บทที่ 2

แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและแนวคิดพื้นฐานในการบูรณาการร่วมกันระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มอดโฟลว์ (MODFLOW) และโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยศึกษาแนวคิดจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในขั้นตอนของพัฒนาระบบเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลกับโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

2.1 แบบจำลองการคำนวณ MODFLOW (A Modular Three –Dimension Finite – Difference Groundwater Flow Model)

แบบจำลอง MODFLOW (a Modular Three-dimensional Finite-difference Groundwater Flow Model) ได้รับการพัฒนาโดย USGS (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY) ตั้งแต่ปี 1988 สามารถทำการคำนวณการไหล 3 มิติ ของน้ำใต้ดินที่ความหนาแน่นคงที่ผ่านตัวกลางรูพรุน (porous media) โดยอาศัยสมการ Darcy และสมการการไหลต่อเนื่องเป็นสมการหลักในการคำนวณ ประกอบกับเงื่อนไขขอบเขตต่าง ๆ สร้างเป็นแบบจำลองสำหรับการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่หนึ่ง ๆ แล้วทำการคำนวณโดยอาศัยระเบียบวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยวิธี Finite difference เพื่อแก้สมการดังกล่าวให้ได้คำตอบโดยประมาณ ด้วยเทคนิควิธีการคำนวณซ้ำ 2 วิธี คือ วิธี Strongly Implicit Procedure และวิธี Slice Successive Overrelaxation

การจำลองสภาพโดยแบบจำลอง MODFLOW สามารถจำลองสภาพทางอุทกธรณีวิทยาได้ทั้งแบบที่เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน และไม่มีความดัน และสามารถคำนวณชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ อาทิเช่น อัตราการสูบน้ำ การเติมน้ำ การคายระเหย การระบายน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในทางน้ำกับน้ำใต้ดิน

แบบจำลอง MODFLOW ประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณที่มีหน้าที่จัดการข้อมูลต่าง ๆ กัน ทั้งหมด 10 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งในการคำนวณทั่วไป ชุดการคำนวณ Basic และ ชุดการคำนวณ Block Centered Flow เป็นชุดการคำนวณพื้นฐานของการคำนวณทุกครั้ง (สณฑ์ จินดาสงวน, 2540)

ตารางที่ 2.1 ชุดการคำนวณต่าง ๆ ในแบบจำลอง MODFLOW

(McDonald, M.G., Harbaugh, A.W., 1988)

ลำดับที่	ชื่อ Package	ตัวย่อ	รายละเอียดของชุดการคำนวณ
1	Basic	BAS	จัดการงานทั้งหมดของโมเดล เช่น การกำหนดขอบเขต, การกำหนดความยาวของ time step, การสร้างเงื่อนไขตั้งต้น และการพิมพ์ผลลัพธ์
2	Block-Centered Flow	BCF	คำนวณเทอมของสมการ finite-difference ซึ่งแทนที่การไหลผ่านตัวกลางรูพรุน : โดยเฉพาะการไหลจากเซลล์ไปเซลล์ และการไหลเข้าไปใน storage
3	Well	WEL	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากบ่อบาดาลในสมการ finite-difference
4	Recharge	RCH	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการกระจายพื้นที่เติมน้ำในสมการ finite-difference
5	River	RIV	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากแม่น้ำในสมการ finite-difference
6	Drain	DRN	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากการระบายน้ำในสมการ finite difference
7	Evapotranspriation	EVT	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการระเหยในสมการ finite difference
8	General-Head Boundaries	GHB	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนgeneral-head boundaryในสมการ finite-difference
9	Strongly Implicit Procedure	SIP	วิธี iterative แก้ระบบของสมการ finite-difference โดยใช้ Strongly Implicit Procedure
10	Slice Successive Overrelaxation	SOR	วิธี iterative แก้ระบบของสมการ finite-difference โดยใช้ Slice-Successive Overrelaxation

2.1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม MODFLOW

การคำนวณตามแบบจำลอง MODFLOW มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. Define Procedure เป็นการกำหนดสภาพปัญหาที่ทำการจำลองสภาพ เช่น ขนาดและชนิดของแบบจำลอง (Steady state / Transient) จำนวน Stress Period และวิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น

2. Allocate Procedure เป็นการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยความจำ

3. Read & Prepare Procedure ครั้งแรก เป็นการเตรียมข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับเวลา เช่น เงื่อนไขขอบเขต ระดับน้ำเริ่มต้น พารามิเตอร์ของชั้นน้ำ เป็นต้น

4. Stress Procedure เป็นการกำหนดความยาวของระยะเวลาในการคำนวณแบบซ้ำ

5. Read & Prepare Procedure ครั้งที่ 2 เป็นการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวกับ Stress Period การสูบน้ำ และการเติมน้ำ เป็นต้น

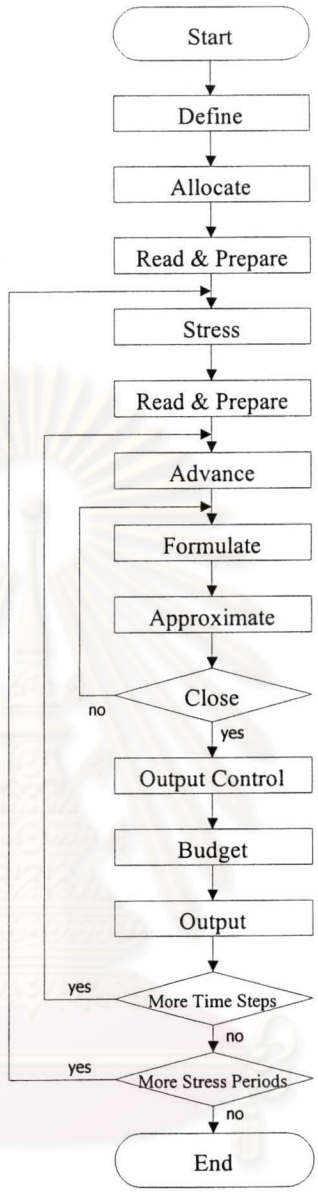
6. Advance Procedure เป็นการเริ่มต้นการคำนวณซ้ำ เพื่อหาค่าระดับน้ำ Formulate Procedure เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละจุด

7. Approximate Procedure ทำการประมาณคำตอบของสมการค่าระดับน้ำ ซึ่งจะทำการคำนวณซ้ำจนกระทั่งสอดคล้องตามเงื่อนไขที่กำหนด

8. Output Control Procedure เป็นการกำหนดรูปแบบผลการคำนวณ เช่นค่าระดับน้ำที่คำนวณได้ สมดุลน้ำ และปริมาณการไหลในแต่ละกริด

9. Output Procedure เป็นการแสดงผลการคำนวณตามที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างหลักของแบบจำลอง MODFLOW

2.1.2 รูปแบบของการป้อนข้อมูล(Input Data) ในแบบจำลอง MODFLOW

ในแบบจำลองถูกประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณ (Package) 10 ชุดการคำนวณซึ่งในแต่ละชุดการคำนวณ ก็จะมีรูปแบบของการป้อนข้อมูลแตกต่างกันไป สามารถสรุปรายละเอียดหลักของชุดข้อมูล Input ในแต่ละชุดการคำนวณได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สรุปรายละเอียดของชุดข้อมูล Input ในแต่ละชุดการคำนวณ

Input File	ข้อมูลที่ต้องการ
BAS	จำนวนชั้น แถว หลักของ Aquifer เวลา ค่าระดับน้ำเริ่มต้น จำนวน Stress period จำนวน time step การกำหนดขอบเขต ฯลฯ
BCF	สภาพของการจำลอง ชนิดของ Aquifer ค่า Transmissivity ค่า Storage Coefficeient ค่า Hydraulic Conductivity
WEL	จำนวนของบ่อบาดาล อัตราการสูบน้ำ ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อบาดาล ฯลฯ
RCH	พื้นที่ในการเติมน้ำ อัตราการเติมน้ำให้กับ Aquifer ฯลฯ
RIV	ระดับน้ำในแม่น้ำ ความกว้างของลำน้ำ ระดับของท้องน้ำ ฯลฯ
GHB	ค่าระดับน้ำบาดาลในชั้น Aquifer ต่าง ๆ ฯลฯ
SIP	กำหนดค่า Iteratiomในแต่ละ Time Step การกำหนดค่าความละเอียดของการคำนวณ ฯลฯ
Output	กำหนดค่า Output ที่ต้องการ

2.2 โปรแกรมแบบจำลองน้ำใต้ดิน GMS

ปัจจุบันมีแบบจำลองคณิตศาสตร์ของน้ำใต้ดินด้านการศึกษาน้ำใต้ดินอยู่มากมาย ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ GMS MODEL (GroundWater Modelling System) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย Bringham Young University ร่วมกับ U.S.Army Engineer Waterway Experiment Station ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหน่วยปฏิบัติงานของรัฐบาลเกี่ยวกับน้ำใต้ดินในสหรัฐอเมริกา รวมทั้งในองค์กรเอกชนและองค์กรนานาชาติ รวมถึงสถาบันการศึกษาต่าง ๆ โดยภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก็ได้นำมาใช้ศึกษาและทำวิจัยเช่นกันในการศึกษางานที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำใต้ดิน

2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของโปรแกรม GMS

(เอกสารการอบรมเรื่อง การประยุกต์ใช้ GMS/MODFLOW ในงานจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน, ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541)

1. มีเครื่องมือสำหรับการใช้งานในแต่ละขั้นตอนของการจำลองสภาพงานน้ำใต้ดินทุกขั้นตอน รวมถึงการกำหนดลักษณะโครงการ การปรับเทียบแบบจำลอง และการแสดงภาพในมุมมองต่าง ๆ

2. สามารถรองรับ Tins,Solids,Borehole Data ,2D&3D Geostatistics

3. ใช้ได้กับแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ ที่เป็นทั้ง Finite Difference และ Finite Element

4. สามารถใช้งานร่วมกับแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณ เช่น MODFLOW, MODPATH, MTD3D,RT3D,FEMWATER, SEEP2D เป็นต้น

5. สามารถ Import/Export ข้อมูล GIS จาก Arc /Info,Arc View และ GRASS ได้

6. มีเครื่องมือตรวจสอบแบบจำลอง Model Checker ไว้ตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในการกำหนดค่าต่าง ๆ ก่อนการบันทึกข้อมูลและการคำนวณ

7. ทุกแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณ เช่น MODFLOW สามารถสั่งให้คำนวณได้จากเมนูคำสั่งของ GMS ทันที

8. สามารถแสดงผลการคำนวณของจุดที่สนใจในเวลาต่าง ๆ ได้

9. มีเมนูคำสั่งที่ใช้สร้างชุดข้อมูลใหม่จากการคำนวณชุดข้อมูลที่มีอยู่เดิม

10. รูปภาพต่าง ๆ ที่ปรากฏบนจอของ GMS สามารถใช้คำสั่ง Copy และนำไป patse บนโปรแกรมอื่น ๆ (MS WORD,MS Powerpoint,etc) เพื่อจัดทำรายงาน

11. มีชุดวาดภาพ (Drawing Tool) สำหรับเขียนข้อความ ลากเส้น สร้างลูกศร เพื่อใช้แสดงหัวเรื่องหรือเน้นตำแหน่งที่สำคัญ

12. สามารถ Import/Export ข้อมูลในรูป DXF ได้

13. สามารถ update ได้ฟรีทางอินเตอร์เน็ต เมื่อมีการปรับปรุงโปรแกรมใหม่

2.2.2 ส่วนประกอบของ GMS

ประกอบด้วยโมดูลต่าง ๆ 10 โมดูล ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ดังนี้

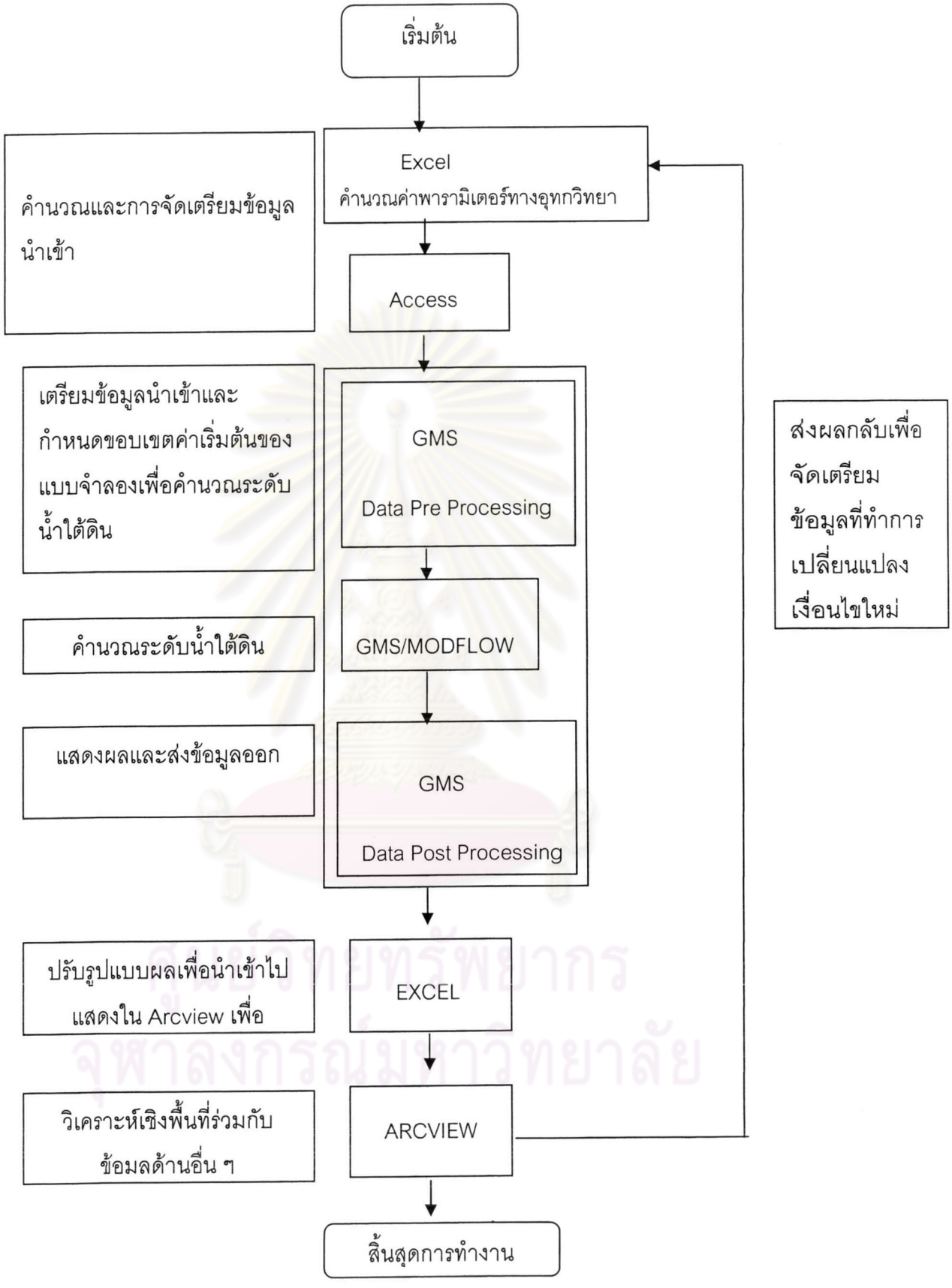
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดโมดูลต่าง ๆ ของแบบจำลอง GMS

ลำดับที่	ชื่อโมดูล	รายละเอียดของชุดการคำนวณ
1	TINs	แสดง Surface Modeling TINs ประกอบด้วยข้อมูล X,Y,Z ของแต่ละจุดประกอบกันเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยม
2	Borehole	จัดการข้อมูลบ่อบาดาล แสดงข้อมูลชั้นดินแต่ละชั้นและการติดต่อกันของแต่ละชั้นดินในการสร้าง TINs ,Solids,3D finite element meshs
3	Solid	การสร้างโมเดล 3 มิติ ใช้สำหรับแสดงคุณลักษณะของพื้นที่และนำเสนอ
4	2D Mesh	การสร้าง และการแก้ไข2D Finite element ร่างแห และใช้ในการสร้าง SEEP 2D Modeling และนำไปสร้าง 3D Mesh ต่อไป
5	2D Grid	สร้างและแก้ไข 2D Cartesian Grid ใช้ในการสร้าง Surface Visualization และ Contour โดยการทำ Interpolate เพื่อสร้าง Grid และ Shading grid
6	2D Scatter Point	ใช้ในการทำ interpolate จากกลุ่มของ 2D Scattered Data ไปยัง object อื่น ได้แก่ mesh,grids,TINs โดยอาศัยวิธี Kriging Interpolate ใช้ในการสร้าง Analysis Code และวิเคราะห์ที่ตั้ง
7	3D Mesh	ใช้ในการสร้างและแก้ไข 3D Finite element mesh เมื่อสร้าง mesh เสร็จก็จะใช้ FEMWATER interface ในการกำหนด boundary และวิเคราะห์ parameter และทำการวิเคราะห์ FEMWATER Analysis
8	3D Grid	ใช้ในการสร้าง 3D Cartesian Grid ซึ่งใช้ในการ interpolate, ทำ Iso-surface rendering ,ทำภาคหน้าตัด และ Interface ที่ใช้แสดง 3D Finite difference Model นำไปใช้ในแบบจำลองการคำนวณ MODFLOW, MODPATH, MTD3DMS, RT3D,FEMWATER และ SEEP2D
9	3D Scatter Point	ใช้ในการทำ interpolate ของกลุ่ม 3D Scatter points สำหรับสร้าง Meshes,Grids,TINs โดยอาศัยวิธี Kriging Interpolate
10	Map	แสดงข้อมูลแผนที่ในรูปแบบชนิดข้อมูล 4 ชนิดที่ใช้กับ ได้แก่ Feature object, Drawing object,Digital Image, DXF File CAD PACKAGE

2.3 ผังงานการทำงานศึกษาการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาการทำงานของโครงการศึกษาศักยภาพของน้ำใต้ดิน (ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545) สามารถสรุปได้คือ(รูปที่ 2.2) มีขั้นตอนเริ่มจากการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาผ่านซอฟท์แวร์ MS-Excel และส่งไปยังโปรแกรม MS-Access โดยทำการจัดเตรียมข้อมูลและเตรียมส่งเข้าโปรแกรมแบบจำลอง GMS/MODFLOW เพื่อทำหน้าที่เตรียมข้อมูลนำเข้ากำหนดขอบเขตค่าเริ่มต้นของแบบจำลองเพื่อคำนวณระดับน้ำใต้ดินในแบบจำลองคณิตศาสตร์ MODFLOW เมื่อคำนวณหาระดับน้ำใต้ดินเรียบร้อยแล้วจะส่งผลกลับมายัง GMS/MODFLOW เพื่อทำการแสดงผลและส่งข้อมูลออกไปยังโปรแกรม MS-Excel เพื่อทำการปรับรูปแบบผลเพื่อนำไปแสดงผลยังโปรแกรม Arcview เพื่อวิเคราะห์ต่อ โดยอาจนำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ พบว่าปัจจุบันขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการนำเข้าสู่การคำนวณด้วยการคำนวณหาการไหลน้ำบาดาลมีขั้นตอนการจัดเตรียมย่อยหลายขั้นตอน จนทำให้ใช้ระยะเวลายาวนานมากในการจัดเตรียมข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้อง ตัวอย่างเช่น ต้องมีการนำเข้าข้อมูลที่ได้รวบรวมมาไม่ว่าจะเป็นข้อมูลบ่อบาดาล ข้อมูลผลการสำรวจการใช้น้ำทั้งภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม ข้อมูลระดับน้ำบาดาลรายเดือน เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นที่ต้องมีการติดตามเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยและมีความแม่นยำขึ้น ข้อมูลเหล่านี้เมื่อรวบรวมมาแล้วต้องผ่านขั้นตอนย่อย ๆ คือ ต้องนำมาวิเคราะห์เบื้องต้นก่อน และต้องนำผลที่ได้มาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำเข้าแบบจำลองน้ำบาดาลได้ ดังนั้นหากมีการพัฒนาระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลเข้ากับแบบจำลองคณิตศาสตร์คำนวณการไหลของน้ำบาดาล จะทำให้ลดระยะเวลาและความผิดพลาดในการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการคำนวณและช่วยในการบริหารจัดการน้ำบาดาลได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่ได้เชื่อมต่อกับระบบ GIS จะช่วยทำให้การคำนวณการไหลของน้ำใต้ดิน สามารถวิเคราะห์ลักษณะการจัดการบริหารน้ำเชิงพื้นที่ รวมถึงการบริหารน้ำภายใต้สภาวการณ์การใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำชลประทานกับน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้



รูปที่ 2.2 ผังการทำงานคำนวณระดับน้ำใต้ดินของโครงการศึกษาศักยภาพของน้ำใต้ดิน ฯ

2.4 การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง GMS กับ GIS

จากตารางที่ 2.4 เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ GMS และ GIS แล้วพบว่า GIS มีฟังก์ชั่นและความสามารถในการทำงานที่ใกล้เคียงกับ GMS มาก แบ่งตามประเภทกลุ่มงานดังนี้

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง GMS กับ GIS ได้ดังนี้

ประเภท	คุณสมบัติ	GMS	GIS	หมายเหตุ
การเตรียมข้อมูล Data Pre Processing	Tins,Solids,Borehole Data	✓	✓	เอา GIS มาใช้แทน
	2D Grid, 2D Mesh	✓	✓	
	2D Grid , 3D Grid	✓	✓	
	2D Mesh, 3D Mesh	✓	✓	
	2D Scatter point , 3D Scatter point	✓	✓	
	2D&3D Geostatistics	✓	✓	
	Import/Export ข้อมูลจาก GIS	✓	✓	
	Import/Export ข้อมูลจาก CAD	✓	✓	
การคำนวณ	แบบจำลองการคำนวณ	✓	✗	GMS ยังคงทำหน้าที่คำนวณแบบจำลอง
การแสดงผล -Data Post Processing	Display Map	✓	✓	เอา GIS มาใช้แทน
	Thematic Map	✗	✓	ส่งข้อมูลมาแสดงผลใน GIS
	นำไปแสดงผลบน MS-word, MS-Powerpoint ได้เพื่อจัดทำรายงาน	✓	✓	เอา GIS มาใช้แทน
การตรวจสอบ	มี Model Checker	✓	✗	เขียนฟังก์ชั่นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้าและแสดงผล

กลุ่มงานเตรียมข้อมูล GIS สามารถนำมาใช้ในการแสดงข้อมูล Aquifer ของพื้นที่ศึกษา ในรูปแบบ Vector based GIS ในการสร้างกริด การกำหนดขอบเขตของชั้นน้ำในรูป TINS และ Surface การแสดงตำแหน่งบ่อ รวมถึงมีฟังก์ชั่น Statistic ในการทำ interpolate ระหว่างตำแหน่งบ่อกับขอบเขตพื้นที่ศึกษา ตลอดจนสามารถ Import/ Export ข้อมูลแผนที่ Vector ไฟล์จากซอฟท์แวร์ GIS หรือ CADได้ เช่น Arc/Info, Arcview, Intergraph, Mapinfo, Autocad, Microstation เป็นต้น

กลุ่มงานคำนวณ Model Analysis ในส่วนนี้ GMS มีโมดูลแบบจำลองการคำนวณด้านน้ำใต้ดิน อันได้แก่ MODFLOW, MODPATH, MTD3DMS, RT3D, FEMWATER และ SEEP2D เป็นต้น ซึ่งเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน พัฒนาด้วยภาษา Fortran โดยต้องทำการใส่พารามิเตอร์ที่แบบจำลองต้องการแล้วทำการประมวลผล ดังนั้น ในส่วนของ Model Analysis จึงต้องให้โมดูล GMS/Modflow ทำหน้าที่ในการคำนวณต่อไป

กลุ่มการแสดงผลข้อมูล หลังจากที่ GMS/Modflow ทำการคำนวณค่าระดับน้ำ ซึ่งจะได้เป็นข้อมูลลักษณะ Text file ต้องมีการ Import ข้อมูล Text ไฟล์ที่ได้จากการคำนวณ นำไปแสดงผลในรูปแผนที่ ได้แก่ แผนที่แสดง Contour ของ hydraulic head, แผนที่แสดงการไหลของน้ำใต้ดิน, แผนที่คุณภาพน้ำใต้ดิน เป็นต้น ซึ่งมักจะแสดงในรูปแบบแผนที่เฉพาะเรื่อง และยังสามารถcopy ไปใช้กับ MS -Word และ MS- Powerpoint สำหรับงานเอกสารหรือ presentation ได้ รวมถึงการ Export ไปใช้กับซอฟท์แวร์GIS หรือซอฟท์แวร์ CAD ตัวอื่น ๆ ได้อีกด้วย

กลุ่มการตรวจสอบข้อมูล Model Checker ในส่วนนี้แบบจำลอง GMS มีฟังก์ชั่นในการตรวจสอบข้อมูล ในส่วนของข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่ GIS ยังไม่มี แต่สามารถพัฒนาส่วนนี้ได้ใน GISโดยการเขียนโปรแกรมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เข้าและออกได้ โดยอาจสร้างเป็น User Interface ที่อยู่ภายในหรือภายนอก GIS สำหรับการตรวจสอบข้อมูล โดยสร้างฟังก์ชั่นการตรวจสอบ ดังนี้

- การตรวจสอบชนิดของข้อมูลที่นำเข้า (Data type) ถูกต้องหรือไม่
- การตรวจสอบว่าคีย์ข้อมูลผิดพลาดหรือไม่
- การตรวจสอบข้อมูลที่ได้ตรงกับข้อมูลที่ไปสำรวจมา โดยตรวจสอบว่าอยู่ในช่วงข้อมูลหรือไม่

ดังนั้นจึงนำ GIS มาใช้ในส่วนการเตรียมข้อมูลในรูปแบบ Vector- Based GIS การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลในรูปแผนที่ชนิดต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้

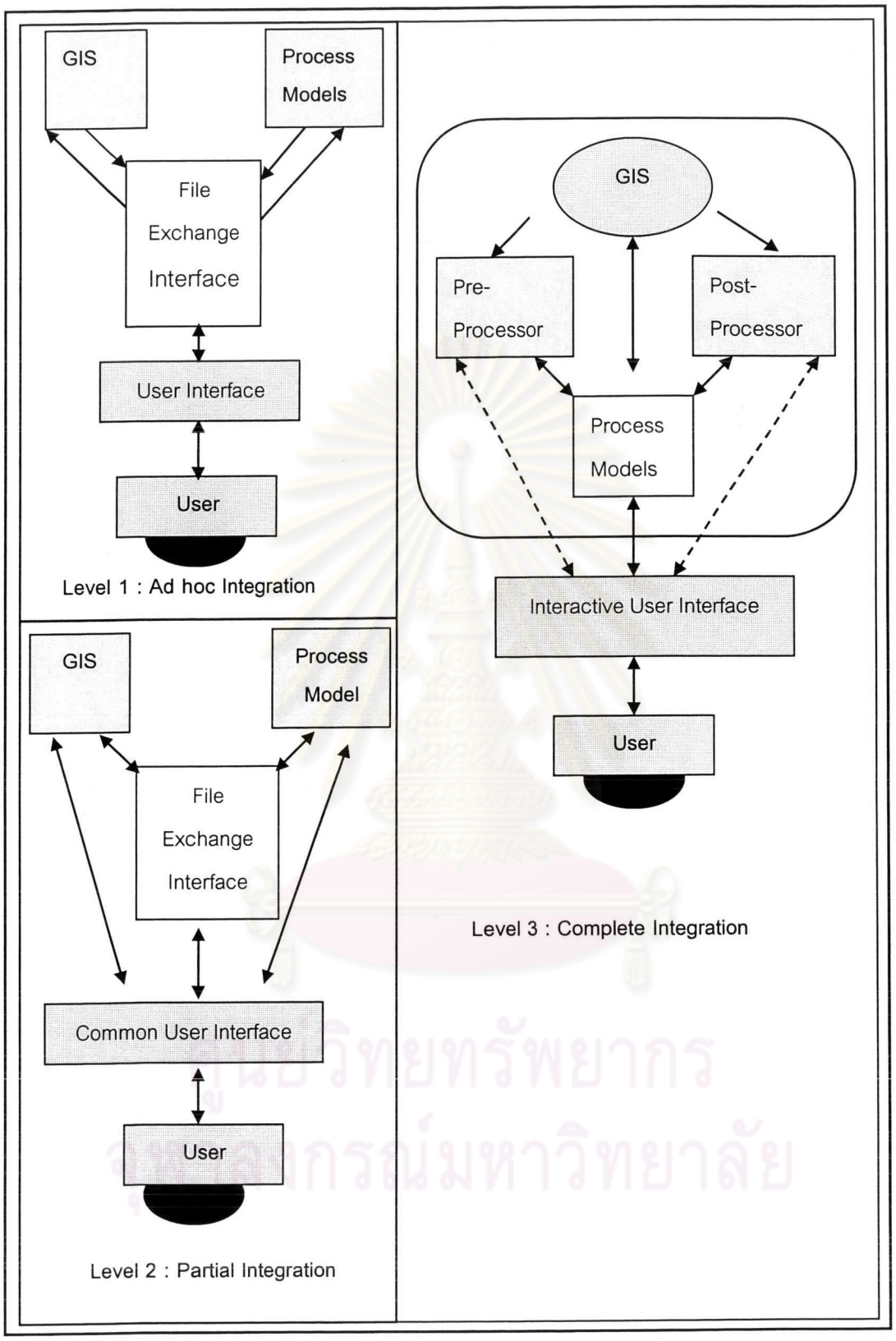
กำหนด ส่วนการคำนวณ Model Analysis ยังคงใช้ GMS/MODFLOW เป็นตัวคำนวณค่าระดับน้ำใต้ดินต่อไป

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการระบบเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำใต้ดินมอดโฟลว์ (MODFLOW)และโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.5.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

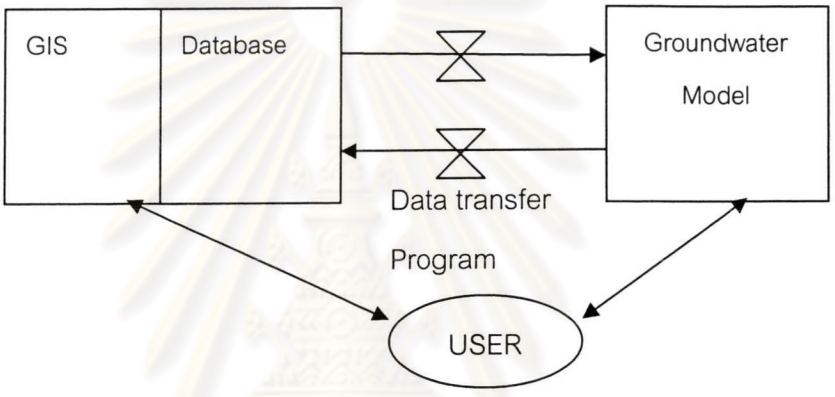
แนวคิดที่นำโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาบูรณาการร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ GMS Model และ แบบจำลองการคำนวณการไหลของน้ำใต้ดิน Modflow เพื่อคำนวณหาสภาพการไหลน้ำใต้ดิน ได้แก่ Tim and Jolly (1994) ได้ทำการศึกษารูปแบบการเชื่อมโยง GIS เข้ากับแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม โดยได้จำแนกรูปแบบการเชื่อมโยงออกเป็น 3 แบบ (รูปที่ 2.1)คือ 1) แบบ Ad hoc Integration กล่าวคือ แบบจำลองและข้อมูล GIS เป็นอิสระต่อกัน ข้อมูล output ที่ได้อาศัยการตีความโดยผู้ใช้ เมื่อทำการคำนวณผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์แล้วก็จะทำการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ (interface) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาแสดงผลยังโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไป 2) แบบ Partial Integration - แบบที่ 2 นี้ GIS มีบทบาทต่อการสร้างแบบจำลอง โดยทำหน้าที่ป้อนข้อมูลให้แบบจำลองและในด้านการแสดงผล 3) แบบ Complete Integration -แบบที่ 3 นี้ GIS ทำหน้าที่เบ็ดเสร็จในการเตรียมข้อมูล ประมวลผลแบบจำลอง และการแสดงผลแบบจำลอง โดยทำการเขียนโปรแกรมเพื่อนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ฝังไว้ในโปรแกรม GIS ซึ่งค่อนข้างมีความยากและไม่ยืดหยุ่นหากมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองคณิตศาสตร์

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



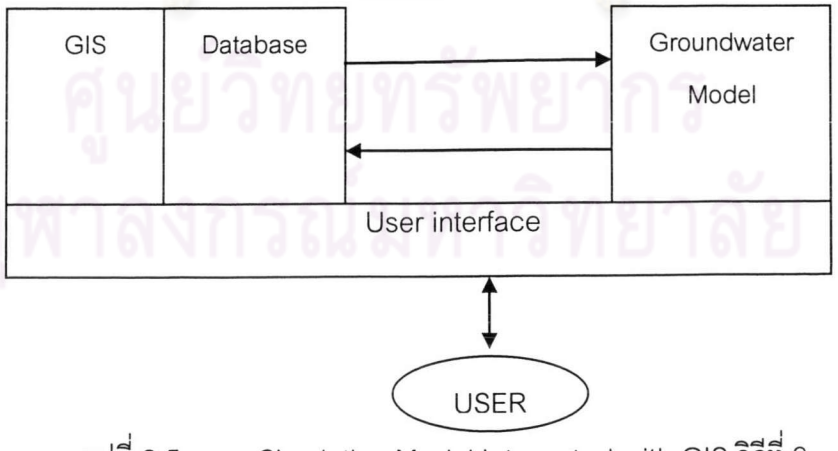
รูปที่ 2.3 รูปแบบการเชื่อมโยงของ GIS กับแบบจำลอง (Tim and Jolly ,1994)

ต่อมาในปี 1996 D.W. Watkins, D.R. Maidment and Min-Der Lin ได้ทำการศึกษาการนำ GIS มาใช้ในการศึกษาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน โดยศึกษาศักยภาพของ GIS ในด้านการจัดการข้อมูล และความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถนำมาใช้ในแบบจำลองน้ำใต้ดิน โดยได้วางแนวทางการเชื่อมโยงไว้ 3 วิธีด้วยกันคือ 1) Simulation Model Linked to GIS แบบแรกนี้ GIS และ Model ทำงานเป็นอิสระต่อกัน ทำการเชื่อมโยงข้อมูลด้วยการเขียนโปรแกรมสำหรับการส่งผ่านข้อมูล (Data Transfer) อยู่ภายนอก 2) Simulation Model Integrated with GIS การเชื่อมโยงแบบจำลองด้วยการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล GIS โดยตรง และ 3) Simulation Model Embedded within GIS การสร้างสมการแบบจำลองฝังไว้ใน GIS โดยในการศึกษาดังกล่าวได้ทำการเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี



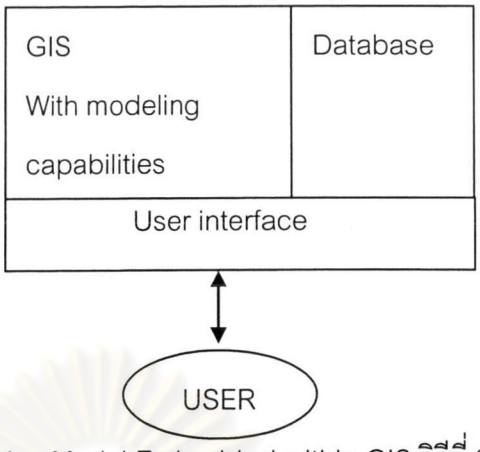
รูปที่ 2.4 Simulation Model Linked to GIS วิธีที่ 1

(ที่มา D.W.Watkins, D.R. Maidment และ Min-Der Lin ,1996)



รูปที่ 2.5 Simulation Model Integrated with GIS วิธีที่ 2

(ที่มา D.W.Watkins, D.R. Maidment และ Min-Der Lin ,1996)



รูปที่ 2.6 Simulation Model Embedded within GIS วิธีที่ 3
(ที่มา D.W.Watkins, D.R. Maidment และ Min-Der Lin ,1996)

Shiva Niazice (1998) ได้นำโปรแกรม Arcview มาใช้ร่วมกับแบบจำลอง GMS Model และแบบจำลองคณิตศาสตร์ MODFLOW เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง GIS และแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน MODFLOW โดยเมื่อประมวลผลแบบจำลองแล้วสามารถส่งผลย้อนกลับมายัง Arcview แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องการ Transfer ข้อมูลกริดระหว่าง Arcview และ แบบจำลอง GMS Model

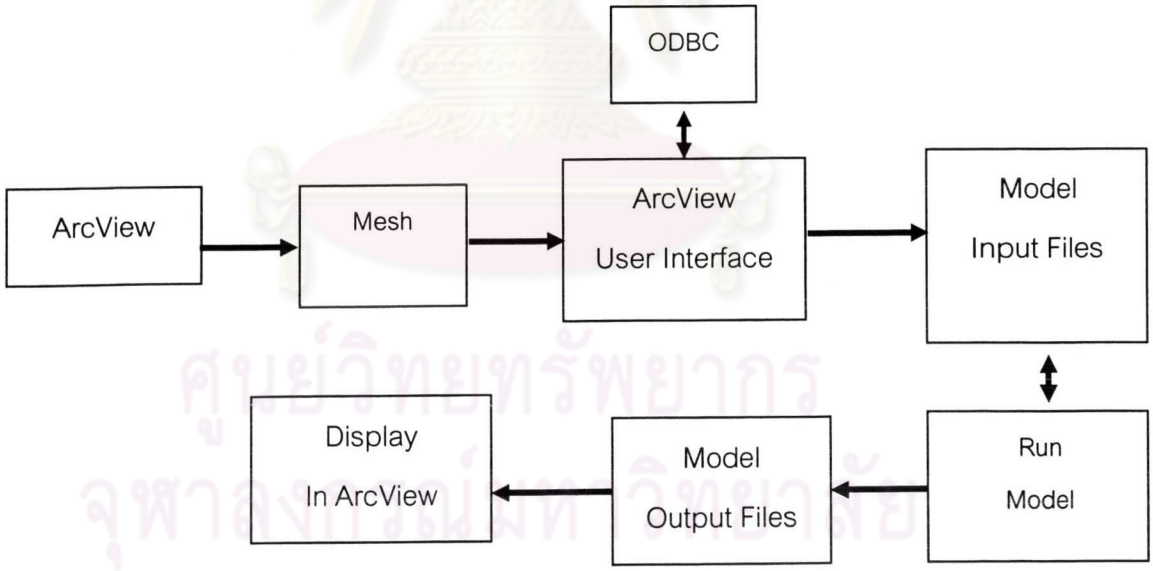
มหาวิทยาลัย Wyoming (1999) ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ GW Modeler 1.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมหรือ Extension บน Arcview เวอร์ชั่น 3.0 ที่นำเอาสมการทางด้านการคำนวณของแบบจำลองการคำนวณ MODFLOW มาเขียนไว้ในโปรแกรมประยุกต์ดังกล่าว รวมถึงการแสดงผลในรูปแบบกราฟิก เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ในด้านการเตรียมข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผลข้อมูล สำหรับผู้ใช้คุ้นเคยกับโปรแกรมทางด้าน GIS ปัจจุบันเป็นลิขสิทธิ์ทางการค้าของทางมหาวิทยาลัย Wyoming

Jolie Kim, B.S. (2000) ได้นำ Arcview,แบบจำลอง GMS และ แบบจำลอง MODFLOW มาใช้ร่วมกันในการจำลองน้ำใต้ดินเพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยในเมือง Marcus Hook Refinery มลรัฐเพนซินวาเนียร์ ซึ่งเป็นแบบจำลองใหม่ที่ทำนายระดับการไหลของน้ำใต้ดินได้ดีกว่าแบบจำลองแบบเดิม

Thomas Heinzer,Michael Sebhat ,William Greer,Dave hansan และ Charles B. Johnson(2001) ได้นำโปรแกรม Arc/Info Grid 7.0 มาบูรณาการร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ Modflow เพื่อสร้าง interface ในรูปแบบ GUI (Graphic User Interface) เพื่อการเตรียมข้อมูล

ทางด้านพื้นที่ในรูปกริดเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อนำไปประมวลผลตามแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินที่อาศัยด้วยวิธี Finite difference Model ซึ่งทำให้การแสดงผลแบบจำลองออกมาในรูปแบบแผนที่ที่เข้าใจได้ง่าย

Ming-Shu Tsou, Donal O.Whittemore(2001) ได้ทำการศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์กับแบบจำลองน้ำบาดาล โดยการเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรม Arcview กับ MODFLOW และ MT3D ซึ่งเป็นแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่มวลสาร เขียนโปรแกรมที่ใช้สำหรับเชื่อมโยงโดยใช้ภาษา Avenue (รูปที่ 2.7)ผลการศึกษาเห็นว่า GIS ช่วยในการวิเคราะห์และแสดงภาพข้อมูลต่าง ๆ และสามารถสร้างข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจได้ โดยได้กำหนดทางเลือกในการเชื่อมโยง GIS เข้ามาใช้ในแบบจำลองน้ำใต้ดิน เป็น 2 แบบ คือ 1) มีการเชื่อมโยงข้อมูลและส่งข้อมูลระหว่าง GIS กับ แบบจำลอง โดยข้อมูลเก็บไว้ในโปรแกรม GIS และส่งไปประมวลผลในแบบจำลอง จากนั้นจึงส่งกลับมายังอีกครั้งหนึ่ง ข้อเสียของวิธีดังกล่าวคือ ข้อมูลบางชุดต้องถูกจัดเก็บ 2 ครั้ง โดยเก็บในรูปแบบ GIS และอยู่ในรูป ASCII หลังการประมวลผลแบบจำลอง และ 2) เขียนเป็นสมการแบบจำลองฝังไว้ในโปรแกรม GIS โดยการเขียนสมการแบบจำลองน้ำใต้ดินในรูปภาษา Macro



รูปที่ 2.7 Diagram for Preprocessing and Postprocessing Components of ArcView Interface (Ming-Shu Tsou, Donal O.Whittemore ,2001)

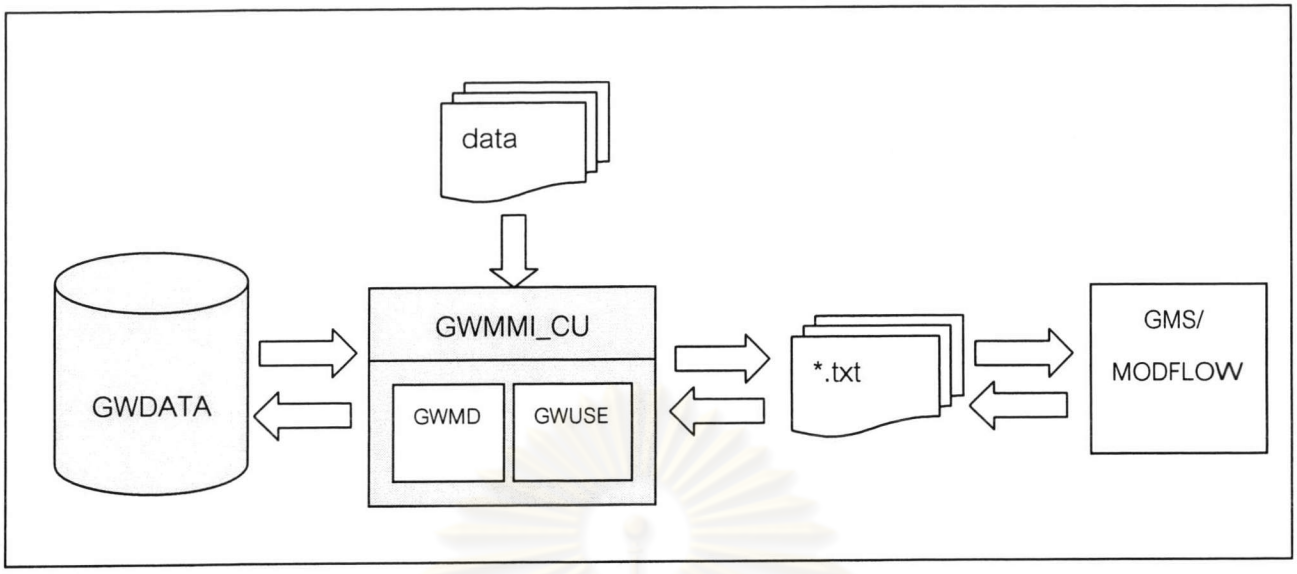
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2 งานวิจัยในประเทศไทย

วิภารัตน์ สฤษฏ์ชัยกุล (2542) ได้ทำการต่อเชื่อมแบบจำลองทางชลศาสตร์ HYDROWORKS กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arcview GIS ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบหลวมโดยผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้ส่งข้อมูลและดำเนินการต่อเชื่อมในทุกขั้นตอน เริ่มต้นจากแบบจำลองชลศาสตร์จะคำนวณค่าระดับน้ำที่จุดต่าง ๆในพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสุขุมวิท กรุงเทพมหานคร จากนั้นจะส่งผลมายังระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกของน้ำท่วมในบริเวณต่าง ๆ โดยนำผลไปแสดงซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา การแสดงผลดังกล่าวทำให้เข้าใจการจำลองสภาพน้ำท่วมได้ชัดเจนขึ้น

กรมทรัพยากรธรณีในปี พ.ศ.2543 (อรนุช หล่อเพ็ญศรี, 2546) ได้ตกลงว่าจ้างบริษัท SEATEC INTERNATIONAL ในการจัดทำโปรแกรมคำนวณเกี่ยวกับน้ำใต้ดินชื่อว่า Boregis โดยทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Avenue บนโปรแกรม Arcview version 3.0 เพื่อทำการสร้างหลุมเจาะน้ำบาดาลทั้งประเทศ และคำนวณระดับความลึกของน้ำบาดาล แต่โปรแกรมดังกล่าวแต่จัดทำไม่แล้วเสร็จ และบริษัทเอกชนคู่สัญญาไม่ส่งมอบ Sourcecode ของโปรแกรมให้แก่กรมทรัพยากรธรณีจึงไม่สามารถนำไปแก้ไขพัฒนาใช้งานต่อไปได้

ในปี พ.ศ. 2544-2545 ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์แหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ชุดโครงการวิจัยทางด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ (สกว) ได้จัดทำโครงการการศึกษาโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลาง ในระยะที่ 1 ได้ทำการศึกษาสถานการณ์การใช้น้ำ และพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลตลอดจนศึกษาความต้องการการใช้น้ำในพื้นที่ โดยเริ่มเอาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาลมาจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาลขึ้นชื่อว่าฐานข้อมูล GWDATA ซึ่งจัดเก็บด้วยโปรแกรม SQL Server 2000 และคณะผู้ทำวิจัย (มานิศา วีรวิกรม, 2547) ได้พัฒนาโปรแกรมจัดการข้อมูลเพื่อการจำลองน้ำใต้ดิน โดยใช้โปรแกรมวิชวลฟอกซ์โปร ชื่อ GWMMI_CU เพื่อสามารถจัดการข้อมูล ประเมินและจัดรูปแบบข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมคำนวณน้ำใต้ดิน GMS/MODFLOW เพื่อทำการจำลองสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางในการติดตามสถานการณ์การใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 ระบบฐานข้อมูลในโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลาง ในระยะที่ 1 (มานิศา วีรวิกรม, 2547)

2.6 แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

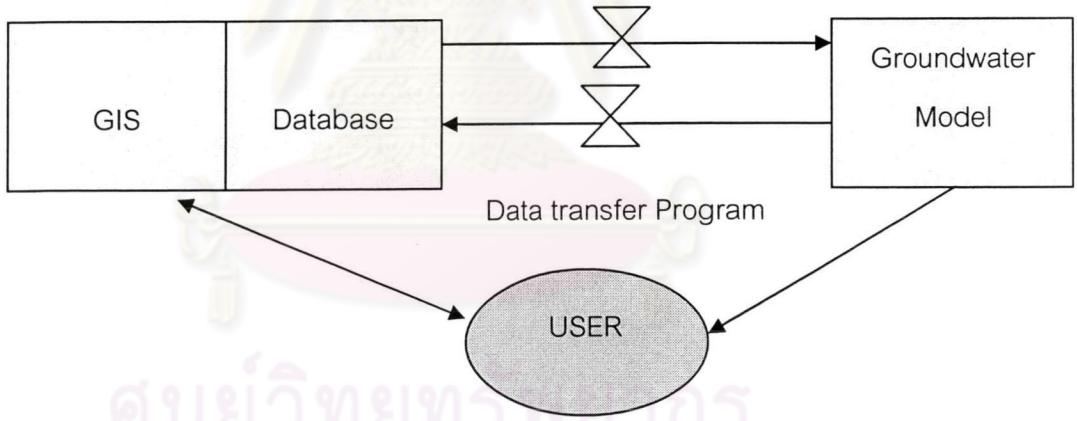
จากแนวคิดในการบูรณาการระบบเชื่อมโยงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองการไหลน้ำใต้ดินที่ผ่านมา ผู้วิจัยจะทำการบูรณาการระบบเชื่อมโยงให้สามารถถ่ายโอน และเชื่อมโยงแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินกับโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการเขียน Interface เชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองส่วนให้สามารถนำไปใช้กับแบบจำลองการคำนวณและส่งผลการคำนวณไปแสดงผลและทำการวิเคราะห์โดยการทำเป็นฟังก์ชั่นในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งกำหนดโดยกลุ่มผู้ใช้ต่อไป ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมกับการศึกษาครั้งนี้คือ

2.6.1 เลือกการบูรณาการโปรแกรมเชื่อมโยงด้วยวิธี Simulation Model Linked to GIS ตามแนวคิดของ D.W. Watkins, D.R. Maidment and Min-Der Lin (รูปที่ 2.7) กล่าวคือ วิธีนี้ GIS มีบทบาทต่อการสร้างแบบจำลอง โดยทำหน้าที่ป้อนข้อมูลให้แบบจำลองและในด้านการแสดงผล แบบจำลองและโปรแกรม GIS มีความอิสระต่อกัน โดยจัดโดยมีการจัดเก็บฐานข้อมูลไว้ภายนอก GIS จะทำหน้าที่ในการติดต่อกับฐานข้อมูลเชิงตำแหน่งที่อยู่ภายในโปรแกรม GIS เอง และฐานข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายนอก โดยผู้ใช้จะทำหน้าที่ในการสร้างโปรแกรม Data transfer ในการส่งข้อมูลให้แบบจำลองและนำเข้าผลลัพธ์จากการคำนวณมาแสดงผลในโปรแกรม GIS

2.6.2 ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน มี 2 ส่วน คือฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง(Spatial Data) ประกอบด้วยข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ ในรูปแบบ Shapeflie และ CAD

2.6.2 ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน มี 2 ส่วน คือฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง(Spatial Data) ประกอบด้วยข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ ในรูปแบบ Shapeflie และ CAD รายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อ 1.3.3.1 และฐานข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute Data) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลน้ำใต้ดินที่ถูกจัดเก็บด้วยโปรแกรม Microsoft SQL Server 2000 คือ GWDATA และ GW2 ซึ่งได้จากโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลาง ในระยะที่ 1 รายละเอียดของฐานข้อมูลจะกล่าวไว้ในบทที่ 3

2.6.3 ผู้วิจัยทำการพัฒนาฟังก์ชั่นเพิ่มเติมด้วยโปรแกรม ArcView Version 8.3 โดยทำการพัฒนาฟังก์ชั่น Interface ด้วย Visual Basic Application (VBA) ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของ ArcObjects ในตัวโปรแกรม ArcGIS ที่มีโครงสร้างภาษาเป็นแบบ Object Oriented Programming โดยสร้างฟังก์ชั่นเพิ่มเติม 3 ส่วน คือ 1. ส่วนการเตรียมข้อมูลกริดเซลล์และฟังก์ชั่น Utility ในการทำงาน 2.ส่วนการเตรียมข้อมูลให้กับแบบจำลอง MODFLOW และส่วนที่ 3 คือฟังก์ชั่นนำเข้าข้อมูลหลังจากแบบจำลองคำนวณผลลัพธ์ออกมาแสดงในรูปแผนที่



รูปที่ 2.9 รูปแบบแนวคิดในการบูรณาการระบบเชื่อมโยงในงานวิจัย
(ที่มา D.W.Watkins, D.R. Maidment และ Min-Der Lin ,1996)

ดังนั้นจากแนวคิดในการบูรณาการเชื่อมโยงที่กล่าวมาข้างต้นนำไปสู่การวิเคราะห์และออกแบบผังการเชื่อมโยง และกระบวนการพัฒนาโปรแกรมจะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 3 และ 4 ตามลำดับ