

GIS를 이용한 산지의 능선구분 프로그램 개발

박영규¹ · 권순덕^{1*} · 김태균²

Development of Ridge Distinction Program of The Mountainous Districts using GIS Program

Young-Kyu PARK¹ · Soon-Duk KWON^{1*} · Tae-Kyun KIM²

요 약

본 연구는 산지관리법의 산지전용허가기준 중 산지표고기준을 개선하기 위해 GIS를 이용하여 능선구분 프로그램을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 능선구분 프로그램은 산지를 구분하기 위해서 집수면적이 30ha 되는 지점의 유출구를 산자락 하단부로 가정하였고, 산정부를 구분하기 위해서 5부 능선을 적용하였다. 능선구분에서의 오류를 제거하기 위해 임상도를 이용하여 산지가 아닌 지역을 제거하였다. 본 연구를 통해 개발된 프로그램의 적용성을 검토한 결과, 현행 산지관리법을 적용했을 경우 약 3%(30,956m²)가 5부 능선이상 지역으로 분석된 반면에 프로그램을 적용했을 경우에는 약 58%(696,300m²)가 5부 능선이상 지역으로 분석되었다. 이러한 결과는 산정부 및 산자락 하단부 기준의 적용방법이 다르기 때문에 나타났다. 본 연구를 통해 개발된 능선구분 프로그램을 시·군에 보급하기 위해서는 산정부 및 산자락 하단부 기준의 객관성을 입증해야 하며, 제도적으로 능선구분개념을 수정해야만 할 것이다.

주요어 : 능선구분 프로그램, 산지관리법, 산지전용허가기준, 산정부, 산자락 하단부

ABSTRACT

In this study, a Ridge Distinction Program was developed to improve the elevation standard, which is one of standards for mountainous districts conversion permission regulated by the Management of Mountainous Districts Act. To distinguish mountainous districts from other land types, this program assumed that the lower end of the mountainous districts is the outlet points where catchment size is 30ha. Also the program used the halfway line between the ridge and the lower end of the mountainous districts to recognize the upper slope areas. To prevent potential errors within the classification process, the areas that were classified as non-mountainous districts by the current forest type map were removed. According to the classification results by using the developed program, the 58% of the mountainous districts

2007년 9월 10일 접수 Received on September 10, 2007 / 2007년 12월 10일 심사완료 Accepted on December 10

1 국립산림과학원 산림평가과 Division of Forest Sink and Forest Land Use, Korea Forest Research Institute

2 (주) 유비시스템 UBI Systems Co., Ltd.

* 연락처 E-mail : ksd6806@foa.go.kr

(696,300m²) was classified into the upper slope area, while the only 3% of the mountainous districts (30,956m²) were classified by adopting the current standards for the mountainous districts conversion permission. This result shows that the size of the upper slope areas tends to be altered by the standards defining the area. Therefore, for better acceptance of the Ridge Distinction Program in the associated fields, it is necessary to prove the effectiveness of the program and to revise the current standards for the mountainous districts conversion permission.

KEYWORDS : *Ridge Distinction Program, GIS, Management of Mountainous Districts Act, The Lower End of The Mountainous Districts, The Mountain Top Areas*

서 론

우리나라는 지난 40여년 동안 지속적으로 경제성장정책을 추진해 왔다. 그 과정에서 수도권을 비롯한 대도시 주변으로 인구와 산업이 집중되어 이를 수용하기 위한 토지수요가 급증하였으며, 산업화에 따라 채광이나 채석에 의한 산지개발이나 이용도 증가하였다.

정부는 이를 수용하기 위해 지속적인 토지공급정책을 추진하였으나 만성적인 가용토지 부족문제에 직면하게 되면서 산지개발이 증가하였다. 그러나 산지개발 방식이나 기준 등이 크게 미흡한 가운데 평지에 적용하는 개발방식을 여과 없이 산지에 적용·개발함으로써 구조적으로 산림훼손을 가속화시켜 난개발과 같은 사회적 문제를 야기시켰다.

산림청은 이러한 산지의 난개발을 방지하기 위하여 1980년 산림법을 제정하였으며, 1990년과 2001년에는 산림법을 개정하여 전용금지산림 및 전용심사기준과 산림형질변경 기준을 규정하였으나, 기준이 미흡하여 산지의 난개발 방지에 기여하지 못하였다.

이에 따라 산지의 난개발을 방지하기 위하여 산림청은 2003년 산지관리법을 제정하여 산지전용허가기준, 산지전용협의기준, 산지전용허가기준의 적용범위 및 사업별·규모별 세부기준 등을 마련하였다. 또한 산림청 고시로 경사도, 절개지 높이, 원형존치율, 건축물높이, 표고높이, 보전산지 및 국유림 편입면적 등을

포함한 산지전용허가기준의 세부검토기준을 마련하여 현재 일선 시·군에서 산지전용 시 판단자료로 활용하도록 하였다.

그러나 새롭게 마련된 산지관리법 상 산지전용허가기준이 복잡하고 불명확하여 많은 민원이 발생하고 있으며, 다양한 산지의 지형, 지역적인 특수성 등을 고려하지 않아 현지에 적용하기 곤란한 경우가 발생하고 있어 산지전용허가기준의 개선·보완이 필요하게 되었다. 특히 산지의 표고기준은 산정부 및 산자락 하단부 기준의 용어 정의가 애매하여 일선 산지전용담당자들이 현장에서 기준을 적용하는데 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

현행 산지관리법의 표고기준은 산자락 하단부와 산정부를 기준으로 5부 능선 이하는 개발 가능한 지역으로 구분하고 있어 개발사업자들이 기준을 악용할 수 있으며, 단지 표고차에 의해 개발 가능여부가 결정되기 때문에 산지의 난개발을 초래할 수 있다. 이러한 난개발을 방지하기 위해서는 자연친화적으로 산지를 개발할 수 있는 기준이 필요하다.

자연친화적 산지개발에 관한 연구(박영규 등, 2002)는 능선의 중요성을 강조하여 산복부 이상의 능선부는 원형으로 유지시켜 산지의 경관을 보호해야 한다고 하였다. 능선구분에 관한 연구는 능선검출 알고리즘을 이용하여 지형데이터로부터 능선과 계곡을 추출하고 이를 불규칙 삼각망의 구성을 위한 정점으로 사용하여 삼각망 구성시간을 단축시키는 방법을

제안하였으며(전경훈과 구자영, 2003), 크루스칼 알고리즘과 불규칙 삼각망을 이용한 유역 추출 알고리즘 개발 연구에서 능선을 추출하는 방법을 제안하였다(박미정 등, 2006). 또한 수치지형도의 등고선을 이용하여 DEM을 구축한 후 해상도에 따른 DEM의 정확도를 평가하기 위해 지형을 골짜기, 정상, 능선으로 구분하였다(이근상과 조기성, 2002).

본 연구는 산지관리법의 산지표고기준의 문제점을 파악하고 산지표고기준의 개선방안을 마련하기 위하여 GIS 프로그램으로 능선구분 프로그램을 개발하였다. 또한, 사례지역을 대상으로 프로그램의 적용성을 검토하였다.

산지의 능선구분 프로그램 개발

1. 능선구분방법 표준화

1.1 기존 능선구분 방법

현행 산지관리법 상 능선구분 방법은 산정부와 산자락 하단부의 높이 차를 이용하여 그림 1과 같이 5부 능선을 구분하고 있다. 이러한 방법은 산자락 하단부를 선정하는데 있어서 분석자의 주관적인 판단에 의해 이루어지기 때문에 분석자들마다 산자락 하단부가 다르게 나타나는 문제점이 발생한다. 또한 우리나라 산지의 경우 대부분이 그림 2와 같이 복합사면으로 이루어져 있기 때문에 산정부를 선정하는데 있어서도 문제점이 있다.

이와 같이 산자락 하단부와 산정부를 선정

하는데 있어 현행 산지관리법 상 산지표고기준은 많은 문제점이 있는 것으로 나타나 새로운 방식의 능선구분 방법 개발이 필요하게 되었다.

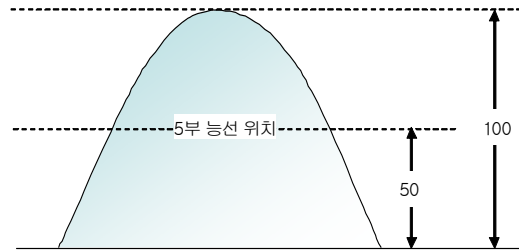


FIGURE 1. 산지관리법 상 능선구분 방법

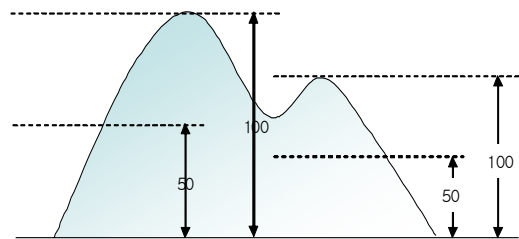


FIGURE 2. 산지관리법 상 능선구분 방법

1.2 능선구분방법의 개선

새로운 능선구분 방법은 그림 1과 그림 2와 같이 산지 표고차를 이용한 방법이 아니라 산지의 경관을 보호하기 위해 그림 3과 같이 능선을 기준으로 5부 능선을 구분하는 방법이다.

본 연구에서 산지의 능선구분을 위해 집수

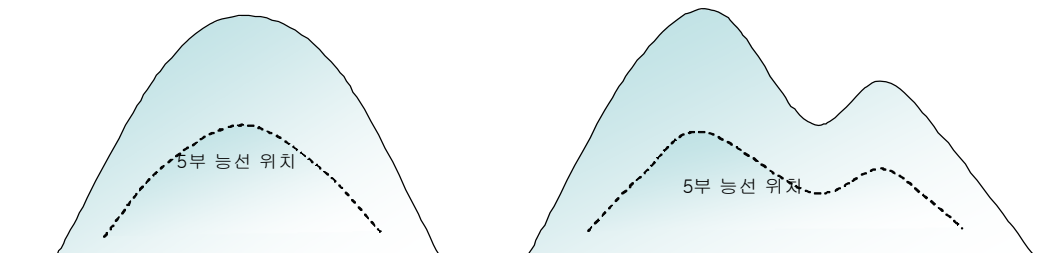


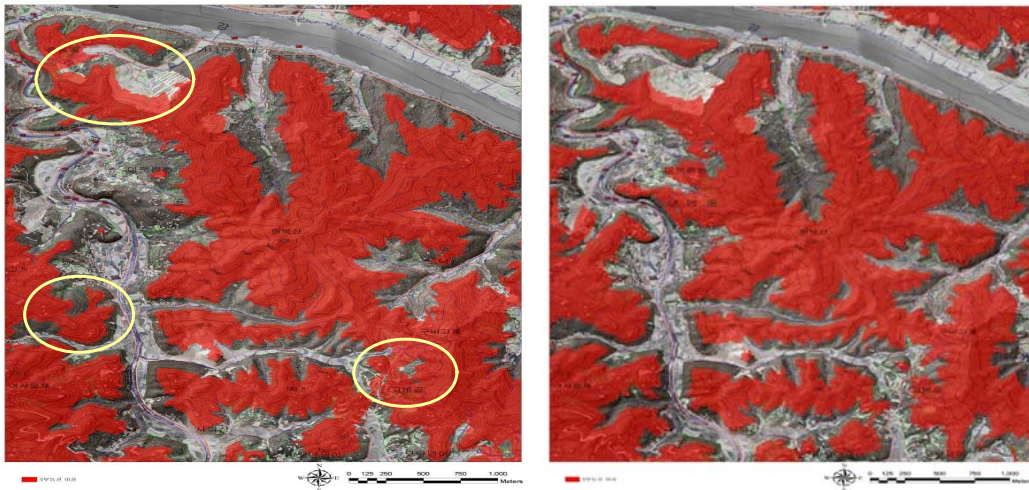
FIGURE 3. 능선구분 방법

구역과 주능선, 임상도를 이용하였으며, 산자락 하단부는 유출구, 산정부는 주능선을 분석하여 5부 능선을 구분하였다.

산자락 하단부는 사면에서 물이 흘러 수계를 형성하는 지점(유출구)과 국립산림과학원의 임상도를 이용하여 산림이 존재하지 않는 지역을 복합적으로 사용하여 사면의 하단부로 선정하였다. 유출구는 GIS의 수문분석 방법을 이용하여 추출된 유로흐름방향(Flow Direction)을 추적하고 각 셀이 영향을 받는 누적집수량

(집수면적)이 30ha가 되는 지점을 선정하였다. 그 이유는 다양한 집수면적(30ha, 50ha, 100ha, 200ha)을 가정하여 산자락 하단부를 구분한 결과, 그림 4와 같이 집수면적이 클수록 능선 구분 결과가 산지의 능선을 따라가지 않고 단절되거나 산지이외의 지역이 능선으로 구분되는 오류가 발생하였기 때문에 누적집수량을 30ha로 하였다.

산정부는 하단부의 선정 결과를 이용하여 각 하단부가 영향을 가지는 사면의 경계선을



(a) 집수면적 100ha

(b) 집수면적 30ha

FIGURE 4. 집수면적별 능선분류

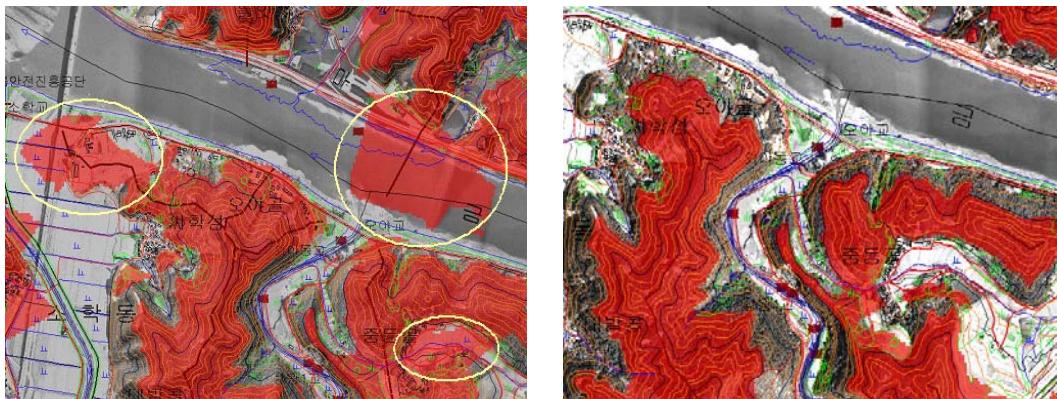


FIGURE 5. 산자락 하단부 및 산정부 분류

추출하여 능선을 선정하였다. 이렇게 형성된 능선은 그림 5와 같이 넓은 평지의 부분도 능선으로 추출되는 결과가 나타나게 된다. 지형학적으로 볼 때는 이 부분도 능선으로 분류될 수가 있으나, 산지에 대해서만 능선으로 구분하기 위해서 수치임상도를 이용하여 산림인 지역에 대해서만 능선으로 하여 최종 산정부로 선정하였다

최종 5부 능선 구분은 수치지형도에서 등고선을 추출하여 DEM을 작성한 후 분석지점의 높이 값과 그 셀에서 유로흐름방향(Flow Direction)을 추적하여 제일 처음 만나는 하단부 지점의 높이 값과 그 지점에서 가장 가까운 위치에 있는 산정부의 높이 값의 비율을 이용하여 능선을 구분하였다(그림 6).

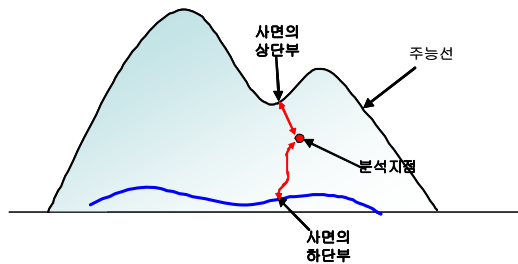


FIGURE 6. 5부 능선 구분

이와 같은 방법에 따라 산지의 능선구분을 위해 표준화된 방법은 표 1과 같이 집수구역과 주능선, 임상도를 이용하고, 적정집수면적은 30ha, 적정능선은 5부 능선으로 표준화하여 능선구분 프로그램을 개발하였다.

TABLE 1. 능선구분 방법 표준화

항 목	내 용
집수면적	30 ha
적정능선	5부 능선
구분방법	집수구역, 주능선, 임상도

2. 프로그램의 개발 환경 및 체계

본 연구에서 개발된 프로그램은 GIS 엔진으로는 ESRI사의 ArcGIS Engine을 이용하였고, 지형분석과 공간분석을 위해 Spatial Analyst Extension과 3D Analyst Extension 등을 사용하였다. 프로그래밍 도구로는 Microsoft 사의 Visual Basic .Net 2003을 이용하였다.

능선구분 프로그램의 구조는 그림 7과 같이 수치지형도(1:5,000)와 수치임상도(1:25,000)를 입력하는 모듈과 능선분석모듈, 능선구분도를 작성하는 출력모듈로 구성되어 있다.

능선구분 프로그램의 프로세스는 그림 8과 같이 먼저 수치지형도와 임상도를 입력하여 등고선도를 작성한 후 3차원 지형을 생성하고, DEM을 생성한다. 이렇게 생성된 DEM 자료를 수정하여 물의 흐름방향과 흐름누적면적(집수구역)을 분석한 후 산차락 하단부와 상단부를 결정하며, 각 Cell의 사면위치를 판정하여 능선구분도를 제작할 수 있도록 하였다.

3. 능선구분 프로그램

프로그램의 메인 화면은 ArcGIS의 기본메뉴와 자료를 관리하는 [파일] 메뉴, 분석결과

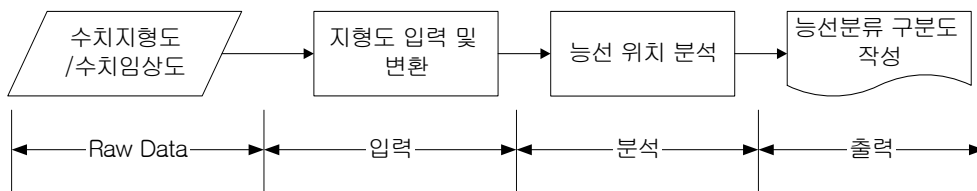


FIGURE 7. 능선구분 프로그램의 구조

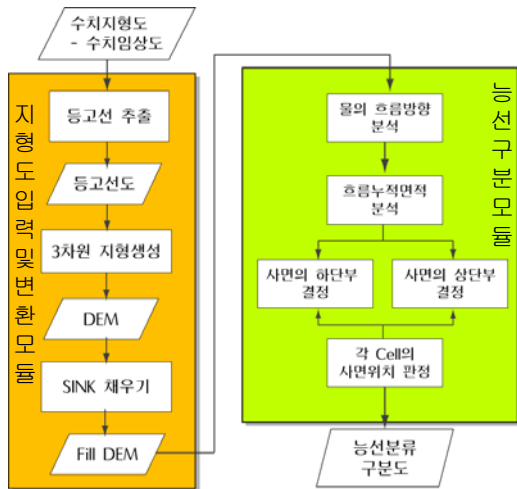


FIGURE 8. 능선구분 프로세스

를 확인할 수 있는 [뷰] 메뉴, 그리고 지형도와 임상도에서 필요한 자료를 추출하는 [지형추출] 메뉴, 능선을 구분하는 [분석] 메뉴로 구성되어 있다.

능선구분방법은 먼저 작업경로를 설정하고, 수치지형도에서 능선구분에 필요한 DEM 및

등고선, 도로, 하천 등의 레이어 자료를 추출하여 능선구분을 수행하며, 능선구분도는 그림 10과 같이 능선구분 결과와 5부 능선의 면적 통계를 산출하여 사용자에게 제공해주는 형태로 개발하였다.

능선구분 프로그램의 적용성 검토

1. 사례지역 개황

사례지역은 충청북도 진천군 진천읍 지암리 산19-15번지 일원으로 면적은 약 120만㎡를 차지하며, 골프장용도로 개발신청이 들어온 지역이다.

2. 산지의 능선 구분

2.1 현행 산지전용허가기준 적용

1) 산자락 하단부 분석

개발사업자는 현행 법규상 산지전용허가기준에 따라 골프장 개발신청지에서 산자락 하단부를 그림 12와 같이 165m와 210m, 245m

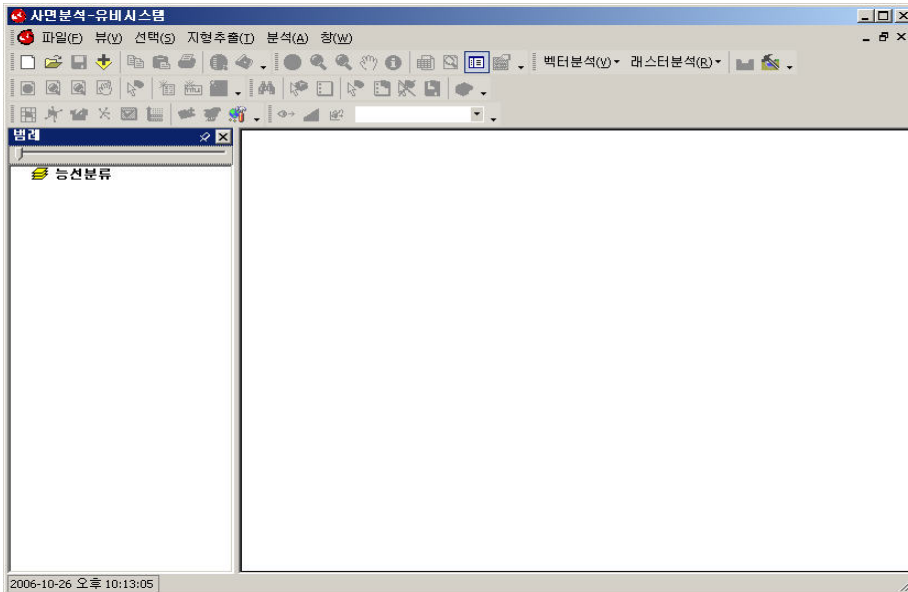


FIGURE 9. 프로그램의 메인 화면

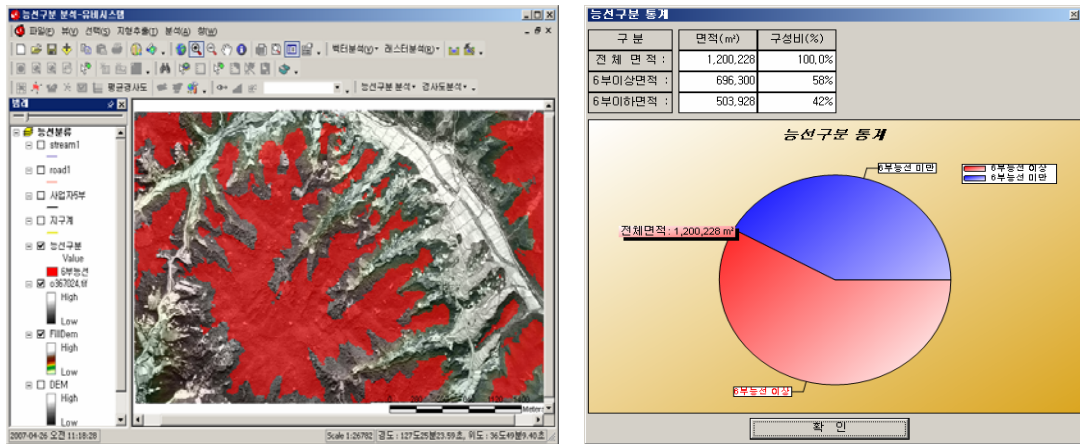


FIGURE 10. 능선구분 결과물

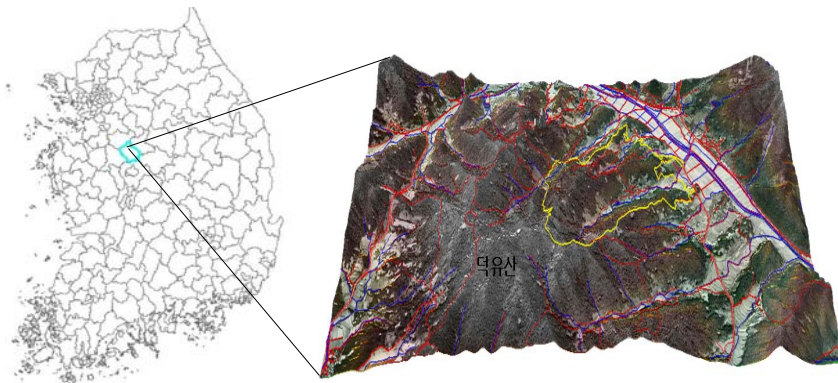


FIGURE 11. 사례지역 및 개발신청지역의 경계

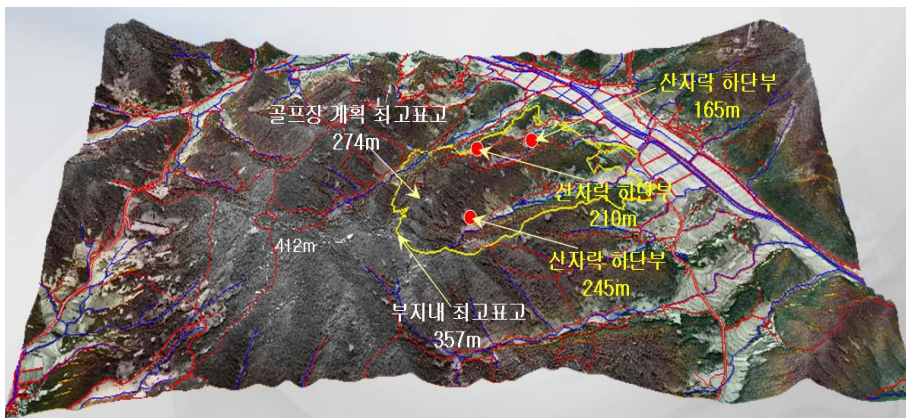


FIGURE 12. 산자락 하단부 설정

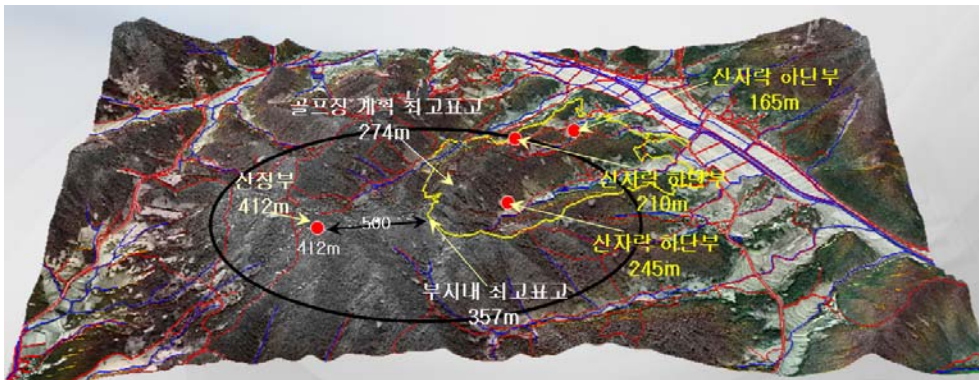


FIGURE 13. 산정부 설정

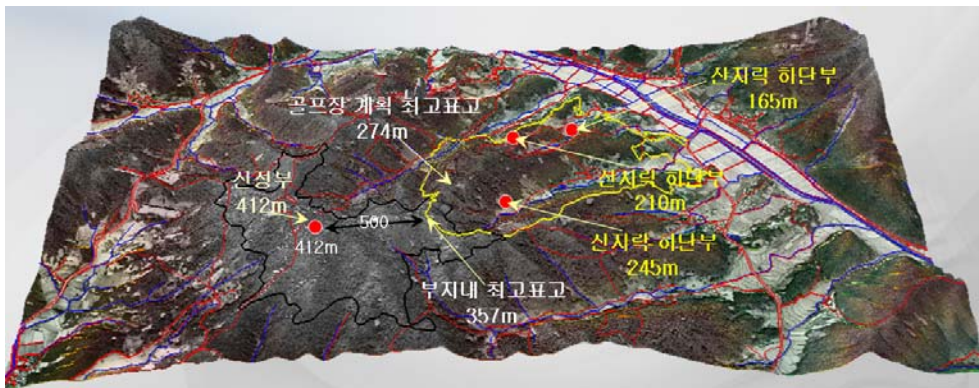


FIGURE 14. 5부 능선구분

등 3개 지점으로 설정하였으며, 3개 지점의 산술 평균한 206m를 산자락 하단부로 설정하였다.

2) 산정부 분석

개발사업자는 현행 법규상 산지전용허가 기준에 따라 개발신청지에서 산정부를 결정하기 위해 그림 13과 같이 개발 신청지 내 최고지점인 357m 지점에서 1km 범위 내 최고 지점인 412m 지점을 산정부로 설정하였다.

3) 5부 능선구분

현행 법규에 따라 앞에서 분석된 산자락 하단부(206m)와 산정부(412m)의 표고를 기준으로 5부 능선은 309m로 분석되었다. 이에 따라

개발업자는 표고 309m를 기준으로 지형도상 등고선을 따라 5부 능선 이상 지역을 그림 14와 같이 분석하였다.

능선을 구분한 결과 개발신청지 상단부 약 30,956㎡가 5부 능선 이상으로 구분되어 개발이 불가능하고 나머지 지역은 개발이 가능한 것으로 분석되었다.

2.2 산지의 능선구분 프로그램 적용

본 연구에서 개발된 능선구분 프로그램에 따라 산자락 하단부는 유출구와 임상경계를 이용하였으며, 산정부는 주능선을 이용하여 분석하였다. 개발된 프로그램으로 5부 능선을 구분한 결과 그림 15와 같이 붉게 분석

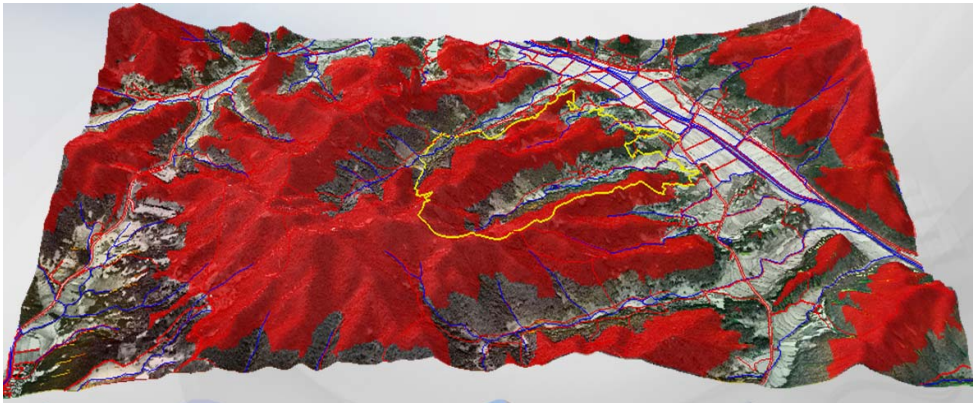


FIGURE 15. 능선구분 프로그램에 의한 능선 구분 결과

된 지역이 5부 능선 이상 지역으로 분석되었다.

사례지역의 개발신청지 경계도면을 중첩한 결과 거의 대부분의 지역이 5부 능선 이상 지역으로 분석되어 골프장 개발이 불가능한 것으로 나타났다. 현행법을 적용했을 경우 골프장 개발 대상지 중 약 3%가 개발 불가능인 반면 능선구분 프로그램을 적용했을 경우 약 58%가 개발 불가능 지역으로 분석되었다(표 2).

이러한 차이는 산정부 및 산자락 하단부 기준이 다르기 때문에 발생한 것이다. 즉, 본 연구에서 개발된 능선구분 프로그램은 유출구 및 임상경계 그리고 주능선을 기준으로 분석하였기 때문에 각 위치마다 산정부 및 산자락 하단부가 상이하어 5부 능선구분이 다르게 나타난 것이다.

결론 및 고찰

산림청에서는 산지의 난(亂)개발을 방지하기 위하여 2003년 산지관리법을 제정하였으며, 산지전용허가규정을 마련하여 현재 일선 시·군에서 산지전용 시 판단자료로 활용하고 있다. 그러나 산지전용허가규정 중 산지표고 100분의 50에 대한 기준에서 산자락 하단부와 산정부에 대한 기준이 불명확하여 산지의 능선을 훼손시킬 수 있어 일선 시군에서 현지 적용이 용이한 새로운 방법으로 현행 산지표고기준을 충족시킬 수 있는 방법이 필요하였다. 새로운 방법은 산지의 능선을 보호하기 위하여 산자락 하단부는 집수구역 분석을 통해 집수면적이 30ha 지역으로 설정하였으며, 산정부는 주능선으로 구분하였다. 또한 능선구분 시 산지이외의 지

TABLE 2. 능선구분 결과 비교

구 분	현행법		능선구분 프로그램	
	면적(m ²)	구성비(%)	면적(m ²)	구성비(%)
전체면적	1,200,228	100	1,200,228	100
5부 이상	30,956	3	696,300	58
5부 미만	1,169,272	97	503,928	42

역을 제거하기 위하여 임상도의 경계를 이용하였다.

본 연구에서 개발된 프로그램은 ESRI사의 ArcGIS Engine과 공간분석도구인 Spatial Analyst Extension 및 3D Analyst Extension을 이용하였으며, 프로그래밍 도구로는 Microsoft사의 VB .Net 2003을 이용하였다. 프로그램 구성은 1:5,000 수치지형도와 1:25,000 수치임상도를 입력하는 모듈과 이러한 자료를 이용하여 공간분석 및 능선을 구분하는 모듈, 그리고 능선구분도를 출력하는 모듈로 구성하였다. 능선구분 프로그램의 적용성을 검토하기 위하여 사례지역을 대상으로 적용한 결과 현행 산지관리법을 적용했을 경우 개발 대상지 중 약 3%가 개발 불가능지인 반면 능선구분 프로그램을 적용했을 경우 약 58%가 개발 불가능 지역으로 분석되었다. 이는 능선구분 프로그램은 집수구역과 주능선을 기준으로 분석하였기 때문에 각 위치마다 산정부 및 산자락 하단부가 상이하여 5부 능선구분이 다르게 나타난 것이다.

이와 같이 본 연구를 통해 개발된 능선구분 프로그램은 현지에서 이용할 때 현행 산지관리법 상의 전용허가기준과 상충되기 때문에 많은 보완이 필요한 것으로 나타났다. 즉, 본 연구결과를 시·군에 보급하기 위해서는 산정부 및 산자락 하단부 기준의 객관성을 입증하여 현행 산지관리법의 표고기준으로 적용할 수

있도록 법·제도적으로 수정해야 하며, 현행 산지전용허가기준과 프로그램을 이용한 분석 결과를 비교·검토하여 개발된 프로그램 보급을 위한 객관성을 확보해야 할 것이다. 이를 위해서는 본 연구를 통해 도출된 전용허가기준을 산림청과 협의하여 제도적으로 수정·보완해야 할 것이다. **KAGIS**

참고 문헌

- 박미정, 허현, 김태곤, 서교, 이정재. 2006. 크루스칼 알고리즘과 불규칙 삼각망을 이용한 유역 추출 알고리즘. 한국농공학회논문집 48(4):3-12.
- 박영규, 유병일, 유리화. 2002. 자연친화적 산지개발에 관한 연구. 산림과학논문 65:56-69.
- 산림청. 2005. 산지관리법편람. 232쪽.
- 산림청. 2006. 산림청고시 제2006-61호. 6쪽.
- 이근상, 조기성. 2002. GIS 환경에서 DEM 정확도 분석 및 해상도의 영향 평가에 관한 연구. - 골짜기, 정상, 능선을 중심으로 - 한국토목학회논문집 22(3-D):583-590.
- 전경훈, 구자영. 2003. 특이점 추출을 통한 지형 데이터의 빠른 삼각망 형성. 한국원격탐사학회지 19(6):457-464.
- ESRI. 1992. ARC/INFO User's Guide: Surface Modeling with TIN. Environmental Systems Research Institute. Redlands. **KAGIS**