ตารางที่ 20 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา(ต่อ)

ลำดับ	รายการข้อมูล	ที่มา	ปี	หมายเหตุ
3. ข้อมูลด้านการเกษตร				
3.1	แผนที่การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2538	ดิจิตัล-รูปแบบ GIS
3.2	พื้นที่การเพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยว	ส.น.ง.เศรษฐกิจการเกษตรกรมชลประทาน	2532- 2541	ดิจิตัล-รายจังหวัด ดิจิตัล-รายโครงการฯ
3.3	ปฏิทินการเพาะปลูก	กรมชลประทาน แบบสอบถาม	2532–2541 2543	ดิจิตัล-รายโครงการ
3.4	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช	กรมชลประทาน	2542*	ดิจิตัล-รายพืช
3.5	ปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก	กรมชลประทาน	2543	รายงานการศึกษา
3.6	ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน	โครงการน้ำใต้ดินฯ	2532 - 2542	รายงานการศึกษา
3.7	ระดับน้ำใต้ดิน	กรมทรัพยากรธรณี	2532 - 2542	ดิจิตัล
3.8	ราคาผลผลิต	ส.น.ง.เศรษฐกิจการเกษตร	2532 - 2542	รายงาน
4. ข้อมูลด้านการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค				
4.1	ปริมาณการผลิต และจำหน่ายของการประปาส่วนภูมิภาค	การประปาส่วนภูมิภาค	2537-2542	ดิจิตัล ทั้งหมด 23 สำนักงาน
4.2	ปริมาณการขออนุญาตผลิตของประปาเอกชน ประปาเทศบาล	กรมทรัพยากรธรณี กรมโยธาธิการ	2543 2526-2542	ทะเบียนระบบประปา เอกสารการขออนุญาต

หมายเหตุ 2542* คือปีที่ กรมควบคุมมลพิษจัดทำข้อมูลดังกล่าวขึ้นจากแผนที่จากหน่วยงานที่ดูแลในด้านนั้นๆ

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ข้อมูลที่สำรวจ จัดเก็บ หรือ คำนวณขึ้นใหม่ และข้อมูลที่รับจากหน่วยงานที่จัดทำขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ จัดทำขึ้นโดยใช้แผนที่จากหน่วยงานที่รับผิดชอบ) ข้อมูลส่วนที่รับมานี้เกือบทั้งหมดนำมาปรับปรุงให้ทันสมัยและสอดคล้องกับการใช้งาน ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม Arcview version 3.1 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย ESRI ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Extension Grid Analysis

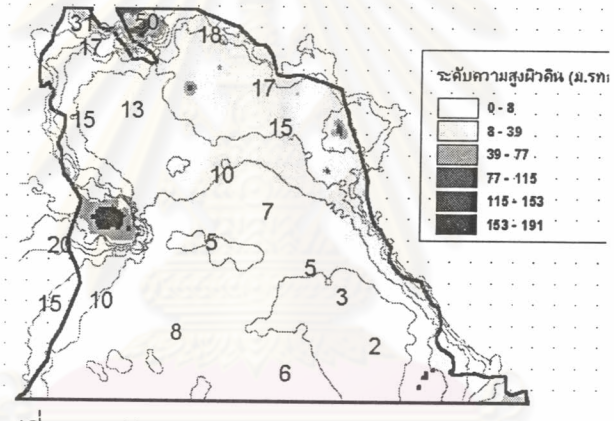
ข้อมูลบางส่วนสืบค้นข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้เลย ในขณะที่ส่วนที่เหลือจำต้องมีการวิเคราะห์ในเบื้องต้นด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) และวิเคราะห์ด้วยพิกัดตำแหน่งของข้อมูล เช่น Union และ Intersect เป็นต้น ในการวิเคราะห์ ผลจะออกมาเป็นรายกลุ่มพื้นที่ ที่ใช้ในแบบจำลอง AISP เพราะเป็นข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์การถดถอยต่อไป

5.1 ข้อมูลสภาพกายภาพ

5.1.1 ระดับความสูง

ค่าระดับความสูงของผิวดินสามารถหาได้จากแผนที่หลายขนาด เช่น 1 : 50,000 หรือการสำรวจระดับความสูงซึ่งเป็นข้อมูลเป็นแห่งๆ ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลประการหลังประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 784 แห่ง กระจายอยู่ทั่วบริเวณศึกษา นำข้อมูลทั้งหมดมาประมาณการในช่วง (Interpolation) (ในการศึกษาเลือกใช้วิธี Inverse distance weight) ได้ความสูงดังรูปที่ 14 การสืบค้นด้วย GIS และการวิเคราะห์ด้วยหลักสถิติเบื้องต้นในที่นี้แสดงเฉพาะค่าเฉลี่ย ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 21)

- ระดับความสูงเรียงลำดับจากสูงไปต่ำในทิศทางเหนือ-ใต้
- ระดับความสูงเฉลี่ยของกลุ่มพื้นที่อยู่ที่ 6 – 22 เมตร สูงสุดที่ B09 (โครงการสูบน้ำทุ่งวัดสิงห์) ต่ำสุดที่ B04 และ B13 (โครงการเริงรางและโครงการยางมณี ตามลำดับ)



รูปที่ 14 ระดับความสูงของผิวดิน

ตารางที่ 21 ระดับความสูงของผิวดินเฉลี่ยรายกลุ่มพื้นที่

กลุ่มพื้นที่	1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	15	16	18
ความสูง(ม.รทก.)	17	16	13	6	9	13	13	12	7	6	12	8	12

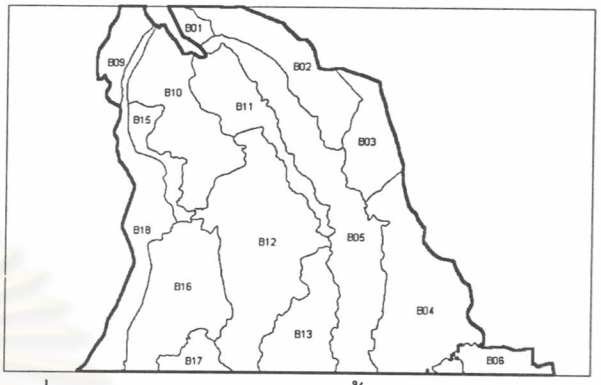
5.1.2 ขอบเขตโครงการชลประทานและกลุ่มการจำลองการใช้น้ำ (Block)

รายละเอียดของข้อมูลนี้คือขอบเขตโครงการชลประทาน จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจัดทำขึ้นจากแผนที่โครงการชลประทานของกรมชลประทาน (รูปที่ 15)

ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลนี้เป็นการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา รวมถึงใช้แบ่งกลุ่มการจำลองการใช้น้ำ (Block) เพราะขอบเขตทั้งสองไม่ตรงกัน กลุ่มการใช้น้ำแบ่งจากความเชื่อม

ต่อของคลองส่งน้ำ และคลองระบายน้ำที่ต่อเนื่องกัน จึงจัดให้เป็นกลุ่มเดียวกัน (รูปที่ 16) ในกลุ่มอาจประกอบด้วยบางส่วนของ 1 โครงการชลประทาน และในบางกลุ่มอาจเป็น 2 โครงการชลประทาน รายละเอียดบางส่วนกล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 4.3.2

รูปที่ 15 โครงการชลประทาน

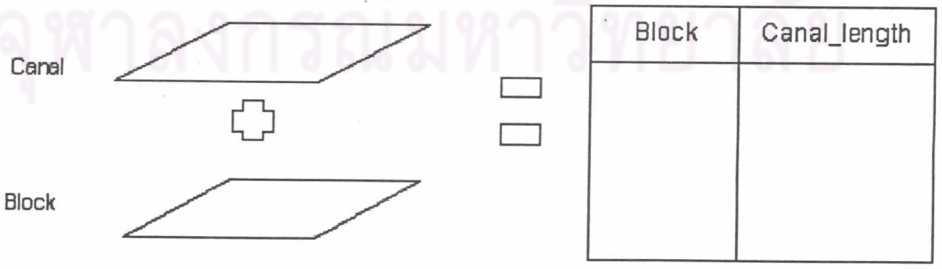


รูปที่ 16 กลุ่มการจำลองการใช้น้ำ

5.1.3 ความยาวคลอง

คลองชลประทานที่ใช้ส่งน้ำไปให้พื้นที่ต่างๆ ถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญของระบบชลประทาน ความยาวคลองของแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ และรูปร่างของโครงการ แต่เมื่อคิดความยาวคลองรวมของทั้งโครงการแล้วจึงเป็นเครื่องบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของโครงการนั้นๆ ทั้งนี้ในการศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาถึงเรื่องขนาดของคลอง เนื่องจากมีความแตกต่างกันเกือบทุกคลองจึงเป็นภาระงานที่มาก (ขนาดของคลองชลประทานขึ้นอยู่กับพื้นที่รับน้ำและปัจจัยกายภาพอื่นๆ) ข้อมูลความยาวคลองที่ใช้แสดงในตารางที่ 22 ขั้นตอนการศึกษาแสดงในรูปที่ 17

ขั้นตอนในการวิเคราะห์เบื้องต้นใช้แผนที่คลองชลประทานที่ปรับปรุงจากแผนที่เดิมของกรมชลประทาน โดยตรวจสอบและปรับปรุงด้วยแผนที่รายโครงการให้มีความละเอียดและข้อมูลมากขึ้นกว่าเดิม ในการวิเคราะห์ได้ใช้โปรแกรม ArcView แสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอนในภาคผนวก ฉ



รูปที่ 17 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความยาวคลองชลประทาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 ความยาวคลองชลประทาน รายกลุ่มพื้นที่ หน่วย: กิโลเมตร

กลุ่มพื้นที่	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO9	B10	B11	B12	B13	B15	B16	B18
ความยาว	13	166	145	293	322	99	264	207	405	160	107	215	276

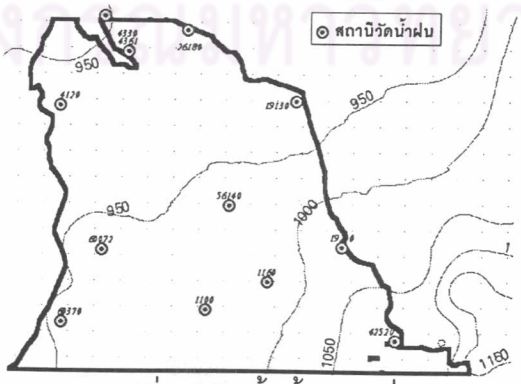
5.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา

5.2.1 สภาพภูมิอากาศและปริมาณฝน

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดไว้ที่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี และอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยเป็นค่าเฉลี่ยระยะยาว 30 ปี ได้นำมารวมได้ผลดังนี้

- อุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี คือ 28.2 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด 30.5 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด 25.3 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม
- ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีคือ 71.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด 81.0 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกันยายน และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ในเดือนมกราคม คือ 64.0 เปอร์เซ็นต์
- ความเร็วลมเฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีคือ 3.6 นอต และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนมีนาคม คือ 4.9 นอต และมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดในเดือนกันยายน 2.6 นอต
- ปริมาณการระเหยจากถาด ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 1992.4 ม.ม. เดือนมีนาคมมีค่าการระเหยมากที่สุด 202.5 ม.ม. เดือนตุลาคมมีค่าการระเหยต่ำสุด 129.5 มม.

ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีนำมาทำแผนที่เส้นชั้นปริมาณฝน (รูปที่ 18) ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีในพื้นที่อยู่ระหว่าง 900 – 1110 ม.ม. โดยมีปริมาณสูงสุดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ปริมาณต่ำสุดทางตอนกลางค่อนไปทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 18 เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)

5.2.2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ

เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ถือว่าเป็นแหล่งเก็บกักน้ำต้นทุนหลักของโครงการน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทั้งสอง จึงเป็นตัวบ่งชี้ว่า ปีใดจะเป็นปีแห้งแล้ง ปีใดเป็นปีน้ำอุดมสมบูรณ์ จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทั้งสอง (ตารางที่ 23 และรูปที่ 19) ปริมาณน้ำในอ่างไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน มีปัจจัยมาเกี่ยวข้องหลายอย่างเช่น แผนการใช้น้ำที่กำหนดขึ้น ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น จากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5 ปีของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทั้งสอง ไม่สามารถบอกแนวโน้มได้แน่ชัด เพียงกล่าวได้ว่ามีปริมาณน้ำเก็บกักลดลงจากอดีต ซึ่งมีสาเหตุจากการสร้างอ่างเก็บน้ำและการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานบริเวณต้นน้ำของอ่างทั้งสองที่พัฒนาขึ้นใหม่ เมื่อพิจารณาประกอบกับการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่สำคัญในประเทศไทยของสุภาวดี แคลลา (2543) ที่ศึกษาแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์และใช้พารามิเตอร์ ได้ข้อสรุปว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีแนวโน้มไม่ชัดเจน ส่วนอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ไม่มีแนวโน้มที่เด่นชัด

ปริมาณน้ำใช้งานดังกล่าวนำมากำหนดสภาพการณ์น้ำในแต่ละปีว่า มาก ปานกลาง น้อย หรือ น้อยมาก โดยใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำใช้งานรวม ณ วันที่ 1 มกราคม ซึ่งเป็นเกณฑ์เดียวที่กรมชลประทานใช้อยู่ ได้ดังนี้ (ปริมาณน้ำใช้งานรวมหมายถึง ผลรวมปริมาณน้ำใช้งานของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ไม่รวม dead storage)

ปีน้ำมาก ปริมาณน้ำใช้งานรวมมากกว่า 12,500 ล้านลบ.ม.

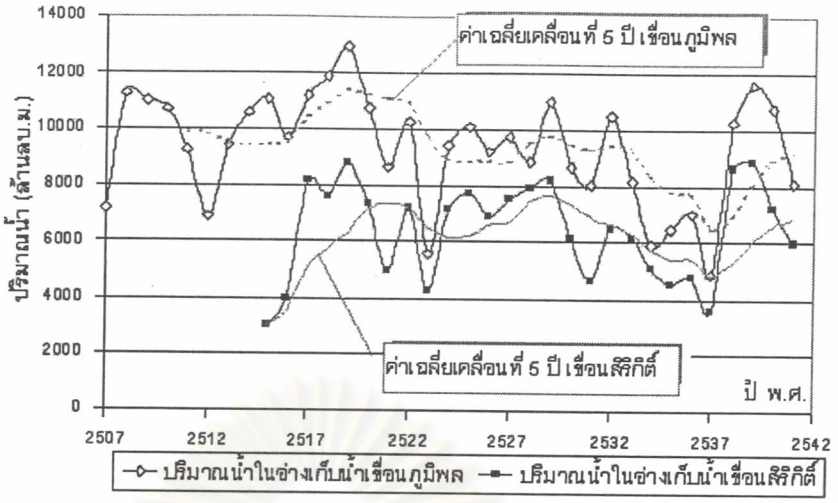
ปีน้ำปกติ ปริมาณน้ำใช้งานระหว่าง 6,501 – 12,501 ล้านลบ.ม.

ปีน้ำน้อย ปริมาณน้ำใช้งานระหว่าง 4,001 – 6,500 ล้านลบ.ม.

ปีน้ำน้อยมาก ปริมาณน้ำใช้งานน้อยกว่า 4,000 ล้านลบ.ม.

5.2.3 ปริมาณน้ำจัดสรร (ชลประทาน)

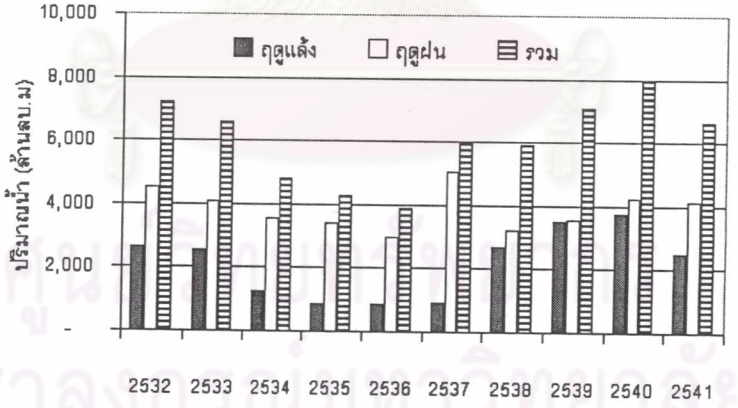
โครงการชลประทานแต่ละแห่งได้รับปริมาณน้ำที่จัดสรรให้ โดยส่งมาทางคลองส่งน้ำสายหลักในพื้นที่เช่น คลองอนุสาสนันท์ คลองชัยนาท-ป่าสัก เป็นต้น ที่หัวงานของโครงการมีประตูน้ำเพื่อเปิดให้น้ำไหลเข้าคลองส่งน้ำภายในโครงการ และมีประตูน้ำขนาดเล็กลงมาเพื่อปล่อยน้ำเข้าคลองซอยและคูน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านประตูน้ำบางแห่งที่สำคัญต่อการควบคุม มีการบันทึกค่าระดับน้ำเพื่อคำนวณปริมาณการไหลให้ตรงตามที่วางแผนไว้ ในการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลดังกล่าวไว้ และสรุปเป็นรายเดือน รายกลุ่มพื้นที่จำลองการใช้น้ำ (Block) (แสดงในภาคผนวก ก และกล่าวรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 6.2) และตัวอย่างผลการบันทึกค่าระดับน้ำของโครงการฯ ชัณสูตร (แสดงในภาคผนวก จ) สรุปปริมาณน้ำชลประทานรวมของพื้นที่ศึกษามีปริมาณอยู่ระหว่าง 3,884 – 8,002 ล้านลบ.ม. ค่าเฉลี่ย 6,033 ล้านลบ.ม.(รูปที่ 20)



รูปที่ 19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 23 ปริมาณน้ำใช้งานและสถานการณ์น้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ (ล้านลบ.ม.)

อ่างเก็บน้ำ	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
เขื่อนภูมิพล	6,706	4,348	2,126	2,694	3,236	1,053	6,485	7,796	6,932	4,299	1,156
เขื่อนสิริกิติ์	3,644	3,358	2,235	1,650	1,920	746	5,796	6,000	4,370	3,154	2,135
สถานการณ์น้ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	น้ำน้อย	น้ำน้อย	น้ำน้อย	น้อยมาก	น้ำมาก	น้ำมาก	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อยมาก



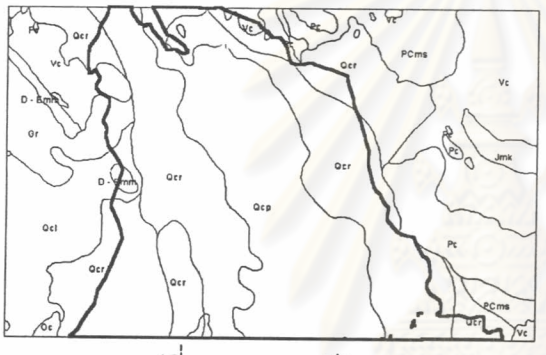
รูปที่ 20 ปริมาณน้ำที่ได้รับจัดสรรของพื้นที่ศึกษา

5.2.4 อุทกธรณีวิทยา

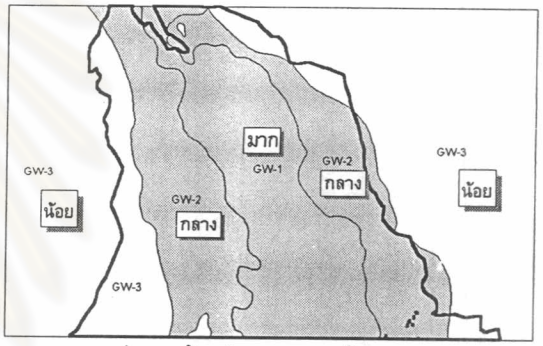
รายละเอียดของข้อมูลนี้คือขอบเขตอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeology) (ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจัดทำขึ้นจากแผนที่อุทกธรณีวิทยา ของกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม) แสดงไว้ในรูปที่ 21 ข้อมูลนี้แสดงความแตกต่างของ

ปริมาณการให้น้ำของแหล่งน้ำบาดาล การศึกษาของสุจริตและคณะ (2545) กล่าวไว้ว่าแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณที่เป็นตะกอนลำน้ำปัจจุบัน (Qcp) ซึ่งปรากฏเป็นแนวขนาบอยู่สองฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยา มีคุณสมบัติการซึมผ่านของชั้นน้ำ (Transmissivity) ที่สูง ซึ่งหมายถึงอัตราการไหลผ่านของน้ำบาดาลที่ดี ส่วนชั้นน้ำบาดาลในบริเวณที่ราบตะพักต่ำ (Qcr) นั้นชั้นน้ำบาดาลมีคุณสมบัติการซึมผ่านที่ต่ำกว่า

ในการศึกษานี้แบ่งพื้นที่ศักยภาพให้น้ำบาดาลออกเป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 22) ตามคุณสมบัติการซึมผ่านของชั้นน้ำ เพื่อความสะดวกต่อการจัดแบ่งกลุ่มการสำรวจการใช้น้ำ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้เป็นข้อมูลดังกล่าวประกอบการสำรวจการใช้น้ำอุปโภคบริโภค อัตราส่วนแต่ละกลุ่มพื้นที่ ในพื้นที่ให้น้ำบาดาลประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 24 เห็นได้ว่ากลุ่มพื้นที่ BO5, B11 และ B13 อยู่ในพื้นที่ให้น้ำบาดาลได้มากเกือบทั้งหมด ส่วนกลุ่มอื่นลดหลั่นกันไป



รูปที่ 21 อุทกธรณีวิทยา



รูปที่ 22 พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล

ตารางที่ 24 อัตราส่วนแต่ละกลุ่มพื้นที่ ในพื้นที่ให้น้ำบาดาลประเภทต่างๆ

พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล	กลุ่มพื้นที่												
	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO9	B10	B11	B12	B13	B15	B16	B18
มาก	0.39	0.11	0.00	0.27	0.81	0.00	0.24	0.93	0.48	0.97	0.00	0.00	0.00
ปานกลาง	0.53	0.55	0.79	0.73	0.19	0.47	0.72	0.07	0.51	0.03	0.67	0.52	0.21
น้อย	0.08	0.34	0.21	0.00	0.00	0.53	0.04	0.00	0.01	0.00	0.33	0.48	0.79

หมายเหตุ พิจารณาเป็นรายกลุ่มพื้นที่โดยคำนวณจากพื้นที่ให้น้ำบาดาลแต่ละประเภท หารด้วย พื้นที่ของทั้งหมดของแต่ละกลุ่ม

5.2.5 ปริมาณการสูบน้ำใต้ดินและความลึกผิวน้ำใต้ดิน

การประเมินปริมาณการสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา (สุจริตและคณะ, 2545) ซึ่งมีทั้งการรวบรวมข้อมูลการบันทึกระดับน้ำใต้ดิน การสำรวจโดยใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาพฤติกรรมการสูบน้ำ การจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบสมมุติฐาน ทำให้สามารถประเมินปริมาณการสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 25 ปริมาณน้ำจากการสูบน้ำ

ใต้ดินในแต่ละปีขึ้นอยู่กับความแห้งแล้ง สภาพขาดน้ำชลประทาน และน้ำฝนเพื่อใช้ทำการเกษตร อาทิเช่นในช่วงปี 2532-2541 วิกฤตขาดแคลนน้ำมากที่สุดอยู่ในฤดูแล้งปี 2537 เนื่องจากปริมาณฝนในฤดูฝนปี 2536 มีน้อยกว่าปกติ จึงทำให้ปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์มีน้อยมาก ในฤดูแล้งปี 2537 กรมชลประทานประกาศไม่สนับสนุนการเพาะปลูกพืชฤดูแล้งในปีดังกล่าว แต่เกษตรกรบางส่วนยังคงปลูกพืชตามปกติ และเมื่อไม่มีน้ำชลประทาน จึงหันมาสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้มากที่สุดในฤดูแล้งปีนั้นคือ 308 ล้านลบ.ม. (ค่านี้น้อยกว่าการศึกษาของสุจริตและคณะ เนื่องจาก พื้นที่ศึกษามีขนาดไม่เท่ากัน โดยมีพื้นที่ของสุจริตและคณะมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ในการศึกษานี้ ทำให้ผู้ศึกษาต้องคำนวณปริมาณการสูบใหม่ โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าว)

พื้นที่สูบน้ำมากที่สุดคือบริเวณตอนกลางและด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีการเพาะปลูกมากกว่าบริเวณอื่นๆ แสดงไว้ในรูปที่ 23 การกระจายของการสูบน้ำใต้ดินในแต่ละกลุ่มพื้นที่ ในแต่ละฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนักในระดับลุ่มน้ำ แต่เมื่อศึกษาเข้าไปในรายละเอียดระดับคลองส่งน้ำ มีความแตกต่างกันเพราะปัจจัยหลายด้าน เช่น การจัดรอบเวรการส่งน้ำและสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น

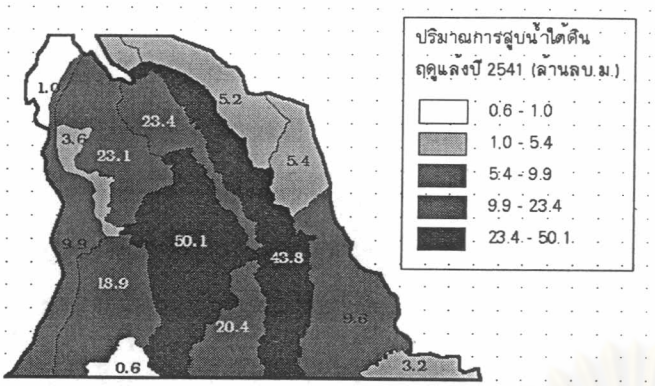
การสูบน้ำใต้ดินที่ได้กล่าวไปแล้ว ส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงคล้ายเป็นแอ่งกะทะบริเวณตอนกลางของพื้นที่แสดงไว้ในรูปที่ 24 เมื่อนำระดับน้ำใต้ดินพิจารณาร่วมกับระดับความสูงผิวดินแสดงไว้ในรูปที่ 25 และ รูปที่ 26 จึงสามารถคำนวณความลึกน้ำใต้ดินได้ (วัดจากระดับพื้นดิน) และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความยากง่ายต่อการสูบน้ำขึ้นมาใช้ซึ่งจะนำไปศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์การถดถอยต่อไป(หัวข้อที่ 6.4.2) และมีข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามที่น่าสนใจเกี่ยวกับเรื่องระดับน้ำใต้ดินซึ่งได้จากคำบอกเล่าของเกษตรกรดังนี้ เมื่อความลึกน้ำใต้ดินลึกประมาณ 7-10 เมตร (แต่ละพื้นที่แตกต่างกัน) เครื่องสูบน้ำที่เกษตรกรใช้อยู่ ไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาได้ จำเป็นต้องขุดบ่อให้ลึกกว่าเดิม เพื่อนำปั๊มน้ำไปวางให้ใกล้ระดับน้ำมากขึ้น ปัญหานี้จะพบได้ทั่วไปของพื้นที่ในการวิเคราะห์ความลึกน้ำใต้ดินได้ใช้โปรแกรม ArcView โดยแสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอนในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 25 ปริมาณการสูบน้ำใต้ดินเพื่อเกษตรกรรมในพื้นที่ศึกษา รายฤดูกาลและรายปี

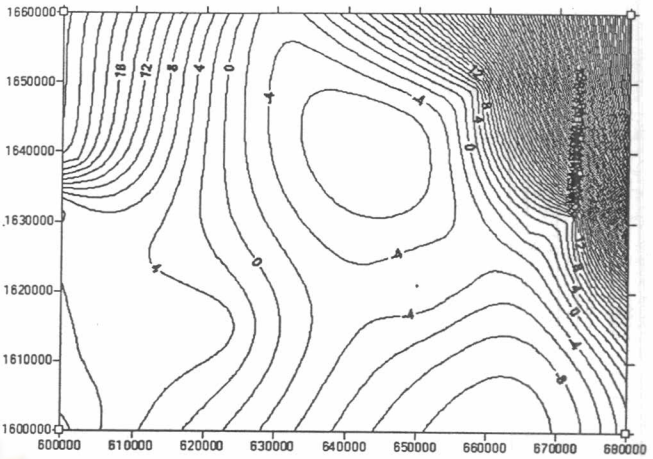
(หน่วย:ล้าน ลบ.ม.)

ปี	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541
ฤดูแล้ง	128	212	244	245	246	308	218	98	221	222
ฤดูฝน	115	137	138	139	171	126	67	129	131	157

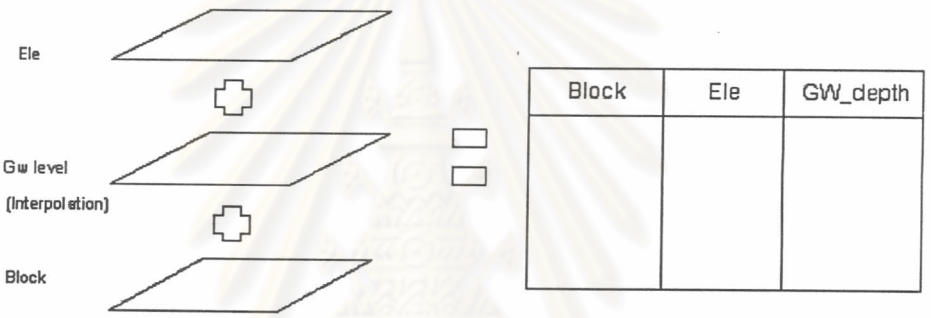
ที่มา : คำนวณจากการสุจริตและคณะ (2545)



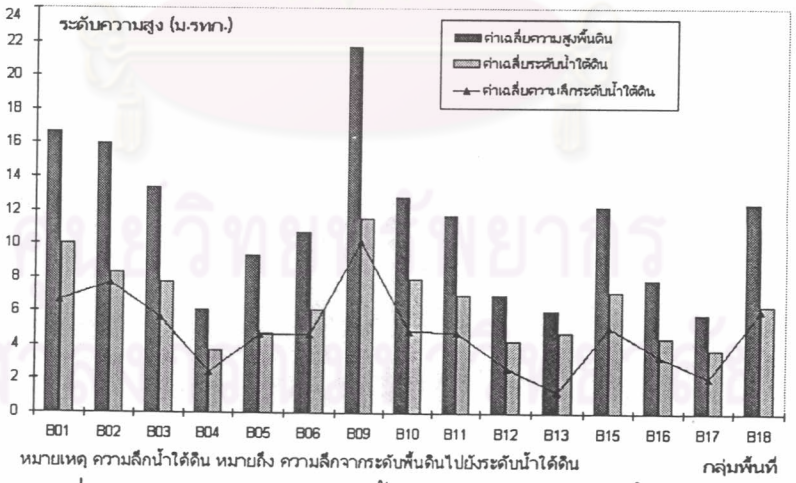
รูปที่ 23 แผนที่ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน ฤดูแล้ง ปี 2541



รูปที่ 24 เส้นชั้นความสูงเท่ากับของระดับน้ำใต้ดิน (ม.รทก.)



รูปที่ 25 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าความลึกน้ำใต้ดิน



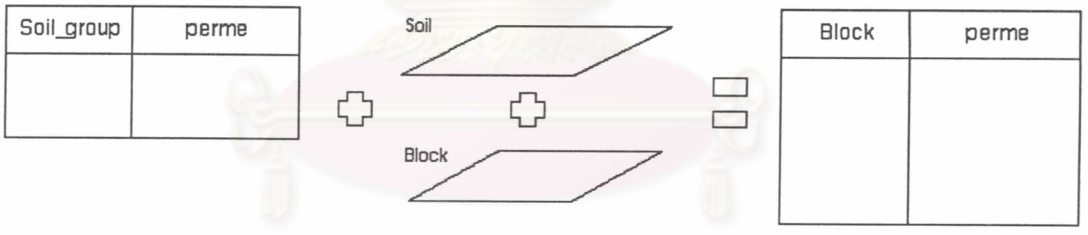
รูปที่ 26 ความสูงผิวดิน ระดับน้ำใต้ดิน และความลึกน้ำใต้ดิน

5.2.6 อัตราการซึมน้ำของดิน

การเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง หนึ่งในนั้นคือ น้ำ หากจะกล่าวว่าน้ำกับดินสัมพันธ์กันอย่างมากย่อมไม่ผิดพลาด ในมุมมองหนึ่งความสัมพันธ์กันในเรื่อง

การซึมน้ำของดินนับว่าเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่ต้องให้กับดิน เพื่อที่รากพืชดูดซึมต่อไปยังลำต้น บริเวณที่มีดินมีการซึมน้ำได้มาก ปริมาณน้ำคงเหลือในช่วงความลึกที่รากพืชจะนำน้ำมาใช้ได้ย่อมมีน้อยกว่าบริเวณที่ดินมีการซึมน้ำได้น้อย ด้วยเหตุนี้จึงศึกษาการซึมน้ำของดินขั้นตอนการศึกษาแสดงในรูปที่ 27 แต่เนื่องด้วยการศึกษาในประเด็นนี้ หากต้องการทดสอบในภาคสนามจะมีค่าใช้จ่ายและใช้เวลามาก การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน(2538) ซึ่งได้ทำการศึกษาและจัดแบ่งดินออกเป็นกลุ่มดิน (Soil group) (รูปที่ 28) และมีการทดสอบการซึมน้ำในห้องปฏิบัติการ (กลุ่มดินหมายถึง การรวมกลุ่มของชุดดินต่างๆ ที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน) ผู้ศึกษาได้นำมาหาค่าเฉลี่ย (แต่เดิมใน 1 กลุ่มดินอาจแบ่งเป็นอีกหลายกลุ่มดินย่อย) ดังแสดงในตารางที่ 26 จากข้อมูลนี้นำมารวมกลุ่มใหม่ตามค่าการซึมน้ำโดยเชื่อมต่อฐานข้อมูลกลุ่มดินที่มีอยู่กับข้อมูลค่าการซึมน้ำของดิน แล้วจึงใช้เทคนิค GIS วิเคราะห์ข้อมูลการซึมน้ำแยกเป็นรายกลุ่มพื้นที่ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 27 และรูปที่ 29 ในการวิเคราะห์ได้ใช้โปรแกรม ArcView โดยแสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอนในภาคผนวก ฉ

ความแตกต่างระหว่างอัตราการซึมน้ำของดินในหัวข้อนี้และอัตราการรั่วซึมที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 นั้นคือ ผิวดินที่ทดสอบอัตราการรั่วซึม ผ่านการทำเทือกและไถในขั้นตอนการเตรียมดินมาแล้วเพื่อลดการสูญเสียน้ำที่ขังในนา ในขณะที่ผิวดินที่ใช้ทดสอบอัตราการซึมน้ำไม่ได้ถูกกระทำใดๆ ก่อนหน้านั้น ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ทั้งสองค่ามีความแตกต่างกันได้



รูปที่ 27 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการซึมน้ำของดิน

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมน้ำของดิน รายกลุ่มดิน

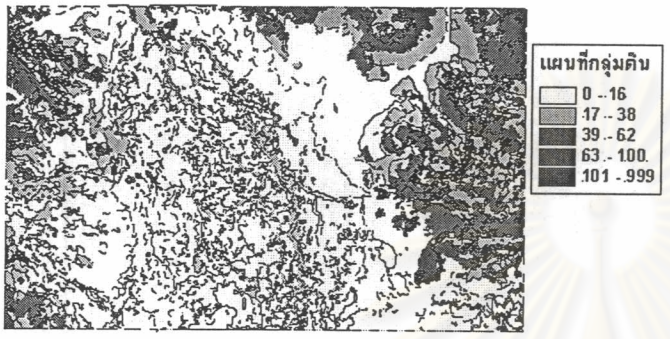
กลุ่มดินที่	1	2	3	4	5	6	7	15	16	17	18	21
อัตราการซึม	0.05	0.2	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.1	1	1	0.2	1
กลุ่มดินที่	28	31	33	36	37	38	40	44	47	52	59	
อัตราการซึม	0.2	2	1	1	1	8	3	10	3	1	1	

ที่มา : คำนวณจากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (2538)

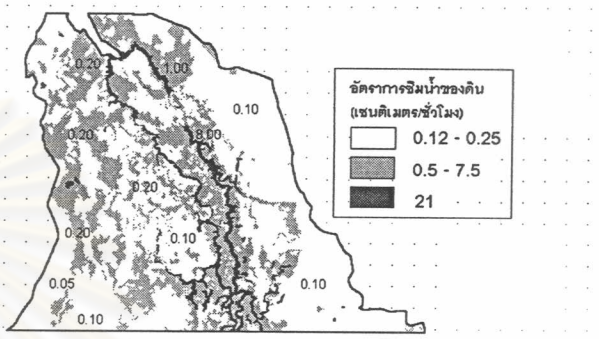
หมายเหตุ กลุ่มดิน คือ การรวมกลุ่มของชุดดินต่างๆ ที่มีสมบัติบางอย่างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมน้ำของดิน รายกลุ่มพื้นที่

กลุ่มพื้นที่	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO9	B10	B11	B12	B13	B15	B16	B18
อัตราการซึม (ซม./ช.ม.)	3.07	0.30	0.18	0.43	2.62	2.13	1.12	3.25	1.52	3.63	0.86	0.43	0.76



รูปที่ 28 แผนที่กลุ่มดิน



รูปที่ 29 แผนที่อัตราการซึมน้ำของดิน

5.3 ข้อมูลด้านการเกษตร

5.3.1 พื้นที่เก็บเกี่ยว

ความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรในส่วนของดินและน้ำของพื้นที่ศึกษา ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการเกษตรกรรม ดูได้จากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ.1995) ดังที่กล่าวไปในบทที่ 2 ว่าพื้นที่ร้อยละ 80.5 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็นพื้นที่ 2.8 ล้านไร่ ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่อยู่อาศัยร้อยละ 17.9 หรือ 0.6 ล้านไร่ (ข้าวนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ศึกษา จึงมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับข้าวมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ดูรูปที่ 30)

ทั้งนี้การใช้พื้นที่เพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ฤดูกาลเพาะปลูก ราคาผลผลิต ปริมาณน้ำ เป็นต้น สุจริตและคณะ(2545) ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เพาะปลูกได้ผลว่าราคาผลผลิตปีที่ผ่านมาส่งผลเป็นอันดับแรก ปัจจัยรองลงมาคือ ปริมาณน้ำต้นทุน ความแตกต่างในแต่ละช่วงเวลาทำให้การรวบรวมข้อมูลต้องแบ่งออกเป็นหลายช่วง กรมชลประทานรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง โดยฤดูฝนคือเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม และฤดูแล้งคือเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน

พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังแปรผันกับปริมาณน้ำต้นทุน ณ วันที่ 1 มกราคมของปีนั้นๆ (รูปที่ 31) ด้วยเหตุที่จำเป็นต้องพึ่งพาน้ำชลประทานที่มาจากน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวนาปีเปลี่ยนแปลงไม่มากเท่านาปรัง การวางแผนการเพาะปลูกเป็นการแก้

ปัญหาการเพาะปลูกเกินกว่าทรัพยากรน้ำที่มีอันจะเกิดภาวะการขาดแคลนน้ำ เกษตรกรบางส่วนปฏิบัติตามแผนการเพาะปลูกในขณะที่บางส่วนไม่ปฏิบัติตาม (ตารางที่ 28) เช่นในปี 2537 ไม่มีนโยบายให้ปลูกข้าวนาปรัง แต่เกษตรกรปลูกกันถึง 1.77 ล้านไร่ การไม่ปฏิบัติตามแผนนี้ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำอยู่โดยทั่วไป

ในการวิเคราะห์มุ่งเน้นไปที่การใช้น้ำจริงของพืชจึงใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวเป็นตัวแทน ไม่ได้ใช้พื้นที่เพาะปลูกเพราะ พื้นที่เพาะปลูกพืชบางส่วนเสียหายจากขาดน้ำและน้ำท่วมทำให้พื้นที่เก็บเกี่ยวมีน้อยกว่าที่เพาะปลูกตอนต้นฤดูกาล การใช้ข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยวจึงเป็นการยืนยันว่ามีการใช้น้ำตลอดจนจบฤดูกาล รายละเอียดของพื้นที่เก็บเกี่ยวแสดงดังตารางที่ 29 และ 30

ในการศึกษาพื้นที่เก็บเกี่ยวจำแนกข้อมูลออกด้วยการแบ่งปริมาณน้ำใช้งานในเขื่อน (ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย) และคำนวณเป็นอัตราส่วนของพื้นที่เก็บเกี่ยวต่อพื้นที่ชลประทานของแต่ละกลุ่มพื้นที่ ทำให้แสดงความสัมพันธ์ทางพื้นที่ได้ดีขึ้น (รูปที่ 32) เมื่อพิจารณาตามกลุ่มที่ใช้น้ำในคลองส่งน้ำเดียวกัน พบว่า

- คลองชัยนาท – ป่าสัก B01, B02, B03 และ B04 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามการได้รับน้ำก่อนหลัง (ยกเว้นปี 2539) (แผนที่กลุ่มพื้นที่ดู รูปที่ 9 หน้า 34)
- คลองชัยนาท – อยุธยา B05 รับน้ำเพียงกลุ่มพื้นที่เดียวมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกับกลุ่มพื้นที่ข้างเคียง คือ B01 ถึง B04
- ม.น้อยและ ม.ท่าจีน B10, B11, B12 และ B13 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามการได้รับน้ำก่อนหลัง เช่นเดียวกัน
- คลองมะขามเฒ่า – อู่ทอง B18 รับน้ำเพียงกลุ่มพื้นที่เดียวมีเปอร์เซ็นต์ค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มพื้นที่ใกล้เคียง
- เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกและตะวันตก พบว่าฝั่งตะวันตกมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่า และเมื่อพิจารณาบางกลุ่มพื้นที่พบว่า B13 ต่ำกว่า 25% ทุกปี ส่วน B16 สูงกว่า 25% ทุกปี และยังมีค่าสูงสุดเกือบ 80% อีกด้วย

5.3.2 ปฏิทินการเพาะปลูก

การเริ่มต้นปลูกข้าวในอดีตขึ้นอยู่กับวันเวลาการเริ่มจัดสรรน้ำของแต่ละโครงการชลประทาน แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เกษตรกรมีแนวโน้มเพาะปลูกกันมากขึ้น ในบางพื้นที่อาจทำถึง 2 ½ ถึง 3 รอบ (DORAS, 2001) ทำให้วันเวลาการเริ่มเพาะปลูกเปลี่ยนแปลงไปบ้าง ประกอบกับนโยบายการจัดสรรน้ำในแต่ละปีที่แตกต่างกับบ้างตามสถานการณ์ของน้ำต้นทุน เมื่อสรุปแยกวันเวลาเริ่มเพาะปลูก (รูปที่ 33) เห็นได้ว่ากลุ่มพื้นที่ด้านตะวันตก (กลุ่มพื้นที่ B10–B18) เริ่มเพาะ

ปลูก กลางเดือน ธันวาคม ถึงกลางเดือนมกราคม ก่อนด้านตะวันออกที่เริ่มปลูกประมาณสัปดาห์ที่สองของเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 28 พื้นที่เก็บเกี่ยวในเขตพื้นที่ศึกษา หน่วย : ล้านไร่

ปีการเพาะปลูก	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541
ข้าวนาปี	2.65	2.71	2.72	2.71	2.76	2.66	2.63	2.65	2.59	2.60
ข้าวนาปรัง	0.81	1.00	0.35	0.44	0.33	0.25	0.80	1.64	1.72	1.53
อ้อย	0.03	0.06	0.08	0.17	0.18	0.13	0.18	0.21	0.19	0.15
ข้าวนาปรัง* (แผน)	-	-	-	-	1.50	0.00	2.80	3.50	3.30	2.70
ข้าวนาปรัง* (ปลูกจริง)	-	-	-	-	1.96	1.77	3.19	4.15	4.06	3.79

หมายเหตุ * หมายถึง พื้นที่เพาะปลูก ในเขตโครงการฯ พิษณุโลก และเจ้าพระยาใหญ่ (ที่มา: กรมชลประทาน, 2541)

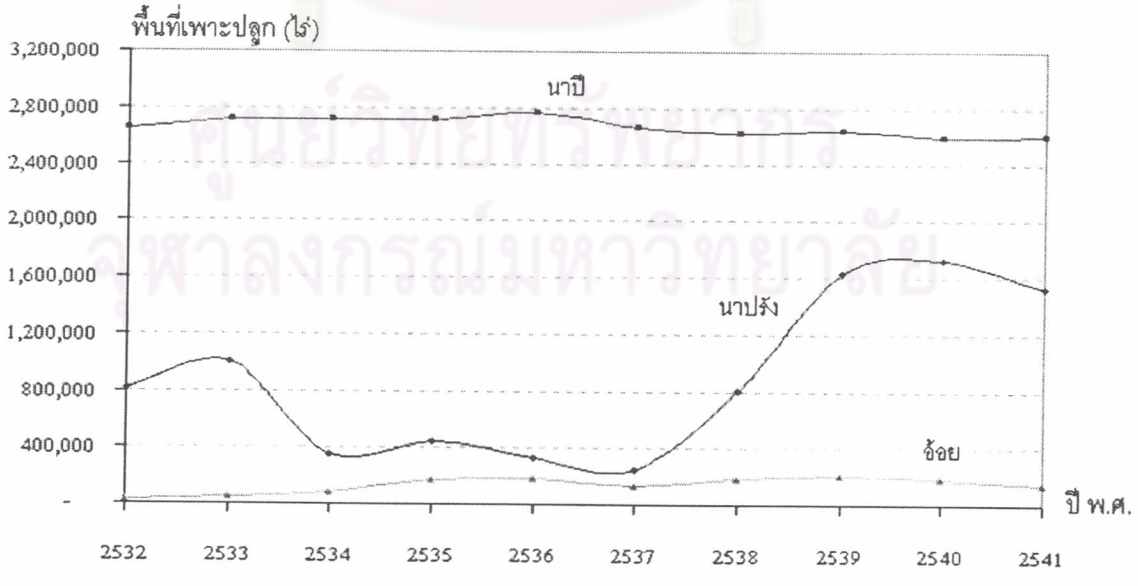
ตารางที่ 29 พื้นที่เก็บเกี่ยวของกลุ่มพื้นที่ 1 (B01) หน่วย : ไร่

ปี พ.ศ.	พืชฤดูแล้ง							พืชฤดูฝน
	นาปรัง	พืชไร่	พืชผัก	ข้าวโพดหวาน	อ้อย	อื่น ๆ	รวม	นาปี
2532	11,521	-	-	-	-	-	11,521	106,463
2533	72,395	-	-	-	-	-	72,395	114,197
2534	1,025	-	-	17	3,213	-	4,255	109,747
2535	16,314	-	-	274	2,213	-	18,801	112,002
2536	10,915	2,176	80	139	2,490	985	16,783	111,775
2537	10,717	424	3	27	1,200	156	12,528	111,493
2538	18,947	890	-	57	1,186	828	21,908	111,398
2539	55,631	-	-	-	939	549	57,119	113,521
2540	97,692	-	10	-	2,903	304	100,908	112,183
2541	70,020	26.47	10	2	2,565	198	72,821	112,116
เฉลี่ย	43,987	586	17	37	1,881	503	47,011	112,081

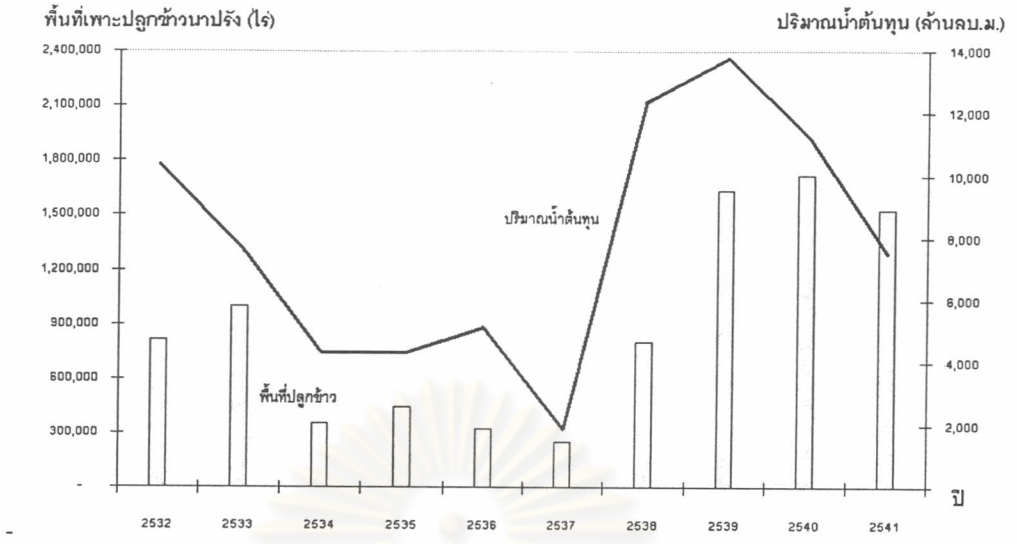
หมายเหตุ: 1. กลุ่มพื้นที่ชลประทาน B01 ประกอบด้วย โครงการฯมโนรมย์ (สถานีสูบน้ำ)

2. พื้นที่ชลประทาน B01 = 124,338 ไร่

3. พืชอื่น ๆ หมายถึง ไม้ยืนต้น ผลไม้ และบ่อปลา



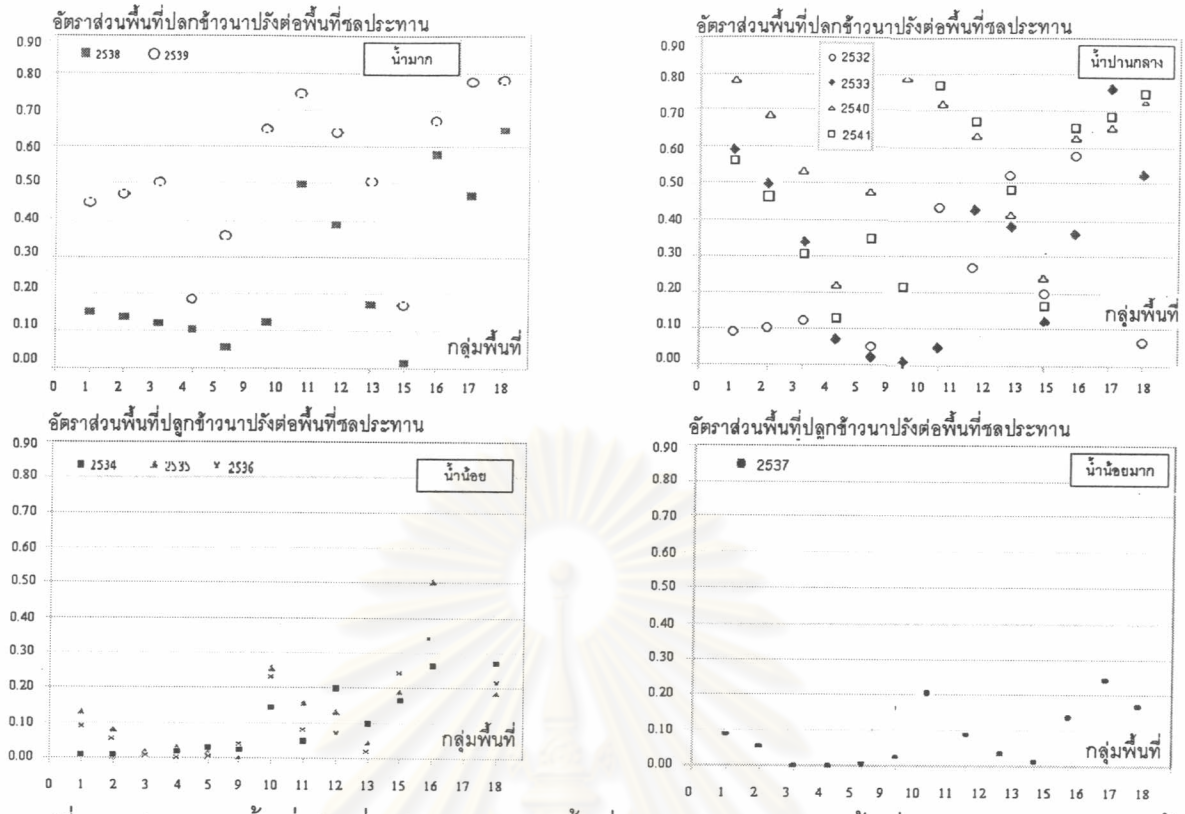
รูปที่ 30 พื้นที่เพาะปลูกรายพืช รายปี รวมทุกกลุ่มพื้นที่



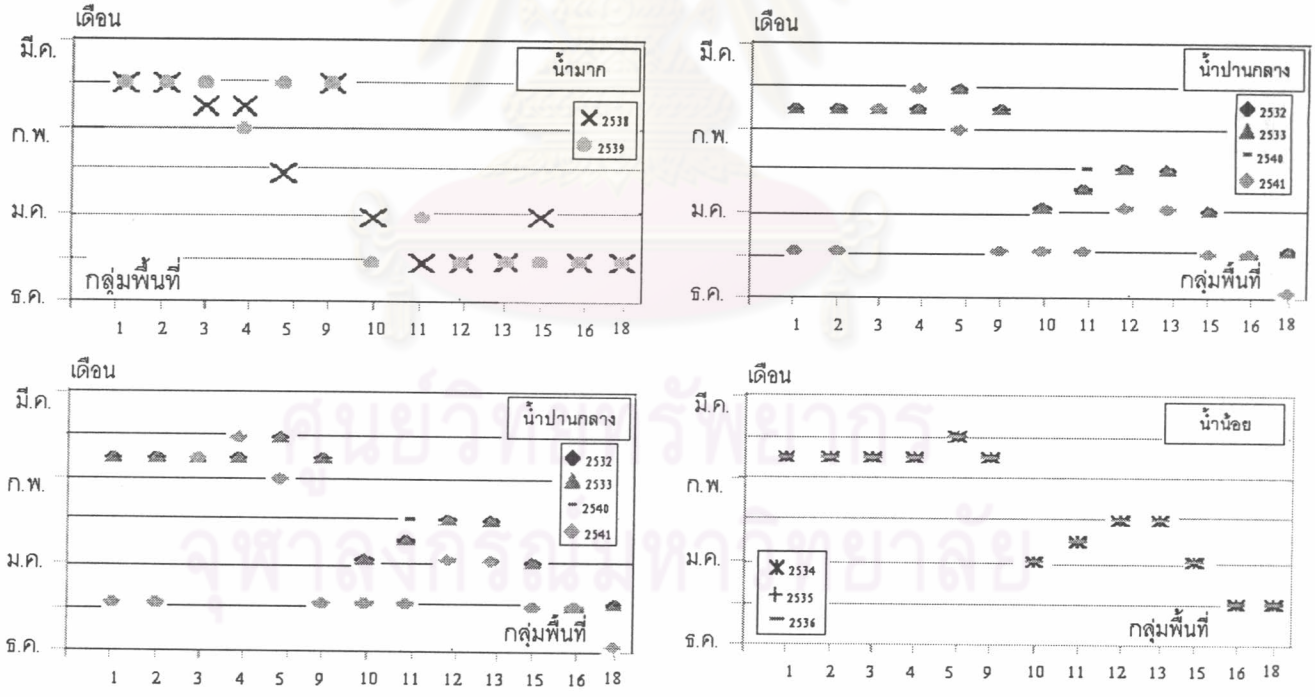
รูปที่ 31 ปริมาณน้ำต้นทุนและพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง

ตารางที่ 30 พื้นที่เก็บเกี่ยวของข้าวนาปรัง ข้าวนาปี และอ้อย รายกลุ่มพื้นที่ หน่วย : ไร่

พืช	กลุ่ม														
	ปี	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO9	B10	B11	B12	B13	B15	B16	B18	รวม
ข้าวนาปรัง	2532	11.521	26.222	19.018	26.331	19.197	0	118.08	46.941	245.65	38.754	42.282	200.57	18.081	812.66
	2533	72,395	125,338	52,135	26,604	12,930	0	12,995	75,295	188,68	23,347	26,509	233,40	148,03	997,67
	2534	1,025	1,305	543	8,507	7,317	0	39,855	8,205	96,402	19,929	12,026	81,148	77,319	353,58
	2535	16,314	20,807	894	10,852	6,984	0	69,414	26,940	62,597	8,947	13,679	153,26	52,961	443,65
	2536	10,915	13,915	48	184	1,975	2,236	62,512	14,254	34,287	3,499	17,685	102,51	61,752	325,77
	2537	10,717	13,639	5	75	1,987	1,689	55,239	14,867	16,452	2,303	9,962	74,019	48,073	249,02
	2538	18,947	35,022	18,824	38,595	27,155	8,404	134,87	67,470	83,162	2,666	41,974	142,59	184,58	804,26
	2539	55,631	119,856	78,050	70,016	173,75	43,650	200,19	111,28	241,23	33,516	48,591	236,23	223,20	1,635,2
	2540	97,692	175,667	81,970	77,891	230,09	53,180	194,08	109,38	197,19	49,300	46,435	199,67	206,93	1,719,5
	2541	70,020	119,345	48,418	48,185	169,62	13,950	206,59	116,21	232,69	35,743	46,869	210,73	209,43	1,527,8
ข้าวนาปี	2532	106.463	228.874	152.39	193.14	436.39	0	270.12	169.25	432.26	157.15	46.785	216.58	243.17	2.652.6
	2533	114,197	236,107	146,28	158,81	461,99	0	261,93	169,05	423,84	152,26	52,537	263,74	272,39	2,713,1
	2534	109,747	234,708	154,86	193,02	476,30	0	265,51	165,55	381,62	155,45	54,831	253,40	271,64	2,716,6
	2535	112,002	237,723	154,08	193,05	473,90	0	262,38	162,59	386,84	155,93	54,850	248,82	267,63	2,709,8
	2536	111,775	237,020	154,47	193,14	459,40	67,636	261,46	162,12	389,08	157,12	54,352	247,12	267,73	2,762,4
	2537	111,493	231,339	145,41	176,28	431,66	67,284	257,58	159,35	375,29	157,91	51,854	237,19	260,63	2,663,3
	2538	111,398	236,542	154,47	193,14	425,04	66,930	258,38	160,35	347,83	154,53	49,914	216,11	250,90	2,625,5
	2539	113,521	238,037	152,66	193,14	393,67	67,029	258,35	158,22	346,54	143,85	49,349	282,77	248,27	2,645,4
	2540	112,183	235,756	151,79	193,14	407,08	67,134	245,61	148,97	363,06	133,44	50,282	231,72	249,30	2,589,5
	2541	112,116	236,226	152,46	190,60	429,07	67,065	233,76	137,41	376,92	129,15	50,374	233,10	249,86	2,598,1
อ้อย	2532	0	0	0	0	0	0	0	0	25.029	222	86	0	6.491	31.828
	2533	0	112	0	0	0	0	106	94	20,750	221	17	29,274	5,594	56,168
	2534	3,213	4,170	120	0	1,210	0	8,096	6,783	8,733	404	1,306	37,435	8,636	80,106
	2535	2,213	2,968	227	0	1,142	0	8,117	6,802	95,916	174	1,321	42,266	13,171	174,31
	2536	2,490	3,479	473	108	3,138	170	10,400	8,714	92,067	340	1,347	42,463	15,856	181,04
	2537	1,200	1,960	657	145	3,776	250	8,473	6,166	77,505	496	1,858	8,388	18,421	129,29
	2538	1,186	1,670	240	0	2,773	250	5,992	3,966	75,393	496	5,575	52,750	31,716	182,00
	2539	939	1,435	360	0	3,977	250	12,249	9,327	89,603	366	5,804	52,865	28,566	205,74
	2540	2,903	3,990	444	0	2,182	151	7,604	6,000	96,119	247	341	54,939	13,112	188,03
	2541	2,565	3,265	1	9	35	58	3,101	2,482	66,618	221	3,780	46,270	20,965	149,37



รูปที่ 32 อัตราส่วนพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวนาปรังต่อพื้นที่ชลประทานรายกลุ่มพื้นที่ แยกตามสถานการณ์น้ำ



รูปที่ 33 ปฏิทินเพาะปลูกข้าวนาปรัง แยกตามสถานการณ์น้ำต้นทุน

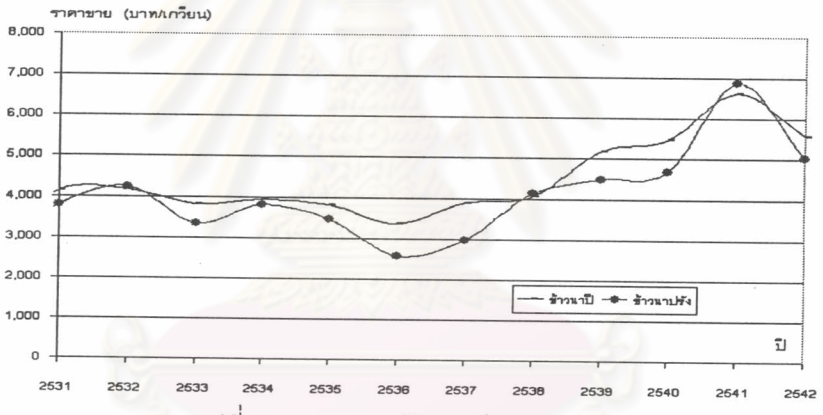
5.3.3 ราคาผลผลิต

ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะราคาข้าวนาปีและข้าวนาปรัง เพราะเป็นพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ศึกษา ราคาข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยมา ยกเว้นบางปีที่มีราคาต่ำลงบ้าง (ตารางที่ 31 และรูปที่ 34) นอกจากเรื่องปริมาณน้ำต้นทุนที่ส่งผลกับพื้นที่เพาะปลูกในปีนั้นๆ แล้ว ราคาข้าวนับได้ว่าเป็นอีกปัจจัยที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกมากหรือน้อยได้อย่างเด่นชัดเช่นกัน แต่เป็นไปในลักษณะที่ส่งผลถึงปีการเพาะปลูกถัดไป (ผลการศึกษาจากหัวข้อที่ 6.4)

ตารางที่ 31 ราคาขายพืชที่ไร่นา (บาท/เกวียน)

ชนิดพืช	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
ข้าวนาปี	4,138	4,167	3,802	3,928	3,817	3,357	3,889	4,053	5,189	5,472	6,629	5,579
ข้าวนาปรัง	3,790	4,225	3,342	3,825	3,459	2,563	2,961	4,146	4,490	4,673	6,881	5,023

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร



รูปที่ 34 ราคาขายข้าวนาปีและนาปรัง

5.4 โปรแกรมการจัดการข้อมูล

ในจำลองการใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรมใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ AISP แต่เนื่องจากว่าผลลัพธ์จากการคำนวณของแบบจำลอง มีจำนวนมากและอยู่ในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานต่อไป การศึกษาครั้งนี้จึงพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาฟอร์แทรน (Fortran) เพื่อจัดเรียงข้อมูลใหม่ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น จากเดิมที่ผลลัพธ์ของแบบจำลองของแต่ละปีมี 60 ไฟล์ ซึ่งทำศึกษาทั้งหมด 10 ปีนั้นคือมีจำนวนทั้งหมดถึง 600 ไฟล์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นจะรวมรวมไฟล์ให้เหลือปีละ 3 ไฟล์ ทั้งหมด 10 ปี มีจำนวน 30 ไฟล์ซึ่งสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น โปรแกรมดังกล่าวชื่อว่า “Program rearrange” ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 35

การศึกษาเรื่องความต้องการใช้น้ำ ไม่ได้จบเพียงแค่คำนวณผลลัพธ์เท่านั้น แต่จะต้องนำมาวิเคราะห์ร่วมกับปริมาณน้ำชลประทานที่ได้รับจัดสรรมา เพื่อประเมินปริมาณน้ำแหล่งอื่น ที่มิใช่น้ำชลประทานและน้ำฝน (ปริมาณฝนมีการวิเคราะห์แล้ว ในแบบจำลอง AISP) ปริมาณน้ำแหล่งอื่นๆ นี้นำมาตรวจสอบกับปริมาณการสูบน้ำใต้ดินที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง MODFLOW (สุจริตและคณะ, 2545) ถึงความสอดคล้องของผลลัพธ์ทั้งสอง หากเกิดความไม่สอดคล้องแล้วจะต้องปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์การใช้น้ำและจำลองการใช้น้ำใหม่ เหตุนี้จึงทำให้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง AISP จำต้องนำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำแหล่งอื่นใหม่ทุกครั้ง อันเป็นภาระงานของการวิจัยที่มาก ในการศึกษาจึงพัฒนาโปรแกรมขึ้น โดยให้ชื่อว่า "Program recalculate" โดยโปรแกรมนี้คำนวณปริมาณน้ำแหล่งอื่น จากข้อมูลความต้องการน้ำ(ที่จัดเรียงรูปแบบโดยโปรแกรม rearrange) ข้อมูลปริมาณน้ำชลประทานที่ได้รับจัดสรร และค่าประสิทธิภาพชลประทานของแต่ละกลุ่มพื้นที่ ผลลัพธ์ท้ายสุดจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้สะดวกอีกด้วย ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 35

5.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธีการถดถอย(Regression Analysis) นำมาใช้ในงานที่ต้องการพยากรณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ข้อมูลในอดีตมาร่วมในการพิจารณา โดยถือสมมุติฐานที่ว่า "ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตมีโอกาสเกิดซ้ำกับข้อมูลในอดีต" (ศิริชัย, 2539) ในการวิเคราะห์มีทั้งการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว หรือด้วยจำนวนตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวก็ได้ ขึ้นกับแต่ละเหตุการณ์นั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากน้อยไม่เท่ากัน ตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์การถดถอยของพื้นที่เพาะปลูก (ตัวแปรตาม) บางครั้งมีเพียงตัวแปรอิสระเพียง 2 – 3 ตัวมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามสูง แต่ไม่ได้หมายความว่า ตัวแปรอื่นไม่มีความสัมพันธ์ แต่มีความสัมพันธ์น้อยกว่า จนอาจไม่ได้นำมาพิจารณาร่วมด้วย

การวิเคราะห์การถดถอยมีความแตกต่างกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เพราะการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยสนใจแต่เพียงว่าตัวแปรที่กำหนดมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และถ้ามีความสัมพันธ์จะมีความสัมพันธ์กันขนาดไหน และไปในทิศทางใด โดยไม่จำเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม เพราะไม่มีการพยากรณ์ ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์การถดถอยเพราะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (ศิริชัย, 2539)

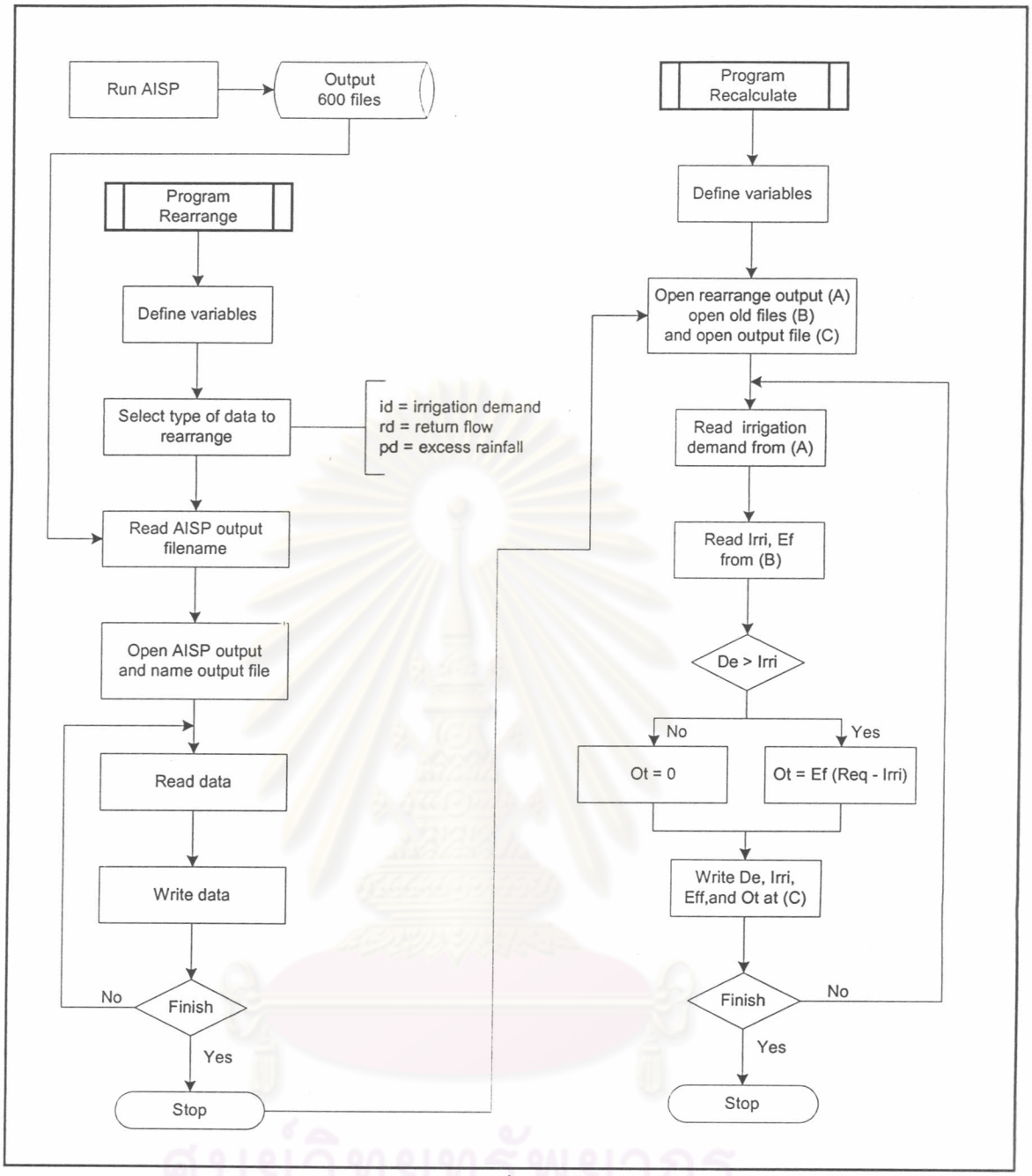
รูปแบบของความสัมพันธ์การถดถอยมีอยู่หลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นแบบธรรมดา ง่ายต่อการวิเคราะห์ ดังเช่น สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression Equation) หรือเป็นสมการที่เป็นเชิงเส้นโค้ง (Curvilinear Regression Equation) ซึ่งแบ่งเป็นหลายชนิด ดังเช่น พาราโบลา(

Parabola Regression Equation) โพลีโนเมียล (Polynomial Regression Equation) เอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Regression Equation) ในเรื่องนี้เป็นประเด็นในการศึกษาว่าสมควรเลือกใช้สมการแบบใด ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทดลองใช้ทั้งสมการเชิงเส้นตรง พาราโบลา และโพลีโนเมียล เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของผลที่ได้ด้วย

ในการวิเคราะห์การถดถอยต้องทำหลายขั้นตอนแม้ว่าบางขั้นได้กล่าวไปก่อนหน้านี้บ้างแล้ว แต่เพื่อความสอดคล้องจึงขอกล่าวซ้ำอีกครั้ง และมุ่งเน้นไปที่การอธิบายการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรตาม (พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำชลประทาน) โดยมีขั้นตอนกล่าวได้ดังนี้ (รูปที่ 36)

1. รวบรวมข้อมูล หากข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ GIS อยู่แล้ว อาจต้องปรับปรุงข้อมูลบ้าง หากข้อมูลยังไม่อยู่ในรูปแบบของ GIS แบ่งได้ 2 แบบคือ
    ก) ข้อมูลเป็นแผนที่ ต้องนำเข้าด้วยเครื่องดิจิไทซ์ (Digitizer) และ เชื่อมต่อข้อมูลเชิงคุณภาพด้วย
    ข) ข้อมูลไม่เป็นแผนที่ อาจเป็นตาราง หรือ อยู่ในรูปแบบอื่นๆ ต้องจัดให้อยู่ในรูปแบบที่นำเข้าได้พร้อม ให้พิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วย
2. เมื่อได้ข้อมูลที่เป็น GIS แล้ว สืบค้นข้อมูลแยกเป็นกลุ่ม (ในการศึกษานี้แยกเป็นกลุ่มพื้นที่) และทำการวิเคราะห์เบื้องต้น เช่นการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น เพื่อเตรียมเป็นข้อมูลใช้วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ตัวแปรที่ใช้แสดงในตารางที่ 32
3. วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ของตัวแปรทั้งหมด ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel โดยเพิ่มโมดูลคำนวณเกี่ยวกับสถิติ (Data Analysis) ที่ใช้วิเคราะห์ได้หลากหลาย เช่น correlation, t-test, moving average เป็นต้น ตัวอย่างผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 33
4. เลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.40 หรือน้อยกว่า –0.40 (ค่าที่เป็นลบหมายถึง มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม) ถือว่าเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันดี เมื่อนำมาวิเคราะห์ต้องเลือกตัวใดตัวหนึ่งเพื่อไม่ซ้ำซ้อนกันทางสถิติ (Multicolinearity) โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวนั้นๆ กับ ตัวแปรตาม ในที่นี้มี 2 ตัวคือ พื้นที่เพาะปลูก (area) และ ปริมาณน้ำชลประทาน (irri) ตัวย่อดูจากตารางที่ 32 (ใช้ค่านี้เป็นเกณฑ์ยกเว้นกรณีศึกษาพื้นที่รวม ฤดูแล้ง ใช้ค่า 0.50 และ –0.50 เพราะมีตัวแปรจำนวนมากที่มีค่าเกินกว่าเกณฑ์ข้างต้น)

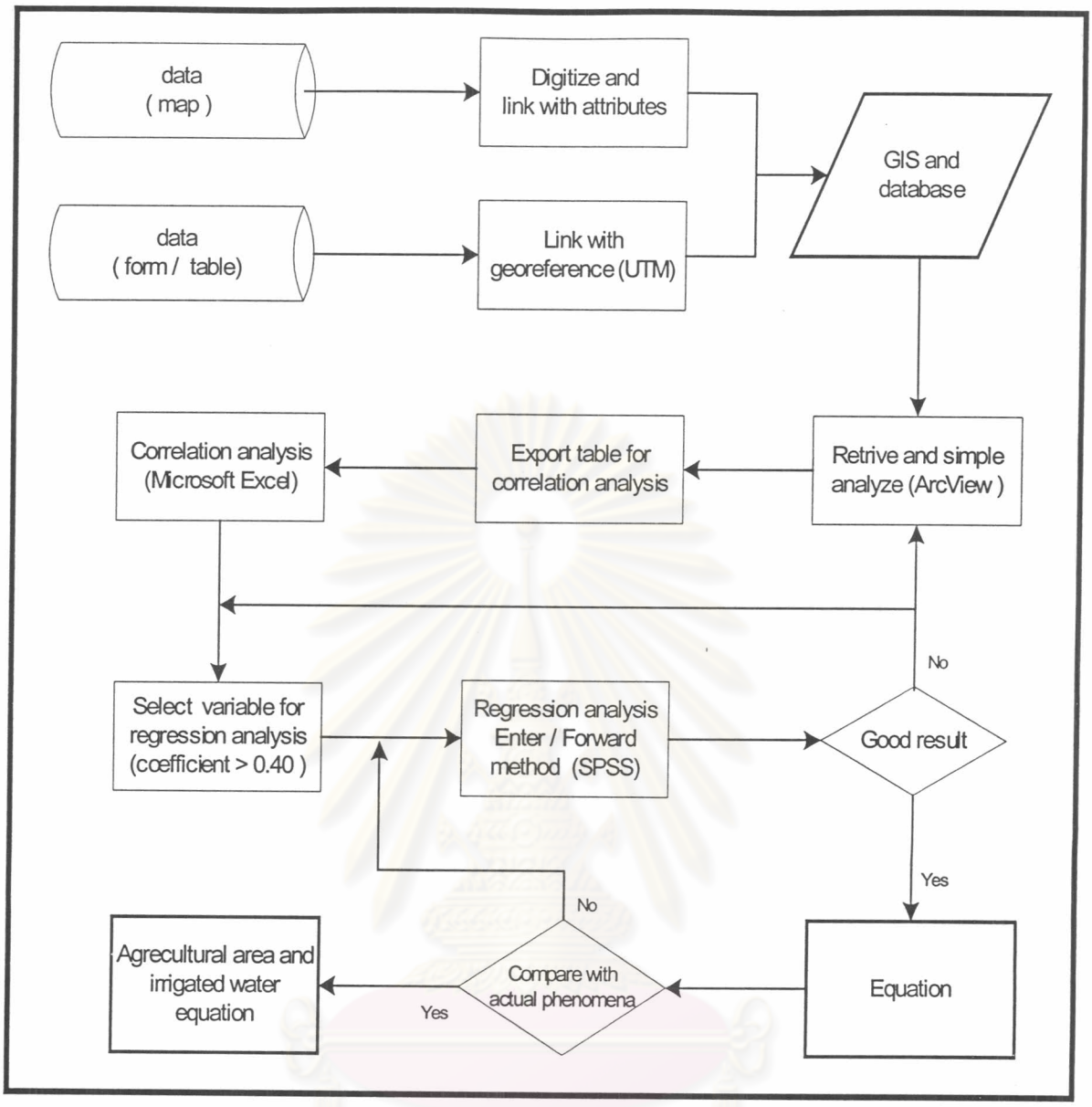
5. วิเคราะห์การถดถอยระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ
   ก) วิธี Enter Selection ที่คัดเลือกตัวแปรทุกตัวเข้าสู่สมการพร้อมกัน
   ข) วิธี Forward Selection ที่คัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงสุดเข้ามาทีละหนึ่งตัว จนกว่าตัวแปรที่เหลือไม่มีค่านัยสำคัญเท่าที่ได้กำหนดไว้ (ใช้ $\alpha = 0.10$) วิธีนี้ค่า R^2 เพิ่มขึ้นมากในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นน้อยลงตามลำดับ
6. วิเคราะห์การถดถอย พิจารณา 3 กรณี แบ่งตามประเภทของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ รายละเอียดดังนี้
   ก) กรณี A ใช้ตัวแปรทุกตัว (ตารางที่ 32) ไม่พิจารณาการคัดเลือกตัวแปรจากข้อที่ 4 ผลการวิเคราะห์ถือว่าเป็นการพิจารณาตัวแปรทุกประเภท (ตารางที่ 32) สามารถใช้อธิบายปัจจัยที่ส่งผลถึงการเพาะปลูกและปริมาณน้ำชลประทานในแต่ละฤดูกาล แต่ไม่สามารถใช้วางแผนได้ เพราะอาจมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ขณะวางแผน เช่น ปริมาณฝนและปริมาณการสูบน้ำใต้ดินในฤดูกาลที่จะถึง เป็นต้น
   ข) กรณี B ใช้ตัวแปรที่ทราบค่าทุกตัว ไม่พิจารณาการเลือกในข้อที่ 4 สามารถใช้วางแผนสำหรับฤดูกาลต่อไปได้แต่อาจมีผลการซ้ำซ้อนทางสถิติอยู่
   ค) กรณี C ใช้ตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ซ้ำซ้อนกันทางสถิติ สามารถใช้วางแผนสำหรับฤดูกาลต่อไปได้โดยไม่มีผลการซ้ำซ้อนทางสถิติ แนะนำให้นำผลจากกรณีนี้ไปใช้
7. วิเคราะห์การถดถอยแยกเป็นการวิเคราะห์รายกลุ่มพื้นที่ (Block) พื้นที่รวม (Total) ฤดูแล้ง (Dry) และฤดูฝน (Wet) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ รวมทั้งพื้นที่ ฤดูแล้ง กรณีที่ 1 ดังตารางที่ 34
8. พิจารณาผลการวิเคราะห์ หากผลไม่ดีมีค่า R^2 ต่ำกว่า 0.40 อาจต้องวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและปรับตัวแปรใหม่ (ในการศึกษานี้พบปัญหาเรื่องความสูงพื้นดินของกลุ่มพื้นที่ B15 และ B18 ที่มีภูเขาในบริเวณนั้นทำให้ต้องวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นใหม่ หาค่าเฉลี่ยโดยตัดข้อมูลบริเวณเขาออก (ไม่มีเพาะปลูกบริเวณดังกล่าว) ทำให้ค่า R^2 ดีขึ้น)
9. วิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าสัมประสิทธิ์และเลขยกกำลังของแต่ละปัจจัยในสมการถดถอย กับสภาพจริงตามธรรมชาติ พิจารณาทีละตัวแปรโดยแทนค่าตัวแปรของแต่ละกลุ่มพื้นที่ในสมการที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจากการเก็บวัดจริง (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 6.4.2)
10. สรุปสมการถดถอยของพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำชลประทาน ที่ใช้ในการวางแผนจัดสรรน้ำต่อไป



หมายเหตุ Req = ปริมาณความต้องการ Ot = ปริมาณน้ำแหล่งอื่น

Eff = ประสิทธิภาพชลประทาน Irri = ปริมาณน้ำจัดสรร

รูปที่ 35 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 36 ขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 32 ชนิด ความหมายของตัวแปร

ตัวย่อ	ความหมาย
calen	เดือนที่เริ่มปลูกข้าว
canal	ความยาวคลองชลประทาน
eff	ประสิทธิภาพชลประทานเฉลี่ย
ele	ความสูงเฉลี่ย
depth	ความลึกจากผิวดินถึงผิวน้ำใต้ดิน
pump	ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน
irri	น้ำชลประทานที่ได้รับ
perme	ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมน้ำ
price	ราคาข้าวปีที่ผ่านมา
prior	ลำดับการได้รับน้ำ
rain	ปริมาณฝน
area	พื้นที่เพาะปลูกข้าว
WB	น้ำต้นทุน

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ของข้อมูลพื้นที่รวม ฤดูแล้ง (Total Dry)

ตัวแปร	*area*	*WB*	*rain*	*pump*	*price*	*irri*	*eff*
area	1.00						
WB	0.76	1.00					
rain	-0.09	-0.13	1.00				
pump	-0.58	-0.80	0.19	1.00			
price	0.79	0.42	-0.45	-0.47	1.00		
irri	0.91	0.91	-0.13	-0.69	0.59	1.00	
eff	0.65	0.46	0.16	-0.27	0.60	0.51	1.00

หมายเหตุ number มีค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 0.50 หรือ น้อยกว่า- 0.50

ตัวอย่างที่แสดงเป็นผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 6.4.2

ตารางที่ 34 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลพื้นที่รวม ฤดูแล้ง กรณีที่ 1 (Total Dry)

ก) Model Summary

Model	Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.910	.827	.806	0.0768
2	.963	.928	.907	0.0530
3	.984	.968	.952	0.0382

1. Predictors: (Constant), IRRI
2. Predictors: (Constant), IRRI, PRICE
3. Predictors: (Constant), IRRI, PRICE, RAIN

ข) Coefficients

Model	Variable	Coefficients
1	(Constant)	-0.0383
	IRRI	.866
2	(Constant)	-.341
	IRRI	.645
	PRICE	1.019
3	(Constant)	-.622
	IRRI	.597
	PRICE	1.364
	RAIN	.282

1. Dependent Variable: 0_area

หมายเหตุ ตัวอย่างที่แสดงเป็นผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 6.4.2

Model คือ ครั้งที่ของการวิเคราะห์ด้วยวิธี Forward Selection ที่เพิ่มตัวแปรที่มีค่าความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงสุดเข้ามาทีละหนึ่งตัว จากตัวอย่างนี้ ลำดับที่หนึ่งเลือกตัวแปร ปริมาณน้ำชลประทาน(irri) ลำดับที่สอง เลือก ราคาข้าวปีที่ผ่านมา (price) ลำดับที่สามเลือกปริมาณฝน (rain) ต่อจากลำดับนี้ทดสอบแล้วไม่มีตัวแปรอื่นใดมีค่านัยสำคัญต่อสมการเกิน 0.10 อีกเลย

Multiple R คือ ค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จากตัวอย่างแสดงว่าพื้นที่เพาะปลูก (area) มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำชลประทาน(irri) ราคาข้าวปีที่ผ่านมา(price) และปริมาณฝนสูง(rain) (คือมีค่า 0.984)

R Square คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ซึ่งจะแสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตาม จากตัวอย่างแสดงว่า ตัวแปรตามมีอิทธิพลต่อพื้นที่เพาะปลูกถึง 96.8 %

Adjusted R Square คือ ค่า R Square ที่มีการปรับแก้ให้เหมาะสม เมื่อจำนวนข้อมูลที่ใช้มีจำนวนน้อย (น้อยกว่า 30) จากตัวอย่างมีข้อมูลเพียง 10 ชุด ควรจะพิจารณาค่านี้ใช้แทนค่า R Square ในความหมายเดียวกัน

Standard error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระทั้งหมด จากตัวอย่างการพยากรณ์ พื้นที่เพาะปลูกด้วยตัวแปรอิสระต่างๆ มีความคลาดเคลื่อน 0.0382

แปลความหมาย แสดงว่าปริมาณน้ำชลประทาน ราคาข้าวปีที่ผ่านมา และปริมาณฝน น่าจะใช้พยากรณ์พื้นที่เพาะปลูกได้ดีเพราะมีความสัมพันธ์กันสูง (Multiple R) และการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ มีผลต่อพื้นที่เพาะปลูกถึง 95.2 % (Adjusted R Square) ซึ่งทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ต่ำ คือประมาณ 0.0382 (Standard error)

Coefficients คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระพร้อมทั้งค่าคงที่ ซึ่งนำไปใช้ในสมการพยากรณ์ จากตัวอย่างได้สมการ ดังนี้

$$area = 0.597\ irri + 1.364\ price + 0.282\ rain - 0.622$$

สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย จะกล่าวเฉพาะส่วนที่สำคัญเท่านั้น และส่วนอื่นที่ไม่ได้กล่าว ศึกษาได้จากหนังสือสถิติเบื้องต้นทั่วไป หรือที่ http://www.spss.com/tech/stat/algorithms/11.0/regression.pdf ในการนี้ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งจากการประมาณค่าที่อธิบายได้และอธิบายไม่ได้นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Total variation = Unexplained variation + Explained variation

$$\sum\left(y_i-\bar{y}\right)^2=\sum\left(y_i-\hat{y}\right)^2+\sum\left(\hat{y}-\bar{y}\right)^2$$

$$R^2=\frac{\sum\left(\hat{y}-\bar{y}\right)^2}{\sum\left(y_i-\bar{y}\right)^2}$$

$$\text{Adjusted } R^2=\bar{R}^2=1-\left[\frac{n-1}{n-k}\right]\frac{\sum\left(\hat{y}-\bar{y}\right)^2}{\sum\left(y_i-\bar{y}\right)^2}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย