

數值地形模型에 있어 地形의 分析和 組合補間法の 適用에 관한 研究

A Study on the Application of Combined Interpolation and Terrain Classification in Digital Terrain Model

柳 福 模* 朴 雲 龍**
Yeu Bock-Mo Park Woon-Yong
權 現*** 文 斗 烈****
Kwon Hyun Mun Du-Yeoul

要 旨

本 研究에서는 地形의 定量的 分類變數를 이용하여 地形을 分類하고, 地形에 따라 適切한 補間法을 適用하므로써 數值地形 模型의 正確度 향상과 效用性을 높이는데 그 目的이 있다.

地形解析에 있어서 定量的 分類 變數를 利用하여 對象地域을 4개의 群集으로 分類하여 地形에 따른 經濟的인 補間法을 適用하였으며 格子間隔이 큰 境遇 各 地形群別로 補間法을 組合시킨 組合補間法을 適用하므로써 正確度를 向上시킬 수 있었다.

ABSTRACT

In this study, terrain classification was done by using the quantitative classification parameter and suitable interpolation method was applied to improve the accuracy of digital terrain models and to increase its practical applications.

A study area was classified into three groups using the quantitative classification parameters and an interpolation equation suitable for each group was used for economical application of the interpolation method.

The accuracy of digital terrain models was improved in case of large grid intervals by applying combined interpolation method suitable for each terrain group.

1. 序 論

航空寫眞에 의한 數值地形模型의 正確度는 資料抽出과 補間法の 適用, 地形의 分類, 그리고 土工量 算定式의 各 地形別 適用에 의해 決定된다.^{1),2)} 지금까지 大部分의 研究는 資料抽出과 補間法の 比較에 局限되었는데 資料 取得에 관한 研究는 地性線에 의한 密度增加式 標本抽出法으로 어느 정도 正確度 向上에 寄與한 바가

있으나,^{3),4)} 地形의 分類와 補間法에 대한 研究는 大部分 主觀的인 判斷에 의해 地形을 描寫하고 分類하므로써 地形의 特性에 適合한 補間式의 適用에 대한 效能을 向上시키지 못하는 境遇가 많았다.⁵⁾

그러므로 本 研究에서는 概括的으로 分類된 地形을 地形의 傾斜 및 起伏變化量을 보다 適切히 考慮할 수 있는 媒介變數의 特性을 이용하여 地形을 分類하고, 地形에 따라 적절한 補間法을 組合適用하여 數值地形模型의 正確度 向上과 同時에 效用性을 높이고자 하는데 目的이 있다.

* 延世大學校 工科大學 教授

** 東亞大學校 工科大學 教授

*** 延世大學校 産業技術研究所 客員研究員

**** 東義大學校 工科大學 助教授

2. 地形描寫의 媒介變數

(1) 傾斜와 曲率

한 地表面의 여러 점에서 傾斜도가 計算 된다면 그 表面 위의 모든 傾斜의 變化를 表示할 수 있다. 地表面을 하나의 曲面式(z)으로 놓으면 平面(x,y)에 대한 表面의 空間 導函數는 (2-1) 식과 같다.⁶⁾

$$S = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (2-1)$$

여기서, S는 z에 대한 한쌍의 최고偏微分에서 나오는 傾斜도의 크기이다. 曲率은 距離에 대한 傾斜도의 變化比率이므로 식 (2-1)을 微分하여 구하면 된다.

$$C = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right)^2} \quad (2-2)$$

(2) 突出頻度 分布

突出頻度は 하나의 정해진 基準面에서부터 資料點의 變化를 표시하는 方法으로 세 가지 方法이 있는데, 첫째 垂直거리 즉 標高 자체로서 水平에서의 起伏量을 표시하며, 둘째 最適 近似平面을 資料點 N個인 境遇 平面係數를 다음 式으로 구하고 이 最適 近似 平面으로부터 地形點까지 法線方向으로 表示하는 境遇와 地形點에서 最適 近似平面까지 垂直距離로 表示하는 境遇로 나누어진다.⁷⁾

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum z \\ \sum xz \\ \sum yz \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

(3) 平面의 分布

地表面을 三角形의 單位로 分割하면 3個의 標高 基準點으로 이루어지는 三角形의 平面들이 나누어져 각 平面들에 대한 單位 法線벡터들이 計算될 수 있다.

全體地形의 起伏을 表示하는 벡터의 크기는 單位 法線벡터의 方向余玄에 대한 제곱합을 單位 벡터수로 나누므로써 구해진다.⁷⁾

$$V_s = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (n_{xi}^2 + n_{yi}^2 + n_{zi}^2) \quad (2-4)$$

여기서 n_x, n_y, n_z 는 각각 單位法線벡터의 X, Y, Z 方向余玄이며 m은 單位벡터의 數이다.

(4) 水平面積에 대한 表面積의 比率

既知點(X, Y)에 대한 水平面積에 비해 表面積은 地形의 起伏이 심한 경우 增加한다는 假定으로부터 地表面의 變化狀態를 描寫하는 變數로 사용할 수 있다. 分割된 三角形으로부터 三角形의 傾斜 長이를 구하고 表面積 A'는 다음 式으로 구한다.⁸⁾

$$A' = \sum \sqrt{S_i(S_i - S_{i1})(S_i - S_{i2})(S_i - S_{i3})} \quad (2-5)$$

여기서, $S_i = 1/2(S_{i1} + S_{i2} + S_{i3})$ 는 각 三角形에서 각 변의 傾斜長이이다. 水平面積에 대한 傾斜面積의 비 A'/A의 平均과 分散을 地形起伏의 變數로 사용한다.

(5) 調和벡터 크기

調和벡터 크기는 m과 n항으로 된 후리에係數의 제곱합에 대한 제곱根으로 定義한다. 地形 表面 描寫에 사용되는 후리에係數들을 갖는 函數를 표시하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} f(X, Y) &= \left\{ \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \left[CC_{ij} \cos \frac{2\pi ix}{M} \cos \frac{2\pi jy}{N} \right] \right. \\ &+ \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \left[CC_{ij} \cos \frac{2\pi ix}{M} \sin \frac{2\pi jy}{N} \right] \\ &+ \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \left[CC_{ij} \sin \frac{2\pi ix}{M} \cos \frac{2\pi jy}{N} \right] \\ &\left. + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \left[CC_{ij} \sin \frac{2\pi ix}{M} \sin \frac{2\pi jy}{N} \right] \right\} \lambda_{ij} \end{aligned} \quad (2-6)$$

이고 λ_{ij} 는 縮尺係數이다. 후리에 係數들은 전체적인 適合이 두 개의 서로 直交하는 方向에서 調和的으로 振動하는 意味를 가지므로 후리에 係數들의 크기는 振動의 增幅을 표시한다.⁹⁾

(6) 절 선

地形의 절선은 傾斜에 拔激한 變化가 있는 線으로 數學的으로 空間 微分이 不連續인 線을 나타낸다. 物理的으로 堤防 稜線 溪谷線 등으로 나타내며 절선이 地形表面의 조도를 표시하는

變數로 사용될 수 있지만 立體模型상에서 쉽게 인지되지 않는다. 離散資料에 의해 절선을 찾는 다른 方法으로 變化가 생기는 斷面部分을 절선으로 표시하거나 또는 x, y 方向에 대한 微分의 要素가 (+)에서 (-)로 變化하는 點을 찾아서 절선으로 規定할 수 있다.¹⁰⁾

3. 數值地形模型의 補間法

補間法이란 주어진 既知點을 이용하여 未知點을 推定하는 曲線接合을 위한 方法으로 內插과 外插으로 나눌 수 있는데, 數值地形模型에서는 일반적으로 內插하게 된다. 높이 Z 는 여러가지 補間法에 의해 決定되므로 地形의 形態에 따라 적절히 選擇하여야 한다.

(1) 距離輕重率 函數法

Z_i 를 隣接한 點의 表高資料, d_i 를 인접한 點까지의 距離, n 을 이용하려는 點의 갯수라 할 때 距離輕重率 函數는

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / (d_i)^r}{\sum_{i=1}^n 1 / (d_i)^r} \quad (2-7)$$

이 된다.¹¹⁾

이 方法에 사용되는 點들은 補間點에서의 距離가 멀수록 補間값에 미치는 影響이 적게 된다. 距離輕重率 函數法은 처리속도가 빠르며 비교적 正確하다.

(2) Kriging 補間法

일정 지역에서 임의의 未知平均값 y 를 구하기 위한 補間方法으로 觀測平均값을 表示하면,

$$y_s = \frac{1}{N} \sum y(x_i) \quad (2-8)$$

식 (2-8)은 $\frac{1}{N}$ 의 동일한 輕重率을 가지므로 효율적이지 못하며 輕重率 λ_i 를 도입하면

$$y_s = \sum_i \lambda_i y(x_i), \quad \sum_i \lambda_i = 1$$

이 된다. 이 경우 각각에 합당한 輕重率을 찾는 方法이 Kriging으로서 觀測平均값에 대한 誤差가 0이 되며 分散이 最小가 되고 또한, 선형결

합을 만족하는 y_s 를 계산할 수 있다.¹²⁾

(3) 最小曲率法

最小曲率法은 구하고자 하는 任意點의 높이를 그 周圍의 가장 가까운 點, 즉 曲率이 最小가 되는 點을 基準으로 하거나 또는 가장 가까운 그 周圍 두 點의 높이의 平均으로 表高를 補間하여 구하는 方法이다. 그러므로 오직 홀수 개의 格子만이 最小曲率法의 이론에 적합하게 된다.

또한 다른 補間法에 비해 이 方法은 결과에 예측할 수 없으므로 자료의 外插에는 이용할 수 없다.

4. 觀測結果 및 資料分析

(1) 觀測對象地 選定

本 研究의 觀測對象地는 地形 分類를 통해 補間法을 適用하여 각 分類에 따른 最適補間法과 土工量의 正確度를 分析할 目的으로 崙프장 建設을 위해 航空寫眞測量을 한 可視的으로 地形의 變化가 뚜렷한 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 의 6개 地形을 選定하였다. 選定된 6가지 地形(Mod1-Mod6)에 대한 標高資料는 각 地形이 포함된 縮尺 1/3000의 航空寫眞을 精密圖化機 Wild A10을 통해 格子間隔 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 및 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 그리고 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 의 資料를 획득하였으며, 地形의 特徵은 表 4-1과 같고, 地形의 透視圖는 附錄과 같다.

表 4-1. 地形의 特徵

地形	間隔	格子數	(m) 最小 높이	(m) 最大 높이
Mod 1	2m	51×51	10.988	17.161
Mod 2	2m	51×51	4.698	15.733
Mod 3	2m	51×51	12.000	34.143
Mod 4	2m	51×51	78.073	100.812
Mod 5	2m	51×51	56.019	98.000
Mod 6	2m	51×51	24.248	66.500

(2) 地形分類變數에 따른 觀測對象地의 分類

本 研究에서 選定된 6가지 地形의 客觀的 分

表 4-2 地形(1-6)의 分類變數

surface		GB	RA	CB	BF	VD	VM	HVM	BK
I	MOD1	15.573	2.228	2.335	1.201	15.888	162.157	3.944	59
	MOD2	14.789	1.810	1.912	2.113	13.349	163.380	2.994	14
II	MOD3	31.128	6.869	5.217	5.384	21.777	146.574	8.090	194
	MOD4	32.696	7.763	4.112	4.211	23.487	146.203	13.459	95
III	MOD5	154.780	99.068	43.317	12.415	45.469	89.202	22.437	908
	MOD6	158.483	100.42	52.601	12.517	42.790	84.896	24.801	987

類를 위하여 地形을 定量的으로 表示할 수 있는 變數들을 選擇하여 標高範圍別로 區分한 6 가지의 地形에 대한 變數값을 구하였다.

傾斜의 크기를 表示하는 變數로는 各 格子點에서의 傾斜를 구한 平均傾斜度(GB)와 格子區域內의 水平面積에 대한 表面積의 比(RA)로서 平均傾斜도를 百分率로 표시하고 面積比는 傾斜面積(A')의 水平面積(A)에 대한 增分の 百分을 $100 \times (A' - A) / A$ 로 表示하였다. 起伏의 變化量을 表示하는 變數로는 平均曲率(CB), 돌출빈도(BF), 벡터分散(VD), 벡터크기(VM), 調和벡터량(HVM) 및 절선의 數(BK)로 나누었고, 절선의 數는 전체 觀測點 數에 대한 비율로써 表示하였다. 各 地形別 變數들에 대한 값은 表 4-2 와 같다.

表 4-2에서 平均 傾斜度(GB)를 利用하여 分析한 結果, 傾斜가 10~20%인 地形群(I群, 平地 또는 緩傾斜地), 20~35%인 地形群(II群, 準傾斜地), 35% 以上인 地形群(III群, 急傾斜地)의 3개의 群集으로 分類하였다. 또한 水平面積에 대한 傾斜面積의 增分の 百分을(RA)에 의한 分類는 I群이 3% 이하, II群이 3~10%, III群은 10% 이상이었으며, 曲率에 의한 分類는 I群은 2 내의 II群은 4에서 5까지로 거의 같으나, III群은 그 以上으로 나타났다. 突頻出度에 의한 分類는 I群이 2.2 以下 II群이 4.2에서 5.4이며 III群이 10 以上으로 分類되며, 벡터의 分散에 의한 分類는 表 4-2에서 I群은 16 以下 II群은 21~24 III群은 42~45로서 分類할 수 있으며, 벡터의 크기는 I群은 160 程度 II群에서는 140 그리고 III群에서는 80 程度이다.

그리고 調和벡터량은 I群은 4.0 以下 II群은

8.0~14.0 III群은 22~25 으로 나눌 수 있으며 절선은 +10% 傾斜에서 -10% 傾斜의 變化를 가지는 點으로 이 變數에 의한 分類는 I群은 60 以下 II群 95~194 그리고 III群은 900 以上으로 나누어진다.

地形分類 變數를 適用하여 定量的인 地形分類를 실시한 結果 3가지 群으로 分類할 수 있었으며, I群에 해당하는 Mod 1, Mod 2는 緩傾斜의 平地, II群에 해당하는 地形 Mod 3, Mod 4는 準傾斜의 丘陵地 III群에 해당하는 地形 Mod 5, Mod 6은 急傾斜地의 山岳地形으로 分類할 수 있다.

(3) 地形分類에 따른 補間法의 正確度 分析

主觀적으로 選定된 6가지 地形은 8개의 定量的인 變數를 사용하여 分類한 후, 6가지 地形의 標高값을 5m 및 10m 間隔으로 獲得한 分析資料에 대해 4가지 補間法을 適用하여 初期 費料의 格子와 같은 2m 間隔으로 補間한 후 標高값의 殘差에 대한 標準誤差 및 土工量의 正確度를 分析하였다.

本 研究에서 이용된 補間法으로는 資料點 間隔 5m와 10m 모두에서 距離輕重率 函數法과 最小曲率法, kriging 補間法 및 地形 smoothing에 많이 이용되고 있는 Spline 補間法을 6가지 地形에 대해 適用하였으며, 各 地形의 特性에 따라 距離輕重率 函數法, 最小曲率法, kriging 補間法에 Spline 補間法을 組合하는 組合補間方式으로 土工量의 誤差 및 標高殘差의 標準偏差를 分析하였다. 또한, 모든 補間法의 探索方法으로는 Quadrant 方法을 利用하였으며, 探索에 利用되는 隣接點은 10點으로 하였고, 距離輕重

表 4-3. 5 m 間隔의 殘差平均(Mr)과 標準偏差(Sdr) (Ad1-6). (m)

地 形	補 間 法	補 間 法			
		最小曲率法	距離輕重律法	Spline	Kriging
Ad 1	Mr	-0.009802	-0.005676	-0.006768	-0.008708
	Sdr	-0.255764	0.256276	0.243714	0.208123
Ad 2	Mr	0.002740	-0.004062	-0.002317	-0.001295
	Sdr	0.138766	0.206667	0.203114	0.131658
Ad 3	Mr	0.017623	-0.047607	-0.031246	-0.023480
	Sdr	0.308663	0.468773	0.307805	0.307715
Ad 4	Mr	0.003223	-0.0014585	0.002841	0.002483
	Sdr	0.280736	0.47228	0.238751	0.232762
Ad 5	Mr	-0.011438	-0.069076	0.066217	-0.063202
	Sdr	1.845350	2.05022	1.831462	1.779750
Ad 6	Mr	-0.136809	-0.120909	0.128185	-0.136006
	Sdr	2.334240	2.328630	2.325726	2.242160

率 函數法에서는 輕重率은 5로 最小曲率法에 收斂값은 0.005, 反復 計算數는 500회로 하였다.

各 地形群에 대해 4가지 補間法을 適用한 結果 表 4-3과 表 4-4에서 나타난 것처럼 地形群 별로는 平坦地 및 丘陵地로 地類된 I, II群 地形보다 急傾斜의 山地로 分類된 III群에서 11.3

-16.8배 더 큰 標高殘差를 나타내었다.

또한 資料點 間隔이 5m인 Ad1-Ad6에 대해 平坦地로 分類된 I群의 地形 1.2에서는 kriging 補間法이 가장 正確度가 좋았으나 計算 所要時間에서 다른 補間法에 비해 많은 時間(약 3배)이 所要되었으며, 正確度가 비슷한 最小曲率 補間으로도 좋은 結果를 나타내었다.

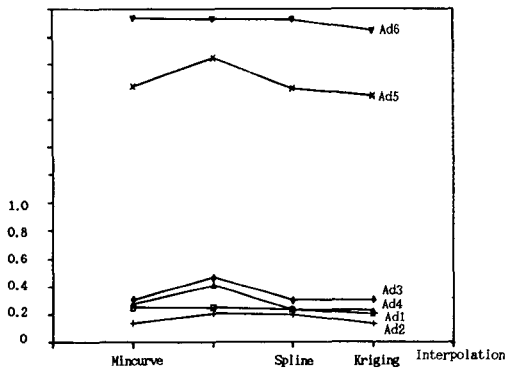


그림 4-1 5 m 間隔의 殘差平均(Mr)과 標準偏差 (Sdr) (Ad1-6). (m)

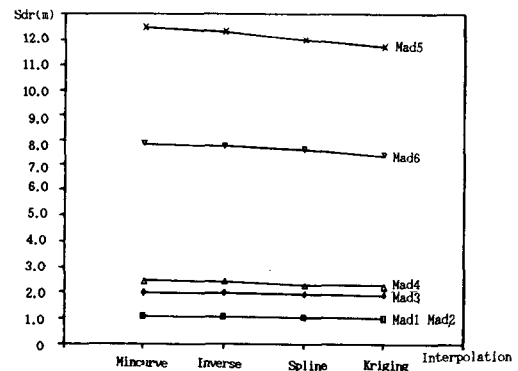


그림 4-2 10 m 間隔의 殘差平均(Mr)과 標準偏差 (Sdr) (Mad1-6). (m)

表 4-4 10 m 間隔의 殘差平均(Mr)과 標準偏差(Sdr) (Mad1-6). (m)

地 形		補 間 法			
		最小曲率法	距離輕重率法	Spline	Kriging
Mad 1	Mr	0.01968	0.03185	0.02637	0.02108
	Sdr	1.11129	1.09948	1.08742	1.05156
Mad 2	Mr	0.34969	0.32657	0.33714	0.33183
	Sdr	1.09907	1.09887	1.08469	1.06331
Mad 3	Mr	1.62567	1.47041	1.52145	1.58379
	Sdr	2.00293	2.00971	1.96317	1.92913
Mad 4	Mr	0.35978	0.33500	0.34162	0.35079
	Sdr	2.46436	2.44697	2.30014	2.29017
Mad 5	Mr	2.39394	2.22565	2.28415	2.31983
	Sdr	12.46140	12.29890	12.01417	11.73510
Mad 6	Mr	-3.84662	-3.68686	-3.75215	-3.69581
	Sdr	7.84792	7.75490	7.65214	7.44164

表 4-5 組合補間에 의한 標高殘差와 分散

地 形		A(m)	A+B(m)	A+B+C(m)	A+B+C+D(m)	正確度向上率 (%)
I	Mad 1	1.11129	0.377193	0.35214	0.34169	66.0
	Mad 2	1.09907	0.318673	0.30246	0.29471	71.0
II	Mad 3	2.00293	1.85143	0.56501	0.52142	71.8
	Mad 4	2.46436	2.65413	0.47186	0.44145	80.8
III	Mad 5	12.46140	10.14716	8.48923	2.21411	82.8
	Mad 6	7.84792	7.32417	5.24178	2.87234	63.4

* A=Mincurv, B=Inverse, C=Spline, D=Kriging

標高殘差 分析 結果는 表 4와 5 그리고 圖形 5, 6와 같다.

丘陵地로 分類된 II群에 該當되는 地形 3, 4에서는 Kriging-Spline-最小曲率法-距離輕重率函數法으로 나타났으나 地形의 特性에서 Smoothing 技法이 요구되므로 Spline 補間法이 特性上 유리하였고, 山岳地인 III群에서는 Kriging 補間法이 다른 補間法에 비해 相對的으로 작은 標高殘差를 나타내었다. 그리고 格子間隔 10 m (Mad 1-Mad 6)에서는 모든 地形에 대해 Kriging-Spline-距離輕重率函數法-最小曲率法 순으로 標

高殘差 正確度가 良好하였으나 資料點 間隔이 10 m로 커짐에 따라 5 m 間隔에 비해 距離輕重率函數法의 正確度가 向上되었고 同一 地形群에 대해서도 地形變化가 있는 II, III群에서는 最小 標高가 큰 地形 4, 5가 地形 3, 6보다 標高殘差 正確度가 현저하게 低下되었다.

以上の 結果로 볼 때 平坦地로 分類된 I群에서는 最小曲率法이, 구릉지의 II群에서는 Spline 補間法이, III群에서는 Kriging 補間法이 大規模 地形의 數值地形模型에 대한 補間에서 가장 經無的인 補間法임을 알 수 있었다.

(4) 組合補間에 의한 標高殘差 正確度 分析

앞 節의 資料點 間隔 5 m, 10 m 에 대한 4 가지 補間法을 適用하여 標高殘差의 正確度를 分析한 結果 資料點 間隔이 커짐에 따라 地形變化가 甚한 Ⅲ群에서는 正確도가 低下되었다. 따라서, 本 研究에서는 資料點 間隔이 10 m로 初期 資料보다 資料點 間隔이 5 배나 큰 Mad1-Mad6 에 대해 그림 4-3 과 같은 흐름도로 組合補間을 實施하였다. 補間 順序는 Mad1-Mad6 에서 正確도가 不良한 順인 最小曲率補間—距離輕重率函數補間法—Spline—Kriging 補間法으로 組合하여 各 地形群에 대해서 標高殘差 正確도가 크게 向上되는 組合補間 段階를 찾았다. 各 地形群別 組合補間의 結果는 表 4-5 와 같다.

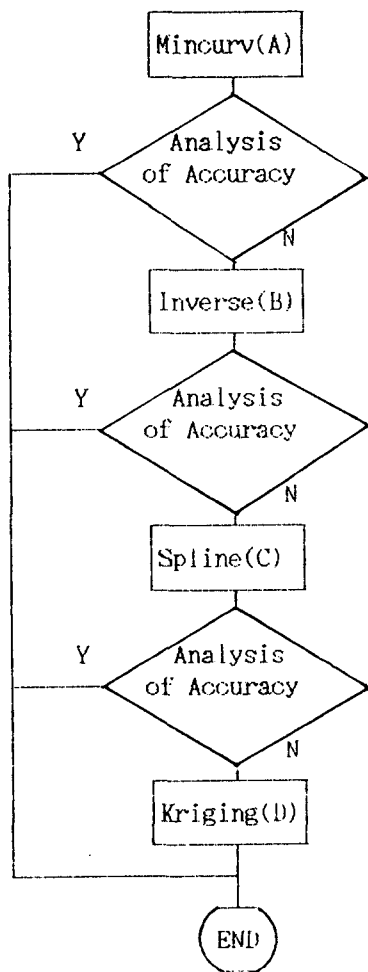


그림 4-3 組合補間의 흐름도

表 4-5 와 그림 4-4 에서 나타난 것처럼, 자료 점 間隔이 10 m 인 Mad 1-Mad 6 에 대해 組合補間을 實施한 境遇, 平坦地로 分類된 地形 1.2 의 Ⅰ群에서는 最小曲率補間法과 距離輕重率函數法만으로도 正確度를 向上시킬 수 있었으며, 차후의 補間에서와 유사한 正確度로 收斂하였다.

또한, 丘陵地인 地形 3, 4 의 Ⅱ群에서는 最小曲率法과 距離輕重率函數法, 그리고 Spline 補間法으로 組合한 補間으로 標高殘差를 減少시킬 수 있었으며, 특히 地形變化가 甚한 地形 5, 6 의 Ⅲ群에서는 利用한 4 가지 補間方法을 모두 組合한 補間方法으로 標高殘差 誤差를 줄일 수 있었다.

따라서 組合補間을 통해 各 地形의 標高殘差의 正確度를 分析한 結果 Ⅰ群은 最小曲率法과 距離輕重率函數法, Ⅱ群은 最小曲率法과 距離輕重率函數法 그리고 Spline 補間法, Ⅲ群은 4 가지 모두를 組合補間하면 格子 間隔에 따라 發生되는 標高殘差의 正確度를 向上시킬 수 있음을 알 수 있었다. 또한 組合補間을 實施하지 않은 경우(A)와 各 地形群에서 標高殘差의 正確도가 급격히 向上되어 收斂되는 組合補間 段階의 正確도에 대한 相對的인 正確度 向上率을 分析한 結果, Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ群에서 略 63-83% 가량 正確도가 向上되었다.

5. 結 論

지금까지 航空寫眞에 의한 數值地形模型에 대한 研究에서 地形을 定量的인 分類를 하여 地形과 地形 間隔에 따른 補間法을 適用하여 본 結果 다음과 같은 決論을 얻을 수 있었다.

첫째, 地形的의 分類에 있어서 8 가지 地形 分類因子는 定量的으로 分析을 할 수 있으므로 보다 客觀的으로 地形 分類에 有用하게 利用될 수 있을 것으로 思料된다.

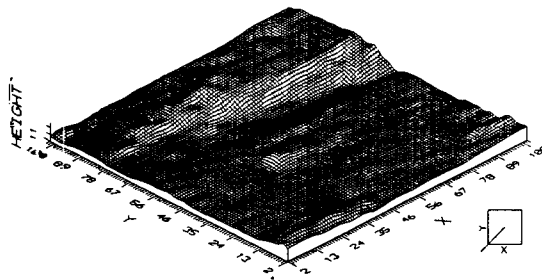
둘째, 資料點의 間隔을 5 m, 10 m로 變化시켜 標高殘差 分析을 한 結果 各 地形別로 Ⅰ群에서는 最小曲率法이, Ⅱ群에서는 Spline 補間法이, Ⅲ群에서는 kriging 補間法이 經濟的이었다.

셋째, 組合補間을 段階別로 適用한 結果 Ⅰ群

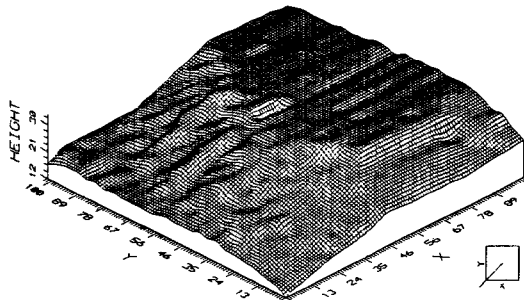
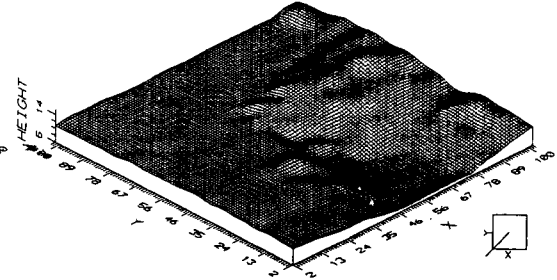
에서는 最小曲率法과 距離輕重率函數法이, II 群에서는 最小曲率法과 Spline 補間法, III 群에서는 最小曲率法과 距離輕重率函數法과 Spline 補間法, 및 kriging 補間法을 組合시킨 境遇에 63.4-82.8%의 正確度 向上이 있었다.

참 고 문 헌

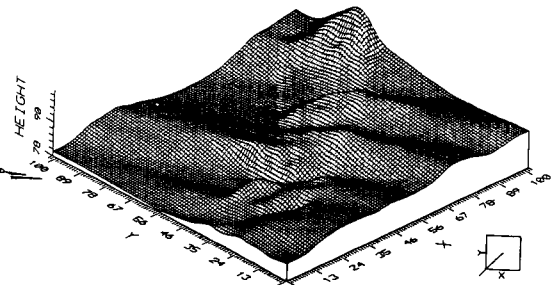
1. Linkwitz, K., "Digital Terrain Models", *ITC Journal*, 1970, pp.76-34.
2. Ackerman, F., "Use of Digital Terrain Data in Meteorological and Air Quality Modeling", *PE & RS*, Vol.44, No.12, December 1978, pp. 1537-1548.
3. Makarovic, B., "Progressive Sampling for Digital Terrain Models." *ITC Journal*, 1973, p. 397.
4. Makarovic, B., "Amended Strategy for Progressive Sampling". *ITC Journal*, 1975-1, pp. 117-128.
5. Crespoi, M., Forlani, G., Mussio, L. & Radicioni, F., "Terrain Classification by Cluster analysis," *XVI ISP Congress Commission III*, Presented Paper, Kyoto 1988, pp.128-137.
6. Ayeni, O.O.. "Objective Terrain Description and Classification for Digital Terrain Models", *XIII ISP Congress Commission II*, Presented Paper, Helsinki 1976, pp.1-8.
7. Hubson, R.D., "FORTRAN IV Programs to Determine Surface Roughness to Topograph for CED 3400 Computer", *Kansas Geological Survey Computer Contribution #14*, 1967.
8. 柳福模, 1986, "測量工學", 博英社, pp.445.
9. Hardy, R., "Multiquadratic Equation of Topograph", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 76, No.8, 1971.
10. Ayeni, O.O., "Consideration for Automated Digital Terrain Models with Application in Difference Photo Mapping", *Ph.D Dissertation*, Ohio State University, 1976.
11. Korchagin, Y.K., "Mathematical Simulation of Topographical Surface", *Geodesy, Mapping and Photogrammetry*, Vol.17, No.2, 1975, pp.67-71.
12. Delfimer, P., Delhomme, J.P., "Optimum Interpolation by Kriging", *Display and analysis of Spetial Data*, Nato Advenced, Study Institute, 1982, pp.96-114.



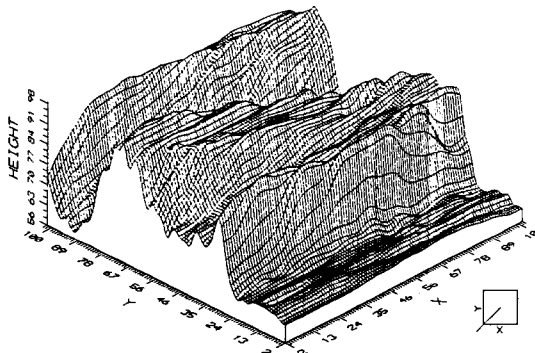
Mod1



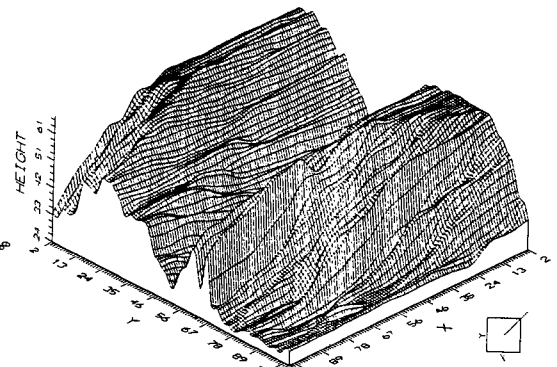
Mod3



Mod4



Mod5



Mod6