

임분의 생장효과가 GIS 응용 가시권 분석에 미치는 영향 분석

장광민¹ · 송정은^{1,2} · 설아라^{1,2} · 한희¹ · 정주상^{1,2*}

Effects of Stand Growth on Viewshed Analysis Using GIS

Kwang-Min JANG¹ · Jung-Eun SONG^{1,2} · A-Ra SEOL^{1,2}
Hee HAN¹ · Joo-Sang CHUNG^{1,2*}

요 약

본 연구에서는 임분의 수고생장이 GIS기반의 가시권분석에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해 관악산 지역을 대상으로 수치표고모델(DEM)과 임분수고 주제도의 지도대수분석을 통해 수치표면모델(DSM)을 구축하였다. 임분의 수고주제도는 산림과학원에서 구축한 임상도, 입지도 및 수확표를 이용하여 작성하였으며, 분석기간은 40년으로 하였다. 또한 투시도면화기법을 적용하여 시가지 사거리에 위치한 2개의 조망점을 추출하고, 각 조망점에서 가시권 분석을 수행하였다. 분석 결과에 따르면 현 시점에서의 가시지역 면적은 DSM을 적용하는 경우 DEM을 적용하는 경우에 비해 약 17% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 시간의 흐름에 따라 임분 수고가 성장하면서 가시권역이 줄어들고, 비가시권의 깊이가 점차 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

주요어 : 산림경관, 가시권 분석, 가시성, 임분생장, GIS

ABSTRACT

In this study, the effects of stand height growth on GIS-based viewshed analysis were investigated. DSM was created by combining stand height layers on DEM using map algebra functions. In developing the tree height layers, the digital forest-type maps, forest site maps and stand yield tables of Korea Forest Research Institute were used. The time horizon for viewshed analysis were 40 years. Two viewpoints in crossings of downtown for viewshed analyses were chosen using a projective mapping technique. The effects of tree height growth over time on visibility were measured in terms of the depth of blind areas and the area of visible regions. The results of viewshed analyses show that 17% of visible regions is reduced when we use DSM

2010년 3월 9일 접수 Received on March 9, 2010 / 2010년 4월 12일 수정 Revised on April 12, 2010 / 2010년 4월 22일 심사완료 Accepted on April 22, 2010

1 서울대학교 산림과학부 Dept. of Forest Sciences, Seoul National University

2 서울대학교 농업생명과학 연구원 Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

* 연락처자 E-mail : jschung@snu.ac.kr

instead of DEM. As the tree height grows, the visibility gets worse and worse and the depth of blind area increases.

KEYWORDS : *Forest Landscape, Viewshed Analysis, Visibility, Tree Growth, GIS*

서 론

가시권분석(Viewshed analysis)은 조망점에서 관측되는 가시영역을 분석하는 기법으로 경관저해요소 및 경관영향평가를 위한 지원 도구로 활용되고 있다. 특히 1990년대 이후로 GIS 및 공간분석기법이 비약적으로 발전함에 따라 최근에는 GIS 기반의 가시권분석이 보편적으로 활용되고 있다(Maloy and Dean, 2001).

국내의 경우 환경영향평가법 및 산지관리법에 근거하여 경관영향평가를 위한 분석 도구로 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 가시권 분석을 활용하도록 권고하고 있다(산림청, 2009; 환경부, 2009). 이러한 제도적 활용 외에도 GIS 기반의 가시권분석은 건축시설의 적지선정(이희선과 이규석, 1995; 박영규 등, 2009), 산림내의 입도노선선정(이병두와 정주상, 2000), 도시경관 민감도 분석(한갑수, 2003; 이종성 2006) 등 경관과 관련된 다양한 분야에서 기초 데이터를 제시하기 위한 도구로서 활용되고 있다. 이처럼 GIS 기반의 가시권분석은 분석도구의 보편성 및 분석과정의 효율성으로 인해 다방면에서 활용되고 있지만 이용자료 및 분석기법에 있어 많은 한계를 가지고 있는 것 또한 사실이다. 따라서 최근에는 GIS 기반 가시권분석의 한계점을 지적하고 이를 보완하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

이 연구들 중 Dean(1997), Maloy and Dean(2001) 및 Lloverta(2003)은 가시권 분석에 활용되는 입력 데이터의 한계점을 지적하였다. 즉, 건축물과 같은 인공 차폐물과 달리 산림은 시간의 흐름에 따라 끊임없이 변하는 동태적 특성을 지니므로 입목의 성장특성을 고려한

가시권 분석이 중요하다고 하고, 이를 위한 가시권분석 체계 개발의 필요성을 제기하였다.

한편 가시권 분석에 있어 중요한 조망점 선정의 한계를 극복하기 위한 연구들이 수행되어 왔다. 이 중 Fels(1992)는 가시권 분석의 목적에 따른 조망점 선정 기법을 반사도면화기법(Reflective mapping)과 투시도면화기법(Projective mapping)으로 구분하여 제시하였다. 흔히 반사도면화기법은 관찰대상점의 외부에서 조망점을 선정하는 기법으로 특정 지점에서 개발대상지의 노출여부를 평가하기 위한 목적으로 활용된다. 이에 비해, 투시도면화기법이란 관찰의 대상이 되는 지점에서 주요 조망점을 선정하는 방법으로 '어떤 특정 지점 'A'에서 다른 지점 'B'를 조망할 수 있으면, 역으로 'B'에서도 'A'를 볼 수 있을 것'을 전제로 한다. 이러한 투시도면화기법은 개발지를 둘러싼 가시권의 영역을 구획하고 영향력을 평가하기 위한 목적으로 활용될 수 있다. 따라서 투시도면화기법은 최기만 등(1997), 조용호와 박성남(2007), 이상복 등(2009)의 최근 연구에서 조망점 선정의 객관성을 확보하기 위한 분석기법으로 활용된 바 있다.

하지만 이처럼 다양한 분야에 걸쳐서 가시권 분석의 한계점을 보완하기 위한 연구가 진행되고 있으나 산림의 성장특성 등을 가시권 분석에 반영하기 위한 연구는 많지 않으며, 특히 국내에서는 연구결과를 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 사례분석을 통해 투시도면화기법을 적용하여 조망점을 선정하고, 입목의 생장이 가시범위에 미치는 영향력을 분석해 보고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

본 연구에서는 그림 1에 보이는 관악산과 그 주변지역을 연구대상지로 선정하였으며, 관악산 산정부를 중심으로 반경 5km이내의 지역에 대하여 가치권 분석을 수행하였다. 관악산 지역은 표 1에서와 같이 III, IV 영급이 전체면적의 97.4%를 차지하고 있으며, 전반적으로

혼효림, 활엽수림 그리고 리기다소나무림이 주로 분포하고 있다. 관악산(629m)은 서울특별시와 안양시 및 과천시와 경계에 위치함으로써 지역의 주요 경관 스카이라인을 구성하는 전형적인 도시림이라고 할 수 있다. 또한 주변 지역의 인구 밀집도가 높고 도심 생활권과 인접하여 단지 개발, 시설물 설치 혹은 산림관리에 따른 산지경관 변화의 민감도가 매우 높은 지역이라 할 수 있다.

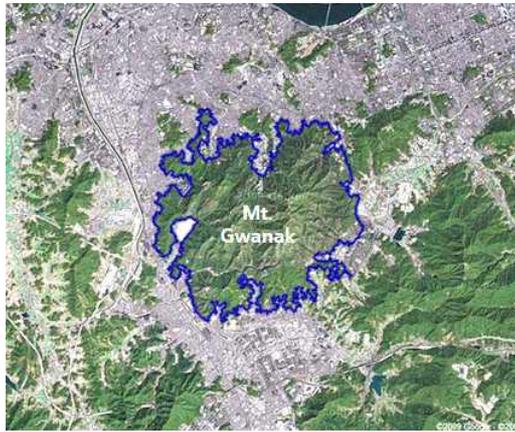


FIGURE 1. The boundary of Mt. Gwanak

TABLE 1. Forest inventory data of Mt. Gwanak

Age class	Total	I	II	III	IV	V	VI
Area (ha)	6,159	29	108	3,045	2,954	0	14
Area (%)	100	0.6	1.7	49.4	48.0	0	0.2
Forest type	<i>P. densiflora</i>		<i>P. koreansis</i>		<i>P. rigida</i>		
Area (ha)	164.7		26		561		
Forest type	<i>L. leptolepis</i>		Broadleaved		Mixed		
Area (ha)	26		2,138		3,841		

2. 입목수고의 성장 예측 및 수고레이어 구축

연구대상지의 임상 정보를 반영하기 위하여 1:25,000 수치지형도와 함께 제4차 수치임상도(국립산림과학원, 2005), 산림입지도(국립산림과학원, 2003) 및 수종별 수확표(국립산림과학원, 2005)를 활용하였다. 그림 2는 이러한 자료를 토대로 연구대상지의 수고생장을 예측

하고, 레이어를 구축하는 과정을 보여준다.

즉, 수치임상도에서는 임상의 수종 및 경급 정보를, 산림입지도에서는 임분의 지위지수를 그리고 현지 임상의 수고는 수종별 수확표를 활용하여 추출하였다. 활엽수의 수고레이어 구축에는 신갈나무 수종을 적용하였으며, 혼효림은 신갈나무와 소나무의 평균값을 이용하였다.

시간의 흐름에 따른 수고의 생장은 수치임상도와 산림입지도에서 추출된 수종, 영급 및 지위 지수의 함수관계로 나타난 수확표를 활용하여 추정하였다. 즉, 수치임상도의 영급을 10년 단위로 1씩 증가시키면서, 각 수종, 영급 및 지위 지수에 매치되는 수확표상의 수고 값을 적용하

여 수고의 생장에 따른 수고를 예측하였다. 추정된 임상별 평균 수고는 25m×25m의 레스터 데이터로 변환하는 과정을 거쳐 수고레이어로 작성되었다. 본 연구에서는 계획기간을 40년으로 설정하고, 10년 단위의 수고레이어를 구축하였다.

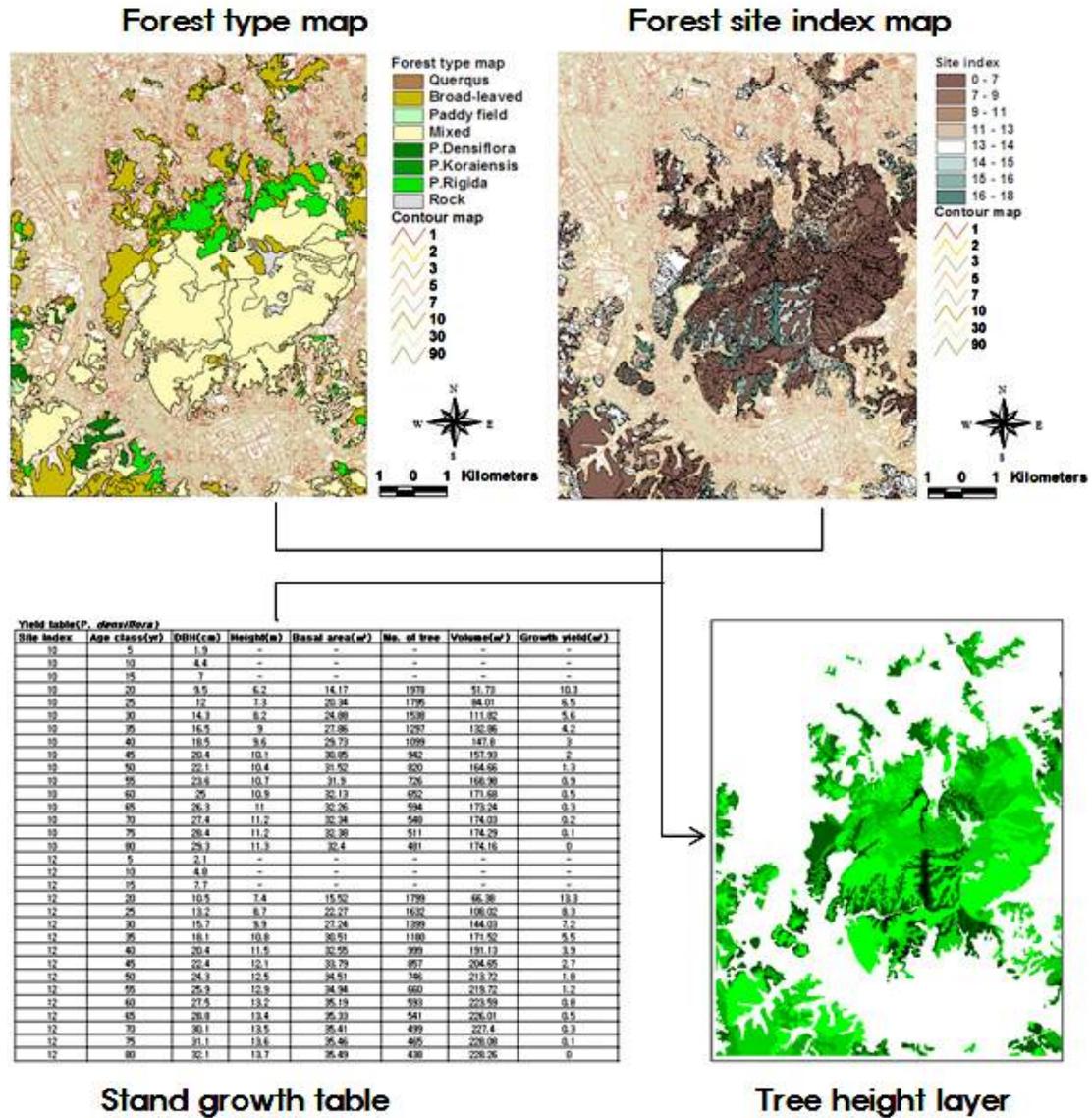


FIGURE 2. A flowchart for generating tree height layers

3. 가시권 분석을 위한 수치표면모델의 구축

가시권 분석에 있어서 입목의 생장특성에 따른 영향을 측정하기 위해 수치표고모델(DEM: Digital elevation model)에 입목의 수고값을 중첩한 수치표면모델(DSM: Digital surface model)을 구축하여 활용하였다.

그림 3에서는 가시권 분석의 최종 입력 자

료인 시기별 DSM을 구축하는 과정을 보여주고 있다. 관악산 지역의 DEM은 수치지형도에서 추출한 등고선도를 활용해 TIN을 생성하고 이를 25m×25m의 레스터데이터로 변환하여 구축하고, 지도대수기법으로 시기별 수고레이어를 DEM에 중첩하여 DSM을 구축하였다.

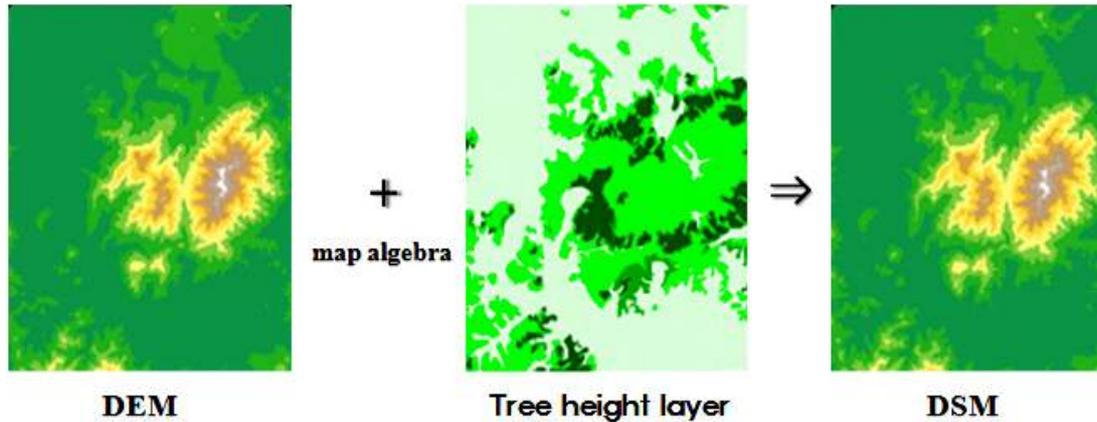


FIGURE 3. DSM generated by incorporating DTM and tree height layer

4. 피조망점 및 조망점의 선정

본 연구에서는 조망점 선정을 위해 Fels(1992)가 제안한 투시도면화기법(Projective mapping)을 적용하였다. 이를 위해 신지훈(1995) 및 최기만 등(1997)의 선행연구를 참조하여 관악산 정상 높이의 70%에 해당하는 등고선과 24방위의 연장선이 교차하는 지점을 피조망점으로 선정하였다. 이 피조망점 중 4개 이상을 관측할 수 있는 조망권역 내에서 도로, 교차로, 정류장 등과 같이 유동인구에 의해 인구밀집도가 높은 장소 중 두 곳을 본 연구의 가시권 분석을 수행하기 위한 조망점으로 선정하였다.

5. 가시권 분석

ArcView GIS 3.2를 활용하여 가시권 분석을 수행하고 비가시지역의 수직 깊이와 가시지역의 면적 변화를 비교분석하였다. 먼저 조망점

과 피조망점간의 중단면도를 활용하여 시준선(LOS: Line Of Sight)을 기준으로 입목의 수고 적용 전후의 비가시지역 깊이 변화를 분석하였다. 여기서 비가시지역의 깊이는 조망선과 비가시지역 간의 고도차로 산출되었다. 또한 세 개의 조망점에 대해 DSM에 의한 가시권 분석을 수행함으로써 시기별로 가시지역의 면적을 산출하였다. 가시권 분석에서 눈높이는 1.5m 그리고 수평 시야각은 120°를 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 조망점

표 2는 그림 4에 보이는 24개의 피조망점(Target point)을 조망할 수 있는 가시권 분석 결과를 보여준다. 이 표에 의하면 관악산 인근 권역에서 24개 피조망점 중 최소 1개부

터 최대 8개 까지 관측할 수 있는 권역으로 구분되는 것을 알 수 있다. 이 중 1개의 피조망 점을 관측할 수 있는 권역은 총 4,052ha로 가

장 많은 면적을 차지하는 반면 최대 8개까지 관측할 수 있는 권역은 29ha에 불과한 것으로 나타났다.

TABLE 2. The area, in hectares, by the number of visible target points

Number of target points	1	2	3	4	5	6	7	8
Area (ha)	4,052	960	692	472	401	106	53	29

본 연구에서는 표 2의 결과를 토대로 4개의 피조망점이 관측되는 교차로 2개 지점(VP1 및 VP2)을 거리 및 방위를 고려하여 임의 선정함

결과가 그림 5에 표시되어 있다. 조망점 VP1과 VP2는 산정부로부터 각각 2,435m 및 4,334m 떨어진 곳에 위치하고 있다.

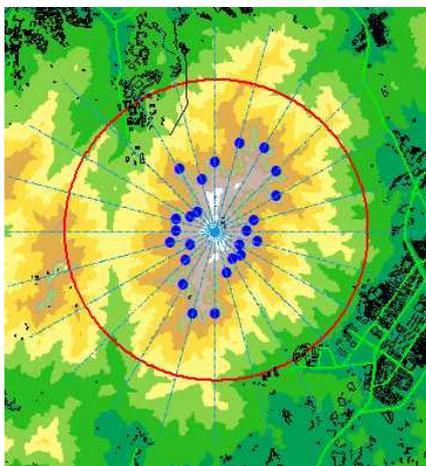


FIGURE 4. 24 target points around peak of the mountain

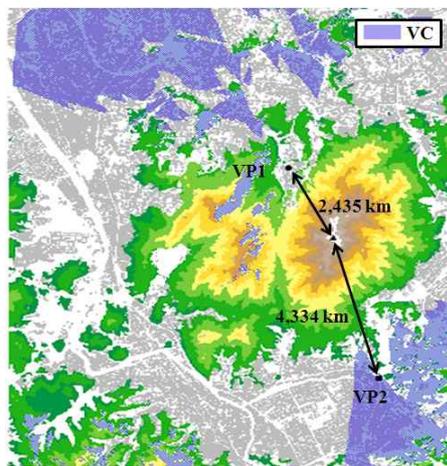


FIGURE 5. Location of viewpoints

2. DSM과 DEM 적용에 따른 가시범위의 비교

현실 입목의 수고를 고려한 DSM과 지반고만을 고려한 DEM을 적용하여 가시권 분석을 수행한 결과가 표 3에 나타나 있다. 이 표에 의하면 수고를 고려한 DSM의 경우 가시지역 총면적이 약 17%정도 감소하는 것을 알 수 있

는데 이러한 가시면적의 차이는 입목 수고에 따른 차폐효과에 의한 것으로 볼 수 있다. 즉, 입목이 조망점과 피조망점 사이의 LOS의 조망각(Incidence angle of LOS)를 변화시킴으로써 그 차이가 발생하는 것이다.

TABLE 3. Visible areas in hectare from the viewpoints

Surface model	Viewpoints		Total
	VP1	VP2	
DEM	187.1	220.9	408.0
DSM	164.8	174.4	339.2

그림 6은 VP1과 VP2에서 관악산을 조망할 때 조망각이 최소가 되는 LOS의 변화를 종단면도 상에 보여준다. 즉, 왼쪽 그림은 입목수고를 고려하지 않은 DEM을 적용한 경우 그리고 오른쪽 그림은 입목수고를 반영한 DSM을 적용한 경우 각각의 LOS 조망각의 변화를 나타내고 있다. 이 그림에서 종단면도 상의 CT(Critical point)는 산을 조망할 때 생기는 LOS가 지형의 굴곡이나 임목의 상단부위와 만나는 점을 의미한다. 또한 종단면도 상에서 실선부분은 가시권을 그리고 점선부분은 비가시권을 의미한다.

이 종단면도에 의하면 입목수고를 고려한 가시권 분석의 경우 비가시권역에서의 특정한 한 점에서의 최대 깊이가 VP1에서는 89.7m에서 102m로 그리고 VP2에서는 63.8m에서 157.8m 까지 깊어지고 있어 차폐효과가 매우 커지는 것을 알 수 있다. 또한 지형적 요소 외에 입목수고를 고려하는 경우 LOS의 조망각이 VP1에서는 25.5%에서 26%로 증가하였으며, VP2에

서는 7.1%에서 12.4%로 증가하고 있다. VP2의 경우 입목수고에 의한 차폐효과 및 조망각의 증가폭이 VP1에 비해 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 VP1의 경우 조망점으로부터 1,385m 떨어진 지점에 CT가 나타났으나 VP2에서는 VP1에 비해 상대적으로 가까운 거리인 279m 지점에서 CT가 나타났기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구의 결과로부터 입목으로 인해 비가시지역의 깊이와 LOS의 각도가 커지게 되고, 이로 인해 가시지역의 범위가 감소한다는 것을 알 수 있고, 입목의 생장과 함께 이러한 차폐효과는 더욱 커지게 될 것이다. 이와 같이 비가시지역의 깊이(Depth of blind area)를 산출하여 주변 산악경관이 중요한 지역에서 시설물의 고도 제한 기준 혹은 산지전용 기준을 마련하기 위한 주요 지표로 활용할 수 있을 것이다.

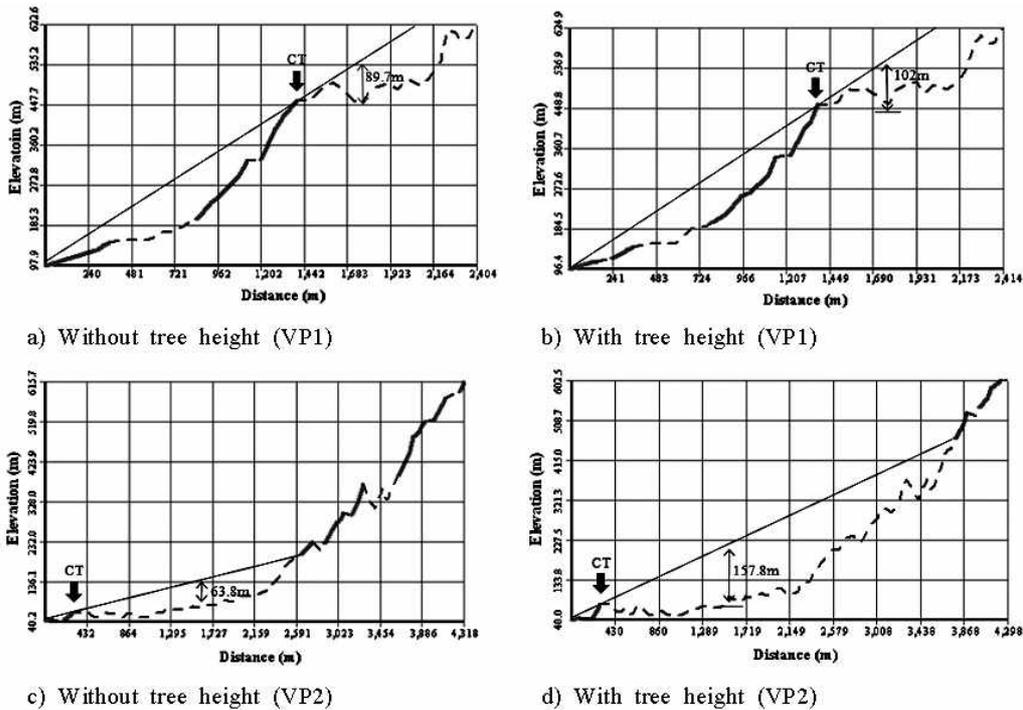


FIGURE 6. The effects of tree height on the change in LOS and the depth of blind area

3. 임목의 생장에 따른 가시범위의 변화

표 4에는 임목의 생장을 고려하지 않은 DEM을 토대로 가시권 분석을 수행한 결과와 분석기간을 40년으로 하여 DSM을 토대로 가시권 분석을 수행한 결과가 비교되어 있다. 이 표에서 DSM의 시기별 임분의 평균수고는 전술한 바와 같이 제4차 수치임상도(국립산림과학원, 2005)와 산림입지도(국립산림과학원, 2003)로부터 각각 수종 및 지위지수를 결정하고, 수종별 수확표(국립산림과학원, 2005)를 적용하여 산출하였다.

이 표에 의하면 DEM을 적용하는 경우 임목

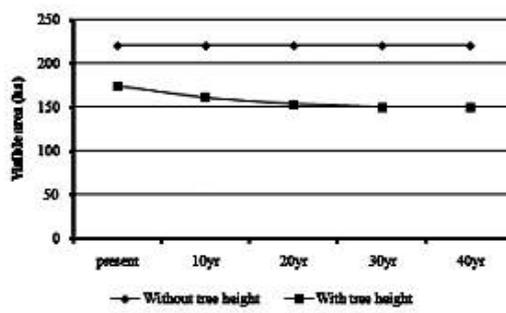
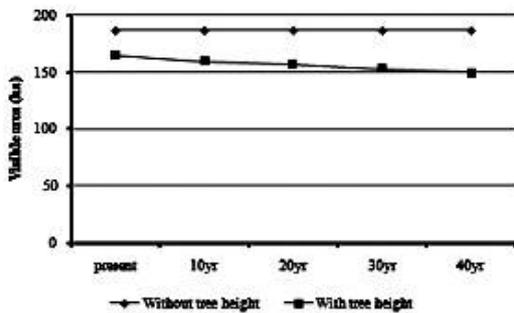
의 생장에 따른 영향을 받지 않으므로 LOS 조망각이 시간의 흐름과 관계없이 일정하게 유지되므로 가시면적에 변화가 일어나지 않는다. 즉, VP1 및 VP2에서의 LOS 조망각이 각각 25.5% 및 7.1%로 고정됨에 따라 가시면적도 각각 187.1ha 및 220.9ha로 고정이 된다. 반면 DSM의 경우에는 시간의 흐름에 따른 임분 생장에 의해 임분의 평균수고가 11.2m에서 17.7m까지 증가한다. 이러한 성장효과로 인해 VP1 및 VP2 두 지점 모두에서 LOS 조망각에 따른 차폐효과가 점점 커져 가시면적이 점차 줄어드는 것을 알 수 있다.

TABLE 4. Visible areas in hectares from viewpoints by the surface model

Surface model	Time (yr)	Mean tree height (m)	Viewpoint 1		Viewpoint 2	
			Visible area (ha)	LOS (%)	Visible area (ha)	LOS (%)
DEM	-	-	187.1	25.5	220.9	7.1
	0	11.2	164.8	26.0	174.4	12.4
	10	13.0	160.1	26.1	161.0	12.9
DSM	20	14.8	157.3	26.3	153.4	13.4
	30	16.3	153.2	26.3	150.3	13.7
	40	17.7	150.0	26.4	149.7	14.2

이와 같은 임분 생장에 따른 차폐효과는 그림 7에서 시각적으로 확인할 수 있다. 또한 이 그림에 따르면 두 지점에서의 가시면적의 변화는 LOS 조망각의 크기에 의해 영향을 받는 것

으로 판단된다. 즉, LOS 조망각이 상대적으로 큰 VP1의 경우 임분생장에 따른 가시면적의 감소효과가 VP2에 비해 작게 나타나는 것을 알 수 있다.



a) VP1

b) VP2

FIGURE 7. The effects of forest tree growth over time on the size of visible areas by the location of viewpoint

결 론

본 연구에서는 임분의 수고 혹은 수고생장이 차폐효과에 의해 가시권 분석에 미치는 영향을 분석하였다. 가시권 분석결과 입목을 고려할 경우 가시지역의 면적이 감소하고, 비가시지역의 깊이가 증가하는 결과를 보여주었다. 이것은 임분 혹은 입목의 수고가 조망각을 증가시킴으로써 차폐효과가 나타나기 때문이며, 가시권 분석에 의해 산림경관 구성 요소를 평가할 때 조망 방향에 나타나는 입목 혹은 임분 수고가 매우 중요한 인자가 된다는 것을 의미한다. 따라서 DEM을 토대로 하는 일반적인 가시권 분석보다는 임분의 생장패턴을 고려할 수 있는 DSM을 적용하는 것이 보다 정확하다는 것을 알 수 있다. 특히 산악경관을 다루는 가시권 문제는 환경적 측면과 경제적 측면에 있어 매우 민감한 사항이므로, 입목의 수고와 생장효과를 고려하여 보다 사실적인 가시권 분석을 수행할 필요성이 있다고 판단된다.

한편 보다 정확한 가시권 분석을 하기 위해서는 지표식생에 대한 현장의 임상조사나 사진측량이나 지표면 측량 등의 방법을 적용하는 것이 바람직하지만, 이것은 많은 시간과 비용을 초래하게 된다. 따라서 본 연구에서와 같이 수치입상도나 수치입지도, 수확표 등을 활용하여 DSM을 구축하고 이를 토대로 가시권 분석을 수행하는 것이 효율성 측면에서 매우 유리하다고 볼 수 있다. 대신 향후의 연구에서는 GIS 응용에 의한 가시권 분석의 정확도 및 효용성을 증진하기 위한 실연 연구가 필요할 것으로 판단된다. **KAGIS**

참 고 문 헌

김성균. 1995. 도시주변 산의 경관보전 및 관리를 위한 GIS의 이용. 한국 GIS 학회지 13(2):128-129.

박영규, 전준현, 노혜정, 권순덕. 2009. 시물레

이션 기법을 활용한 친환경적 건축물 높이 예측 프로그램 개발. 한국지리정보학회지 12(3):35-44.

산림청. 2009. 산지관리법. 산지전용허가기준의 범위와 사업별·규모별 세부기준. <http://www.law.go.kr/>.

신지훈. 1995. 경관영향평가를 위한 물리적 지표 설정에 관한 연구. 서울대학교 생태조경학과 석사학위논문. 58-59쪽.

이종성. 2006. GIS를 이용한 경관민감도분석에 관한 연구. 한국환경과학회지 15(11):1069~1075.

이병두, 정주상. 2000. GIS를 이용한 환경친화적 임도 노선 선정 프로그램의 개발. 한국임학회지 89(3):431-439.

이희선, 이규석. 1995. 계룡산 국립공원 동학사 제2집단시설지구의 위치선정평가 및 대안비교. 환경영향평가 4(2):29-37.

이상복, 이승엽, 하재명. 2009. 불가시심도의 설계 및 구현. 한국지리정보학회지 12(3):66-75.

조용호, 광성남. 2007. GIS 공간분석과 시물레이션을 이용한 조망점 위치결정방법 모델링에 관한 연구. 한국지리정보학회지 9(2):35-45.

최기만, 이춘석, 임승빈. 1997. GIS를 이용한 가시권정보 분석기법에 관한 연구: 제주 산방산 지역 사례연구. 한국환경학회지 25(2):31-42.

한갑수. 2003. 수치표고모델과 토지이용 데이터를 이용한 광역 도시경관의 특성에 관한 연구: 강원도 춘천시를 사례로. 한국환경과학회지 12(19):1025-1032.

환경부. 2009. 환경영향평가법. <http://eiass.go.kr/ETC/A2/ebook02.html>.

Dean, D.J. 1997. Improving the accuracy of forest viewsheds using triangulated networks and the visual permeability

- method. *Canadian Journal of Forest Research* 27(7):969–977.
- Fels, J.E. 1992. Viewshed simulation and analysis : an interactive approach. *URISA Proceeding* : 265–266, 273–274.
- Llobera, M. 2003. Extending GIS-based visual analysis : the concept of visualsapes. *International Journal Geographic Information Science* 17(1):25–48.
- Maloy, M.A. and D.J. Dean. 2001. An Accuracy Assessment of Various GIS-Based Viewshed Delineation Techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(11):1293 – 1298. **KAGIS**