The Journal of GIS Association of Korea, Vol.7, No.1, pp.1-12, April 1999

GIS Software를 이용한 한국 산악 지형의 경사도 산출 정확도에 관한 연구
- 원자료의 등고선 간격과 해상력을 중심으로 -

신진민* · 이규석**

A Study on the Accuracy of Calculating Slopes for Mountainous Landform in Korea Using GIS Software
- Focused on the Contour Interval of Source Data and the Resolution -

Shin, Jin-min · Lee, Kyoo-seock

요 약

토지정보체계(Geographical Information System, GIS)에서 지형표고를 나타내는 수치지형정보(Digital Terrain Model, DTM)는 토공량 계산, 조경, 토목, 가시구역 분석, 무선중계국 위치선정 등 GIS가 활용되면서 여러 분야에서 이용되고 있다. DTM의 표고정보 및 이를 활용한 경사도와 같은 2차 정보의 정확도는 광활하고 평탄한 지형에서는 격자 간격, 원자료의 해상력 등이 크게 문제되지 않을 수 있으나 한국과 같이 지형의 기복이 심하고 다양한 형태의 지형에서는 적절한 해상력, 원자료의 정확성 등이 지형 표현에 있어 중요한 요소가 되고 있다. 그러므로 본 연구의 목적은 GIS 소프트웨어를 이용한 경사도 산출시 등고선의 정확도, 해상력, DTM의 자료구조에 따른 차이점을 분석하여 한국의 산악 지형에 적절한 해상력을 구하고자 하는 데 있다. 이를 위해 현재 세계적으로 많이 쓰이고 있는 DTM의 자료구조인 고도행렬식 기법(altitude matrices)을 활용한 격자형(raster) 자료구조인 Idrisi(ver. 2.0)와 비정규삼각망(Triangulated Irregular Network, TIN)자료구조인 ArcView(ver. 3.0a)를 사용하여 덕유산 국립공원의 1:25,000 지형도에서 생성한 DTM을 이용하여 경사도를 산출한 후 각각의 경사도 차이에 대해 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 해상력이 낮을수록 원자료의 등고선 간격이 클수록 지형의 smoothing 효과가 나타났다.
2) 격자형 자료구조인 Idrisi와 TIN 자료구조인 ArcView사이의 경사도 값 차이는 해상력이 떨어질수록 큰 차이를 보였다.
3) 30개의 표본점을 선택해 오차 비교 결과 경사도 오차의 경우 격자형 자료구조인 Idrisi와 TIN자료구조인 ArcView 모두 해상력에 따른 큰 차이가 없었으며 표고차의 경우 ArcView는 10m 등고선 간격에서 생성한 해상력 10, 20, 30m DTM에서 각각 4.9, 6.2, 5.9m로서 큰 차이가 없었고 Idrisi는 해상력 10, 20, 30m DTM에서 각각 6.3, 9.1, 10.9m로서 해상력이 감소할수록 표고 값의 오차가 늘었다.

* 성균관대학교 대학원(Graduate Student, Sunkyunkwan University)
** 성균관대학교 조경학과(Department of Land scape Architecture, Sunkyunkwan University)

4) Idrisi, ArcView 모두 산정상부, 계곡 바닥과 같은 지형의 지성선을 고려하지 못하였다.
주요어 : DTM, 해상력, 경사도, 정확도, TIN

ABSTRACT : The DTM(Digital Terrain Model) in GIS(Geographical Information Systems) shows the elevation from interpolation using data points surveyed. In panoramic flat landform, pixel size, resolution of source data may not be the problem in using DTM. However, in mountainous landform like Korea, appropriate resolution, accuracy of source data are important factors to represent the topography concerned. In this study, the difference in contour interval of source data, the resolution after interpolation, and different data structures were compared to figure out the accuracy of slope calculation using DTM from the topographic maps of Togyusan National Park. Two types of GIS softwares, Idrisi(grid) ver. 2.0 using the altitude matrices and ArcView(TIN) ver. 3.0a using TIN were used for this purpose. After the analysis the conclusions are as follows:

1) The coarser resolution, the more smoothing effect in representing the topography.
2) The coarser resolution, the more difference between the grid-based Idrisi and the TIN-based ArcView.
3) Based on the comparison analysis of error for 30 points from clustering, there is not much difference among 10, 20, 30 m resolution in TIN-based ArcView ranging from 4.9 to 6.2m. However, the coarser resolution, the more error for elevation and slope in the grid-based Idrisi. ranging from 6.3 to 10.9m.
4) Both Idrisi and ArcView could not consider breaklines of landform like hilltops, valley bottoms.

Key Words : DTM, resolution, slope, accuracy, TIN

1. 서 론

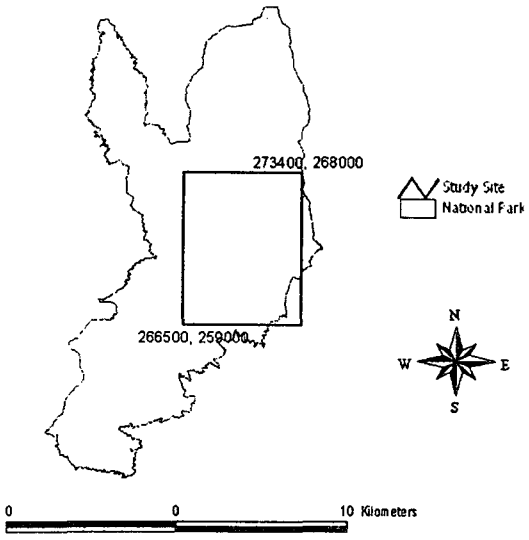
토지정보체계(Geographical Information System, GIS)에서 지형표고를 나타내는 수치지형정보(Digital Terrain Model, DTM)는 표고정보뿐 아니라 경사도, 방위, 토공량산정, 가시구역 분석 등 2차 정보를 제공해 조경, 토목, 무선중계국 위치 선정 등 GIS가 활용되면서 여러 분야에서 이용되고 있다. DTM이 제공하는 정보의 정확도는 원자료의 정확성과 해상력에 크게 영향을 받는다. 원자료의 정확성은 항공사진으로부터 직접 도화해 추출하는 것이 가장 정확하나 이는 비용이 많이 들므로 지도의 등고선을 주사한 후 보간해 사용하고 있다. 이때 지도의 등고선의 정확도는 항공사진의 축척과 질, 도화장비의 성능과 도화사의 숙련도에 의해 영향을 받는다[5]. 지형도의 등고선 간격은 항공사진의 축척에 의해 결정되며 1:50,000, 1:25,000, 1:5,000 한국지형도에서는 각각 20, 10, 5m로 표현된다. 해상력은 격자크기가 작아질수록 증가하며 이에 비례한 정확도로 지형을 세부적으로 묘사할 수 있지만 자료의 크기나 분석시간은 기하급수적으로 늘어나게 될 뿐 아니라 필요 이상의 조밀한 격자 간격에 따른 정확도의 향상은 어느 한계이상 기대하기 어렵다[4]. 최적의 격자크기는 표면조도와 복잡성을 고려하여 대상 지형을 가능한 정확히 표현해야 한다. 한국의 산악과 같이 기복이 심하고 다양한 형태의 지형에서는 해상력, 원자료의 정확성 등이 지형 표현에 있어 중요한 요소이므로 적절한 해상력을 갖는 격자크기의 선택은 DTM 활용에 중요한 인자가 된다[3]. 따라서 격자크기를 결정하기 전에 원자료의

해상력 - 정확도 -, 자료의 크기와 시스템의 능력, 요구되는 시간, 수행하려는 분석의 유형을 고려하여야 한다[6]. 그러므로 본 연구의 목적은 GIS 소프트웨어를 이용한 경사도 산출시 등고선의 정확도, 해상력, DTM의 자료구조에 따른 차이점을 분석하여 한국의 산악 지형에 적절한 해상력을 구하고자 하는 데 있다.

2. 연 구 방 법

2.1. 연구대상지

본 연구는 덕유산 국립공원내의 4개의 배수구역 중 무주구천동 계곡과 삼공리, 무주리조트 집단시설지구를 포함하는 원당천 배수구역내 62.1㎢를 대상으로 하여 수행하였다. 이 지역은 무주구천동 계곡에서 남한 제4의 고봉인 향적봉에(1614m)에 이르는 구간으로서 한국 산악의 지형의 변이를 잘 나타내는 곳으로 판단되 선정하였다.



〈Figure 1〉 Study Site

2.2. 연구방법 및 과정

본 연구에서는 경사도 산출 소프트웨어로서 현재 세계적으로 많이 쓰이고 있는 고도행렬식 기법의 자료구조로 격자형(raster) GIS인 Idrisi ver. 2.0을, TIN자료구조로 vector형 GIS인 ArcView ver. 3.0a를 사용하였다. Idrisi의 경우는 10m 등고선과 50m 등고선을 가진 각각의 지형도 dxf 파일을 변환하여 만든 vector형식의 .vec 파일을 raster 형식의 .img로 변환[LINERAS]하고, 이때 해상도를 결정[INITIAL]하게 되는 데 10m 등고선 자료인 경우는 10, 20, 30m와 50m 해상력으로, 50m 등고선은 50m해상력으로 나누어 보간[INTERCON]하여 DEM(Digital Elevation Model)를 만든다. 이 DEM을 이용하여 각각의 경사분석도를 작성[SURFACE]하고 경사분석도를 10% 단위로 등급화[RECLASS]하여 분석하였다. ArcView의 경우는 10m 등고선과 50m 등고선을 가진 각각의 dxf 파일을 읽어 .shp 파일로 만든 후 보간하여 만든 .tin 파일을 만든다. 이때 능선 또는 계곡 바닥과 같은 지성선을 고려하기 위해서는 수동으로 해당 좌표와 표고를 입력해야 하는데 본 연구에서는 자동으로 TIN 파일을 생성하도록 하였다. 10m 등고선에서는 10, 20, 30m와 50m 해상력으로, 50m 등고선에서는 50m 해상력의 .grd 파일로 변환하여 DEM을 만들었다. 이 DEM을 이용하여 경사분석도를 작성하여 10% 단위로 재분류하여 등급별 정확도를 해상력, 등고선 간격, 소프트웨어의 산출기능의 차이에 따라 비교·분석하였다. 해당지역에서 30개의 표본점을 Clustering 기법으로 산출하여 지형도상에서 산출한 표고, 경사 값과의 차이를 비교·검토하였다. 경사분석도의 경우, ArcView가 최대경사법이라 불리는 매개변수적인 방법 즉, 인접한 주위 셀 8개를 고려하여 표고가 가장 낮은 쪽으로 이루어지도록 정의되는 방법을 쓰고[1], Idrisi도 주위 셀 값으로 경사도를 결정하므로 오차가 발생하는 대상지 경계부분의 영향을 최소화하기 위해 동서남북 경계 부분의 각각 300m 완충지역은 경사도 값 비교·분석

〈Table 1〉 1:25,000 Topographic maps used in the study

Map No.	Map name	Scale	Theme	Year	Publisher
NI52-1-07-2	Choksang	1:25,000	Topographic map	1992	National Geography Institute
NI52-2-01-1	Mupung	1:25,000	Topographic map	1992	National geography institute
NI52-1-07-4	Jangki	1:25,000	Topographic map	1992	National geography institute
NI52-2-01-3	Nongsan	1:25,000	Topographic map	1992	National geography institute

에서 제외하였다.

3. 결과 및 고찰

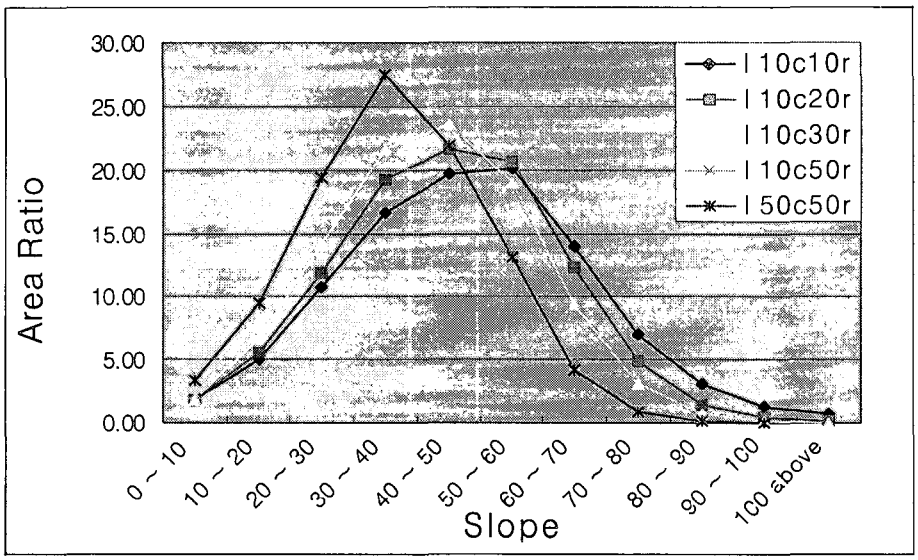
3.1. 해상력과 등고선의 간격의 차이에 따른 결과

<Table 2>와 <Figure 2>는 10m 등고선에서 10, 20, 30m와 50m 해상력으로, 50m 등고선에서 50m 해상력으로 DTM을 생성한 후 이 자료에서 각각의 경사분석도를 작성하고 경사도를 각각 10%단위로 재분류하여 등급 화한 결과이다. <Figure 2>와 <Figure 3>은 Idrisi와 ArcView에서 산출된 각각의 결과를 그래프로 보여주고 있다.

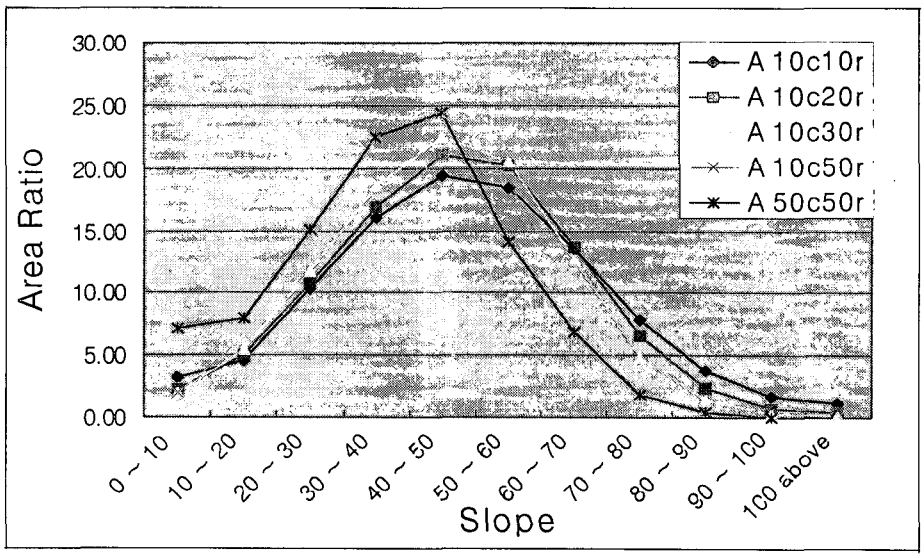
해상력에 따른 평균 경사도 값은 <Table 2>에서 보듯이 ArcView에서 10, 20, 30, 50m(10m 등고선), 50m(50m 등고선) 해상력 자료가 각각 48.6, 47, 45.2, 41.8과 37.3%로 나타나고 Idrisi에서는 각각 41, 38.4, 36.1, 32.3과 31.2%로 나타나 해상력이 높을수록 원자료의 등고선 간격이 조밀할수록 지형의 경사도 값이 강조되고 있다. 전체적으로는 TIN 자료구조인 ArcView가 격자형 자료구조인 Idrisi보다 경사도 값이 높게 나타나고 있다. <Table 2>와 <Figure 2>와 <Figure 3>에서 보듯이 50m 해상력 자료가 지형이 부드럽게 표현되는 Smoothing 현상이 가장 심하게 나타나고 있으며 같은 50m라도 등

〈Table 2〉 Classification results of six tests. (Unit : %)

Slope (%)	Software	Idrisi					ArcView				
	contour interval	10m				50m	10m				50m
	Resolution	10m	20m	30m	50m	50m	10m	20m	30m	50m	50m
0 ~ 10		1.82	1.80	1.88	2.25	3.75	3.23	2.24	1.95	1.96	7.50
10 ~ 20		5.07	5.63	6.65	9.11	9.72	4.58	5.03	5.47	6.42	8.07
20 ~ 30		10.70	11.91	14.11	18.33	19.04	10.33	10.78	11.67	14.19	14.76
30 ~ 40		16.62	19.21	21.57	25.68	27.04	16.07	16.92	18.54	22.31	21.90
40 ~ 50		19.67	21.66	23.61	24.70	21.75	19.43	21.04	22.44	24.20	24.16
50 ~ 60		20.13	20.64	18.95	13.47	13.07	18.48	20.19	20.54	19.04	14.24
60 ~ 70		13.97	12.28	9.34	4.79	4.44	13.50	13.69	12.67	8.95	6.96
70 ~ 80		7.03	4.94	3.04	1.42	1.02	7.81	6.58	4.90	2.40	1.93
80 ~ 90		3.08	1.44	0.65	0.24	0.14	3.77	2.38	1.36	0.48	0.41
90 ~100		1.19	0.35	0.16	0.01	0.03	1.63	0.77	0.34	0.05	0.07
100 above		0.72	0.14	0.04			1.17	0.38	0.12		
Sum		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mean		41	38.4	36.1	32.3	31.2	48.6	47	45.2	41.8	37.3



〈Figure 2〉 Graph results of Idrisi five tests



〈Figure 3〉 Graph results of ArcView five tests

등고선 간격이 50m인 원자료가 10m인 자료보다 이러한 현상이 심화되고 있다. Idrisi, ArcView 모두 다 경사도가 100%보다 큰 값은 50m 등고선 간격의 50m 해상력 자료에서는 없고 10m 등고선 간격의 경우 50m 해상력에서는 없고, 30, 20, 10m 해상력 자료에서 각각 0.12, 0.38, 1.17%로 해상력이 높을수록 순차적으로 많이 나타나고 있다. Idrisi의 경우도 50m 해상력 자료에서는 없고 30, 20, 10m 해상력 자료에서는 각각 0.04, 0.14, 0.72%로 해상력이 높을수록 순차적으로 많이 나타나고 있다. 이는 해상력이 낮을수록 원자료의 등고선 간격이 클수록 지형의 smoothing효과가 있다고 판단된다.

<Table 3>에서 보듯이 최고 경사도 값은 ArcView에서 10, 20, 30, 50m(10m 등고선), 50m(50m 등고선) 해상력 자료가 각각 231, 144, 112, 98, 96%로 나타나고 Idrisi에서는 각각 176, 132, 115, 97, 95%로 나타난다. 실제 이들 지점을 도면상에서 확인한 결과 해당 경사도 값은 ArcView에서 231, 144, 112, 98, 96% 값이 각각 223, 118, 108, 66, 66.8%로 확인되었고 Idrisi에서는 176, 132, 115, 97, 95% 값이 각각 108, 183, 101, 92, 101%로 확인되었다. ArcView는 해상력이 높을수록 최고경사도 값 오차가 적었으며, Idrisi는 10, 20m에서 오차가 오히려 증가하였다.

3.2. 사용하는 GIS 소프트웨어가 다를 경우

사용하는 GIS 소프트웨어가 다를 경우를 비교하기 위해 각각의 해상력 자료로부터 산출한 경사도를 10%등급으로 재분류한 후 등급별 차이를 각각 비교하였다. 이 경우 어느 한 종류의 파일을 변환하여 같은 소프트웨어 상에서 비교하여야 하나 Idrisi와 ArcView간 raster 파일의 변환이 지원되지 않아 <Table 4>와 같이 Idrisi와 ArcView사이의 각 등급별 면적차를 비교하였다. <Table 4>에서 보듯이 10, 20, 30, 50m(10m 등고선), 50m(50m 등고선) 해상력 자료의 경사도 차이값은 전체 면적대비 각각 7.5, 10.2, 15.6, 22.0, 22.1%로서 해상력이 떨어질수록 격자형 자료구조인 Idrisi와 TIN 자료구조인 ArcView사이의 경사도 값 차이는 큰 차이를 보였다.

〈Table 3〉 Maximum and mean value of slope

(Unit : %)

Software	ArcView					Idrisi				
contour interval	10m				50m	10m				50m
Resolution	10m	20m	30m	50m	50m	10m	20m	30m	50m	50m
Maximum	231	144	112	98	96	176	132	115	97	95
True value from topographic map data	223	118	108	66	66.8	108	183	101	92	101

〈Table 4〉 Results from using different softwares (Unit : ㎡)

Slope (%)	Contour interval / Resolution	10m				50m
		10m	20m	30m	50m	50m
0 ~ 10		746700(18.74)	233600(4.33)	39600(0.48)	152500(1.31)	1960000(16.76)
10 ~ 20		259600(6.51)	316000(5.86)	626400(7.57)	1425000(12.26)	842500(7.20)
20 ~ 30		196200(4.92)	602000(11.16)	1287900(15.56)	2195000(18.88)	2335000(19.97)
30 ~ 40		295300(7.41)	1212800(22.49)	1600200(19.33)	1780000(15.31)	2670000(22.83)
40 ~ 50		127900(3.21)	330400(6.13)	623700(7.54)	260000(2.24)	1322500(11.31)
50 ~ 60		864000(21.68)	235600(4.37)	838800(10.13)	2947500(25.35)	567500(4.85)
60 ~ 70		249400(6.26)	747200(13.85)	1759500(21.26)	2200000(18.92)	1375000(11.76)
70 ~ 80		413300(10.37)	869600(16.12)	986400(11.92)	517500(4.45)	482500(4.13)
80 ~ 90		363900(9.13)	498400(9.24)	372600(4.50)	127500(1.10)	132500(1.13)
90 ~100		229200(5.75)	218800(4.06)	97200(1.17)	20000(0.17)	7500(0.06)
100 above		239300(6.01)	129200(2.40)	44100(0.53)		
Sum		3984800(7.53)	5393600(10.19)	8276400(15.64)	11625000(21.97)	11695000(22.10)

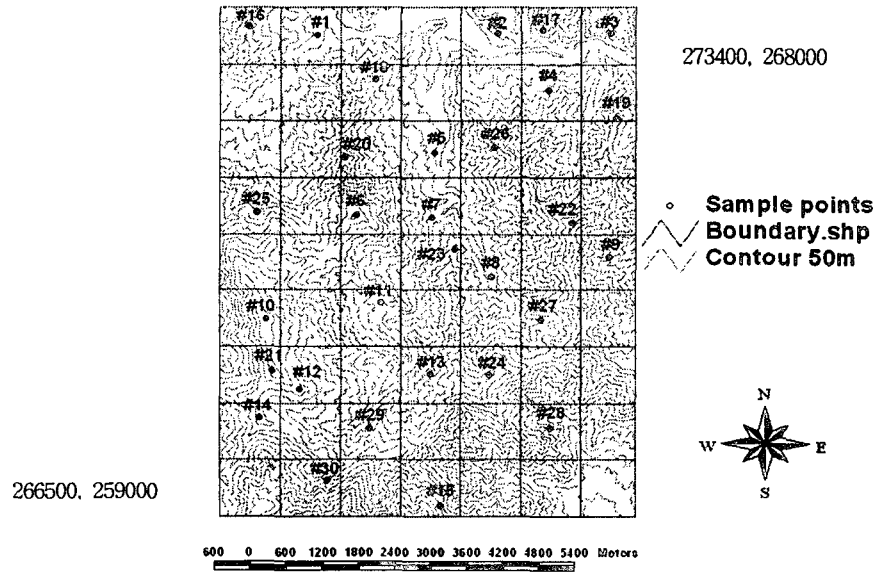
3.3. Clustering 기법으로 임의 선택한 점에서의 지형도상 자료와 비교

대상지역에서 임의의 지점 30점을 Clustering 기법으로 선택하여 그 지점의 표고와 경사도를 지형도상에서 계산하고 각 소프트웨어별로 5개의 - 10m 등고선에서 10, 20, 30m와 50m 해상력, 50m 등고선에서 50m 해상력 - 경사주제도의 해당 셀값과 비교하였다.

<Table 5>와 <Figure 4>는 30개 지점의 좌표와 표고, 경사도를 보여준다.

〈Table 5〉 Sampling points

Point No.	TM Coordinate X	TM Coordinate Y	Elevation (m)	Slope (%)	Point No.	TM Coordinate X	TM Coordinate Y	Elevation (m)	Slope (%)
1	268125	267495	570	3.26	16	266994	267654	836.8	9.01
2	271125	267525	664	38.16	17	271885	267586	770	90.91
3	273005	267535	750	22.22	18	269089	266728	836.8	111.11
4	271975	266525	800	20.55	19	273098	266043	946.4	44
5	270075	265425	640	3.09	20	268578	265337	1161.2	124.44
6	268775	264325	1303	26.32	21	267373	261556	1594.3	86.96
7	270025	264275	720	12.50	22	272373	264182	1274.4	148.45
8	271025	263225	771	24.11	23	270406	263710	943.4	24.69
9	272975	263575	970	33.33	24	270990	261478	1302.1	42.55
10	267275	262475	1610	50.05	25	267125	264375	1005	17.89
11	269175	262775	896	71.48	26	271080	265525	974.2	33.33
12	267825	261225	1484	32.26	27	271850	262450	950	65.36
13	270000	261500	1150	65.79	28	272000	260535	786.6	88.42
14	267175	260725	1480	33.33	29	269000	260535	1222	69.69
15	270093	259515	1200	55.56	30	268295	259630	1248.7	67.11



〈Figure 4〉 Sampling points in study site

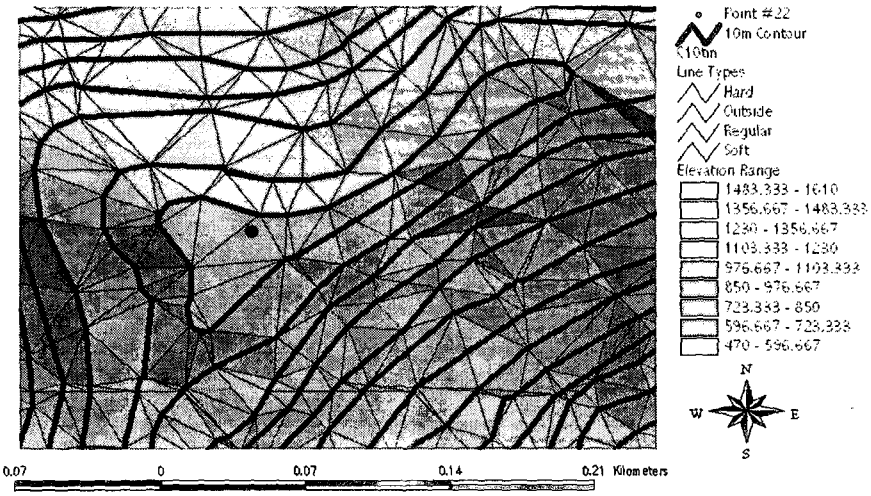
<Table 6>은 <Table 5>의 30개 표본점과 ArcView에서 산출한 표고와 경사도 값의 차이를 보여 주고 있다. 원자료의 정확도가 높고 - 10m 등고선 - 해상력이 클수록 - 10m - 값의 차이나 표준편차가 적게 나타났다. 표고의 경우 10m 등고선에서 추출한 10m 해상력 자료는 평균 4.9m, 표준편차 8.7이었고, 20, 30, 50m 해상력 자료는 각각 평균 6.2, 5.9, 7.1m, 표준편차 8.4, 7.8, 8.7을 나타내고, 50m 등고선에서 추출한 50m 해상력 자료는 평균 19.9m 표준편차 15.6의 차이를 보였다. 경사도의 경우 10m 등고선에서 추출한 10m 해상력 자료는 평균 22.5%, 표준편차 31.0이었고, 20, 30, 50m 해상력 자료는 각각 평균 22.8, 28.6, 29.3%, 표준편차 27.3, 33.0, 32.2을 나타내고, 50m 등고선에서 추출한 50m 해상력 자료는 평균 34.4%, 표준편차 34.6의 차이를 보였다. TIN자료구조인 ArcView의 경우 해상력 10, 20, 30m 자료의 표고 오차는 큰 차가 없었고 경사도의 오차는 모든 해상력에서 큰 차가 없었다.

<Table 6>에서 경사도 값의 오차가 가장 큰 지점은 #22지점은 20, 21번 지점과 함께 산정부분이다. <Figure 5>는 Point #22주변의 TIN 도면을 보여주고 있다. Point #22는 실제 표고는 1274.4m이고 경사도는 148.5%인데 반해 산출된 각각의 DTM에서는 표고의 경우 1250~1260m로 14~24m의 차이가 있었고, 경사도의 경우는 4.6~20.8%로 127.6~143.9%의 차이가 나타났다.

이는 등고선상의 점들에 의해 TIN으로 보간하면서 등고선으로 둘러싸인 산정이나 계곡 하부같은 지성선(break lines)을 고려하지 않고 단순히 등고

〈Table 6〉 Results from each test using ArcView for the sampling points

No.	10m Contour 10m Resolution		10m Contour 20m Resolution		10m Contour 30m Resolution		10m Contour 50m Resolution		50m Contour 50m Resolution	
	Elev.(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)
1	570(0)	6.59(3.33)	570.8(0.8)	8.07(4.81)	570(0)	5.51(2.25)	572.1(2.1)	6.9(3.64)	600(30)	0(3.26)
2	663.4(0.6)	40.16(2)	666(2)	47.7(9.54)	668.6(4.6)	50.22(12.06)	663.4(0.6)	50.64(12.48)	663(1)	42.2(4.04)
3	749.6(0.4)	32.16(9.94)	746.9(3.1)	23.36(1.14)	745.1(4.9)	45.04(22.82)	741.9(8.1)	34.31(12.09)	738.7(11.3)	48.75(26.53)
4	800(0)	55.25(34.7)	795.4(4.6)	52.48(31.93)	801.8(1.8)	41.66(21.11)	800(0)	40.82(20.27)	800(0)	35.71(15.16)
5	640(0)	16.4(13.31)	641.6(1.6)	20.19(17.1)	640(0)	9.97(6.88)	640(0)	14.92(11.83)	650(10)	10.53(7.44)
6	1303.4(0.4)	29.36(3.04)	1304.4(1.4)	36.4(10.08)	1306.1(3.1)	31.68(5.36)	1303.4(0.4)	31.22(4.9)	1300(3)	22.65(3.67)
7	720(0)	18.33(5.83)	720(0)	12.46(0.04)	720(0)	14.42(1.92)	720(0)	13.12(0.62)	750(30)	8.6(3.9)
8	771.2(0.2)	17.68(6.43)	771.3(0.3)	16.45(7.66)	773.4(2.4)	14.83(9.28)	771.2(0.2)	9.86(14.25)	800(29)	0(24.11)
9	970.4(0.4)	47.06(13.73)	972.2(2.2)	53.6(20.27)	974.7(4.7)	61.58(28.25)	970.4(0.4)	55.38(22.05)	976(6)	52.34(19.01)
10	1610(0)	16.99(33.06)	1610(0)	6.26(43.79)	1610(0)	6.69(43.36)	1610(0)	5.35(44.7)	1600(10)	6.27(43.78)
11	894.5(1.5)	56.26(15.22)	900.2(4.2)	47.4(24.08)	895.1(0.9)	24.68(46.8)	894.5(1.5)	14.98(56.5)	900(4)	9.46(62.02)
12	1484.5(0.5)	30.32(1.94)	1483.1(0.9)	28.67(3.59)	1481.6(2.4)	28.12(4.14)	1484.5(0.5)	20.29(11.97)	1450(34)	1.34(30.92)
13	1144.9(5.1)	54.52(11.27)	1140(10)	45.63(20.16)	1144.9(5.1)	36.13(29.66)	1130(20)	37.55(28.24)	1125(25)	42.27(23.52)
14	1480(0)	0(33.33)	1480(0)	14.29(19.04)	1480(0)	6.8(26.53)	1480(0)	5.6(27.73)	1450(30)	0(33.33)
15	1200(0)	50.65(4.91)	1196.1(3.9)	47.04(8.52)	1204.2(4.2)	35.7(19.86)	1201.2(1.2)	32.84(22.72)	1200(0)	25.95(29.61)
16	830(6.8)	0(9.01)	830(6.8)	2.25(6.76)	830(6.8)	14.41(5.4)	828.4(8.4)	16.51(7.5)	800(36.8)	0.25(8.76)
17	769.7(0.3)	44.4(46.51)	769.6(0.4)	43.01(47.9)	770(0)	27.83(63.08)	763.6(6.4)	42.21(48.7)	750(20)	32.12(58.79)
18	827.2(9.6)	63.52(47.59)	827.1(9.7)	58.69(52.42)	830(6.8)	45.17(65.94)	821.3(15.5)	50.17(60.94)	800(36.8)	17.8(93.31)
19	920(26.4)	0(44)	920(26.4)	0(44)	920(26.4)	13.2(30.8)	920(26.4)	18.56(25.44)	900(46.4)	3(41)
20	1150(11.2)	23.35(101.09)	1147.4(13.8)	49.22(75.22)	1150(11.2)	22.49(101.95)	1147.6(13.6)	14.61(109.83)	1148(13.2)	9.52(114.92)
21	1587.8(6.5)	55.06(31.9)	1582.3(12)	54.7(32.26)	1589.1(5.2)	11.22(75.74)	1590(4.3)	10.8(76.16)	1550(44.3)	1.03(85.93)
22	1260(14.4)	6.23(142.22)	1260(14.4)	20.77(127.68)	1260(14.4)	4.55(143.9)	1260(14.4)	8.19(140.26)	1250(24.4)	5.23(143.22)
23	930(13.4)	14.91(9.78)	930(13.4)	28.8(4.11)	927.4(16)	29.88(5.19)	923.2(20.2)	31.84(7.15)	900(43.4)	18.07(6.62)
24	1264.1(38)	45.36(2.81)	1265(37.1)	46.43(3.88)	1268.2(33.9)	36.57(5.98)	1271.9(30.2)	26.94(15.61)	1250(52.1)	6.65(35.9)
25	1005.4(0.4)	19.7(1.81)	1006.6(1.6)	21.11(3.22)	1003.9(1.1)	19.19(1.3)	1005.4(0.4)	23.98(6.09)	1009.1(4.1)	29.95(12.06)
26	973.1(1.1)	38.19(4.86)	973.5(0.7)	31.62(1.71)	973.1(1.1)	34.09(0.76)	973.1(1.1)	36.4(3.07)	962.1(12.1)	40.56(7.23)
27	951(1)	42.72(22.64)	950(0)	27.48(37.88)	959.7(9.7)	32.14(33.22)	958.6(8.6)	31.41(33.95)	959.7(9.7)	32.45(32.91)
28	790.5(3.9)	74.98(13.44)	792.8(6.2)	69.57(18.85)	784.3(2.3)	69.73(18.69)	801.6(15)	63.41(25.01)	801.7(15.1)	61.87(26.55)
29	1225.4(3.4)	72.29(2.6)	1226.2(4.2)	67.74(1.95)	1226.1(4.1)	50.59(19.1)	1222.7(0.7)	52.06(17.63)	1224.4(2.4)	50.19(19.5)
30	1248.9(0.2)	63.37(3.74)	1245.1(3.6)	62.22(4.89)	1244.8(3.9)	60.37(6.74)	1235.7(13)	60.67(6.44)	1234.8(13.9)	52.92(14.19)
	Sum 145.7	Sum 676.04	Sum 185.9	Sum 684.48	Sum 177	Sum 858.07	Sum 219.2	Sum 877.77	Sum 598.0	Sum 1031.2
	Ave. 4.9	Ave. 22.5	Ave. 6.2	Ave. 22.8	Ave. 5.9	Ave. 28.8	Ave. 7.11	Ave. 29.9	Ave. 19.9	Ave. 34.4
	S.D. 8.7	S.D. 31.0	S.D. 8.4	S.D. 27.9	S.D. 7.8	S.D. 33.0	S.D. 8.8	S.D. 32.2	S.D. 15.6	S.D. 34.6



〈Figure 5〉 The TIN map of the circumference points #22

〈Table 7〉 Results from each test using Idrisi for the sampling points

No.	10m Contour 10m Resolution		10m Contour 20m Resolution		10m Contour 30m Resolution		10m Contour 50m Resolution		50m Contour 50m Resolution	
	Elev.(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)	Elev(Diff.)	Slope(Diff.)
1	570.7(0.7)	4.85(1.59)	572(2.0)	5.11(1.85)	573.3(3.3)	6.67(3.41)	580(10.0)	8.96(5.7)	588.3(18.3)	6.08(2.82)
2	664.4(0.4)	33.67(4.49)	667.2(3.2)	55.14(16.98)	675.6(11.6)	44.6(6.44)	674.4(10.4)	43.23(5.07)	671(7.0)	35.73(2.43)
3	746.1(3.9)	31.23(9.01)	743.3(6.7)	22.4(0.18)	737.8(12.2)	34.45(12.23)	746.7(3.3)	39.38(17.16)	736.1(13.9)	33.83(11.61)
4	796.9(3.1)	49.69(29.14)	786.7(13.3)	36.46(15.91)	788.3(11.7)	33.45(12.9)	782.2(17.8)	35.45(14.9)	782(18.0)	40.28(19.73)
5	641.7(1.7)	15.61(12.52)	644.7(4.7)	23.08(19.99)	644.6(4.6)	12.98(9.89)	651.1(11.1)	18.2(15.11)	652.8(12.8)	14.37(11.28)
6	1302.6(0.4)	41.87(15.55)	1301.7(1.3)	33.91(7.59)	1302.2(0.8)	25.73(0.59)	1294.4(8.6)	25.77(0.55)	1286(17.0)	29.24(2.92)
7	721.8(1.8)	31.26(18.76)	722.4(2.4)	17.53(5.03)	726.1(6.1)	18.63(6.13)	728.9(8.9)	16.67(4.17)	737(17.0)	14.95(2.45)
8	771.5(0.5)	13.1(11.01)	773.9(2.9)	9.82(14.29)	775.9(4.9)	10.22(13.89)	778.9(7.9)	7.03(17.08)	800(29.0)	1.85(22.26)
9	970(0.0)	47.55(14.22)	970.6(0.6)	55.29(21.96)	980(10.0)	58.56(25.23)	984.4(14.4)	56.15(22.82)	975(5.0)	54.72(21.39)
10	1605.6(4.4)	27.87(22.18)	1600.6(9.4)	8.89(41.16)	1598.9(11.1)	4.14(45.91)	1594.4(15.6)	5.98(44.07)	1584(26.0)	18.38(31.67)
11	895(1.0)	41.67(29.81)	902.2(6.2)	34.83(36.65)	901.1(5.1)	16.77(54.71)	908.9(12.9)	8.68(62.8)	905(9.0)	6.55(64.93)
12	1483.9(0.1)	24.45(7.81)	1481.7(2.3)	22.91(9.35)	1477.8(6.2)	20.37(11.89)	1473.3(10.7)	13.38(18.88)	1463(21.0)	13.24(19.02)
13	1142.8(7.2)	47.3(18.49)	1139.4(10.6)	40.85(24.94)	1140(10.0)	39.63(26.16)	1140(10.0)	38.01(27.78)	1135.2(14.8)	44.26(21.53)
14	1480(0.0)	5.56(27.77)	1477.6(2.4)	9.72(23.61)	1475.6(4.4)	5.86(27.47)	1467.8(12.2)	7.45(25.88)	1450(30.0)	2.78(30.55)
15	1198.3(1.7)	50.31(5.25)	1193.3(6.7)	33.79(21.77)	1195.6(4.4)	34.79(20.77)	1192.2(7.8)	26.15(29.41)	1186.1(13.9)	20.37(35.19)
16	828.9(7.9)	12.64(3.63)	827.1(9.7)	5.56(3.45)	821.7(15.1)	13.89(4.88)	813.3(23.5)	15.11(6.1)	803.5(33.3)	17.97(8.96)
17	766.7(3.3)	31.79(59.12)	763.9(6.1)	29(61.91)	762.2(7.8)	24.15(66.76)	752.2(17.8)	36.19(54.72)	738.9(31.1)	28.6(62.31)
18	823.5(13.3)	78.1(33.01)	818.89(17.9)	53.36(57.75)	818.9(17.9)	35.38(75.73)	807.8(29.0)	32.98(78.13)	799.1(37.7)	36.03(75.08)
19	920(26.4)	0(44)	919.6(26.8)	11.45(32.55)	914.4(32.0)	17.07(26.93)	911.1(35.3)	14.49(29.51)	900(46.4)	17.57(26.43)
20	1147.2(14.0)	27.5(96.94)	1144.4(16.8)	37.93(86.51)	1142.2(19.0)	19.53(104.91)	1138.9(22.3)	21.37(103.07)	1116.7(44.5)	11.79(112.65)
21	1583.9(10.4)	63.4(23.56)	1574.4(19.9)	40.28(46.68)	1573.3(21.0)	9.84(77.12)	1565.6(28.7)	12.02(74.94)	1550(44.3)	5.86(81.1)
22	1260(14.4)	8.33(140.12)	1256.1(18.3)	25(123.45)	1255(19.4)	5.86(142.59)	1250(24.4)	2.48(145.97)	1247.2(27.2)	2.78(145.67)
23	929.3(14.1)	26.92(2.23)	925.6(17.8)	18.63(6.06)	914.4(29.0)	19.07(5.62)	908.9(34.5)	18.22(6.47)	904.6(38.8)	24.02(0.67)
24	1264.4(37.7)	42.03(0.52)	1265(37.1)	42.79(0.24)	1265.6(36.5)	31.33(11.22)	1265.6(36.5)	19.69(22.86)	1252.8(49.3)	9.72(32.83)
25	1004.7(0.3)	18.91(1.02)	1006.1(1.1)	24.11(6.22)	1005(0.0)	20.89(3)	1013.3(8.3)	31.82(13.93)	1013(8.0)	38.06(20.17)
26	973.7(0.5)	38.63(5.3)	970(4.2)	44.73(11.4)	974.4(0.2)	35.96(2.63)	970(4.2)	46.43(13.1)	969.4(4.8)	42.31(8.98)
27	955(5.0)	45.74(19.62)	954.4(4.4)	19.64(45.72)	955.6(5.6)	15.27(50.09)	958.9(8.9)	12.02(53.34)	958.3(8.3)	17.4(47.96)
28	782.2(4.4)	78.22(10.2)	780.6(6.0)	62.56(25.86)	783.3(3.3)	64.81(23.61)	817.8(31.2)	66.49(21.93)	777.8(8.8)	57.27(31.15)
29	1230.6(8.6)	74.74(5.05)	1234.4(12.4)	67.81(1.88)	1231.1(9.1)	49.83(19.86)	1230(8.0)	47.17(22.52)	1222.2(0.2)	47.3(22.39)
30	1250.6(1.9)	57.27(9.84)	1248.9(0.2)	68.32(1.21)	1254.4(5.7)	57.05(10.06)	1253.3(4.6)	48.51(18.6)	1244.4(4.3)	53.65(13.46)
	Sum 189.1	Sum 681.78	Sum 273.4	Sum 772.15	Sum 328.0	Sum 902.63	Sum 478.8	Sum 976.57	Sum 639.7	Sum 989.59
	Ave. 6.3	Ave. 22.7	Ave. 9.1	Ave. 25.7	Ave. 10.9	Ave. 30.1	Ave. 16.0	Ave. 32.6	Ave. 21.3	Ave. 33.0
	S.D. 8.5	S.D. 29.9	S.D. 8.7	S.D. 28.0	S.D. 9.3	S.D. 33.9	S.D. 10.0	S.D. 32.7	S.D. 14.3	S.D. 34.0

선상의 점들만으로 TIN을 생성하여 이른바 평평한 삼각형이라 불리는 현상이 발생하여 지형을 세부적으로 표현할 수 없기 때문이다[5]. 따라서 TIN을 만들 때 지형특성에 맞는 점들의 보완이 요구되며 TIN과 GRID기반의 DTM을 생성시에는 지형의 기복이 심할수록 지형특징인 지성선을 고려하는 것이 실제지형을 보다 정교하게 표현할 수 있다[2].

<Table 7>에서 보듯이 Idrisi의 경우도 ArcView의 경우처럼 원자료의 정확도가 높고 - 10m 등고선 간격 - 해상력이 클수록 - 10m - 값의 차이나 표준편차가 적게 나타났고, 표고의 경우 10m 등고선에서 추출한 10m 해상력 자료는 평균 6.3m, 표준편차 8.5로 나타났고, 20, 30, 50m 해상력 자료는 각각 평균 9.1, 10.9, 16.0m, 표준편차 8.7, 9.3, 10.0를 나타내고 50m 등고선에서 추출한 50m 해상력 자료는 평균 21.3m, 표준편차 14.3의 차이를 나타내 표고값이 원자료의 정확도에 영향을 받음을 알 수 있고, 경사도의 경우 10m 등고선에서 추출한 10m 해상력 자료는 평균 22.7%, 표준편차 29.9로 나타났고, 20, 30 50m 해상력 자료는 각각 평균 25.7, 30.1, 32.6%, 표준편차 28.0, 33.9, 32.7이었고, 50m 등고선에서 추출한 50m 해상력 자료는 평균 33.0%, 표준편차 34.0의 차이를 보였다. 격자형 자료구조인 Idrisi의 경우 해상력이 증가함에 따라 표고 오차는 감소를 보였고 경사도의 오차는 모든 해상력에서 큰 차가 없었다.

Idrisi도 산정부분인 20번, 21번, 22번 지점은 경사도 차이가 큰 값을 보였는데 이는 등고선상의 점들에 의해 선형 보간되면서 ArcView처럼 산정부분이 표현되지 못한 결과이다. 보간되는 값은 주위의 값의 범위에서 결정되기 때문에 산정이나 계곡같은 지역의 의미점들이 포함되어야 실제 지형과 비슷하게 표현되어 진다[8]. 본 연구에서 사용한 ArcView와 Idrisi 모두 DTM 생성시 지성선을 고려하지 못하는 것으로 나타났다.

3.4. 소요시간 및 저장공간 비교

각각의 경사분석도를 만드는 과정에서 Pentium II 400㎒, 256Mb RAM의 사양을 갖춘 장비로 소요시간 및 저장공간을 측정한 결과 <Table 8>에서 보이는 바와 같이 입력등고선의 간격이 작을수록, 해상력이 클수록, 소요시간과 저장공간이 보다 많이 사용되었다.

Idrisi의 경우 .dxf 파일을 Idrisi의 .vec 파일로 변환하는 시간이 많이 소요되어 이후 해상력의 영향을 받는 Raster화 및 보간하는 데 소요된 시간은 상대적으로 큰 차이가 나지 않았으나 10m 등고선 간격의 자료로 만든 10m 해상력의 자료의 경우 보간하는 시간이 기하급수적으로 늘어 20m 해상력에 비해 2배 가까운 시간이 소요되었다. ArcView의 경우도 입력자료의 .shp 파일로의 변환 및 TIN 보간시간이 많이 소요되어 이후 격자화 시간은 짧은 시간만이 소요되어 해상력에 따른 소요시간의 차이가 적었다.

저장 공간은 해상력의 영향으로 Idrisi의 경우 10m 등고선간격의 자료로 만든 10m 해상력의 자료가 2426kb로 50m 해상력의 98kb에 비해 25배 가까운 공간을 필요로 했으며, ArcView의 경우도 10m 해상력의 자료는 2560kb로 50m 해상력의 123kb의 자료보다 21배 정도 많은 저장공간을 필

〈Table 8〉 Overall CPU time required for generation and Disk space

Software	Idrisi					ArcView				
contour interval	10m				50m	10m				50m
resolution	10m	20m	30m	50m	50m	10m	20m	30m	50m	50m
CPU time (sec)	195	87	71	61	25	89	80	78	76	19
Disk space (kb)	2426	607	270	98	98	2560	669	326	123	123

요로 하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 GIS 소프트웨어를 이용한 경사도 산출시 등고선의 정확도, 해상력, DTM의 자료구조에 따른 차이점을 분석하여 한국의 산악 지형에 적절한 해상력을 구하기 위하여 현재 세계적으로 많이 쓰이고 있는 DTM의 자료구조인 고도행렬식 기법(altitude matrices)을 활용한 격자형(raster) 자료구조인 Idrisi(ver. 2.0)와 비정규삼각망(Triangulated Irregular Network, TIN)자료 구조인 ArcView(ver. 3.0a)를 사용하여 덕유산 국립공원의 1:25,000 지형도에서 생성한 DTM을 이용하여 경사도를 산출한 후 각각의 경사도 차이에 대해 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 해상력에 따른 평균 경사도 값은 ArcView에서 10, 20, 30, 50m(10m 등고선), 50m(50m 등고선) 해상력 자료가 각각 48.6, 47, 45.2, 41.8와 37.3%로 나타나고 Idrisi에서는 각각 41, 38.4, 36.1, 32.3과 31.2%로 나타나 해상력이 낮을수록 원자료의 등고선 간격이 클수록 지형의 smoothing 효과가 나타났다.

2) 격자형 자료구조인 Idrisi와 TIN 자료구조인 ArcView사이의 경사도 값 차이는 해상력이 떨어질수록 큰 차이를 보였다.

3) 30개의 표본점을 선택해 오차 비교 결과 경사도 오차의 경우 격자형 자료구조인 Idrisi와 TIN 자료구조인 ArcView 모두 해상력에 따른 큰 차이가 없었으며 표고차의 경우 ArcView는 10m 등고선 간격에서 생성한 해상력 10, 20, 30m DTM에서 각각 4.9, 6.2, 5.9m로서 큰 차이가 없었고 Idrisi는 해상력 10, 20, 30m DTM에서 각각 6.3, 9.1, 10.9m로서 해상력이 감소할수록 표고 값의 오차가 늘었다.

4) Idrisi는 산정상부, 계곡 바닥과 같은 지형의 지성선을 고려하지 못하였고 ArcView도 자동으로 DTM생성시 이를 고려치 못하고 TIN생성시 수동으로 해당 지성선을 입력해야 고려되었다.

DTM의 원자료의 정확도, 적절한 해상력의 선택은 사용목적에 따라 결정되어야 하며 본 연구에서는 덕유산 국립공원의 대상지역이 한국 산악지형의 일반적인 지형기복의 변위를 나타낸다는 가정 하에 덕유산 한 지역만을 대상으로 수행했으나 추가로 다른 산악지역도 조사해 본 연구에서 도출한 TIN 구조 ArcView는 10, 20, 30m의 해상력 차이가 별로 없었고 격자형 구조인 Idrisi는 10m 해상력이 오차가 가장 적다는 결론을 추가로 확인할 필요가 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

1) 양인태, 김연준, 1998, "수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자크기의 영향", 한국측지학회지, 15(2):225.

2) 윤철규, 1998, "TIN과 GRID 기반의 수치지형모델을 이용한 지형분석에 관한 연구", 한국측지학회지, 16(1):74

3) 이규석, 이환용, 서혜진, 1990, "토지정보체계의 수치지형정보에 활용되는 보간법에 대한 비교연구", 한국측지학회지, 8(2):17-22

4) 조규전, 조영호, 정의환, 1998, 정규격자 수치고도모델의 생성과 정확도 분석에 관한 연구, 측지학회지, 16(1):119-132

5) Carrara, Alberto, Gabriele Bitelli and Roberto Carla, 1997, "Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines", Int'l Jour. of Geographical Information Science, 11(5):451-473.

6) ESRI, INC, 1996, "Working with the ArcView Spatial Analyst", ESRI, INC, 47p.

7) Stefanovic, P., M.M. Radwan, and K. Tempfli,

1986, "Digital Terrain Model: Data Acquisition, Processing and Application", ITC Journal, pp.61-76.

8) Watson, D.F. and G.M. Philip, 1985, "Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation", Geo-Processing, 2, pp.315-327.