

地形情報體系를 應用한 土量에 關한 研究 A Study on the Earthwork Volummes Using Geographic Information Systems

申鳳浩* · 嚴在九** · 梁承龍** · 宋枉宰***

Shin, Bong-Ho · Eum, Jae-Gu · Yang, Sung-Yong · Song, Wang-Jae

要 旨

本 研究는 GIS의 DEM技法을 應用한 土量에 關한 研究로서 數值試驗 1, 2를 통해 地形情報 즉, 空間데이터(X, Y)와 屬性데이터(Z)의 獲得方法과 각각의 地形情報 獲得方法에 따른 斷面續 決定方法 그리고 土量 算定의 正確度를 分析하여 效率的인 地形情報의 獲得方法과 最適土量 算定方法을 提示함에 그 目的이 있다. 本 研究의 結果로부터 格子基盤의 DEM技法을 應用한 土量 算定時 格子를 基盤으로 하여 地形 變換點의 地形情報를 任意抽出(Random)방식으로 獲得하고 地形을 非線形, 不等間隔으로 解析하여 土量을 算定하는 方法이 매우 效率的임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper applicated the digital elevation model(DEM) method in geographic infomation systems (GIS) on the earthwork volumes, intending to present an efficient geographic information-obtain method and an optimum earthwork volumes method after analyzing the obtain method of geographic informations which are made up of as spatial data(X, Y) and attribute data(Z), analyzing area determination method by geographic information-obtain method each other and the accuracy of earthwork volumes computation. The results of this paper showed that the method of earthwork volumes computation, which was based on the earthwork volumes-calculation grid applied by the DEM method of based grid to randomly get the geographic information of geographic transformation point and translated geography into nonlinear and unequal interval, was very efficient.

1. 서 론

現代社會가 高度情報化社會로 급속히 이행됨에 따라 사용자 의 새로운 情報에 대한 要求가 더욱 더 複雜하고 多樣해져가고 있다. GIS(Geographic Information Systems)는 이러한 要求를 充足시키기 위하여 컴퓨터에 의해 各種情報 등을 綜合的으로 處理하는 方式으로서 空間客體의 檢索, 貯藏 및 分析하는 기능과 地圖形態의 데이터를 出力하는 기능을 갖는 데이터베이스 시스템으로써 다양한 空間데이터에 대한 處理를 必要로 한다.¹⁾

GIS의 DEM(Digital Elevation Model)技法은 地形

情報處理의 主要한 要素로서 地形 혹은 地形과 類似한 表面과 관련있는 현상을 시뮬레이션(Simulation), 分析, 디스플레이(Display)할 수 있는 技法이다.

地形을 數值的으로 表現하는 DEM技法은 여러가지 方法으로 構築할 수 있으며 地形의 모든 情報가 모두 DEM 데이터 즉, 空間 및 屬性 데이터에 의하여 表現되기 때문에 모든 平面地形, 地物및 等高線 圖化의 自動化가 이루어질 수 있고 地形의 陰陽과 反射의 方向을 決定함으로써 地形의 起伏狀態를 나타낼 수 있어 地形을 豫測할수 있으며 道路設計 및 宅地造成 設計에 있어서의 土量 算定과 路線變更등에 있어서 새로운 路線의 縱·橫斷面을 自動化 할 수 있다.

그리고 傾斜度, 斜面方向度 등 地形情報의 分析과 土木計劃 및 設計目的에 따른 各種 地形情報의 合成을 情報化할 수 있다.

*忠北大學校 工科大學 土木工學科 教授

**忠北大學校 土木工學科 博士課程

***忠北大學校 土木工學科 助教

따라서 본 연구에서는 2가지의 數值試驗을 통해 GIS의 DEM技法을 利用한 土量 算定시 效率的인 地形情報의 獲得方法과 最適土量 算定方法을 提示함에 그 目的이 있다.

2. GIS의 DEM技法

2.1 DEM의 構築

DEM은 空間上에 나타나는 連續的인 起伏의 變化를 數值的으로 表現하는 技法으로 그 過程에 의해 데이터 獲得, 데이터 處理, 利用目的에 따른 作業遂行으로 나누어진다.

DEM은 航空寫眞測量을 實施하여 立體寫眞을 獲得한 다음 格子網을 設定하여 地形情報를 獲得하고 獲得한 데이터에 補間法을 適用하여 未知點들에 대한 標高(Z)를 計算하는 方法으로 데이터 獲得, 變換, 貯藏, 更新 등을 包含시킨다.

그러므로 地形을 數值化하는 경우에는 무엇보다도 먼저 다음 事項을 考慮해야 한다.²⁾ 즉, 地形情報의 數值化, 必要한 正度, 地形情報의 獲得方法, 補間法의 利用方法, 데이터의 入力形態, 地形情報 獲得 및 시스템의 選定 등이다.

이상의 事項을 考慮하여 獲得한 地形情報를 利用해서 未知點의 空間情報인 平面座標(X, Y)에 對應하는 標高屬性 즉, 屬性情報(Z)를 補間法으로 구하여 컴퓨터에 入力시킨다.

또한, DEM을 構築하는 경우에는 다음과 같은 事項을 滿足해야 하는데 첫째 地形에 가까운 曲面을 選擇해야 하며 둘째, 能率的으로 地形情報를 抽出하여 컴퓨터에 入力시킬 수 있는 形態로 變換시켜야 하고 셋째, 높은 정도를 가져야 한다.

또한 DEM은 一連의 標本點 데이터(標本抽出法)와 地形平面(또는 線)의 幾何學的 再現方法(補間法)으로 區分된다. 따라서, 標本抽出法과 補間法은 相互 聯關되어 있으며 이들 聯關性은 地形의 形態에 따라 큰 影響을 받는다.

2.1.1 데이터獲得 方法

DEM에 있어서 地形情報의 獲得方法은 크게 데이터獲得의 手段과 標本抽出方法 두가지로 區分된다.

1) 데이터獲得의 手段

DEM에 使用되는 데이터는 地圖, 航空寫眞의 立體 모델, 現場測量成果, 人工衛星에 搭載된 센서(Sensor)

등에 의한 方法으로 獲得할 수 있다.³⁾

2) 標本抽出 方法

標本抽出方法은 DEM의 데이터 獲得手段에 의하여 달라질 수 있으나 본 연구에서는 數值試驗 1, 2 두가지의 數值試驗에 의한 標本抽出方法에 局限하였다.

① 格子網

앞에서 獲得한 데이터의 結果는 어떤 格子形態를 形成한다.

格子網은 正規格子網, 不規則格子網, 半正規格子網 등이 있으며 특히, 正規格子網과 半正規格子網이 가장 重要한 것들 중의 하나이다.⁴⁾

正規格子는 標本點과 標本點간의 距離가 一定한 格子網을 말하며 地形變化性에 대한 適應性이 낮다.

不規則格子는 標本點의 配列이 不規則的인 것을 말하며 細密한 判讀으로 地形變化性에 대해 높은 適應性이 있다.

② 等高線 方法

地形情報源은 航空寫眞을 利用하면 格子上으로 되고 任意抽出(Random)上으로도 되는 地形點의 配置로 對應된다.

그러나, 地形情報源을 等高線 地圖에 利用하는 경우에는 等高線으로 地形點을 抽出할 수 있다.⁵⁾ 圖化機 및 座標測定機로 구한 (X, Y)座標를 自動的으로 記錄하는 Digitising 裝置로 等高線을 따라 計劃한 座標를 測定함에 의해 DEM의 構築이 可能하다.

2.2 地形 데이터의 補間

2.2.1 正規格子形 補間法

正規格子形 方法은 標本點과 標本點간의 距離가 一定한 格子網을 말하며 一般的으로 地形變化에 適應性이 낮다.

① Cubic-Spline 補間法

補間되어지는 函數의 微分項들이 주어지지 않거나 計算될 수 없을 때 Cubic-Spline 補間法을 利用하는 것이 效率的이다.

獨立變數 y(x)의 變化를 研究하기 위해 여러 區間으로 나누어진 多項回歸模型이

$$\begin{aligned} \eta &= \beta_{10} + \beta_{11} x + \dots + \beta_{1q_1} x^{q_1}, \quad a \leq x \leq a_1 \\ &= \beta_{20} + \beta_{21} x + \dots + \beta_{2q_2} x^{q_2}, \quad a \leq x \leq a_2 \\ &= \beta_{r0} + \beta_{r1} x + \dots + \beta_{rq_r} x^{q_r}, \quad a_r \leq x \leq b \end{aligned} \quad (2.1)$$

일때, $q_i = n$, $i = 1, 2, \dots, r$ 이고 全區間 $a \leq x \leq b$ 에서

η 가 連續函數이며 x 에 대한 η 의 微分項이 모두 連續函數인 Spline函數를 利用하여 線形方程式의 體系를 形成하므로서 Cubic-Spline 補間法을 適用할 수 있다.

2.2.2 非正規格子形 補間法

非正規格子形 方法은 標本點의 配列이 不規則인 形態로 資料點을 얻는 方法으로 細密한 判讀으로 地形變化에 대해 높은 適應性이 있으며 計算 處理는 正規格子形보다 複雜하다.

① 距離 輕重率 函數法

距離 輕重率 函數法의 基本式은 式 (2.2)와 같이 表現할 수 있다.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (2.2)$$

여기서, z_i : 隣接한 點의 標高資料

d_i : 隣接한 點까지의 距離

n : 利用하려는 點의 갯수

만약 輕重率을 3으로 하면 式 (2.3)과 같다.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^3}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^3}} \quad (2.3)$$

이 方法에 使用되는 點들은 補間點에서 距離가 멀 수록 補間값에 미치는 影響이 적다.

② Kriging 補間法

Kriging補間法의 概念은 空間變數를 임의의 函數로 形成하여 수 많은 空間資料를 解析하는 데 便利하다.

一定 地域에서 임의의 未知平均값 y 를 구하기 위한 補間方法으로 測定平均값을 表現하면, 式(2.4)와 같다.

$$y_s = \frac{1}{N} \sum y(x_i) \quad (2.4)$$

그러나, $1/N$ 은 同一한 輕重率을 가지므로 效率의 이지 못하며 輕重率 γ_i 를 導入하면 다음 式으로 나타낼 수 있다.

$$y_s = \sum_i \gamma_i y(x_i) \quad \sum_i \gamma_i = 1 \quad (2.5)$$

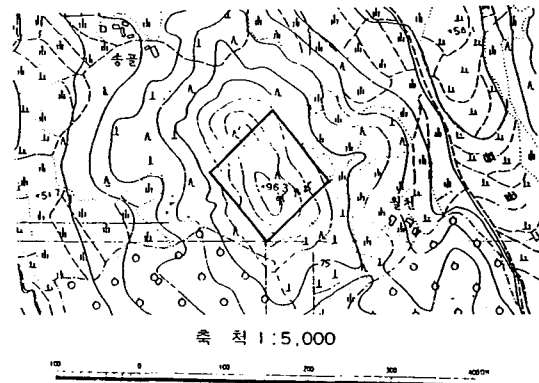


그림 1. Topographic map of selected region.

이 경우 각각에 합당한 輕重率을 찾는 方法이 Kriging補間法으로서 測定平均값에 대한 誤差가 0이 되며 分散이 最小가 되고 또한, 線形結合을 滿足하는 y_s 를 計算할 수 있다.

3. 數值試驗 및 結果分析

本 研究에서는 GIS의 DEM技法을 應用한 土量 算定시 空間데이터(X, Y)와 屬性데이터(Z) 즉, 地形 情報의 獲得方法과 각각의 地形情報 獲得方法에 따른 斷面積 決定方法 그리고 土量 算定の 正確度를 分析 하여 效率인 地形情報의 獲得方法과 最適土量 算定方法을 提示하기 위하여 數值試驗 1, 2 두가지의 數值試驗을 통하여 研究를 遂行하였다.

數值試驗 1의 경우 現場測量에 의해 正規格子點에 대한 地形情報 즉, 屬性정보인 標高(Z)를 獲得하여 DEM을 構築하고 數值試驗 2의 경우 等高線圖로 부터 正規格子를 基盤으로 하여 手動式 方法에 의해 地形이 변하는 位置 즉, 地形變換點의 標高(Z)를 抽出하여 DEM을 構築하였다.

또한 地形을 線形 等間隔, 非線形 不等間隔으로 解析하여 斷面積을 決定하고자 Clipper로 프로그램을 開發하였다.

3.1 數值試驗

3.1.1 DEM構築의 基本 入力資料

數值試驗 1의 경우 忠北 清州市 佳景同 일대 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10,000 \text{ m}^2$ 를 研究對象地域으로 選定하고 (그림 1) 既設의 三角點으로부터 E.D.M 및 Theodolite

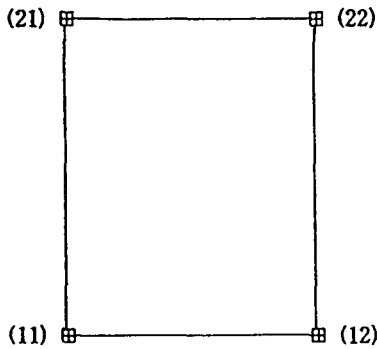


그림 2. Coordinate of selected region.

Coordinate (11) X=346042.79 Y=238383.15
 (12) X=345966.50 Y=238318.50
 (21) X=346107.43 Y=238330.20
 (22) X=346030.82 Y=238395.07

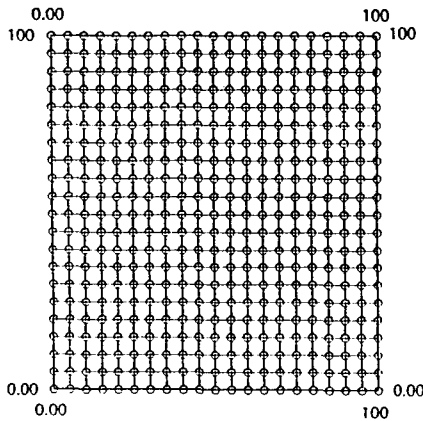


그림 3. Position of obtained elevation data (Z) (numerical experiment 1).

(6° ? 독)를 이용, 圖根測量을 實施하여 研究地域의 境界 즉, 基準點 11, 12, 21, 22의 座標를 獲得하였다 (그림 2).

또한 地形情報를 獲得하고자 座標 X=346042.79, Y=238383.15인 11點을 基準으로 하여 X, Y方向으로 5 m間隔의 正規格子網을 形成시키고 現場測量에 의해 正規格子點의 標高(Z) 즉, 屬性데이터를 獲得한 후 距離輕重率函數法, Cubic-spline補間法, Kriging補間法 등으로 補間을 遂行하여 DEM을 構築하였다(그림 4).

研究對象地域의 範圍는 基準點 11을 基準으로 100 m×100 = 10,000 m²이며 正規格子의 間隔을 X, Y方

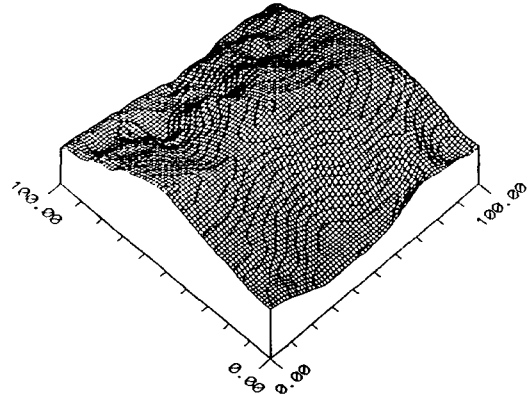


그림 4. 3-D digital elevation model (numerical experiment 1).

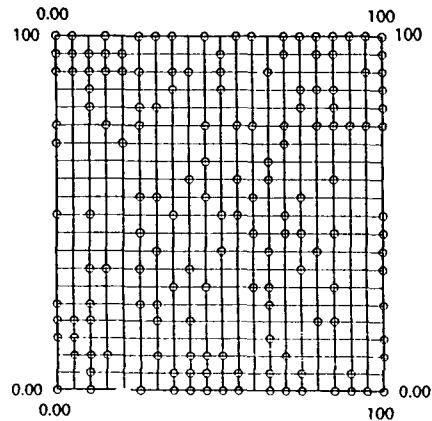


그림 5. Position of obtained elevation data (Z) (numerical experiment 2).

向으로 5 m로 한 21×21=441개의 正規格子點에 대한 標高 즉, 屬性데이터(Z)를 獲得하였다(그림 3).

數值試驗 2의 경우 等高線圖로 부터 5 m×5 m 間隔의 正規格子網을 基盤으로 手動式 方法에 의해 X, Y 두 方向 모두 地形이 變하는 地形變換點을 抽出하여 그림 5와 같이 任意抽出(Random)방식으로 152개의 標高(Z)를 獲得한 후 數值試驗 1과 同一한 補間을 遂行하여 DEM을 構築하였다(그림 6).

3.1.2 斷面積 決定 및 土量 算定

DEM을 응용한 土量 算定시 여러가지 斷面積 決定方法을 각각의 屬性데이터 즉, 標高(Z)를 獲得하는 方法에 適用하여 각각의 데이터 獲得方法과 斷面積 決定方法의 相關關係와 土量 算定の 正確度를 分析

하기 위해 斷面積 決定 및 土量算定의 理論을 定立하고 研究의 遂行을 위하여 數値試驗 1에 의해 獲得한 屬性데이터(Z)는 地形을 線形 等間隔으로 解析하는 1次多項式으로 誘導된 사다리꼴法則과 2次多項式으로 誘導된 Simpson1/3法則 등의 斷面積 決定方法을 適

用하여 土量을 算定하고 數値試驗 2에 의해 獲得한 任意抽出한 屬性데이터(Z)는 地形을 非線形, 不等間隔으로 解析하는 2次多項式으로 誘導된 Easa法則과 3次多項式으로 誘導된 Simpson3/8法則 등의 斷面積 決定方法을 適用하여 斷面積을 決定할 수 있는 프로그램을 開發하고 角柱公式을 適用하여 土量을 算定하였다.

그림 7은 本 研究에서 斷面積 決定을 위해 開發한 프로그램의 實行過程을 Display capture한 것이다.

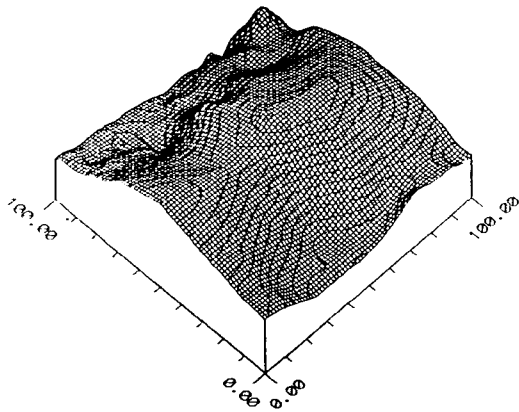


그림 6. 3-D digital elevation model. (numerical experiment 2).

3.2 結果 分析

本 研究는 GIS를 응용한 土量에 關한 研究로써 DEM技法을 利用한 土量 算定을 하고자 할때 地形情報 즉, 空間情報(X, Y)와 屬性情報(Z)의 獲得方法과 각각의 地形情報의 獲得方法에 따른 最適土量 算定方法을 提示하고자 數値試驗 1, 2를 遂行하였다.

數値試驗結果 現場測量으로부터 5 m×5 m의 正規格子點에 대해 獲得한 地形情報로 부터 DEM構築시 作圖한 3-D Modeling과 等高線圖로부터 正規格子를 基盤으로 하여 地形變換點에 대한 地形情報를 任意抽出하여 DEM을 構築하였을 때 作圖한 3-D Modeling은 視覺적으로 매우 유사하게 作圖됨을 알 수 있었다.

數値試驗 1의 경우 斷面積 決定은 地形을 線形, 等間隔으로 解析하는 사다리꼴法則과 Simpson1/3法則을 適用하고 數値試驗 2의 경우 地形을 非線形, 不等間隔으로 解析하는 Easa法則과 Simpson3/8法則을 適用하여 斷面積을 決定한 後 두가지 試驗 모두 角柱公式을 利用하여 土量을 算定한 結果 표 1과 같은 結果를 가져왔다.

표 1을 分析해 보면 數値試驗 1과 같은 方法으로 地

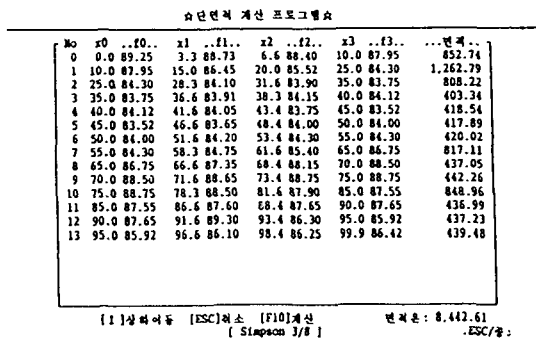


그림 7. Display capture of developed program.

표 1. Results of earthwork volumes computation

Acquisition method of geographic information	Method of area determination	Interval	Polynomial	Cumputed earthwork (m ²)	Difference of earthwork volumes (m ³)
Numerical experiment 1	Trapezoidal	Equal	N=1	860,242.50	± 156.46
	Simpson 1/3	Equal	N×2	860,398.96	
Numerical experiment 2	Easa	Unequal	N=2	861,340.55	± 1276.13
	Simpson 3/8	Unequal	N×3	862,617.18	

形情報를 獲得하여 DEM을 構築하고 土量을 算定한 結果 값(860,242.50 m³, 860,396.96 m³)과 數值試驗 2와 같은 方法으로 地形情報를 獲得하여 DEM을 構築하고 土量을 算定한 結果 값(861,340.55 m³, 862,617.18 m³)은 實際적으로 宅地開發 등과 같은 大規模 土木工事의 土量 算定시에는 無視될 수 있을 정도의 近似한 結果 값을 보임을 알 수 있다.

4. 結 論

本 研究에서는 數值試驗 1, 2를 통해 GIS의 DEM 技法을 應用한 土量 算定시 效率인 地形情報의 獲得方法과 最適土量 算定方法에 關하여 研究한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. GIS에 있어서 DEM構築시 地形情報의 獲得方法은 等高線圖로 부터 格子를 基盤으로하여 地形變換點의 空間情報(X, Y)와 屬性情報(Z)를 抽出하는 方法이 現場測量에 의해 正規格子點에 대한 地形情報를 獲得하는 方法보다 效率의임을 알 수 있었다.

2. DEM技法을 應用한 土量 算定에 있어서 等高線圖로 부터 地形變換點의 情報를 獲得하여 Easa法則과 Simpson3/8 法則을 適用하여 斷面積을 決定하고 角柱公式을 利用하여 土量을 算定하는 方法이 迅速하고 經濟의임을 알 수 있었다.

3. GIS를 應用한 土量에 關한 研究의 遂行을 위하여 開發한 프로그램은 土木事業 및 이와 關連된 應用分野의 實務者에게 있어서도 간단한 實行方法을 習得하면 數值積分에 의한 斷面積 決定 및 土量 算定을 하는데 매우 效果적으로 活用할 수 있을 것으로 思料된다.

4. 等高線圖로 부터 正規格子를 基盤으로 地形變換點에 대한 地形情報 즉, 屬性情報인 標高(Z)를 抽出할 때에는 凹凸點에 대해서는 格子基盤과는 相關없이 抽出해야 함을 數值試驗 1, 2에서 製作한 3-D Digital elevation model로 부터 알 수 있었다.

感謝의 글

이 論文은 1993年度 韓國學術振興財團의 公募課題

研究費支援에 의하여 遂行되었기에 韓國學術振興財團에 깊이 感謝드립니다.

參考文獻

1. B.C. Ooi, et al., 1989, "EXTENDING A DBMS FOR GEOGRAPHIC APPLICATIONS; DATA ENGINEERING, pp. 590-597.
2. M.M. Hammer, et al, 1989, "Semantic Integrity in a Relational Data Base System", Pro, 1st VLDB Conf., pp. 237-246.
3. Wong, K.W. and Y.M. Siyam, 1981, "Accuracy of Earthwork Calculations from Digital Elevation Data", ASP-ACSM Fall Technical Meeting, pp. 399-408.
4. Thapa, K., 1987, "Detection of Critical Points: The First Step to Automatic Line Generalization", Ph. D. dissertation, Ohio State University, Columbus.
5. Greenlee, D.D., 1987, "Raster and Vector Processing for Scanned Linework", PE&RS, Vol. 53, No. 10, pp. 1383-1387.
6. Peucker, T.K., and Chrisman, N., 1975, "Cartographic Data Structures", The American Cartographer, Vol. 2, No. 1, pp. 55-69.
7. Scarlato, L.L., 1989, "A Compact Terrain Model Based Critical Topographic Features", Proceedings of Auto-Carto 9, pp. 146-155.
8. 崔炳吉, 1991 地形情報시스템의 數值標高모델 構築에 關한 研究.
9. 柳福模, 1993, 지형공간정보체계, 東明社.
10. 柳根培, 1990, 地理情報論, 尚潮社.
11. Braker, 1975, "Generation of Regular Point Grids from Contour Lines for Digital Terrain Models", ITC-M.S. Thesis.
12. Makrovic, B., 1976, "A Digital Terrain Model System", ITC-Journal, p. 57.
13. Leberl, F., 1973-5, "Interpolation in Square Grid DTM", ITC-Journal p. 756.
14. 申鳳浩, 1986, 數值地形模型에 있어서 補間法을 利用한 最適土工量 算定에 關한 研究.
15. 문두열, 정창식, 이재원, 1988, 수치적분에 의한 불규칙한 지역의 면적 계산, 대한토목학회 개요집, pp. 289-292.