산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제19집, 1999.
Research Report The Institute of Technology, Kangwon Nat'l Univ.,Korea, No. 19, 1999.

LANDFORM 분류를 위한 수치기복모형의 적용

The application of a digital relief model to landform classification

양 인 태* 김 동 문** 유 영 걸** 천 기 선**
Yang, In-Tae Kim, Dong-Moon Yu, Young-Geol Chun, Ki-Sun

Abstract

In the last few years the automatic classification of morphological landforms using GSIS and DEM was investigated. Particular emphasis has been put on the morphological point attribute approaches and the extraction of drainage basin variables from digital elevation models. The automated derivation of landforms has become a neccessity for quantitative analysis in geomorphology. Furthermore, the application of GSIS technologies has become an important tool for data management and numerical data analysis for purpose of geomorphological mapping.

A process developed by Dikau et al, which automates Hammond's manual process, was applied to the pyoung chang of the kangwon. Although it produced a classification that has good resemblance to the landforms in the area, it had some problems. For example, it produced a progressive zonation when landform changes from plains to mountains, it does not distinguish open valleys from a plains mountain interface, and it was affected by micro relief.

Although automating existing quantitative manual processes is an important step in the evolution of automation, definitions may need to be calibrated since the attributes are oftem measured differently. A new process is presented that partly solves these problems.

키워드 : *지공간정보체계, 수치기복모형, 지형분류*
Keywords : *GSIS, Digital relief model, Landform classification*

1. 서 론

1.1 연구 개요

지난 몇 년동안 GSIS와 DEM을 이용한 지형학적인 Landform의 자동분류에 대한 연구가 수행되어 왔다. GSIS 기술의 응용은 양적인 기복형태분석을 위한 일련의 새로운 가능성으로 지형학적인 연구를 제공해왔다. 특별히, 지형학적인 점 속성접근과 수치고도모형로부터의 배수분지 변수의 추출이 강조되어 졌다. 이러한 요구에 따라, 지형의 자동화된 유도는 지형학에서 양적인 분석에 필요하게 되었다.[1,4] 더욱이, GSIS 기술의 응용은 지형학적인 지도제작의 목적측면으로 데이터 관리와 수치데이터 분석에 중요한 도구가 되었다.[3]

지형학적인 지도제작 관점에서 지형분류 자료들은 지도의 공간자료 각층에 대한 내용이 포함되어야 하며, 이런 자료는 응용의 목적과 다른 지구물리학적 현상을 위한 평가자료로 이용될 수 있어야 하며, 지형표면의 모형링에 의한 지도제작 절차를 단순화 하며, 지형역학 과정을 모형링 할 수 있어야 한다.[5]

지도제작의 또다른 측면인, 지형표면 모형링을 위한 Hammond의 방법을 자동화한 Dikau 등에 의해 개발된 지형분류방법과 새로운 분류방법을 강원도 평창유역에 적용하였다. 위의 분류방법은 연구지역의 Landform에 상당히 일치하지만 약간의 문제가 있었다. Landform이 평지에서 산으로 바뀔 때는 점차적으로 띠 모양의 구성이 생성되었으며, 이것은 마이크로 기복의 영향으로 평지와 산사이의 Open valley를

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정

구별할 수 없는 원인이다. 비록, 이 연구와 관련된 많은 방법들이 있지만, 속성이 종종 다르게 관측되어 검증할 필요가 있을 때, 침식 모형링의 기초자료의 기준으로 이용될 수 있을 것이다.

1.2 연구 배경 및 목적

지형학과 수문학 분야에서 지형학적인 Landform은 침식 모형링, 수계정보, 지표구성요소 매핑 등에 있어서 중요한 관심거리이다. 지형학적인 Landform 분류는 토목의 지형연구학자나 특히, 지형학자, 기후학자들에게도 관심의 대상이다.

과거의 방법들은 Hammond, Wallace, Linton, Crozier, Owen등에 의해 개발된 방법에 의해 Landform 분류를 하였다. Hammond의 방법은 다른 Landform을 정의하기 위해 경사, 상대기복, Profile 등을 이용한 방법에 기초한다. 이것은 또한 가장 폭넓게 적용되어지며 Wallace 와 Crozier, Owen의 방법도 Hammond의 방법으로부터 유추된 것이다.

Hammond는 50피트에서 200피트 간격의 등고선이 있는 1:250,000 지형도에서 직경 약 9.65×9.65km의 움직이는 정방형 윈도우에 의해 미국의 Landform 형태를 결정하였다. 이 윈도우는 중첩되지 않게 9.65km 씩 증가하며 이동된다. 그리고, 각 윈도우의 위치마다 다음을 계산하였다.

(1) 지상의 평탄지 또는 완만한 경사 지역의 퍼센트(8% 이하 경사)
(2) 상대기복(최대 - 최소 표고)
(3) 종단 형태(Upland 지역에서의 평탄성 또는 완만한 경사지형의 상대적인 비율)

또한 각 계산에 대하여 각각 4, 6, 그리고 4개 클래스로 모든 샘플에 대한 결과 값을 그룹 지었다. Hammond는 Landform 서브 클래스를 형태에 대한 세가지 속성으로 독특하게 조합하였다. 그러나, 세가지 속성과 연관된 클래스는 96개의 가능한 Landform 서브 클래스로 정의해야 한다. Hammond의 경우에는 45개의 서브 클래스를 미국 내에 사용했다. 그는 24개 Landform 클래스로 서브 클래스를 그룹 짓는 것에 기초한 Landform 단위의 3층 계층을 이용했을 뿐만 아니라 5개 Landform 형태로 클래스를 그룹화 하였다. 5개 Landform 형태는 평지, Tableland(고원), 언덕이나 산지에서의 평지, Open Hill과 산지, 언덕과 산이다. Hammond는 1:5,000,000 지도를 여러 가지 결과에 따른 혼잡한 양상을 피하기 위해 인접 단위로 2,072㎢보다 작은 지역을 결합(Merge) 하여 전체지역에 대한 결과를 생성했다.

Dikau 등은 Hammond의 Manual Method를 실제적으로 실험한 결과를 통하여 자동 프로세스를 개발하였다. 이 프로세스는 스케일과 매개변수 Threshold를 각기 다르게 이용해 적용하였다.

따라서, 이 연구에서는 Dikau 등의 분류방법을 발전시킨 GSIS와 수치기복모형을 기초로 하여 개발된 방법을 평창유역에 대한 Landform 분류를 통하여 지형분석의 기초자료를 제공하고자 한다.

1.3 연구 동향

컴퓨터는 적어도 지난 20년 동안 DEM, 곧 수치고도모형로부터 지형매개변수를 추출하는데 이용되어 왔다. Collins는 언덕의 정상, Depression의 바닥, 수계나 Depression 경계와 지역, 수계의 저장능력, 경사와 주향과 같은 사상들의 식별과 구분을 위해 이용할 수 있는 다른 알고리즘에 대해서 관심을 가지고 있었다.[6] 외국에서는 1980년대, 우리나라에서도 1990년대에 상업적 GSIS와 국가 DB의 발전을 계기로 이 분야의 관심을 증대 시켰다.

Dikau 등은 Hammond의 방법을 모방한 자동화 과정을 개발하였고, 200m 격자 크기 DEM을 이용하여 뉴 멕시코에 시험하였다. Hammond의 분류는 사실상, 지형학적인 지형의 Landform을 위한 표준이다. Hammond의 접근방법과 Dikau 등의 자동화된 접근법의 중요한 차이는 구분 또는 식별 클래스의 수와 일반화이다.[7]

Hammond의 방법은 96개 Landform 단위를 제공할 수 있지만, 이것은 가장 공통적인 하나의 단위만을 식별할 수 있다. 자동화된 방법은 96개 Landform 단위 모두를 식별한다. Hammond의 프로세스는 1 : 5,000,000 축척도 상에서 일반화 될 수 있는 정보를 위해서 인접지역으로 2072㎢보다 작은 지역을 결합(Merge) 한다. 그러나, 자동화 프로세스는 그렇치 않다. 하나의 클래스로 윈도우 내의 지역을 일반화하는 것에 대한 전체지역에 대한 절차를 9.65km 씩 이동하는 9.65×9.65km 윈도우를 이용한다. 자동화 방법은 Tomlin에 의해 설명된 조건 함수를 이용한다. Dikau 등은 200m 씩 이동하는 9.8×9.8km의 윈도우 크기를 이용한다. 각 단계에서 이 정보를 중앙 격자에 할당하고 계산하여 윈도우를 일반화한다. 200m씩 증가하여 이동하며, 각 이동한 새로운 중앙 격자를 정의한다.[8]

외국의 경우와 마찬가지로, 국내에서도 Landform 분류에 대한 관심과 연구가 진행되고 있으며, 어느정도의 진전도 기대되고 있다.

2. Landform 분류

2.1 연구지역

자동화 처리의 대상지인 연구대상지역은 준용하천으로 분류된 평창강 상류 유역으로 선정하였다. 이 평창강 유역은 우리나라 중앙부에 위치하는 한강 제 1지류로 강원도 평창군의 봉평면, 대화면의 일부가 유역 내에 포함되어 있다. 이 유역은 한강수계의 북단부인 동경 128°15´27˝ ~ 128°31´09˝, 북위 37°26´37˝ ~ 37°43´54˝ 사이에 위치하며, 태백산맥과 근접하여 있는 관계로 대부분이 EL.600m -EL.1300m의 고봉으로 분수령을 이루고 있어 지세가 험준한 편이며, 유로의 형상이 좌측에 편재되어 있으며, 하상은 만곡부에 약간의 골재가 퇴적되어 있으며, 문헌조사에 의하면 하상구배는 속사천 합류점에서 1/248, 면온천 합류점에서 1/278, 서천 합류점에서 1/141, 그리고, 유역의 중·하류부인 유로가 사행하고 있는 계곡의 협착부에서 1/130의 급한 경사를 보이고 있다.

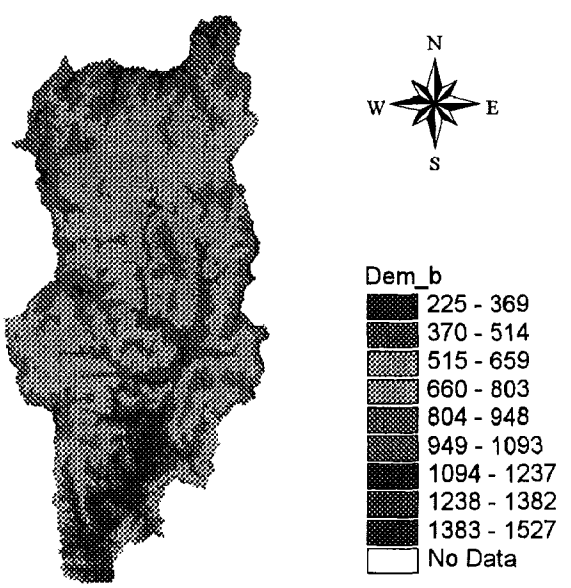

그림 1. 연구지역(평창유역)

유역의 총 임야면적은 336.23km^{2}로서 그 중 임목지는 325.46km^2, 무 임목지는 10.77km^{2}로 임목지 325.46km^{2}에 대한 임상상태는 침엽수가 145.21km^2, 활엽수가 117.65km^2, 혼효림 62.60km^{2}로서 그 구성비는 44.6%, 36.1%, 19.3%를 차지하고 있는 상황이며, 총 임야면적에 대한 무 임목지는 약 3.2%에 불과하다.

유역 내 지질은 변성암류인 기저 변성암층과 퇴적암류인 홍점층, 녹암층, 상부대 석회암층, 고방산층 및 화성암층인 대보 화강암층, 중성 및 감기성 심암층, 불국사 화강암류 등으로 이루어져 있으며, 유역을 대표할 수 있는 지질은 대보 화강암으로 형성되어 있다.

2.2 연구 방법

(1) 자동화 프로세스

이 연구에서 이용된 자료와 장비는 100m 등고선 DB, ARC/INFO, ARCVIEW 3.0a, IrasB, Geovec, MICROSTATION, 펜티엄 II PC 등이다. 등고선 DB는 지형도상의 100m 등고선을 수치화 하여 DEM을 생성하였으며, DEM이 생성된 후의 처리는 다음과 같다.

경사는 DEM으로부터 근접 격자(3×3)의 다른 고도의 편이로부터 계산하였으며, 이 경사는 퍼센트로 표현했다. 각 격자는 8%보다 적으면 평탄한 곳으로 분류하며, 그렇치 않으면 경사지로 분류한다. 경사의 퍼센트 클래스는 평탄지인 곳에는 0 값을 부여하며, 경사지인 지역에는 100 값을 할당하여 계산한다. 그 다음에는 Focal Mean Function을 적용한다.

상대기복은 수치고도모형인 DEM으로부터 계산한다(Focal Neighbourhood Range Function 이용). 원형 NAW(Neighbourhood Analysis Window)의 전체를 취하는 High points의 영향으로 인한 결과는 원형패턴이다. 상대기복 값은 Dikau 등에 의해 이용된 것과 같은 간격으로 분류된다.

Profile 형태는 평탄지역이 주변지형(고지나 저지종단)보다 높거나 낮은지를 결정하는데 유용하며, 대지식별에 원론적으로 이용된다. 고지와 저지 종단은 DEM에서 "Focal Neighbourhood Maximum Function"을 이용한 최대 고도를 첫 번째로 계산하여 결정한다. 중앙 격자의 고도는 위에서 결정된 것에서부터 추출한다. 만약 상대기복의 중앙보다 작다면, 중앙 격자 값은 고지로 결정되며 그렇지 않으면 저지로 결정된다. 결정된 고지와 저지 커버리지는 고지와 저지가 평탄한 지역인지를 확인하기 위한 경사 커버리지로 오버레이드(Overlaid) 한다. 저지 종단에서의 완만한 경사 지역의 퍼센트는 "Focal Neighbourhood Mean Fuction"을 이용하여 계산한다.

이러한 세 매개변수 레이어는 독특한 조합으로 구

별된 96개의 부 그룹으로 형성되어진다. "Higher Hierarchic Level"은 부 클래스를 그룹화하여 결정지어진다.

이 연구에서 개발한 프로세스와 Dikau 등에 의해 개발된 프로세스사이의 차이는 NAW(Neighbourhood Analysis Window)의 모양이다. Dikau 등은 정방형의 NAW(Neighbourhood Analysis Window)를 사용한 반면에 여기에서 개발된 프로세스는 원형을 이용하였다. 원은 원의 경계가 Focal Point에서의 거리가 항상 같게 되기 때문에 정방형보다 적당하다. Dikau 등과 Hammond에 의해 이용된 NAW (Neighbourhood Analysis Window)는 5,529m이며, 이 연구에서도 같은 반경을 이용하였다. 반경은 200m × 200m 격자 크기를 곱해서 끝자리가 없게 하여 5,600m가 되게 하였다. 자동프로세스는 이 지역의 Landform을 비슷하게 분류하며, 같은 지역의 Wallace의 분류와도 유사하다. 그러나, 자동 프로세스는 약간의 문제를 가지고 있다.

한가지 문제는 기복이 증가되는 지역으로부터 점진적인 띠 모양의 구성이 생긴다는 것이다. 이러한 것은 상대기복의 점진적인 변화에 대한 반영이다.

두 번째 문제는 어떤 지역에 대해서 자동화 프로세스는 다른 Landform에 대해서도 같은 지역으로 분류한다는 것이다. 이것은 특별히 OPEN으로 분류하는 지역이다. 어떤 지역은 평지와 산사이의 경계부분(Interface)에 위치하고 있기에 OPEN이고, 다른 지역은 계곡이나 평탄지의 돌출부에 있기에 OPEN이다.

자동화된 프로세스에 문제가 있지만, 그것은 메뉴얼(manual) 프로세스에 중요한 진보라고 할 수 있다.

(2) 새로운 자동화 Landform 분류 프로세스

Dikau 등에 의한 방법의 문제를 처리하기 위해 분류 프로세스의 새로운 프로세스는 부분적으로 이러한 문제를 해결하도록 개발되었다. 500m 격자 크기는 프로세싱의 속도를 높이기 위해 사용되었으며, 이것은 Landform 분류의 필요한 공간 정확도에 적당하다고 여겨졌기에 이용되었다.

DEM을 이용한 경사 그리드(Grid)는 Dikau 등에 의한 방법을 사용하였다. 경사 그리드(Grid)는 4%보다 적으면 평지로, 그렇치 않으면 비평지로 분류되었다. 크기가 10㎢이하인 매우 작은 평탄 지역은 매크로 경사 클래스의 그리드(Grid)를 만들기 위해 Non-Flat 지역으로 변환되어야 한다. 이것은 평탄지역의 돌출부와 같은 마이크로 기복이 분류에 영향을 미치지 못하게 한다. 다음의 단계는 "Open valley"를 식별하는 단계이다. "Open valley"는 반대쪽에 기복이 있는 커다란 평탄(large flat) 지역이다. 이러한 패턴을 식별하기 위해 확장과 축소기능이 이용된다. 이러한 기능들은 실제로 특정 격자의 개수에 의해 특정 지역(zone)을 확장하거나 축소한다. Non-Flat으로 식별한 지역은 3,000m로 확장한다(6개 격자에 각 격자마다 크기 500m). 이러한 두 단계의 효과는 6,000m(2×3,000m) 폭보다 작거나 같은 Flat Enclosed와 Semi-Enclosed 지역(open valley)이 Non-Flat으로 되어진다는 것이다. "Open valley"는 매크로 경사 클래스 그리드(Grid)와 축소된 그리드(Grid) 상의 조건문(conditional statement)을 이용하여 식별될 수 있다. 즉, 격자가 매크로 경사 클래스 그리드(Grid)에서 평탄하고 축소 그리드(Grid)에서는 아니라면 그것은 "Open valley"이다. "Open valley"로 분류되기 위한 지역은 10㎢ 크기보다 커야 한다. 6,000m Valley 폭 트레졸드(Thresold)는 실험 후에 결정되어야 한다. 최대 계곡 폭 기준이 너무 크게 설정된다면 어떤 커다란 유역은 "Open valley"로 식별된다

상대기복은 Dikau 등의 방법으로 결정하였으나 클래스는 약간의 차이가 있었다. 평탄지가 아닌 곳(Non-Flat)으로 정확히 식별된 지역에서 상대기복은 다음의 기복 형태 그리드(Grid)로 6개 클래스로 분류된다; 0 - 150m=Low Hills, 150 - 600m = Hills, 600 - 900m = High Hills, 900 - 1500m = Mountatins, 1500m 이상 = High Mountatin. 이러한 상대기복 클래스는 이것이 어떻게 그런지 제안하기 위한 증거가 실제 매우 작을 지라도 개념적인 지형을 반영하는 경향이 있다. High Mountatin 클래스는 두드러진 면이 없는 산에서 노출된 암과 만년설이 있는 가장 두드러진 산을 식별한다. 이것은 평탄한 지역이 어떤 High 상대기복이 있을 지라도 평탄한 지역으로 유지되어진다는 것이다.

Tableland는 Dikau의 프로세스와 유사한 방법으로 Upland와 Lowland Profile로부터 식별한다. 만약 한 지역이 매크로 경사 커버리지에서 Upland이며 평탄하다면 그것은 고원으로 식별된다. 이러한 처리를 통해서 연구지역 내에서는 어떤 고원도 식별되지 않았는데, 이것은 연구지역에 고원이 없기 때문에 받아들일 수 있는 결과이다.

"Open valley"와 고원 그리드(Grid) 기복 형태의 독특한 조합은 Landform 요소 그리드(Grid)를 만든다. 이 Landform 요소 지도는 변화되는 양상의 클래

스를 포함하지는 않지만, 그보다는 다른 Landform 클래스사이의 뚜렷한 경계를 식별한다.

3. 실제적용

Landform 구성과 형상의 식별은 다음의 일련의 단계를 필요로 한다. 첫째, 8개 Landform 요소의 각각은 특별한 요소가 존재하는 격자에는 값 100을 할당하고 없는 곳에는 값 0을 할당한 각각의 그리드(Grid)에서 추출한다. 반경 3,000m 윈도우에서의 "Focal Mean Function"은 각 요소 그리드(Grid)를 충분히 감당한다. 최종 출력 그리드(Grid)는 0에서 100 사이의 값을 포함한다. 최종 출력 그리드(Grid)에서의 격자가 100의 값을 갖는 다면 입력 그리드(Grid)의 이웃하여 근접한 모든 격자는 100의 값을 가지며 이것은 시험되어진 요소의 공간적 영향이 이 격자에 High라는 것을 가리키는 것이다. Focal Mean 값이 클래스 간격(Interval)에 대치된 후의 결과가 표시될 것이다. 이 단계의 효과는 3,000m 반경 이내 각 요소의 공간적 영향을 표현할 수 있다는 것이다. 100 이라는 값은 부동 소수점 커버리지의 사용을 피하기 위해 1로 대치하여 사용할 수 있다. 부동 소수점은 저장 바이트(byte)를 더 많이 요구할 뿐만 아니라, 독특한 값의 개수를 증가시키기 때문에 압축 기술적인 면에서 좋은 기능을 요구한다. 특별한 클래스 간격의 이용은 선택적이기에 클래스 영향의 높은 범위(High Range)는 너무 많은 클래스 없이도 표현되어질 수 있다.

이러한 8개 공간 영향 그리드(Grid)는 독특한 요소를 포함하는 새로운 그리드(Grid)를 만들기 위해 오버레이드(Overlaid)된다. 8개 그리드(Grid)가 결합되고 각 그리드(Grid)가 4개의 다른 가능한 클래스를 가지면 결합된 그리드(Grid)는 65,536의 가능한 독특한 클래스를 가진다. 그러나, 연구지역에는 오로지 613개의 독특한 조합 만이 존재한다. 이렇게 결합된 그리드(Grid)에서부터 Landform 구성은 식별되어질 수 있다. 커버리지가 Arc/Info에서 조합되었을 때, 모든 입력 그리드(Grid)상의 정보는 조합된 출력 그리드(Grid)에 유지된다. 각각 독특한 조합은 모든 다른 Landform 구성요소의 공간적 영향에 대한 정보가 있다. 이러한 조합 그리드(Grid)의 속성 테이블은 쿼리 되어 지고 Landform 구성요소는 식별된다. 이것은 Arc/Info에서 Arcplot으로 실행되어 질 수 있다. 예를 들어, 평지/산지라고 불리는 클래스는 산이나 평지의 공간적 영향이 특정 트레졸드(threshold) 보다 위인 곳의 선택된 지역에 의해 식별되어 질 수 있다. 트레졸드(Thresold) 이용은 20%, 즉 특별한 Landform 요소는 NAW(Neighbourhood Analysis Window)에서, 지역의 20%보다 많이 존재할 필요가 있다. 이것은 다른 요소보다 지배적인 요소를 결정하는데 필요하다. 예를 들면, 한 지역이 산과 평지에 영향을 받지만 Low Hill의 영향 또한 받는 것이 있다면, Low Hill의 영향이 산 그리고 Low Hill, 평지로 이루어진 각 클래스를 증명할 만큼 중요하지는 않는다. 상당히 많은 Landform 클래스에 대한, 이론적 진술을 통한 일반화는 필요하며, 매우 중요한 연구의 소재가 될 것이다.

이러한 프로세스는 22개의 다른 Landform을 식별한다. 이 연구지역에 이러한 Landform의 모두가 있는 것은 아니다. Landform 분류결과는 다양한 지형정보를 보여준다.

Landform 분류는 다른 클래스 그룹화에 의해 쉽게 생성될 수 있다. 이것은 6개 다른 레벨을 생성한다. 다른 클래스를 그룹화 하는 방법은 다른 레벨의 생성의 효과를 그래픽으로 보여준 표 1과 그림9에서 보여준다. Shading은 그림 8에서 사용한 것과 같다.

이러한 새로운 프로세스는 Dikau 등에 의해 개발된 것과 같은 동일한 문제가 없게 Landform 분류를 한다.

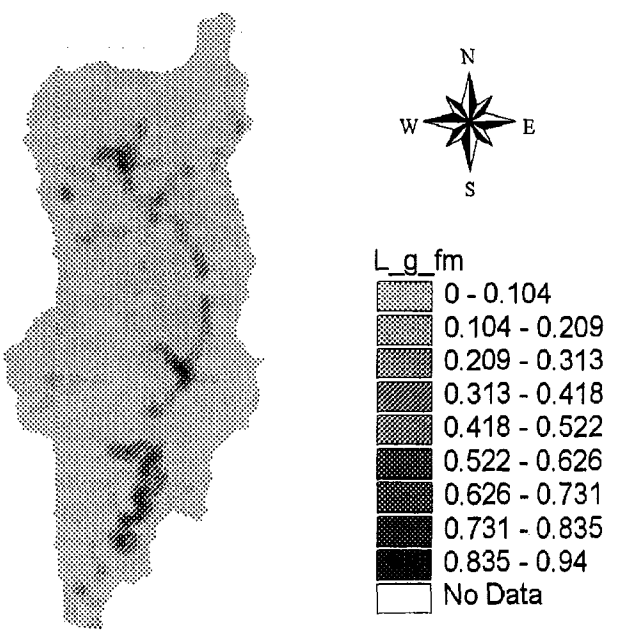

그림 2. 연구지역의 고도-경사 분류도

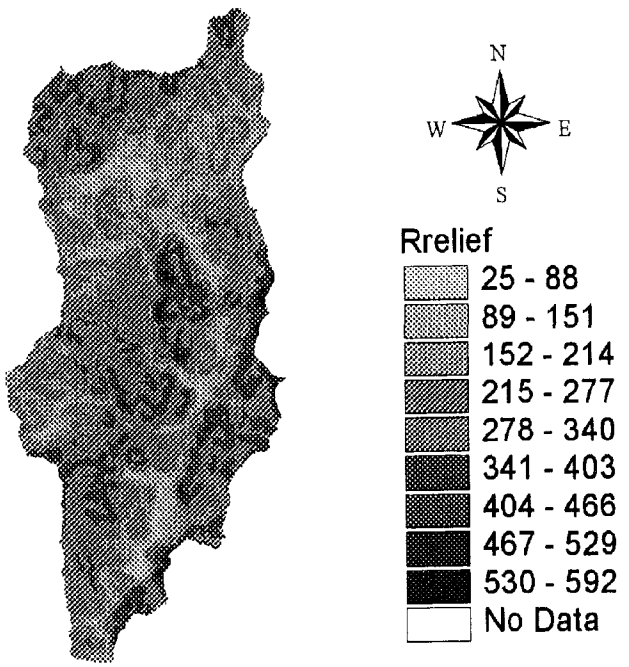

그림 3. 연구지역의 기복분류도

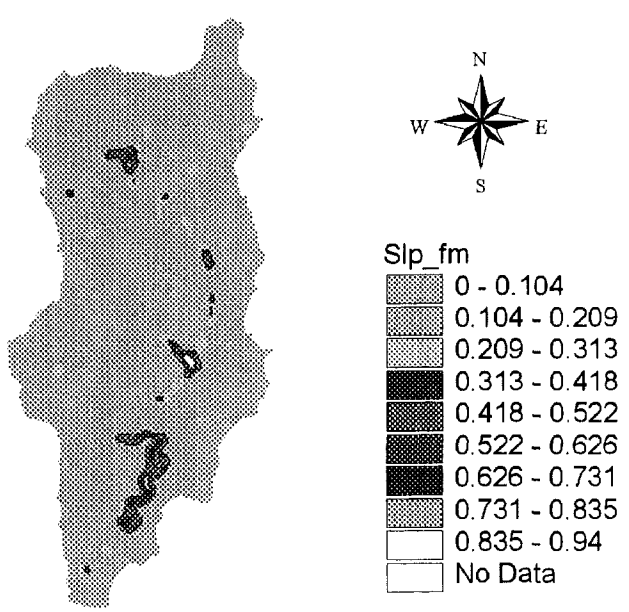

그림 4. 연구지역의 경사분류도

기복과 평탄한 지역 사이의 경계에는 점진적인 띠 모양의 구성이 생성되지 않으며, Valley Floor은 구별되어지며, 미세한 기복은 결과물에 두드러지게 차이가 나지 않는다. 이러한 프로세스는 격자 크기에 민감하다. 200m 격자를 사용하였을 때, 500m 격자와 일치하는 것은 89%이다. 이것은 상대기복 측정 상에 수반되는 영향을 내포하는 오리지널 DEM을 이루는 격자 크기이기 때문이고 또한 경사상의 격자 크기의 효과에 의한 원인이다.

다른 구성요소의 공간적인 영향을 결정하기 위한 3,000m 탐색원을 이용하는 것에는 의문이 있을 수 있다. Landform에 대한 특정인을 포함하는 사람들의 개념을 포함해서, Landform의 다른 구성요소에 공간적인 영향을 미치는 무엇인지를 결정하기 위해 무엇이 이용되어질 수 있는가에 대한 인식이 없었다. High Mountain과 같은 어떤 구성요소들은 Low Hill과 같은 다른 구성요소들보다 공간적 영향이 더 크다.

4. 분 석

Landform 분류는 자동화 GSIS 프로세스의 이점을 통해 개발되었고 시험되어졌다. 평창 유역에 적용하는데는 문제가 없었고, 추후에 다른 지역에 적용하기도 쉬울 것으로 기대된다. 이 연구에서 개발된 프로세스를 강원도 및 한국 전 지역에 적용할 때 생기는 문제는 100m 등고선 자료을 사용하기 위해서는 비용 및 시간적인 면에서 과중하다는 것이다. 이를 위해서 수치자료 중의 하나인 DTED 등의 사용이 고려되어져야 할 것이다. DTED는 구입과 사용상의 이점이 뛰어나 다양한 적용성을 자랑하고 있다.

경사 및 주향, 기복을 통한 Landform의 분류는 그림에서 보는 바와 같이 다양하게 나타날 수 있다. 세 가지의 수치모형을 통한 분류는 평창유역에 있어서 다양한 지형정보를 제공하고 있다. 이를 위해서는 앞에서도 살펴본 것과 같이, Upland와 Lowland를 분류하는 경사의 기준 설정과 NAW(Neighbourhood Analysis Window)의 크기 기준설정 등의 중요한 사항이 존재한다.

연구지역의 고도-경사 분류도, 기복 분류도, 경사 분류도 등은 Landform분류의 다양한 형태 중 하나이다. 각 그림에 대해 살펴보면,

그림 2는 Focal Mean Function을 이용한 완만한 경사(Gentle slope)에 대한 분석도이다.

그림 3은 Focal Range Function을 통한 DEM으로부터의 기복도이다.

그림 4는 Lowland와 경사에 대한 상호관계에 따른 분석도이다.

이와 같은 분석를 통하여 그림 5, 그림 6, 그림7,

그림 8 등의 분석되었다. 이외에도 다양한 클래스의 분석도가 있지만, 여기에서는 간단한 분석결과 몇가지 만을 예로 들었다.

그림 5부터 그림 7까지는 각각, 경사와 기복, 완만 경사에 대한 조합을 통한 Landform 분석결과이다.

GSIS 시스템과 분류 프로세스는 이와 같은 사용자의 요구와 정의에 따라 가장 적절한 분류를 수행할 수 있음이 밝혀졌다.

또한 점차적인 띠 모양의 구성이 생성되지 않았으며, 일반화의 과정이 수행될 수 있었다.

자동 Landform 분류는 흥미있는 도전이다. 이것은 Manual Method에 매우 유사하게 분류되며 정의, 질의, 향상을 위한 처리들이 분명하기 때문에 쉽게 식별되어질 수 있다. 이것은 Dikau 등의 프로세스와 몇몇 향상된 방법들을 바탕으로 실험되어졌으며 만들어졌다. 기존의 Quantitative Manual 프로세스의 자동화가 자동화의 향상에 중요한 단계였었지만, 그러한 것들은 속성들이 자주 다르게 관측되므로 증명되어져야 할 필요가 있다. 여기서 경사 측정은 정말 필수적인 사항이다. Scale과 일반화 등에 대해서도 또한 특별한 주의가 필요하다. 더 많은 종속적인 관계(Context Dependent) 정의와 더 많은 오브젝트의 정의를 사용하여 프로세스의 향상을 기할 수가 있지만, 이것은 지나치게 복잡한 프로세스를 형성하게 된다.

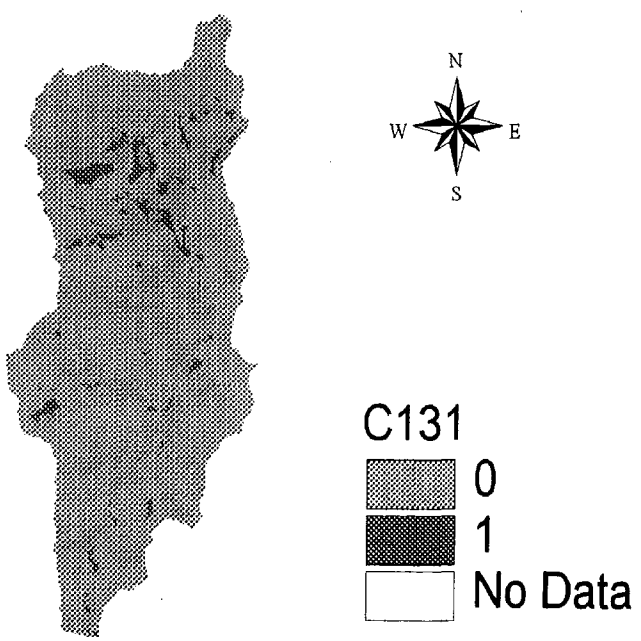

그림 5. 연구지역의 분석도

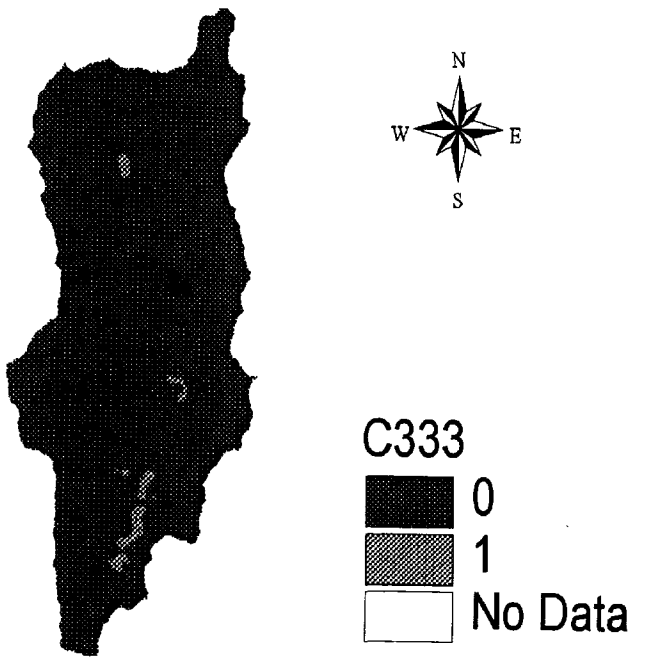

그림 6. 연구지역의 분석도

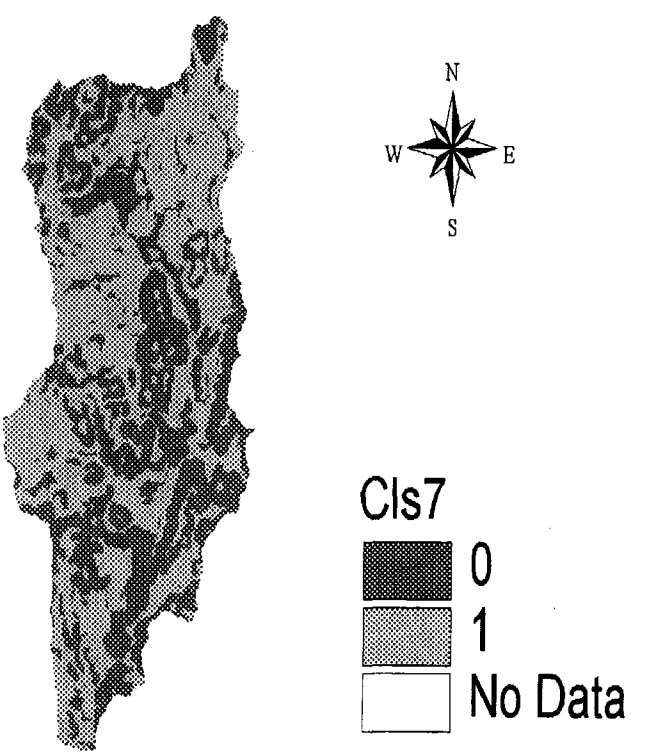

그림 7. 연구지역의 분석도

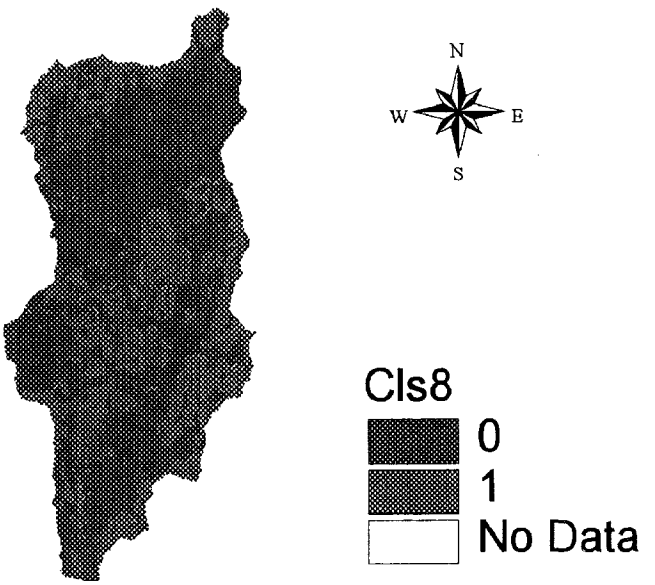

그림 8. 연구지역의 분석도

5. 결 론

이 연구에서는 Dikau 등의 분류방법을 발전시킨 GSIS와 수치기복모형을 기초로 하여 개발된 방법을 평창유역에 대한 Landform 분류를 통하여 지형분석의 기초자료를 제공하고자 하였다. 분석을 통하여 이 연구는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 자동 Landform 분류는 GSIS의 다양한 기능을 적용하여 분류 항목이 쉽게 식별되어질 수 있었다.
(2) 기존 프로세스의 자동화와는 달리 GSIS를 이용한 자동화를 통해 보다, 신뢰성 있고 종합적인 자료의 처리가 이루어져 속성들을 명확하게 표현할 수 있었다.
(3) Dikau 등의 방법에서 나타난, 점진적인 띠 모양의 구성을 없앨 수 있었으며, 일반화가 가능하였다.
(3) 프로세스의 향상을 기하기 위해서는 복잡한 과정이 포함되어야 하기에, 이 사항은 여러 가지 현장 여건에 따라 결정되어야 겠다.
(4) 이 연구는 Landform 분류에 대한 기초연구에 불과하다. 좀더 나은 결과를 위해서는 분류에 대한 다양한 알고리즘이 적용되어야 겠다.

참고문헌

[1] Band, L.E., "Topographic partitioning of watersheds with digital elevation models", *Water resources Res.*, 22, pp.15-24, 1986
[2] 鄭璋鎬, 지리학사전, 祐成文化社, 1993.
[3] 柳福模, 地形空間情報論, 東明社, 1996.
[4] 천기선, "수치표고모형에 의한 유역에서의 지형인자 분석",강원대학교 공학석사논문, 1999.
[5] 김연준, "지형공간정보체계를 이용한 유역분석", 강원대학교 공학석사논문, 1999.
[6] Collins, S.H., "Terrain Parameters Directly From a Digital Terrain Model", *The Canadian Surveyor*, 29, 5, pp.507-518, 1975.
[7] Dikau, R., "The application of a digital relief model to landform analysis", *Three dimensional applications in Geographical Information Systems.* Taylor and Francis, London, pp.51-77, 1989.
[8] Glasson, C., "A visual assessment of Banks Peninsula", *Banks Peninsula Council*, New Zealand, pp.20, 1991.