การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

นายวีรพัฒน์ ตันยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A THREE DIMENSIONAL VISUALIZATION SYSTEM FOR DIGITAL ELEVATION MODE IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Mr. Weerapat Tanya

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
โดย	นายวีรพัฒน์ ตันยา
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วีรพัฒน์ ตันยา : การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (DEVELOPMENT OF A THREE DIMENSIONAL VISUALIZATION SYSTEM FOR DIGITAL ELEVATION MODEL IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ, 97 หน้า.

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยขั้นตอนวิธีระดับการแสดงผลต่อเนื่องทำให้ได้การแสดงผลข้อมูลลักษณะภูมิประเทศในรูปแบบ 3 มิติ ที่เสมือนจริง พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน เพื่อแสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่บนพื้นโลกบนด้วยสัญลักษณ์ภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ โดยใช้กรณีศึกษาคือ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่มีโครงสร้างข้อมูลแบบเชพไฟล์ ด้วยการใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติแสดงผลข้อมูลของชนิดเสาไฟฟ้า ทั้งยังสามารถแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะประกอบกับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ นอกจากนี้สามารถนำเสนอข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายบนเว็บบราวเซอร์ด้วยมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง

งานวิจัยนี้ทดสอบโดยการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นภูเขาสูงและพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งพบว่าสามารถแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ที่เสมือนจริง พร้อมทั้งคุณสมบัติในการทำงานสำหรับการแสดงผล อาทิ การดึงภาพข้า การดึงภาพออก การหมุน การบินผ่าน การค้นหา และการวัดระยะทางระหว่างจุด เป็นต้น เป็นผลให้ผู้ใช้สามารถทำการพิจารณา วิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานได้โดยทันทีโดยไม่มีความจำเป็นต้องเดินทางไปสภาพพื้นที่จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2550.....

4870473521 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEY WORD: GIS / DIGITAL ELEVATION MODEL / VRML

WEERAPAT TANYA: DEVELOPMENT OF A THREE DIMENSIONAL VISUALIZATION SYSTEM FOR DIGITAL ELEVATION MODEL IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) THESIS ADVISOR: ASST. PROF. WIWAT VATANAWOOD, PH.D, 97 pp.

This research develops a 3-Dimensional visualization for Digital Elevation Model (DEM) in Geographical Information System (GIS) by using algorithm of Continuous Level of Detail (CLOD) to achieve realistic geographical 3-D output with necessary land based information. The system can fairly well display global surface conditions and altitudes as well as visualize other three dimensional land-based data. An application of the Distributed Transmission Line at 115 kV is used as the case study. The Distributed Transmission Line is demonstrated in 3D graphic by replacing 3D symbols of electricity poles. The system can also display the attribute data, particularly the titles of location, by using Data Layers Management and display on web browser by VRML file.

This research was applied to the planning, analyzing for Distributed Transmission Line at 115 kV at the area of mount and plane. The system could illustrate the 3D scene and also provide many functions such as Zoom In, Zoom Out, Rotation, Searching and Measuring distance. As a result, an efficient visualization in real world data of 3D terrains and objects can be achieved to support electricity planning and maintenance.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Computer Engineering... Student's signature .....

Field of study.....Computer Engineering... Advisor's signature.....

Academic year .....2007.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีเพราะความช่วยเหลือและสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำปรึกษา เสนอแนะข้อคิดเห็น แนวทางในการวิจัย และให้ความช่วยเหลือดูแลในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สืบสกุล พิภพมงคล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.นงลักษณ์ โควาวิสารัช และผศ. ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช ที่ให้ความกรุณาเสนอคำแนะนำ ข้อคิดเห็น และชี้แนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ ตลอดจนถึงตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆและน้องๆสมาชิกภายในห้องปฏิบัติการวิจัย CGCI ที่น่ารักทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และดูแลเอาใจใส่ตลอดการวิจัย

ขอขอบคุณกองแผนที่ระบบไฟฟ้า จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนเป็นค่าใช้จ่ายในการศึกษาและการทำวิจัย

ขอขอบคุณคุณธันยธร ตันยา ที่ให้ความรัก ให้กำลังใจ ช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านต่างๆ

และท้ายที่สุดนี้ที่จะลืมมิได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่อุปการะเลี้ยงดู เป็นกำลังใจ สนับสนุนในด้านการศึกษาและในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่

1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1.1 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS: Geographic Information System)..... 5
2.1.1.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์..... 5
2.1.1.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์..... 6
2.1.1.3 ลักษณะข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์..... 6
2.1.1.4 การจัดเก็บข้อมูล..... 6
2.1.2. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)..... 7
2.1.2.1 รูปแบบและการจัดการข้อมูลเชิงพื้น..... 7
2.1.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่..... 8
2.1.3 แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM: Digital Elevation Model)..... 9
2.1.3.1 มาตรฐานของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข..... 9
2.1.3.2 การแสดงและจัดเก็บลักษณะแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข..... 10
2.1.4 ภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (VRML: Virtual Reality Model Language).. 11

บทที่ หน้า

2.1.4.1 การเตรียมบราวเซอร์ของภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง..... 11
2.1.4.2 องค์ประกอบของภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง..... 12
2.1.4.3 โครงสร้างวัตถุในภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง..... 12
2.1.4.5 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง..... 13
2.1.5 การวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 14
2.1.5.1 การแบ่งพื้นที่ในการวางแผนระบบไฟฟ้า 15
2.1.5.2 การวิเคราะห์ระบบสายส่ง 16
2.1.6 Continuous Level of Detail (CLOD) [13] 18
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21
2.2.1 An Algorithms for the Visualization of a Terrain with Object 21
2.2.2 3D Visualization and Query tool for 3D City Model..... 21
2.2.3 3D Geographic Reconstruction and Visualization Techniques Applied to Land Resource Management..... 22
2.2.4 Virtual GIS: A Real-Time 3D Geographic Information System 22
2.2.5 Using VRML as an Interface to the 3D Data Warehouse (1998)..... 23
2.2.6 Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields 23
3 การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์..... 25
3.1 การวิเคราะห์ระบบ 25
3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูล 27
3.1.1.1 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) . 27
3.1.1.2 ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์..... 28
3.1.1.3 ข้อมูลแผนที่ฐาน (Land Based Data)..... 29
3.1.2 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ..... 30
3.1.2.1 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข 30
3.1.2.2 การปรับแต่งการแสดงผลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์..... 32
3.1.2.3 การปรับแต่งการแสดงผลข้อมูลสำหรับข้อมูลแผนที่ฐาน 34

บทที่ หน้า

3.1.3 การแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ 35
3.1.4 การจัดการส่วนของการแสดงผล 36
3.1.4.1 การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล 36
3.1.4.2 การจัดการระดับชั้นข้อมูล 37
3.1.4.3 การวัดระยะทางระหว่างจุด 37
3.1.4.4 การค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ จากข้อมูลคุณลักษณะ 38
3.1.5 การนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติด้วยเว็บบราวเซอร์ 39
3.1.5.1 การเตรียมการแสดงผล 39
3.1.5.2 การเตรียมสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติในรูปแบบ VRML 39
3.1.5.3 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ
ให้อยู่ในมาตรฐานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง 39
3.2 การออกแบบระบบ 40
3.2.1 ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข 43
3.2.1.1 การเลือกพื้นที่เพื่อทำการแสดงผล 43
3.2.1.2 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข 43
3.2.2 ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลระบบสายส่ง
กระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน 46
3.2.2.1 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า
แรงสูง 115 กิโลโวลต์ 46
3.2.2.2 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูลพื้นที่ฐาน 47
3.2.3 ส่วนของการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ 47
3.2.4 ส่วนของการจัดการส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ 48
3.2.4.1 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล 48
3.2.4.2 การจัดการส่วนของระดับชั้นข้อมูล 49
3.2.4.3 การค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ 49
3.2.4.4 การวัดระยะทางระหว่างจุด 50
3.2.4.5 การแสดงค่าความสูงและพิกัดทางภูมิศาสตร์ 50

บทที่ หน้า

3.2.5 ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรม
สร้างภาพเสมือนจริง 50
3.2.5.1 การสร้างข้อมูลสัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน VRML 50
3.2.5.2 การสร้างข้อมูล VRML 51
3.3.5.3 กระบวนการนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ด้วยมาตรฐาน VRML 51
4 การทดสอบการใช้งาน 52
4.1 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในรูปแบบ 3 มิติ 53
4.1.1 การทดสอบในพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 53
4.1.2 การทดสอบในพื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม 53
4.2 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 56
4.2.1 การทดสอบในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 56
4.2.2 การทดสอบในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม 57
4.3 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน 59
4.3.1 การทดสอบในพื้นที่เขต อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 59
4.3.2 การทดสอบในพื้นที่เขต อ.เมือง จ.นครปฐม 59
4.4 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ 59
4.5 การทดสอบคุณสมบัติต่างๆในส่วนการแสดงผล 60
4.5.1 การทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล 61
4.5.2 การทดสอบการจัดการระดับชั้นข้อมูล 64
4.5.3 การทดสอบการค้นหาตำแหน่งของข้อมูลแบบ 3 มิติ 67
4.5.4 การทดสอบการวัดระยะทางระหว่างจุด 68
4.6 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบโปรแกรม
สร้างภาพเสมือนจริง (VRML) 68
4.6.1 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML
พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 68
4.6.2 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML
พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม 69
4.7 การเปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายจริง 71

บทที่ หน้า
5 สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ 74
5.1 บทสรุป 74
5.2 ข้อจำกัด 75
5.3 ข้อเสนอแนะ 76
รายการอ้างอิง 77
ภาคผนวก 80
ภาคผนวก ก 81
ภาคผนวก ข 90
ประวัติผู้เขียน 97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 แสดงค่าประกอบพื้นฐานของสี 13

3.1 แสดงค่าข้อมูลเพื่อแสดงโมเดล 3 มิติ ของชนิดของเสาไฟฟ้า 33

3.2 แสดงค่าข้อมูลเพื่อแสดงโมเดล 3 มิติ ของชนิดของข้อมูลแผนที่ฐาน 35

3.3 ค่าระดับสีตามช่วงของข้อมูลค่าความสูง 44

3.4 การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลโดยการใช้เมาส์ 48

4.1 เปรียบเทียบการประยุกต์ใช้ระบบ 3D GIS กับระบบ 2D GIS ของงานด้านวางแผน วิเคราะห์ เพื่อปรับปรุง ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 73

ก.1 แสดงการใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ ในการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่ง กระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 82

ก.2 แสดงการใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ ในการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน 83

ก.3 ระดับสีที่แสดงตามค่าความสูงของข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข 84

ก.4 โครงสร้างข้อมูลของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข 85

ก.5 โครงสร้างข้อมูลหลักเชพไฟล์ (Main File Header) 87

ก.6 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบจุด (Point) 89

ก.7 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบเส้น (Line) 89

ก.8 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบรูปปิด (Polygon) 89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะการซ้อนทับกันของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 7

รูปที่ 2.2 แบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่แสดงเส้นแสดงขอบเขตของเส้นรุ้งและเส้นแวง 9

รูปที่ 2.3 มาตรฐานต่างๆของข้อมูลระดับสูงเชิงเลข 10

รูปที่ 2.4 การเรียกใช้โหนด Inline สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผล 14

รูปที่ 2.5 ชนิดของเสา..... 18

รูปที่ 2.6 แสดง Quadtree Matrix 19

รูปที่ 2.7 การเรนเดอร์ต้นไม้ 4 โหนดโดยการวาดสามเหลี่ยม..... 19

รูปที่ 2.8 การเรนเดอร์โหนดที่ระดับแสดงภาพที่แตกต่างกัน 20

รูปที่ 2.9 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติจากสามเหลี่ยม 20

รูปที่ 2.10 ระบบ GOOVI-3D 24

รูปที่ 3.1 การแสดงผลข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบ 3 มิติ 26

รูปที่ 3.2 ข้อมูล DEM ที่ทำการระบายสีตามช่วงชั้นความสูง ในพื้นที่ N17 E100 28

รูปที่ 3.3 ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 29

รูปที่ 3.4 ข้อมูลแผนที่ฐาน 30

รูปที่ 3.5 กระบวนการการปรับแต่งข้อมูล DEM ให้อยู่ในรูปภาพการฟิก 3 มิติ 31

รูปที่ 3.6 กระบวนการการปรับเปลี่ยนการแสดงผลของข้อมูลระบบสายส่งกระแส
ไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ 32

รูปที่ 3.7 กระบวนการการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ 34

รูปที่ 3.8 กระบวนการการแสดงข้อมูลคุณลักษณะ 36

รูปที่ 3.9 การจัดการส่วนการแสดงผลข้อมูล 37

รูปที่ 3.10 กระบวนการในการค้นหาตำแหน่งของข้อมูลแบบ 3 มิติ 38

รูปที่ 3.11 กระบวนการในการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML 40

รูปที่ 3.12 แสดงกระบวนการทำงานโดยรวมของการพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับ
แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์..... 41

รูปที่ 3.13 แสดงคลาสต่างๆในการทำงานของแต่ละกระบวนการของระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ
สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 42

รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการเรนเดอร์ข้อมูล DEM สำหรับการแสดงผลแบบ 3 มิติ 45

รูปที่ 3.15 กระบวนการแสดงผลข้อมูลแบบในรูปแบบมาตรฐาน VRML 51

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.1 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ขนาด 1 KB ขนาดตารางกริด 17 x 17 .. 54
รูปที่ 4.2 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลกขนาด 130 KB
ขนาดตารางกริด 257 x 257 54
รูปที่ 4.3 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม ขนาด 5 KB ขนาดตารางกริด 33 x 33 55
รูปที่ 4.4 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม ขนาด 515 KB ขนาดตารางกริด 257 x 257 55
รูปที่ 4.5 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์
จำนวนเสาไฟฟ้า 4 ต้น พื้นที่บริเวณ อ.นครไทย -จ.พิษณุโลก 56
รูปที่ 4.6 ภาพกราฟิก 3 มิติข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์
จำนวนเสาไฟฟ้า 34 ต้น พื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก แสดงข้อมูล 57
รูปที่ 4.7 ภาพกราฟิก 3 มิติข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์
จำนวนพื้นที่เสาไฟฟ้า 6 ต้น บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม 58
รูปที่ 4.8 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์
จำนวนพื้นที่เสาไฟฟ้า 18 ต้น บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม 58
รูปที่ 4.9 การแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก..... 59
รูปที่ 4.10 การแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม 60
รูปที่ 4.11 การแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ..... 60
รูปที่ 4.12 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการบินผ่าน (Navigate) 61
รูปที่ 4.13 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการดึงภาพเข้า..... 62
รูปที่ 4.14 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการหมุน..... 63
รูปที่ 4.15 การจัดการระดับชั้นข้อมูลด้วยการซ่อนการแสดงผล 65
รูปที่ 4.16 การจัดการระดับชั้นข้อมูลด้วยการยกเลิกการแสดงผลและการลบระดับชั้นข้อมูล ... 66
รูปที่ 4.17 การค้นหาตำแหน่งข้อมูลแบบจากข้อมูลคุณลักษณะ 67
รูปที่ 4.18 การวัดระยะห่างระหว่างจุดสองจุดของการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ 68
รูปที่ 4.19 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน VRML
ขนาดข้อมูล DEM 1 KB ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 69
รูปที่ 4.20 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน VRML
ขนาดข้อมูล DEM 130 KB ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 70

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.21 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน VRML
ขนาดข้อมูล DEM 5 KB ในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม 70
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายสถานที่จริง
ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก 71
รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายสถานที่จริง
ในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม 72

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ได้รับความสนใจจากหน่วยงาน องค์กร ทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชน เนื่องด้วยเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการบริหารจัดการ การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผนที่หรือแผนผังที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้เกิดการวิจัยคิดค้นและพัฒนาจากผู้สนใจจนมีความก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงการพัฒนาในรูปแบบ 3 มิติ ที่สามารถแสดงข้อมูลได้อย่างเสมือนจริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป เช่น ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ภูเขา ถนน แหล่งน้ำ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถแสดงข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นผลให้ผู้ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถเรียกดูและเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวก

ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) เป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่มีความสำคัญในการทำให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศ ตลอดจนข้อมูลค่าความสูงของพื้นที่ใดๆ เกิดแนวคิดแนวทาง การตัดสินใจในการดำเนินงานหรือกำหนดนโยบายต่างๆต่อภูมิประเทศเหล่านั้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานทางด้านต่างๆ อาทิ การวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา งานด้านการวางแผน การก่อสร้างระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการระบบสาธารณูปโภคด้านพลังงานไฟฟ้าที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชนเป็นอย่างมาก ทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานของระบบเศรษฐกิจ ระบบการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก ระบบการคมนาคมและการสื่อสารของประเทศไทย เพื่อให้ระบบไฟฟ้าสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างต่อเนื่อง กฟภ.จึงต้องมีการวางแผนและพัฒนาระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าให้มีความมั่นคงและมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ โดยการใช้หลักการและข้อกำหนดตามรูปแบบมาตรฐานสำหรับการก่อสร้างขยายเขตและการปรับปรุงระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละลักษณะพื้นที่ภูมิประเทศ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและความคุ้มค่าสำหรับการใช้งบประมาณและช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีการแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขมาประยุกต์ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของ กฟภ. ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่สามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบ 2 มิติเท่านั้น อาทิ ข้อมูลแบบเชพไฟล์, ภาพถ่ายแผนที่ทางอากาศ เป็นต้น โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆทำหน้าที่บริหารจัดการ

และการแสดงผลข้อมูล จากข้อจำกัดของการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ 2 มิตินี้ จึงทำให้ผู้บริหารและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน ไม่สามารถรับทราบข้อมูลที่เสมือนจริงมาประกอบการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจได้อย่างเท่าที่ควร อาทิ การกำหนดวางรูปแบบหรือชนิดของเสาไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ การคำนวณหาระยะทางที่ถูกต้องระหว่างจุดใด ๆ เป็นต้น เป็นผลให้ผู้ปฏิบัติงานในส่วนของการวางแผนระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขาดข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเดินทางออกไปสำรวจตรวจสอบ และศึกษาสภาพพื้นที่จริงที่จะดำเนินงานโครงการ จึงทำให้ต้องใช้เวลาและงบประมาณในการดำเนินงานเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณ

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐานในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ สำหรับการสนับสนุนงานทางด้านการวางแผนระบบสายส่ง โดยให้ผู้บริหารหรือผู้ปฏิบัติงานสามารถเรียกค้นและแสดงข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ บนระนาบของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ที่เสมือนจริงกับสภาพภูมิประเทศจริง อีกทั้งยังสามารถนำเสนอทางเว็บบราวเซอร์ ด้วยเทคโนโลยีของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผ่านทางมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (VRML: Virtual Reality Model Language) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ที่อยู่ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ไม่ใช่เพียงแต่ผู้บริหารหรือกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องเท่านั้น สามารเรียกค้นและแสดงผลข้อมูลที่สนใจ เพื่อประกอบการพิจารณาในการกำหนดแนวทางหรือนโยบายในการปฏิบัติงานทางด้านอื่น ๆ อาทิเช่น งานด้านการบำรุงรักษาระบบสายส่ง งานด้านการบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีขีดความสามารถดังนี้

   - สามารถแสดงผลข้อมูลเป็นลำดับชั้นของข้อมูล (Data Layer) ได้หลายลำดับชั้น
   - สามารถซ่อน แสดงหรือโยกย้ายลำดับชั้นข้อมูลได้
   - สามารถเพิ่มหรือลบลำดับชั้นข้อมูลได้

- ผู้ใช้สามารถกำหนดการแสดงผลของข้อมูล เช่น ดึงภาพเข้า (Zoom In) และดึงภาพออก (Zoom Out)
- ผู้ใช้สามารถกำหนดการแสดงผลของข้อมูลได้ เช่น การหมุน (Rotate) การบินผ่าน (Navigate)
- ผู้ใช้สามารถทำการค้นหาข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ จากข้อมูลคุณลักษณะได้
- สามารถแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ
- สามารถแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ
- สามารถแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะเพื่ออธิบายข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันกับข้อมูลกราฟิก 3 มิติ
- สามารถทำการบันทึกการแสดงผลในรูปแบบไฟล์โปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง
- สามารถนำเสนอข้อมูลกราฟิก 3 มิติ ด้วยเว็บบราวเซอร์ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

2. ใช้กรณีศึกษางานด้านการวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของ กฟภ.โดยมีขอบเขตดังนี้

- แสดงผลข้อมูลระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ
- ใช้ข้อมูลระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่มีการจัดเก็บจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ในการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิตินั้น จะไม่ให้ความสนใจในเรื่องของการแสดงความตึงหรือหย่อนของสายไฟฟ้าแรงสูงระหว่างเสาไฟฟ้าทั้งสองจุด
- ขอบเขตในการพัฒนาระบบจะใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขมาตรฐานระยะห่างระหว่างจุดความสูงประมาณ 90 เมตร จากองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (NASA)
- ข้อมูลแผนที่ฐานนำมาจาก กฟภ.ซึ่งรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ อาทิ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมแผนที่ทหาร กรมผังเมือง ฯลฯ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
2. ศึกษาโครงสร้างข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข
3. ศึกษาทฤษฎีการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

4. ศึกษาการแสดงผลภาพกราฟิก 3 มิติ เชื่อมโยงกับข้อมูลคุณลักษณะจากระบบฐานข้อมูล
5. ศึกษาหลักการการวางแผนระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง
6. ศึกษาทฤษฎีภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง
7. ศึกษาทฤษฎีการส่งผ่านข้อมูลด้วยเว็บเซอร์เวอร์
8. พัฒนาระบบสำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในรูปแบบ 3 มิติ
9. พัฒนาระบบสำหรับการแสดงผลข้อมูลสายส่งไฟฟ้าแรงสูงด้วยรูปแบบ 3 มิติ
10. พัฒนาระบบแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ด้วยเว็บบราวเซอร์
11. ทดสอบและแก้ไข
12. สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทาง-ภูมิศาสตร์
2. ผู้ใช้ระบบได้รับทราบข้อมูลด้านลักษณะภูมิประเทศที่ชัดเจนเสมือนจริง
3. ง่ายและสะดวกในการเผยแพร่ข้อมูลแก่ผู้สนใจโดยผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์
4. ช่วยสนับสนุนงานวางแผนระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของ กฟภ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS: Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดเก็บ การปรับปรุงข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ให้สามารถแสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ [1]

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จะประกอบด้วยชุดเครื่องมือที่สามารถทำการเก็บรวบรวม รักษา และการสืบค้นข้อมูล เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการจัดเตรียม ปรับแต่ง วิเคราะห์และทำการแสดงผลข้อมูล ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะปรากฏลงในแผนที่ เพราะสามารถการสื่อความหมายและนำไปใช้งานได้ง่ายสะดวก

2.1.1.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 องค์ประกอบ [2] ได้แก่

1) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ เช่น สแกนเนอร์ ดิจิไทเซอร์ เครื่องพิมพ์ จีพีอาร์เอส เป็นต้น โดยนำมาใช้เพื่อการนำเข้าข้อมูล ประมวลผลและแสดงผลออกมา ตลอดจนสร้างเป็นผลลัพธ์ออกมา เช่น แผนที่ต่างๆ

2) โปรแกรม คือ ชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่ถูกพัฒนาขึ้นมา โดยมีเครื่องมือ ชุดคำสั่งที่สามารถนำมาใช้ในการนำเข้า ปรับแต่งข้อมูล จัดการระบบฐานข้อมูล การเรียกค้น และแสดงการจำลองผลของข้อมูล

3) ข้อมูล คือ ข้อมูลต่างๆที่จะใช้และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยมีระบบฐานข้อมูลเป็นผู้ดูแล

4) บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ผู้ทำการสำรวจข้อมูล ผู้ทำการนำเข้าข้อมูล ผู้ดูแลอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้บริหารที่สามารถนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และตัดสินใจ เป็นต้น

5) วิธีการและขั้นตอนการทำงาน คือ วิธีการที่หน่วยงานหรือองค์กร นำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ไปใช้งาน โดยให้เหมาะสมกับสภาพการจัดการและปัญหาของหน่วยงานหรือองค์กรนั้นๆ

2.1.1.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์นั้น จะต้องอาศัยเทคโนโลยีหรือศาสตร์อื่นๆ เข้ามาผสมผสานในกระบวนการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำและตรงกับความต้องการให้มากที่สุด โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีศาสตร์ทางด้านการสำรวจและการทำแผนที่ เพื่อทำการสำรวจหาข้อมูลในภาคสนามสำหรับนำมาสร้างแผนที่ จึงถือว่าศาสตร์นี้มีความสำคัญมากต่อระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ก็ยังมีศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ อาทิ

- ระบบจัดการฐานข้อมูล เพื่อจัดการข้อมูลในการนำเข้า การควบคุมข้อมูลให้เป็นระบบและช่วยในการจัดเก็บข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เพื่อความสมบูรณ์ของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
- วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์และวิธีการในการนำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาโดยเฉพาะ
- การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการเก็บข้อมูลการใช้พื้นที่ผิวโลกหรือทรัพยากรต่างๆในโลก โดยการตรวจวัดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับอุปกรณ์บันทึกภาพ
- การสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (Global Positioning System: GPS) เป็นการหาข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยระบบการค้นหาตำแหน่งและนำทางด้วยดาวเทียม โดยใช้คลื่นความถี่สูง ความยาวคลื่นสั้น ซึ่งมีดาวเทียม GPS โคจรอยู่รอบโลก

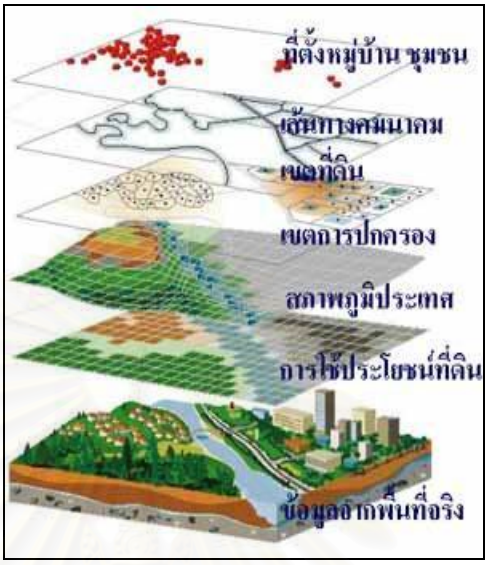
2.1.1.3 ลักษณะข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ลักษณะข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เป็นข้อมูลที่ทำการแสดงสิ่งต่างๆที่อยู่บนพื้นโลก โดยจัดเก็บในลักษณะข้อมูลเชิงตัวเลข ซึ่งจะแสดงข้อมูลเหล่านั้นด้วยลักษณะทางภูมิศาสตร์ ที่เรียกว่า Feature [1] โดยแทนสิ่งต่างๆบนโลกลงในแผนที่ด้วย จุด (Point) เส้น (Line) พื้นที่ (Polygon) ตัวอักษร (Text) และอธิบายลักษณะที่ปรากฏด้วย สี (Color) สัญลักษณ์ (Symbol) ข้อความบรรยาย (Annotation)

2.1.1.4 การจัดเก็บข้อมูล

ระบบ GIS สามารถออกแบบการจัดเก็บด้วยชั้นของข้อมูลประเภทต่างๆได้ ตามความต้องการหรือตามประโยชน์ใช้สอย ดังรูปที่ 2.1 เช่น สภาพภูมิประเทศ แหล่งน้ำ ถนน หรือพื้นที่เขตการปกครอง ตำบล อำเภอ จังหวัด โดยข้อมูลต่างๆเหล่านี้จะทำการซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อแสดงข้อมูลในส่วนนั้นๆ ตามความต้องการในการแสดงผลข้อมูลหรือการนำไปวิเคราะห์ โดย

กำหนดให้ทำการซ่อนหรือแสดงชั้นข้อมูลนั้นๆ ได้ โดยแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องทำการปรับแต่งลักษณะข้อมูลเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.1 ลักษณะการซ้อนทับกันของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ [1]

2.1.2. **ข้อมูลเชิงพื้นที่** (Spatial Data)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ ข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงตำแหน่งทางพื้นที่ สามารถอ้างอิงได้ตามหลักทางภูมิศาสตร์ [3]

2.1.2.1 **รูปแบบและการจัดการข้อมูลเชิงพื้น**

ข้อมูลเชิงพื้นที่มีรูปแบบ 2 ลักษณะ [3] คือ

1) ข้อมูลกราฟิก (Graphic data) สามารถแทนได้ด้วยรูปแบบ 2 พื้นฐาน ได้แก่

- ข้อมูลที่แสดงทิศทาง (Vector Format) ประกอบด้วยลักษณะ 3 รูปแบบ ดังนี้

- *จุด (Point)* เป็นลักษณะของจุดในตำแหน่งใดๆ โดยอธิบายถึงตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด สถานที่สำคัญ เป็นต้น
- *เส้น (Line)* ประกอบด้วยลักษณะของเส้นใดๆ ทั้งเส้นตรง เส้นโค้ง เส้นหักมุม ซึ่งรูปร่างของเส้นในตำแหน่งใดๆ อธิบายถึงลักษณะต่างๆ ด้วยความยาวและความกว้างของเส้น ได้แก่ ถนน แม่น้ำ ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น
- *พื้นที่หรือรูปหลายเหลี่ยม (Polygon)* เป็นลักษณะที่อธิบายของขอบเขตพื้นที่ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่แหล่งเพาะปลูกพืช เป็นต้น

- ข้อมูลรูปแบบราสเตอร์ (Raster Format) จะเป็นข้อมูลที่มีลักษณะตาราง สี่เหลี่ยมเล็กๆ (Grid cell หรือ Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ได้ ตัวอย่างข้อมูลลักษณะนี้คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข เป็นต้น

2) ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute data) เป็นข้อมูลบรรยายที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลกราฟิก ใช้สำหรับอธิบายข้อมูลเพิ่มเติมด้วยวิธีการแสดงข้อความบรรยาย [4] เช่น ชื่อถนน ชื่อแม่น้ำ ลักษณะพื้นผิว เป็นต้น

การจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่จะใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) [5] เข้ามาช่วยในการประมวลผล ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล โดยจะต้องคำนึงถึงการนำเข้าของข้อมูล (Data Input) ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของแผนที่ที่มีข้อมูลเดิมอยู่บ้างแล้ว ข้อมูลจากภาคสนาม และข้อมูลจากภาพถ่ายจากเครื่องบันทึกภาพ โดยข้อมูลที่นำเข้าแล้วจะทำการจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลที่เรียกว่า ฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Database) ซึ่งสามารถแก้ไข ปรับปรุงข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนี้ฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ยังสามารถจัดเก็บข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปเชิงพื้นที่ (Non Spatial Database) ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะที่อธิบายที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ เช่น ข้อมูลชื่อเจ้าของผู้ถือกรรมสิทธิ์ที่ดิน อาคาร หรือส่งก่อสร้าง ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่นั้นๆ เป็นต้น

2.1.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ [2] คือ

1) วิธีการทำด้วยมือ (Manual Approach) เป็นระบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ทำด้วยมือ โดยเป็นการนำเข้าข้อมูลด้วยรูปแบบแผนที่หรือลายเส้น แล้วถ่ายลงในแผ่นใส แล้วนำมาซ้อนทับกันบนโต๊ะฉายแสดงหรือเครื่องฉายแผ่นใส ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนแผ่นใสที่จะนำมาซ้อนทับกัน ถ้ามีปริมาณมาก และปริมาณของแสงของเครื่องฉายไม่สามารถส่องผ่านทะลุแผ่นใสได้ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้แผ่นใสที่จะนำมาซ้อนทับกันต้องมีการตรึงพิกัดแผนที่ให้ตรงกันในแต่ละแผ่น ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก

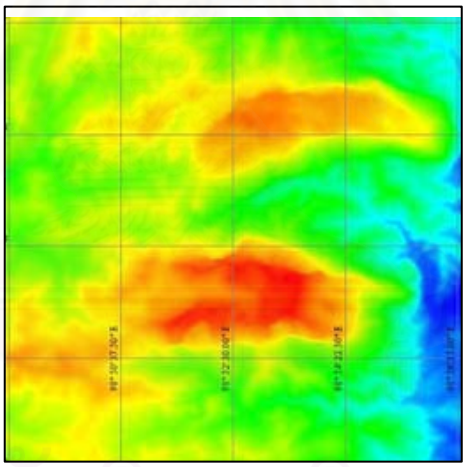
2) วิธีการทำด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Assisted Approach) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ โดยการเปลี่ยนแปลงข้อมูลรูปแบบแผนที่หรือลายเส้นมาเป็นข้อมูลในรูปแบบตัวเลขแล้วนำมาซ้อนทับกัน โดยอาศัยหลักของคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

เข้ามาช่วย วิธีการนี้ทำให้ช่วยลดจำนวนพื้นที่การจัดเก็บข้อมูลและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ รวมทั้งสามารถทำการพิมพ์ผลลัพธ์ได้โดยง่าย

2.1.3 **แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข** (DEM: Digital Elevation Model)

แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ที่สามารถแสดงค่าพิกัดและค่าความสูงบนแผนที่ สามารถนำมาสร้างโมเดลและวิเคราะห์ต่างๆเกี่ยวกับ 3 มิติ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน เส้นทางน้ำไหล การสร้างเส้นชั้นความสูงในบริเวณที่ต้องการ [6] ทั้งนี้ยังสามารถนำมาซ้อนภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจากดาวเทียม และแผนที่ต่างๆ หรือสร้างเป็นแผนที่ออร์โทสีได้ ทำให้ภาพถ่ายเหล่านั้นกลายเป็นแผนที่ที่ถูกต้อง โดยทำให้เห็นลักษณะที่แท้จริงสามารถดูพื้นที่บนหน้าจอภาพคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่ต้องไปดูพื้นที่จริง พร้อมทั้งสามารถแสดงความสูงโดยการระบายสีตามช่วงที่กำหนด ทำให้สามารถมองเห็นความสูงต่ำของพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น

ขอบเขตพื้นที่ของ DEM อาจจะกำหนดขึ้นตาม เส้นรุ้ง (Latitude) เส้นแวง (Longitude) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนๆ และเป็นการแสดงความละเอียดของลักษณะภูมิประเทศไปด้วยพร้อมๆกัน



รูปที่ 2.2 แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขที่แสดงเส้นแสดงขอบเขตของเส้นรุ้งและเส้นแวง [7]

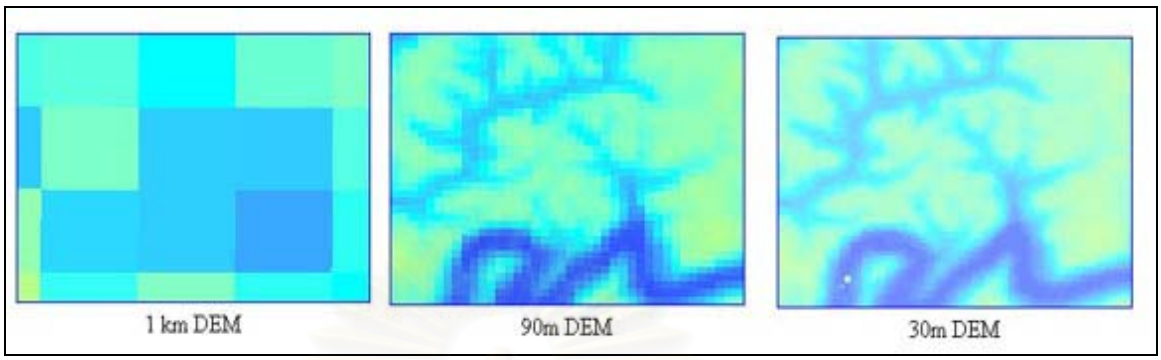
2.1.3.1 **มาตรฐานของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข**

มาตรฐานของข้อมูล DEM โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 มาตรฐาน [7] คือ

1) Level 0 มาตราส่วน 1:1,000,000 ระยะห่างระหว่างจุดความสูงประมาณ 1 กิโลเมตร (0.0083 องศา) ความถูกต้องทางดิ่ง ± 30 เมตร

2) Level 1 มาตราส่วน 1:250,000 ระยะห่างระหว่างจุดความสูงประมาณ 90 เมตร (0.00083 องศา) ความถูกต้องทางดิ่ง ± 30 เมตร

3) Level 2 มาตราส่วน 1:50,000 ระยะห่างระหว่างจุดความสูง 30 เมตร (1 ฟิลิบดา) ความถูกต้องทางดิ่ง ± 10 เมตร



รูปที่ 2.3 มาตรฐานต่างๆของข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข [8]

DEM มีรูปแบบนามสกุลไฟล์ในรูปแบบต่างๆมากมาย เช่น

- DEM ของญี่ปุ่น ใช้นามสกุล ".mem"
- Spatial Data Transfer Standard: SDTS
- Digital Terrain Elevation Data: DTED
- Shuttle Radar Topography Mission: SRTM
- CDED DEM Data for Canada
- Digital Terrain Model: DTM หรือแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข เป็นต้น

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ถ้าเป็นหน่วยพลเรือน หน่วยงานที่จัดทำและเผยแพร่คือ United States Geological Survey: USGS ซึ่งข้อมูลจะมีชื่อเป็นทางการคือ DEM ถ้าเป็นทางทหาร หน่วยงานที่จัดทำเผยแพร่คือ National Imagery and Mapping Agency: NIMA ข้อมูลจะมีชื่อเป็นทางการว่า DTED [8]

2.1.3.2 การแสดงและจัดเก็บลักษณะแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขสามารถทำการแสดงและจัดเก็บได้ 3 ลักษณะ [7] คือ

1) ในลักษณะเส้นชั้นความสูง (Contour line)

2) ในลักษณะช่องตารางรูปเมทริกซ์ (Matrix) สำหรับการจัดเก็บลักษณะนี้ ค่าจุดความสูงจะถูกจัดเก็บในระยะห่างที่เท่ากัน ซึ่งก็คือหลักการของ DTM หรือ DEM

3) ในลักษณะในรูปสามเหลี่ยมที่มีรูปไม่คงที่ (Irregular) จะทำการเชื่อมโยงเส้นให้อยู่ในลักษณะสามเหลี่ยม เรียกการจัดเก็บลักษณะนี้ว่า TIN: Triangulation Irregular Network โดย

เป็นการจัดเก็บข้อมูลที่มีมิติทิศทางความสูงของพื้นที่ในรูปแบบทิศทางและในแต่ละช่องของสามเหลี่ยมอาจจะเห็นข้อมูลอื่นๆร่วมด้วย เช่น ความลาดชัน เป็นต้น

2.1.4 **ภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง** (VRML: Virtual Reality Model Language)

ภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างรูปเสมือนจริงแบบรูปภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ ซึ่งทำให้รูปภาพกราฟิก 3 มิตินั้นสามารถตอบโต้กับผู้ใช้ได้ทันที โดยผ่านการแสดงผลทางเว็บบราวเซอร์ด้วยระบบ เวิร์ล ไวด์ เว็บ (WWW) [9] อีกทั้งยังสามารถเพิ่มการแสดงผลแบบมัลติมีเดีย เช่น การเคลื่อนไหว การเปลี่ยนมุมมอง สร้างแสง เสียง ในระบบ 3 มิติ

VRML ได้เริ่มมีการคิดขึ้นในปี 1994 ในการประชุม World Wide Web ประจำปีครั้งแรก ที่กรุงเจนีวา สวิตเซอร์แลนด์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับอินเตอร์เฟสแบบเสมือนจริงใน World Wide Web มีการวางโครงการที่จะสร้างภาษาสำหรับสร้างภาพกราฟิก 3 มิติ และมีการตกลงที่จะใช้เครื่องมือที่เป็นภาษาสำหรับใช้กำหนดรายละเอียดของฉากสามมิติ และสร้างการเชื่อมโยงของวัตถุด้วย จนเกิดเป็น Virtual Reality Markup Language (VRML) และเปลี่ยนคำว่า ‘Markup’ มาเป็น ‘Model’ ในภายหลัง

ภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง มีรูปแบบไฟล์เอกสารที่มีนามสกุล .wrl (ย่อมาจากคำว่า world) เช่นเดียวกับไฟล์เอชทีเอ็มแอล (HTML) แต่เนื่องจากไฟล์เอกสารนี้ใช้แสดงรายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับกราฟฟิก 3 มิติ จึงทำให้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ดังนั้นในการแสดงผลผ่านทางเว็บบราวเซอร์นั้นต้องอาศัยโปรแกรมเสริม (Plug-in) มาติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถประมวลผลทั้งไฟล์เอกสารภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (VRML) และไฟล์เอกสารเอชทีเอ็มแอล โดยทำงานภายใต้แบบอย่างพื้นฐานของเว็บบราวเซอร์และเว็บเซอร์เวอร์ทั่วไป โดยกำหนดให้ขึ้นต้นด้วยเอชทีทีพี (Hypertext Transfer Protocol: HTTP) แต่มีลักษณะเด่นคือ ทำการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ เป็นโฮมเพจ 3 มิติ (3D-Homepage)

2.1.4.1 **การเตรียมบราวเซอร์ของภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง**

เพื่อให้บราวเซอร์ที่จะทำการประมวลผลภาพกราฟิก 3 มิติ ได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีบราวเซอร์ที่สามารถรองรับภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงได้ ที่เรียกว่า VRML Browser ที่มีการติดตั้งโปรแกรมเสริม (Plug in) ให้แก่บราวเซอร์

โดยทั่วไปโปรแกรมเสริมที่เป็นที่นิยมใช้และมีประสิทธิภาพ ได้แก่

- Cortona พัฒนาโดย Parallel Graphics เป็นโปรแกรมเสริมที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีขนาดของโปรแกรมที่เล็กสะดวกสำหรับการติดตั้ง แสดงผลข้อมูลได้อย่างดี ติดตั้งได้ทั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ลีนุกซ์ แม็คอินทอช และวินโดวส์ซีอี
- Cosmo เป็นโปรแกรมเสริมที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการแสดงผล มี รูปลักษณ์ที่สวยงาม มีเมนูที่สะดวกในการใช้งาน อีกทั้งยังใช้ทรัพยากรของหน่วยความจำที่ไม่มากเกินความจำเป็น
- Flaxen Contract พัฒนาโดย Flaxen Interactive เป็นโปรแกรมเสริมที่ถือว่าใหม่กว่าทุกๆโปรแกรม มีการแสดงผลข้อมูลกราฟฟิกได้ดี นำระบบการทำงานของแคชมาใช้ในการแสดงผลทำให้ลดเวลาในการโหลดข้อมูลกราฟิก 3 มิติ

2.1.4.2 **องค์ประกอบของภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง**

การสร้างวัตถุ 3 มิติของภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงนั้น เกิดจากองค์ประกอบคือ

1) โหนด (Node) คือ หน่วยพื้นฐานไฟล์ของภาษา ทำหน้าที่เก็บค่าคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆของฟิลด์ ซึ่งภายในโหนดยังสามารถแตกโหนดย่อยลงไปอีกได้ เรียกว่า children เช่น โหนด Box และโหนด Appearance เป็นโหนดลูกของโหนด Shape เป็นต้น

2) ฟิลด์ (Field) คือ หน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของไฟล์ ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่า หลายๆฟิลด์ประกอบเป็นโหนด และหลายๆโหนดก็จะรวมเป็นวัตถุ

2.1.4.3 **โครงสร้างวัตถุในภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง**

ในแต่ละไฟล์จะมีโครงสร้างพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- ส่วนของหัวไฟล์ (File Header) ในการเขียนโปรแกรมทุกครั้ง ต้องขึ้นต้นโดยรูปแบบไวยากรณ์ดังต่อไปนี้ # VRML V2.0 Utf8
- โหนด Shape เป็นโหนดในการสร้างรูปทรงของวัตถุ
- โหนด Geometry เป็นโหนดที่ประกอบไปด้วยฟิลด์คุณสมบัติต่างๆของวัตถุ เช่น รัศมี ความสูงและความกว้าง เป็นต้น
- โหนด Appearance เป็นโหนดที่เก็บฟิลด์คุณสมบัติของพื้นผิววัตถุ เช่น สี ความสว่าง ความยาวของพื้นผิว เป็นต้น
- โหนด Grouping

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดค่าสีในระบบ RGB ที่มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0 ซึ่งแต่ละตัวจะเกิดค่าสี ต่างๆขึ้น จากการผสมสีในระบบ RGB โดยมี ฟิลด์ที่ชื่อว่า diffuse Color จะทำหน้าที่เก็บค่า

ของสีทั้ง 3 ค่า คือ แดง เขียว น้ำเงิน (Red, Green, Blue) ซึ่งถือว่าเป็นค่าประกอบพื้นฐานของสีในระบบ RGB ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าประกอบพื้นฐานของสี [9]

แดง	เขียว	น้ำเงิน
0-1	0-1	0-1
R	G	B

2.1.4.4 การรวมกลุ่มวัตถุ (Grouping Node)

การรวมกลุ่มของวัตถุ คือ การรวมกลุ่มให้วัตถุอยู่ในฉากเดียวกัน โดยอาศัยโหนดต่างๆที่ใช้ในการรวมกลุ่ม [10] ได้แก่ โหนด Group, Transform, LOD, Switch, Anchor, Inline, และ Collection ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจุดประสงค์ของการรวมกลุ่มนั้นแตกต่างกัน อาทิ โหนด Group กรณีที่ต้องการรวมกลุ่มของวัตถุในที่ว่างนั้น หรือใช้โหนด Transform เป็นตัวรวมวัตถุและต้องการเคลื่อนย้ายภายในที่ว่างนั้น โดยจะต้องเป็นไปตามขนาดและสัดส่วนของวัตถุนั้นด้วย

2.1.4.5 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง

ในการสร้างวัตถุ 3 มิติที่มีความสมบูรณ์และน่าสนใจนั้นต้องมีทั้งสี แสง ที่นำไปไว้ในเครื่องให้บริการ (Server) แล้วให้ผู้ใช้เรียกไฟล์เหล่านี้ไปเรนเดอร์ในบราวเซอร์ นั่นอาจจะทำให้เกิดการใช้เวลาที่นานในการโหลดไฟล์เหล่านั้น เพื่อลดเวลาในการโหลดและเพิ่มความเร็วการเรนเดอร์ไฟล์ จึงอาจจะต้องนำวิธีต่างๆมาแก้ปัญหาในส่วนนี้ คือ

1) การลดขนาดไฟล์ (Reducing file size) เป็นวิธีที่นำมาใช้ในการลดขนาดไฟล์ที่นิยม ได้แก่ วิธีการ Instancing, การใช้ฟังก์ชัน PROTO, การใช้โหนด Text, การใช้รูปทรงธรรมดา, การใช้การปรับปรุงการเขียนไฟล์ และการบีบอัดไฟล์

2) การเพิ่มความเร็วในการเรนเดอร์ โดยทั่วไปค่าต่ำสุดในการเรนเดอร์ประมาณ 10 เฟรมต่อวินาที แต่บางครั้งถ้าเป็นไฟล์ที่มีรูปภาพปะติดบนพื้นผิววัตถุ อาจจะต้องใช้เวลานานมาก เนื่องจากบราวเซอร์จะทำการเรนเดอร์โดยเริ่มจากการสร้างรูปทรงที่เป็นโพลีกอน (Polygon) แล้วจึงเรนเดอร์รูปภาพ ในการเพิ่มความเร็วในการเรนเดอร์นี้จะใช้วิธีการ คือ การใช้โหนด Inline ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและยุ่งยากมากนัก ต่างจากวิธีการใช้โหนด LOD ที่มีกระบวนการที่ซับซ้อนในการเพิ่มความเร็วการแสดงผล โดยมีหลักการว่าแบ่งการแสดงผลของวัตถุ 3 มิติในแต่ละวัตถุในรูปแบบเอกสาร VRML แล้วใช้โหนด Inline เพื่อเรียกการแสดงผลวัตถุ 3 มิตินั้น วิธีนี้จะทำให้ได้ขนาดของไฟล์ที่เรียกการแสดงผลไม่มีขนาดใหญ่ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.4

```
Group
{ Transform  {
        children [
            Inline {
                url " Elevation/Nakornthai_area2.wrl "
            } #Inline
] #Children
        translation 0.0 0.0 0.0
} #Transform
                ] #Children
} #Group
```

รูปที่ 2.4 การเรียกใช้โหนด Inline สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผล

2.1.5 การวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้จ่ายกระแสไฟฟ้าระบบ 115 กิโลโวลต์ ให้ผู้ใช้ไฟในกลุ่มธุรกิจนิคมอุตสาหกรรม กลุ่มโรงงาน และสถานีไฟฟ้าของ กฟภ. ด้วย ดังนั้นพื้นที่ก่อสร้างของระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า 115 กิโลโวลต์ จึงมีหลายสภาพภูมิประเทศตามพื้นที่ต่างๆในแต่ละจังหวัดของประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนต่างๆหลายขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปได้จากข้อมูลมาตรฐานการวางแผนและออกแบบระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า ของ กฟภ. [11] ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการก่อสร้างระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

1) การวางแผนระบบสายส่ง

เมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้ารายใหญ่เกิดขึ้นหรือมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแห่งใหม่ทำให้ขีดความสามารถของระบบเดิมมีไม่เพียงพอ ทำให้ขาดความมั่นคง และเสถียรภาพ ในการจ่ายกระแสไฟฟ้า จึงต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยผู้ที่ทำหน้าที่ในการวางแผนระบบสายส่งต้องทำการวางแผน ออกแบบให้ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าสามารถส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าอย่างเพียงพอ และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟเป็นไปตามมาตรฐานของระบบไฟฟ้าที่ดี คือ ความถี่และแรงดันไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และมีความมั่นคง ที่สำคัญต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และการบำรุงรักษาให้มีราคาต่ำที่สุด มีความมั่นคงในการจ่ายไฟสูง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้น

ของระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าเดิมในโครงการนั้นๆ อาทิ แผนผังแนวระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า การเชื่อมโยงกับแนวระบบสายส่งใกล้เคียง สภาพพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศที่จะดำเนินงานโครงการ การพยากรณ์โหลดการใช้กระแสไฟฟ้า รายชื่อโครงการอยู่ในแผนงานประจำปี งบประมาณที่คาดการณ์ไว้ เป็นต้น แล้วทำการสรุปข้อมูล เพื่อพิจารณาให้เห็นว่ามีความจำเป็นและเหมาะสมให้ดำเนินโครงการ

2) การสำรวจ

หลังจากที่พิจารณาจากส่วนงานด้านวางแผนระบบสายส่งแล้วก็จะให้ผู้ปฏิบัติงานด้านการสำรวจ ออกไปสำรวจแนวระบบสายส่งเดิมที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟจากสายป้อน (Feeder) ใด หรือจากสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) และจะก่อสร้างระบบสายส่งบนเส้นทางไหนบ้าง ผ่านลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะผิวดินในลักษณะใดบ้างเพื่อที่จะทราบถึงข้อมูลสำหรับการปักเสาไฟฟ้า แล้วนำข้อมูลมาออกแบบผังการก่อสร้างระบบสายส่งและกำหนดจุดปักเสา โดยคำนึงถึงผลกระทบกับสิ่งปลูกสร้างหรือต้นไม้ให้น้อยที่สุด

3) การทำฐานราก

จะดำเนินการหลังจากการสำรวจความหนาแน่นของผิวดินว่ามีลักษณะผิวดินอ่อนหรือผิวดินแข็ง ซึ่งจะต้องทำการออกแบบให้มีการใช้เสาของระบบสายส่งที่มีความเหมาะสมกับสภาพผิวดินในพื้นที่ และลักษณะภูมิประเทศนั้น

4) การปักเสา

5) การประกอบอุปกรณ์ประกอบเสาและสายยึดโยง

6) การพาดสาย

ก่อนทำการพาดสายจะต้องทราบแนวการพาดสายก่อน เพื่อไม่ให้มีสิ่งปลูกสร้าง แนวต้นไม้ และสิ่งอื่นๆ กีดขวาง

7) การทดสอบระบบสายส่งก่อนทำการจ่ายกระแสไฟฟ้า

2.1.5.1 การแบ่งพื้นที่ในการวางแผนระบบไฟฟ้า

การแบ่งพื้นที่จะจำแนกตามความสำคัญของโหลดการใช้ไฟฟ้า [12] เพื่อกำหนดแนวทางการวางแผนและการลงทุนในแต่ละพื้นที่ที่มีความสำคัญแตกต่างกันดังนี้

- พื้นที่ 1 เป็นพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรม
- พื้นที่ 2 เป็นพื้นที่เทศบาลนคร พื้นที่เมืองธุรกิจ พื้นที่เมืองสำคัญและพื้นที่พิเศษ
- พื้นที่ 3 เป็นพื้นที่เมืองทั่วไป พื้นที่เทศบาลเมือง
- พื้นที่ 4 เป็นพื้นที่เทศบาลตำบล
- พื้นที่ 5 เป็นพื้นที่ชนบท

2.1.5.2 การวิเคราะห์ระบบสายส่ง

เพื่อให้สายส่งอยู่ในภาวะที่จ่ายไฟได้ตามมาตรฐานที่กำหนด (โหลดไม่เกินพิกัดที่สายยอมรับได้) การวิเคราะห์สายส่งจึงเป็นงานที่ต้องดำเนินการโดยต่อเนื่องและจริงจัง ดังนั้นผู้ที่ปฏิบัติงานด้านวางแผนระบบสายส่ง จึงจำเป็นต้องมีเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาตรวจสอบสายส่งเพื่อที่จะได้กำหนดมาตรการให้การจ่ายไฟได้ตามมาตรฐานที่กำหนดต่อไป

ข้อมูลที่ใช้ในการนำมาวิเคราะห์ระบบสายส่ง [12]

1) ข้อมูลของระบบสายส่งไฟฟ้า เป็นรูปแบบข้อมูลเป็นโครงสร้าง(Model) ของระบบไฟฟ้าสภาพปัจจุบันอยู่ ในรูปแบบ PSS/E หรือ PSS/Adept โดยโครงสร้างของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในการพิจารณาวางแผนระบบไฟฟ้า เนื่องจากปัจจัยที่ว่า การวางแผนระบบไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงในอนาคต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการจำลองรูปแบบของ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าแล้วดูถึงผลกระทบนั้นเป็นอย่างไร เกิดปัญหาขึ้นหรือไม่ ด้วยเหตุนี้ ความถูกต้อง ความสมบูรณ์ของโครงสร้างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

2) ข้อมูลพยากรณ์ในอนาคตจากแผนกพยากรณ์ กฟภ.ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนรองรับโหลดในอนาคต

3) ข้อมูลแผนงานสายส่งและสถานีไฟฟ้าเป็นข้อมูลของโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้น ใช้เป็นข้อมูลในการปรับสภาพของระบบไฟฟ้า เพื่อศึกษาและวางแผน แก้ไขปัญหาหรือผลกระทบที่มีกับระบบไฟฟ้า

4) ข้อมูลการตัดจ่ายระบบสายส่งในกรณีเกิดปัญหากับระบบ เป็นข้อมูลการปฏิบัติในกรณีเกิดปัญหากับระบบส่งไม่สามารถจ่ายไฟได้ แล้วมีวิธีปฏิบัติในการถ่ายเทโหลดอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในพิจารณาการวางแผนแก้ไขปัญหา

5) ข้อมูลสถานีไฟฟ้า ใช้เป็นข้อมูลพิจารณาการวางแผนการเลือกสถานีไฟฟ้าที่มีเสถียรภาพให้กับสายส่ง

6) ข้อมูลของสายส่ง ข้อมูลรายละเอียดของสายส่งช่วงต่าง ๆ ใช้ในการพิจารณาสภาวะของสายส่ง เพื่อหาปัญหาที่จะเกิดขึ้นและกำหนดแผนของระบบส่งต่อไป

7) ข้อมูลปัญหากระแสไฟฟ้าขัดข้องของระบบสายส่ง จากแผนกควบคุมการจ่ายไฟ ข้อมูลรายละเอียดของปัญหาที่ทำให้ระบบสายส่งจ่ายไฟไม่ได้ เพื่อใช้ในการพิจารณาเสถียรภาพของระบบ และรูปแบบของปัญหา

การกำหนดทางเลือกสำหรับการวางแผนสายส่ง

สิ่งต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการกำหนดทางเลือกสำหรับการวางแผนสายส่ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

- การวางแผนสายส่งให้สอดคล้องกับการแบ่งพื้นที่การจ่ายไฟของ กฟภ. 5 พื้นที่ คือพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม , พื้นที่เทศบาลนคร พื้นที่เทศบาลเมือง , พื้นที่เทศบาลตำบล , พื้นที่ชนบท
- เส้นทางที่ก่อสร้างสายส่งต้องมีความมั่นคงในการจ่ายไฟสูง (ปัญหาจากรถยนต์ชนเสา ,ปัญหาจากต้นไม้,หลีกเลี่ยงการก่อสร้างสายส่งผ่านชุมชนหนาแน่น)
- ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอน ควรจะเป็นตำแหน่งที่ง่ายต่อการเข้าปฏิบัติงาน และลดพื้นที่ไฟดับให้ น้อยที่สุด
- ออกแบบสายส่งแบบ Underground ในพื้นที่มีมลภาวะสูง และเขตพื้นที่พิเศษ เช่น พระตำหนัก, พื้นที่ที่มีระยะห่างของสายส่งไม่ได้มาตรฐานของ กฟภ.

การเลือกใช้โครงสร้างของเสาในการพาดสายส่ง

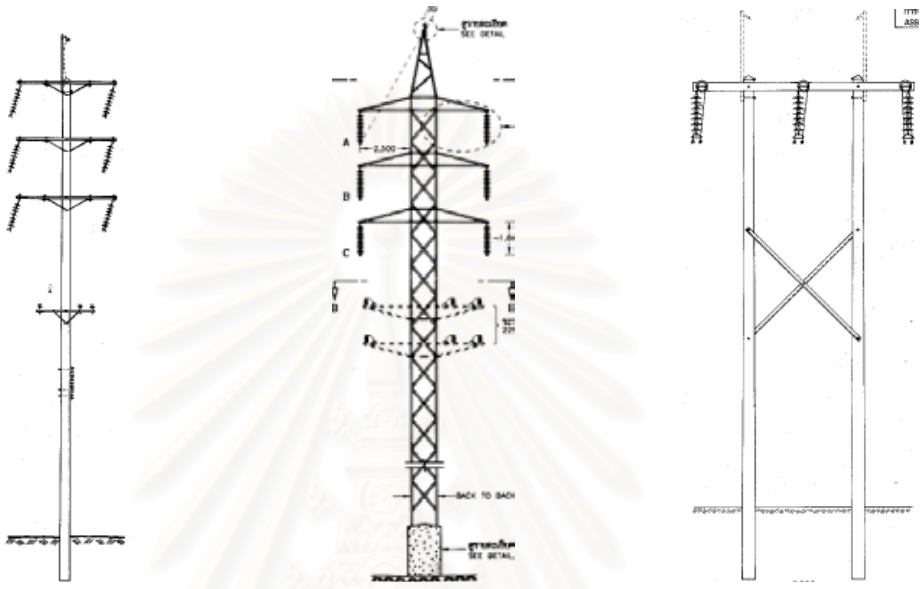
ในการเลือกชนิดของเสาในการปักไปตามแนวของโครงการที่จะทำการพาดสายระบบสายส่งนั้นโดยส่วนใหญ่ กฟภ.จะใช้โครงสร้างของเสา 3 ชนิด คือ เสาคอนกรีตอัดแรงขนาดความสูงของเสา 22 เมตร เสาคู่แบบ H-Frame และเสาโครงเหล็ก

ซึ่งในการเลือกชนิดของเสาต้องศึกษาถึงสภาพพื้นที่ภูมิประเทศนั้น รวมทั้งความสะดวกในการดำเนินงานของโครงการ [12] อาทิ การเข้าถึงได้ง่ายของเครื่องจักร การขนส่งอุปกรณ์ ง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา โดยแต่ละชนิดของเสาที่จะใช้ จะต้องศึกษาตามหลักเกณฑ์ที่สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

- เสาคอนกรีตอัดแรงขนาดความสูง 22 เมตร
    - ใช้สำหรับโครงการที่มีการปักเสาพาดสาย ผ่านพื้นที่ราบ พื้นที่ชุมชน และพื้นที่ที่มีต้นไม้ โดยระยะทางระหว่างเสาแต่ละต้นมีค่าห่างกันเท่ากันและไม่เกิน 80 เมตร
    - พื้นที่ที่มีน้ำขังแต่ลึกไม่เกิน 2 เมตร
    - พื้นที่ที่อยู่ห่างจากถนนสายหลักไม่เกิน 20 เมตร
    - ในกรณีที่ผ่านทางโค้งจะใช้เสาคอนกรีตอัดแรงชนิดเสาคู่

- เสาคู่แบบ H-Frame และเสาโครงเหล็ก
    - ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูง เป็นเหวลึก ซึ่งมีระยะห่างกันเกิน 80 เมตร

- พื้นที่ที่เสาคอนกรีตอัดแรงขนาด 22 เมตร ไม่สามารถขนส่งเข้าไปได้ เช่น ป่าไม้หนาแน่น
- พื้นที่ที่มีช่วงระยะห่างระหว่างเสาห่างกันเกิน 80 เมตร เช่น การปักเสาข้ามผ่านแม่น้ำหรือบึงขนาดใหญ่



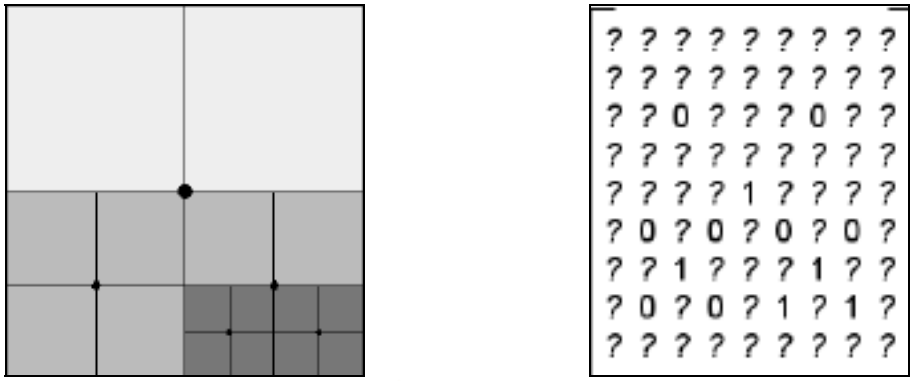
ก.เสาคอนกรีตอัดแรงขนาด 22 ม. ข.เสาโครงเหล็ก ค.เสาคู่แบบ H-Frame

รูปที่ 2.5 ชนิดของเสา [11]

2.1.6 Continuous Level of Detail (CLOD)

เป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการเรนเดอร์ข้อมูลค่าความสูง โดยจะมีความละเอียดของคุณภาพการแสดงผลที่แตกต่างกันตามระยะห่างของมุมมองการแสดงผลจากระดับการมองด้วยสายตาซึ่งอธิบายได้ว่า ข้อมูลที่อยู่ใกล้ระดับการมองด้วยสายตาของผู้ใช้มีความละเอียดมากกว่าบริเวณพื้นที่อื่นที่มีระยะห่างออกไป

CLOD นำหลักการของแผนภูมิของโครงสร้างต้นไม้ 4 โหนด (Quad Tree) ซึ่งสามารถนำมาแสดงให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ที่เรียกว่า Quadtree Matrix [13] ที่มีขนาด W x H โดย W คือความกว้างของขนาดข้อมูลและ H คือ ความสูง และในแต่ละโหนดของโครงสร้างต้นไม้จะเป็นค่าใดค่าหนึ่งในเมทริกซ์เช่นเดียวกัน โดยอาจจะกำหนดให้ว่าโหนดใบ (Leaf Node) มีค่าที่แทนด้วยศูนย์และส่วนโหนดแม่ (Parent Node) จะแทนด้วยค่าที่มากกว่าศูนย์ ดังรูปที่ 2.6

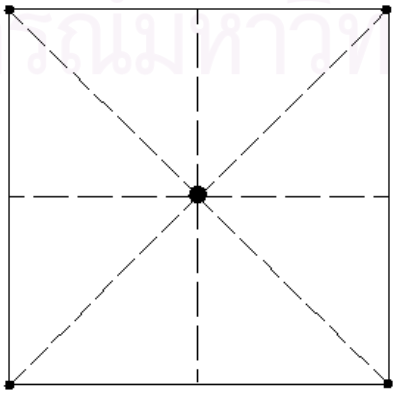


รูปที่ 2.6 แสดง Quadtree Matrix [13]

เพื่อให้ระดับแสดงภาพ (Level of Detail: LOD) ทำงานต่อไป การแสดงต้นไม้ 4 โหนดของข้อมูลภูมิประเทศ (Terrain) จะต้องถูกสร้างทุกครั้งในแต่ละเฟรม ทั้งนี้เพื่อจะให้แน่ใจว่าเมื่อกล้องเคลื่อนไปยังฉากนั้น ข้อมูลภูมิประเทศนั้นจะถูกสร้างต้นไม้ 4 โหนดต่อไปเพื่อแสดงข้อมูลในตำแหน่งนั้น การคำนวณค่าในเมทริกซ์จะเกี่ยวพันกับการสืบทอดของโครงสร้างต้นไม้ต่อไป และจะสร้างขึ้นในแต่ละโหนด ถ้าโหนดอยู่ในระดับแสดงภาพที่ถูกต้องหรือถ้าโหนดนั้นเป็นโหนดลูกโดยกระบวนการของขั้นตอนวิธีการเรียกซ้ำ (Recursive Algorithm)

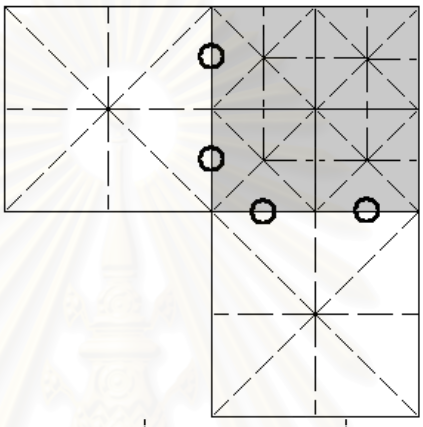
ส่วนที่สำคัญคือ การเลือกว่าระดับแสดงภาพที่ถูกต้องควรจะเป็นตำแหน่งของโหนดไหน หลักการง่ายๆ คือ การเรนเดอร์โหนดในส่วนของข้อมูลภูมิประเทศในระดับแสดงภาพที่สูงกว่าเมื่อกล้องเข้าไปใกล้ๆ ในตำแหน่งนั้นและระดับแสดงภาพในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อกล้องไกลออกไปจากตำแหน่งนั้น

ขณะที่สร้างต้นไม้ 4 โหนด การเรนเดอร์ก็จะทำต่อไป โดยต้นไม้ก็จะถูกเยี่ยมตามการสืบทอดทำให้ขั้นตอนวิธีนี้มีระบบการทำงาน 2 อย่างในแต่ละเฟรม ที่แต่ละโหนดของการเรียกซ้ำค่าในเมทริกซ์ของโหนดลูกจะถูกตรวจเพื่อสิ้นสุดถ้าในกรณีโหนดนี้คือ โหนดใบหรือโหนดพ่อแม่โหนดใบทั้งหมดจะถูกวาดโดยหลักการของรูปสามเหลี่ยมแผ่ขยายไปตามโหนดดังแสดงในรูปที่ 2.7



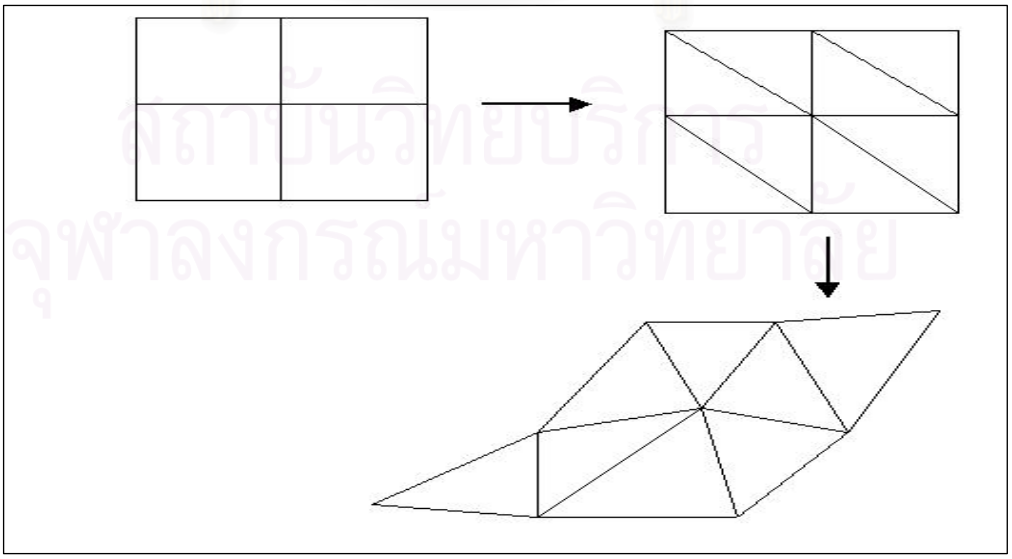
รูปที่ 2.7 การเรนเดอร์ต้นไม้ 4 โหนดโดยการวาดสามเหลี่ยม

อย่างไรก็ตามสามเหลี่ยมทั้งหมดจะไม่ถูกวาดเหมือนอย่างในรูปที่ 2.7 สิ่งสำคัญในการพิจารณาคือ ข้อมูลภูมิประเทศสุดท้ายควรจะสมบูรณ์ไม่มีรอยแยก นั่นเป็นเหตุผลว่าทำไม CLOD จึงต้องแน่ใจในความแตกต่างของระดับแสดงภาพของ 2 โหนดที่ติดกันในระดับแสดงภาพที่เท่ากันหรือต่ำกว่า สำหรับการพิจารณาขณะที่ทำการวาดสามเหลี่ยมในโหนดใบ โหนดใกล้เคียง (Neighboring Node) จะถูกตรวจสอบต่อและจะหยุดทำ ถ้าโหนดเหล่านี้อยู่ในระดับแสดงภาพที่ต่ำกว่า ดังนั้น จุดกึ่งกลางของเส้นขอบที่ติดกันของโหนดใกล้เคียงจะถูกหลีกเลี่ยงไป ดังในรูปที่ 2.8 วงกลมสีดำแสดงถึงจุดที่ถูกหลีกเลี่ยง



รูปที่ 2.8 การเรนเดอร์โหนดที่ระดับแสดงภาพที่แตกต่างกัน [14]

ขั้นตอนสำหรับการแสดงผลข้อมูลลักษณะของภาพ 3 มิติสำหรับข้อมูลที่มีค่าความสูงสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.9 โดยบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงทางความสูงมาก เช่น ภูเขา ก็จะมีรูปสามเหลี่ยมมาก ถ้าเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงทางความสูงน้อยเช่น บริเวณพื้นราบ ก็จะมีรูปสามเหลี่ยมน้อย



รูปที่ 2.9 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติจากสามเหลี่ยม

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธี CLOD สำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ สำหรับข้อมูล DEM นั้น มีหลักการในการทำงานที่ไม่ซับซ้อนและยุ่งยาก ทั้งยังสามารถสร้างภาพกราฟิก 3 มิติได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดของข้อมูลที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล DEM ที่มีขนาดใหญ่ในการนำมาสร้างภาพกราฟิก 3 มิติ เมื่อเทียบกับขั้นตอนวิธี ROAM (ROAM Algorithms) ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีในการสร้างภาพกราฟิก 3 มิติสำหรับการแสดงผลข้อมูล DEM ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ แต่ขั้นตอนวิธี ROAM มีกระบวนการทำงานโดยใช้หลักการของการสร้างตาข่าย (Mesh) ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยากกว่าขั้นตอนวิธี CLOD [14]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 An Algorithms for the Visualization of a Terrain with Object (1997)โดย Flavio Szenberg, Marcelo Gattass และ Paulo Cezar Carvalho [15]

งานวิจัยนี้ได้บอกวิธีการแสดงผลข้อมูลลักษณะภูมิประเทศและข้อมูลวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ โดยเน้นหลักการสำคัญคือ ในการแสดงผลของข้อมูลนั้น ต้องมีประสิทธิภาพ และรวดเร็ว ซึ่งได้ใช้ขั้นตอนวิธีที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่จำแนกกัน คือ ขั้นตอนวิธี Ray Casting ที่เรียกว่า Floating Horizon Algorithm สำหรับการแสดงผลลักษณะภูมิประเทศ โดยการนำข้อมูลแผนที่ที่มีค่าความสูงมาทำการเรนเดอร์ตามจุดสีซึ่งแสดงถึงค่าความสูงและลักษณะพื้นที่ของข้อมูล ด้วยหลักการของการมองภาพจากสายตาในแต่ละตำแหน่งแล้วทำการเรนเดอร์ไปแต่ละตำแหน่งนั้นๆ และขั้นตอนวิธีที่เรียกว่า Z-Buffer สำหรับการแสดงผลข้อมูลวัตถุ 3 มิติ ผลที่ได้คือ จะทำให้ได้การแสดงผลของข้อมูลทั้ง 2 ประเภท ที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และมีความถูกต้องตรงกับสภาพจริง นอกจากนั้นขั้นตอนวิธีนี้ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อหลักการทำงานของการแสดงผลข้อมูลภูมิประเทศแต่ก็ยังมีบางการทำงานที่มีประสิทธิภาพต่ำทำให้ต้องมาคิดวิธีการสร้างข้อมูลแบบ 3 มิติ ที่ดีกว่าการใช้ Z-Buffer ผู้วิจัยได้นำหลักการนี้มาใช้ในงานวิจัยในด้านการแสดงผลข้อมูลวัตถุ 3 มิติ บนระนาบของข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

2.2.2 3D Visualization and Query tool for 3D City Model (2004) โดย R. Dogan, S. Dogan และ M.O. Altan [16]

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถแสดงและเรียกค้นข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้โครงสร้างฐานข้อมูลแบบความสัมพันธ์ (Relational Database) และทำการจัดเรียงข้อมูลในลักษณะของชั้นข้อมูล โดยแต่ละชั้นข้อมูลจะมีโครงสร้างตารางข้อมูล

(Attribute Table) ของชั้นข้อมูลนั้น เป็นผลให้สามารถเรียกค้นและแสดงผลข้อมูลทั้งข้อมูลภาพกราฟิกและข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆได้

2.2.3 3D Geographic Reconstruction and Visualization Techniques Applied to Land Resource Management (2003) โดย S. Grunwald และ P. Barak [17]

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองการนำเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบ 3 มิติ มาประยุกต์กับการจัดการทรัพยากรดิน บนมาตรฐานของแผนที่ฐาน 2 มิติ และทำการสร้างพื้นผิวของข้อมูลชั้นหน้าดินด้วยการสร้างข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติ ขึ้นมา ด้วยวิธีการจัดเตรียมข้อมูลจากโปรแกรมประยุกต์ แล้วทำการเรนเดอร์ข้อมูลด้วยเครื่องมือที่พัฒนาโดยภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (VRML) ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลชั้นผิวดินได้อย่างชัดเจน มีประโยชน์ในด้านการวางแผนและการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักแนวคิดของการจัดเตรียมระบบและเครื่องมือที่ต้องใช้ในกระบวนการต่างๆ ในการสร้างข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบ 3 มิติ

2.2.4 Virtual GIS: A Real-Time 3D Geographic Information System (1995) โดย D. Koller, P.Lindstrom, W. Ribarsky, L.F. Hodges, N. Faust และ G. Turner. [18]

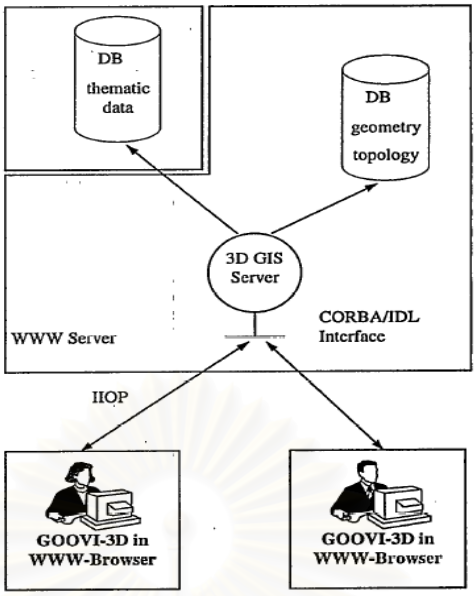
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ที่สามารถแสดงและเข้าถึงฐานข้อมูลของข้อมูลลักษณะภูมิประเทศได้ (Terrain) โดยข้อมูลนี้จะประกอบด้วยข้อมูลชั้นความสูงและข้อมูลประกอบอื่น ๆ ที่เป็นข้อมูลชนิดรูปภาพแบบราสเตอร์ซ้อนทับกันอยู่เช่น ข้อมูลถนน แหล่งน้ำ อาคาร เป็นต้น ซึ่งจะทำให้มีการแสดงผลของข้อมูลได้อย่างครบถ้วน ซึ่งจะสามารถทำการเลือกหรือไม่เลือกแสดงผลข้อมูลนั้นออกมาได้ ระบบนี้ถูกพัฒนาด้วยชุดเครื่องมือ Simple Virtual Environment (SVE) ซึ่งสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์โดยสามารถทำการเรนเดอร์ข้อมูลภูมิประเทศได้ 15 เฟรมต่อ 1 วินาที โดยไม่สนใจข้อมูลส่วนที่อยู่นอกขอบเขตการแสดงผล ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถทำการเลื่อน การหมุน การย่อ ขยาย ของการแสดงผลบนหน้าจอ อีกทั้งยังสามารถทำการค้นหาและเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ และผู้ใช้สามารถกำหนดและสร้างรูปแบบการเคลื่อนที่ของการแสดงผลบนหน้าจอตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำมาเป็นต้นแบบในการแสดงผลข้อมูลลักษณะภูมิประเทศในรูปแบบ 3 มิติ

2.2.5 Using VRML as an Interface to the 3D Data Warehouse (1998) โดย V. Coors และ V. Jung. [19]

งานวิจัยนี้ทำการสร้างระบบที่เรียกว่า GOOVI-3D ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 3 มิติซึ่งเป็นฐานข้อมูลขนาดค่อนข้างใหญ่ เพราะต้องรวมเอาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลได้อย่างครบถ้วน โดยผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้จึงสามารถปฏิสัมพันธ์กับวัตถุและฐานข้อมูล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบนี้ถูกพัฒนามาจากภาษาจาวาโดยใช้ CORBA และภาษาโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง(VRML) เป็นผลให้งานวิจัยนี้ถูกนำไปใช้สำหรับการสร้างโปรแกรมประยุกต์ในด้านการจัดการผังเมือง และผู้วิจัยได้นำมาเป็นต้นแบบในการพัฒนาในเรื่องของการติดต่อเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลของวัตถุ 3 มิติ ผ่านทางเว็บบราวเซอร์

2.2.6 Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields (1998) โดย S. Röttger, W. Heidrich, P. Slusallek และ H.P. Seide [20]

งานวิจัยนี้ได้ทำคิดค้นขั้นตอนวิธีในการแสดงผลข้อมูลค่าความสูง (Height Field Data) ด้วยขั้นตอนวิธีที่มีชื่อว่า “Continuous Level of Detail” ซึ่งจะสามารถทำการแสดงผลข้อมูลค่าความสูงให้อยู่ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ โดยจะมีความแตกต่างกันในแต่ละระดับการแสดงผล นั่นคือ ตำแหน่งของมุมมองที่ใกล้จะให้ความละเอียดในการการแสดงผล มากกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไปตามระยะทาง ขั้นตอนวิธีนี้ได้นำหลักการของต้นไม้สี่โหนด (Quad Tree) มาประยุกต์ใช้ ในหลักการดังกล่าวสามารถแสดงได้ในรูปแบบเมทริกซ์ที่มีขนาด $2^n + 1 \times 2^n + 1$ ในแต่ละช่องของเมทริกซ์จะเก็บค่าในค่าหนึ่งเอาไว้ เนื่องจากว่าเป็นการแสดงผลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะทางของมุมมองอย่างราบรื่นนี้ จึงทำให้ได้คุณภาพของการแสดงผลที่ดี อย่างไรก็ตามก็ยังพบข้อบกพร่องจากการเคลื่อนที่ของมุมมองการแสดงผลตามระยะทาง การเรนเดอร์ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงทำให้เกิดความผิดพลาดของคุณภาพข้อมูลที่เรียกว่า “Vertex Popping” ผู้วิจัยได้นำวิธีการของงานวิจัยนี้มาใช้ในการพัฒนากระบวนการปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขให้อยู่ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ



รูปที่ 2.10 ระบบ GOOVI-3D [19]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงถึงค่าความสูงของพื้นที่ใดๆ ให้แสดงผลข้อมูลในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ เพื่อให้ผู้ใช้ได้เห็นลักษณะภูมิประเทศหรือลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ได้อย่างชัดเจนเสมือนจริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

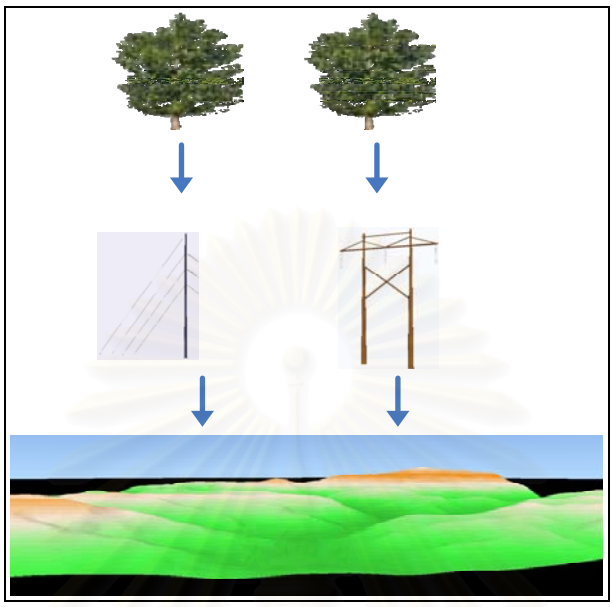
ในงานวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาคือ งานด้านการวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวกับเส้นทางและตำแหน่งของการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ทำการสำรวจ รวบรวม และจัดเก็บ เพื่อใช้สำหรับสนับสนุนงานด้านต่างๆ ได้แก่ งานด้านการวางแผน งานด้านการวิเคราะห์ งานด้านการบำรุงรักษา เป็นต้น ปัจจุบันข้อมูลดังกล่าวนี้ สามารถทำการแสดงผลให้ในรูปแบบภาพกราฟิก 2 มิติ โดยผ่านทางโปรแกรมประยุกต์เท่านั้น เป็นผลให้ไม่สามารถตอบสนองงานในด้านต่างๆที่ต้องอาศัยข้อมูลเพื่อแสดงลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ใดๆ เพื่อประกอบการพิจารณา การตัดสินใจ อาทิเช่น งานทางด้านวางแผนวิเคราะห์ และปรับปรุงระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ (Application) ที่ผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ พร้อมด้วยข้อมูลสภาพพื้นที่และข้อมูลกรณีศึกษาคือ ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถได้รับทราบข้อมูลต่างๆเหล่านี้ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ที่ชัดเจนและเสมือนจริง พร้อมทั้งช่วยสนับสนุนงานทางด้านการวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ และสามารถนำข้อมูลไปแสดงผลผ่านทางระบบเครือข่ายด้วยมาตรฐานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง

3.1 การวิเคราะห์ระบบ

การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขนั้น จะทำการแสดงผลในลักษณะของระดับชั้นข้อมูล (Data Layer) วางซ้อนทับกันในแต่ละชั้นข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยระดับชั้นข้อมูลหลักคือ ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข และระดับชั้นข้อมูลอื่นๆ ได้แก่

ระดับชั้นข้อมูลแผนที่ฐาน และระดับชั้นข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การแสดงผลข้อมูลด้วยระดับชั้นข้อมูลของระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ

จากรูปที่ 3.1 การแสดงผลของระดับชั้นข้อมูลของระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขนั้น จะประกอบไปด้วยระดับชั้นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนการแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ดังต่อไปนี้

- ระดับชั้นข้อมูลหลักของระบบ คือ ระดับชั้นข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขที่ทำการปรับแต่งให้มีการแสดงผลในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ
- ระดับชั้นข้อมูลสำหรับกรณีศึกษา คือ ระดับชั้นข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ที่ทำการปรับแต่งให้เป็นข้อมูลที่แสดงผลในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ โดยการแทนที่ด้วยสัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ
- ระดับชั้นข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้แก่ ระดับชั้นข้อมูลพื้นที่ฐาน ซึ่งเป็นระดับชั้นที่แสดงข้อมูลบนพื้นผิวของลักษณะภูมิประเทศ เพื่อบ่งบอกลักษณะขอบเขตพื้นที่นั้นๆว่าเป็นพื้นที่ในลักษณะใด โดยจะทำการแสดงผลประเภทของแต่ละข้อมูลที่ต่างๆกันด้วยสัญลักษณ์ 3 มิติที่ได้กำหนดเอาไว้ เช่นเดียวกันกับการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

นอกจากนี้ระบบฯสามารถนำเสนอข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Data) ที่มีความสัมพันธ์กันกับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ และสามารถจัดเตรียมข้อมูลที่ต้องการ ด้วยมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง เพื่อนำไปเสนอด้วยเว็บบราวเซอร์ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

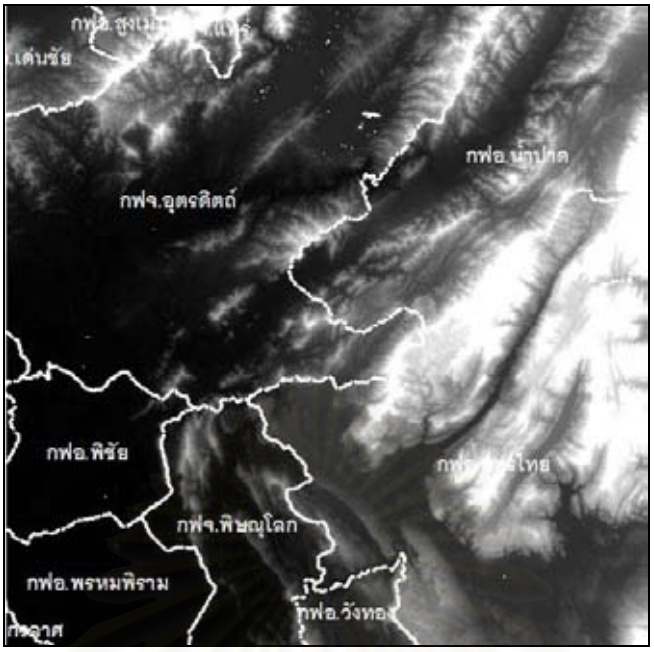
ส่วนการทำงานหลักต่างๆ ของระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์นี้ประกอบไปส่วนต่างๆ ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูล การปรับเปลี่ยนการแสดงผลแบบ 3 มิติ การแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ ส่วนของการจัดการข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ และการบันทึกการแสดงผลในรูปแบบโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง

3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูล

สำหรับระดับชั้นข้อมูลในการแสดงผลของระบบ ฯ จะต้องทำการจัดเตรียมข้อมูลในแต่ละระดับชั้นข้อมูลเพื่อนำมาทำการปรับเปลี่ยนการแสดงผลจากรูปแบบภาพกราฟิก 2 มิติ เป็นรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ซึ่งมีข้อมูลต่างๆที่ทำการจัดเตรียมดังต่อไปนี้

3.1.1.1 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM)

ข้อมูล DEM เป็นข้อมูลหลักสำหรับการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลหลักของระบบ ฯ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูล DEM จากการรวบรวมและจัดทำโดย NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) [21] ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งในองค์การบริหารการบินและอวกาศ จากประเทศสหรัฐอเมริกา (NASA) ทั้งนี้ข้อมูล DEM ในพื้นที่ประเทศไทยอยู่ในรูปแบบมาตรฐานระดับที่หนึ่ง (Level 1: 3 arc second) ซึ่งมีรายละเอียดคือ มาตราส่วน 1:250,000 ระยะห่างระหว่างจุดความสูงประมาณ 90 เมตร ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ข้อมูลนามสกุล “HGT” สามารถนำมาแสดงผลโดยโปรแกรม ArcGis 8.03 [22] ด้วยวิธีการระบายสีตามช่วงชั้นความสูง ทำให้เห็นลักษณะความแตกต่างกันของค่าความสูงในแต่ละพื้นที่ได้อย่างชัดเจน โดยพื้นที่ของการแสดงผลของข้อมูล DEM นี้จะอยู่ในช่วงระดับเส้นพิกัดองศาทิศเหนือและเส้นพิกัดองศาทิศตะวันออก ตามการจัดเก็บและรวบรวมของหน่วยงานดังกล่าว จึงทำให้ข้อมูล DEM ดังกล่าวมีพื้นที่ในการแสดงผลที่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ตัวอย่างเช่น ข้อมูล DEM พื้นที่ 17 องศาเหนือ 100 องศาตะวันออก (N17 E100) ซึ่งครอบคุลมพื้นที่ของจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดอุตรดิตถ์บางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เป็นต้น



รูปที่ 3.2 ข้อมูล DEM ที่ทำการระบายสีตามช่วงชั้นความสูง ในพื้นที่ N17 E100

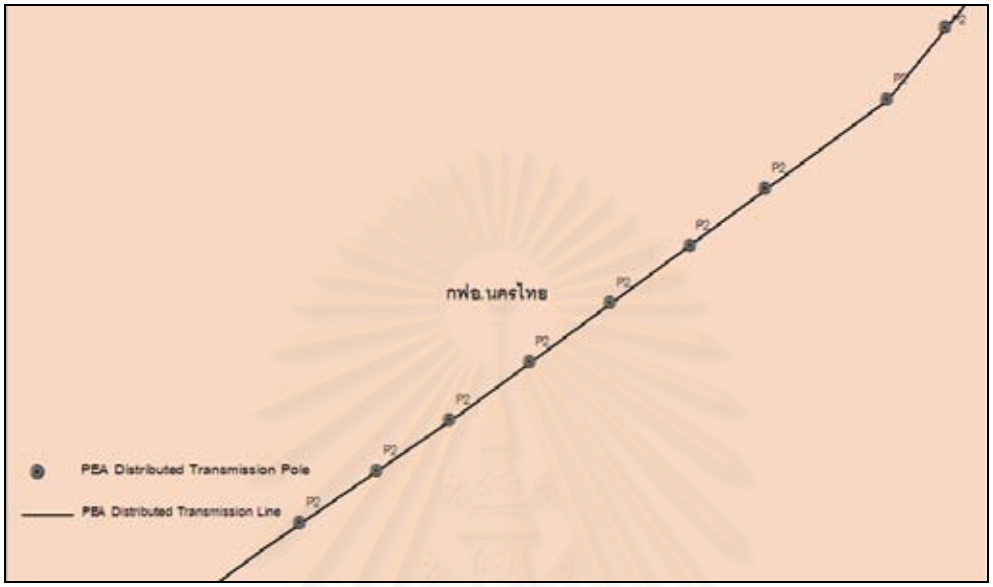
3.1.1.2 **ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์**

ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ เป็นข้อมูลกรณีศึกษาในระดับชั้นข้อมูลถัดจากระดับชั้นข้อมูล DEM ซึ่งเป็นระดับชั้นข้อมูลหลักของระบบ ฯ ทั้งนี้ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ เป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่ กฟภ.ได้ทำการสำรวจ จัดเก็บ และนำเข้าข้อมูล เพื่อนำไปใช้สนับสนุนในงานทางด้านต่างๆ อาทิ งานปรับปรุง ก่อสร้าง และบำรุงรักษา, งานพัฒนาระบบไฟฟ้า, งานทางด้านวางแผนระบบไฟฟ้า เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในลักษณะของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Database) [23] โดยสามารถทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเชพไฟล์ได้ และสามารถนำมาแสดงผลข้อมูลโดยโปรแกรม Arcveiw 3.3 [24] ซึ่งทำการกำหนดสัญลักษณ์ของการแสดงผลข้อมูลตามชนิดของข้อมูลที่ได้จัดเก็บในตารางฐานข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

สำหรับการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ สามารถแบ่งลักษณะของข้อมูลได้หลักๆ 2 ประเภท คือ

ข้อมูลเสาไฟฟ้า เป็นข้อมูลที่ทำการจัดเก็บตำแหน่ง และชนิดของเสาไฟฟ้าที่ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ทำการพาดผ่าน แสดงด้วยสัญลักษณ์ในรูปที่ 3.3 ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ที่แทนด้วยข้อมูลแบบจุด และสัญลักษณ์ข้อความที่แสดงข้อมูลคุณลักษณะ เช่น P2 เป็นต้น

ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า เป็นข้อมูลที่แสดงถึงเส้นทางการพาดผ่านของระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ [25] โดยสามารถแสดงสัญลักษณ์ด้วยลักษณะของเส้นทางเชื่อมต่อกันในรูปที่ 3.3



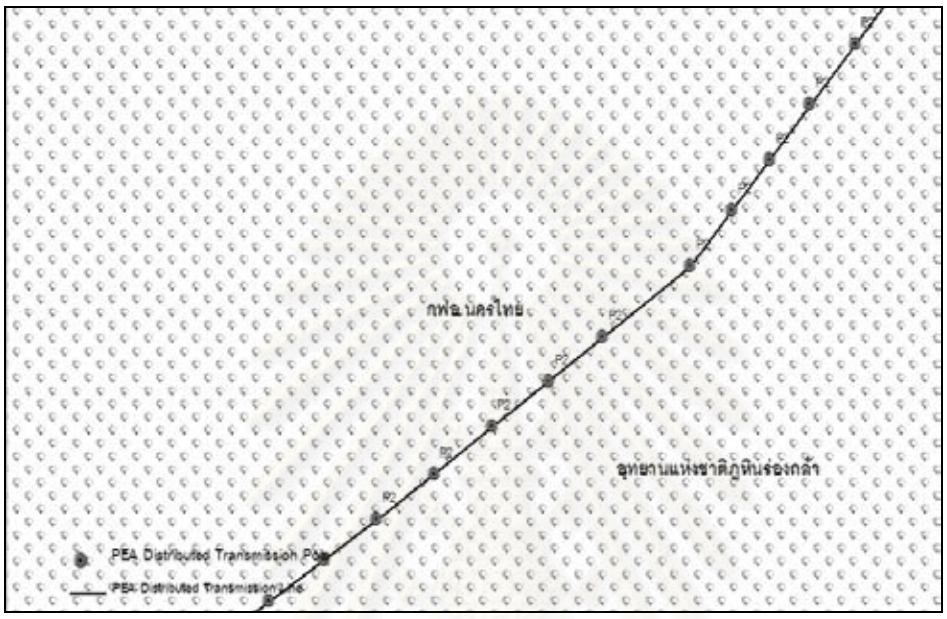
รูปที่ 3.3 ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

3.1.1.3 **ข้อมูลแผนที่ฐาน** (Land Based Data)

ข้อมูลแผนที่ฐานเป็นข้อมูลประกอบในการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลของระบบ ฯ ซึ่งข้อมูลพื้นที่ฐานมีมากมายหลากหลายประเภท ในการเลือกใช้ข้อมูลประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ในการนำไปประกอบการเรียกดูข้อมูล อาทิเช่น ลักษณะของงานด้านการพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยต่ออุทกภัยก็จำเป็นต้องนำพื้นที่ฐานที่แสดงถึงลักษณะความสูงต่ำของพื้นที่ หรืองานด้านการปกครอง ก็จะต้องนำข้อมูลพื้นที่ฐานที่แสดงถึงขอบเขตการปกครองของพื้นที่นั้นๆ เป็นต้น [26] ดังนั้นข้อมูลแผนที่ฐานที่จะนำมาแสดงผลร่วมกันกับข้อมูล DEM ในกรณีศึกษาของงานด้านการวางแผนระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ก็จะเป็นข้อมูลที่สามารถแสดงถึงลักษณะภูมิประเทศทั้งทางด้านความสูงและลักษณะทางกายภาพหรือการใช้งานของพื้นที่ใดๆ เพื่อให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ในการแสดงผลข้อมูล สามารถนำมาประกอบการวางแผนและตัดสินใจในการงานโครงการที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลแผนที่ฐานในรูปแบบเชพไฟล์ที่ได้จากการรวบรวมและจัดเก็บจาก กฟภ. ซึ่งได้ทำการจัดเก็บและจัดหาจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมผังเมือง เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถแสดงผลข้อมูลโดยโปรแกรมประยุกต์ Arcview 3.3 ซึ่งสามารถแสดงชนิดของข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ตามลักษณะของข้อมูลที่ได้จัดเก็บในตาราง

ฐานข้อมูล จากรูปที่ 3.4 เป็นตัวอย่างของข้อมูลพื้นที่ฐานที่แสดงพื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก [25] แสดงด้วยสัญลักษณ์ที่แสดงถึงบริเวณพื้นที่ป่าไม้ และมีระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ทำการพาดผ่านในพื้นที่ดังกล่าว โดยแสดงด้วยสัญลักษณ์ตามชนิดของข้อมูลดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.1.2



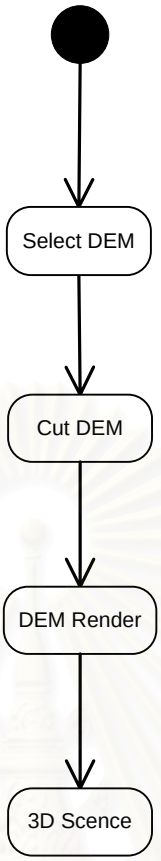
รูปที่ 3.4 ข้อมูลแผนที่ฐาน

3.1.2 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ

การทำงานในส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลจากรูปแบบข้อมูลภาพกราฟิก 2 มิติ เป็นข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิตินั้น จะเรียงลำดับการทำงานโดยเริ่มต้นจากข้อมูล DEM เพื่อสร้างส่วนการแสดงผลภาพกราฟิก 3 มิติ ในระดับชั้นข้อมูลหลัก หลังจากนั้นจึงจะทำการปรับเปลี่ยนการแสดงผลของข้อมูลอื่นๆ เพื่อสร้างการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลถัดไป

3.1.2.1 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

ส่วนนี้จะนำข้อมูล DEM ที่ได้จัดเตรียมเอาไว้สำหรับงานวิจัยนี้ มาเข้ากระบวนการในการปรับเปลี่ยนการแสดงผลเพื่อให้สามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ในการแสดงผลระดับชั้นข้อมูลหลัก ซึ่งจะมีลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กระบวนการการปรับแต่งข้อมูล DEM ให้อยู่ในรูปภาพการฟิก 3 มิติ

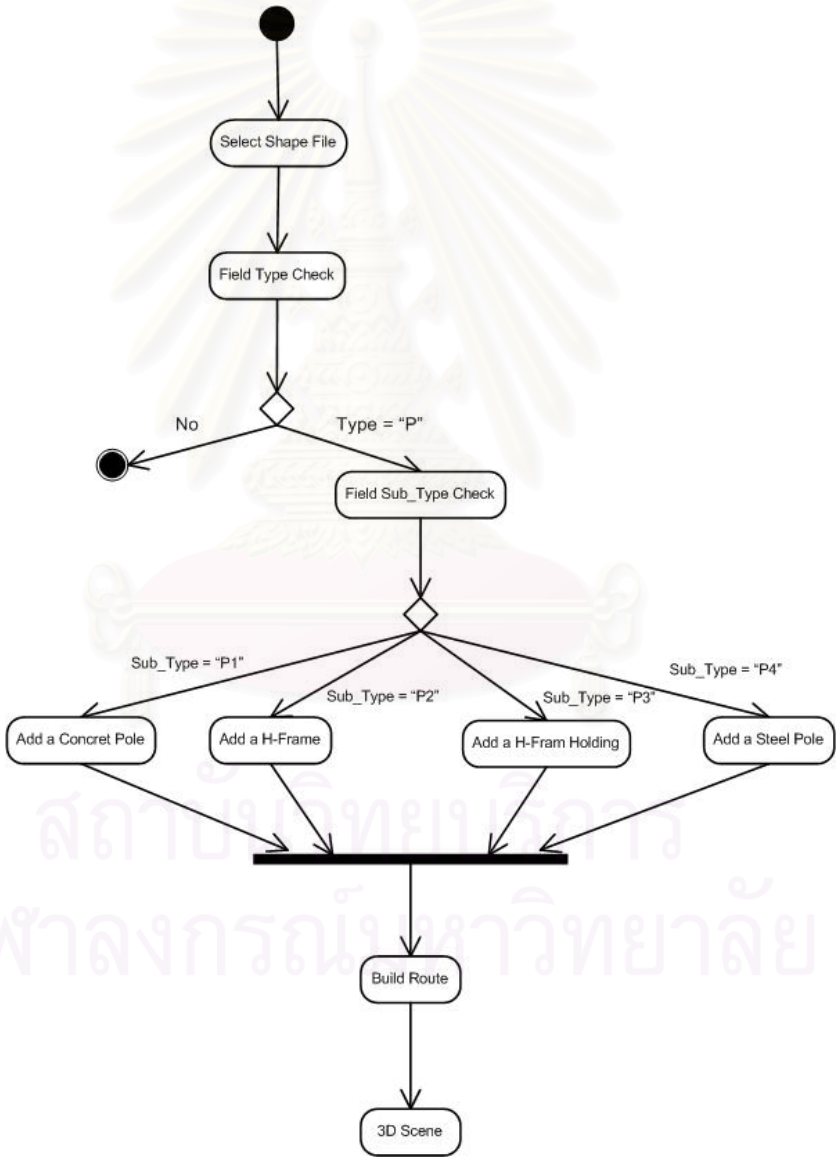
จากรูปที่ 3.5 เริ่มต้นด้วยกระบวนการ “Select DEM” เป็นกระบวนการในการคัดเลือกข้อมูล DEM ที่ต้องการนำมาปรับเปลี่ยนการแสดงผล เนื่องจากข้อมูล DEM ที่มีอยู่มีลักษณะข้อมูลที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผล ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการตัดเฉพาะส่วนของบริเวณพื้นที่เฉพาะที่สนใจในกระบวนการ “ Cut DEM” จะทำให้ได้ขนาดของข้อมูล DEM ที่มีขนาดเล็กลง ทำให้การเรนเดอร์เป็นไปอย่างรวดเร็ว [27] โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่มีชื่อว่า “DEMEdit” [28] ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ประเภทฟรีแวร์สำหรับการจัดการข้อมูล DEM หลังจากกระบวนการนี้จะได้โครงสร้างข้อมูลของ DEM ในรูปแบบนามสกุล “ BT ” [29] ซึ่งโครงสร้างของไฟล์ข้อมูลลักษณะนี้จะมีข้อดี คือ ได้ขนาดของข้อมูล DEM ที่มีขนาดเล็กไม่ทำให้เปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บ

หลังจากผ่านกระบวนการคัดเลือกและตัดข้อมูลของ DEM ในบริเวณที่สนใจแล้ว จะนำข้อมูล DEM มาทำการปรับแต่งการแสดงผลให้อยู่ในรูปของภาพกราฟิก 3 มิติ ในกระบวนการ “DEM Render” โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีชื่อว่า “Continuous Level of Detail: CLOD” ซึ่งใช้หลักการของต้นไม้ 4 โหนด (Quad Tree) ซึ่งมีประสิทธิภาพที่รวดเร็วและมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการสร้างภาพกราฟิก 3 มิติ พร้อมกันนี้จะทำการใส่ค่าสี (Texture) เพื่อแสดงระดับค่า

ความสูงตามค่าของสีที่ได้กำหนดเอาไว้ ขณะเดียวกันจะมีการกำหนดระบบพิกัดการแสดงผลของแผนที่ (Map Projection) เพื่อให้การแสดงผลของ DEM ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ มีการแสดงผลที่ตรงตามตำแหน่งพิกัดจริงบนพื้นโลก ซึ่งระบบพิกัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ระบบพิกัด WGS (World Geodetic System)

3.1.2.2 การปรับแต่งการแสดงผลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

ในการปรับแต่งการแสดงผลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลประเภทเชพไฟล์ มีกระบวนการขั้นตอนดังแสดงในรูปรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กระบวนการการปรับเปลี่ยนการแสดงผลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

จากรูปที่ 3.6 เริ่มต้นด้วยกระบวนการ “ Select Shape File “ เพื่อทำการเลือกข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่ต้องการนำมาแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลต่อไปจากระดับชั้นข้อมูลของ DEM ที่แสดงผลแบบ 3 มิติ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเข้าสู่กระบวนการอ่านรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลที่จัดเก็บเอาไว้ในโครงสร้างข้อมูลของเชพไฟล์ โดยกระบวนการ “ Field Type Check” เพื่อตรวจสอบว่าในแต่ละฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลได้จัดเก็บค่าข้อมูลที่บอกถึงชนิดและประเภทของข้อมูลแบบใด ถ้าพบว่าค่าในฟิลด์นั้นจัดเก็บข้อมูลเป็นชนิดข้อมูลของเสาไฟฟ้า ก็จะทำการตรวจสอบว่าเป็นเสาไฟฟ้าชนิดใดในกระบวนการ “ Field Sub_Type Check “ หลังจากนั้นจะทำการวางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ที่แสดงข้อมูลของชนิดหรือประเภทของเสาไฟฟ้าตามค่าของข้อมูลในฟิลด์ข้อมูลบนตำแหน่งค่าความสูงที่ได้จากข้อมูล DEM ด้วยตำแหน่งพิกัดของค่าข้อมูลในแต่ละฟิลด์ โดยการกำหนดการแสดงผลสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ที่แสดงประเภทของเสาไฟฟ้าตามข้อมูลที่ได้จัดเก็บเอาไว้ในตารางฐานข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าข้อมูลเพื่อแสดงโมเดล 3 มิติ ของชนิดของเสาไฟฟ้า

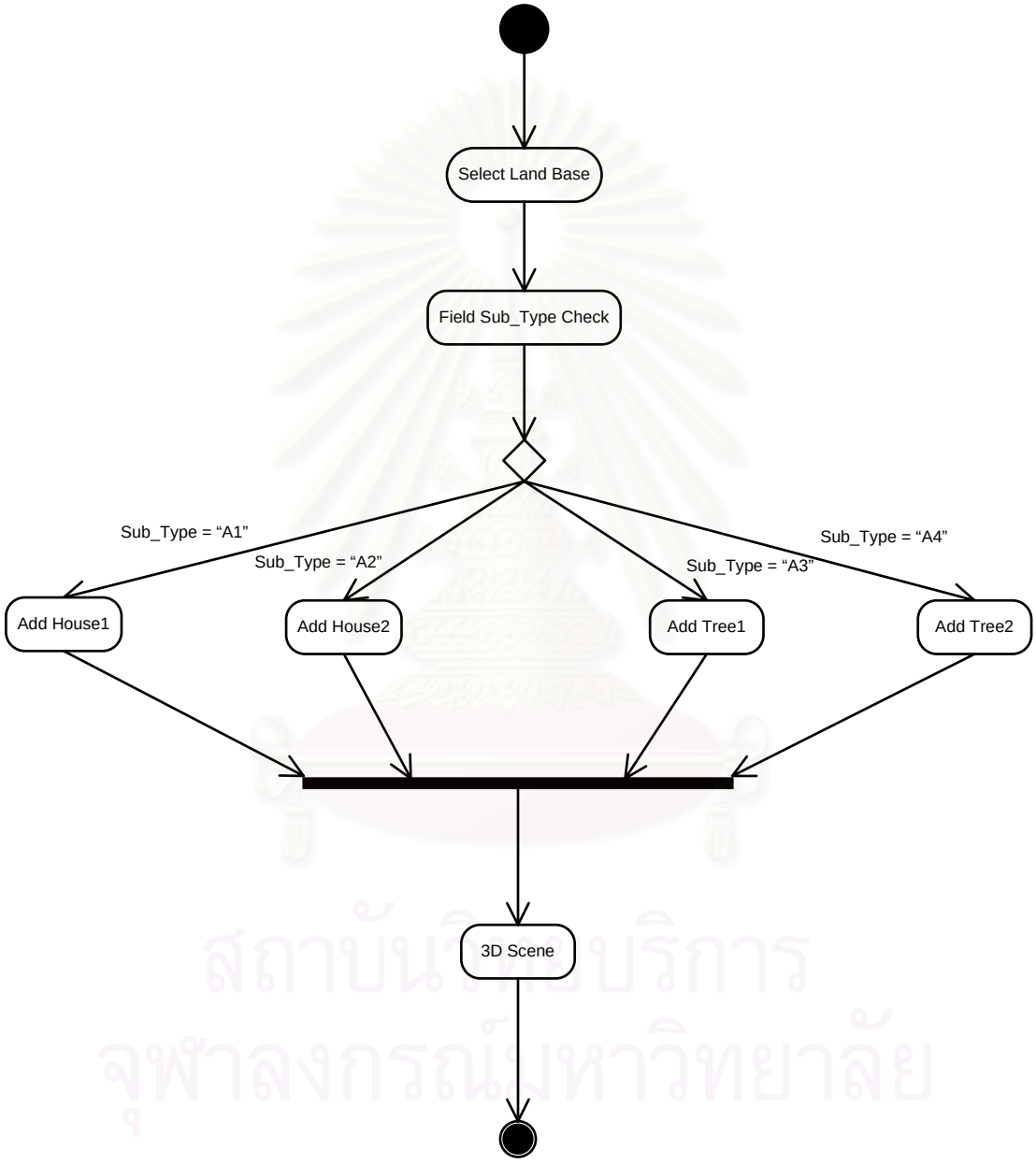
ค่าในฟิลด์	**ประเภทของเสาไฟฟ้า**
P1	เสาคอนกรีต
P2	เสาคู่แบบ H -Frame
P3	เสาคู่แบบ H-Frame มีสายยึดโยง
P4	เสาโครงเหล็ก

เมื่อพบว่าค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลเป็น “P1, P2, P3, P4” ก็จะทำการวางสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติ บนตำแหน่งค่าความสูงจริงที่ได้จากข้อมูล DEM ตามตารางที่ 3.1 ในกระบวนการ “Add a Concrete Pole” , “Add a H-Frame”, “Add a H-Frame Holding” และ “Add a Steel Pole” ตามลำดับ

เมื่อทำการใส่สัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติ ตามค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลแล้ว กระบวนการ “Build Route” จะทำการสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของสายไฟฟ้าที่ทำการยึดโยงระหว่างสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติของเสาไฟฟ้า จะได้การแสดงผลข้อมูลระบบระบบสายส่งกระแส-ไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ในส่วนการแสดงผล “3D Scene” เพื่อแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลบนตำแหน่งค่าความสูงจริงจากระดับชั้นข้อมูลของ DEM

3.1.2.3 การปรับแต่งการแสดงผลข้อมูลสำหรับข้อมูลแผนที่ฐาน

กระบวนการในส่วนนี้จะมีลักษณะคล้ายกันกับการปรับแต่งการแสดงผลสำหรับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ที่ได้กล่าวเอาไว้ในหัวข้อ 3.1.2.2 ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 กระบวนการการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ

จากรูปที่ 3.7 กระบวนการ “Select Land Base” จะทำการคัดเลือกข้อมูลแผนที่ฐานที่ได้จัดเตรียมไว้สำหรับการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลถัดไป เมื่อได้ข้อมูลแผนที่ฐานที่เป็นลักษณะ

ข้อมูลเชพไฟล์แล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการ “Field Sub_Type Check” ซึ่งจะทำการอ่านค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลที่จัดเก็บเอาไว้ในโครงสร้างข้อมูลของเชพไฟล์ เพื่อตรวจสอบว่าค่าข้อมูลในแต่ละฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลแสดงถึงลักษณะพื้นที่ประเภทใด หลังจากนั้นจะวางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ที่แสดงข้อมูลของลักษณะพื้นที่ของข้อมูลแผนที่ฐานในลักษณะต่างๆ ตามที่ได้กำหนดเอาไว้ในตารางที่ 3.2 โดยแสดงกระบวนการการปรับแต่งการแสดงผลสำหรับข้อมูลแผนที่ฐานดังรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าข้อมูลเพื่อแสดงโมเดล 3 มิติ ของชนิดของข้อมูลแผนที่ฐาน

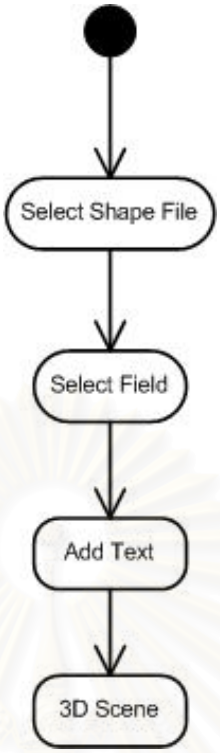
ค่าในฟิลด์	ลักษณะพื้นที่
A1	พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรม
A2	พื้นที่เทศบาลนคร พื้นที่เมืองธุรกิจ พื้นที่เมืองสำคัญและพื้นที่พิเศษ
A3	พื้นที่เมืองทั่วไป พื้นที่เทศบาลเมือง
A4	พื้นที่ชนบท พื้นที่ป่าไม้

เมื่อพบว่าค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลเป็น “A1, A2, A3, A4, A5” ก็จะทำการวางสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติ ตามตารางที่ 3.2 ในกระบวนการ “Add House1” , ““Add House2”, ““Add Tree1” และ ““Add Tree2” ตามลำดับ

เมื่อทำการใส่สัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติ ตามค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูล จะได้การแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานในส่วนการแสดงผล “3D Scene” เพื่อแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลบนตำแหน่งค่าความสูงจริงจากระดับชั้นข้อมูลของ DEM

3.1.3 การแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ

ส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของข้อความอธิบายบนพื้นที่การแสดงผลเดียวกันกับการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการดังรูปที่ 3.8 โดยเริ่มจากกระบวนการ “Select Shape File” ซึ่งเป็นกระบวนการในการนำข้อมูลคุณลักษณะที่จัดเก็บอยู่ในตารางฐานข้อมูลของข้อมูลเชพไฟล์มาทำการแสดงผลซึ่งได้แก่ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูงและข้อมูลแผนที่ฐาน โดยทำการเลือกค่าฟิลด์ข้อมูลของตารางฐานข้อมูลในกระบวนการ “Select Field” เพื่อใส่ข้อมูลคุณลักษณะของแต่ละฟิลด์ หลังจากนั้นกระบวนการ “Add Text” จะทำการสร้างข้อความที่ได้จากข้อมูลในแต่ละฟิลด์ข้อมูล เพื่อทำการแสดงผลร่วมกันกับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ



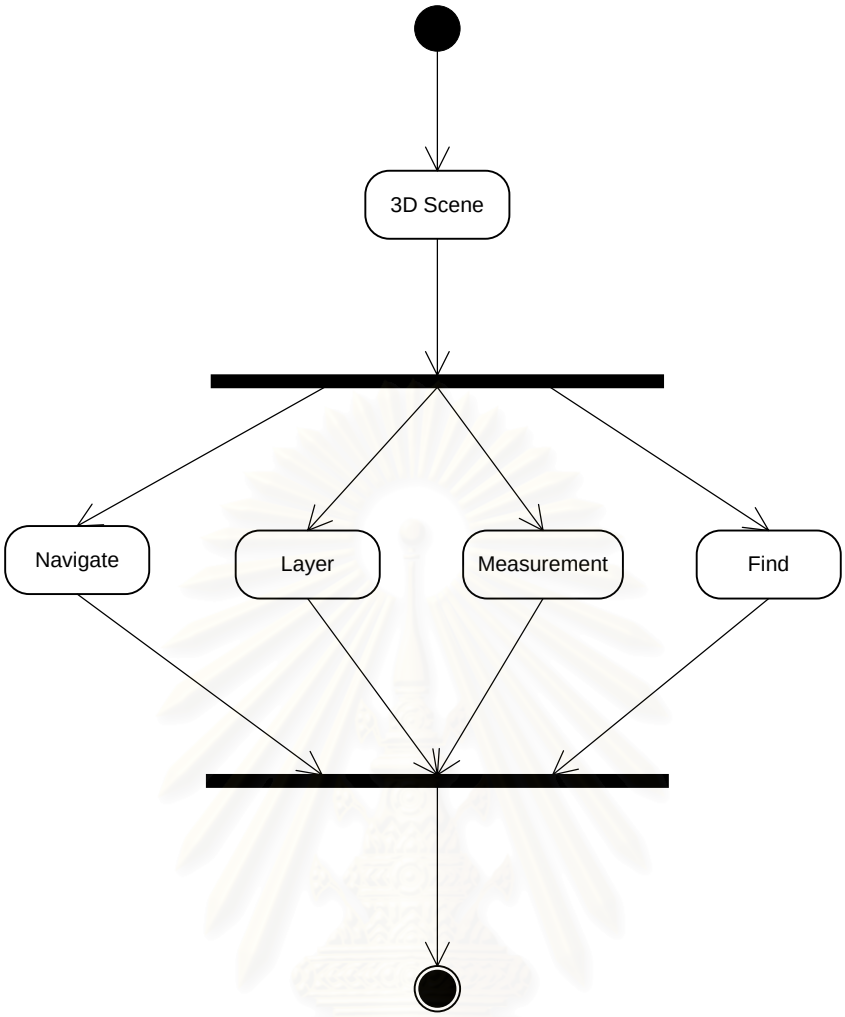
รูปที่ 3.8 กระบวนการการแสดงข้อมูลคุณลักษณะ

3.1.4 การจัดการส่วนของการแสดงผล

ในขณะที่ทำการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติในส่วนของการแสดงผล “3D Scene” อยู่นั้น ระบบยังมีส่วนในการจัดการส่วนของการแสดงผลต่างๆตามกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ฯ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ได้แก่ การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล, การจัดการระดับชั้นข้อมูล, การวัดระยะทางระหว่างจุด และการค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

3.1.4.1 การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล

เมื่อทำการแสดงผลข้อมูลต่างๆแบบ 3 มิติแล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนากระบวนการเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในกระบวนการ “Navigate” จากรูปที่ 3.9 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ผู้ใช้สามารถทำการปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลในลักษณะต่างๆได้แก่ การบินผ่าน (Navigate) การหมุน (Rotate) การดึง-ภาพเข้า (Zoom In) การดึงภาพออก (Zoom Out) เป็นต้น โดยการใช้การเคลื่อนที่ของเมาส์เพื่อทำการทำการปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลในตำแหน่งและทิศทางต่างๆ



รูปที่ 3.9 การจัดการส่วนการแสดงผลข้อมูล

3.1.4.2 การจัดการระดับชั้นข้อมูล

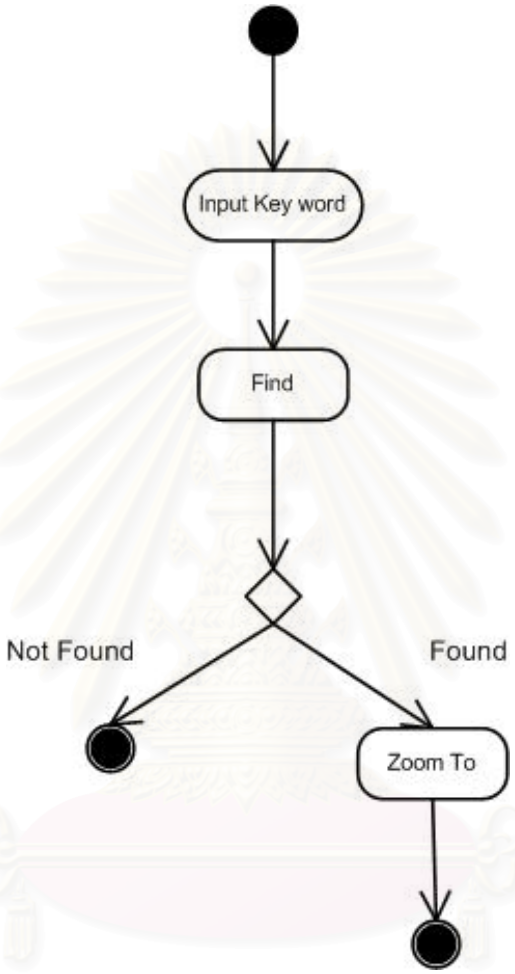
ในการจัดการระดับชั้นของข้อมูล เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้สามารถจัดการส่วนของระดับชั้นข้อมูลเมื่อมีระดับชั้นข้อมูลอื่น ๆ นอกเหนือจากระดับชั้นข้อมูลของ DEM โดยการทำงานผ่านกระบวนการ “Layer” จากรูปที่ 3.9 ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำงานได้แก่ สามารถทำการซ่อนหรือแสดงข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ การลบระดับชั้นข้อมูลนั้นๆ ซึ่งจะเป็นการยกเลิกการแสดงผลข้อมูลในระดับชั้นอย่างถาวรและการเพิ่มระดับชั้นข้อมูลอื่นๆตามที่ต้องการ

3.1.4.3 การวัดระยะทางระหว่างจุด

กระบวนการวัดระยะทางระหว่างจุดในกระบวนการ “Measurement” จากรูปที่ 3.9 เป็นกระบวนการในการวัดระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งบนส่วนการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูล DEM เพื่อให้ผู้ใช้ทำการตรวจสอบระยะทางระหว่างจุดทั้งสองจุดนั้น

3.1.4.4 การค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ จากข้อมูลคุณลักษณะ

กระบวนการค้นหาข้อมูลในกระบวนการ “Find” จากรูปที่ 3.9 เป็นกระบวนการที่ผู้ใช้ต้องการทราบตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานย่อยดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 กระบวนการในการค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

ในขณะที่ทำการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในส่วนของการแสดงผลอยู่นั้น เมื่อผู้ใช้ต้องการค้นหาตำแหน่งจากข้อมูลที่ผู้ใช้ทราบก็จะทำการใส่ค่าข้อมูลใด ๆ ในกระบวนการ “ Input Key Word” หลังจากนั้นกระบวนการ “Find” จะนำค่านั้น ๆ ไปเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลในฟิลด์ของตารางฐานข้อมูลในขณะที่กำลังแสดงผลข้อมูลอยู่ เมื่อได้ค่าที่ตรงกันแล้วก็จะทำการเคลื่อนย้ายมุมมองการแสดงผลไปยังตำแหน่งของข้อมูลที่มีค่าตรงกันกับค่าที่ผู้ใช้ต้องการค้นหาในกระบวนการ “Zoom To”

3.1.5 การนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติด้วยเว็บบราวเซอร์

3.1.5.1 การเตรียมการแสดงผล

ในการแสดงผลข้อมูลโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (Virtual Reality Model Language: VRML) จะต้องทำการติดตั้งโปรแกรมเสริม (Plug in) ให้กับเว็บบราวเซอร์เพื่อให้สามารถทำการอ่านโครงสร้างข้อมูล VRML โดยโปรแกรมเสริมสำหรับการแสดงผล VRML มีมากมายหลากหลาย ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมเสริมที่ชื่อว่า “Cortona” ซึ่งพัฒนาโดย Parallel Graphic [30] เนื่องจากสามารถติดตั้งในระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอกซ์พี่ (Windows XP) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

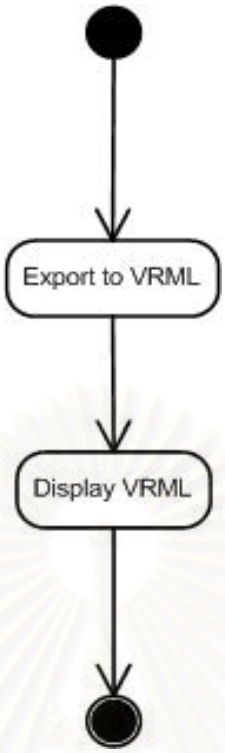
3.1.5.2 การเตรียมสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติในรูปแบบ VRML

การเตรียมสัญลักษณ์แบบ VRML ของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ และข้อมูลแผนที่ฐาน สามารถทำได้โดยกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างข้อมูลสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ที่ได้กำหนดไว้สำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ของข้อมูลต่างๆเหล่านี้ ด้วยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่ชื่อว่า “Accutrans” จะได้โครงสร้างของข้อมูลสัญลักษณ์แบบ VRML

3.1.5.3 การปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติให้อยู่ในมาตรฐานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง

ส่วนนี้จะทำการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลต่างๆทั้งข้อมูล DEM ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ และข้อมูลพื้นที่ฐาน ในขณะที่ทำการแสดงผลในรูปแบบข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในส่วนของการแสดงผลนั้น ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์เอกสารโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (.wrl) โดยไฟล์เอกสาร VRML ที่ได้จะสามารถนำไปแสดงผลข้อมูลตามการอ่านค่าของโปรแกรมเสริมบนเว็บบราวเซอร์

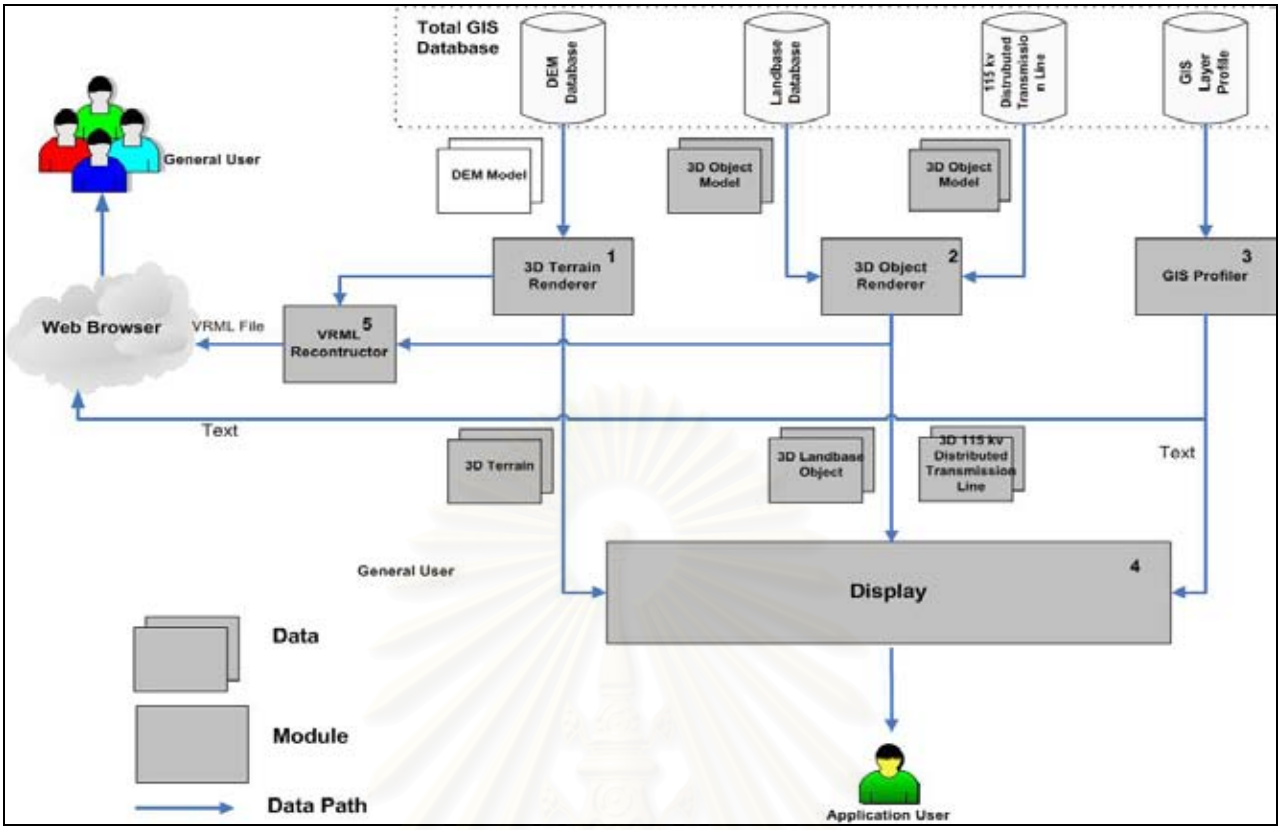
จากรูปที่ 3.11 กระบวนการในการปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานของ VRML เริ่มจากในขณะที่ระบบ ฯ ทำการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติในส่วนของการแสดงผลอยู่นั้น กระบวนการ “Export to VRML” จะทำสร้างไฟล์เอกสาร VRML โดยเริ่มจากการสร้างไฟล์ข้อมูล VRML จากข้อมูล DEM ที่ทำการแสดงผลแบบ 3 มิติในขณะนั้น หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่าระดับชั้นข้อมูลใดทำการแสดงผลอยู่ เมื่อพบระดับชั้นข้อมูลนั้นแล้วก็จะทำการสร้างไฟล์เอกสาร VRML จนครบทุกระดับชั้นของการแสดงผล หลังจากนั้นกระบวน “Displaying VRML” ก็นำไฟล์เอกสาร VRML ที่ได้ไปแสดงผลผ่านทางเว็บบราวเซอร์ที่ได้ทำการติดตั้งโปรแกรมเสริมไว้แล้ว



รูปที่ 3.11 กระบวนการในการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบ VRML

3.2 การออกแบบระบบ

การพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยใช้กรณีศึกษาคือ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโล-โวลต์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ที่สามารถทำการปรับเปลี่ยนการแสดงผลของข้อมูลDEM ข้อมูลระบบสายสงกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน จากข้อมูลที่แสดงผลในรูปแบบ 2 มิติ ให้แสดงผลให้อยู่ในรูปแบบ 3 มิติ พร้อมทั้งการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันกับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือสำหรับการจัดการมุมมองในส่วนของการแสดงผลทั้งการบินผ่าน การหมุน การดึงภาพเข้า การดึงภาพออก เครื่องมือสำหรับการจัดการในส่วนระดับชั้นข้อมูลและอีกทั้งยังได้ออกแบบกระบวนการสำหรับการบันทึกข้อมูลให้สามารถแสดงผลในมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง เพื่อนำไปแสดงผลผ่านทางเว็บบราวเซอร์ ซึ่งสามารถแสดงกระบวนการต่างๆได้ดังรูปที่ 3.12



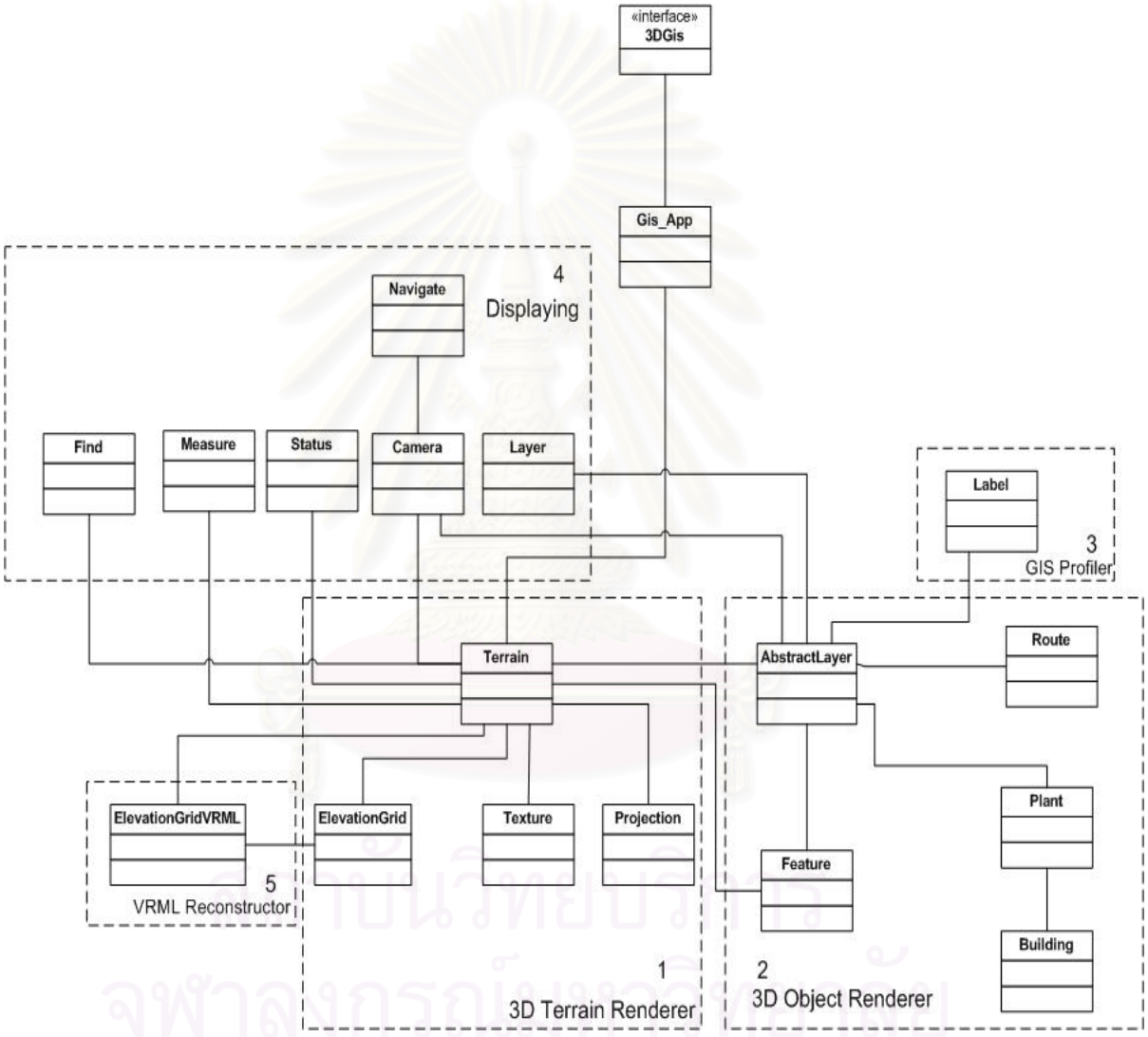
รูปที่ 3.12 แสดงกระบวนการทำงานโดยรวมของการพัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

จากรูปที่ 3.6 สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทำการจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูล DEM ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน ในรูปแบบฐานข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แล้ว ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาเข้าสู่กระบวนการต่างๆ สำหรับระบบการแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งส่วนการทำงานต่างๆของระบบ ฯ ได้ทั้งหมด 5 ส่วน คือ

1) ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูล DEM ที่มีชื่อว่า “3D Terrain Render” ส่วนนี้ได้ข้อมูล DEM ที่ทำการแสดงผลแบบ 3 มิติ
2) ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน ที่มีชื่อว่า “3D Object Render ส่วนนี้ได้การแสดงผลในรูปแบบสัญลักษณ์กราฟิก 3 มิติ
3) ส่วนของการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ ที่มีชื่อว่า “Gis Profiler” ส่วนนี้ได้การแสดงผลข้อความบรรยาย
4) ส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ที่มีชื่อว่า “Displaying” ส่วนนี้เป็นเครื่องมือสำหรับจัดการคุณสมบัติต่างๆของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

5) ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงที่มีชื่อว่า “VRML Reconstructor” ส่วนนี้ได้ไฟล์เอกสารในมาตรฐาน VRML

ในแต่ละส่วนของการทำงานนั้น จะมีองค์ประกอบของการทำงานของคลาสในการทำหน้าที่ต่างๆ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถแสดงคลาสต่างๆสำหรับการทำงานของแต่ละส่วนได้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.13 แสดงคลาสต่างๆในการทำงานของแต่ละกระบวนการของระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

จากรูปที่ 3.13 ในการทำงานของคลาสต่างๆในแต่ละส่วน ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วน สามารถอธิบายได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

3.2.1 ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM Model) สำหรับการนำมาแสดงผลแบบ 3 มิติแล้ว ข้อมูล DEM นั้นจะเข้าสู่กระบวนการในส่วนที่ 1 ในรูปที่ 3.12 สำหรับการปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูล DEM ซึ่งมีชื่อว่า “3D Terrian Renderer” ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยต่างๆสำหรับการสร้างข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูล DEM ซึ่งจะเริ่มจากการจัดเตรียมข้อมูล DEM โดยการเลือกพื้นที่เฉพาะส่วนที่สนใจ แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการสำหรับการปรับเปลี่ยนการแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของกระบวนการและการทำงานของคลาสต่างๆที่ทำหน้าที่ในส่วนนี้ดังต่อไปนี้

3.2.1.1 การเลือกพื้นที่เพื่อทำการแสดงผล

ข้อมูล DEM ที่ได้นำมาทำการวิจัย มีลักษณะของโครงสร้างข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างใหญ่จนเกินไป ซึ่งจะมีเพียงพื้นที่ในบางส่วนของข้อมูล DEM เท่านั้นที่จะถูกนำไปใช้ และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผลให้มีความรวดเร็ว ผู้วิจัยจึงทำการเลือกและตัดส่วนพื้นที่ของ DEM เฉพาะพื้นที่บริเวณที่สนใจ โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่มีชื่อว่า DEMEdit

3.2.1.2 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

เมื่อได้ข้อมูล DEM ที่ต้องการแล้ว กระบวนการต่อไปนี้จะทำการปรับแต่งข้อมูล DEM ให้แสดงผลแบบ 3 มิติ โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีชื่อว่า “Continuous Level of Detail” หรือ CLOD ซึ่งมีส่วนการทำงานของคลาสต่างๆ ดังรูปที่ 3.13 ส่วนที่ 1

จากรูปที่ 3.13 คลาส GIS_app เป็นคลาสเริ่มต้นในการทำงานของแอพพริเคชั่น มีหน้าที่ในกำหนดค่าต่างๆสำหรับการปรับเปลี่ยนการแสดงผลของข้อมูล DEM โดยคลาส GIS_App จะเริ่มการทำงานหลังจากที่ผู้ใช้ทำการเลือกข้อมูล DEM ที่ต้องการ จากหน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรมประยุกต์เพื่อทำการรับค่าต่างๆที่สำคัญสำหรับการแสดงผลข้อมูล DEM ให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ อาทิเช่น การเลือกรูปแบบของค่าสีตามชั้นความสูงและการเลือกไฟล์ข้อมูล DEM

จากรูปที่ 3.13 ส่วนที่ 1 คลาส Terrain จะทำหน้าที่ต่อจากคลาส Gis_App โดยการอ่านข้อมูล DEM ในแต่ละตำแหน่งภายในโครงสร้างของข้อมูล เพื่อทำการรับค่าพิกัดของข้อมูล DEM สำหรับการนำไปแสดงผลโดยการอ้างอิงพิกัดจริงตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ หลังจากนั้นจะเรียกคลาส ElevationGrid เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างตารางกริดในรูปแบบเมทริกซ์ WxH ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูล DEM ที่ผู้ใช้ต้องการในการนำมาแสดงผล แล้วทำการเรนเดอร์โดยใช้ขั้นตอนวิธี

CLOD ด้วยการสร้างสามเหลี่ยมตามแต่ละจุดความสูงและสร้างพื้นผิวให้กับข้อมูลโดยใช้ OpenGL [31] สร้างภาพกราฟิก เพื่อให้ได้การแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติ ที่เห็นพื้นที่สูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสามารถทำการอธิบายกระบวนการเรนเดอร์ได้ในรูปที่ 3.14

หลังจากคลาส ElevationGrid สร้างตารางกริด คลาส Texture จะทำหน้าที่ใส่ค่าสีให้กับการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ตามระดับชั้นความสูง โดยค่าสีที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับชั้นความสูงที่แตกต่างกันใน ซึ่งมีประเภทของค่าสีสำหรับงานวิจัยนี้ 2 ประเภท คือ

- ค่าสีที่กำหนดเอาไว้ตามระดับค่าความสูงในมาตรฐานของ National Geophysical Data Center (NGDC) [32]
- ค่าสีที่แสดงตามค่าความสูงของข้อมูลนั้น ซึ่งแต่ละข้อมูลตามช่วงสีที่ได้กำหนดเอาไว้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าระดับสีตามช่วงของข้อมูลค่าความสูง

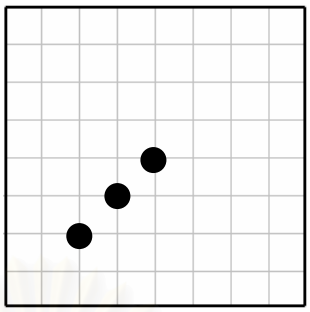
ช่วงของค่าความสูง	**สี**		
	แดง	**เขียว**	**น้ำเงิน**
จุดที่ต่ำที่สุด	32	176	32
↓	64	224	64
↓	224	192	160
↓	224	128	16
จุดที่สูงที่สุด	224	224	224

คลาส Projection ทำหน้าที่ในการแปลงค่าพิกัดตามหลักภูมิศาสตร์ให้กับระบบ โดยการอ่านค่าพิกัดจากข้อมูล DEM แล้วทำการเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปแบบพิกัดแบบ WGS เพื่อให้สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งจริงบนพื้นผิวโลก ซึ่งคลาสนี้ได้นำไลบรารี่ที่มีชื่อว่า PRJ [33] ซึ่งทำหน้าที่ในการปรับค่าพิกัดของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ WGS

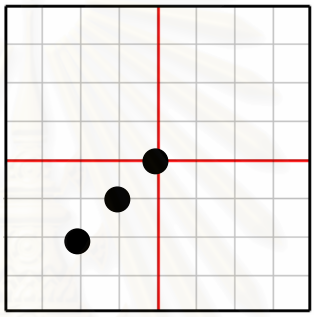
คลาส Camera ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งมุมมองเริ่มต้นสำหรับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ เปรียบเสมือนว่าผู้ใช้ทำการมองผ่านทางกล้องถ่ายภาพ รวมทั้งยังทำหน้าที่ในการใส่ค่าแสงด้วยการระบุจุดกำเนิดของแสงให้กับการแสดงผลภาพกราฟิก 3 มิติ เพื่อให้เกิดความสวยงามและสามารถดูข้อมูลภาพกราฟิกได้อย่างชัดเจน

สุดท้ายจะได้การแสดงผลข้อมูลของ DEM ในรูปแบบการแสดงผลภาพกราฟิก 3 มิติ (3D Terrain) ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในส่วนที่ 4 “Displaying” ในรูปที่ 3.12

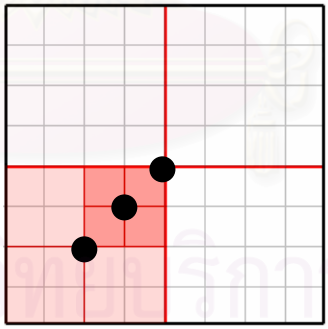
- เมื่อนำข้อมูล DEM ที่มีจุดความสูงและมีขนาดช่องตารางกริด W × H ตัวอย่างเช่น 8 × 8 มาสร้างตารางกริด



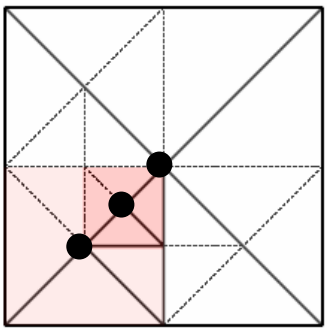
- หลังจากนั้นจะแบ่งช่องตารางกริดออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆโดยใช้หลักการของต้นไม้ 4 โหนด



- เมื่อพบว่าจุดความสูงด้านซ้ายล่างมีจำนวนมาก นั่นแสดงว่าข้อมูลส่วนนั้นเป็นภูเขาก็จะแบ่งด้านซ้ายล่างออกตามหลักการของต้นไม้ 4 โหนดแล้วทำการตรวจสอบต่อไปยังส่วนอื่น ๆ เมื่อพบจุดความสูงก็ทำการแบ่งส่วนนั้นต่อไป



- เมื่อตรวจสอบจุดความสูงแล้วจึงวาดสามเหลี่ยมในแต่ละช่องตามตำแหน่งของโหนดในต้นไม้ 4 โหนด แล้วใช้หลักการของ OpenGL ในการสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของสามเหลี่ยมที่ได้



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการเรนเดอร์ข้อมูล DEM สำหรับการแสดงผลแบบ 3 มิติ

3.2.2 ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลสำหรับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน

สำหรับในส่วนนี้ เมื่อทำการจัดเตรียมข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูงและข้อมูลแผนที่ฐานเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลเหล่านี้จะเข้าสู่กระบวนการในส่วนที่ 2 ในรูปที่ 3.12 ที่มีชื่อว่า “3D Object Renderer” เพื่อทำการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในระดับชั้นข้อมูล โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานคือ การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ และการสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูลแผนที่ฐาน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน และการทำหน้าที่ของคลาสต่างๆในกระบวนการเหล่านี้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.2.2.1 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

ในกระบวนการนี้จะทำการอ่านค่าข้อมูลเชพไฟล์ของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ เพื่อทำการตรวจสอบตำแหน่งและชนิดของข้อมูลของเสาไฟฟ้า เพื่อทำการวางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ (3D Object Model) ให้ตรงตามชนิดหรือประเภทของเสาบนตำแหน่งตามค่าความสูงของข้อมูล DEM ที่ทำการปรับแต่งการแสดงผลแบบ 3 มิติ โดยมีส่วนประกอบของการทำงานของคลาสต่างๆ ในส่วนที่ 2 ดังรูปที่ 3.13

จากรูปที่ 3.13 คลาส Feature จะทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลของเชพไฟล์ โดยเริ่มแรกจะทำการเข้าไปตรวจสอบ Shape Type ว่าเป็นโครงสร้างของเชพไฟล์ประเภทไหน หลังจากนั้นจะไปทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าพิกัดแกน X, ค่าพิกัดแกน Y, จำนวนของเรคคอร์ดทั้งหมด และจำนวนและชื่อของฟิลด์ต่างๆ

คลาส AbsrtactLayer จะทำการตรวจสอบเรคคอร์ดในฟิลด์ “Type” ว่าเป็นข้อมูลเชพไฟล์ที่แสดงข้อมูลเสาไฟฟ้า โดยจัดเก็บด้วยคำว่า “P” หลังจากนั้นก็จะทำการตรวจสอบเรคคอร์ดในฟิลด์ “Sub_Type” เพื่อเลือกประเภทของเสาไฟฟ้าที่ถูกจัดเก็บเอาไว้ โดยกำหนดค่าต่างๆ เอาไว้ตามตามรางที่ 3.1

หลังจากนั้นจะทำการสร้างโหนดโดยการกำหนดจุดจากค่าพิกัดแกน X และพิกัดแกน Y ที่ได้จากการเก็บค่าของเชพไฟล์ พร้อมทั้งรับค่าความสูงจากตำแหน่งเดียวกันจากค่าความสูงที่ได้จากข้อมูล DEM ที่ทำการเรนเดอร์จากขั้นตอนก่อนหน้านี้

คลาส Rout จะทำการใส่สัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ลงไปตามชนิดของเสาไฟฟ้าและตามตำแหน่งโหนดที่ได้สร้างเอาไว้ เมื่อวางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติของเสาไฟฟ้าในลำดับแรกแล้ว ในการวางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ สำหรับเสาไฟฟ้าลำดับถัดไป คลาส Route จะสร้างข้อมูลภาพกราฟิกที่แสดงสายไฟฟ้าสำหรับเชื่อมโยงเสาไฟฟ้าในแต่ละต้น โดยหลักการของการวาดเส้นในรูปแบบ

ภาพกราฟิก โดยการกำหนดจุดจากตำแหน่งของสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ของลูกถ้วยบนเสาไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ยึดโยงสายไฟฟ้าระหว่างเสาไฟฟ้า

สุดท้ายจะได้การแสดงผลข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ในรูปแบบการแสดงผลภาพกราฟิก 3 มิติ (3D 115 Distributed Transmission Line) ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในส่วนที่ 4 “Displaying” ในรูปที่ 3.12

3.2.2.2 การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูลพื้นที่ฐาน

การสร้างภาพกราฟิก 3 มิติ ของข้อมูลแผนที่ฐาน จากในรูปที่ 3.13 ในส่วนที่ 2 มีการทำงานของคลาสต่างๆดังนี้ จากข้อมูลเชพไฟล์เมื่อทำการอ่านค่าโดยคลาส Feature ดังที่ได้อธิบายเอาไว้ในหัวข้อ 3.2.2.1 แล้ว คลาส Abstract Layer จะตรวจสอบค่าข้อมูลในฟิลด์ของ”Sub_Type” ซึ่งเป็นค่าที่จัดเก็บข้อมูลลักษณะพื้นที่ของข้อมูลแผนที่ฐาน โดยค่าในแต่ละฟิลด์จะแทนลักษณะของพื้นที่ดังตารางที่ 3.2

เมื่อได้ค่าของ “Sub_Type” จากข้อมูลเชฟไฟล์มาแล้ว เมื่อพบว่าค่าใดค่าหนึ่งที่จัดเก็บเอาไว้ในตารางฐานข้อมูลเป็นค่าที่บอกถึงพื้นที่ชนบทหรือพื้นที่ป่าไม้ คลาส Plant จะทำการเลือกและใส่สัญลักษณ์แบบ 3 มิติ ตามที่ได้กำหนดเอาไว้ โดยจะทำการสร้างโหนดจากตำแหน่งค่าพิกัดแกน X และพิกัดแกน Y ที่ได้จากคลาส Feature แล้ววางสัญลักษณ์แบบ 3 มิติ บนตำแหน่งค่าความสูงของข้อมูล DEM ที่แสดงผลแบบ 3 มิติ

สุดท้ายจะได้การแสดงผลของข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ (3D Landscape Object) ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในส่วนที่ 4 “Displaying” ในรูปที่ 3.12

3.2.3 ส่วนของการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ

สำหรับส่วนของการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะในส่วนที่ 3 “GIS Profiler” จากรูปที่ 3.12 จะเป็นการนำค่าของข้อมูลที่จัดเก็บในตารางฐานข้อมูลของข้อมูลต่างๆ มาทำการแสดงผล ในรูปแบบข้อมูลอักขระภาพกราฟิก แล้วนำมาแสดงผล ในส่วนที่ 4 “Displaying” ในรูปที่ 3.12 ร่วมกันกับข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ อื่น ๆ โดยมีการทำงานของคลาสหลักคือ คลาส Label ตามรูปที่ 3.13 ส่วน 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

เมื่อทำการเรียกข้อมูลเชพไฟล์ที่ต้องการแล้ว คลาส Feature จะทำการอ่านค่าข้อมูลในตารางฐานข้อมูล ตามฟิลด์ที่ผู้ใช้ได้เลือกเอาไว้เพื่อทำการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ หลังจากนั้นคลาส AbstractLayer จะทำการเรียกคลาส Label เพื่อทำการสร้างข้อมูลข้อความกราฟิกตามข้อมูลที่อ่านค่าได้จากตารางฐานข้อมูล ต่อจากนั้นก็จะทำการวางข้อมูลข้อความกราฟิกที่ได้ลงบน

ข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ของ DEM ตามค่าของชั้นความสูงในตำแหน่งนั้นที่ได้จากคลาส Terrain ด้วยการสร้างตำแหน่งของโหนดจากตำแหน่งค่า x และค่า y ที่ของข้อมูลเซพไฟล์ที่อ่านค่าได้

3.2.4 ส่วนของการจัดการส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

สำหรับส่วนของการจัดการแสดงผลของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ซึ่งเป็นส่วนที่ 4 “Displaying” จากในรูปที่ 3.12 นี้ จะทำหน้าที่ให้ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องมือต่างๆเพื่อจัดการส่วนของการแสดงผลต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ฯ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล การจัดการส่วนของระดับชั้นข้อมูล การค้นหาและการวัดระยะทางระหว่างจุดสองจุด

3.2.4.1 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล

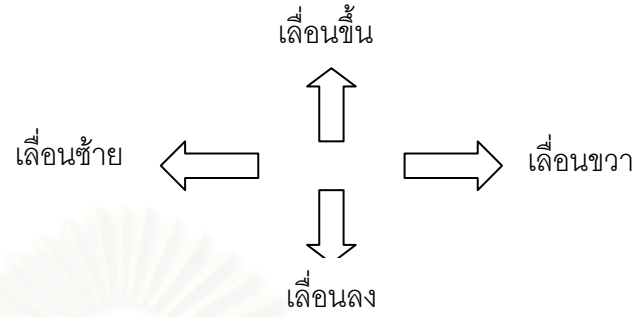
เมื่อมีการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ของข้อมูลต่างๆ ผู้ใช้สามารถทำการเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลตามความต้องการได้ โดยการสั่งงานผ่านทางการคลิกและเคลื่อนที่ของเมาส์จากการทำงานของคลาสต่างๆดังรูป 3.13

จากรูปที่ 3.13 คลาส Terrain ทำหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ของ DEM และข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติประกอบอื่นๆ เมื่อมีการคลิกและเคลื่อนที่ของเมาส์ในแต่ละตำแหน่ง คลาส Navigate จะทำการรับค่าจากเมาส์ เมื่อผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ โดยการทำงานของคลาส Camera จะทำการปรับมุมมองการแสดงผลบนส่วนของการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติในขณะนั้น ตามที่ได้กำหนดการคลิกและเคลื่อนที่ของเมาส์ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลโดยการใช้เมาส์

การคลิกเมาส์	การเคลื่อนที่ของเมาส์
คลิกซ้าย	ไปข้างหน้า หมุนซ้าย หมุนขวา ถอยหลัง

ตารางที่ 3.4(ต่อ) การเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลโดยการใช้เมาส์

การคลิกเมาส์	การเคลื่อนที่ของเมาส์
คลิกขวา	

3.2.4.2 การจัดการส่วนของระดับชั้นข้อมูล

เมื่อมีการเพิ่มการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ต่างๆ ส่วนของการแสดงผลระดับชั้นข้อมูลก็จะแสดงรายละเอียดของชั้นข้อมูลนั้น โดยบอกเป็นชื่อหรือตำแหน่งของการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลนั้น อีกทั้งยังมีคุณสมบัติอื่นๆในการจัดการระดับชั้นข้อมูลคือ การซ่อนหรือยกเลิกการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติชั่วคราว และการลบส่วนการแสดงผลของชุดข้อมูลในระดับชั้นข้อมูล พร้อมทั้งการยกเลิกการแสดงผลข้อมูลแบบ3 มิติอย่างถาวร

การทำงานของคลาสต่างๆ ในรูปที่ 3.13 เมื่อมีการแสดงผลแบบ 3 มิติ จากการทำงานของคลาส Terrain นั้น คลาส Layer ก็จะทำหน้าที่ในการแสดงระดับชั้นของชุดข้อมูลในแต่ละระดับชั้นของการเพิ่มข้อมูล ซึ่งจะแสดงโดยการบอกตำแหน่งของการจัดเก็บของชุดข้อมูลที่ผู้ใช้ทำการเพิ่มเข้ามา โดยจะเรียงลำดับก่อนหลังตามการเพิ่มของชุดข้อมูล นอกจากนี้คลาส Layer ยังทำหน้าที่ในการรับคำสั่งแล้วให้คลาส Abstract Layer ทำหน้าที่ในการแสดงผลหรือยกเลิกการแสดงผลของข้อมูลในแต่ละระดับชั้นข้อมูล ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

3.2.4.3 การค้นหาตำแหน่งของข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ

เมื่อผู้ใช้ต้องการค้นหาเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการนั้น ก็จะทำการใส่ค่าของข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการค้นหา โดยมีการทำงานของคลาสต่างๆดังแสดงในรูป 3.13 ซึ่งคลาส Find จะทำการรับค่าข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับชุดตารางฐานข้อมูลของข้อมูลต่างๆในขณะที่แสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติอยู่ เมื่อพบว่าข้อมูลที่กำลังค้นหามีค่าตรงกันกับข้อมูลในตารางฐานข้อมูลนั้นๆ แล้ว ก็จะทำการเก็บค่าตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของข้อมูลนั้น โดยคลาส AbstractLayer หลังจากนั้น คลาส Camera เคลื่อนส่วนของการแสดงผลไปยังตำแหน่งของข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการค้นหา

3.2.4.4 **การวัดระยะทางระหว่างจุด**

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดระยะทางตามพื้นผิวของค่าความสูงบนข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติของข้อมูล DEM ตามการทำงานของคลาสในรูปที่ 3.13 เมื่อผู้ใช้ต้องการทราบระยะทางตามพื้นผิวของข้อมูล DEM ที่แสดงผลแบบ 3 มิติ ผู้ใช้ก็จะทำการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดแล้วทำการส่งค่าพิกัดของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจากคลาส Terrain ให้แก่ คลาส Measure เพื่อจะทำการรับค่าพิกัดของจุดเริ่มต้น และค่าพิกัดจุดสุดท้าย เพื่อนำมาคำนวณค่าระยะทางของทั้งสองจุด

3.2.4.5 **การแสดงค่าความสูงและพิกัดทางภูมิศาสตร์**

ส่วนนี้เป็นการแสดงผลค่าความสูงและค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ เมื่อผู้ใช้ทำการวางตำแหน่งของเมาส์บนข้อมูล DEM ที่แสดงผลแบบ 3 มิติ โดยจะมีคลาส Status ในรูปที่ 3.13 ทำการรับค่าความสูงและค่าพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์จากคลาส Terrain เพื่อทำการแสดงผลค่าต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงข้อมูลค่าความสูงและค่าพิกัดภูมิศาสตร์

3.2.5 **ส่วนของการปรับเปลี่ยนการแสดงผลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง**

การปรับเปลี่ยนการแสดงผลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงในส่วนที่ 5 “VRML Reconstructor” ในรูปที่ 3.12 นั้น เป็นกระบวนการสร้างไฟล์เอกสาร VRML จากข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำการแสดงผลอยู่ในขณะนั้นได้แก่ ข้อมูล DEM และข้อมูลประกอบอื่น ๆ โดยมีขั้นตอนกระบวนการทำงานและองค์ประกอบการทำหน้าที่ของคลาสต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.2.5.1 **การสร้างข้อมูลสัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน** VRML

ในการสร้างข้อมูลสัญลักษณ์แบบ 3 มิติให้อยู่ในรูปมาตรฐานของ VRML นั้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของข้อมูลแบบ 3 มิติเดิม ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลของภาพกราฟิก 3 มิติ โดยการใช้แอพพริเคชั่น “Accutran 3D” มาทำการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโครงสร้างไฟล์ข้อมูลของ VRML เพื่อเตรียมนำไปแสดงผลร่วมกันกับข้อมูล DEM ที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน VRML

3.2.5.2 **การสร้างข้อมูล** VRML

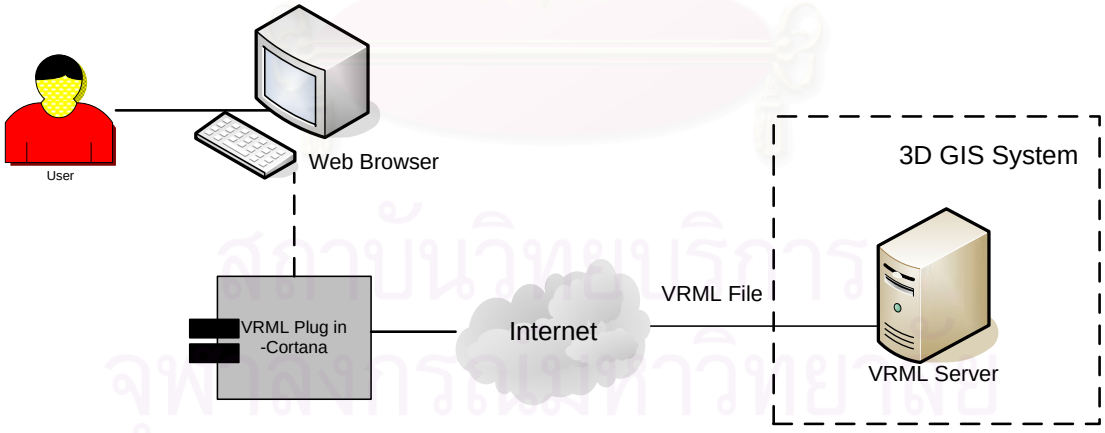
กระบวนการในการสร้างข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ด้วยมาตรฐานของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงนั้น จะทำการเลือกข้อมูล DEM และข้อมูลเชพไฟล์ที่ต้องการ แล้วทำการแปลงค่าต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลค่าความสูงของข้อมูล DEM ข้อมูลชนิดของของเสาไฟฟ้าพร้อมทั้งตำแหน่งที่

ติดตั้ง และข้อมูลที่บอกลักษณะพื้นที่จากข้อมูลพื้นที่ฐาน โดยมีการทำหน้าที่ของคลาสต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ในส่วนที่ 5

หลังจากที่ผู้ใช้ต้องการบันทึกการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ด้วยมาตรฐาน VRML คลาส ElevationGridVRML จะทำการสร้างไฟล์ข้อมูลตามมาตรฐานของ VRML ด้วยการเริ่มต้นจากการอ่านข้อมูลค่าความสูงของข้อมูล DEM ด้วยคลาส ElevationGrid พร้อมกันนี้คลาส Terrain จะเรียกการทำงานของคลาส AbstractLayer เพื่อทำการตรวจสอบว่าในขณะที่ทำการแสดงผลนั้นมีระดับชั้นข้อมูลอะไรทำการแสดงผลร่วมกัน หลังจากนั้นคลาส Feature จะทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลเพื่อหาชนิดและตำแหน่งตามพิกัดค่า X และ ค่า Y ของข้อมูล เพื่อทำการสร้างไฟล์ข้อมูลตามมาตรฐาน VRML ต่อไป

3.3.5.3 กระบวนการนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ด้วยมาตรฐาน VRML

การนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ที่อยู่ในรูปแบบ VRML นั้น จะสามารถทำได้โดยการนำเสนอผ่านทางเว็บบราวเซอร์ด้วยการติดตั้งโปรแกรมเสริมที่มีชื่อว่า “Cortana” เพื่อให้เว็บบราวเซอร์ของผู้ใช้สามารถอ่านรูปแบบของไฟล์ข้อมูลมาตรฐาน VRML ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และในส่วนของการแสดงผลข้อมูลด้วยมาตรฐาน VRML นี้ จะมีเครื่องมือสำหรับจัดการส่วนแสดงผลข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ โดยวิธีการสั่งงานด้วนการคลิกเมาส์ ได้แก่ การบินผ่าน การหมุน การดึงภาพเข้า และการดึงภาพออก



รูปที่ 3.15 กระบวนการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิกในรูปแบบมาตรฐาน VRML

บทที่ 4
การทดสอบการใช้งาน

เนื้อหาในบทนี้จะแสดงการทดสอบโปรแกรมประยุกต์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ โดยนำไปทดสอบการประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาคือ งานวิเคราะห์ วางแผน ก่อสร้างและปรับปรุงระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้พื้นที่ในการทดสอบ 2 บริเวณได้แก่

1) พื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงใช้ข้อมูลในการทดสอบดังนี้

- ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ซึ่งอยู่ในพิกัด N17 E100 ที่มีขนาดข้อมูล 1 KB และ 130 KB ตามลำดับ
- ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก
- ข้อมูลแผนที่ฐานบริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

2) พื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบใช้ข้อมูลในการทดสอบดังนี้

- พื้นที่ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขพื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม อยู่ในพิกัด N14 E99 ที่มีขนาดข้อมูล 5 KB และ 259 KB ตามลำดับ
- ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์พื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม
- ข้อมูลแผนที่ฐานบริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม

ในการทดสอบนั้นจะทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ด้วยข้อมูลของพื้นที่ทั้ง 2 บริเวณ แล้วเปรียบเทียบกับภาพถ่ายของข้อมูลนั้นในสภาพความเป็นจริง รวมทั้งการทดสอบความสามารถของระบบที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตการวิจัยบทที่ 1 โดยแบ่งความสามารถของระบบออกเป็นส่วนได้ 7 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้

1) สามารถแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขแบบ 3 มิติ
2) สามารถแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ แบบ 3 มิติ
3) สามารถแสดงผลข้อมูลพื้นที่ฐานที่แสดงสภาพจริงบนพื้นผิวโลก ในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ
4) สามารถแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ
5) ความสามารถต่างๆ ได้แก่

- สามารถแสดงผลข้อมูลเป็นลำดับชั้นของข้อมูลได้หลายลำดับชั้น
- สามารถซ่อนการแสดง (Invisible)
- สามารถเพิ่ม (Add) หรือลบ (Delete) ลำดับชั้นข้อมูลได้
- สามารถบินผ่าน (Navigate) ดึงภาพเข้า (Zoom In) ดึงภาพออก (Zoom Out) และการหมุนภาพ (Rotate) ในส่วนมุมมองของส่วนการแสดงผลของข้อมูลได้
- สามารถค้นหาข้อมูลแบบ 3 มิติ จากข้อมูลคุณลักษณะได้

6) สามารถนำเสนอข้อมูลกราฟิก 3 มิติ ด้วยเว็บบราวเซอร์ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

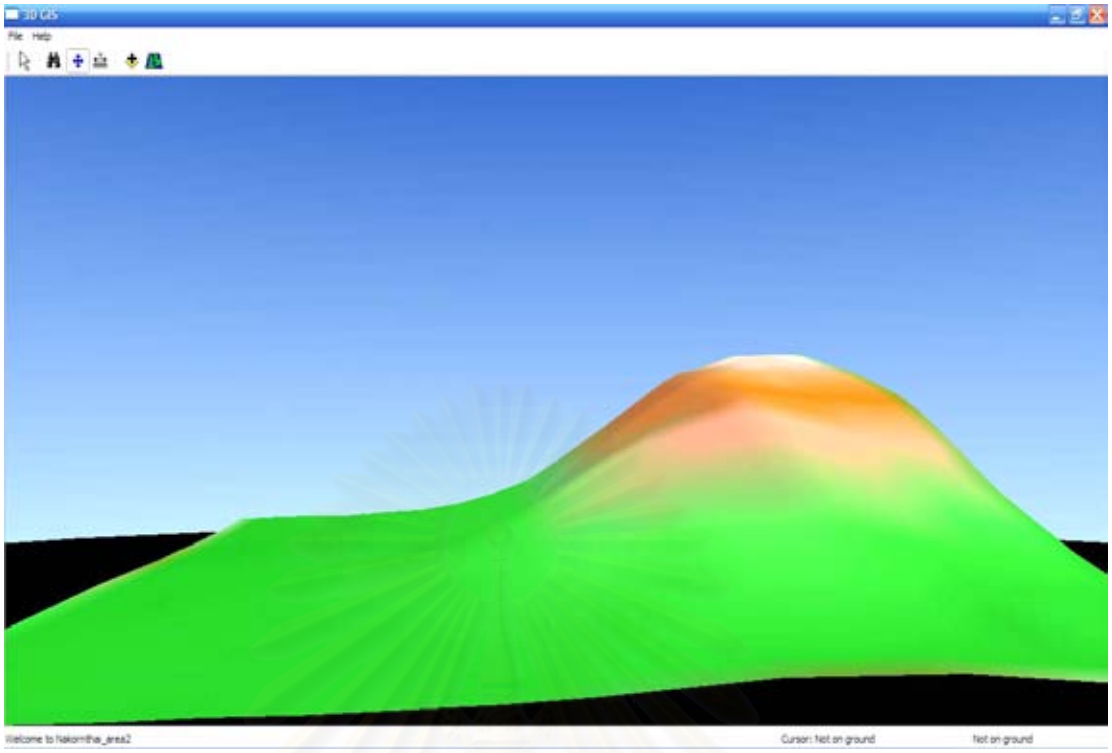
4.1 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในรูปแบบ 3 มิติ

4.1.1 การทดสอบในพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

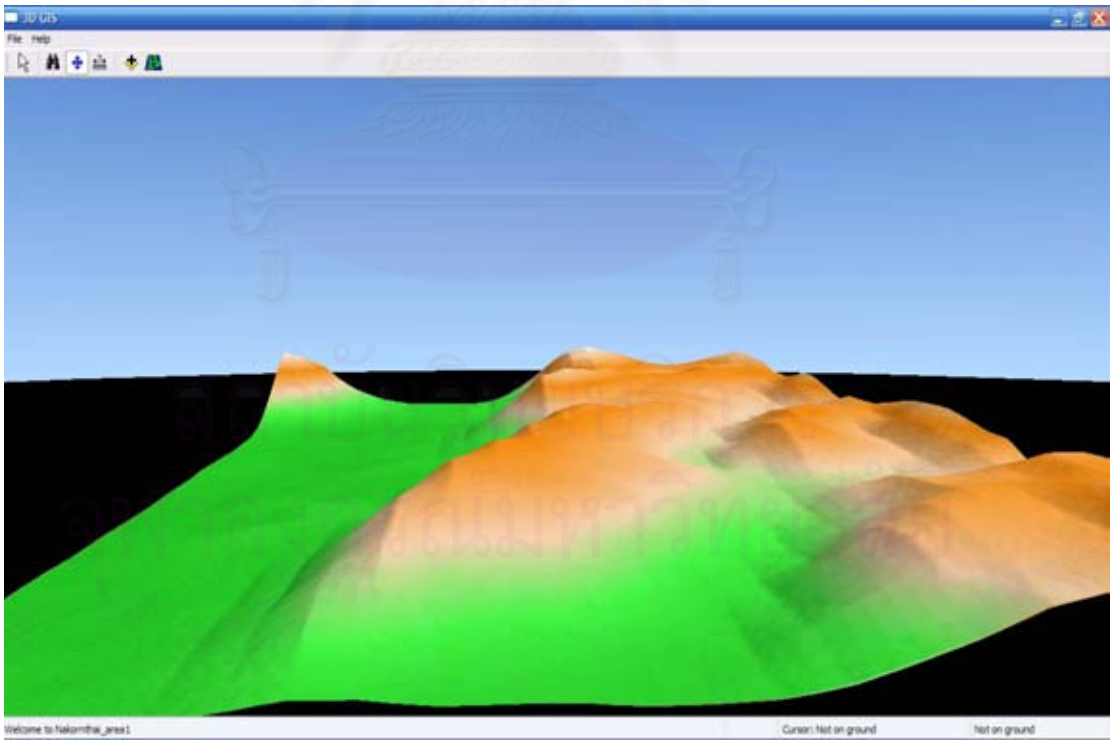
- ทดสอบข้อมูล DEM ที่มีขนาดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาด 1 KB มีโครงสร้างตารางกริด 17 x 17 ช่อง เมื่อทดสอบโดยโปรแกรมประยุกต์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ได้ดังแสดงในรูป 4.1
- ทดสอบข้อมูล DEM ที่มีขนาดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาด 130 KB มีโครงสร้างตารางกริด 257 x 257 ช่อง จะได้ผลการทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.1.2 การทดสอบในพื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม

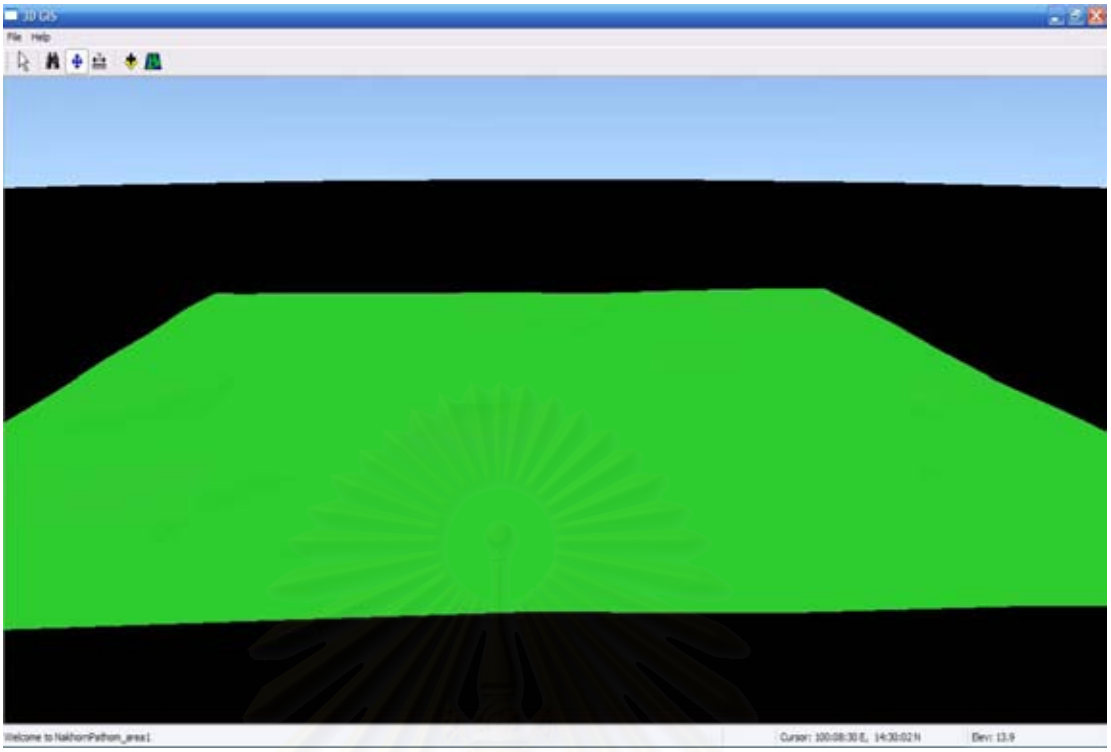
- ทดสอบข้อมูล DEM ที่มีขนาดข้อมูล 5 KB มีโครงสร้างตารางกริด 33 x 33 ช่อง สามารถแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.3
- ทดสอบข้อมูล DEM ที่มีขนาดข้อมูล 515 KB มีโครงสร้างตารางกริด 257 x 257 ช่อง ได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



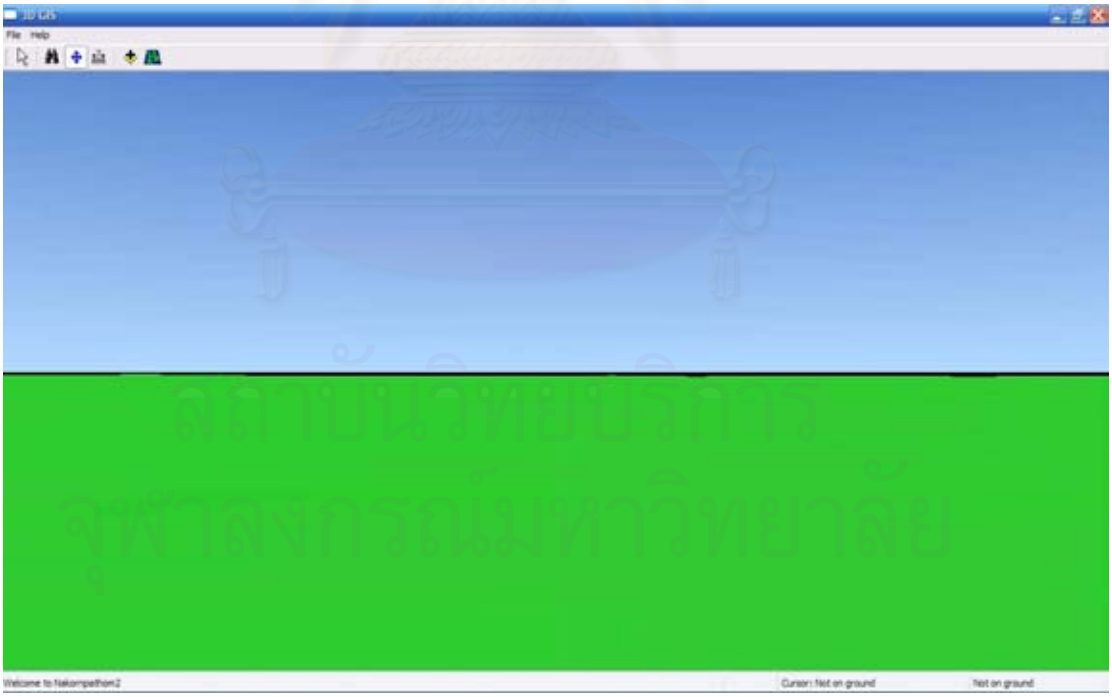
รูปที่ 4.1 ข้อมูล DEM ขนาด 1 KB ขนาดตารางกริด 17 x 17 ช่อง พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



รูปที่ 4.2 ข้อมูล DEM ขนาด 130 KB ขนาดตารางกริด 257 x 257 ช่อง พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



รูปที่ 4.3 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม ขนาด 5 KB ขนาดตารางกริด 33 x 33 ช่อง



รูปที่ 4.4 ข้อมูล DEM พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม ขนาด 515 KB ขนาดตารางกริด 257 x 257 ช่อง

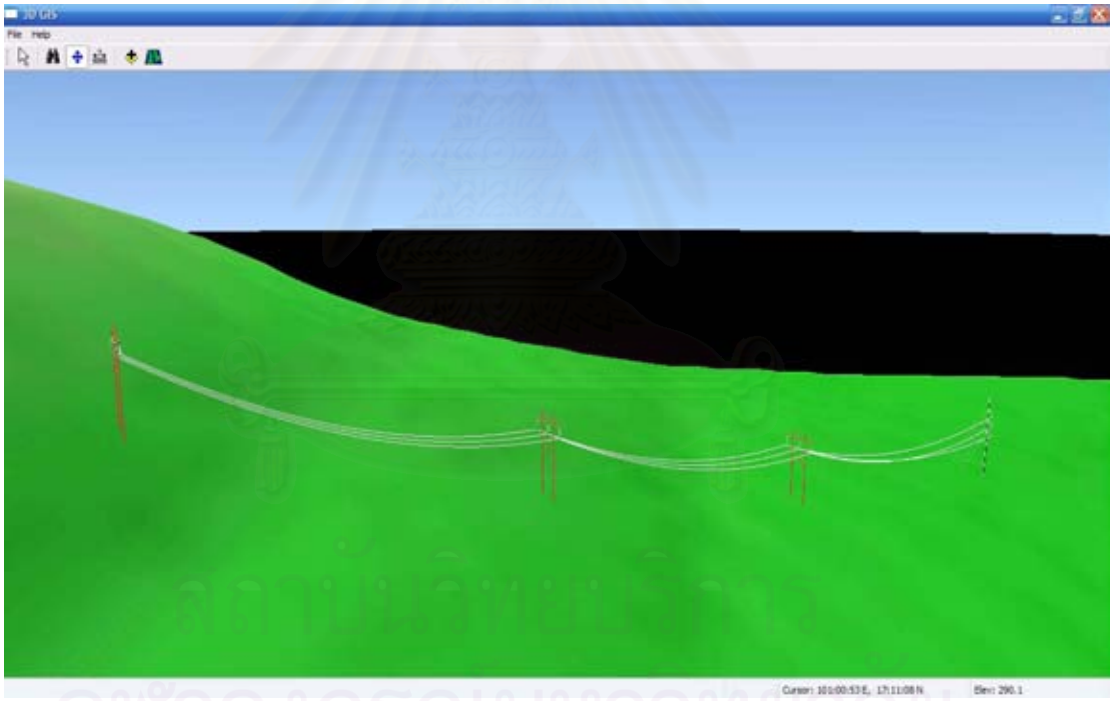
4.2 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

สำหรับการทดสอบในส่วนนี้จะทดสอบการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ในพื้นที่ทั้ง 2 บริเวณ โดยใช้ขนาดของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดสอบในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

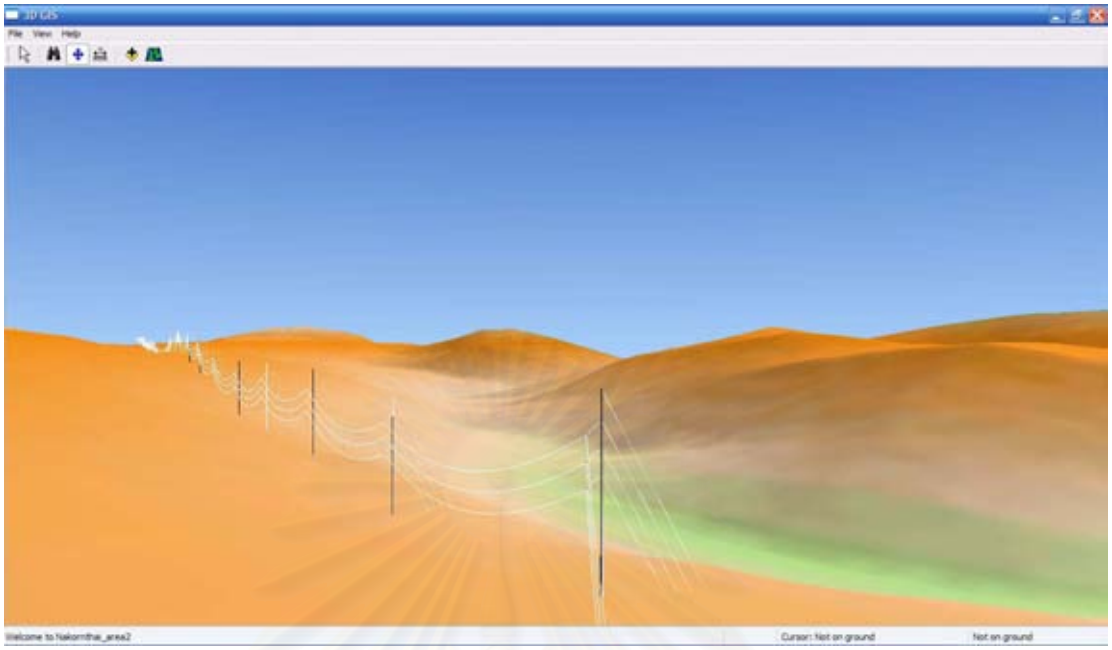
สำหรับการทดสอบในส่วนนี้จะแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ร่วมกันกับการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขแบบ 3 มิติ จากข้อมูล DEM ขนาด 130 KB และมีโครงสร้างตารางกริด 257 x 257 โดยใช้ข้อมูลสำหรับการทดสอบดังนี้

- ทดสอบกับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ มีความยาวเส้นทางของระบบ 0.24 กิโลเมตร และมีจำนวนเสาไฟฟ้า 4 ต้น ซึ่งจะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ จำนวนเสาไฟฟ้า 4 ต้น พื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

- ทดสอบกับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ มีความยาวเส้นทางของระบบ 2.82 กิโลเมตร และมีจำนวนเสาไฟฟ้า 34 ต้น ซึ่งจะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

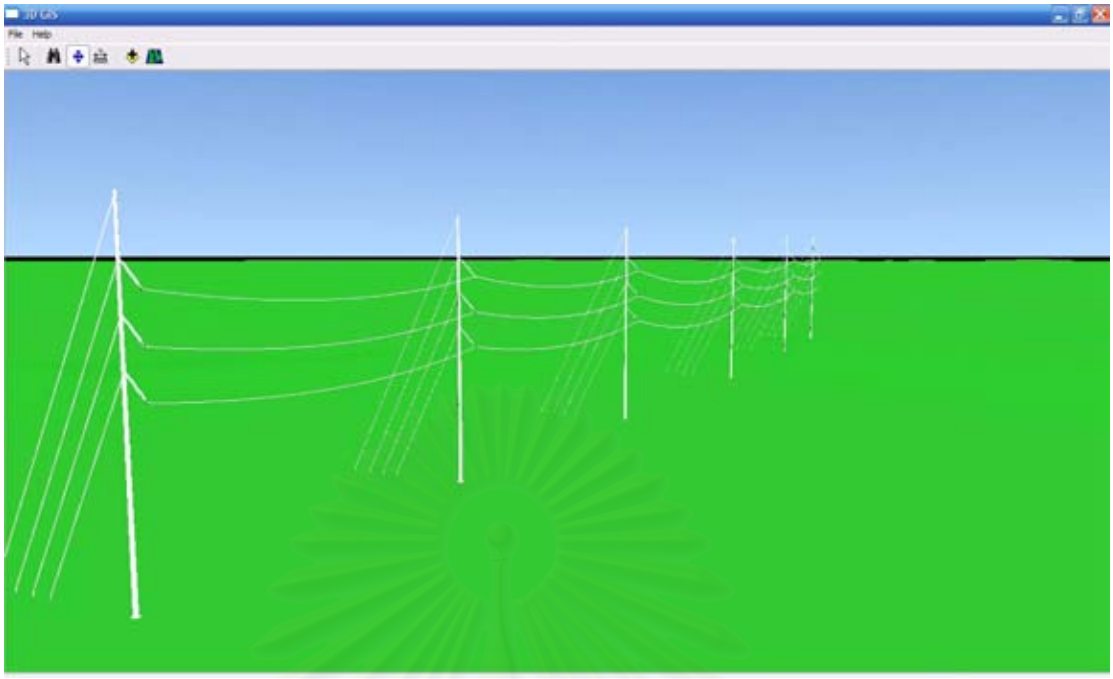


รูปที่ 4.6 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ จำนวนเสาไฟฟ้า 34 ต้น พื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก แสดงข้อมูล

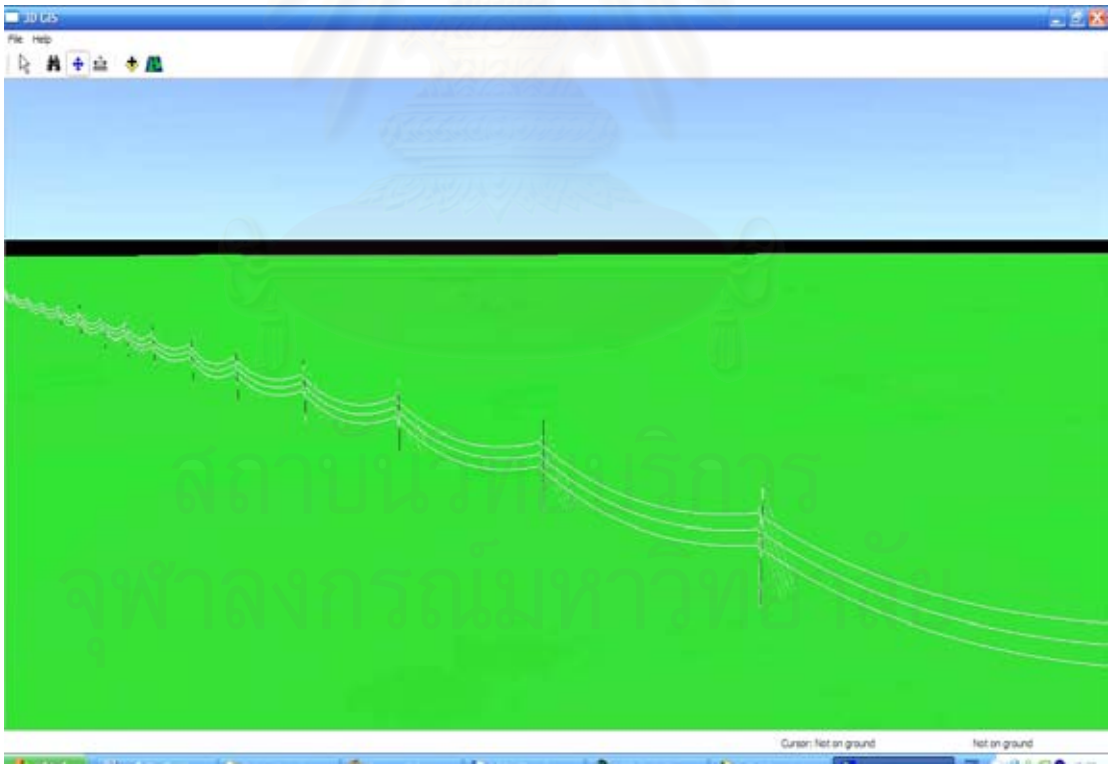
4.2.2 **การทดสอบในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม**

สำหรับการทดสอบในส่วนนี้จะทดสอบการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ร่วมกันกับการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขแบบ 3 มิติ จากข้อมูล DEM ขนาด 515 KB และมีโครงสร้างตารางกริด 257 x 257 ช่อง โดยใช้ข้อมูลสำหรับการทดสอบดังนี้

- ทดสอบกับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ มีความยาวเส้นทางของระบบ 0.20 กิโลเมตร และมีจำนวนเสาไฟฟ้า 6 ต้น ซึ่งจะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.7
- ทดสอบกับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ มีความยาวเส้นทางของระบบ 1.28 กิโลเมตร และมีจำนวนเสาไฟฟ้า 18 ต้น ซึ่งจะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ จำนวนพื้นที่เสาไฟฟ้า 6 ต้น บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม



รูปที่ 4.8 ภาพกราฟิก 3 มิติ ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ จำนวนพื้นที่เสาไฟฟ้า 18 ต้น บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม

4.3 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน

4.3.1 การทดสอบในพื้นที่เขต อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

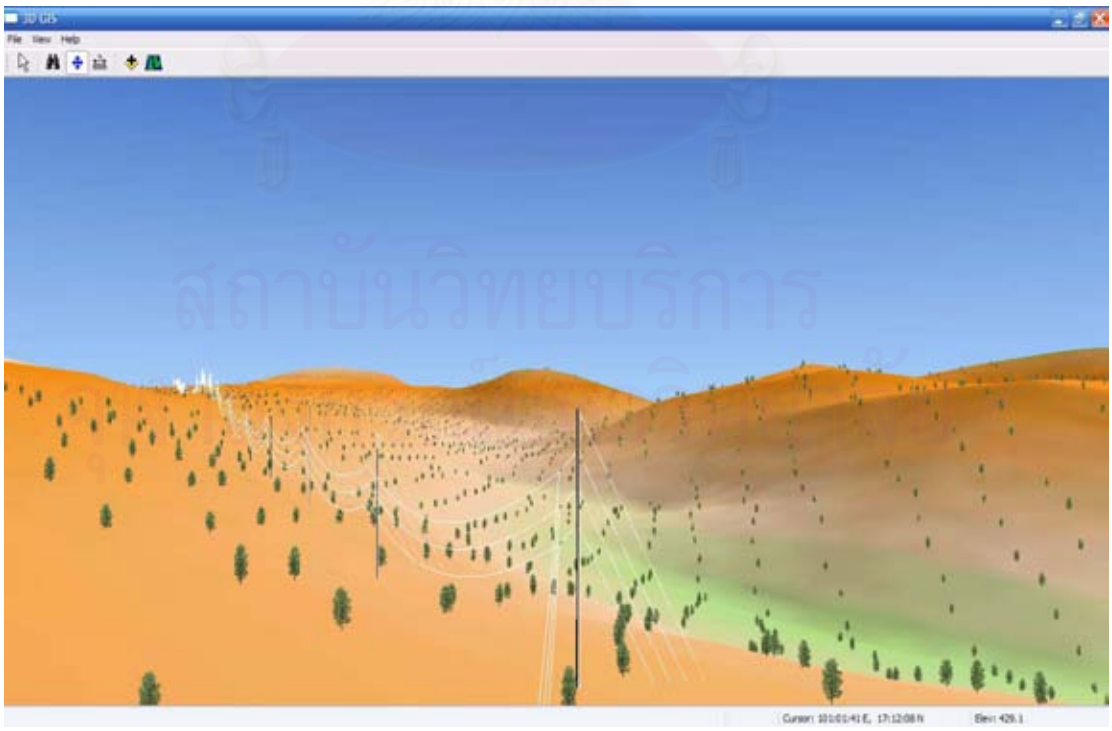
สำหรับการทดสอบการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ จะนำข้อมูลแผนที่ฐานในพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก มาแสดงผลร่วมกันกับข้อมูล DEM และข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ แบบ 3 มิติ จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9

4.3.2 การทดสอบในพื้นที่เขต อ.เมือง จ.นครปฐม

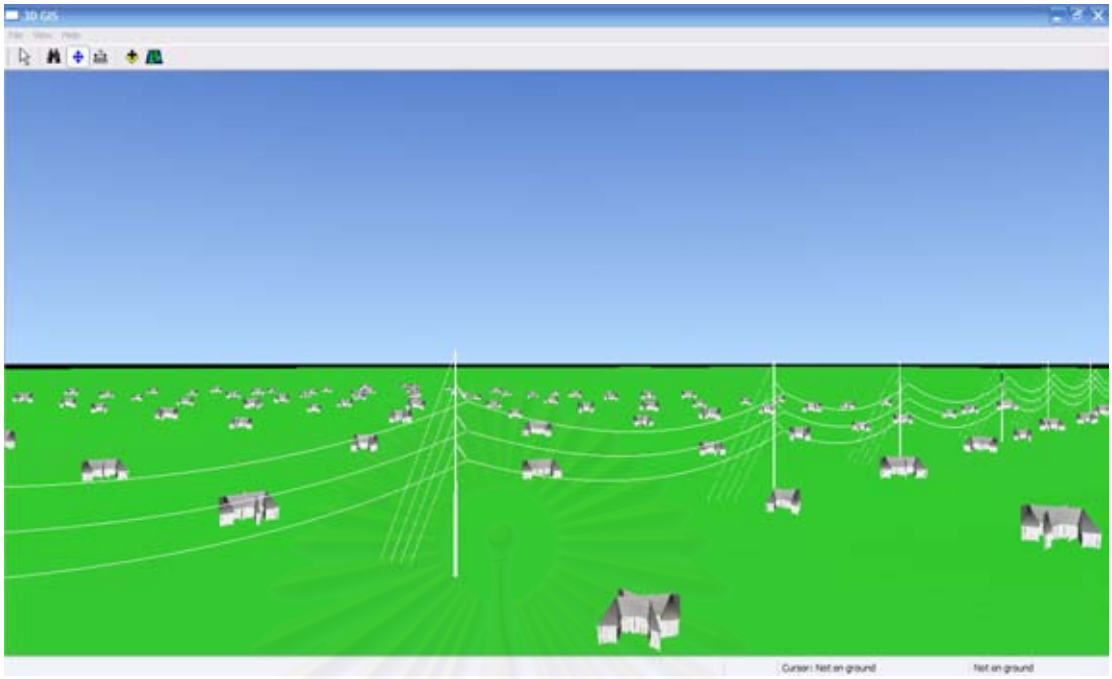
สำหรับการทดสอบการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ จะนำข้อมูลแผนที่ฐานในพื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม มาแสดงผลร่วมกันกับข้อมูล DEM และข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ แบบ 3 มิติ จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.10

4.4 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ

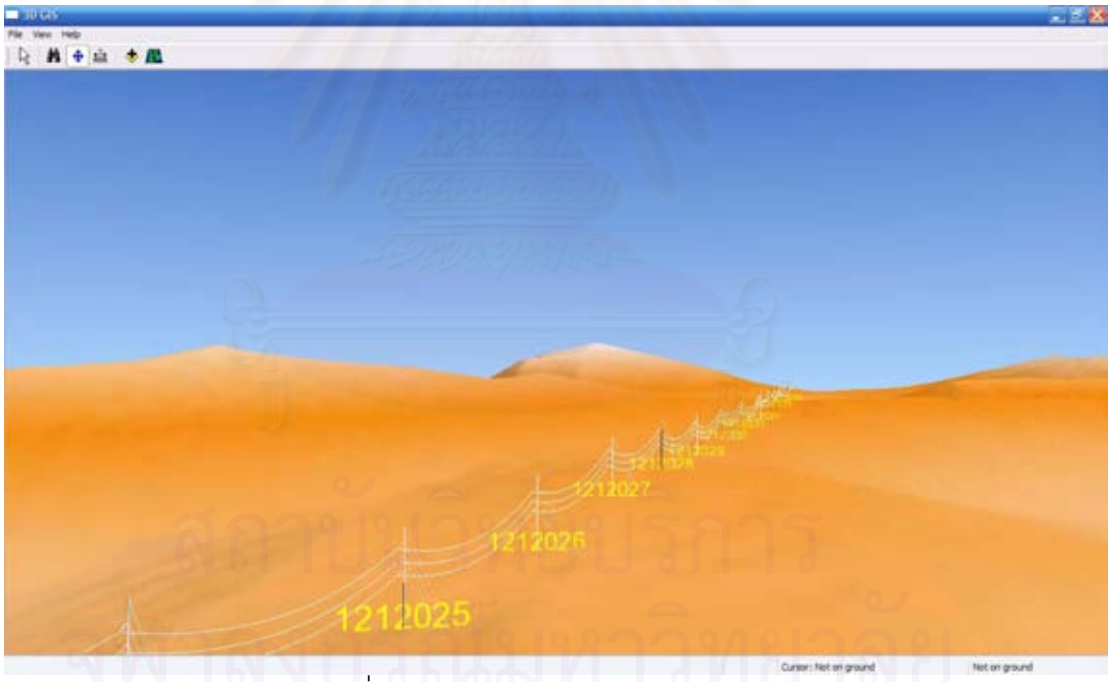
การทดสอบการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะนั้น ผู้วิจัยได้ทดสอบกับการแสดงผลกับข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ และข้อมูลแผนที่ฐาน บนระดับชั้นข้อมูล DEM ที่แสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ โดยทดสอบในพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ด้วยวิธีการแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะของค่ารหัสประจำเสาไฟฟ้าในตารางฐานข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.9 การแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ พื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



รูปที่ 4.10 การแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐานแบบ 3 มิติ พื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม



รูปที่ 4.11 การแสดงผลข้อมูลคุณลักษณะ

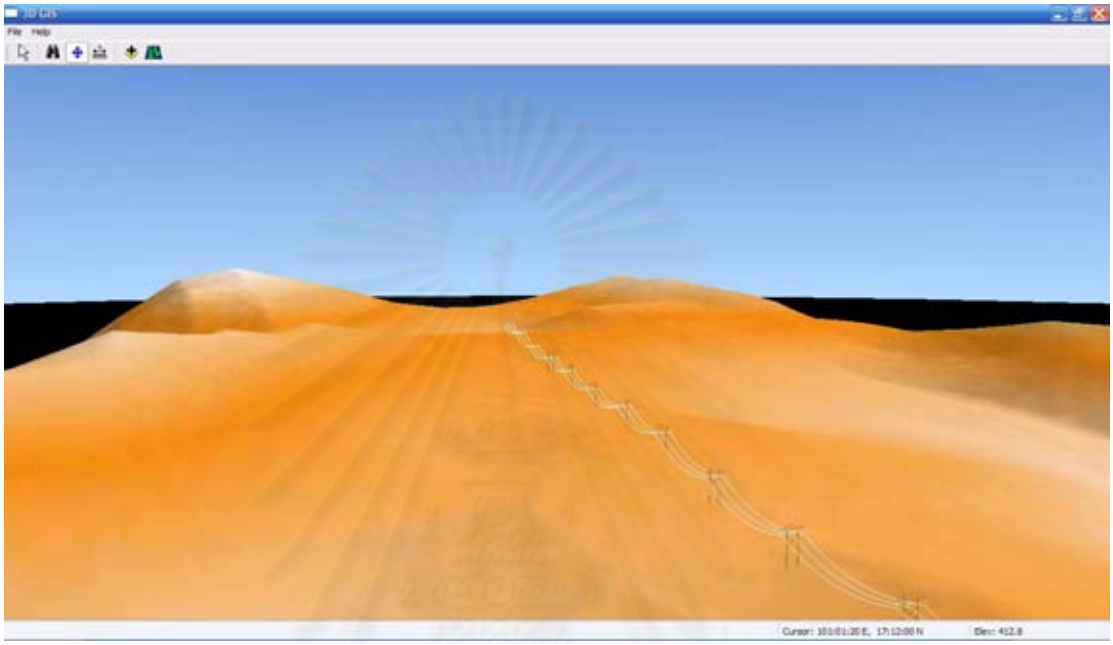
4.5 การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆในส่วนการแสดงผล

สำหรับการทดสอบในส่วนนี้ จะทดสอบคุณสมบัติการทำงานขณะที่มีการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ของข้อมูล DEM ขนาดข้อมูล 252 KB ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ซึ่งมีเส้นทางความยาว 2.82 กิโลเมตร มีจำนวนเสาไฟฟ้า 34 ต้น และข้อมูลแผนที่ฐานในพื้นที่เขต อ.นครไทย จ.พิษณุโลก โดยแบ่งการทดสอบตามคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่

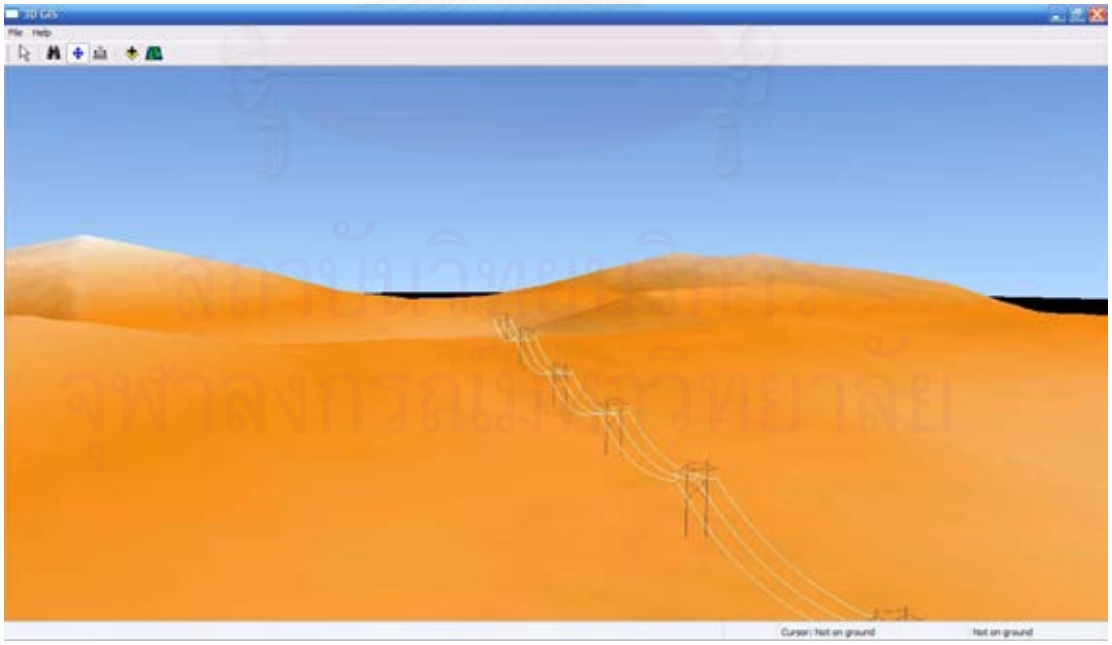
4.5.1 การทดสอบการปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผล

ใช้วิธีการทดสอบด้วยการทำงานผ่านทางการคลิกและการเคลื่อนที่ของเมาส์ในทิศทางต่างๆ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนส่วนของการแสดงผลด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่

- การบินผ่าน (Navigate) ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.12



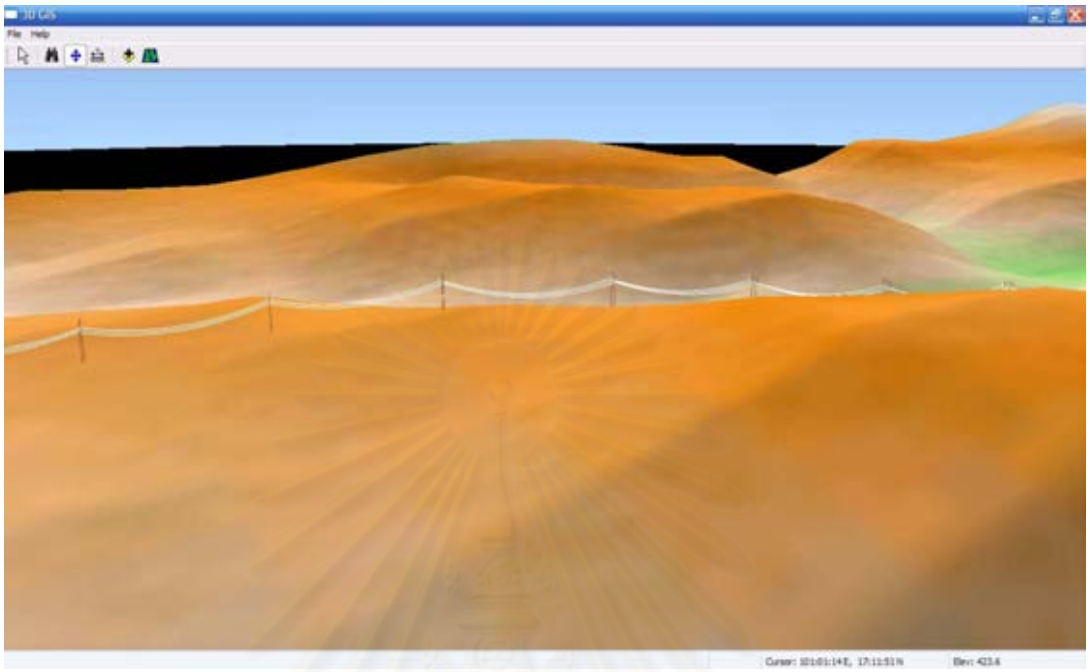
(ก) แสดงข้อมูลแบบ 3 มิติ ก่อนเริ่มการปรับมุมมองแสดงผลด้วยการบินผ่าน (Navigate)



(ข) แสดงข้อมูลแบบ 3 มิติ หลังการปรับมุมมองแสดงผลด้วยการบินผ่าน (Navigate)

รูปที่ 4.12 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการบินผ่าน (Navigate)

- การดึงภาพเข้า (Zoom In) และการดึงภาพออก (Zoom Out) ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.13

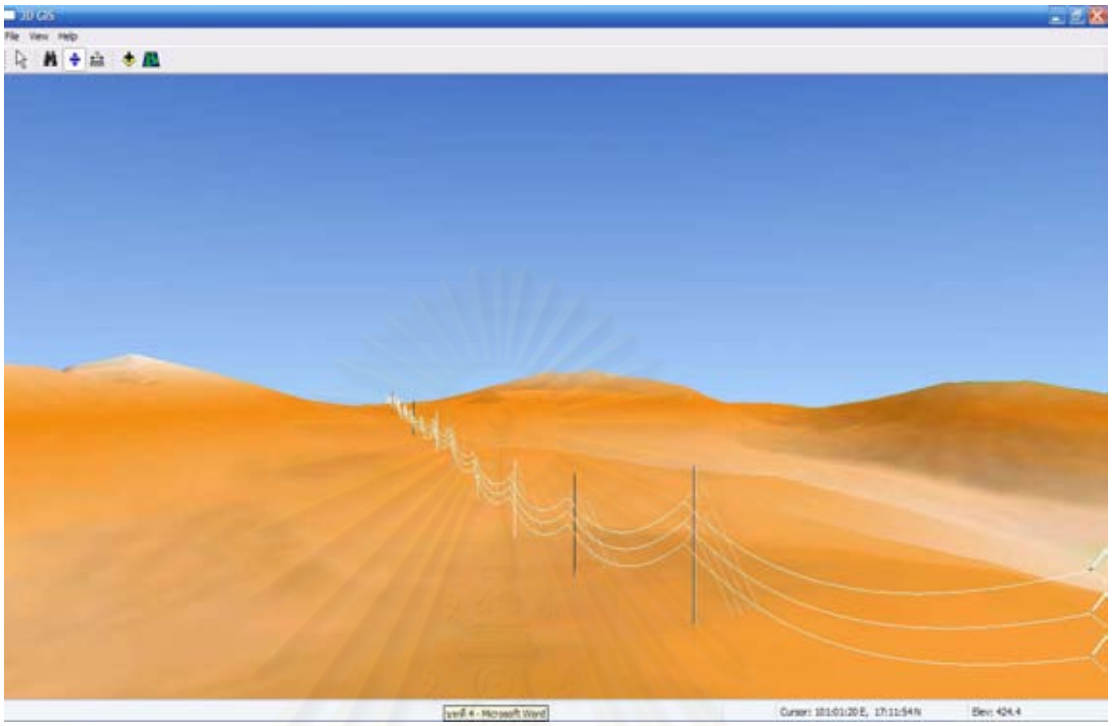


(ก) ข้อมูลแบบ 3 มิติ ก่อนการดึงภาพเข้า (Zoom In)

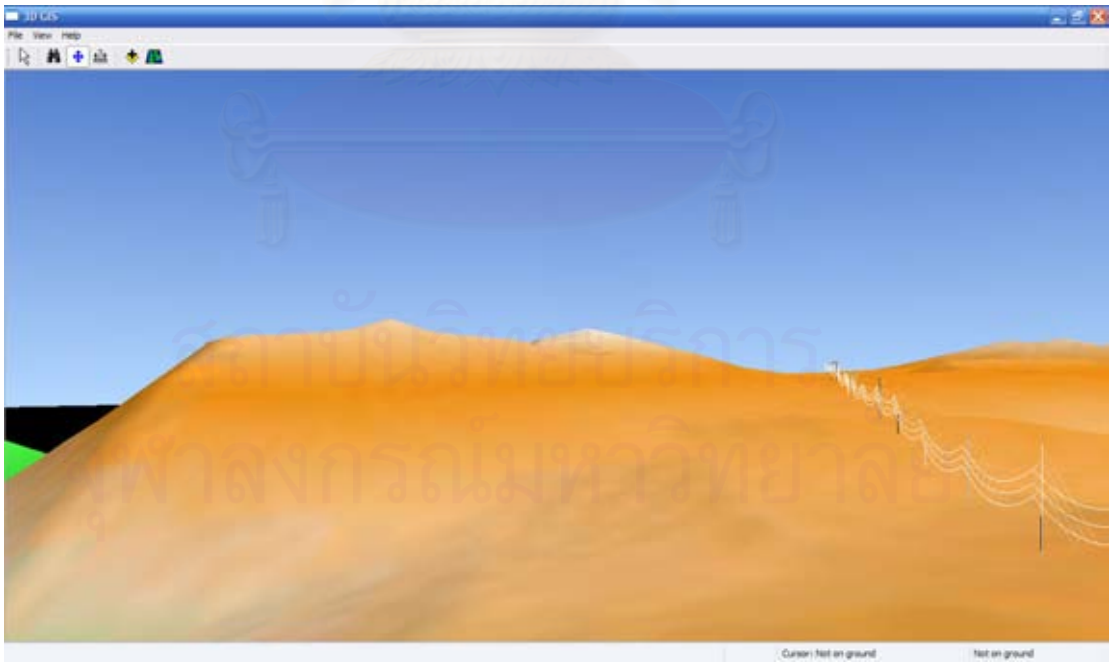
(ข) ข้อมูลแบบ 3 มิติ หลังการดึงภาพเข้า (Zoom In)

รูปที่ 4.13 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการดึงภาพเข้า

- การหมุนภาพซ้ายและหมุนภาพขวา (Rotate) ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.14

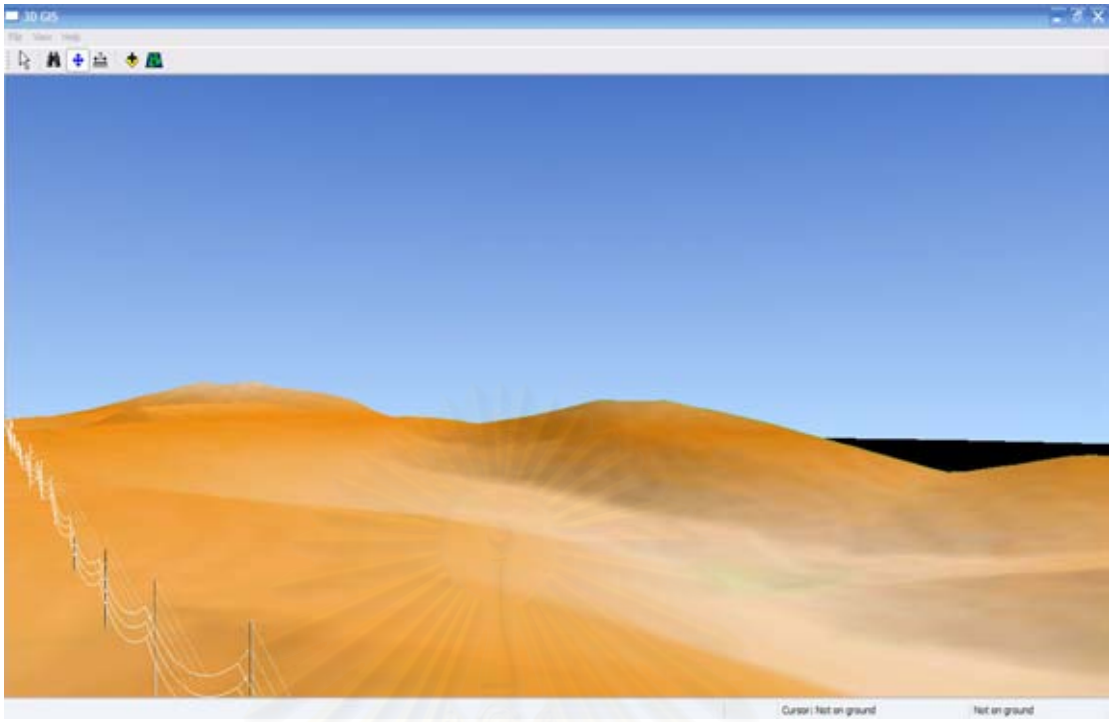


(ก) ข้อมูลแบบ 3 มิติ ก่อนการปรับการแสดงผลด้วยการหมุน (Rotate)



(ข) ข้อมูลแบบ 3 มิติ หลังการหมุน (Rotate) ไปทางด้านซ้ายของผู้ใช้

รูปที่ 4.14 การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการหมุน



(ค) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ หลังการหมุน (Rotate) ไปทางด้านขวาของผู้ใช้

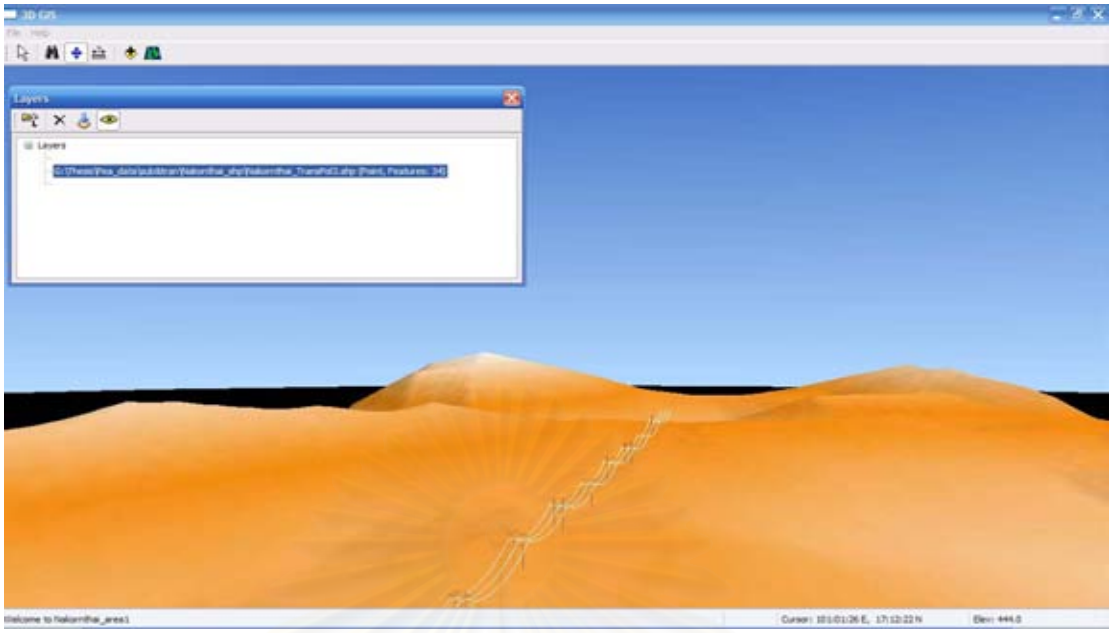
รูปที่ 4.14 (ต่อ)การปรับเปลี่ยนมุมมองการแสดงผลด้วยการหมุน

4.5.2 การทดสอบการจัดการระดับชั้นข้อมูล

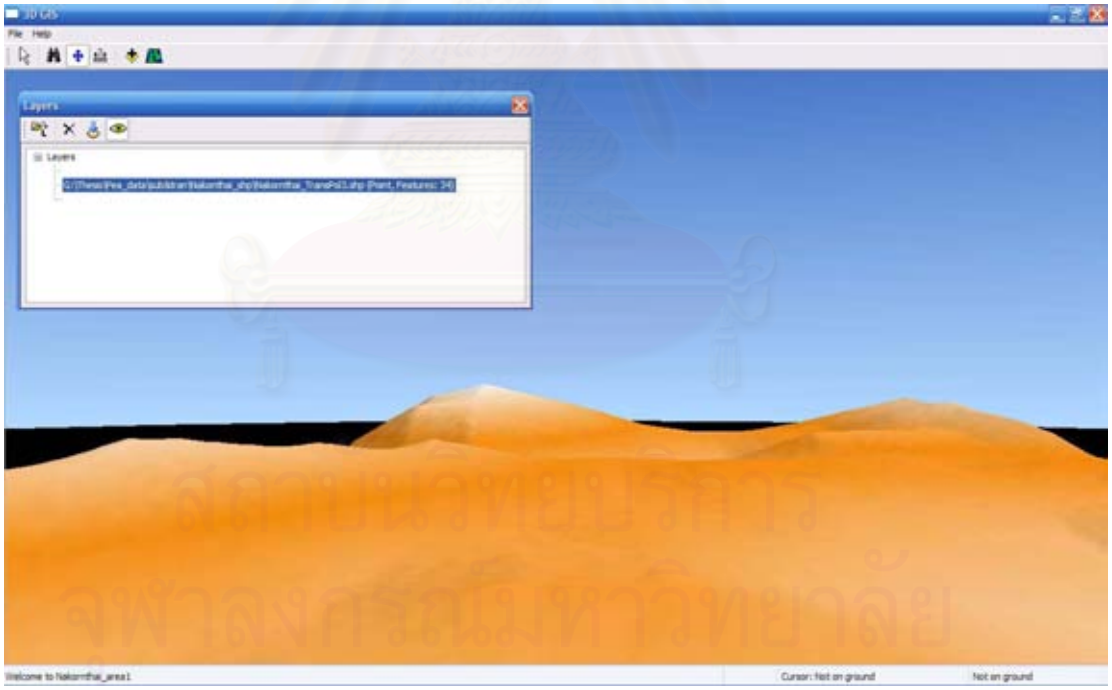
สำหรับการทดสอบในส่วนนี้จะทดสอบการจัดการระดับชั้นข้อมูลขณะที่มีการแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับข้อมูลต่างๆ ด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

- การซ่อนการแสดงผลชั่วคราว ในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.15
- การยกเลิกการแสดงผลและการลบระดับชั้นข้อมูลในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

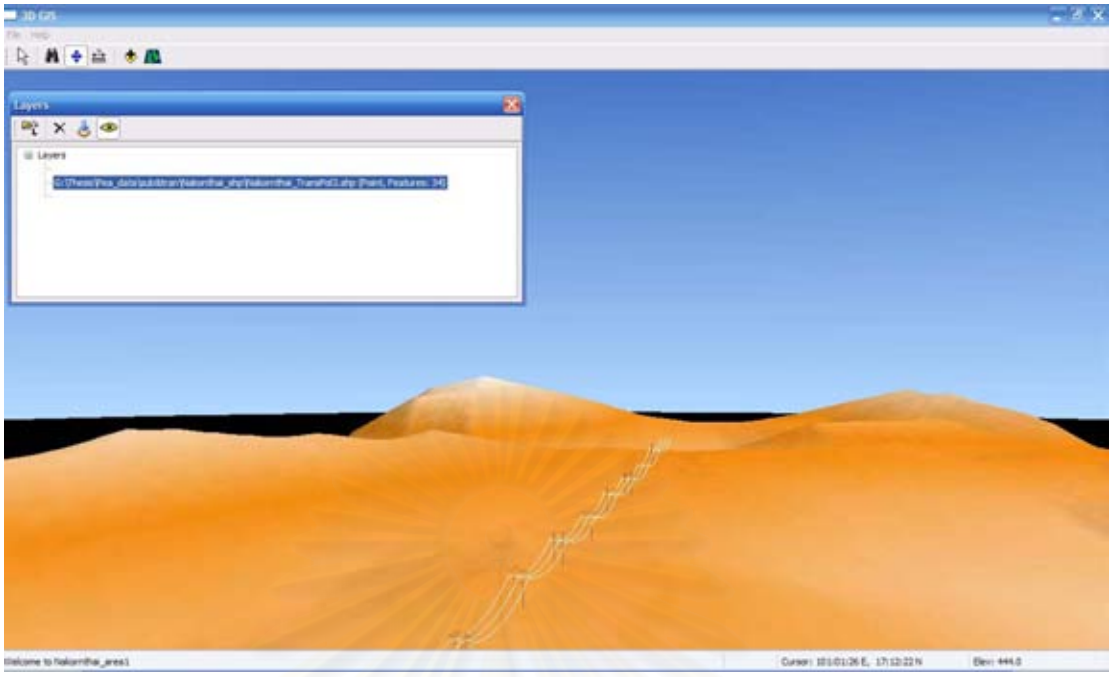


(ก) การแสดงผลข้อมูลแบบ3 มิติ ก่อนการซ่อนการแสดงผลชั่วคราวในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

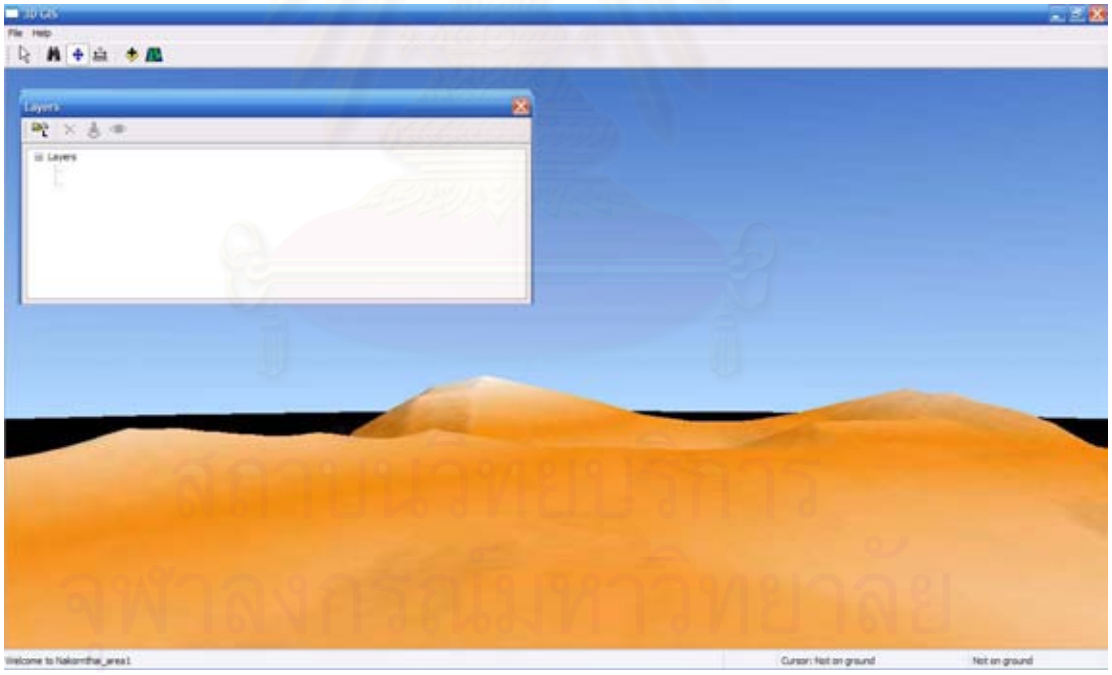


(ข) การแสดงผลข้อมูลแบบ3 มิติ เมื่อซ่อนการแสดงผลชั่วคราวในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

รูปที่ 4.15 การจัดการระดับชั้นข้อมูลด้วยการซ่อนการแสดงผล



(ก) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ก่อนการยกเลิกการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

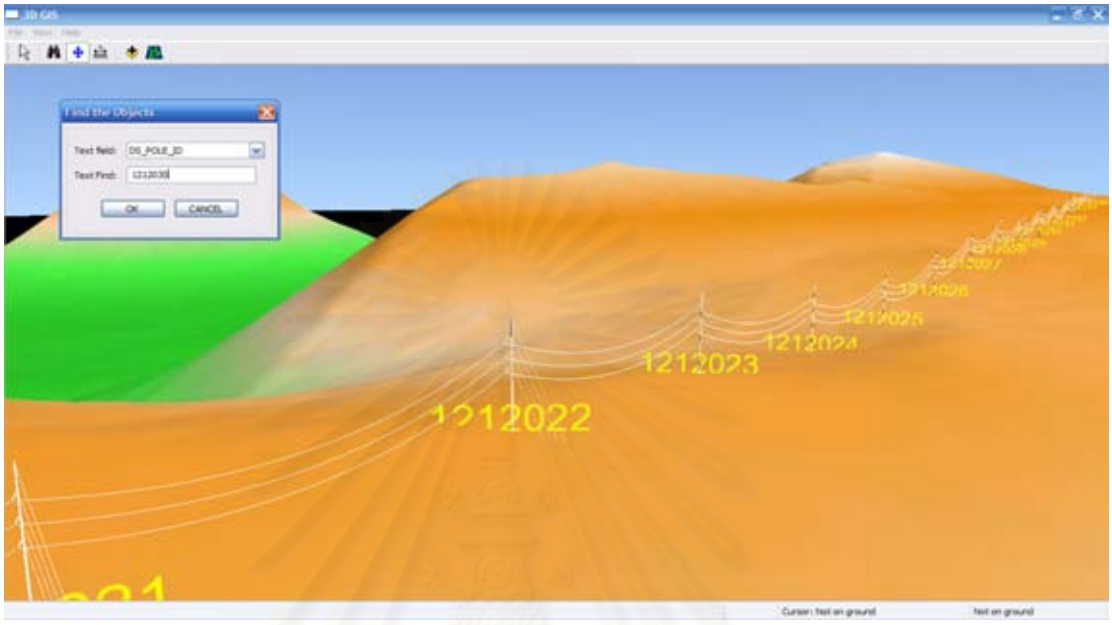


(ข) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ หลังการยกเลิกการแสดงผลในระดับชั้นข้อมูลของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

รูปที่ 4.16 การจัดการระดับชั้นข้อมูลด้วยการยกเลิกการแสดงผลและการลบระดับชั้นข้อมูล

4.5.3 การทดสอบการค้นหาตำแหน่งของข้อมูลแบบ 3 มิติ

สำหรับการทดสอบการค้นหาตำแหน่งนั้น ผู้วิจัยได้ทดสอบการค้นหาเสาไฟฟ้าของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.17



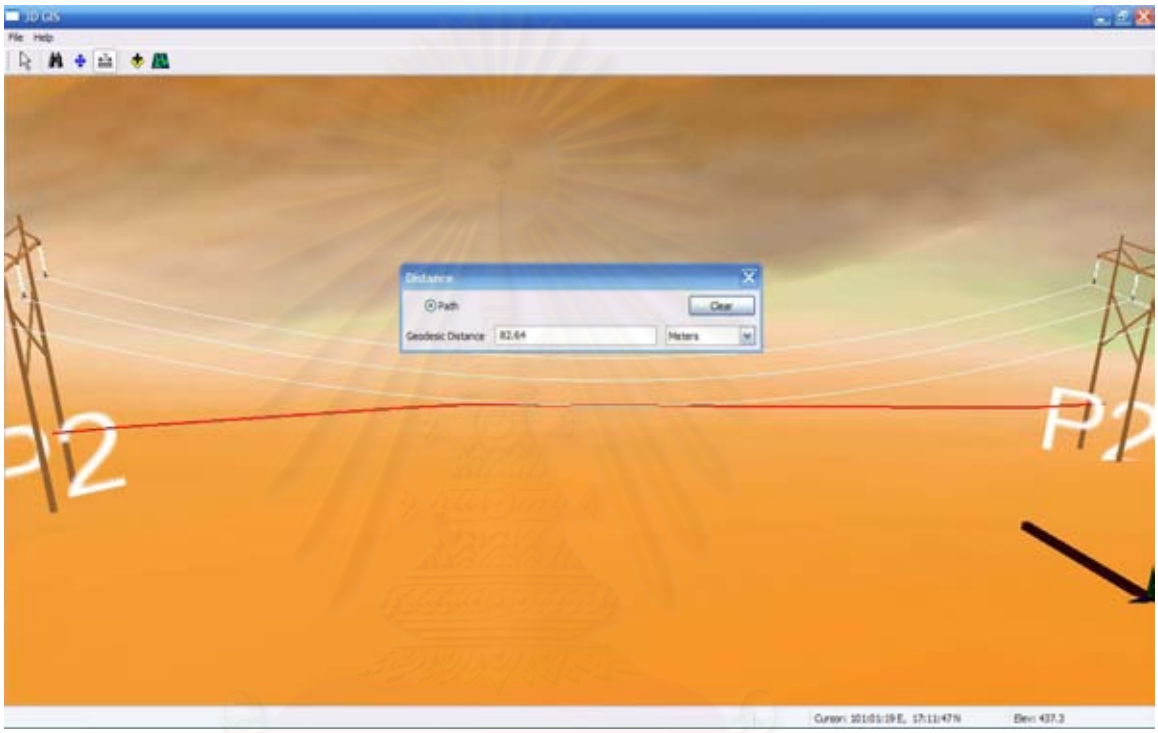
(ก) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ ก่อนการค้นหาตำแหน่งจากข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

(ข) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ เมื่อสามารถค้นหาตำแหน่งจากข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

รูปที่ 4.17 การค้นหาตำแหน่งข้อมูลแบบจากข้อมูลคุณลักษณะ

4.5.4 การทดสอบการวัดระยะทางระหว่างจุด

การทดสอบในส่วนนี้จะทดสอบการวัดระยะทางระหว่างจุดสองจุดในตำแหน่งที่ต้องการ โดยการคลิกเมาส์ซ้ายเพื่อกำหนดตำแหน่งจุดแล้ว เคลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดระยะทางในจุดที่สอง ด้วยการคลิกเมาส์ซ้ายเช่นเดียวกัน ได้ผลของทดสอบการวัดระยะทางดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การวัดระยะห่างระหว่างจุดสองจุดของการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ

4.6 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง (VRML)

การทดสอบในส่วนนี้จะปรับเปลี่ยนการแสดงผลข้อมูล DEM ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115ท กิโลโวลต์ และข้อมูลแผนที่ฐาน ในพื้นที่การทดสอบทั้ง 2 บริเวณ ดังต่อไปนี้

4.6.1 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML พื้นที่ อ.นครไทย จ. พิษณุโลก

สำหรับการทดสอบในพื้นที่นี้จะใช้ข้อมูลต่างๆในการทดสอบดังต่อไปนี้

- ข้อมูล DEM ที่มีขนาดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาด 1 KB มีโครงสร้างขนาดช่องตารางกริด 17 x 17 ช่อง และข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่มี

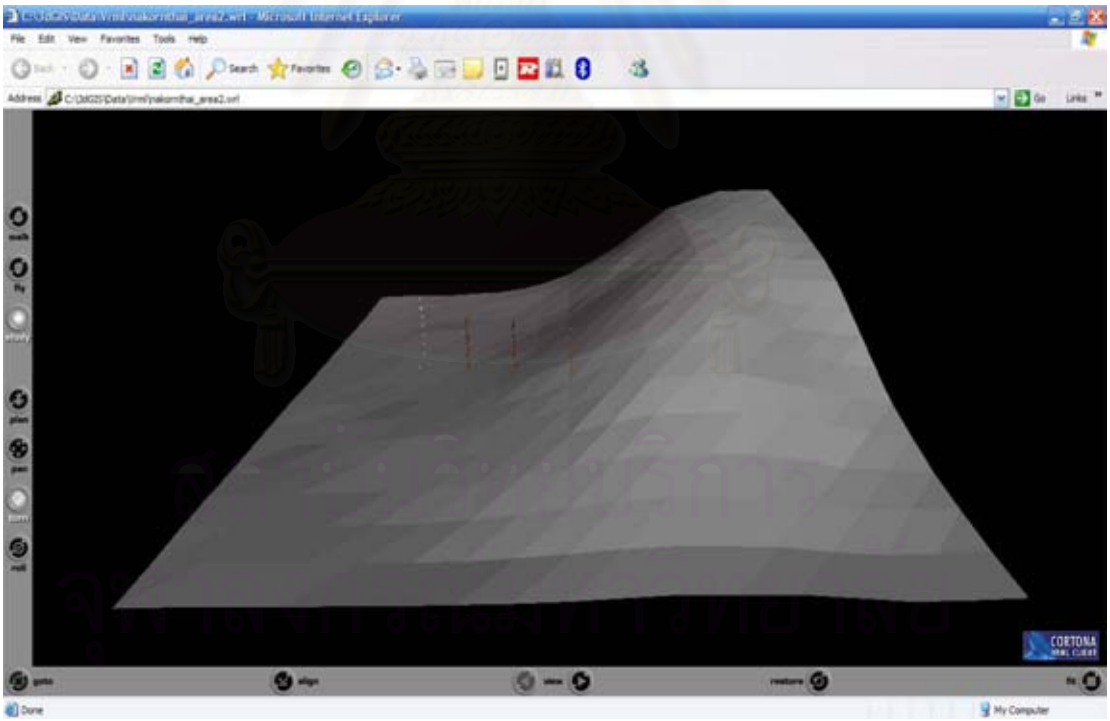
เส้นทางความยาว 0.24 กิโลเมตร จำนวนเสาไฟฟ้า 4 ต้น จะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML ดังแสดงในรูปที่ 4.19

- ข้อมูล DEM ที่มีขนาดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาด 130 KB มีโครงสร้างขนาดช่องตารางกริด 257 x 257 ช่อง และข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่มีเส้นทางความยาว 2.82 กิโลเมตร จำนวนเสาไฟฟ้า 34 ต้น จะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML ดังแสดงในรูปที่ 4.20

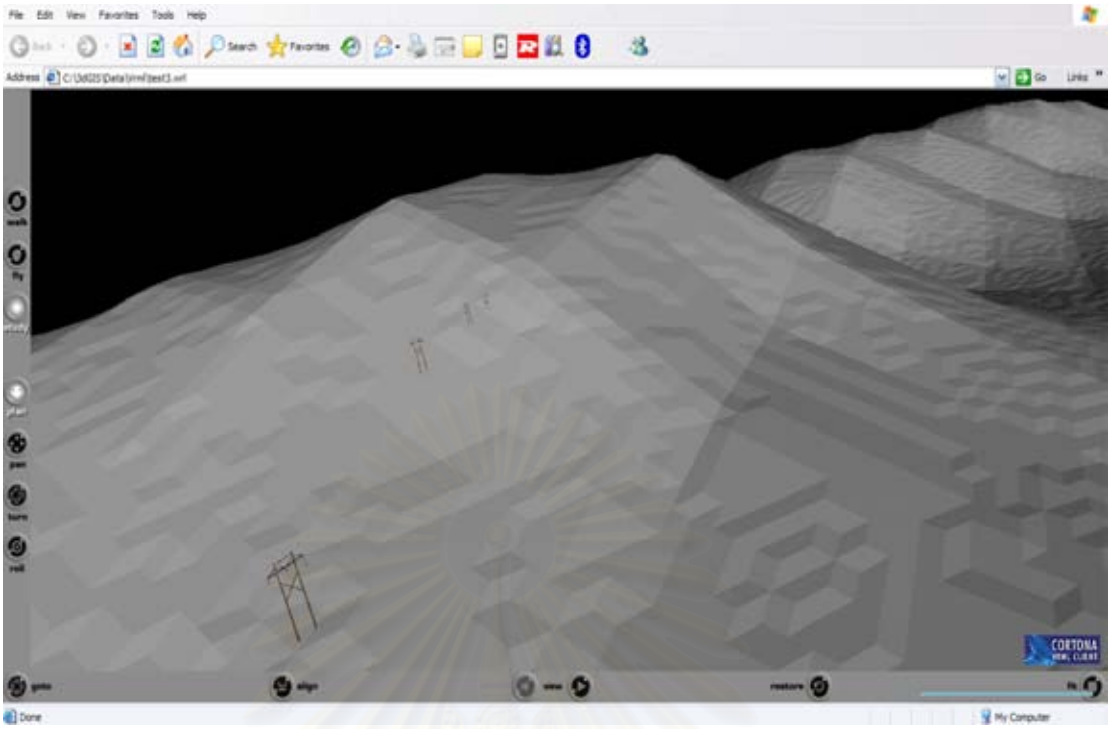
4.6.2 การทดสอบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML พื้นที่ อ.เมือง จ. นครปฐม

สำหรับการทดสอบในพื้นที่นี้ จะใช้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

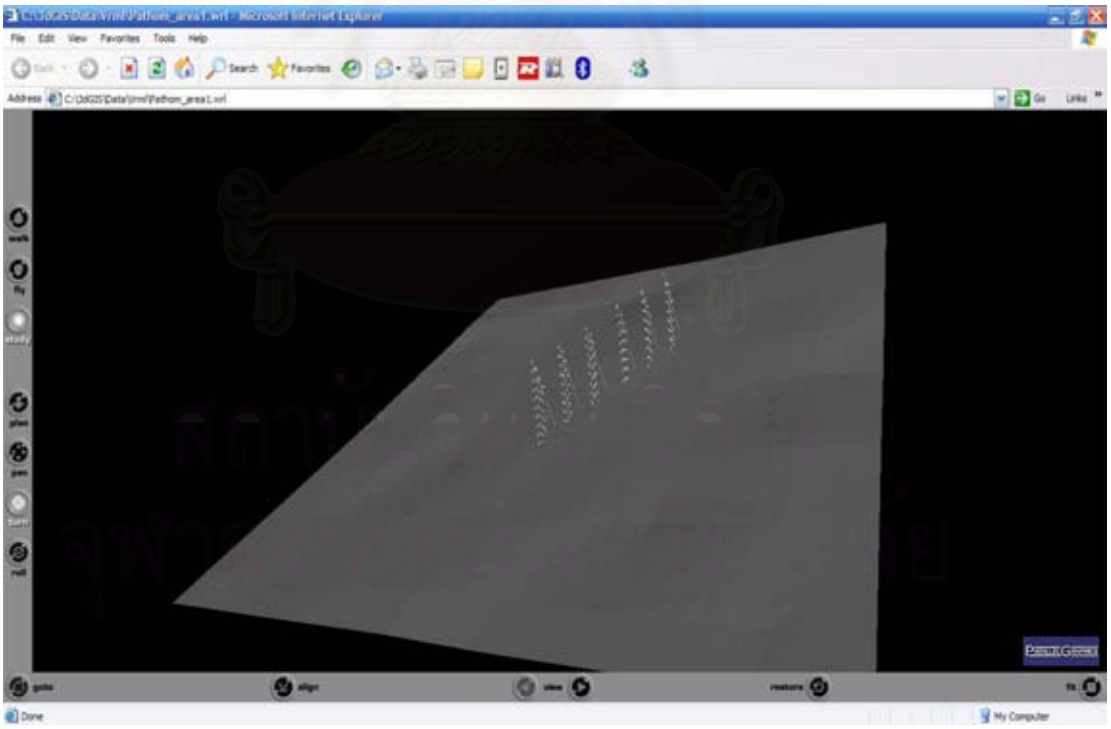
- ข้อมูล DEM ที่มีขนาดของข้อมูลได้แก่ ข้อมูล DEM ขนาด 5 KB มีโครงสร้างขนาดช่องตารางกริด 33 x 33 และข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ที่มีเส้นทางความยาว 0.20 กิโลเมตร จำนวนเสาไฟฟ้า 6 ต้น จะได้การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบ VRML ดังแสดงในรูป 4.21



รูปที่ 4.19 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติ ในรูปแบบมาตรฐาน VRML ขนาดข้อมูล DEM 1 KB ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



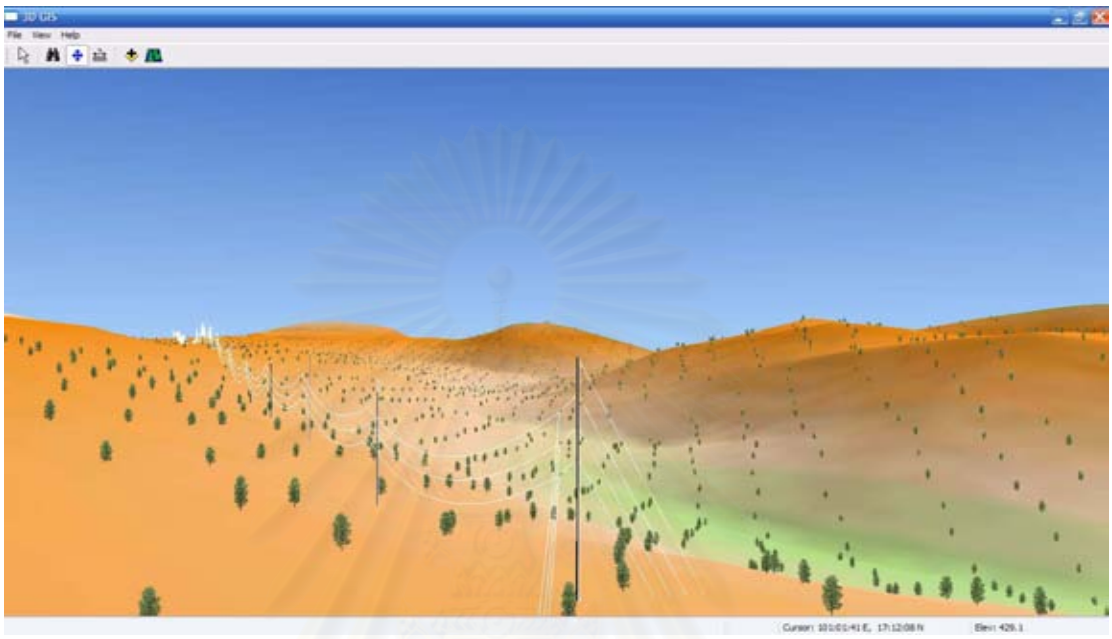
รูปที่ 4.20 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติในรูปแบบมาตรฐาน VRML ขนาดข้อมูล DEM 130 KB ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



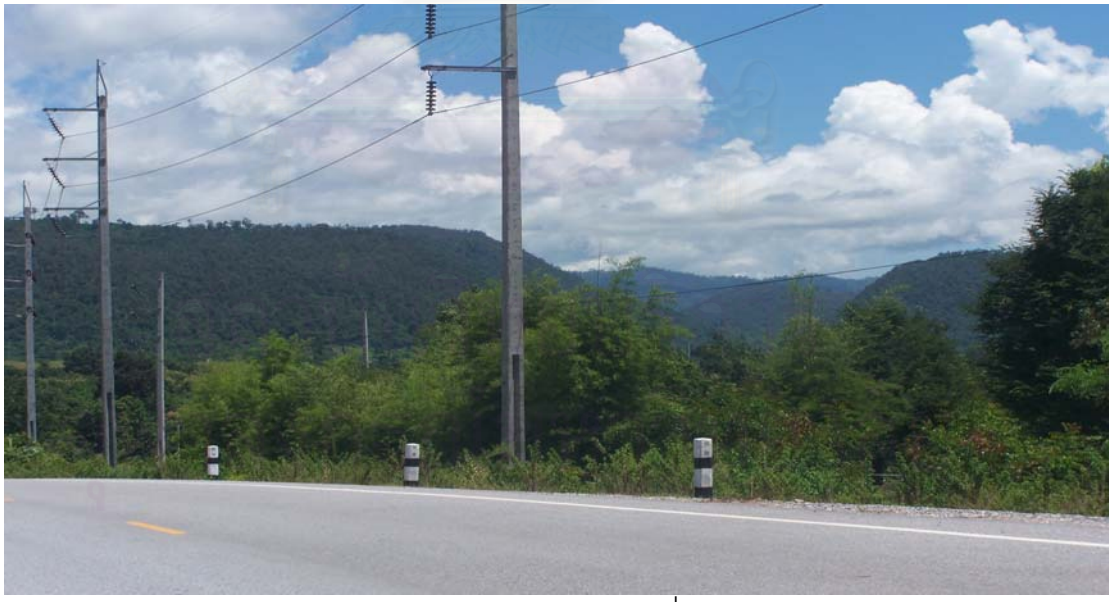
รูปที่ 4.21 การแสดงข้อมูลแบบ 3 มิติ ในรูปแบบมาตรฐาน VRML ขนาดข้อมูล DEM 5 KB ในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

4.7 การเปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายจริง

จากการแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์และข้อมูลแผนที่ฐาน สามารถนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายจากสถานที่จริงของข้อมูลดังกล่าวในพื้นที่ทั้ง 2 บริเวณ ดังแสดงในรูปที่ 2.22 และ 2.23

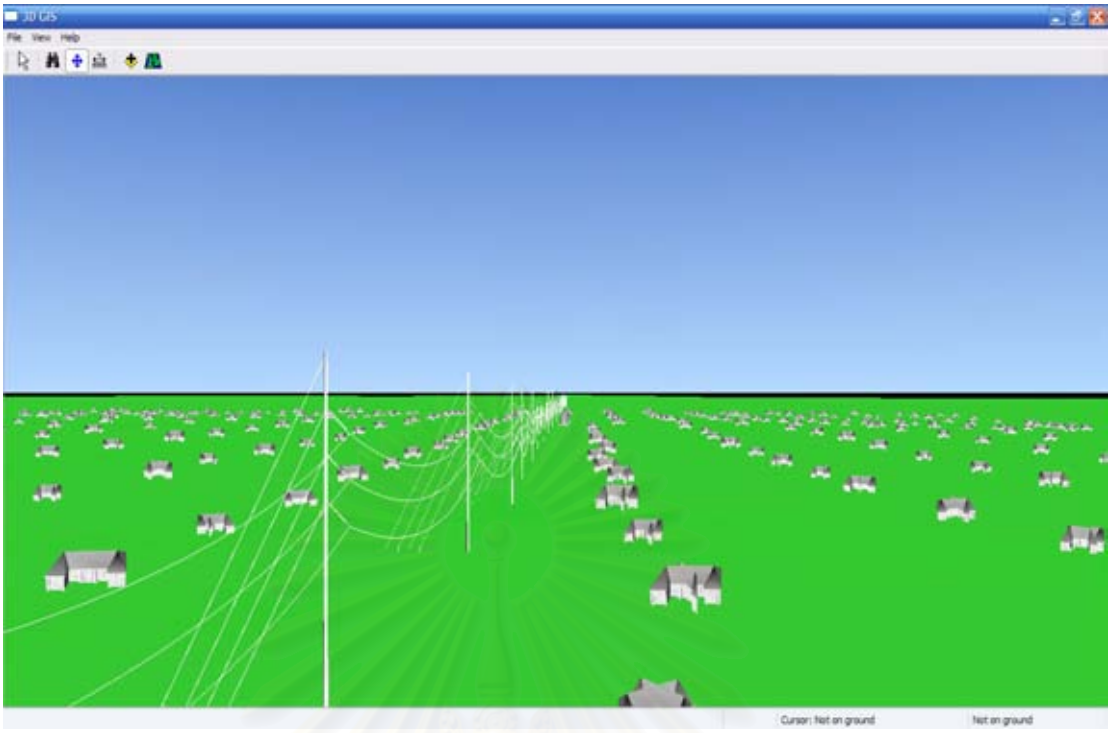


(ก) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติของข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากระบบ ฯ



(ข) ภาพถ่ายจากสถานที่จริง

รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายสถานที่จริง ในพื้นที่ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก



(ก) การแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติของข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากระบบ ฯ

(ข) ภาพถ่ายจากสถานที่จริง

รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ กับภาพถ่ายสถานที่จริง ในพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

จากการนำไปประยุกต์ใช้งานในพื้นที่บริเวณ อ. นครไทย จ.พิษณุโลก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาและพื้นที่ราบคือ อ.เมือง จ.นครปฐม พบว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถวิเคราะห์และพิจารณาข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูงในการแสดงผลแบบ 3 มิติ ได้โดยเน้นหลักความสำคัญของการวิเคราะห์ระยะระหว่างจุดของตำแหน่งที่สนใจและค่าความสูงของลักษณะภูมิประเทศ ณ ตำแหน่งนั้น พร้อมทั้งลักษณะภูมิประเทศที่ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ พาดผ่านจากการแสดงผลของข้อมูลแบบ 3 มิติ ที่ชัดเจนเสมือนจริงและดูสวยงาม สามารถพิจารณา วิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานได้โดยทันที โดยไม่มีความจำเป็นต้องให้พนักงานเดินทางออกไปสำรวจยังสภาพพื้นที่จริง ซึ่งแตกต่างออกไปจากระบบเดิมที่มีอยู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบการประยุกต์ใช้ระบบ 3D GIS กับระบบ 2D GIS สำหรับการวางแผน, วิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

แนวทางการดำเนินงาน	**ความสามารถของ** 2D GIS	**ความสามารถของ** 3D GIS
ตรวจสอบข้อมูลเส้นทาง ตำแหน่งและชนิดของเสาไฟฟ้าของข้อมูลกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์	แสดงข้อมูลประเภทเส้นกราฟิก 2 มิติ ด้วยโปรแกรม Arcview และ ArcGis	แสดงข้อมูลด้วยภาพกราฟิก 3 มิติ ทำให้เห็นข้อมูลที่ชัดเจนเสมือนจริง
วิเคราะห์ข้อมูลค่าความสูงโดยการหาค่าความสูง ณ จุดที่สนใจ	ไม่สามารถแสดงค่าความสูงของจุดที่ต้องการได้	แสดงค่าความสูงของจุดที่ต้องการได้โดยตัวเลขและภาพกราฟิก 3 มิติ
ตรวจสอบระยะห่างระหว่างจุดเชื่อมโยงของระบบสายส่งที่ใกล้เคียง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงกันของทั้งสองระบบ	ใช้เครื่องมือวัดระยะจากโปรแกรม Arcview และ ArcGis ที่สามารถวัดได้เพียงระยะทางในรูปแบบ 2 มิติ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน	สามารถวัดระยะทางตามสภาพพื้นที่เสมือนจริงให้ค่าระยะทางระหว่างจุดเชื่อมโยงที่ใกล้เคียงกับระยะจริง
ตรวจสอบลักษณะข้อมูลสภาพพื้นที่และสภาพภูมิประเทศ เพื่อเลือกชนิดของเสาไฟฟ้าที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่	แสดงข้อมูลแบบภาพปิด (Polygon)	แสดงข้อมูลด้วยภาพกราฟิก 3 มิติ และ ข้อมูลสัญลักษณ์วัตถุ 3 มิติ

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในมาตรฐาน Level 1 (ทุก 90 เมตรต่อ 1 จุดความสูง) ในพื้นที่ประเทศไทย นอกจากนี้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในมาตรฐานอื่นๆ ได้แก่ มาตรฐาน Level 0 (ทุก 1 กิโลเมตร ต่อ 1 จุดความสูง) และ Level 2 (มาตรฐานทุก 30 เมตร ต่อ 1 จุดความสูง) ก็สามารถนำมาแสดงผลในระบบแสดงผลในงานวิจัยนี้ได้เช่นเดียวกัน

ในกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้คือ งานวิเคราะห์ วางแผน ก่อสร้างและปรับปรุงระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากความสามารถในการแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ และข้อมูลคุณลักษณะแล้ว ยังมีคุณสมบัติการทำงานอื่นๆ ได้แก่ การดึงภาพเข้า (Zoom in) การดึงภาพออก (Zoom out) การหมุน (Rotate) การบินผ่าน (Navigate) และการบอกสถานะค่าความสูง ณ จุดที่ต้องการ โดยการนำไปประยุกต์ใช้นั้นจะพิจารณาข้อมูลทางด้านกายภาพของพื้นที่บริเวณ อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ซึ่งอยู่ในพิกัด N17 E100 มีสภาพภูมิประเทศที่เป็นลักษณะภูเขาสูง และพื้นที่บริเวณ อ.เมือง จ.นครปฐม อยู่ในพิกัด N14 E99 ซึ่งเป็นพื้นที่ราบเรียบ โดยทั้งสองพื้นที่มีระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์พาดผ่านในพื้นที่นั้น

ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำโปรแกรมประยุกต์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์และพิจารณาข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูงจากการแสดงผลแบบ 3 มิติ โดยการวิเคราะห์ระยะระหว่างจุดของตำแหน่งที่สนใจและค่าความสูงของลักษณะภูมิประเทศ ณ ตำแหน่งนั้น พร้อมทั้งวิเคราะห์และพิจารณาลักษณะภูมิประเทศที่ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ทำการพาดผ่าน ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำการพิจารณา วิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานได้โดยทันที โดยไม่มีความจำเป็นต้องเดินทางออกไปสำรวจยังสภาพพื้นที่จริง ซึ่งแตกต่างจากการนำระบบ GIS แบบ 2 มิติ ที่มีอยู่ในปัจจุบันมาใช้

นอกเหนือจากนี้ จากนำไปทดสอบพบว่า ระบบ ฯ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานพิจารณาการกำหนดค่าแรงรายวันของผู้ปฏิบัติงาน สำหรับการปฏิบัติงานในแต่ละสภาพพื้นที่ภูมิประเทศ เนื่องจากค่าแรงของผู้ปฏิบัติงานรายวันจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสภาพพื้นที่หรือสภาพภูมิประเทศ จึงสามารถประเมินถงบประมาณในการกำหนดในเรื่องดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในอนาคตสามารถนำระบบ ฯ มาแสดงผลข้อมูลภาพกราฟิกแบบ 3 มิติ ของข้อมูลทางด้าน GIS ที่ กฟภ.กำลังดำเนินงานสำรวจและจัดเก็บได้แก่ ข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงกลางและแรงต่ำ ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า และข้อมูลมิเตอร์ไฟฟ้า ในโครงการ GIS ระยะที่สอง

แต่ทั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพและความจำเป็นในการนำไปใช้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิประเทศ นั่นคือผู้วิจัยพบว่า ในพื้นที่ของการรับผิดชอบของ กฟภ. ที่ประกอบด้วยลักษณะภูมิประเทศที่มีเนินเขาหรือภูเขาสูงจะมีการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากกว่า การนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบอย่างเช่น จ.นครปฐม เนื่องจากการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านค่าความสูงและระยะทางในพื้นที่ที่ราบไม่มีความยุ่งยากมากจนเกินไป

เพื่อให้ระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับงานวิจัยนี้ทำงานให้ได้สมรรถนะที่ดีนั้น ควรจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ที่มีขนาดและปริมาณที่เหมาะสม โดยการเลือกการแสดงผลข้อมูลในบริเวณพื้นที่ที่สนใจ ไม่ควรนำข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขที่แสดงผลในพื้นที่บริเวณกว้างจนเกินไป รวมทั้งควรมีขนาดของช่องตารางกริดไม่เกิน 512 × 512 ช่องตาราง

สำหรับการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงนั้น พบว่าการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบดังกล่าว ข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติที่ได้ไม่สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจนและให้รายละเอียดได้ไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งมีสมรรถนะในการแสดงผลที่ต่ำ นั่นคือ เมื่อแสดงผลผ่านทางเว็บบราวเซอร์ พบความล่าช้าในกระบวนการของการหมุน การดึงภาพเข้า การดึงภาพออก และการบินผ่าน ซึ่งสมรรถนะของการแสดงผลในรูปแบบดังกล่าวนี้จะมีแตกต่างกันไปตามขนาดของข้อมูลที่นำมาแสดงผล โดยข้อมูลที่มีขนาดเล็กและมีจำนวนข้อมูลประกอบน้อยจะมีสมรรถนะในการแสดงผลข้อมูลที่ดีกว่าข้อมูลที่มีขนาดใหญ่

5.2 ข้อจำกัด

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ด้วยการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์แบบ 3 มิติ บนระนาบความสูงของข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข พบว่าในขณะที่แสดงผลข้อมูลแบบภาพกราฟิก 3 มิติอยู่นั้น เมื่อพบข้อมูลดังกล่าวผิดไปจากข้อมูลสภาพจริง จึงมีความต้องการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงทั้งตำแหน่งที่ตั้ง และรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ จะไม่สามารถดำเนินการได้ทันที โดยจะต้องผ่านขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลในระบบ GIS แบบเดิมในรูปแบบ 2 มิติ เพื่อทำการปรับแต่ง แก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูลต่างๆให้มีความถูกต้องและตรงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด แล้วจึงนำมาแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติได้ต่อไป

สำหรับการแสดงผลแบบ 3 มิติสำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขนั้น มักจะเกิดเงาจากการบดบังของพื้นที่ที่อยู่ก่อนหน้า จึงทำให้การแสดงผลของค่าสีตามค่าความสูงผิดไปจากที่ได้กำหนดเอาไว้

นอกจากนี้การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบมาตรฐานโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริงผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเว็บบราวเซอร์ ไม่มีสมรรถนะที่ดีพอสำหรับการนำมาเสนอข้อมูลที่มีขนาดใหญ่

5.3 **ข้อเสนอแนะ**

ผู้วิจัยพบว่าในอนาคต ระบบ ฯ จะมีประสิทธิภาพและนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นเมื่อทำการพัฒนาการแสดงผลข้อมูลแบบ 3 มิติ สำหรับข้อมูลในงานด้านต่างๆ ที่มีความหลากลาย เพื่อสนับสนุนงานในด้านต่างๆ ทั้งการวิเคราะห์ การกำหนดแนวทางการดำเนินงาน และการวางแผนนโยบายที่มีความซับซ้อน พร้อมทั้งการพัฒนาให้สามารถทำการปรับเปลี่ยน แก้ไข และปรับปรุงข้อมูลทั้งข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติและข้อมูลประกอบอื่นๆ ให้ถูกต้อง มีความทันสมัยและตรงกับสภาพจริง

อีกทั้งปรับปรุงสมรรถนะของการนำเสนอข้อมูลภาพกราฟิก 3 มิติ ในรูปแบบโปรแกรมสร้างภาพเสมือนจริง ให้สามารถนำเสนอข้อมูลที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์สำหรับการเผยแพร่ข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. ความหมายของคำว่า "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) GIS", http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html (2006)

[2] ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์(GIS), http://www.geography.arts.chula.ac.th/ (2006)

[3] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เบื้องต้น, http://globethailand.ipst.ac.th/ (2006)

[4] ไทยกูเกิ้ลเอิร์ท. ก้าวแรกสู่โลก GIS, http://www.thaigoogleearth.com (2006)

[5] P. Rigaux, M. Scholl and A. Voisard. 2002. Spatial Database with Application to GIS. U.S.A.: Morgan Kaufmann, Inc.

[6] GIStoME. ความหมายของคำว่า GRID, TIN และ DEM, http://www.gis2me.com (2006)

[7] สมาคมสำรวจระยะไกลและสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. มาตรฐานของแผนที่เชิงตัวเลข, http://www.resgat.net (2006)

[8] ศูนย์เทคโนโลยีอิเลกโทรนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. มาตรฐานการแสดงผลข้อมูล 3D ใน GIS, http://www.hpcc.nectec.or.th (2006)

[9] นางสาวดนยา สงครินทร์. วีอาร์เอ็มแอล (VRML), http://202.28.94.56/web/426145/vrml/ (2006)

[10] VRML Site Magazine. VRML Site 3D on Tinternet,, http://www.vrmlsite.com/ (2006)

[11] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. มาตรฐานการออกแบบและก่อสร้างระบบสายส่งกระแส-ไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์, www.pea.co.th (2007)

[12] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. การวางแผนก่อสร้างระบบจำหน่าย, http://intre.pea.co.th (2006)

[13] D. Luebke, M.Reddy, J.D.Cohen and A.Varshney. 2003. Level of Detail for 3D Graphics. U.S.A.: Morgan Kaufmann, Inc.

[14] D. Bradley. 2003. Evaluation of Real-Time Continuous Terrain Level of Detail Algorithms. Honours Project School of Computer Science Carleton University.

[15] F. Szenberg, M.gattass and P.Carvelho. An Algorithms for the Visualization of a Terrain with Object. In Proceedings of Brazilian Computer Graphic Symposium – Sibgrapi (1997): 103 – 110

[16] R. Dogan, S. Dogan and M.O. Altan. 3D Visualization and Query tool for 3D City Model. Geo-Imagery Bridging Continents XXth ISPRS Congress (2004): 559 - 563

[17] S. Grunwald and P. Barak. 3D Geographic Reconstruction and Visualization Techniques Applied to Land Resource Management. Transaction in GIS (2003): 231-241

[18] D. Koller, P.Lindstrom, W. Ribarsky, L.F. Hodges, N. Faust and G. Turner. Virtual GIS: A Real-Time 3D Geographic Information System. Proceedings of the 6th IEEE Visualization Conference (1995): 94-100

[19] V. Coors and V. Jung. Using VRML as an Interface to the 3D Data Warehouse. Proceedings of the third symposium on Virtual reality modeling language (1998) :121 – 140

[20] S. Röttger, W. Heidrich, P.Slusallek and H.P. Seide. Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields. Proceeding of WSCG (1998): 315-322

[21] NASA. SRTM DEM Database, http://srtm.csi.cgiar.org/ (2006)

[22] ESRI Thailand. ArcGis 8.3, www.esrithailand.com (2007)

[23] P. Rigaux, M. Scholl and A. Voisard (2002). Spatial Database with Application to GIS. U.S.A.: Morgan Kaufmann, Inc

[24] ESRI Thailand. Arcview 3.3, www.esrithailand.com (2007)

[25] แผนกสนับสนุนข้อมูลระบบไฟฟ้า. GIS Database: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2007)

[26] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. ระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวางแผนพัฒนาจังหวัด. สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย: http://203.144.216.243/gis/ (2007)

[27] R. Willium and R.Mauer. VISUAL TERRAIN EDITOR: AN INTERACTIVE EDITOR FOR REAL TERRAINS. Journal of Computing Sciences in Colleges Volume 22 Issue 2 (2006): 12 - 19

[28] Daylongraphics. DEMEdit, http://www.daylongraphics.com (2007)

[29] VTBuilder. The BT (Binary Terrain) File Format,
http://www.freegis.org (2007)

[30] Parallelgraphics. Cortona VRML Client,
http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/ (2007)

[31] OpenGL: http://www.opengl.org, (2007)

[32] National Geophysical Data Center, Elevation Colormaps,
http://www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html (2008)

[33] Cartographic Projections Library . PROJ.4
http://www.remotesensing.org/proj/ (2007)

[34] แผนกวางแผนและออกแบบระบบสายส่ง. มกราคม 2551, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1 การใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ เพื่อแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์ ในแต่ละชนิดและประเภทของเสาไฟฟ้า

2 การใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ เพื่อแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน

3 ระดับสีที่แสดงตามค่าความสูงของข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

4 โครงสร้างข้อมูลของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

5 โครงสร้างข้อมูลหลักเชพไฟล์

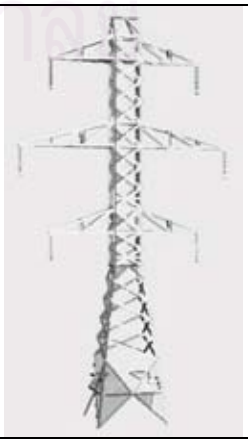
6 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบจุด (Point)

7 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบเส้น (Line)

8 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบรูปปิด (Polygon)

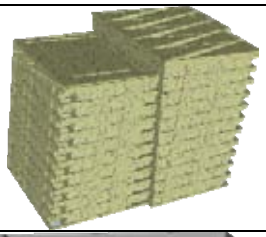
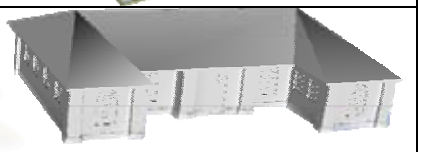
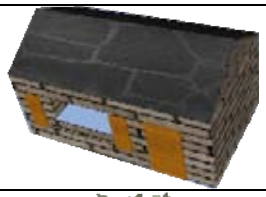
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.1 แสดงการใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ ในการแสดงผลข้อมูลระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง 115 กิโลโวลต์

ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูล	ประเภทของเสาไฟฟ้า	สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ
P1	เสาคอนกรีต	
P2	เสาคู่แบบ H -Fram	
P3	เสาคู่แบบ H-Frame มีสายยึดโยง	
P4	เสาโครงเหล็ก	

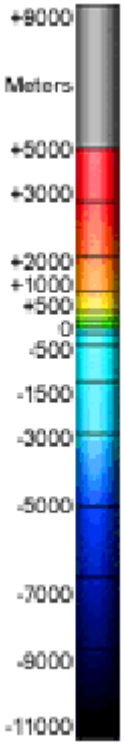
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.2 แสดงการใช้สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ ในการแสดงผลข้อมูลแผนที่ฐาน

ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูล	ลักษณะพื้นที่	สัญลักษณ์ภาพกราฟิก 3 มิติ
A1	พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรม	
A2	พื้นที่เทศบาลนคร พื้นที่เมืองธุรกิจ พื้นที่เมืองสำคัญและพื้นที่พิเศษ	
A3	พื้นที่เมืองทั่วไป พื้นที่เทศบาลเมือง	
A4	พื้นที่ชนบท พื้นที่ป่าไม้	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.3 ระดับสีที่แสดงตามค่าความสูงของข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

ระดับสี (Texture)	**ค่าของสีตามค่าความสูง**
1 ค่าสีตามมาตรฐาน National Geophysical Data Center (NGDC) เป็นหน่วยงานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่จัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยจะกำหนดค่าสีตามระดับค่าความสูงของลักษณะภูมิประเทศ	
2 ค่าสีอื่นๆ เป็นค่าสีที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้สำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข โดยจะแสดงค่าสีตามระดับค่าความสูงเฉพาะข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขที่แสดงผลอยู่ในขณะนั้น ต่างจากค่าสีมาตรฐาน NGDCคือไม่ได้กำหนดค่าสีตามค่าความสูง	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.4 โครงสร้างข้อมูลของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

Byte Offset	Length	Contents	Description
0	10	"binterr1.3"	A marker which indicates that this is a BT 1.3 file
10	4 (int)	Columns	Width (east-west) dimension of the height grid.
14	4 (int)	Rows	Height (north-south) dimension of the height grid.
18	2 (short)	Data size	Bytes per elevation grid point, either 2 or 4.
20	2 (short)	Floating-point flag	If 1, the data consists of floating point values (float), otherwise they are integers.
22	2 (short)	Horizontal units	0: Degrees 1: Meters 2: Feet (international foot = .3048 meters) 3: Feet (U.S. survey foot = 1200/3937 meters)
24	2 (short)	UTM zone	Indicates the UTM zone (1-60) if the file is in UTM. Negative zone numbers are used for the southern hemisphere.
26	2 (short)	Datum	Indicates the Datum, see Datum Values below.
28	8 (double)	Left extent	The extents are specified in the coordinate space (projection) of the file. For example, if the file is using UTM, then the extents are in UTM coordinates.
36	8 (double)	Right extent	
44	8 (double)	Bottom extent	
52	8 (double)	Top extent	
60	2 (short)	External	0: Projection is fully described by this

		projection	header 1: Projection is specified in a external .prj file
62	4 (float)	Scale (vertical units)	Vertical units in meters, usually 1.0. The value 0.0 should be interpreted as 1.0 to allow for backward compatibility.
66-255	190	unused	Bytes of value 0 are used to pad the rest of the header.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.5 โครงสร้างข้อมูลหลักเชพไฟล์ (Main File Header)

Position	Field	Value	Type	Byte Order
Byte 0	File Code	9994	Integer	Big
Byte 4	Unused	0	Integer	Big
Byte 8	Unused	0	Integer	Big
Byte 12	Unused	0	Integer	Big
Byte 16	Unused	0	Integer	Big
Byte 20	Unused	0	Integer	Big
Byte 24	File length	File length	Integer	Big
Byte 28	Version	1000	Integer	Litter
Byte 32	Shape Type	Shape Type	Integer	Litter
Byte 36	Bounding Box	Xmin	Double	Litter
Byte 44	Bounding Box	Ymin	Double	Litter
Byte 52	Bounding Box	Xmax	Double	Litter
Byte 60	Bounding Box	Ymax	Double	Litter
Byte 68*	Bounding Box	Zmin	Double	Litter
Byte 76*	Bounding Box	Zmax	Double	Litter
Byte 84*	Bounding Box	Mmin	Double	Litter
Byte 92*	Bounding Box	Mmax	Double	Litter

Value	Shape Type
0	Null Shape
1	Point
3	PolyLine
5	Polygon
8	MultiPoint
11	PointZ
13	PolyLineZ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15	PolygonZ
18	MultiPointZ
21	PointM
23	PolyLineM
25	PolygonM
28	MultiPointM
31	MultiPatch

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก.6 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบจุด (Point)

Position	Field	Value	Type	Number	Byte Order
Byte 0	Shape Type	1	Integer	1	Litter
Byte 4	X	X	Double	1	Litter
Byte 8	Y	Y	Double	1	Litter

ตาราง ก.7 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบเส้น (Line)

Position	Field	Value	Type	Number	Byte Order
Byte 0	Shape Type	3	Integer	1	Litter
Byte 4	BOX	BOX	Double	4	Litter
Byte 36	NumParts	NumParts	Integer	1	Litter
Byte 40	NumPoints	NumPoints	Integer	1	Litter
Byte 44	Parts	Parts	Integer	NumParts	Litter
Byte X	Points	Points	Point	NumPoints	Litter

ตาราง ก.8 โครงสร้างข้อมูลเชพไฟล์แบบรูปปิด (Polygon)

Position	Field	Value	Type	Number	Byte Order
Byte 0	Shape Type	5	Integer	1	Litter
Byte 4	BOX	BOX	Double	4	Litter
Byte 36	NumParts	NumParts	Integer	1	Litter
Byte 40	NumPoints	NumPoints	Integer	1	Litter
Byte 44	Parts	Parts	Integer	NumParts	Litter
Byte X	Points	Points	Point	NumPoints	Litter

ภาคผนวก ข
บทความที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ

1 บทความเรื่อง “Development of a Three Dimensional Geographic Information System for Visualizing Distributed Transmission Lines at 115 kV ” นำเสนอในงานประชุมวิชาการ 5st International Conference on Information Technology and Applications (ICITA 2008) จัดที่ Hilton Cairns Hotel เมือง Cairns รัฐ Queensland ประเทศ Australia ระหว่างวันที่ 23-26 มิถุนายน 2551

2 หนังสืออนุญาตจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับการบรรจุและเผยแพร่ข้อมูลในเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of a Three Dimensional Geographic Information System for Visualizing Distributed Transmission Lines at 115 kV

Weerapat Tanya and Wiwat Vatanawood

Abstract-- **This paper proposes a Three Dimensional Geographic Information System (3D GIS) for visualizing distributed transmission lines at 115 kV on the Digital Elevation Model (DEM) which is rendered in three dimensions. The 3D GIS can fairly well display global surface conditions and altitudes as well as visualize other three dimensional land-based data by using the Continuous Level of Detail (CLOD). The Real world data of 3D terrains and objects is efficiently visualized. The proposed method supports electricity planning and to analyze the constructions or maintenance by Provincial Electricity Authority (PEA) of Thailand. Moreover, this work is able to efficiently save a great deal of time and cost.**

***Index Terms*--3D GIS, Digital Elevation Model, Continuous Level of Detail**

I. INTRODUCTION

Typically, the Geographic Information System (GIS) has been widely used in many organizations because this technology can be used in management and analysis of spatial database to facilitate planning and decision-making processes. Hence, the existing system demands further development in order to increase its efficiency and potential in terms of management, analysis, and decision-making. Moreover, the system should also be enhanced to display three dimensions (3D) virtual reality graphics on common personal computers, which will surely enhance the ease of use.

An example of the applications that can take advantage of such technology is the database system of distributed transmission lines at 115 kV from the Provincial Electric Authority (PEA) of Thailand. The data obtained from the database should be used in construction planning, development, and improvement of the transmission line systems as to deliver highly reliable and efficient services to the population [1]. Yet, details of the data to be taken into consideration are for instance the actual wiring of the transmission lines, geographical information, and the usage of the areas under projects, all of which demand careful and accurate analyses. Nonetheless, in the present, the GIS currently used by the PEA can only displays data in two dimensions [2], but cannot render virtually real graphical data, causing the executives or other staff members not to be able to effectively exploit the available data in decision-making processes. Also, those who are responsible for planning of wiring the transmission lines lack prerequisite information for surveying and studying the actual areas for the desired projects. This in turn results in more time and budget consumptions.

Those problems have become great concerns and motivated further research in 3D graphics. For example, one research proposed [3] proposes a method to adjust the data display of 3D terrains by layering raster images of aerial photographs and road data on the 3D terrains. However, this method still has not yielded good details and graphics which are realistic enough. Another work by F. Szenberg [4] developed a method to display 3D objects inserted in the 3D terrains in order to add details, yet those details of the area usage and attributes are still incomplete. Hence, the later work [5] developed tools that can efficiently display and search 3D data by using the relational database structure and arranging data into layers. Each respective data layer had its own attribute table which avails both the search and display both graphical and attributive data. However, the process tended to be quite slow. Therefore, S. R¨ottger [6] developed an algorithm called the continuous level of detail (CLOD), which efficiently and rapidly enhances graphical rendering. The main concept behind this is 3D representation of the surfaces which is closer to the eyes should have more details than the surfaces in other areas. So, it is possible to take the benefits of the algorithm to produce 3D graphics of a desirable level of detail, to obtain virtual reality graphics, and to appropriately apply this work to the system of distributed transmission lines at 115 kV.

This research proposes a three dimensional geographic information system (GIS) used to display the data of the system of distributed transmission lines at 115 kV of the Provincial Electricity Authority (PEA). The data display will also be incorporated with the Digital Elevation Model (DEM) and with the land-base data adopting the CLOD algorithm to render and adjust 2D graphical data to 3D. The system is also capable of presenting attributive data accurately.

W. Tanya is with the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, on leave from the Provincial Electricity Authority, Bangkok, Thailand (e-mail:Weerapat.t@student.chula.ac.th).
W. Vatanawood is with the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand (e-mail: wiwat@chula.ac.th).

ICITA2008 ISBN: 978-0-9803267-2-7

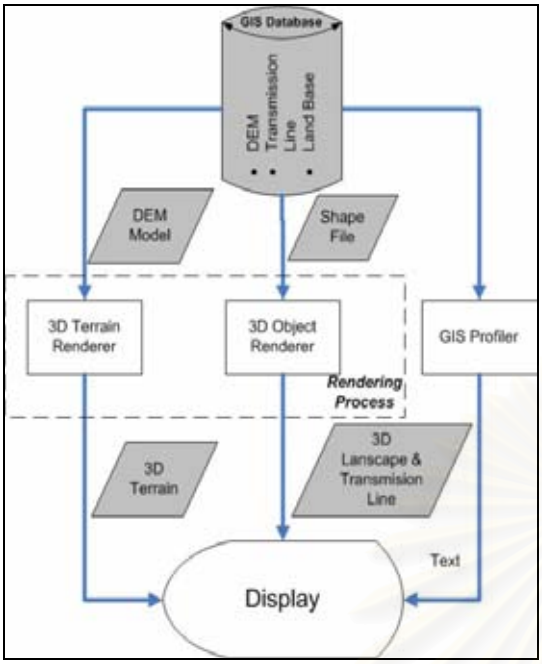


Fig.1.The proposed architecture of 3D GIS System

II. THE 3D GIS

This research focuses on designing and developing the geographic information system in 3-dimensional graphics by migrating data in 2D to 3D and linking to attributive data in order to add more details of the graphical displays as shown in Figure 1.

A. Data preparation

Original data obtained from many organizations that use geographical information systems depending on the collection and the usage of the owners. Therefore, in this work, it is essential that the available data is must be processed and adjusted in order to achieve the optimal performance for 3D rendering.

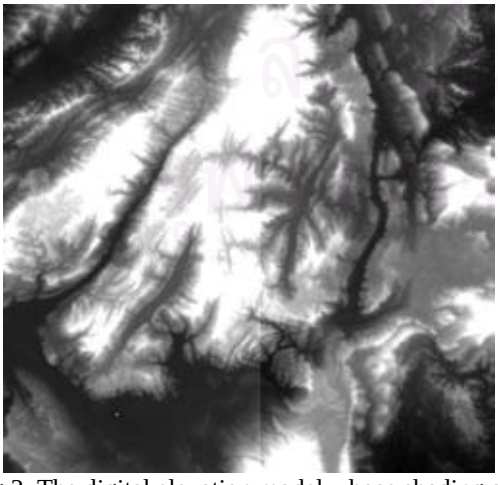


Fig.2. The digital elevation model whose shading and coloring vary with respect to altitudes.

- *The Digital Elevation Model*

The DEM is raster data which contains coordinates and altitudes on the map. This type of data can be used in 3D modeling and analysis by rendering the map in different colors on the specified ranges of areas, so the elevations of the areas can be easily visualized. In this research, the DEM data from NASA were used. NASA collected the elevation characteristics all around the world with different standards [7]. The DEM data in Thailand, as shown in Figure 2, contained in the HGT file format.

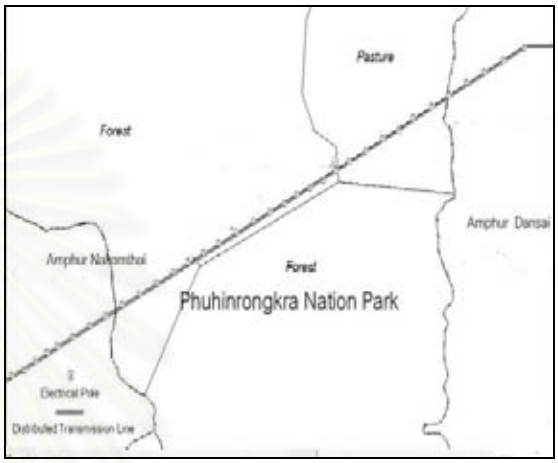


Fig.3.The data of the system of Distributed Transmission Lines at 115 kV

- *The Data of the System of Distributed Transmission Lines at 115 kV*

The PEA has surveyed and collected data of the system of distributed transmission lines at 115 kV by using GIS in both data management and data administration. The Distributed Transmission Line are stored in in “shape file” [8] format which contains details such as the types of transmission lines or the types of electric poles and towers. The data of the system of Distributed transmission lines at 115 kV was displayed by Arcview 3.3 [8], as shown in Figure 3

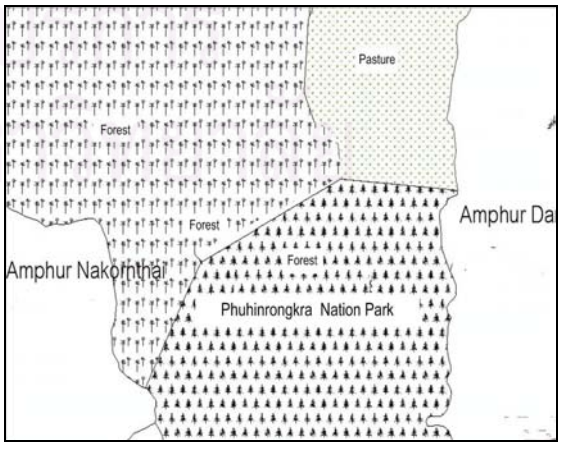


Fig.4. Displaying the data of Surface.

- *Land-based Data*

This type of data is obtained from the resource administration and management agencies that are responsible in the areas. The data in shape file format contains construction information and surface characteristics such as forest areas or communities [9]. The data can be stored in terms of points which specify locations of places or polygons for larger areas shown in Figure 4 by Arcview 3.3 [8].

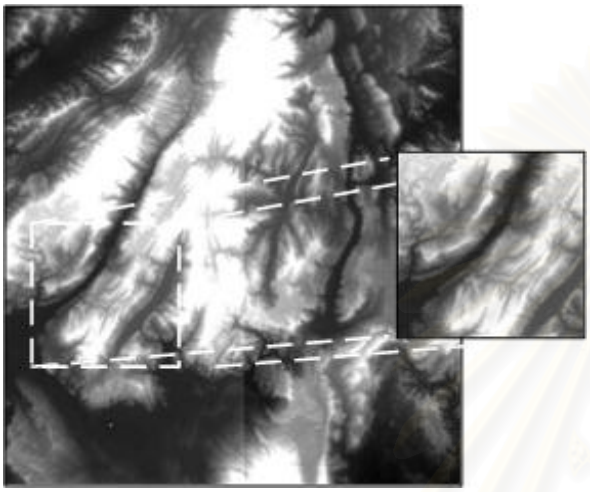


Fig.5. Selection of the specified areas in the DEM.

B. The rendering

- Selections of the areas to be represented and changes of file structures

The originally available data files containing information on the altitudes of the areas in Thailand tended to be too large to render. In order to increase the efficiency in 3D rendering, only the desired areas were cut and chosen by DEMEdit [10], as shown in Figure 5.

- Graphics rendering

The algorithm proposed by S. R¨ottger [11] was adopted for rendering the 3D graphical data by a technique so-called "continuous level of detail". This algorithm is formulated as a quad tree structure which is represented as a quad tree matrix with the size of W x H where W is the width of the data size and H is the height. In Figure 6, each node of the tree may take on any value within the same matrix. For example, the leaf node may have the value of zero, and other values should represent its four children nodes.

In render to each frame, the algorithm performs two types of computation simultaneously. First, it traverses along the tree structure, where each node is found and considered whether it is a leaf node or a parent node. At the same time, if a particular leaf node is found, the program will draw a triangle. However, there must be a difference in terms of detail between any two adjacent nodes. The program will inspect the neighboring node, while drawing a triangle. If the node nearby corresponds to a lower detail, the program will terminate.

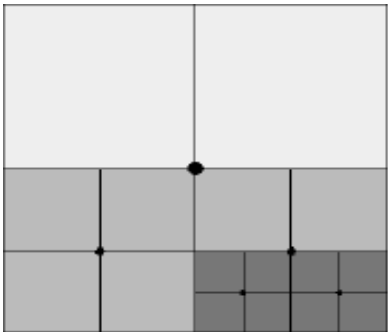


Fig.6. Levels of detail of graphical display where the darker areas have more detail. [12]

After that, texture will be added in order to obtain different colors with respect to different altitudes. OpenGL [13] will be applied to creating 3D graphics, as shown in Figure 7.

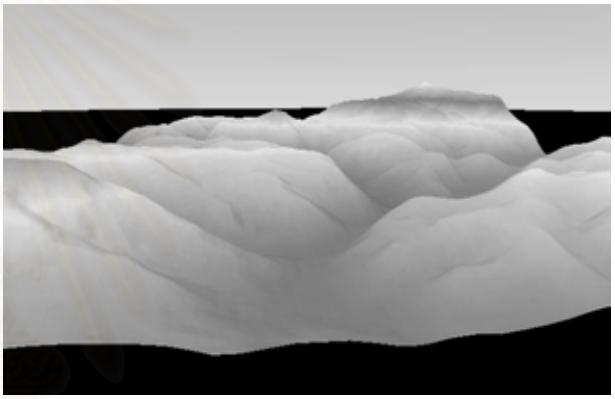


Fig.7. 3D graphical data obtained by rendering.

- Displaying 3D objects

The 3D objects symbolize various types of data such as the system of distributed transmission lines at 115 KV and other data designed by 3D programs, for instance, Wevefront and AutoCAD [14]. Those 3D object symbols are to replace the 2D point data, as shown in Figure 8

- Displaying attributive data

This type of data gives textual details such as titles, coordinates, or locations to supplement the 3D graphical data. This was accomplished by linking to the spatial database [15].

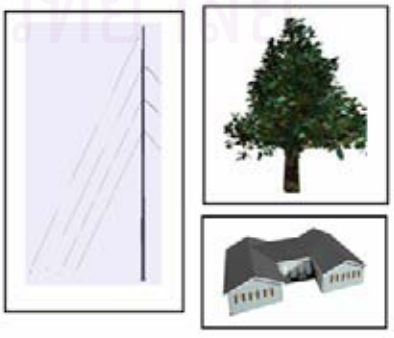


Fig.8. 3D object representation.

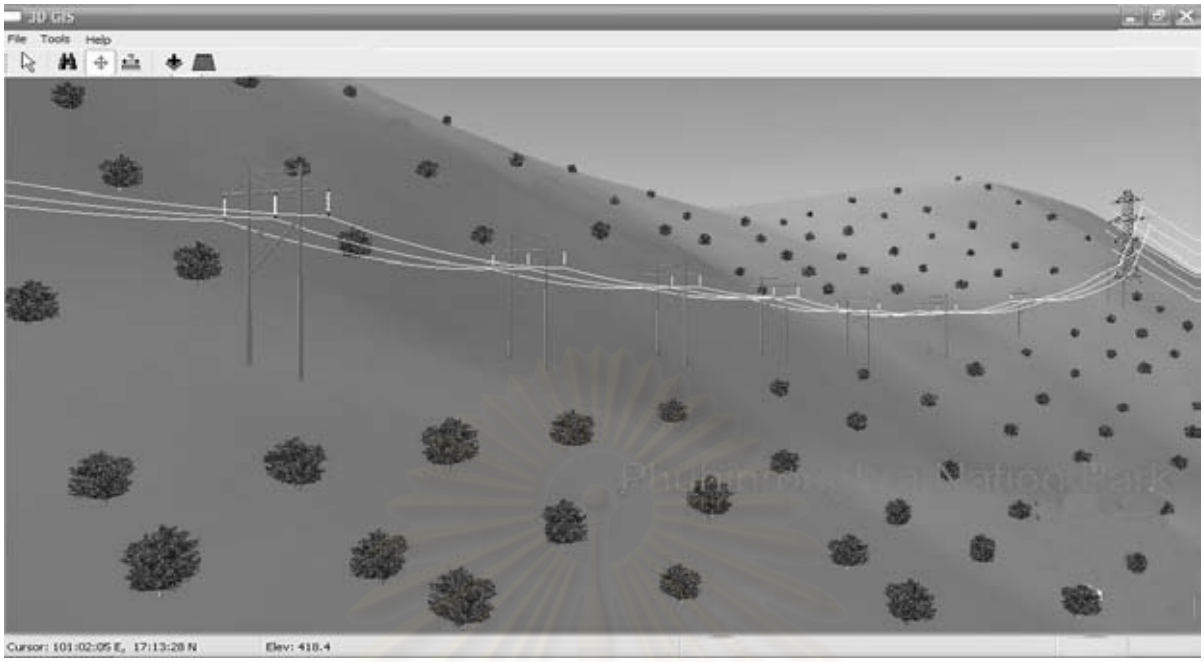


Fig.9. Scenes of 3D GIS

III. TESTING

The 3D GIS in this research is applied to many case studies, such as the analysis and planning of the construction and improvement of the system of distributed transmission lines at 115 kV which belongs to the Provincial Electricity Authority (PEA). Besides its ability to display 3D graphics and attributive data, the program is able to perform several graphical manipulations, for example, panning, zooming in, zooming out, rotating, and navigating, as shown in Figure 9. Moreover, it is also able to give the altitude of any point as desired. In the actual application, the physical data of Phitsanulok Province are considered because those locations are already within the coordinate at North 17 East 100 (UTM Zone 47 WGS84). Their geography is high mountains alternating with plains and also had high voltage transmission lines passing through, which are under the supervision of the planning and design group, PEA. [16]

IV. RESULTS

At the results of our implementation, it was discovered that the operator was able to analyze and consider the data based on the key aspects of analyses, the distances between any two points, and the elevations of the terrains, efficiently and accurately. In Table I, the results are virtual 3D graphics which greatly reduced time and budget in performing the actually on-site surveys. Nonetheless, the efficiency and the necessity of the data usage may appear to be different across various types of the geography. The operators may observe that the system is more suitable for the areas of high mountains than the areas of plains, because the analysis on plains is relatively simple.

Table I. Comparison between the 3D GIS and the original 2D GIS on planning and analysis to improve the system of distributed transmission lines at 115 KV.

Applications	2D GIS	3D GIS
Determining the Distributed Transmission Line	Being able to Display the Line data by Arcview and ArcGis.	Being able to Display in 3D graphics.
Analysis of the elevation data	Being unable to display the value of the altitudes at a desired point.	Displaying the value of the altitude at a desired point as well as the 3D graphic representation.
Inspection of the connecting locations of the neighboring transmission line systems	Measuring distances in Arcview, which results is errors.	Measuring distances between connecting points and yielding values close to real values.
Inspection of the Surface data	Displaying the geographical data as polygons.	Displaying the surface data as 3D objects.

V. DISCUSSION

This research has offered only the data of system of distributed transmission lines at 115 kV on different elevations from the digital elevation model data by using the 3D graphical representation, yet has not provided an updating system to be used to adjust for up-to-date data. Also, in order to apply this work to a more complex analysis, it is essential to acquire more complex data and procedures than those found in this work.

VI. FUTURE WORK

This work has only presented 3D graphics. For further developments, the system should allow users to be able to change, adjust, improve, and update both the 3D graphical and the attributive data in order to support more complex analyses.

ACKNOWLEDGMENT

We wish to acknowledge Provincial Electricity Authority of Thailand for information about Distributed Transmission Line at 115 kV.

REFERENCES

[1] Provincial Electricity Authority (PEA) of Thailand: “The standard of Distributed Transmission. Line “ http://www.pea.co.th, 2007.
[2] Provincial Electric Authority (PEA) of Thailand,“Database of Distributed Transmission Line at 115 kV”, 2007.
[3] Koller, P.Lindstrom, W. Ribarsky, L.F. Hodges, N. Faust and G. Turner. “Virtual IS: A Real-Time 3D Geographic Information System,” In Proceedings of the Atlanta, U.S.A., Vol.3, pp.94-100
[4] F. Szenberg, M.gattass and P.Carvelho. “An algorithms for the Visualization of a Terrain with Object,” In Proceedings of Brazilian Computer Graphic Symposium Sibgrapi, pp.103 – 110, 1997
[5] R. Dogan, S. Dogan and M.O. Altan. “3D Visualization and Query tool for 3D City Model,” Geo-Imagery Bridging Continents XXth ISPRS Congress , 2004, Istanbul, Turkey,, Vol. 3, pp.559 - 563
[6] Stefan R¨ottger, W. Heidrich, P. Slusallek, and H. P. Seidel, “Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields” In V. Skala, editor, In Proc.WSCG’98, pages 315-322, 1998
[7] NASA, SRTM DEM Database, http://srtm.csi.cgiar.org, 2006
[8] ESRI Thailand: http://www.esri.co.th, 2007
[9] Ministry of Agriculture and Cooperative of Thailand, Database of 2D Digital Map at Pithsanulok Province, 2007
[10] Daylonggraphics, DEMEdit, http://www.daylongraphics.com , 2007
[11] D. Luebke, M.Reddy,J.D.Cohen and A. Varshney, Level of Detail for 3D Graphics. U.S.A.: Morgan Kaufmann, Inc., 2003
[12] Derek Bradley,” Evaluation of Real-Time Continuous Terrain Level of Detail Algorithms":http://www.derekbradley.ca/, 2007
[13] OPENGL, http://www.opengl.org, 2007
[14] AutoDesk, Available from: www.alias.com
[15] P. Rigaux, M. Scholl and A. Voisard. Spatial Database with Application to GIS. U.S.A.: Morgan Kaufmann, Inc., 2002
[16] System Planning and Designing Section, Department of Network Operation Region 1 Zone 2, Provincial Electricity Authority of Thailand

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
200 ถนนงามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
เทเล็กซ์ : 72224 PEABKK โทร 5890100

ที่ มท 5303.6 / 13957

7 พฤษภาคม 2551

เรื่อง บรรจุและเผยแพร่ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จาก กฟภ.ลงในเล่มวิทยานิพนธ์

เรียน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ตามที่นายวีรพัฒน์ ตันยา นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ร่วมกับ ผศ.ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาและวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบการแสดงผลแบบ 3 มิติ สำหรับแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์" โดยใช้ข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นกรณีศึกษานั้น

กองแผนที่ระบบไฟฟ้า พิจารณาแล้วเห็นว่า เพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาและวิจัยทางด้านเทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ให้เป็นไปอย่างกว้างขวาง จึงมีความยินดีให้บรรจุและเผยแพร่ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ของนายวีรพัฒน์ ตันยา

(นายกำจร วรวิทย์)
ผู้อำนวยการกองแผนที่ระบบไฟฟ้า ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวีรพัฒน์ ตันยา เกิดเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ.2521 ที่จังหวัดตาก สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2543 และในปี พ.ศ.2544 ได้เข้าบรรจุเป็นพนักงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในตำแหน่ง วิศวกร ระดับ 4 หลังจากนั้นได้เข้ามาศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย