4454
	เฉลี่ย				**4.5000**	**-0.9731**	**-1.9485**	**-1.4599**

ตารางที่ 4 ข้อมูลลำไยตามช่วงอายุ จำนวนตัวอย่าง พิกัด เนื้อที่ และดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 สูตร

ประเภทข้อมูล	ตัวอย่างที่	พิกัด		เนื้อที่ (ไร่)	RVI	NDVI	IPVI	SAVI	ผลผลิตต่อไร่(กก.)
		E	N						
ลำไยอายุ <5 ปี	1	499937	2068749	1.76	0.5320	0.3470	0.1963	-0.4901	341
	2	499942	2068767	1.43	0.7683	0.4260	0.2137	-0.3795	373
	3	499295	2068729	2.39	0.8371	0.1230	0.1031	-0.4974	191
	4	498802	2068843	6.49	0.6493	0.2040	0.1034	-0.4875	304
	เฉลี่ย				**0.6967**	**0.2752**	**0.1541**	**-0.4636**	**302.25**
ลำไยอายุ 5-15 ปี	1	498832	2068540	6.85	0.5986	0.5570	0.3008	0.1963	543
	2	500118	2071113	6.65	0.3587	0.7910	0.3947	0.2337	1,036
	3	500209	2071145	2.85	0.5862	0.5490	0.2736	0.8793	540
	4	500116	2071229	4.31	0.2342	0.4780	0.2481	0.8015	503
	5	500185	2068366	2.85	0.5667	0.5580	0.2683	0.9241	678

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ตัวอย่างที่	พิกัด		เนื้อที่ (ไร่)	RVI	NDVI	IPVI	SAVI	ผลผลิตต่อไร่(กก.)
		E	N						
	6	500095	2068386	2.26	0.3894	0.4050	0.2001	0.6974	642
	7	500435	2068115	1.53	0.5319	0.6380	0.3496	0.7053	984
	8	500410	2068022	2.94	0.6538	0.3170	0.1784	0.8494	672
	9	500941	2071892	3.31	0.5000	0.2960	0.1005	0.9134	541
	10	501099	2071794	2.52	0.5104	0.5550	0.2432	0.9645	486
	เฉลี่ย				**0.4930**	**0.5142**	**0.2557**	**0.7165**	**662.5**
ลำไยอายุ 16-25 ปี	**1**	500988	2071592	1.51	0.2905	0.6460	0.3243	1.2360	843
	2	500484	2073024	3.56	0.1423	0.6950	0.3334	0.6351	896
	3	500338	2071434	2.21	0.3488	0.7040	0.4236	1.1431	998
	4	500064	2071332	1.96	0.3200	0.7580	0.3254	1.0551	1,021
	5	500145	2070957	2.39	0.4050	0.6240	0.3007	1.1324	902
	6	499930	2070249	3.91	0.6450	0.6660	0.3354	0.9610	940
	7	499691	2068008	9.94	0.2020	0.7730	0.3784	1.2020	963
	8	500339	2068115	1.68	0.0706	0.6860	0.3264	1.1277	1,002
	9	499793	2068110	3.67	0.3180	0.8200	0.4392	0.9701	1,053
	10	499486	2068209	1.83	0.1081	0.7870	0.3261	1.2416	953
	เฉลี่ย				**0.2850**	**0.7158**	**0.3513**	**1.0704**	**957.1**
ลำไยอายุ >25 ปี	**1**	500521	2073119	0.62	0.2084	0.7930	0.3842	0.8915	761
	2	500567	2073065	0.43	0.3062	0.9440	0.4731	1.0932	948
	3	498599	2071966	2.51	0.1005	0.6730	0.3342	0.9323	640
	4	498362	2071835	1.28	0.1974	0.8520	0.4632	0.9514	894
	เฉลี่ย				**0.2031**	**0.8156**	**0.4137**	**0.9671**	**810.75**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่และดัชนีพืชพรรณ

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ และดัชนีพืชพรรณของ 4 วิธี ได้แก่ RVI, NDVI, IPVI และ SAVI (ตารางที่ 4) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS ทำการวิเคราะห์แบบสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เพื่อดูระดับความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวและทดสอบว่า ตัวแปรแต่ละคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ และมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) ดังสมการ และ ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. (2-tailed)) ซึ่งกำหนดนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ดังนั้นในที่นี้เราจึงทำการทดสอบนัยสำคัญ (Test of Significance) แบบ 2 หาง (Sig.(2-tailed)) โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : ผลผลิตต่อไร่และดัชนีพืชพรรณ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ผลผลิตต่อไร่และดัชนีพืชพรรณ มีความสัมพันธ์กัน

โดยมีค่า $r = \frac{n\sum(XY)-(\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\left[n\left(\sum X^2\right)-(\sum X)^2\right]\left[n\left(\sum Y^2\right)-(\sum Y)^2\right]}}$

เมื่อ r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n = จำนวนตัวอย่าง

X = ตัวแปรต้น (ค่าดัชนีพืชพรรณ)

Y = ตัวแปรตาม (ค่าผลผลิตต่อไร่)

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่และดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี

		RVI	NDVI	IPVI	SAVI
Yield/Rai	Pearson Correlation	-0.621(*)	0.848(*)	0.816(*)	0.718(*)
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	28	28	28	28

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

1. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI (Ratio Vegetation Index) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่ของลำไยทั้ง 28 ตัวอย่าง พบว่า มีค่า Sig.(2-tailed) ในตารางที่ 5 เท่ากับ 0.000 แสดงว่าค่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Sig. < 0.01) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ Pearson Correlation: r เท่ากับ -0.621 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI น้อย และเป็น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน หมายความว่า ถ้าผลผลิตต่อไร่มีค่าสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI จะมีค่าลดลง

2. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่ของลำไยทั้ง 28 ตัวอย่าง พบว่า มีค่า Sig.(2-tailed) ในตารางที่ 5 เท่ากับ 0.000 แสดงว่าค่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Sig. < 0.01) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ Pearson Correlation: r เท่ากับ 0.848 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI มากที่สุดเมื่อเทียบกับดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี และเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก หมายความว่า ถ้าผลผลิตต่อไร่มีค่าสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVIจะมีค่าสูงขึ้นด้วย

3. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่ของลำไยทั้ง 28 ตัวอย่าง พบว่า มีค่า Sig.(2-tailed) ในตารางที่ 5 เท่ากับ 0.000 แสดงว่าค่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Sig. < 0.01) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ Pearson Correlation: r เท่ากับ 0.816 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI มาก และเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก หมายความว่า ถ้าผลผลิตต่อไร่มีค่าสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

4. ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI (Soil Adjust Vegetation Index) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่ของลำไยทั้ง 28 ตัวอย่าง พบว่า มีค่า Sig.(2-tailed) ในตารางที่ 5 เท่ากับ 0.000 แสดงว่าค่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Sig. < 0.01) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ Pearson Correlation: r เท่ากับ 0.718 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตรIPVI มาก และเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก หมายความว่า ถ้าผลผลิตต่อไร่มีค่าสูงขึ้น ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

จากตารางที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า ค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยจำนวน 28 ตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ RVI, NDVI, IPVI และ SAVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Sig.(2-tailed) = 0.000)โดยที่ค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI มากที่สุด (ค่า r = 0.848) รองลงมาคือ ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI (ค่า r = 0.816) และค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI (ค่า r = 0.718) ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตต่อไร่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI น้อยที่สุด (ค่า r = -0.621)

รูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณ

เนื่องจากในการทดลองนี้ ผู้วิจัยยังไม่ทราบรูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี จึงใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหารูปแบบสมการ (Model) ของความสัมพันธ์ก่อน โดยนำค่าผลผลิตต่อไร่ และดัชนีพืชพรรณ ในตารางที่ 4 มาทำการวิเคราะห์รูปแบบสมการ 6 สมการ ดังนี้ Linear, Logarithmic, Quadratic, Cubic, Power และExponential ในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS โดยเลือกรูปแบบสมการที่ให้ค่าระดับนัยสำคัญ Sig. f < 0.05 และค่าความสัมพันธ์ R^2 สูงที่สุด

1. รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณสูตร RVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4) จะได้รูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบ Cubic

$$Y = b0 + b1X + b2X^2 + b3X^3$$

โดยที่ b0 = ค่าคงที่ (constant)

b1, b2, b3 = ค่าพารามิเตอร์

ซึ่งสมการนี้มีค่าระดับนัยสำคัญ Sig. f = 0.002 (Sig. f < 0.05) และค่าความสัมพันธ์ R^2 = 0.46 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ดังตารางที่ 6 และทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในสมการประกอบด้วย ค่า constant = 791.080 ค่า b1 = 962.111 ค่า b2 = -2580.055 และค่า b3 = 762.206 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$Y = 791.080 + 962.111(X_{RVI}) - 2580.055(X_{RVI})^2 + 762.206(X_{RVI})^3$$

โดยที่ Y = ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)

X_{RVI} = ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI

จากการวิเคราะห์เพื่อหาสมการแสดงความสัมพันธ์ สามารถ Plot กราฟแสดงรูปแบบสมการ Cubic ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ภาพที่ 32) ลักษณะกราฟมีความโค้งลงมาก ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยอยู่ระหว่าง 190 ถึง 1053 กิโลกรัม และมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI อยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 0.84

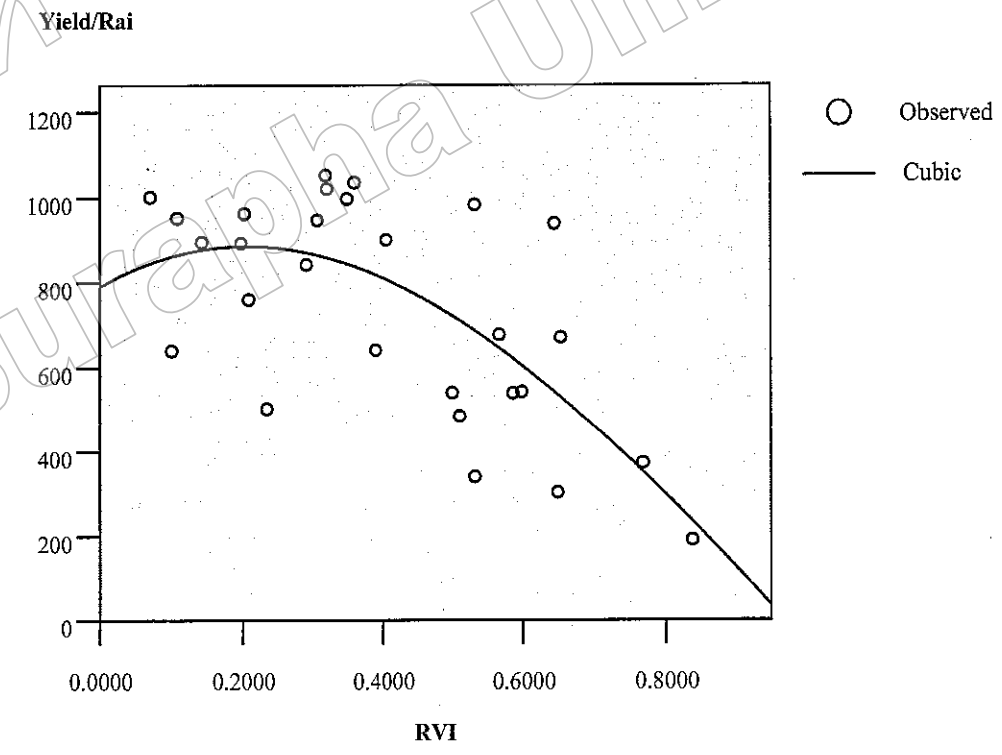
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 6 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI และค่าพารามิเตอร์

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	0.386	16.337	1	26	0.000	1044.026	-754.410		
Logarithmic	0.267	9.465	1	26	0.005	519.110	-203.933		
Quadratic	0.459	10.589	2	25	0.000	828.376	576.208	-1561.914	
Cubic	**0.460**	**6.801**	**3**	**24**	**0.002**	**791.080**	**962.111**	**-2580.055**	**762.206**
Power	0.280	10.113	1	26	0.004	465.674	-0.357		
Exponential	0.424	19.140	1	26	0.000	1180.537	-1.350		

Dependent Variable: Yield/Rai

The independent variable is RVI.



ภาพที่ 32 กราฟแสดงรูปแบบสมการ Cubic ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร RVI

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4) จะได้รูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบ Power

$Y = b0 (X^{b1})$

โดยที่ b0 = ค่าคงที่ (constant)

b1 = ค่าพารามิเตอร์

ซึ่งสมการนี้มีค่าระดับนัยสำคัญ Sig. f = 0.000 (Sig. f < 0.05) และค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.769$ ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ดังตารางที่ 7 และทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในสมการประกอบด้วย ค่า constant =1120.403 ค่า b1 = 0.823 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$Y = 1120.403(X_{NDVI})^{0.823}$

โดยที่ Y = ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)

X_{NDVI} = ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI

จากการวิเคราะห์เพื่อหาสมการแสดงความสัมพันธ์ สามารถ Plot กราฟแสดงรูปแบบสมการ Power ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ภาพที่ 33) ลักษณะของกราฟเกือบจะเป็นเส้นตรง มีความโค้งเล็กน้อย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยอยู่ระหว่าง 190 ถึง 1053 กิโลกรัม และมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI อยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.94

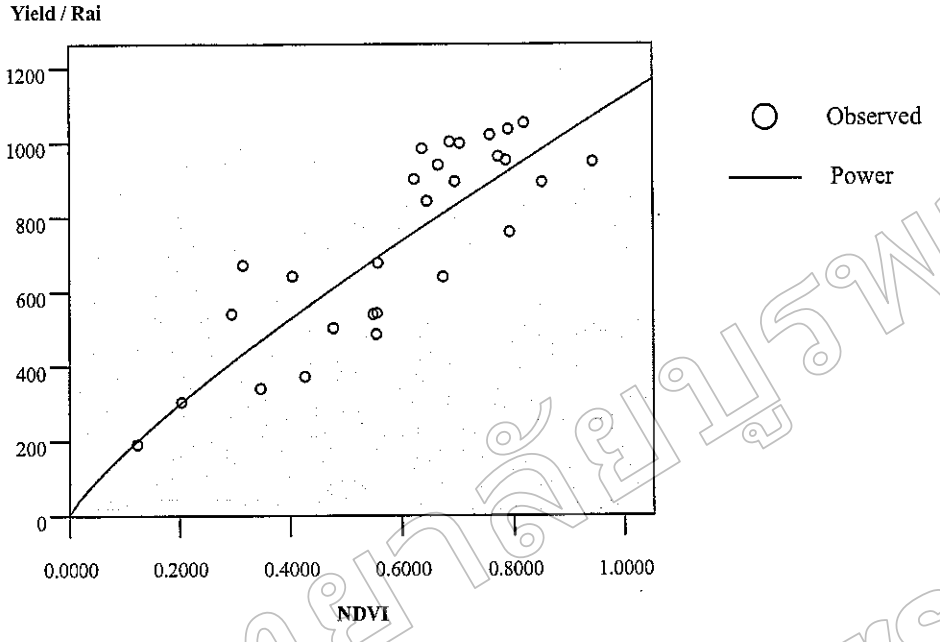
ตารางที่ 7 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI และค่าพารามิเตอร์

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	0.719	66.529	1	26	0.000	109.581	1055.016		
Logarithmic	0.680	55.326	1	26	0.000	1010.879	453.726		
Quadratic	0.721	32.370	2	25	0.000	43.816	1345.135	-270.524	
Cubic	0.737	22.368	3	24	0.000	330.687	-847.671	4315.162	-2844.461
Power	**0.769**	**86.629**	**1**	**26**	**0.000**	**1120.403**	**0.823**		
Exponential	0.728	69.454	1	26	0.000	232.105	1.811		

Dependent Variable: Yield/Rai

The independent variable is NDVI.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 33 กราฟแสดงรูปแบบสมการPowerระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI

3. รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4) จะได้รูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบ Cubic

$$Y = b0 + b1X + b2X^2 + b3X^3$$

โดยที่ b0 = ค่าคงที่ (constant)

b1, b2, b3 = ค่าพารามิเตอร์

ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญ Sig. f = 0.000 (Sig. f < 0.05) และค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.726$ ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ดังตารางที่ 8 และทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในสมการประกอบด้วย ค่า constant = 796.187 ค่า b1 = -7823.133 ค่า b2 = 40658.459 และค่า b3 = -49735.941 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$Y = 796.187 - 7823.133(X_{IPVI}) + 40658.459(X_{IPVI})^2 - 49735.941(X_{IPVI})^3$$

โดยที่ Y = ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)

X_{IPVI} = ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI

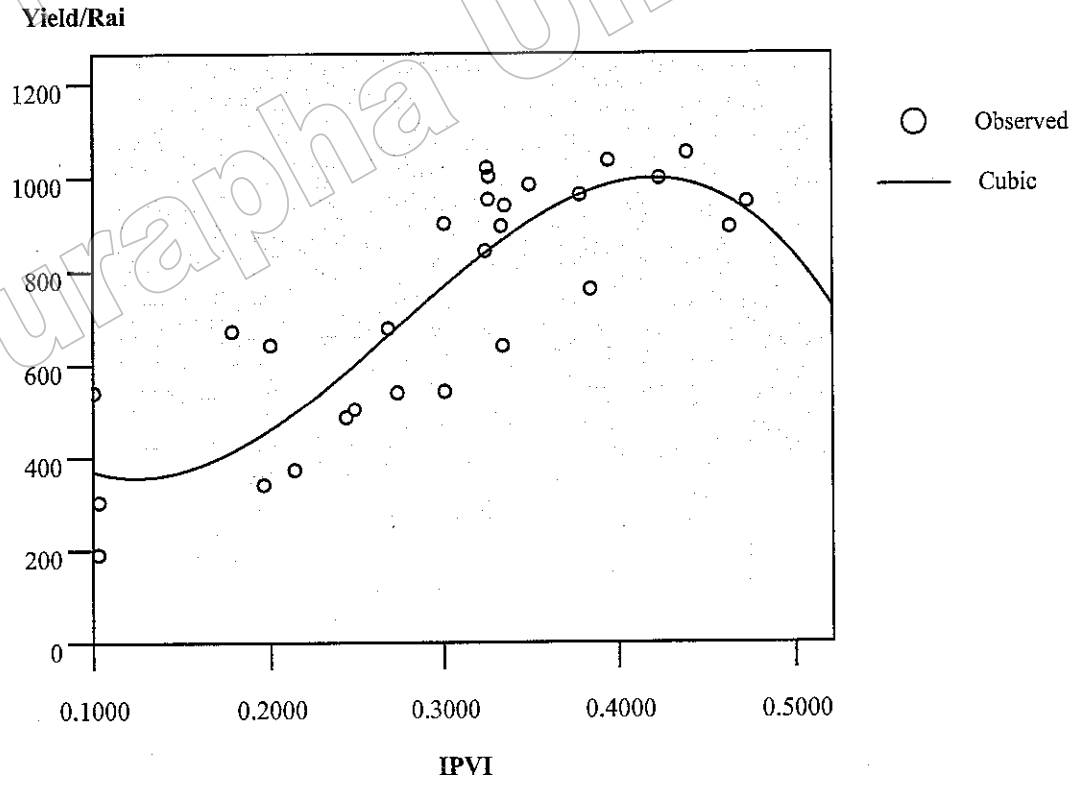
จากการวิเคราะห์เพื่อหาสมการแสดงความสัมพันธ์ สามารถ plot กราฟแสดงรูปแบบสมการ Cubic ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ภาพที่ 34) ลักษณะของกราฟเป็นเส้นโค้ง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยอยู่ระหว่าง 190 ถึง 1053 กิโลกรัม และมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI อยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 0.47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 8 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI และค่าพารามิเตอร์

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	0.666	51.867	1	26	0.000	135.595	2020.204		
Logarithmic	0.643	46.788	1	26	0.000	1349.922	475.725		
Quadratic	0.674	25.830	2	25	0.000	9.661	3057.183	-1846.566	
Cubic	**0.726**	**21.219**	**3**	**24**	**0.000**	**796.187**	**-7823.133**	**40658.459**	**-49735.941**
Power	0.665	51.700	1	26	0.000	1975.892	0.826		
Exponential	0.646	47.531	1	26	0.000	247.963	3.397		

Dependent Variable: Yield/Rai



ภาพที่ 34 กราฟแสดงรูปแบบสมการCubic ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร IPVI

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่กับดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4) ในที่นี้จะเลือกเฉพาะรูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบ Exponential

$Y = b0*(e^{b1X})$

โดยที่ b0 = ค่าคงที่ (constant)

b1 = ค่าพารามิเตอร์

เนื่องจากเป็นรูปแบบของสมการที่นิยมนำมาแสดงความสัมพันธ์ มีค่าระดับนัยสำคัญ Sig. f = 0.000 (Sig. f < 0.05) และค่าความสัมพันธ์สูงที่สุด $R^2 = 0.625$ ดังตารางที่ 9 ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในสมการประกอบด้วย ค่า constant = 435.540 ค่า b1 = 0.632 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$Y = 435.540(e^{0.632X_{savi}})$

โดยที่ Y = ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)

X_{SAVI} = ค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI

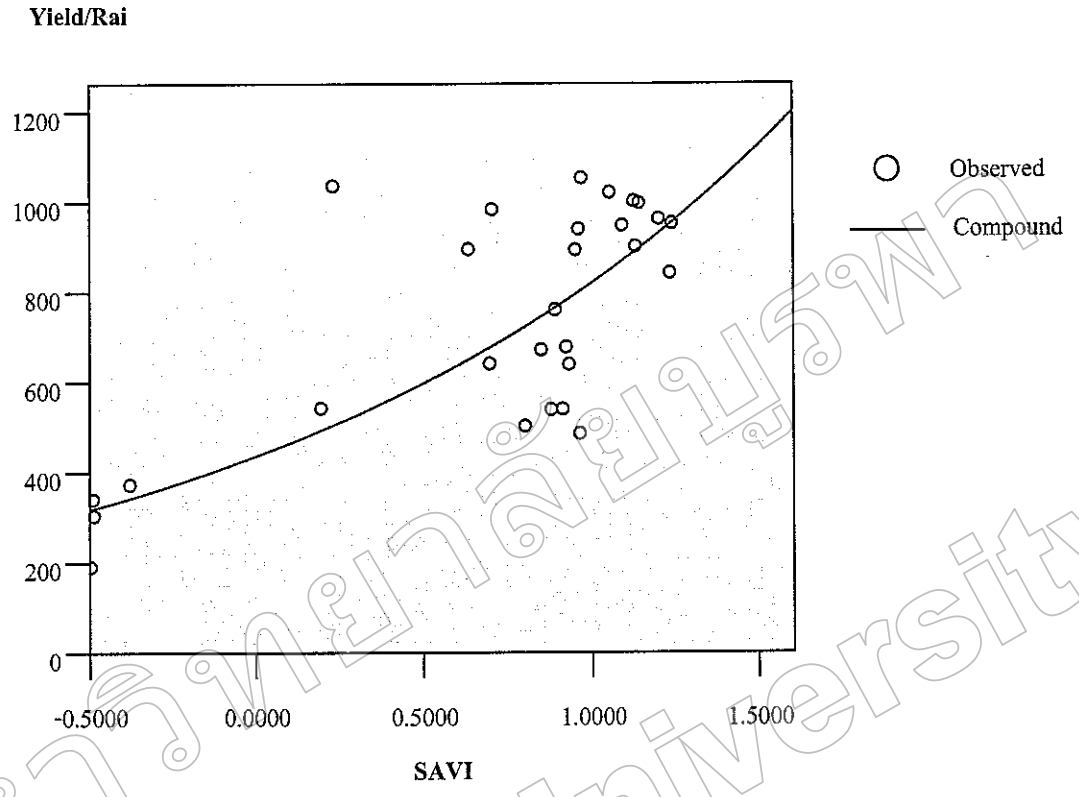
จากการวิเคราะห์เพื่อหาสมการแสดงความสัมพันธ์ สามารถ Plot กราฟแสดงรูปแบบสมการ Exponential ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI ของลำไย 28 ตัวอย่าง (ภาพที่ 35) ลักษณะของกราฟเป็นเส้นโค้ง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไยอยู่ระหว่าง 190 ถึง 1053 กิโลกรัม และมีค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI อยู่ระหว่าง -0.49 ถึง 1.24

ตารางที่ 9 แสดงรูปแบบสมการความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI และการประมาณค่าพารามิเตอร์

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	0.515	27.639	1	26	0.000	498.833	336.001		
Quadratic	0.518	13.437	2	25	0.000	515.992	375.364	-56.840	
Cubic	0.602	12.088	3	24	0.000	753.301	310.654	-1033.755	764.366
Exponential	**0.625**	**43.385**	**1**	**26**	**0.000**	**435.540**	**0.632**		

Dependent Variable: Yield/Rai

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 35 กราฟแสดงรูปแบบสมการExponential ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่กับค่าดัชนีพืชพรรณสูตร SAVI

จากตารางที่ 6 – 9 สามารถสรุปรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลผลิตต่อไร่ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 วิธี ได้แก่ RVI, NDVI, IPVI และ SAVI โดยมีรูปแบบของสมการที่เหมาะสมตามแต่ละสูตร ดังนี้

สูตร RVI; $Y = 791.080 + 962.111(X_{RVI}) - 2580.055(X_{RVI})^2 + 762.206(X_{RVI})^3$

สูตร NDVI; $Y = 1120.403(X_{NDVI})^{0.823}$

สูตร IPVI; $Y = 796.187 - 7823.133(X_{IPVI}) + 40658.459(X_{IPVI})^2 - 49735.941(X_{IPVI})^3$

สูตร SAVI; $Y = 435.540(e^{0.632Xsavi})$

โดยที่ค่า Y เป็นค่าผลผลิตต่อไร่ของลำไย (กก./ไร่) และ X เป็นค่าดัชนีพืชพรรณของสูตรต่าง ๆ ทั้ง 4 สูตร เมื่อนำค่า R^2 มาเปรียบเทียบกันพบว่า ค่า R^2 ของสูตร NDVI มีค่ามากที่สุด ($R^2 = 0.769$) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการเลือกสมการของค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI ซึ่งมีความสัมพันธ์มากที่สุด เพียงสมการเดียว แล้วจึงนำสมการนี้มาตรวจสอบค่าผลผลิตต่อไร่ต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การตรวจสอบค่าผลผลิตต่อไร่ที่ได้จากการคำนวณสมการของดัชนีพืชพรรณ

เมื่อได้สมการ $Y = 1120.403(X_{NDVI})^{0.823}$ ของค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI ซึ่งเป็นสมการที่ดีที่สุดเพื่อประมาณค่าผลผลิตต่อไร่แล้วนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจค่าผลผลิตต่อไร่ใหม่ และหาค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI บริเวณพื้นที่สำรวจนั้น ๆ จำนวน 28 แปลง ดังตารางที่ 10 เพื่อทำการตรวจสอบค่าผลผลิตต่อไร่ที่ได้จากการคำนวณและค่าผลผลิตต่อไร่ที่หาจากการแทนค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI ลงในสมการจากนั้นนำค่าที่ได้มาตรวจสอบความแม่นยำของการคาดการณ์ผลผลิตต่อไร่ โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งพิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้วัดความแม่นยำ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) เป็นวิธีการคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ระหว่างค่าที่ได้จากการสำรวจและค่าที่ได้จากการคาดการณ์ (http://www.oae.go.th/mis/Forecast/ journal/for_method.html, 2550) โดยมีสูตรดังนี้

$$PE = \frac{X_i - F_i}{X_i} x100$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |PE_i|}{n}$$

โดยที่ PE = เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Percentage Error)

|PE| = ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

Fi = ค่าคาดการณ์ของช่วงเวลาที่ i

Xi = ค่าที่ได้จากการสำรวจ ณ ช่วงเวลาที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3, 4, ... , n

n = จำนวนตัวอย่าง

ตารางที่ 10 ค่าผลผลิตต่อไร่และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคาดการณ์

แปลงที่	NDVI	ผลผลิตต่อไร่ จากการสำรวจ	ผลผลิตต่อไร่ จากการคาดการณ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	
				PE	|PE|
1	0.357	310	479.9768	-54.8312	54.8312
2	0.321	340	439.7723	-29.3448	29.3448
3	0.266	298	376.7488	-26.4258	26.4258
4	0.198	300	295.4811	1.5063	1.5063
5	0.642	640	777.9928	-21.5614	21.5614

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 10 (ต่อ)

แปลงที่	NDVI	ผลผลิตต่อไร่ จากการสำรวจ	ผลผลิตต่อไร่ จากการคาดการณ์	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	
				PE	|PE|
6	0.834	537	964.9258	-79.6882	79.6882
7	0.432	832	561.5357	32.5077	32.5077
8	0.567	841	702.3816	16.4826	16.4826
9	0.412	576	540.0509	6.2412	6.2412
10	0.345	739	466.6587	36.8527	36.8527
11	0.432	882	561.5357	36.3338	36.3338
12	0.267	764	377.9140	50.5348	50.5348
13	0.354	603	476.6548	20.9528	20.9528
14	0.625	572	760.9980	-33.0416	33.0416
15	0.732	992	866.6962	12.6314	12.6314
16	0.771	764	904.5238	-18.3932	18.3932
17	0.645	908	780.9836	13.9886	13.9886
18	0.632	994	768.0057	22.7358	22.7358
19	0.521	963	655.1364	31.9692	31.9692
20	0.543	1003	677.8202	32.4207	32.4207
21	0.632	972	768.0057	20.9871	20.9871
22	0.779	908	912.2410	-0.4671	0.4671
23	0.941	961	1065.7087	-10.8958	10.8958
24	0.842	943	972.5370	-3.1322	3.1322
25	0.932	841	1057.3130	-25.7209	25.7209
26	0.871	972	1000.0212	-2.8828	2.8828
27	0.645	944	780.9836	17.2687	17.2687
28	0.763	632	896.7925	-41.8975	41.8975

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากตารางที่ 10 ทำให้ผลรวมค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ($\sum|PE_i|$) เท่ากับ 701.696 เมื่อนำมาหารกับจำนวนแปลง คือ 28 แปลง ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าเท่ากับ 25 % ซึ่งถือว่าสมการของค่าดัชนีพืชพรรณสูตร NDVI สามารถประมาณค่าผลผลิตต่อไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University