

# การพัฒนาโมเดลเทอร์เร็นเซอร์เฟซโดยกริดอินเตอร์โพลชัน

## Development of a Terrain Surface Model using Grid Interpolation

นิคม สุวรรณวร<sup>1</sup>  
Nikom Suvonvorn<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการสร้างสภาพพื้นที่จริงของภูมิประเทศจากเส้นชั้นความสูง ผลที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ ให้ผลในการแสดงสภาพหรือผิวภูมิประเทศจริงที่มีคุณภาพสูง โดยใช้วิธีการดังนี้คือ สร้างโครงข่ายสี่เหลี่ยม (กริด) ครอบคลุมเส้นระดับชั้นความสูง โดยเส้นระดับชั้นความสูงของพื้นที่จะถูกถ่ายไปตรงจุดตัดของสี่เหลี่ยม ค่าความสูงในแนวต่าง ๆ ที่ได้รับจะถูกเฉลี่ยเพื่อปรับค่าของจุดตัดของโครงข่ายก่อนถูกจัดเก็บไว้ เทคนิค Thin Plate จะถูกใช้เพื่อการประมาณค่าความสูงของทุกจุดตัดบนกริด ข้อมูลค่าความสูงตามกริดนี้จะเรียกว่า Digital Elevation Model (DEM) และข้อมูลนี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูป Shape file ของ ESRI เพื่อใช้ในการแสดงผลต่อไป

### ABSTRACT

This research presents the method to generate a terrain surface from contour lines on a regular grid. The solutions presented in this research have a high in performing terrain surface quality compare to conventional thin plate method. By this method, the contour line will be covered by artificial grid. The elevation from contour line then transfer to grid co-ordinate. The average and comparison of co-ordinate height value will be done before keeping as final grid height. The Thin Plate interpolation method was applied until average elevation changed less than 0.005. The final Digital Elevation Model (DEM) then transfer to ESRI shape file form for graphic presentation.

---

1. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Department of Computer Engineer, Faculty of Engineer, Prince of Songkla University.

## คำนำ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการจัดเก็บ วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ เช่น ข้อมูลป่าไม้ ข้อมูลดิน ข้อมูลถนนและข้อมูลทางน้ำ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่รวดเร็วและถูกต้อง ในปัจจุบันการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ GIS จะทำกันในระบบสองมิติเป็นส่วนใหญ่ นั่นคือสนใจข้อมูลเฉพาะในแนวระนาบเท่านั้น ซึ่งจะทำให้มีความต่อความถูกต้องของข้อมูลพื้นที่ นั่นคือ ถ้าในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับชั้นความสูงมากก็จะทำให้ พื้นที่ที่คำนวณได้มีความผิดพลาดมากขึ้น เช่น พื้นที่ภูเขา เป็นต้น ดังนั้นการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูล GIS ในสามมิติ จึงเป็นวิธีการที่จะทำให้ข้อมูลในระบบ GIS มีความถูกต้องมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโมเดลสำหรับการเก็บ และแสดงผลข้อมูลทางภูมิประเทศในสามมิติ โดยการนำข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูง (Contour line) มาใช้ ข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูงนี้จะถูกแปลงไปอยู่ในตารางของความสูง (Regular Grid) โดยใช้วิธีการกระจายค่าความสูงของเส้นระดับชั้นความสูงลงบนทุกตำแหน่งของตารางกริด เพื่อใช้เป็นค่าความสูงเริ่มต้นแล้วจึงจะมีการทำการ Interpolate ข้อมูลความสูงบนกริดนั้นด้วย วิธี Thin Plate Interpolation ต่อไป เรียกข้อมูลตารางของความสูงนี้ว่า Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะสามารถนำไปใช้เพื่อแสดงผลในสามมิติได้ ด้วยวิธีการคำนวณดังกล่าวข้างต้น จะทำให้เกิดหลุมหรือห้วงระหว่างเส้นระดับชั้นความสูง แต่ลักษณะหลุมหรือห้วงนั้นจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลจากเส้นระดับชั้นความสูงเป็นบ่งชี้เท่านั้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูง

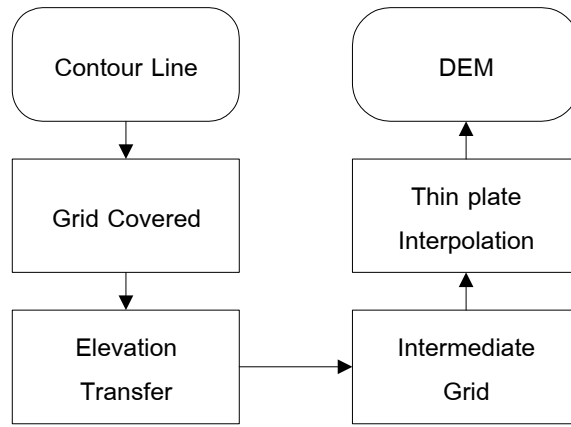
ข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูง เป็นข้อมูลที่ใช้ออกถึงแนวระดับพื้นที่ภูมิประเทศที่มีระดับเดียวกัน โดยความละเอียดของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับชั้นความสูงคือ ข้อมูลจะมีความละเอียดมากขึ้นเมื่อค่าความแตกต่างของระดับชั้นความสูงน้อยลง

ข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูงที่นำมาใช้ทดสอบนี้ อยู่ในรูปของ Shape File format ซึ่งเส้นระดับชั้นความสูงนี้จะมีการเก็บค่าข้อมูลเป็นลักษณะของตำแหน่ง x และ y ที่มีความต่อเนื่องกันโดยมีค่าความสูงเท่ากัน ข้อมูลที่ใช้อยู่ในเขตจังหวัดระนอง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเส้นระดับชั้นความสูง ที่เป็นหลืบเขา ซึ่งจะสามารถแสดงผลการทดสอบในมุมมองต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ข้อมูลที่ใช้มีความละเอียดในระดับชั้นความสูง 100 เมตร โดยกำหนดขนาดในการทดสอบแตกต่างกันคือขนาด 2.5x2.5 กิโลเมตร 5x5 กิโลเมตรและ 10x10 กิโลเมตร

### การสร้างข้อมูล DEM จากข้อมูลระดับชั้นความสูง

การสร้างข้อมูล DEM จากข้อมูลระดับชั้นความสูง มีดังนี้

1. กำหนดเส้นระดับชั้นความสูง
2. สร้างกริดรอบเส้นระดับชั้นความสูง โดยกำหนดค่าช่วงห่างระหว่างกริดตามต้องการ
3. Transfer ค่าของเส้นระดับชั้นความสูงลงสู่ Co-ordinate ของกริด
4. การหาค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นของทุก ๆ ตำแหน่งบนกริด
5. ทำการ Interpolate ด้วยวิธีการ Thin plate Interpolation
6. ข้อมูล DEM



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการสร้างข้อมูล DEM จากข้อมูลระดับชั้นความสูง

### การหาค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นของกริด

การกำหนดค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นให้กับกริดก่อนที่จะมีการทำ Thin Plate Interpolation นั้นจะเป็นวิธีการเพื่อต้องการลดการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล อันเนื่องมาจากการเกิด Terracing Effect โดยการหาค่าเฉลี่ยความสูงสามารถทำได้ดังนี้

การคำนวณจะทำซ้ำบนกริด 2 รอบ โดยจะทำการคำนวณค่าความสูงเฉลี่ย ณ ตำแหน่งที่  $Z_{i,j}$  มีค่าเป็นศูนย์

รอบที่หนึ่ง จะทำการเฉลี่ยค่าความสูงของตำแหน่งโดยจะพิจารณาไปตามกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ  
กรณีที่ 1 ถ้า  $Z_{i-n,j} < Z_{i+m,j}$  เมื่อ  $Z_{i-n,j} > 0$  และ  $Z_{i+m,j} > 0$  จะได้ว่า

$$Z_{i,j} = Z_{i-n,j} + n \left\{ \frac{Z_{i+m,j} - Z_{i-n,j}}{n+m} \right\} \quad (1)$$

กรณีที่ 2 ถ้า  $Z_{i,j-k} < Z_{i,j+l}$  เมื่อ  $Z_{i,j-k} > 0$  และ  $Z_{i,j+l} > 0$  จะได้ว่า

$$Z_{i,j} = Z_{i,j-k} + k \left\{ \frac{Z_{i,j+l} - Z_{i,j-k}}{k+l} \right\} \quad (2)$$

กรณีที่ 3 ถ้า  $Z_{i-n,j} = Z_{i+m,j} = Z_{i,j-k} = Z_{i,j+l}$  จะได้ว่า

$$Z_{i,j} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ  $Z_{i,j}$  เป็นค่าความสูง ณ ตำแหน่งใด ๆ

$m, n, k$  และ  $l$  เป็นค่าตัวเลขจำนวนเต็ม

รอบที่สอง จะทำการเฉลี่ยค่าความสูงของตำแหน่งโดยจะพิจารณาไปตามกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

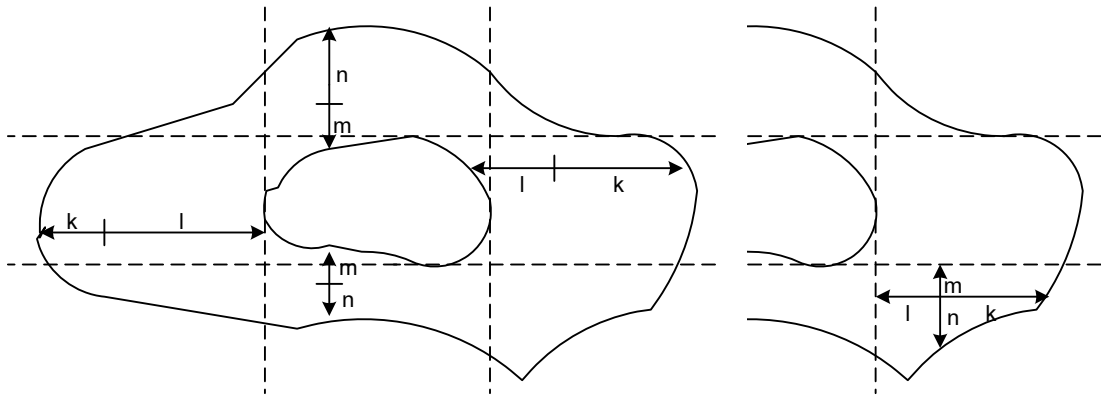
$$Z_{(i,j)_x} = Z_{i-n,j} + n \left\{ \frac{Z_{i+m,j} - Z_{i-n,j}}{n+m} \right\} \quad (4)$$

$$Z_{(i,j)_y} = Z_{i,j-k} + k \left\{ \frac{Z_{i,j+l} - Z_{i,j-k}}{k+l} \right\} \quad (5)$$

$$Z_{i,j} = \frac{Z_{(i,j)_x} + Z_{(i,j)_y}}{2} \quad (6)$$

เมื่อ  $Z_{(i,j)_x}$  เป็นค่าเฉลี่ยตามแนวแกน x

$Z_{(i,j)_y}$  เป็นค่าเฉลี่ยตามแนวแกน y



รูปที่ 2 แสดงการคำนวณค่าเฉลี่ยความสูงในรอบที่หนึ่งและสองตามลำดับ

### การทำ Thin plate Interpolation

วิธีการ Thin plate Interpolation ได้นำมาใช้ในการปรับค่าความสูง ณ ตำแหน่ง Co-ordinate ใด ๆ ของกริดโดยใช้วิธีการเฉลี่ยค่าความสูงของ Co-ordinate 12 จุดรอบข้างตามสมการดังนี้คือ

$$\begin{aligned}
 0 = & Z_{i-2} + Z_{i,j-2} + Z_{i+2,j} + Z_{i,j+2} \\
 & + 2(Z_{i-1,j-1} + Z_{i-1,j+1} + Z_{i+1,j+1} + Z_{i+1,j-1}) \\
 & - 8(Z_{i,j} + Z_{i-1,j} + Z_{i+1,j}) \\
 & + 20Z_{i,j}
 \end{aligned} \tag{7}$$

เมื่อ ค่า  $Z_{i,j}$  เป็นค่าความสูง ณ จุดใด ๆ

จากสมการที่ (7) สามารถแสดงในลักษณะของ การให้น้ำหนัก (Weight) สำหรับค่าความสูง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนกริดรอบตำแหน่งที่สนใจดังนี้คือ

$$\begin{matrix}
 & & & 1 & & & \\
 & & & 2 & -8 & 2 & \\
 1 & -8 & -20 & -8 & 1 & & \\
 & & & 2 & -8 & 2 & \\
 & & & 1 & & & 
 \end{matrix} \tag{8}$$

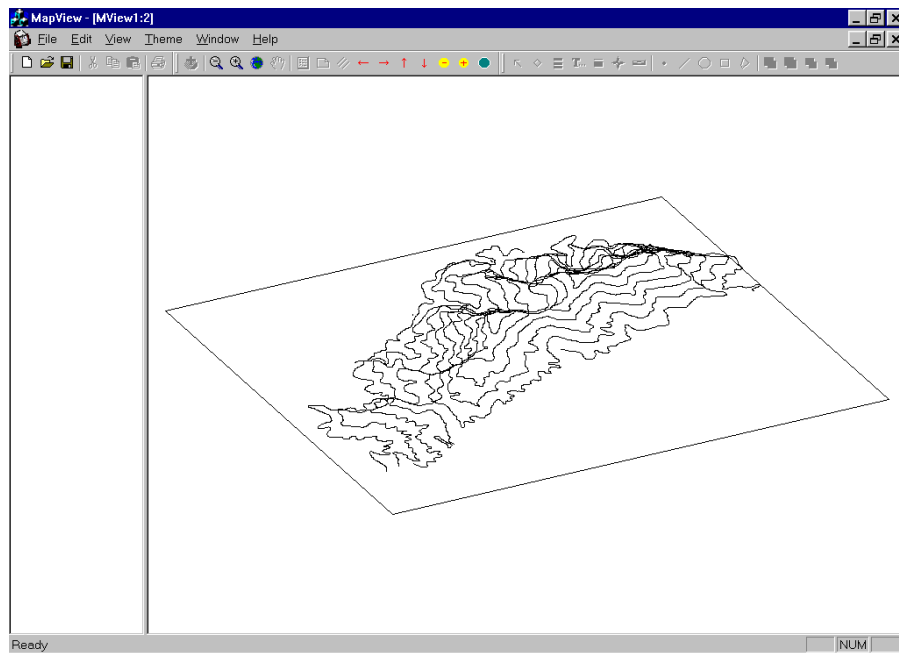
การทำ Thin Plate Interpolation จะมีการคำนวณค่าเฉลี่ยความสูงตามสมการที่ 7 สำหรับทุกตำแหน่งบนกริด จากตำแหน่งแรกถึงตำแหน่งสุดท้ายและจะมีการทำซ้ำไปเรื่อย ๆ โดยจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงของครั้งปัจจุบันเทียบกับครั้งก่อนหน้านั้นสำหรับทุกตำแหน่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด (ค่าเฉลี่ยความผิดพลาด) ซึ่งในการทดสอบกำหนดให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดต้องมีค่าน้อยกว่า 0.005 ดังสมการที่ 2

$$\frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n (Z_{p_{i,j}} - Z_{o_{i,j}})}{N} < 0.005 \quad (9)$$

เมื่อ  $Z_p$  = ค่าความสูงคำนวณได้ ณ ปัจจุบัน  
 $Z_o$  = ค่าความสูงที่คำนวณได้ก่อนหน้านั้น

### ผลการทดลองและวิจารณ์

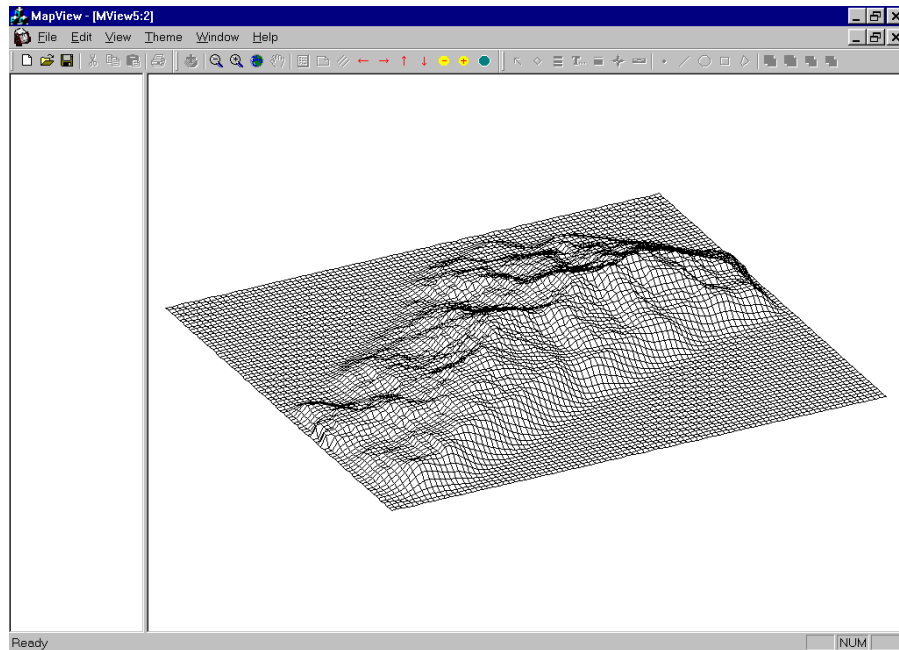
ผลการทดสอบดังรูปที่ 3-6 พบว่า การใช้วิธีการการเฉลี่ยค่าความสูง และทำการ Interpolate ด้วย Thin Plate Interpolation จะทำให้ได้ข้อมูล DEM ที่มีความถูกต้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ สำหรับความละเอียดของข้อมูล DEM ที่ได้จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่าระยะห่างระหว่างเส้นกริดคือถ้าระยะห่างมีความกว้างน้อยจะทำให้ข้อมูลมีความละเอียดมากขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่าความถูกต้องของข้อมูลจะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความถูกต้องของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับข้อมูลระดับเส้นชั้นความสูง คือถ้าความกว้างของค่าระดับความสูงระหว่างเส้นระดับชั้นความสูงน้อยลงก็จะทำให้ข้อมูล DEM ที่มีความถูกต้องมากขึ้น เช่น ในการทดสอบนี้ใช้ข้อมูลที่มีความแตกต่างของระดับความสูง 100 เมตร จะทำให้ข้อมูล DEM ที่ได้มีความละเอียดน้อยกว่า เมื่อใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงในระดับ 20 เมตร เป็นต้น



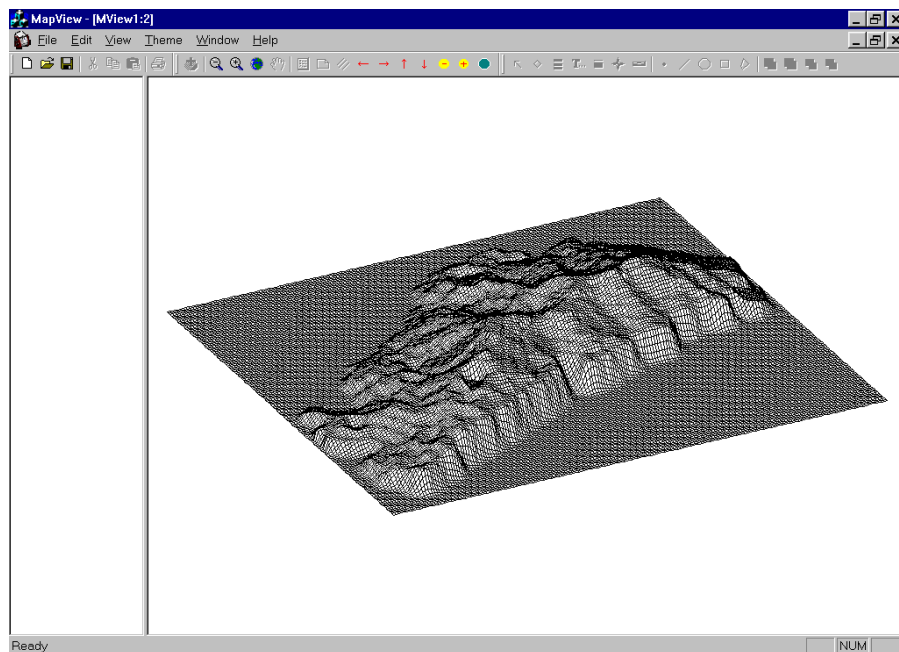
รูปที่ 3 แสดงเส้นชั้นระดับความสูง (Contour Line)

จากการทดลองยังพบว่า การสร้างข้อมูล DEM Model จะทำให้เปลืองหน่วยความจำมากในกรณีพื้นที่ที่ต้องการสร้างเป็นพื้นที่ราบ เนื่องจากลักษณะของ DEM Model จะต้องเก็บค่าความสูงทุก ๆ ตำแหน่งของกริดแม้ว่าจะมีค่าความสูงเท่ากันก็ตาม ดังนั้นการนำข้อมูล DEM Model ไปแปลงเป็นข้อมูลแบบ TIN

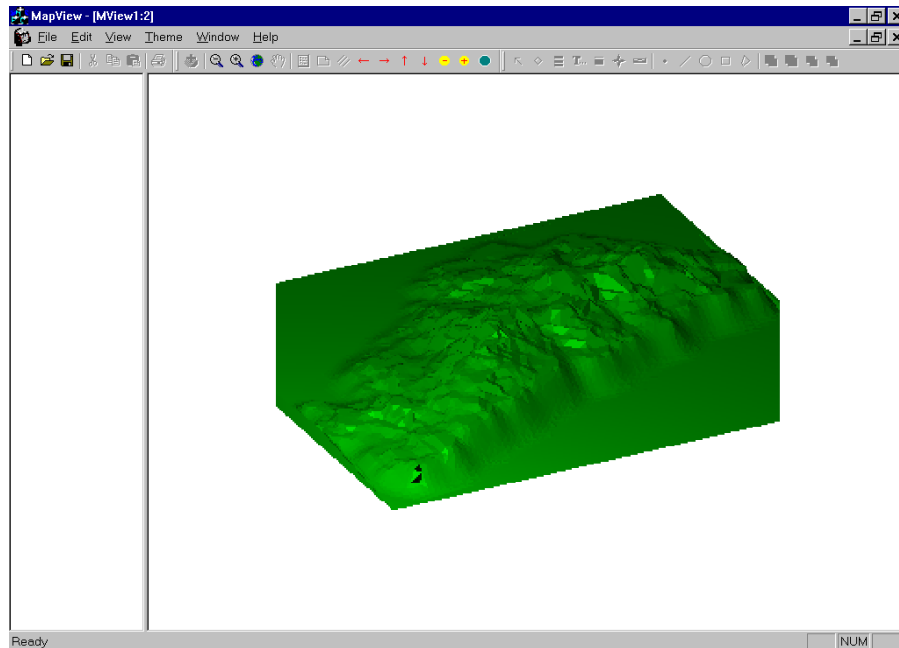
Model ซึ่งเป็นลักษณะของพื้นผิวที่เกิดจาก Polygon สามเหลี่ยมเชื่อมต่อกันก็จะทำให้สามารถเก็บข้อมูลเพื่อการแสดงผลในสามมิติมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 แสดงข้อมูล DEM เมื่อใช้ระยะห่างระหว่างกริด 100 เมตร



รูปที่ 5 แสดงข้อมูล DEM เมื่อใช้ระยะห่างระหว่างกริด 50 เมตร



รูปที่ 6 แสดงภาพ ผลของการ Render ของข้อมูล DEM (100 เมตร)

### สรุป

การสร้างข้อมูล DEM โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยความสูงร่วมกับ Thin Plate Interpolation จะทำให้ได้ข้อมูล DEM ที่มีความละเอียดและถูกต้องในระดับที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อจะสามารถคำนวณพื้นที่ในสามมิติ หรือ การหาความลาดเอียงของพื้นที่ได้เป็นต้น

แม้ว่าการใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของความสูงจะสามารถเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลได้แต่แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังใช้ค่าเฉลี่ยในทางแกน x และ y เท่านั้น ดังนั้นจึงควรที่จะมีการพัฒนาวิธีการเฉลี่ยค่าความสูงตามทิศทางการลาดเอียงของเส้นระดับชั้นความสูงโดยการพิจารณาค่า Elevation Gradient ซึ่งจะสามารถเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล DEM ได้มากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- Gousie, Michael B. 1998. Contours to Digital Elevation Models: Grid-Based Surface Reconstruction Methods. Rensselaer Polytechnic Institute Troy New York.
- Michael Garland and Heckbert, Paul S. 1995. Fast Polygonal Approximation of Terrains and Height Fields. School of Computer Science Carnegie Mellon University.