บทที่ 5

การทดสอบและใช้งานระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการจำลองสภาพน้ำใต้ดินโดยเลือกพื้นที่ศึกษาโครงการชลประทานชัณสูตรมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบระบบ โดยเลือกข้อมูลในปี พ.ศ. 2542 ในภาวะคงตัว (steady state) โดยเริ่มขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การกำหนดชั้นน้ำใต้ดิน การกำหนดระบบน้ำใต้ดิน และการกำหนดระบบการไหลของน้ำใต้ดิน จากนั้นนำไปสู่ขั้นตอนของการออกแบบจำลอง ประกอบด้วยขั้นตอน ย่อย 2 ขั้นตอน คือ การสร้างระบบกริดเซลล์ในพื้นที่ และกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลแต่ละชุดการคำนวณแล้วส่งข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลยังโปรแกรม MODFLOW เมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้นโปรแกรม ArcView จะทำการอ่านข้อมูลไฟล์ผลลัพธ์และแสดงผลการคำนวณออกมาในรูปแผนที่เส้นชั้นความสูงซึ่งจะนำไปใช้ในการแสดงข้อมูลและการวิเคราะห์การใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ต่อไป โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองผ่าน GMS/MODFLOW เพื่อทดสอบความถูกต้องของการคำนวณ

5.1 การสร้างระบบกริดเซลล์ในพื้นที่

การประมวลผลแบบจำลอง ข้อมูลต้องถูกจัดอยู่ในรูปแบบกริด โดยแบ่งกริดเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เรียกว่า กริดเซลล์ โดยทางแกน x ในแนวตะวันตก–ตะวันออก แบบจำลองจะครอบคลุมพื้นที่พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 616000 ถึง 656000 มีระยะทาง 40 กิโลเมตร ส่วนทางแกน y ครอบคลุมพื้นที่พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 1588000 ถึง 1700000 มีระยะทาง 80 กิโลเมตร ซึ่งการจำลองในครั้งนี้เน้นรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อย จึงได้แบ่งขนาดความกว้างของกริดเซลล์ในแนวแกนทั้งสองเท่ากับ 1 กิโลเมตร เนื่องจากมีความสอดคล้องกับพื้นที่ โดยแบ่งออกได้ 40 สดมภ์ ตามแนวแกน x และ 80 ตามแนวแกน y ส่วนแนวแกน z แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ตามความลึกจริงของชั้นน้ำ

ชั้นที่ 1 ชั้นน้ำแบบผสม (Semi-Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 40-60 เมตร

ชั้นที่ 2 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 80-90เมตร

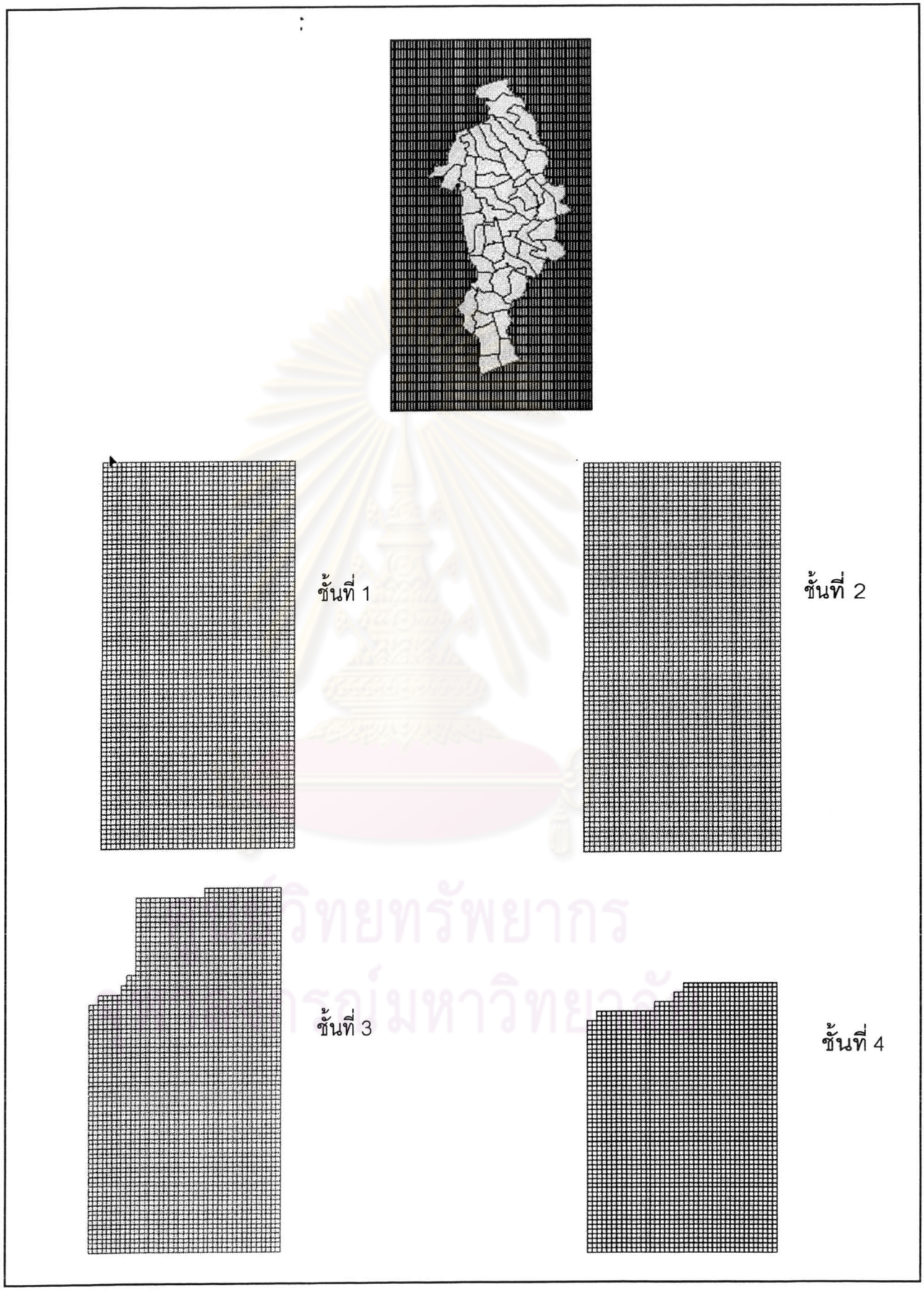
ชั้นที่ 3 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 100-120 เมตร

ชั้นที่ 4 ชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินมากกว่า 120 เมตร

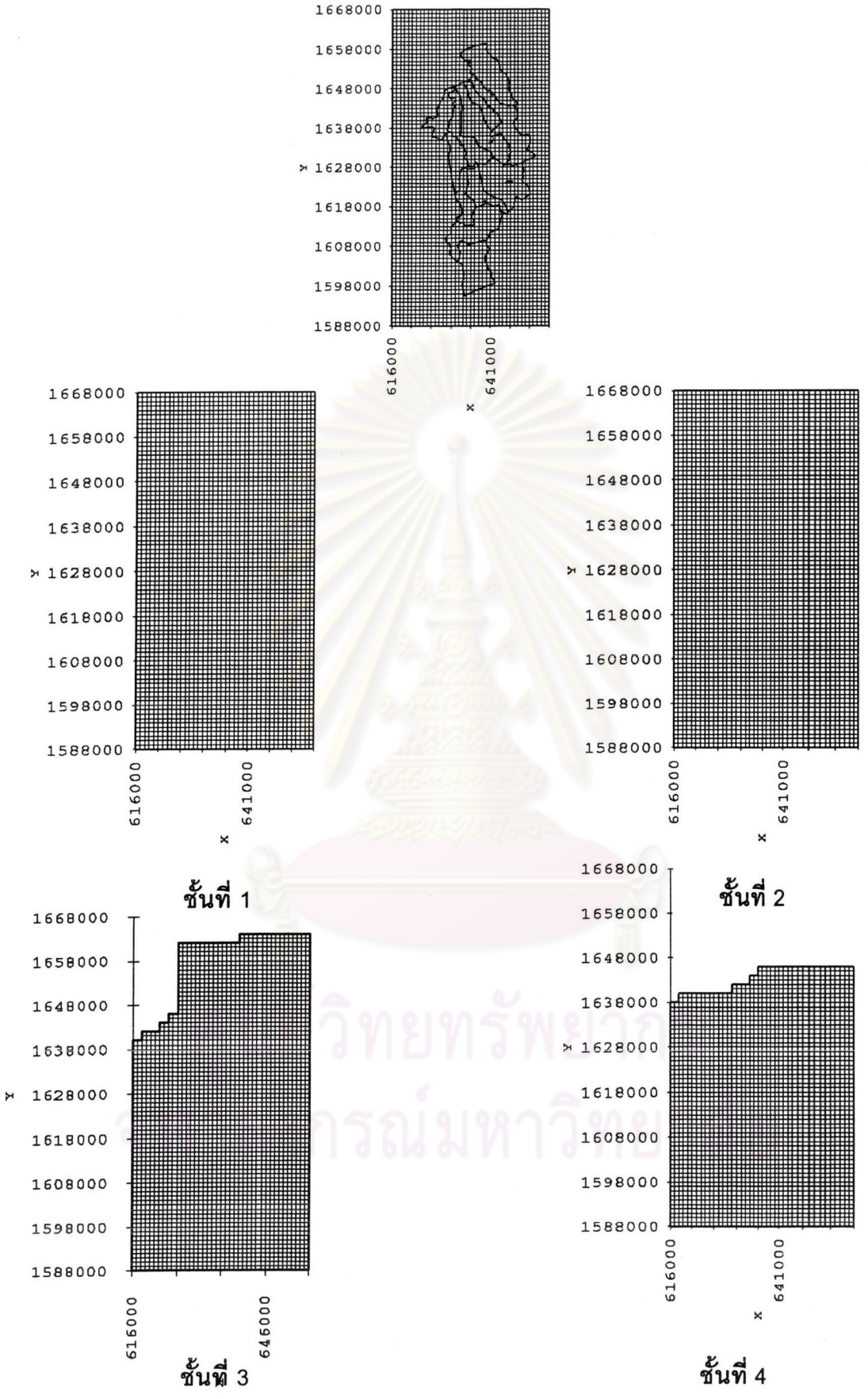
ดังนั้นจำนวนกริดทั้งหมดเท่ากับ 12,800 กริดเซลล์ โดยกำหนดเป็นเซลล์ที่ใช้ในการคำนวณ (Active Cell) มีค่า IBOUND =1และเซลล์ที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณ (Inactive Cell) มีค่า IBOUND =0 โดยเปรียบเทียบกับค่ากริดเซลล์ในฐานข้อมูลตาราง Inactive ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพทางอุทกธรณีวิทยา ทั้ง 4 ชั้นข้อมูล ดังรูปที่ 5.1

การทดสอบผลที่ได้เหมือนกับการสร้างกริดใน GMS/MODFLOW (รูปที่ 5.2) ต่างกันตรงที่การสร้างกริดใน ArcView ยังแสดงผลในลักษณะ 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างเป็น shapefile แยกแต่ละชั้นน้ำ และไม่สามารถแสดงผลข้อมูลกริดในลักษณะที่ต่อเนื่องกันแบบ GMS/MODFLOW ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 การสร้างกริดในแต่ละชั้นน้ำด้วย ArcView



รูปที่ 5.2การสร้างกริดด้วย GMS/MODFLOW

5.2 การกำหนดเงื่อนไขในขอบเขต (Boundary Condition)

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองขึ้นอยู่กับสภาพการไหลที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่และอาศัยการคำนวณระดับน้ำใต้ดิน ของโครงการ "การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง" โดยการคำนวณใหม่ และเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2545 โดยตรวจสอบระดับน้ำที่คำนวณได้กับระดับน้ำที่สำรวจ ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 4 ซึ่งมีความหนาน้อย กำหนดให้เป็นขอบเขตแบบไม่มีการไหล ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน

5.3 การเตรียมข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง MODFLOW

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร โดยทดลองนำเข้า ในสภาวะแบบจำลองการไหลแบบคงตัว ข้อมูลปี พ.ศ. 2542 Steady state เพื่อทดสอบการใช้งานหาสภาพการจำลองในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร โดยทำการจัดเตรียมข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง ดังมีขั้นตอนต่อไปนี้คือ

5.3.1 การเตรียมข้อมูลให้ Basic Package

ในขั้นตอนนี้จะทำการนำเข้าข้อมูลสู่ Basic Package โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขอบเขตของแบบจำลอง การสร้างเงื่อนไขตั้งต้นให้แบบจำลอง โดยทำการป้อนข้อมูล จำนวนชั้น(Layer) แถว (Row) หลักของ Aquifer หน่วยเวลา(Time Unit) ค่าระดับน้ำเบื้องต้น (Starting Heads) จำนวนการวนซ้ำ (stress period) จำนวน time step จากนั้นจะทำการ Printout ออกเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล .BAS (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

5.3.2 การป้อนข้อมูลให้ Output Control

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์จะเป็นการกำหนดรูปแบบการแสดงผล การพิมพ์และบันทึกค่า Head และ Drawdown กำหนดรูปแบบแสดงผลลัพธ์ โดยทำการกำหนดรูปแบบและเงื่อนไขตามจำนวนรอบการคำนวณและระยะเวลาการคำนวณที่ต้องการลงไป จากนั้นสั่งพิมพ์ออกมาเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล .OC (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

5.3.3 การป้อนข้อมูลให้ Block-Centerered Flow Package

ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดพารามิเตอร์ในการคำนวณที่จำเป็นลงไปเพื่อใช้คำนวณตามสมการ Finite-difference ในลักษณะการไหลจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง โดยมี 2 สถานะคือ แบบอิ่มตัว (steady state) และแบบไม่คงที่ (transient) ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ ประกอบด้วยด้วยค่า

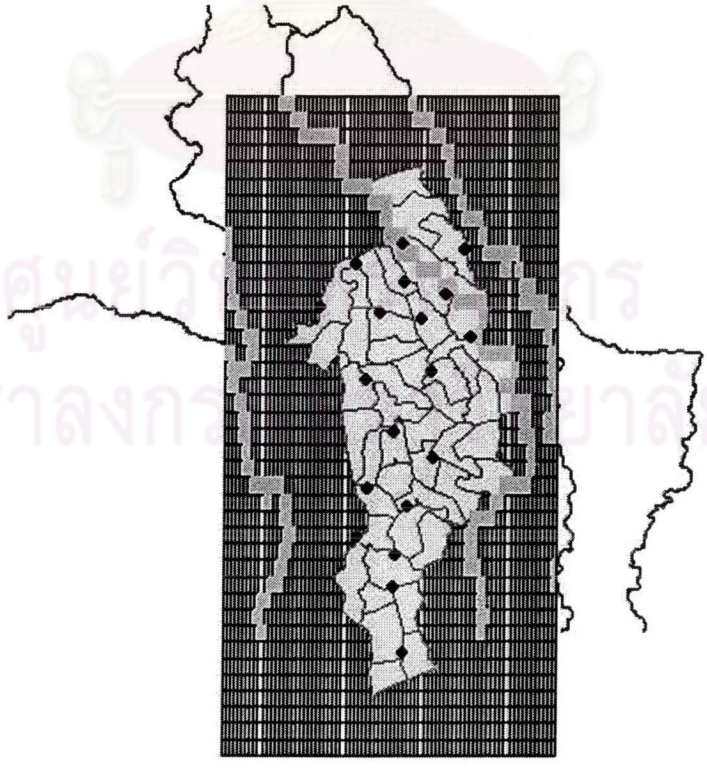
- สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)

- สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ (Specific Storage)
- สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity)
- สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Tranmissivity ; T)
- สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Hydraulic Conductivity)

นอกจากนี้ยังเป็นการกำหนดชนิดของชั้นน้ำแต่ละชั้นว่าจัดอยู่ในประเภทมีแรงดัน (Confined) หรือชนิดไม่มีแรงดัน (Unconfined) หรือเป็นชนิดกึ่งผสมมีแรงดันและไม่มีแรงดัน (Confined /Unconfined) เมื่อทำการป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้วทำการพิมพ์ออกเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล .BCF (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

5.3.4 การป้อนข้อมูลให้ River Package

เป็นการป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแม่น้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกริดเซลล์ชั้นที่ 1 โดยจะต้องมีการทำการซ้อนทับแม่น้ำทั้งหมดที่ไหลผ่านกริดเซลล์ของชั้นน้ำชั้นที่ 1 เพื่อทำการค้นหากริดเซลล์ในชั้นน้ำที่ 1 ที่มีแม่น้ำไหลผ่าน เพื่อแสดงจำนวนของเซลล์ที่มีแม่น้ำไหลผ่าน ลำดับของแถว และลำดับคอลัมน์ เมื่อทำการค้นหาจำนวนเซลล์ที่มีแม่น้ำไหลผ่านแล้ว ก็จะทำการป้อนค่าพารามิเตอร์ของแม่น้ำลงไป โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลสถานีวัดแม่น้ำกรมชลประทาน หน้าตัดของน้ำ ระดับน้ำ และพารามิเตอร์ของการซึม (Cond) แสดงดังรูปที่ 5.3 จากนั้นทำการพิมพ์ออกมาเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล *.RIV (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)



รูปที่ 5.3 การซ้อนทับหาความสัมพันธ์ระหว่างกริดเซลล์ชั้นน้ำที่ 1 และแม่น้ำที่ไหลผ่าน

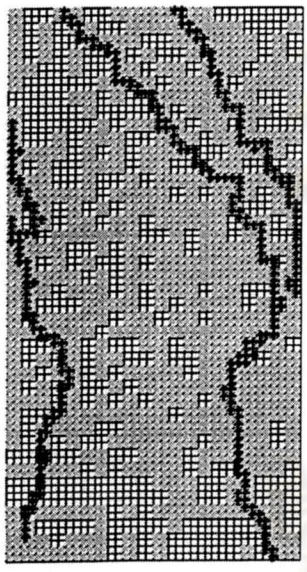
5.3.5 การป้อนข้อมูลให้ Well Package

ใน Well Package นี้ว่าด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นน้ำ และตำแหน่งที่บ่อบาดาล โดยทำการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล GWDATA ตาราง WELL แล้วนำมาทำการจำแนกตามระดับความลึก โดยกำหนดระดับความลึกของบ่อบาดาลเป็น 4 ชั้น ดังต่อไปนี้

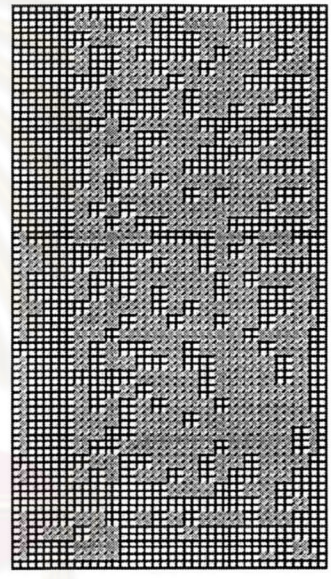
ช่วงชั้นที่ 1 = 0 – 60 เมตร ช่วงชั้นที่ 2 = 61 – 90 เมตร

ช่วงชั้นที่ 3 =90 – 120 เมตร ช่วงชั้นที่ 4 = 120 เมตรขึ้นไป

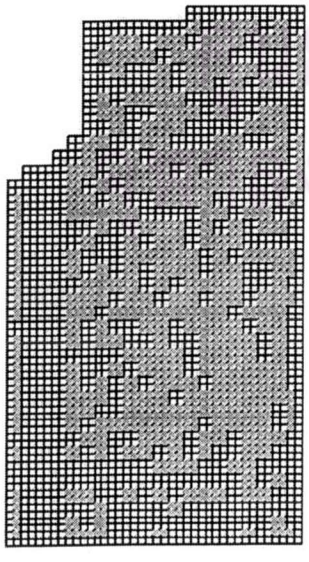
จากนั้นนำไปซ้อนทับกับกริดเซลล์ของแต่ละชั้น เพื่อหาความสัมพันธ์ของชั้นน้ำ คอลัมน์ และแถว ตลอดจนหาอัตราการสูบน้ำในแต่ละบ่อบาดาล โดยนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องการใช้น้ำในสาขาต่าง ๆ มาประกอบกัน แสดงผลดังรูปที่ 5.4



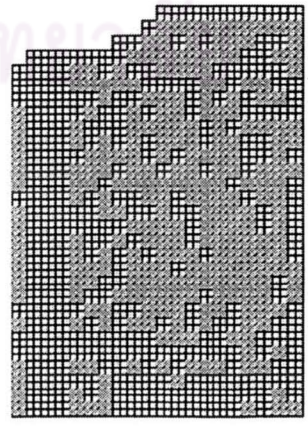
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



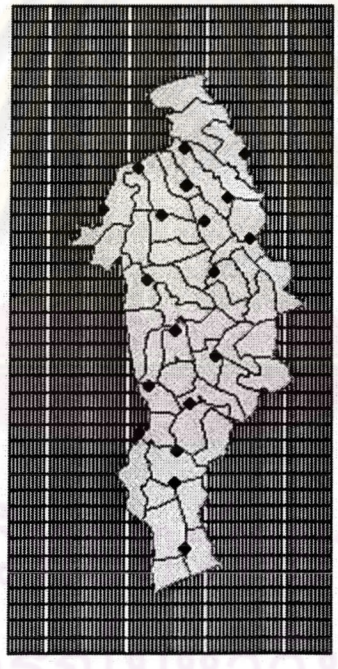
ชั้นที่ 4

รูปที่ 5.4 การหาความสัมพันธ์บ่อบาดาลในแต่ละกริดเซลล์

จากนั้นทำการป้อนข้อมูลให้ Well Package โดยการกำหนดจำนวนเซลล์ที่มีบ่อบาดาล ตำแหน่งของชั้นน้ำ แถว และคอลัมน์ และป้อนข้อมูลถึงอัตราการสูบลงไป ทำการพิมพ์ข้อมูลออกเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล *.WEL (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

5.3.6 การป้อนข้อมูลลง Recharge Package

ว่าด้วยข้อมูลอัตราการเติมน้ำในพื้นที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลฝนในพื้นที่ ซึ่งได้รวบรวมจากข้อมูลสถิติฝนตกรายปีในพื้นที่จากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่โครงการ 18 จุด (รูปที่ 5.5) ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมในหน่วยร้อยละของปริมาณฝน (R) และสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในหน่วยเซนติเมตรต่อชั่วโมง (i) คือ $R = 0.24i + 3.2$ และสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยอาศัยชนิดของดิน เป็นอัตราส่วนร้อยละ 3.88-11.00 ของปริมาณฝนรายเดือนที่ตกในพื้นที่ โดยการป้อนข้อมูลลง Recharge Package จะทำการกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณหาพื้นที่อัตราการเติมน้ำหลังการป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้วพิมพ์ออกเป็นไฟล์ข้อความ *.RCH

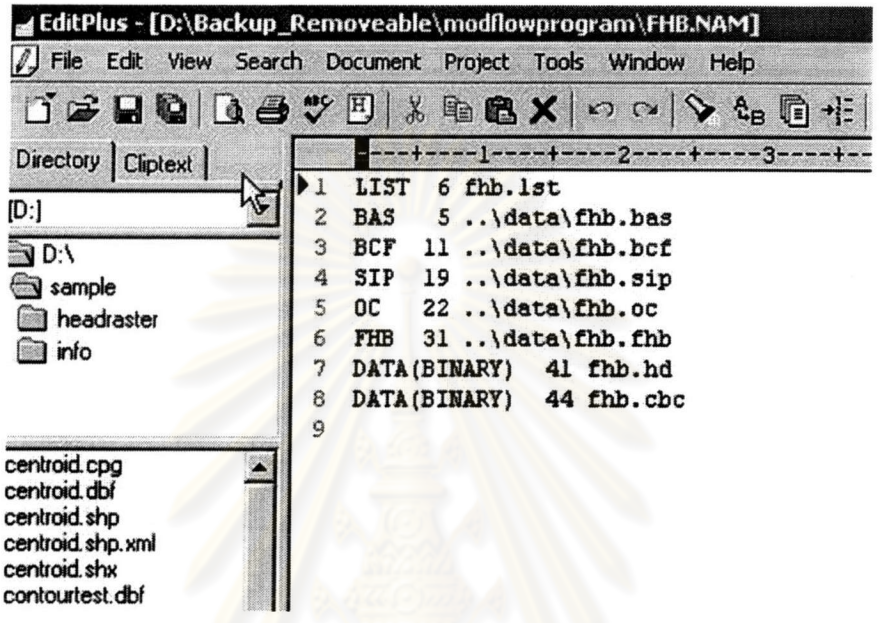


รูปที่ 5.5 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.7 การสร้าง LIST ไฟล์

ทำการสร้างไฟล์ข้อความเพื่อทำการระบุ ชุดการคำนวณที่ใช้ในการจำลอง เลข Unit ของชุดการคำนวณ และระบุไดเรกทอรีและชื่อไฟล์ที่จะใช้ในการคำนวณ จากนั้นทำการบันทึกเป็นไฟล์ข้อความนามสกุล *.NAM ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 รูปแบบ List ไฟล์เพื่อระบุชุดการคำนวณและไฟล์ที่ใช้ในการคำนวณ

5.4 การจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน

หลังจากเตรียมข้อมูลชุดการคำนวณและสร้าง List ไฟล์เรียบร้อยจากนั้นก็จะส่งไฟล์ทั้งหมดไปประมวลผลยังแบบจำลอง MODFLOW ซึ่งจะได้ไฟล์ผลลัพธ์ คือไฟล์นามสกุล *.OUT อธิบายถึง เงื่อนไขและขอบเขตของแบบจำลอง รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

5.5 การจัดรูปแบบไฟล์ผลลัพธ์

เนื่องจากไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองคือไฟล์ลักษณะข้อความ .txt ยังไม่สามารถนำมาแสดงผลข้อมูลได้ทันที ต้องมีการนำมาจัดเรียงรูปแบบใหม่ สร้างข้อมูลจุดความสูง ประกอบด้วยโครงสร้างคือ ID X,Y,Z (รูปที่ 5.7)

ID คือ หมายเลขหรือลำดับ

X คือ พิกัดทางแกน X หน่วยเป็นยูทีเอ็ม

Y คือ พิกัดทางแกน Y หน่วยเป็นยูทีเอ็ม

จากนั้นทำการ Save เป็นไฟล์รูปแบบตารางนามสกุลไฟล์ข้อความ *.dbf

```
  1  "id"  "x"  "y"  "lay3"
  2  1255.00 641000.00 1663000.00 23.29
  3  1256.00 643000.00 1663000.00 26.76
  4  1257.00 645000.00 1663000.00 29.19
  5  1258.00 647000.00 1663000.00 30.93
  6  1259.00 649000.00 1663000.00 32.32
  7  1260.00 651000.00 1663000.00 33.63
  8  1261.00 653000.00 1663000.00 34.85
  9  1262.00 655000.00 1663000.00 35.93
 10  1263.00 657000.00 1663000.00 36.77
 11  1264.00 659000.00 1663000.00 37.29
 12  1265.00 661000.00 1663000.00 37.63
 13  1266.00 663000.00 1663000.00 37.86
 14  1267.00 665000.00 1663000.00 37.91
 15  1268.00 667000.00 1663000.00 37.76
 16  1269.00 669000.00 1663000.00 37.38
 17  1270.00 671000.00 1663000.00 36.79
 18  1316.00 627000.00 1661000.00 -4.06
 19  1317.00 629000.00 1661000.00 -1.69
 20  1318.00 631000.00 1661000.00 1.18
 21  1319.00 633000.00 1661000.00 4.49
 22  1320.00 635000.00 1661000.00 8.19
 23  1321.00 637000.00 1661000.00 12.23
 24  1322.00 639000.00 1661000.00 16.51
 25  1323.00 641000.00 1661000.00 20.93
 26  1324.00 643000.00 1661000.00 25.21
 27  1325.00 645000.00 1661000.00 28.25
 28  1326.00 647000.00 1661000.00 30.22
 29  1327.00 649000.00 1661000.00 31.55
 30  1328.00 651000.00 1661000.00 32.57
 31  1329.00 653000.00 1661000.00 33.54
 32  1330.00 655000.00 1661000.00 34.48
 33  1331.00 657000.00 1661000.00 35.28
 34  1332.00 659000.00 1661000.00 35.73
 35  1333.00 661000.00 1661000.00 36.13
 36  1334.00 663000.00 1661000.00 36.46
 37  1335.00 665000.00 1661000.00 36.64
 38  1336.00 667000.00 1661000.00 36.60
 39  1337.00 669000.00 1661000.00 36.32
 40  1338.00 671000.00 1661000.00 35.78
```

รูปที่ 5.7 โครงสร้างรูปแบบผลลัพธ์ที่นำไปสร้างข้อมูลจุดความสูง

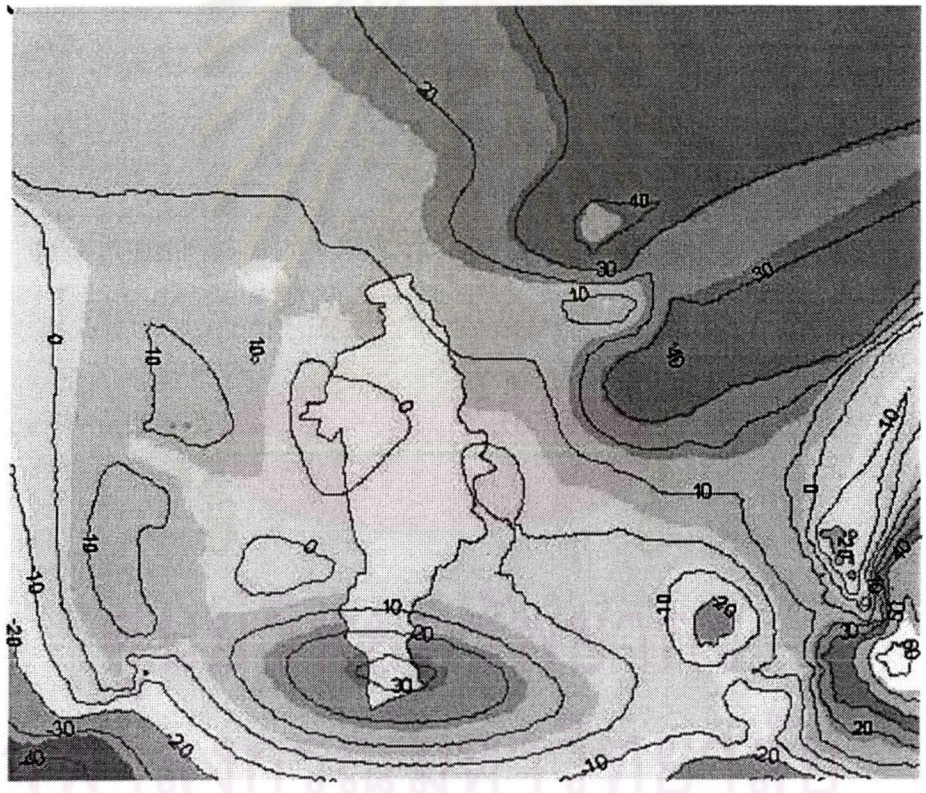
โปรแกรม Arcview จะทำการอ่านค่าข้อมูลจุดความสูงจากค่า X,Y และ Z แล้วทำการบันทึกเป็น Shapefile ใหม่ จากนั้นนำมาแสดงผลในโปรแกรม Arcview

ในขั้นตอนดังกล่าวนี้ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์จึงต้องใช้วิธีจัดเตรียมข้อมูลด้วยมือ ซึ่งทำให้การทำงานของโปรแกรมยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งควรจะได้รับการพัฒนาให้สามารถอ่านไฟล์ผลลัพธ์แล้วมาแสดงผลเป็นข้อมูลจุดได้ทันที แต่มีข้อดีในแง่ของการตรวจสอบข้อมูลก่อน ยกตัวอย่างอาจจะมีข้อมูลบางจุดที่ผิดไปจากข้อมูลปกติ เช่นในตัวอย่างรูปที่ 5.7 ในบรรทัดที่ 18 และ 19 มีค่าติดลบ บางครั้งต้องตัดข้อมูลในส่วนนี้ออกไป

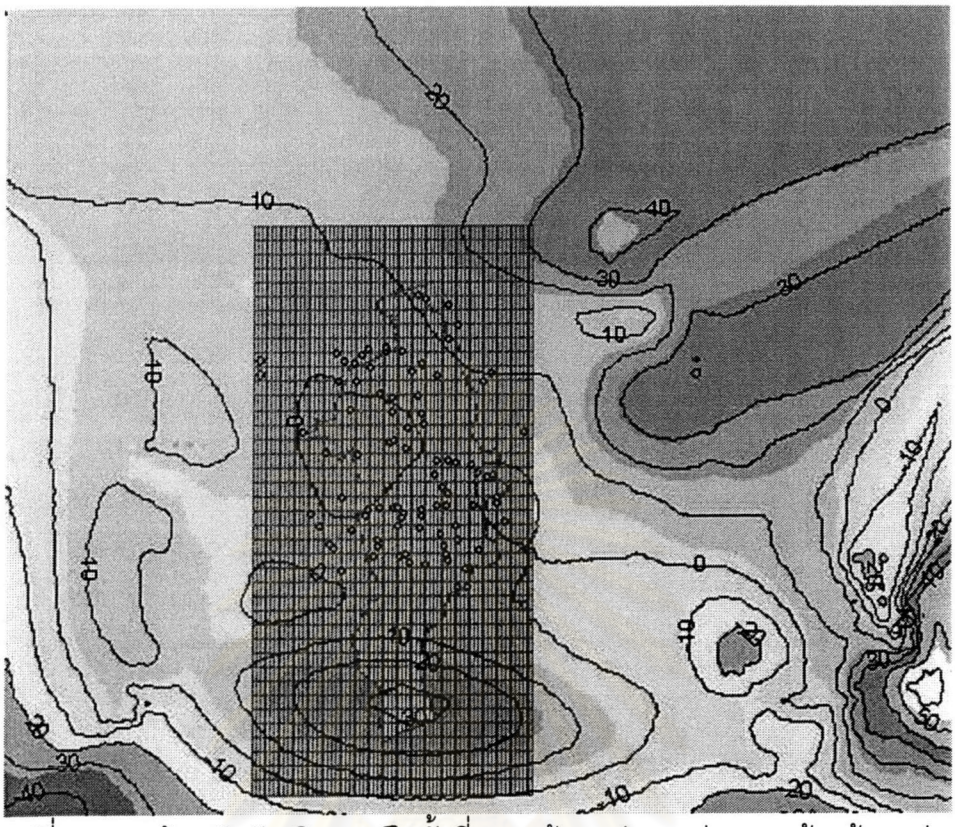
5.6 การสร้างเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำ

หลังจากที่ได้ข้อมูลจุดความสูงแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการสร้าง Surface โดยจะทำการใช้เครื่องมือทางสถิติด้วยวิธีการ Interpolate จุดความสูงจากจุดที่ทราบค่าไปหาจุดที่ไม่ทราบค่าเพื่อสร้างขอบเขตพื้นที่ความสูงจำแนกตามช่วงห่าง Interval ที่ต้องการ บันทึกเป็นข้อมูลราสเตอร์ (รูปที่ 5.8)

ทำการสร้าง Contour ด้วยการใส่ข้อมูล Raster ของ Surface แล้วกำหนดช่วงห่างของ Contour ที่ต้องการ แล้วทำการ Save เป็นข้อมูลรูปแบบ Shapefile จากนั้นนำไปใช้ในการวิเคราะห์เรื่องการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการ ฯ ต่อไปโดยซ้อนทับกับข้อมูลกริดเซลล์ในแต่ละชั้นน้ำ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบได้แก่ แผนที่บ่อบาดาล แผนที่แม่น้ำ แผนที่แสดงการใช้ที่ดินในพื้นที่ แผนที่การแบ่งโซนในโครงการ เป็นต้น



รูปที่ 5.8 Surface และเส้นชั้นความสูงของค่า Head ในชั้นที่ 1

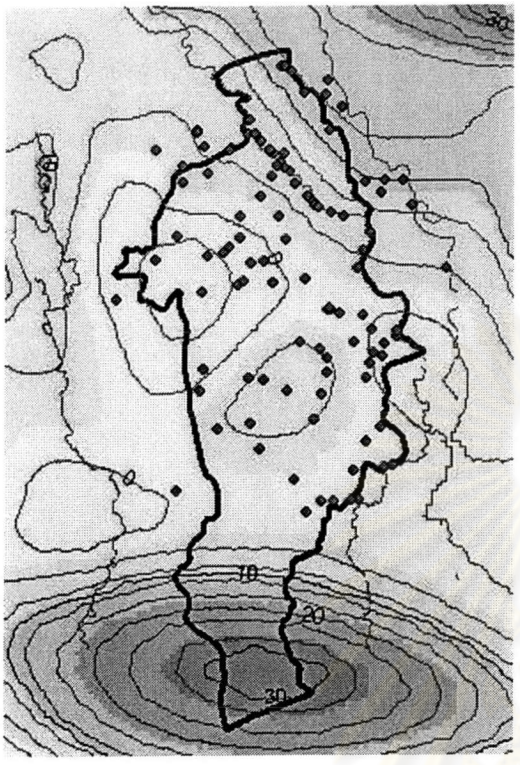


รูปที่ 5.9 การซ้อนทับกับกริดเซลล์ในชั้นที่ 1และข้อมูลต่าง ๆ ประกอบด้วยข้อมูลบ่อ เส้นชั้นความสูงน้ำบาดาล

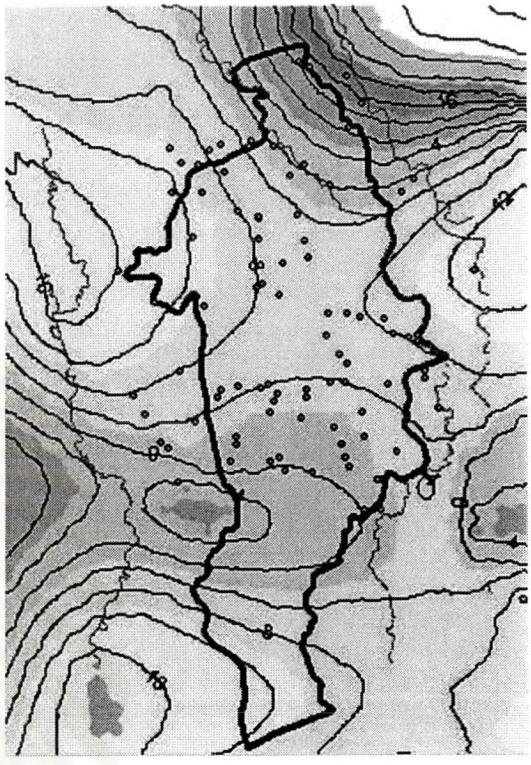
ทำการสร้างเส้นชั้นความสูงของน้ำบาดาลในระดับชั้นต่าง ๆ เพื่ออธิบายลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา รูปที่ 5.10

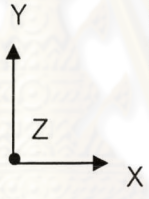
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นที่ 1

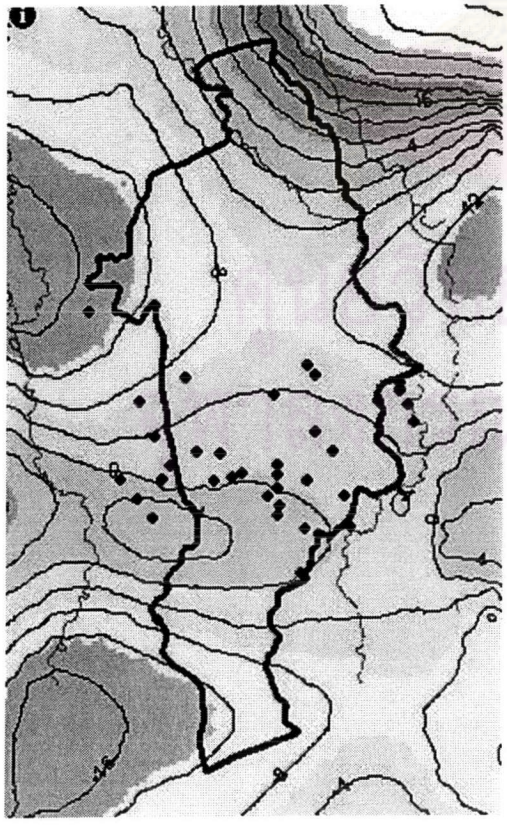


ชั้นที่ 2

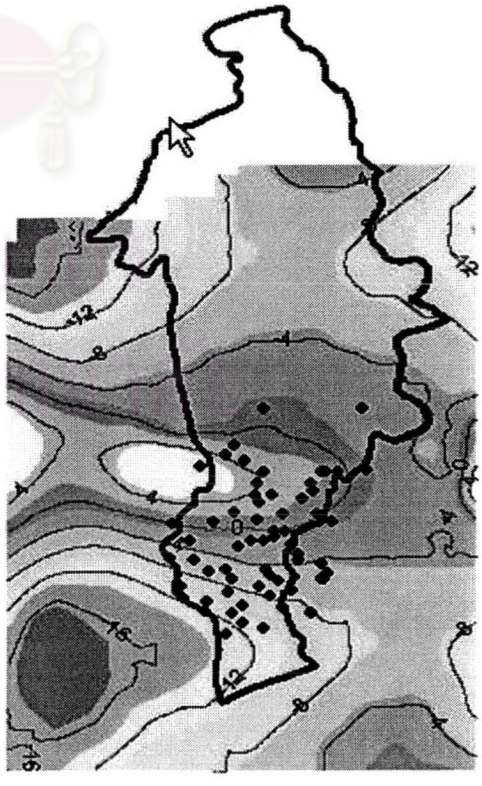




ชั้นที่ 3

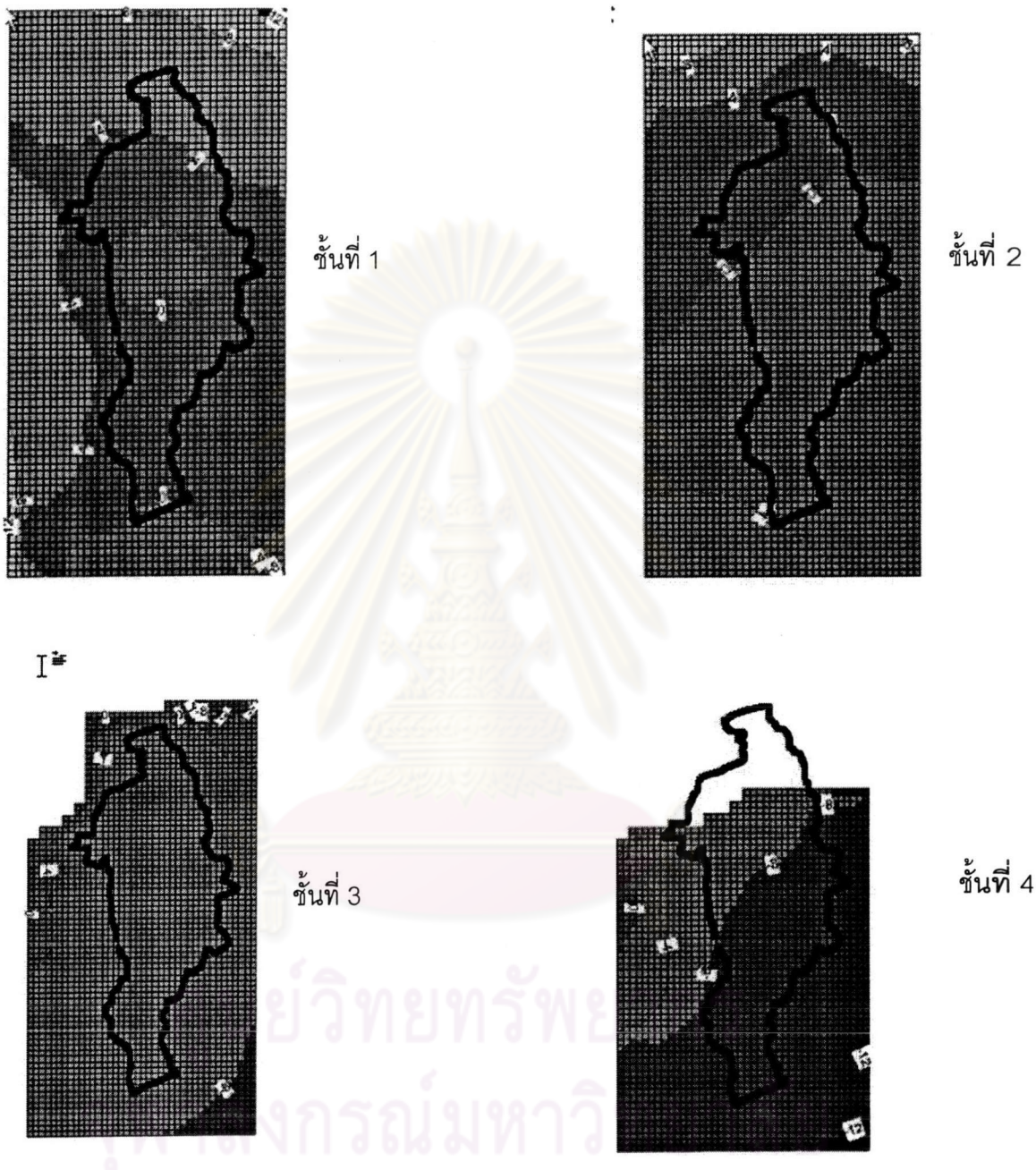


ชั้นที่ 4



รูปที่ 5.10 แผนที่แสดงการไหลของน้ำใต้ดินในแต่ละชั้นน้ำ

เปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม GMS/MODFLOW



รูปที่ 5.11 การจำลองน้ำใต้ดินโดยผ่านโปรแกรม GMS/MODFLOW

ผลการเปรียบเทียบเส้นชั้นความสูงของน้ำใต้ดินที่ได้จาก ArcView และ GMS/MODFLOW มีความสอดคล้องกัน ต่างกันในแง่วิธีการต่างกันตรง ArcView ผู้ใช้ต้องกำหนดวิธีการ Interpolate จุดโดยทำการเลือกวิธีและพารามิเตอร์เองทั้งหมด ส่วน GMS/MODFLOW ผู้ใช้เพียงเลือกวิธีที่ต้องการ ส่วนพารามิเตอร์โปรแกรมจะทำการป้อนให้เองอัตโนมัติ และArcView จะมีการตัดทอนตัวเลขทศนิยม

ดังนั้นค่าตัวเลขอาจจะมีความละเอียดน้อยกว่า GMS/MODFLOW แต่ผลลัพธ์ของ ArcView จะได้เป็น Vector base ในรูปแบบ Shapefile สามารถนำมาแสดงผลในโปรแกรม ArcView หรือโปรแกรมด้านแผนที่อื่น ๆ ได้ทันที ในขณะที่ไฟล์ผลลัพธ์ของ GMS/MODFLOW จะเป็น Raster base ต้องทำการแปลงเส้นชั้นความสูงของน้ำใต้ดินให้เป็น Vector ก่อน การใช้งานในโปรแกรมจึงไม่สามารถแสดงผลใน ArcView หรือโปรแกรมด้านแผนที่อื่น ๆ ได้ทันที ซึ่งจุดนี้เป็นข้อได้เปรียบของ ArcView

5.7 การเปรียบเทียบผลการจำลองน้ำใต้ดินเทียบกับการจำลองโดยผ่านโปรแกรม GMS/MODFLOW

ทำการเปรียบเทียบผลการจำลองน้ำใต้ดินจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับการจำลองโปรแกรมผ่าน GMS/MODFLOW ของโครงการติดตามข้อมูลน้ำบาดาล ฯ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลในปี พ.ศ. 2542 ในสภาวะคงตัว (steady state) มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ประมาณ 0.30 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ มีค่าใกล้เคียงกันแต่เนื่องจาก ArcView มีการตัดทอนค่าทศนิยม ให้เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นค่าที่ได้จึงไม่เท่ากับค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม GMS/MODFLOW ดังรูปที่ 5.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าเส้นชั้นความสูงน้ำใต้ดินที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เทียบกับการคำนวณด้วย GMS/MODFLOW

FID	N1	N2	N3	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	GMS/MODFLOW	ต่างกัน
0	1256	643000	1663000	27	26.76	0.24
1	1257	645000	1663000	29	29.19	-0.19
2	1258	647000	1663000	31	30.93	0.07
3	1259	649000	1663000	32	32.32	-0.32
4	1260	651000	1663000	34	33.63	0.37
5	1261	653000	1663000	35	34.85	0.15
6	1262	655000	1663000	36	35.93	0.07
7	1263	657000	1663000	37	36.77	0.23
8	1264	659000	1663000	37	37.29	-0.29
9	1265	661000	1663000	38	37.63	0.37
10	1266	663000	1663000	38	37.86	0.14
11	1267	665000	1663000	38	37.91	0.09
12	1268	667000	1663000	38	37.76	0.24
13	1269	669000	1663000	37	37.38	-0.38
14	1270	671000	1663000	37	36.79	0.21
15	1316	627000	1661000	-4	-4.06	0.06
16	1317	629000	1661000	-2	-1.69	-0.31
17	1318	631000	1661000	1	1.18	-0.18
18	1319	633000	1661000	4	4.49	-0.49
19	1320	635000	1661000	8	8.19	-0.19
20	1321	637000	1661000	12	12.23	-0.23
21	1322	639000	1661000	17	16.51	0.49
22	1323	641000	1661000	21	20.93	0.07
23	1324	643000	1661000	25	25.21	-0.21
24	1325	645000	1661000	28	28.25	-0.25
25	1326	647000	1661000	30	30.22	-0.22
26	1327	649000	1661000	32	31.55	0.45
27	1328	651000	1661000	33	32.57	0.43
28	1329	653000	1661000	34	33.54	0.46
29	1330	655000	1661000	34	34.48	-0.48
30	1331	657000	1661000	35	35.28	-0.28
31	1332	659000	1661000	36	35.73	0.27
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
1926	3937	701000	1585000	-19	-19.13	0.13
1927	3938	703000	1585000	-22	-22.28	0.28
1928	3939	705000	1585000	-25	-25.22	0.22
1929	3940	707000	1585000	-28	-27.8	-0.2
1930	3941	709000	1585000	-30	-29.93	-0.07
1931	3942	711000	1585000	-32	-31.6	-0.4
1932	3943	713000	1585000	-33	-32.79	-0.21
1933	3944	715000	1585000	-34	-33.52	-0.48
					SD	0.282916

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับโปรแกรม GMS/MODFLOW

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม GMS, ArcView และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ประเภท	คุณสมบัติ	GMS	ArcView	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
การเตรียมข้อมูล Data Pre Processing	2D Grid	✓	✓	✓
	3D Grid	✓	✓	✗
	2D Scatter point	✓	✓	✓
	2D&3D Geostatistics	✓	✓	
	Import/Export ข้อมูลจาก GIS	✓	✓	✓
	Import/Export ข้อมูลจาก CAD	✓	✓	✓
การคำนวณ	แบบจำลองการคำนวณ	✓	✗	✓
การแสดงผล -Data Post Processing	Display Map	✓	✓	✓
	Thematic Map	✗	✓	✓
	นำไปแสดงผลบน MS-word, MS-Powerpoint ได้เพื่อจัดทำรายงาน	✓	✓	✓
การตรวจสอบ	มี Model Checker	✓	✗	✗

จากตารางที่ 5.2 ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นว่าสามารถใช้งานได้ในระดับเบื้องต้น และยังต้องทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังขาดเพื่อให้มีคุณสมบัติการทำงานใกล้เคียงกับโปรแกรม GMS/MODFLOW เพื่อทดแทนการใช้งานโปรแกรมดังกล่าวในอนาคตต่อไป

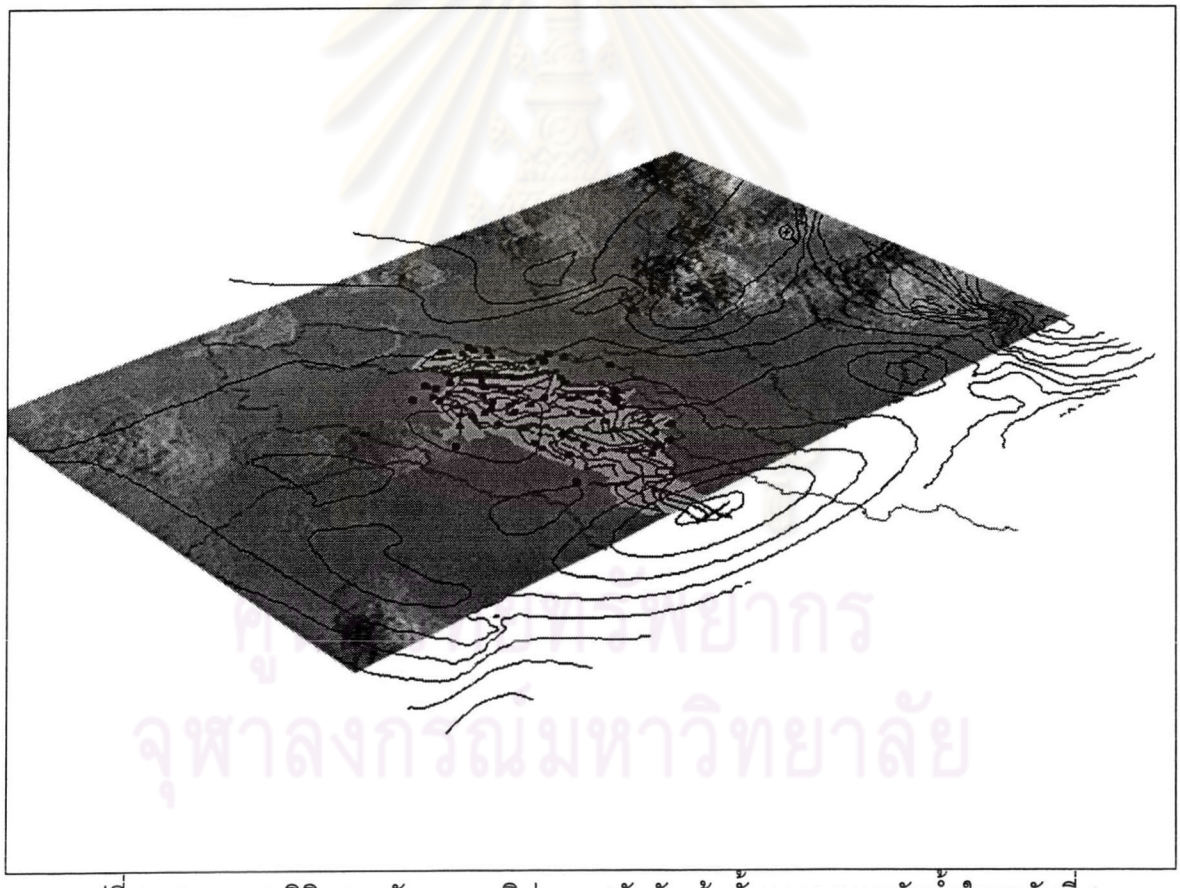
5.9 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในแต่ละระดับชั้นน้ำ

จากผลการคำนวณสร้างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำออกมาพบว่า (จากรูปที่ 5.10) ในทุกระดับชั้นน้ำใต้ดิน ทิศทางการไหลจาก จะไหลเข้าสู่ส่วนกลาง จากทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตกและไหลลงสู่ทิศใต้ เมื่อพิจารณาตามลักษณะความสูงของภูมิประเทศของบริเวณพื้นที่ศึกษา

พบว่าที่ตอนบนระดับความสูงของภูมิประเทศสูงกว่าตอนล่าง ดังนั้นน้ำจึงไหลรวมกันไปอยู่ทางตอนล่างของพื้นที่ที่มีระดับความสูงของภูมิประเทศที่ต่ำกว่า ปริมาณบ่อบาดาลในบริเวณตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่จะมากกว่าบริเวณตอนบน

5.10 การบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์

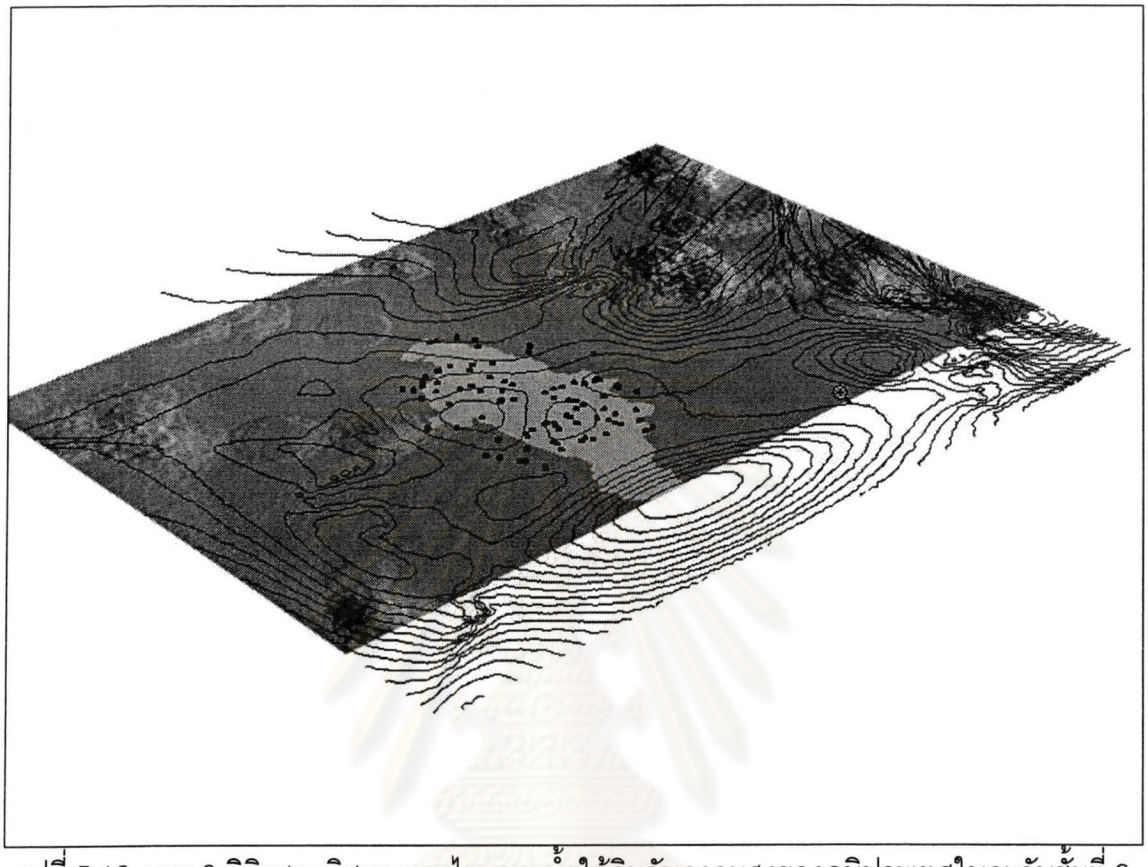
การแสดงผลเพื่ออธิบายลักษณะชั้นน้ำในชั้นที่ 1 เมื่อนำมาซ้อนทับกับลักษณะภูมิประเทศในชั้นที่ 1 ตอนบนของพื้นที่จะมีลักษณะสูงกว่า ประกอบกับในบริเวณตอนบนของพื้นที่ดังกล่าวมีแม่น้ำ 3 สายไหลผ่านคือ แม่น้ำน้อย แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำสุพรรณบุรี ดังนั้นบ่อในชั้นที่ 1 จึงพบปริมาณบ่อบาดาลระดับตื้นบริเวณใกล้แม่น้ำสายหลักเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อพิจารณาจากการไหลของน้ำใต้ดินในชั้นที่ 1 มีทิศทางการไหลจากทางด้านเหนือลงไปทางทิศใต้ และจากทางทิศตะวันตกและทิศตะวันออก ไหลลงสู่ตอนกลาง (รูปที่ 5.12)



รูปที่ 5.12 ภาพ 3 มิติแสดงลักษณะภูมิประเทศกับกับเส้นชั้นความสูงระดับน้ำในระดับที่ 1

ในระดับชั้นน้ำที่ 2 อยู่ในช่วงความสูงระดับต่ำกว่าระดับผิวดิน 60-90 เมตร ในชั้นน้ำที่ 2 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินมีลักษณะเช่นเดียวกับระดับชั้นที่ 1 มีลักษณะไหลจากตอนบนลงสู่ตอนกลาง จากทางทิศตะวันตก ทิศตะวันออกมารวมกันอยู่ตอนกลาง และไหลลงสู่ตอนล่าง แต่

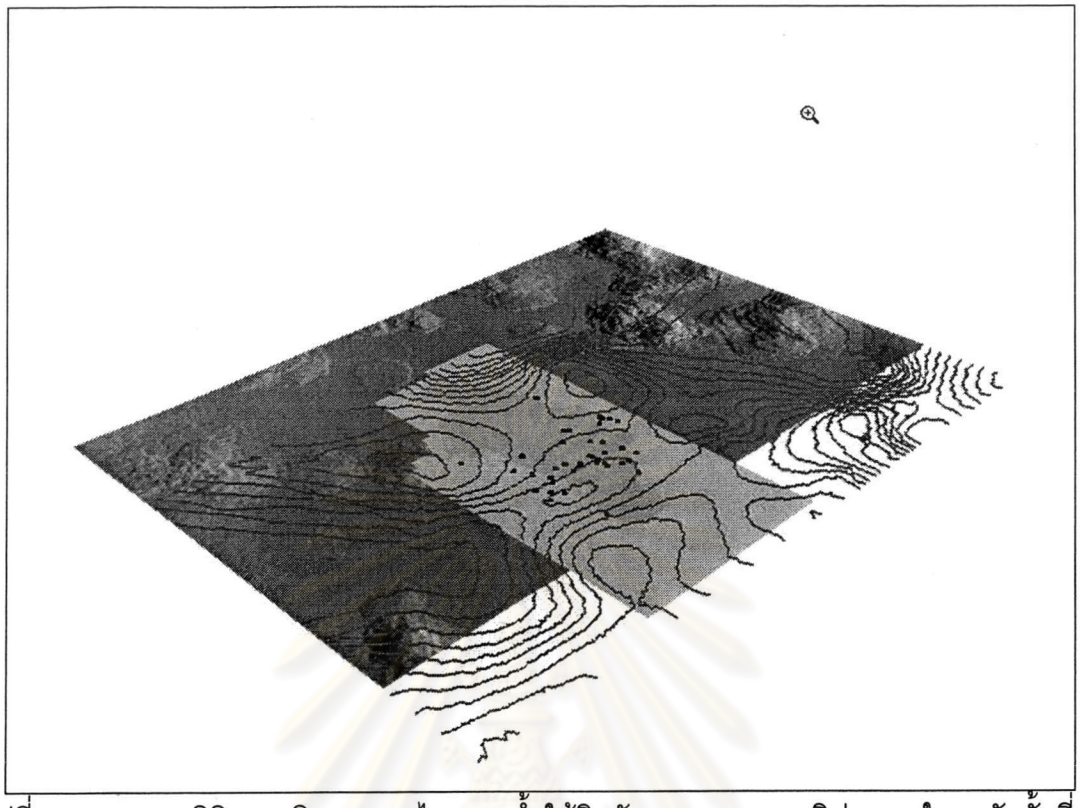
ปริมาณบ่อน้ำบาดาลน้อยกว่าบ่อที่ 1 พบบ่อส่วนใหญ่ในระดับชั้นนี้ ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่มากกว่าบริเวณอื่น ๆ (รูปที่ 5.13)



รูปที่ 5.13 ภาพ 3 มิติแสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินกับความสูงของภูมิประเทศในระดับชั้นที่ 2

ในระดับชั้นน้ำที่ 3 อยู่ในช่วงความสูงระดับต่ำกว่าระดับผิวดิน 90-120 เมตร ในชั้นน้ำที่ 3 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน มีลักษณะไหลจากตอนบนลงสู่ตอนกลาง จากทางทิศตะวันตก ทิศตะวันออกมารวมกันอยู่ตอนกลาง และไหลลงสู่ตอนล่าง แต่ปริมาณบ่อน้ำบาดาลน้อยกว่าชั้นที่ 1 และ 2 พบบ่อส่วนใหญ่ในระดับชั้นนี้ ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางซึ่งเป็นบ่อของทางราชการ เมื่อสืบค้นจากฐานข้อมูลพบว่าบ่อดังกล่าวอยู่ในที่ตั้งของวัดและโรงเรียนเป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 5.14)

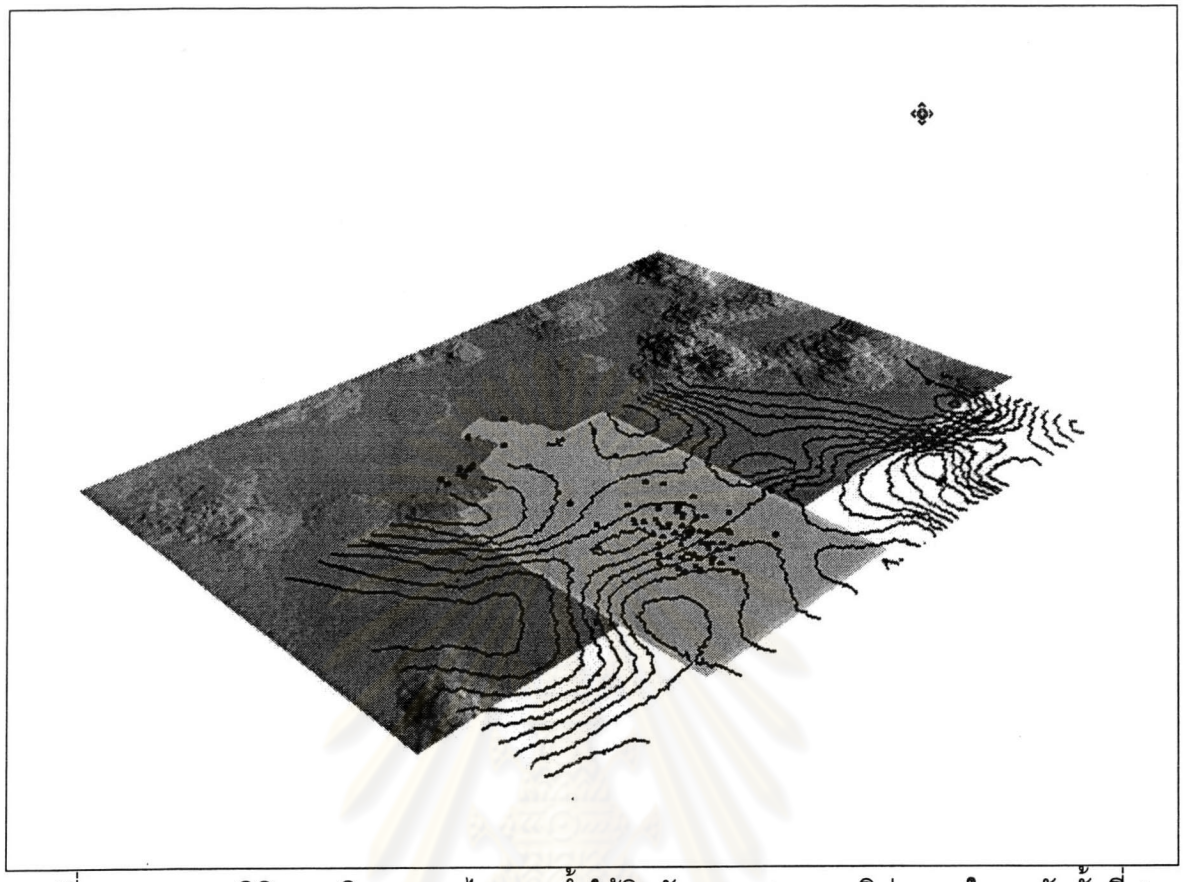
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 ภาพ 3 มิติแสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินกับความสูงของภูมิประเทศในระดับชั้นที่ 3

ในระดับชั้นน้ำที่ 4 อยู่ในช่วงความสูงระดับต่ำกว่าระดับผิวดิน 120 เมตรขึ้นไป ในชั้น น้ำที่ 4 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน มีลักษณะไหลจากตอนบนลงสู่ตอนกลาง จากทางทิศตะวันตก ทิศตะวันออกมารวมกันอยู่ตอนกลาง และไหลลงสู่ตอนล่าง แต่ปริมาณบ่อน้ำบาดาลน้อยกว่าชั้นที่ 1 และ 2 จากการพิจารณาพบบ่อส่วนใหญ่ในระดับชั้นนี้ตั้งอยู่บริเวณล่างของพื้นที่เช่นเดียวกันจากการสืบค้นจากฐานข้อมูลเป็นบ่อของทางราชการ แต่มีปัญหาคุณภาพน้ำเรื่องความเค็ม และบางบ่อใช้การไม่ได้ (รูปที่ 5.15)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 ภาพ 3 มิติแสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินกับความสูงของภูมิประเทศในระดับชั้นที่ 4

จากรูปที่ 5.13 – 5.15 เป็นการแสดงข้อมูลในลักษณะสามมิติของทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินโดยพิจารณาปัจจัยความสูงของภูมิประเทศ โดยอาศัยความสามารถของ ArcView ในการแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติในลักษณะเสมือนจริง ทำให้ผู้ใช้สามารถตีความผลลัพธ์ได้ง่าย ซึ่ง GMS/MODFLOW ยังขาดการแสดงผลในลักษณะดังกล่าว จึงเป็นข้อได้เปรียบของ ArcView

การศึกษาครั้งนี้พบว่าการบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับโปรแกรมแบบจำลองน้ำใต้ดินนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถมองภาพรวมของพื้นที่ได้ในหลายมิติโดยสามารถพิจารณาจากทั้งลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และจากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ ทำให้สื่อสารแก่ผู้ใช้ได้ง่ายขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวในพื้นที่สามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

5.11 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับบ่อสังเกตการณ์

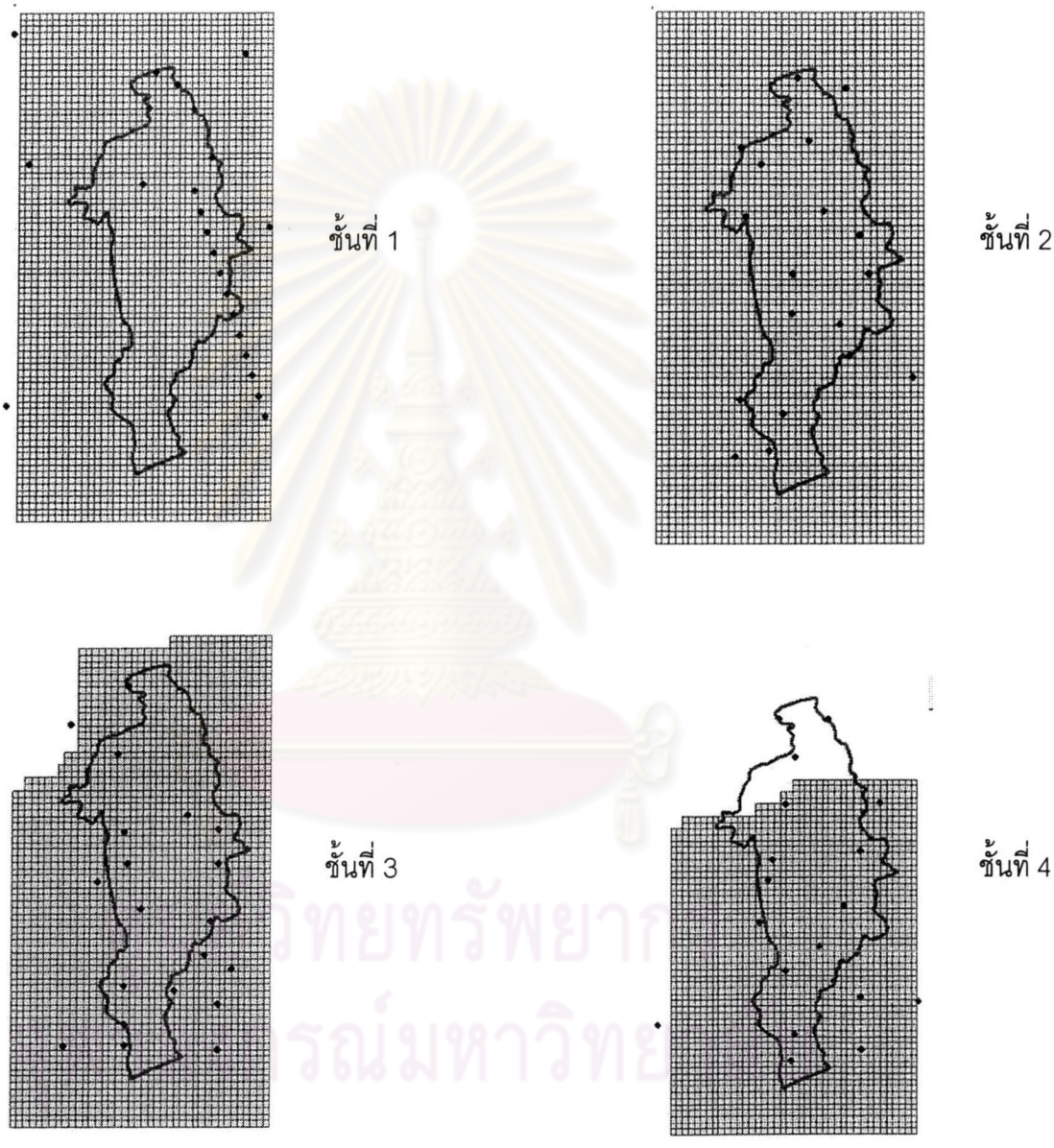
ในการปรับเทียบแบบจำลองต้องทำการเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำบ่อสังเกตการณ์ ภาควิชาแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการสำรวจวัดระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 105 บ่อ โดยทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2544 – พฤศจิกายน 2545 แบ่งตามระดับความลึกของบ่อสังเกตการณ์จำนวน 4 ชั้นคือ

ชั้นที่ 1 จำนวน 29 บ่อ

ชั้นที่ 2 จำนวน 26 บ่อ

ชั้นที่ 3 จำนวน 27 บ่อ

ชั้นที่ 4 จำนวน 23 บ่อ



รูปที่ 5.16 แผนที่แสดงที่ตั้งบ่อสังเกตการณ์ทั้ง 4 ชั้น

ทำการเปรียบเทียบจุดต่อจุดระหว่างค่าระดับน้ำกับบ่อสังเกตการณ์กับค่าที่คำนวณได้ โดยทำการพิจารณาค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ย(Mean Error) ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute Error) และรากกำลังสองค่าความคลาดเคลื่อนของ (Root Mean Squre Error)

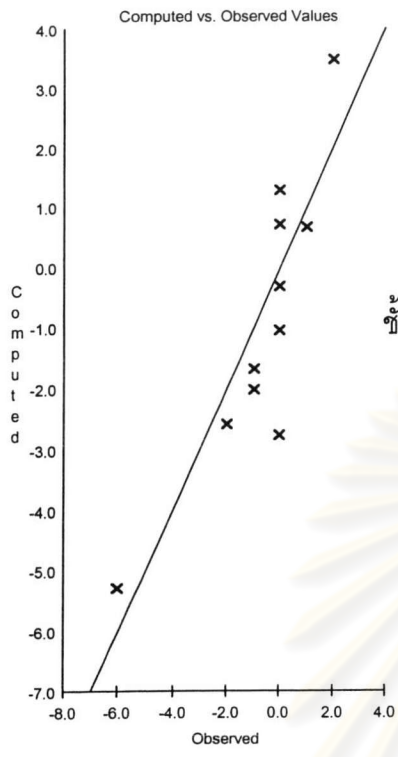
ผลการปรับเทียบในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) พบว่า รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินสอดคล้องกับข้อมูลระดับน้ำในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งได้จากเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับบ่อสังเกตการณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละชั้นน้ำดังแสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งค่ารากกำลังสองของความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 1-3 เมตร ตามลำดับ เนื่องจากเป็นข้อมูลคนละปีมาเปรียบเทียบเทียบกัน ในปี พ.ศ. 2542 เป็นปีที่มีน้ำน้อยผู้วิจัยจึงเลือกใช้การเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งเช่นกัน จากนั้นนำมาทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบดูแนวโน้มความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากการคำนวณและจากการวัดระดับบ่อสังเกตการณ์ พิจารณาจากกราฟแสดงให้ทราบว่ามีลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยพิจารณาลักษณะข้อมูลมีลักษณะเกาะกลุ่ม

ตารางที่ 5.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในสภาวะการไหลแบบคงตัว

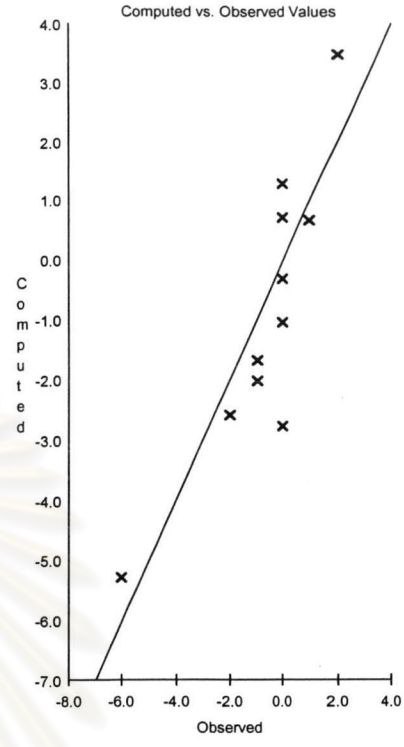
หน่วย : เมตร

ชั้นน้ำ	1	2	3	4
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error)	0.37	-0.23	-1.22	-1.85
ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error)	1.29	1.00	1.22	1.88
รากกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error)	1.59	1.20	1.31	2.30

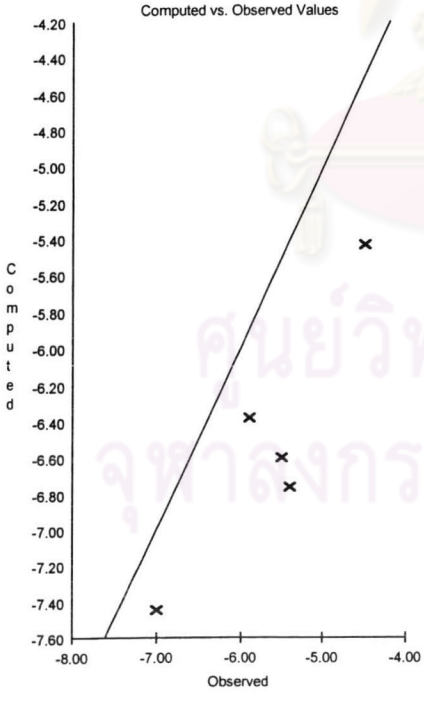
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



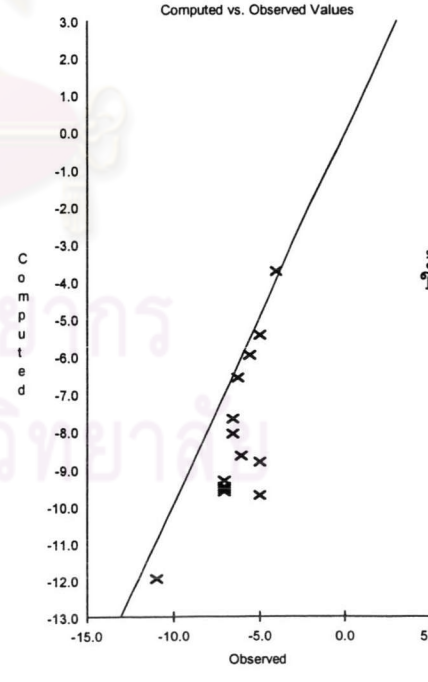
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4

รูปที่ 5.17 กราฟเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับค่าระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์

จากการบูรณาการโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน พบว่าได้ผลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ จากการประเมินโดยผู้วิจัยพบว่าสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ในระดับหนึ่ง แต่โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากบางกระบวนการยังคงต้องทำด้วยมือ เช่น ในด้านการกรอกข้อมูล และด้านการแปลงผลลัพธ์ จึงอาจไม่สะดวกนัก และฟังก์ชั่นในการตรวจสอบข้อมูล (Model Checker) ก่อนการ Process ในจุดนี้ยังคงเป็นข้อจำกัดของการวิจัย ควรจะได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้มีความสามารถใกล้เคียงกับ GMS/MODFLOW สำหรับการใช้งานจริง แต่การใช้ ArcView มีข้อได้เปรียบในด้านการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในเชิงสามมิติ และในด้านการแสดงแผนที่รวมทั้งมี Extension ต่าง ๆ มาเสริมการทำงาน เช่น 3D Analyst และ Spatial Analysis เป็นต้น ซึ่งหากได้รับการพัฒนาโปรแกรมให้มีความสมบูรณ์แล้วต่อไปในอนาคตอาจจะสามารถทดแทนการใช้โปรแกรม GMS/MODFLOW ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้อาจจะเป็นจุดเริ่มต้นให้มีผู้ทำการวิจัยศึกษาต่อยอดทำการพัฒนางานวิจัยดังกล่าวต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย