

GIS 음영기복과 렌더링의 비교에 의한 수치지형모형의 표현 분석

이형석^{1*}

Analysis of Digital Terrain Model Display by Comparison of GIS Shaded Relief and Rendering

Hyung-Seok LEE^{1**}

요 약

수치지형모형을 시각적으로 분석하는데 있어 음영기복을 사용하고 있지만 지형의 음영 표현만을 생각하는 경우가 있어 정확한 그림자 범위를 확인하지 않고 있다. 본 연구는 GIS의 지형 표현에 사용되는 음영기복 기능을 렌더링과 비교하여 지형의 그림자 특성을 파악함으로써 각각 나타나는 수치지형모형상의 표현 차이를 분석하였다. 도로가 있는 지형으로 실험 대상지역을 선정하여 불규칙삼각망의 수치지형모형을 생성한 후 09시와 15시의 시간대별 태양의 방위각 및 고도에 따른 음영기복과 렌더링 기법을 적용하였다. 그 결과 음영기복은 태양의 광선을 받는 지형지물의 뒷부분만 어두운 상태로 나타났고, 렌더링을 통하여 투영된 그림자가 생성됨을 알 수 있었다. 이 상호 비교를 통해 음영기복을 이해할 수 있는 자료로 제시할 수 있으며, 렌더링 기법은 지형지물의 일조 분석 등에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 지리정보시스템, 음영기복, 렌더링, 수치지형모형, 불규칙삼각망

ABSTRACT

Shaded relief is used in the analysis of digital terrain model, but accurate shadow zone has not been affirmed on account of idea only shadow of terrain that would be in shadow are shaded. This study is to analyze each display difference of a digital terrain model by grasping the shadow characteristics of terrain and comparing shaded relief function used terrain display of GIS with a rendering technique. After terrain with road in subject area is selected and created to digital terrain model of TIN, shaded relief and rendering according to altitude and azimuth of the sun at 9:00 am and 3:00 pm is applied. As the results, only backward portions of the terrain that is in shadow from the sunlight are shaded in case of shaded relief. The rendering created the shadow, which is cast by terrain features. By these mutual comparison,

2006년 1월 12일 접수 Received on January 12, 2006 / 2006년 3월 24일 심사완료 Accepted on March 24, 2006

¹ 한중대학교 건설시스템공학과 Civil Engineering, Hanzhong University

* 연락처 E-mail: lhs0815@empal.com

this study represented data for understanding of shaded relief. And it is expected that the rendering method could be used to analyze sunshine influence.

KEYWORDS: GIS, Shaded Relief, Rendering, Digital Terrain Model, Triangulated Irregular Network

서 론

건설사업시 시공 지역의 지형적 특성을 분석하기 위해 화면상에서 설계에 대한 지형 모의실험을 하게 된다. 지리정보시스템(GIS)에서 지형 자료를 모형화(modeling)하여 고저를 나타내는 3차원 지형 분석에는 고도분포도, 경사도, 경사방향도 및 음영기복 등의 여러 기능을 사용하고 있다.

지형의 기복 상태는 음영으로 표현함으로써 시각적인 이해를 돕게 되는데, 3차원 지형의 표면 모형화에는 불규칙삼각망(TIN)이 사용되고 있어 컴퓨터 그래픽의 렌더링(rendering)에도 활용 범위가 넓어지고 있다.

음영기복을 단어 자체 의미로 간주하여 지형의 음영을 나타내는 것으로 생각하는 경우가 있는데, 음영기복이 태양의 위치와 관계되어 있지만 지형이나 구조물의 그림자는 나타나지 않으므로, 일조 분석의 경우 단순히 음영기복을 통해 일영을 분석하는 것으로 잘못 이해할 수 있다.

음영은 빛이 가리어져 어두워진 상태, 또는 그 자리를 말하며 그늘이라고 부른다. 반면 그림자는 물체가 빛을 가리어 반대쪽에 나타나는 거무스름한 형상을 말하며, 투영(投影)의 의미를 지닌다.

이러한 지형의 시각적 표현에서 음영기복의 자료는 GIS의 래스터 자료로 공간분석이 가능하지만 단순한 음영만을 나타낼 뿐이라는 것이다. 그림자가 없으면 물체와 물체간의 정확한 위치를 파악하기가 어렵다. 즉, 물체가 다른 물체에 바로 붙어 있는지 조금 떨어져 있는지를 알아내기가 곤란하다는 것이다.

또한, 음영기복 프로그램은 그림자 지역을 확인하는지에 주의하여야 한다. 이는 그림자 지역이 직접적인 햇빛이 아니며, 주위의 지표 면상에 지형학적 지형지물(features)이 투사된 그림자를 계산하는 것이 아니라는 것이다. 즉, 북서쪽으로부터 햇빛이 비추어지는 높은 산에 대한 음영기복을 나타낼 수 있는데 북서쪽 광선으로부터 그림자 지는 산의 부분만이 어두워진다. 소프트웨어 실행에서는 산이 남동쪽 면에 투사되는 그림자를 나타내지는 않는다(ERDAS, 2002).

한편, 렌더링은 가상현실 공간이나 지리정보시스템에서 현실감 있는 영상을 만들기 위해 그림자를 생성하여 지형을 모형화할 수 있으며 이미지 캡처나 출력으로 사용될 수 있다.

따라서 본 연구는 GIS를 이용하여 실험 대상지역의 3차원 지형 모형화를 실시하고 음영기복 기능에 의한 지형 표현을 렌더링 기법을 적용하여 지형에 나타나는 그림자의 특성과 상호 비교함으로써 분별되는 수치지형모형상의 표현 차이를 분석하여 음영기복을 이해하는데 필요한 자료로 제시하고자 하였다.

음영기복과 렌더링

1. 모델링

3차원 지형 표현의 기능적 특성은 크게 모형화와 렌더링 그리고 애니메이션 등이 있다.

모형화는 사용자가 입체화시키고자 하는 3차원 객체를 제작하는 과정을 통칭한다. 지형 표현에 사용되는 표면 모형(surface model)은 와이어프레임(wireframe)에 껍질을 씌어놓은 것과 같으며 여기에는 속이 비어 있다는 뜻도

포함된다. 표면은 주로 다각형(polygon)으로 구성되는데, 주로 4각형, 3각형이 사용되며 곡면 묘사에는 3각형을 활용한다. 곡면을 묘사할 때도 구성 성분이 짧을수록 부드러워지듯이 구성 다각형이 작고 많을수록 표면은 부드러운 형태를 갖게 된다(백운호, 1994).

1970년대에 들어 지형의 고도 자료를 래스터 자료 형태로 저장한 수치고도모형(DEM)이 보급되면서 지형 모형화의 연구는 수치고도모형으로부터 수치지형모형(DTM)을 만드는 연구로 발전하였다. 수치고도모형과 수치지형모형을 이용한 지형 모형화에는 격자(grid)와 불규칙삼각망에 의한 방법으로 구분된다(Lee J, 1991). 이 두 방법은 3차원 지형의 표면 모형화에 효과적으로 사용되고 있다.

격자방법은 고도값들에 보간법을 적용하여 3차원 지형을 모형화하므로 빠르며, 평지 모형화에 적합하지만 굴곡이 심한 지형의 특징을 정확히 표현하기 어려운 단점을 가진다. 반면 불규칙삼각망 방법은 지형의 의미 있는 위치의 점들만을 추출하여 사실적으로 표현할 수 있어 모형화뿐만 아니라 컴퓨터 그래픽의 렌더링에도 많이 사용되고 있다(류승택 등, 1997; 박동규, 2001).

2. 음영기복

음영기복(shaded relief 또는 hillshade)은 수치고도모형상에 태양 방위각과 태양 고도로 계산하여 지형을 실제적으로 표현하는 것으로, 지형의 입체감이 가장 잘 나타나는 방법이다.

지형의 기복을 칼라 도면 표(map table)를 이용하여 각 단계별 색상으로 높이 값을 표현할 수 있다. 또한, 지형을 입체적으로 나타내기 위해 지형에 빛을 비추었을 때에 산지의 높낮이 또는 경사면에 따라 그림자가 생기는 것에 착안하여 그리는 방법으로 능선의 줄기와 골짜기를 파악하는 데 편리하다.

음영기복 기능은 래스터로 각각의 셀에 조명 값을 결정함으로써 지표면에 가상의 조명

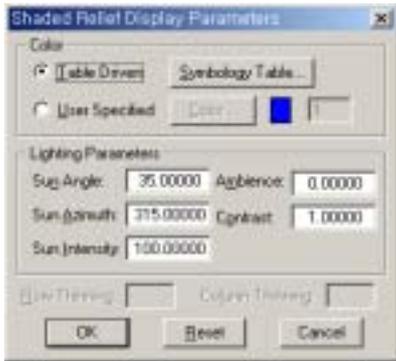
을 얻을 수 있다. 가상의 광원에 대한 위치를 설정하고 인접 셀에 관하여 각각의 셀의 조명 값을 계산하게 된다. 특히 슬라이드를 사용할 때 분석 또는 그림 표현을 위한 표면의 시각화를 크게 향상시킨다(ESRI, 2004).

음영을 모형화함으로써 국부적인 조명값 그리고 셀이 그림자지고 있는지를 계산할 수 있으며, 하루 어느 특정한 시간에 또 다른 셀의 그림자가 될 것이라는 것을 알 수 있다. 기본적으로는 그림자와 빛, 즉 명암은 0에서 255까지의 정수와 관련된 회색(gray)의 음영이다. 다른 셀의 그림자에 있는 셀은 0으로 부호화되고, 모든 다른 셀은 1부터 255까지 정수로 나타난다. 이진 결과 값의 래스터를 산출하는 1까지, 1보다 큰 모든 값들을 재분류할 수 있다.

음영기복 영상은 높이의 변화에 따른 실례를 제공한다. 사용자가 정의한 태양의 위치에 근거하여, 일광(sunlight)이 있을 지역이 비추어지고, 그림자에 있을 지역은 그늘져진다. 음영기복 영상은 지형 위에 드리워진 이미지 과일과 조합하여 높은 곳의 지표면으로부터 만들어진다(Corripio, 2003).

음영기복 영상은 분석에 사용될 수 있는 효과적인 그래픽 자료이다. 높은 곳의 지표면 위에 걸쳐어진 지역에 눈이 녹아들고 있다면 가로 방향으로 태양의 운동을 나타내기 위해 일련의 기복 영상이 만들어질 수 있다. 그때 햇빛과 그림자로 보내는 많은 시간에 근거하여, 눈이 녹는 비율이 각각의 픽셀에 대하여 산정될 수 있다. 또한, 음영기복 영상은 항공자기, 레이더, 중력지도와 같은 흑백 스케일에서 희미한 부분들의 질을 높이기 위해서 사용될 수 있다.

지형을 읽어들이어서 좌표를 입력한 후에 칼라룩업테이블 또는 기존에 처리한 영상을 입력하여 3차원을 재현해보고 기본적인 자료처리과정으로 음영기복도, 경사분석도, 향 분석도 등을 작성할 수 있다. 이 음영기복을 생성할 수 있는 여러 소프트웨어의 기능 및 실행 화면을 살펴보면 그림 1과 같다.



(a) MTA(MGE Terrain Analyst) : Display> Shaded Relief



(d) PCI Geomatica : Xspace> Terrain Analysis> REL Shaded Relief



(b) ArcGIS 3D Analyst : Display> Shaded Relief



(c) ERDAS Imagine : Image Interpreter> Topographic Analysis> Shaded Relief

FIGURE 1. Shaded relief function by software

이외에도 ER Mapper의 Algorithm> Sun Angle, ENVI의 Utilities> Data-Specific Utilities> Digital Elevation> Topographic Modeling> Sun Shade, IDRISI의 Analysis> Context Operators> Surface [Analytical hillshading] 등이 사용되고 있다.

3. 렌더링 기법

렌더링이란 3차원의 형상에 그 위치, 광원, 농도 등의 외부 조건을 넣어 사실적으로 볼 수 있도록 이미지를 생성하는 기능을 말한다. 평면적으로 나타나는 대상물에 입체감을 부여 함으로써 질감을 느끼게 하는 과정으로서 대부분 컴퓨터 그래픽스에서 렌더링은 영상 처리 과정의 최종 부분에 해당한다.

가장 빠른 렌더링 방식은 장면을 와이어프레임 형태로 보여주는 것이다. 그러나 이것으로 물체의 어디가 위고 아래인지를 구별하기 힘들기 때문에 뒷면에 의해 가려지는 아랫부분의 숨겨진 선을 없애 이를 구분할 수 있도록 한 방식으로 은선제거법(hidden line

removal)이라 한다. 이 단계에서는 음영을 표현할 수 없다. 이 같은 와이어프레임 모델에 음영을 부여하는 것을 셰이딩(shading)이라 한다. 이 보다 발전한 형태가 풍쉐이딩(phong shading)으로 물체의 각 점에 전달되는 빛의 양이 계산되며, 화면의 픽셀마다 해당하는 면상의 점에 대하여 각각 계산하여 이때 한 픽셀의 범위에 드는 몇 개의 점을 계산하여 평균치를 내며, 사실적인 효과를 내는데 적합하다(백운호, 1994).

광선추적법(레이 트레이스, ray trace)은 광원이 이를 때까지 경로를 역추적해 나가는 과정을 통해서 대상을 영상화하는 방법이다. 다른 렌더링 기법과는 달리 자동적이지만 시간 소요가 있어야 한다. 래디오시티(radiosity)는 주로 광선이 분산되는 환경에서의 광선 효과를 계산할 때 쓰이는데 대단히 미묘한 빛의 차이에서 오는 현상도 구현해 낼 수 있다. 래디오시티에서는 광선추적 대신 빛 에너지의 효과를 계산의 대상으로 삼는다.

마이크로스테이션(MicroStation V8)의 경우 렌더링 방법에는 와이어 매쉬(wiremesh), 은선(hidden line), 채색된 은선(filled hidden line), 상수(constant), 스프스(smooth), 풍(phong), 레이 트레이스, 래디오시티 등의 기법이 있으며, 그림 2와 같은 화면에서 설정하여 실행시킬 수 있다.

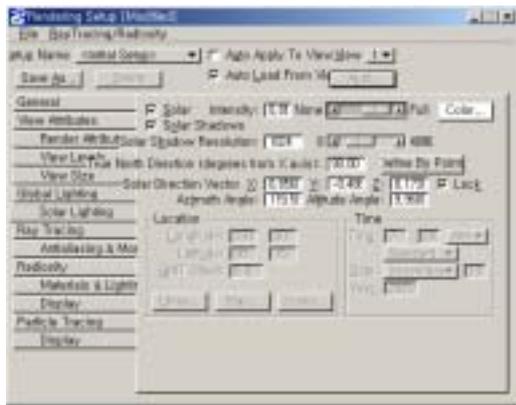


FIGURE 2. Rendering setup of MicroStation

음영기복과 렌더링의 비교실험

1. 대상지역 개요

음영기복과 렌더링을 적용하여 음영과 그림자를 쉽게 구분할 수 있도록 도로가 있는 지형을 대상지역으로 선정하였다. 도로가 있는 부분을 선택한 이유는 무엇보다 시간대별 그림자지는 부분의 구별을 명확하게 판단할 수 있기 때문이다. 그림 3은 실험 대상 지역을 불규칙삼각망 형태의 3차원 도로 모형으로 마이크로스테이션에서 나타낸 것이다.

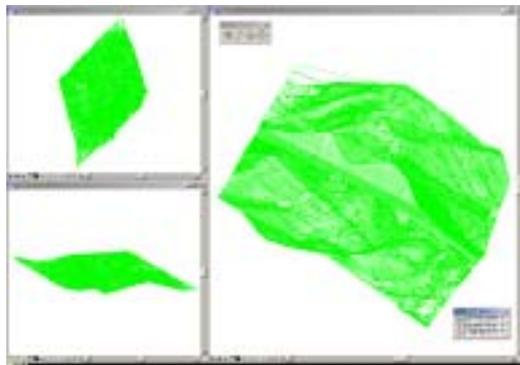


FIGURE 3. TIN model of study area

2. 태양의 위치 설정

태양의 위치는 그림 4에서와 같이 대상지역 내에서 태양의 고도(altitude) 및 방위각(azimuth)으로 계산할 수 있다(Lechner, 1991).

태양의 고도는 지평면을 기준으로 위로 조명이 비치는 곳까지의 경사(slope) 또는 각을 말하며 0°에서 90°로 표기된다. 태양각(sun angle) 또는 고도각이라고도 하며 기본값은 45°이다.

태양의 방위각은 지평면 위 북으로부터 시계방향으로 측정된 태양의 각방향으로 0°에서 360°로 표기한다. 방위각이 90°이면 동쪽(east)이며, 기본값은 315°(NW)이다.

음영기복과 렌더링의 기법에 의한 차이를 시각적으로 쉽게 비교하기 위해서 대상지역의

좌표를 기준으로 2005년 12월 22일 09시 00분과 15시 00분의 두 시간대의 태양의 위치를 선정하였다.

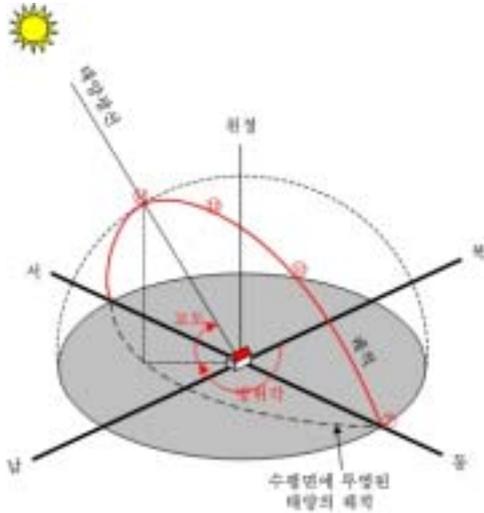


FIGURE 4. Altitude and azimuth of sun

3. 음영기록 생성

3차원 GIS 기능 중 음영기록 기법은 정확한 지형 조건이 생성되어 있으면 그림자지는 지역의 형상을 정확하게 도시하여 준다. 본 연구에서는 음영 분석을 위한 소프트웨어로서 MTA(MGE Terrain Analyst)와 ArcGIS 3D Analyst를 연계하여 사용하였다.

먼저 MTA를 이용한 경우로, 2005년 12월 22일 오전 시간대인 09시 00분(태양의 방위각 133.5°, 고도 12.8°)과 오후 시간대인 15시 00분(방위각 218.0°, 고도 18.6°)의 두 가지 경우를 나누어 실행하였다.

그림 5는 MTA에서 태양의 방위각 133.5°, 고도 12.8°와 방위각 218.0°, 고도 18.6°을 각각 설정하여 지표 분석에 대한 음영기록을 생성한 결과이다. 살펴보면 음영 부분이 나타나지만 태양에 의한 지형 특히 도로 부분에 그림자 영역이 나타나지 않음을 확인할 수 있었다.



(a) Azimuth 133.5°, altitude 12.8°



(b) Azimuth 218.0°, altitude 18.6°

FIGURE 5. Shaded relief display of MTA practice

이러한 음영기록의 결과를 다시 확인하기 위해서 ArcGIS 3D Analyst에서 실행시켜 보았다. 그림 3의 불규칙삼각망 형태의 3차원 지형 자료는 ArcGIS 3D Analyst에서 자료 처리할 수 있는 지형지물로 인식할 수 없어서 그림 6과 같이 불규칙삼각망 형태의 .dgn 파일을 점(point) 자료로 변환하였다.

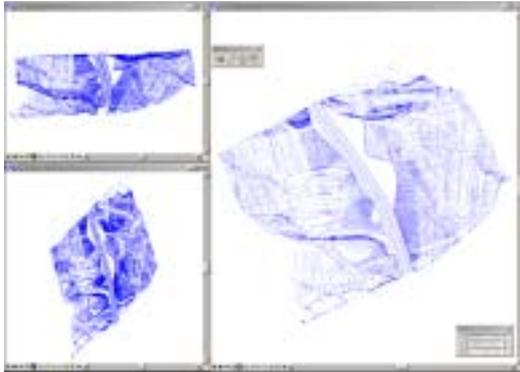


FIGURE 6. Point data of .dgn file converted from TIN

그 다음 마이크로스테이션의 좌표 내보내기 (export coordinates) 기능을 이용하여 점 자료를 그림 7과 같이 ASCII의 .txt 파일 형태로 추출하였다. 그리고 .txt 파일을 ArcGIS에서 속성값으로 인식할 수 있도록 .dbf 파일로 저장하였다.

좌표	고도
2002000.882	67.2099
2002097.825	67.8899
2002099.766	67.2998
2002099.826	65.8339
2002116.194	65.767
2002116.720	65.9298
2002085.163	69.5888
2002086.878	69.5888
2002082.738	69.5588
200225.751	64.685
200224.883	64.669
2002298.622	64.725
2002297.825	67.8899
2002298.740	67.8899
2002298.264	66.9888
2002337.213	64.4399
2002338.856	64.3899
2002333.760	64.367
2002323.962	65.827
2002323.858	65.911
2002295.393	65.857
2002288.386	69.486
2002279.391	69.571
2002282.738	69.5588
2002226.864	65.5888

FIGURE 7. .txt file in the type of ASCII

ArcGIS에서 X,Y 자료 추가 기능을 이용하여 .dbf 파일을 추가함으로써 점 자료를 불러올 수 있었다. 그림 8에서와 같이 각 점 자료의 속성값을 표 형태로 볼 수 있다.

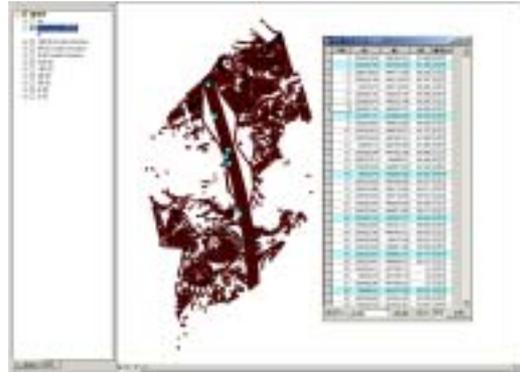


FIGURE 8. Point data and attribute of ArcGIS Analyst

그림 9는 ArcGIS 3D Analyst에서 점 지형지물로부터 불규칙삼각망을 생성한 결과를 보여준다.

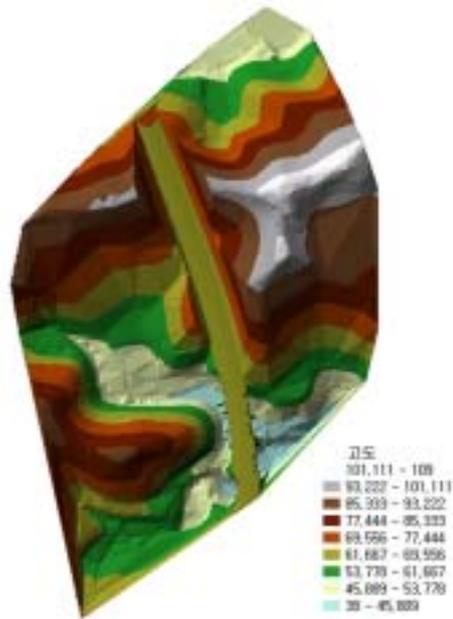


FIGURE 9. TIN created from point features

그리고 태양의 방위각 133.5°, 고도 12.8°와 방위각 218.0°, 고도 18.6°를 각각 설정하여 지표 분석에 대한 음영기복을 생성한 결과 그림 10과 같이 나타났다. MTA에서 실행한 것(그

림 5)과 마찬가지로 도로 질토 부분을 보면 경사면만 어두워지고 그림자는 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다.



(a) Azimuth 133.5°, altitude 12.8°



(b) Azimuth 218.0°, altitude 18.6°

FIGURE 10. Hillshade of ArcGIS 3D Analyst

4. 렌더링 이미지 생성

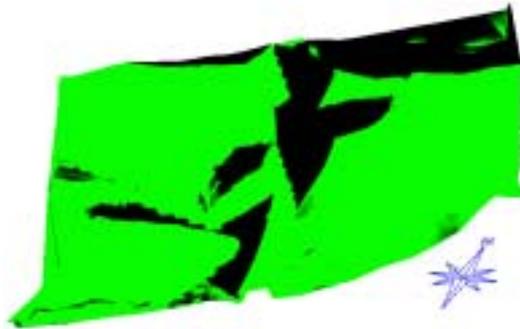
두 소프트웨어에서 생성된 음영기록의 경우 그림자 영역이 나타나지 않았으며, 렌더링 기법을 이용하여 그림자지는 상태를 비교하기 위해 똑같은 두 시간대에 따른 태양의 위치를 설정하였다.

렌더링은 레이 트레이스와 래디언시티의 두 기법을 이용하였고, 그림 11 및 그림 12와 같이 지형에 따른 그림자 지역, 특히 도로 부분을 보면 명확히 구분되어 나타남을 확인할 수 있었다.

하지만 이 그림자 부분을 구별하기 위해 래스터 자료로 저장하기는 어려웠고, 이미지 캡처나 저장을 하게 되면 저해상도일 뿐만 아니라 래스터 자료로 사용할 수가 없다.

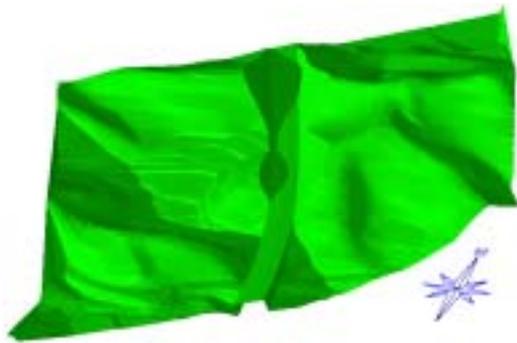


(a) Ray trace



(b) Radiosity

FIGURE 11. Rendering display at 09:00 (azimuth 133.5°, altitude 12.8°)



(a) Ray trace



(b) Radiosity

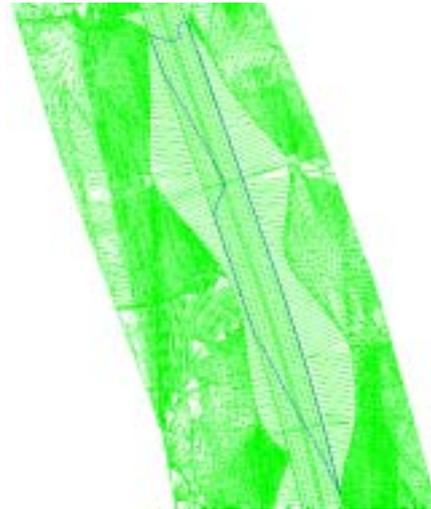
FIGURE 12. Rendering display at 15:00
(azimuth 218.0°, altitude 18.6°)

또한, 렌더링에 대한 실제 지형의 그림자 지역이 그림 13에서와 같이 실제 대상지역과 비슷하게 나타남을 확인할 수 있었다.

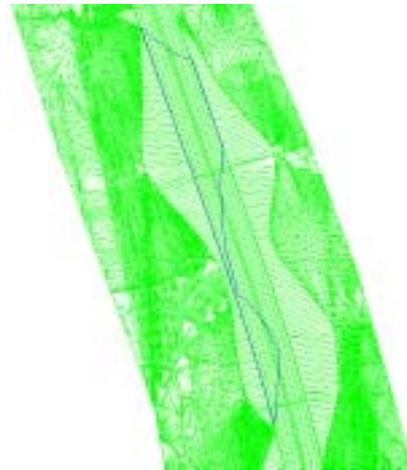


FIGURE 13. Shadow display of rendering at subject area(at 15:00 12/22/2005)

또한, 그림 14와 같이 09시와 15시경 도로 부분에 나타나는 그림자 지역의 일조 부분을 수동 벡터라이징하여 벡터 폴리곤으로 생성하였으며, 이는 정량적인 분석을 가능케하여 도로의 일조 영향 분석시 효과적인 자료로 사용할 수 있을 것이다.



(a) 09:00



(b) 15:00

FIGURE 14. Vectorizing polygon of shadow area

결론

GIS를 이용하여 실험 대상지역을 불규칙삼각망 형태로 3차원 모형화한 후 09시와 15시의 시간대 설정으로 음영기복과 렌더링을 비교하여 시각적인 차이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

음영기복과 렌더링 기법을 비교한 결과, 렌더링 기법이 음영기복에 비해 그림자 영역이 비교적 정확하게 나타났다. GIS의 음영기복을 사용했을 경우 태양광선이 투영되었을 때 지형지물의 뒷부분의 어두워진 상태만을 파악할 수 있었던 반면, 렌더링 기법을 사용했을 경우 지형지물의 어두운 부분뿐만 아니라 지형지물에 의해 생성되는 그림자를 시각적으로 분석하고 객관적이고 정량적으로 계산할 수 있었다.

렌더링 기법과 마찬가지로 음영기복이 지형을 3차원 모형화한 후 태양의 위치를 사용하여 시각적인 지형 표현을 나타내고 있지만, 태양광선이 투사되는 그림자를 나타내지는 못하였다. 따라서 음영기복은 지형의 시계열 변화에 대한 래스터 자료 분석에 사용이 가능하며, 렌더링은 일조 분석과 같은 투영이미지 생성에 사용할 수 있을 것이다. 

참고 문헌

- 김상석, 장용구, 광재하, 김윤수. 2001. 불규칙삼각망을 이용한 골프장의 지표면적 산출에 관한 연구, 한국지리정보학회지 4(4):61-71.
- 류승택, 최윤석, 안충현, 윤경현. 1997. 3차원 지형 모델링을 위한 래디얼 스위프 알고리즘. 지형공간정보 5(2):133-140.
- 박동규. 2001. 실시간 렌더링을 위한 불규칙삼각망 압축 기법. 영산대학교 영산논총 7:208-223.
- 박운용, 이기철, 이인수, 김진수. 2000. 비측정

용 주사기를 사용한 수치표고모델의 자동 생성에 의한 수치정사사진 제작, 한국지리정보학회지 3(2):24-36.

백운호. 1994. 디자인계열 대학 컴퓨터 교육에서의 렌더링과 모델링. 울산대학교 조형대학 논총 1(2):19-45.

이연길, 박성천, 이관수. 2003. 지리정보시스템을 이용한 소하천 유역의 홍수유출 해석, 한국지리정보학회지 6(1):24-36.

ERDAS. 2002. Field Guide(Sixth Edition), 363쪽.

ESRI. 2004. Producing a hillshade in 3D Analyst:ArcGIS Desktop 도움말/색인/hillshades.

Javier G. Corripio. 2003. Vectorial algebra algorithms for calculating terrain parameters from DEMs and solar radiation modelling in mountainous terrain. International Journal of Geographical Information Science(IJGIS) 17(1):1-23.

Lechner, N. 1991. Heating, Cooling, Lighting, Design Methods for Architects, John Wiley and Sons.

Lee J. 1991. Comparison of existing methods for building triangle at irregular network models of terrain from grid digital elevation models. International Journal of Geographical Information Science(IJGIS) 5(3):267-285. 