

지리정보를 이용한 지표면조도 산정 방법

최세휴^{1*} · 서은수²

Estimating Method of Surface Roughness Using Geographic Information

Se-Hyu CHOI^{1*} · Eun-Su SEO²

요 약

급격한 도시팽창 및 각종 산업시설의 밀집화는 도심지역의 지형지물 변화에 많은 영향을 주게 된다. 건물의 고층화가 진행되더라도 기존에 그 지역에 존재하던 주택 및 공업단지와 같은 저층건물과 혼재하게 되며, 이는 건물의 설계풍속 산정 시 중요한 요소인 지표면조도를 산정함에 있어 설계자에게 혼란을 주고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구는 지리정보를 이용하여 지표면조도를 산정하였다. 각 나라 건축구조기준 규정을 참고하여 연구범위 내 건물의 높이에 따라 지표면조도의 구분 방안을 제시하였으며, 1:5,000 수치지형도 자료 및 GIS를 활용하여 지표면조도를 산정하였다. 이는 설계자의 주관에 따라 지표면조도가 산정되는 기존의 문제점을 해결하고 보다 합리적인 내풍설계에 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : 설계풍속, 풍속고도분포계수, 지표면조도, 지리정보시스템

ABSTRACT

Rapid urban expansion and densification of the various industrial facilities affect the changes of topography and building in urban areas. Even if buildings proceed with high rise, they get mixed with low-rise buildings such as houses and industrial parks that have existed in the area. This may confuse the designer in estimating a surface roughness, an important factor in calculating the design wind velocity of building. This study analyzed the surface roughness by using a geographic information. Referring to the criteria of each country's building code, this study proposed a method to distinguish the surface roughness depending on the height of the surrounding buildings where the design building is located and calculated the surface roughness using 1:5000 topographic map

2013년 8월 20일 접수 Received on August 20, 2013 / 2015년 6월 16일 수정 Revised on June 16, 2015 / 2015년 8월 18일 심사완료 Accepted on August 18, 2015

1 경북대학교 토목공학과 Department of Civil Engineering, Kyungpook National University

2 경북대학교 공간정보학과 Department of Spatial Information, Kyungpook National University

* Corresponding Author E-mail : shchoi@knu.ac.kr

and GIS. It is expected to solve problems that an existing designer calculates the surface roughness in a subjective manner and to help to design more rational buildings resistant to wind.

KEYWORDS : Design Wind Speed, Velocity Pressure Exposure Coefficient, Surface Roughness, GIS

서론

현대의 건물은 국가단위, 도시단위의 랜드마크를 표현하기 위해 고층화되고 있으며 건물의 외관 또한 도시경관에 맞게 건설하고 있는 추세이다. 또한 도시가 성장함에 따라 가용토지의 부족 및 각종 규제에 의해 도시 외곽지역에서는 불리한 지형적 조건에도 불구하고 도시개발이 활발하게 이루어지고 있다(Kang, 2009; Park and Baek, 2009; Park *et al.*, 2009). 이렇게 급격한 도시팽창 및 각종 산업시설의 밀집화는 도심지역의 지형지물 변화에 많은 영향을 주게 되는데, 대부분의 지역은 건물의 초고층화가 진행되더라도 기존에 그 지역에 존재하던 주택 및 공업단지와 같은 저층건물과 혼재하게 된다. 즉 한 지역에 다양한 높이의 건물이 존재하는 현상을 초래하며, 이는 건물의 설계풍속 산정 시 중요한 요소인 지표면조도를 산정함에 있어 설계자에게 혼란을 주게 된다. 예상치 못한 강한 바람에 의한 피해를 최소화하고 건물의 안정성 증대 및 입주자들의 불쾌감과 불안함을 해소하기 위해 건축구조기준(AIK, 2009)에서는 풍하중에 대한 기준을 마련하고 설계 풍속을 산정하여 구조물의 내풍설계를 하도록 하고 있다. 그러나 설계풍속을 산정할 때 필요한 지표면조도가 한 지역에 혼재되어 있을 경우 설계자의 주관적 판단에 따라 지표면 조도를 선택하고 있어 설계의 합리성에 큰 문제가 되고 있다(Choi and Sung, 2011; Choi and Seo, 2013).

Kim and Choi(2002)는 실측자료에 근거한 포항지역의 평균 고도분포지수를 구함으로써 건축구조기준에서 제시한 지표면조도구분에 따

라 산정된 풍속고도분포지수가 실제와 상당한 차이가 있다는 것을 증명하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Choi and Sung(2011)은 GIS를 이용하여 지표면조도의 면적 비율에 따라 풍속고도분포계수를 산정하였으나, 건물이 존재하지 않는 영역에 대한 고려가 이루어지지 않음으로써, 지표면조도 D를 풍속고도분포계수 산정에 반영하지 못했다.

따라서, 본 논문에서는 지리정보를 활용하여 건축물의 지표면조도를 산정함으로써 설계건물 주변 지형지물의 영향을 지표면조도 산정 과정에 반영하고자 한다. 건축물의 높이에 따른 정량적인 지표면조도 구분기준을 제시하고 기존에 지표면조도 산정 시 설계자의 주관에 의존하는 문제점을 개선하여 보다 합리적이고 경제적인 건물의 내풍설계에 기여하고자 한다.

지표면조도 산정 규정

대기 경계층 내의 풍속은 주변 지표면의 상황에 따라 크게 영향을 받으므로, 연구 대상지의 설계풍속을 산정하기 위해서는 우선적으로 지표면조도를 구분하여야 한다. 노풍도 구분은 표 1~4와 같이 각 나라마다 다르게 규정하고 있어 그 기준을 정한다는 것은 매우 어렵다(ANSI, 1982; BS, 1986; AS, 1989; AIJ, 1993; AIK, 2001). 그러나 1970년대 이후 경제발전과 더불어 급속한 도시화가 이루어짐으로써 과거와는 판이하게 달라진 현지의 도시상황, 즉 공단조성, 택지개발, 건물의 밀집화 및 고층화는 설계자가 지표면조도를 구분하는데 큰 혼란을 주고 있으므로, 지표면조도 구분을 좀 더 정량화 할 필요가 있다.

TABLE 1. Terrain categories (Korea, KBC 2009)

Surface roughness	Ground surface roughness of surrounding
A	Large city centers with numerous closely spaced building having height larger than 10th stories
B	Urban area with numerous closely spaced obstructions having the size of single-family dwellings of 3.5m
C	Open terrain with scattered obstructions having heights of 1.5m~10m
D	Sea or open area with scattered obstructions having heights generally less than 1.5m

TABLE 2. Terrain categories (Europe, Euro-code)

Surface roughness	Ground surface roughness of surrounding
A	Area in which at least 15 % of the surface is covered with buildings and their average height exceeds 15m
B	Area with regular cover of vegetation or buildings or with isolated obstacles with separations of maximum 20m obstacle heights
C	Area with low vegetation such as grass and isolated obstacles(trees, buildings) with separations of at least 20 obstacle heights
D	Lakes or flat and horizontal area with negligible vegetation and without obstacles
E	Sea or coastal area exposed to the open sea

TABLE 3. Terrain categories (USA, ASCE 7-98)

Surface roughness	Ground surface roughness of surrounding
A	Large city centers with at least 50% of the buildings having a height in excess of 21.3m
B	Urban and suburban area, wooded area, or other terrain with numerous closely spaced obstructions having the size of single-family dwellings
C	Open terrain with scattered obstructions having heights generally less than 9.1m
D	Flat, unobstructed areas exposed ton wind flowing over open water

TABLE 4. Terrain categories (Japan, AIJ)

Surface roughness	Ground surface roughness of surrounding
A	Urban area with numerous closely spaced building having height larger than 10th stories
B	Open terrain with scattered building having height from 4 to 9 stories.
C	Forests, Open terrain with scattered building having height from 4 to 9 stories.
D	Grasslands or Flat area with scattered low-rise buildings
E	Flat area, unobstructed area like sea

내풍설계를 위해 건설지점 주변의 상황을 조사해 보면, 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우가 많다. 특히 우리나라의 경우 국토의 면적이 좁아 한 지역에 서로 다른 용도구역이 설정되어 있어 대부분의 지역에서 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있다. 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우에 건설지점의 풍상측에 대하여 그림 1에 나타낸 것처럼 45°의 영역 안에서 건물의 기준높이 H 의 40배와

3km이내의 범위 중 적은 범위에 속하는 지표면 상태를 대상으로 다음과 같이 세 가지 경우로 나누어 판단하도록 하고 있다(AIK, 2001; AIK, 2009).

첫째, 검토대상범위 내의 풍상측에 급격한 지표면조도의 변화가 없는 경우에는 45° 범위내의 평균적인 지표면 상태를 그 풍향에 대한 지표면조도로 한다. 일반적으로 평탄한 지표면조도를 선정하는 것이 풍하중이 커져 안전해진다.

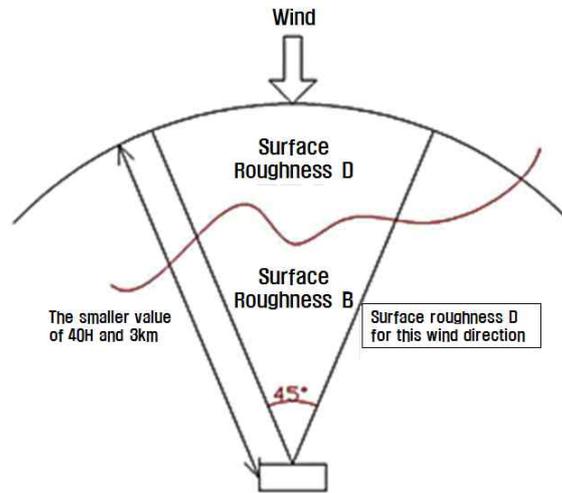


FIGURE 1. Classification of mixed surface roughness

TABLE 5. Terrain categories according to building height

Surface roughness	Ground surface roughness of surrounding
A	Area with buildings greater than 30m height
B	Area with buildings of 3m~30m height
C	Area with buildings of 0.5m~3m height
D	Area with buildings less than 0.5m height

둘째, 검토대상범위 내의 풍상측이 평탄 상태에서 거친 상태로 급변하는 경우에는 급변하는 지점보다 풍상측에 위치한 평탄상태를 지표면 조도로 선택한다.

셋째, 검토대상범위 내의 풍상측이 거친 상태에서 평탄 상태로 변하는 경우에는 변화 후의 평탄상태를 지표면조도로 선택한다.

따라서, 동일한 건설지점 일지라도 대상건물의 높이에 따라 지표면조도를 판단하는 영역이 달라지기 때문에 지표면조도구분의 판단이 달라질 수 있다. 즉 건물이 높아질수록 지표면조도를 판단하는 영역이 넓어지므로 평탄한 지표면조도를 선택하는 경우가 많아지게 된다. 또한 현재의 지표면 조도 구분의 기준이 설계자의 주관적 판단에 따르고 있다는 문제점이 있어 본 연구에서는 각 나라별 지표면조도 구분 기준을 참고하여, 건물의 높이에 따라 표 5와 같

이 건물 높이에 따라 정량화된 지표면조도 구분 기준을 제시하였다.

연구방법

수치지형도 2.0에는 건축물의 층수 및 위치 정보가 포함되어 있어 설계건축물 주변 지형지물의 높이 정보를 확보하는데 용이하므로, 본 연구에서는 1:5000 수치지형도 2.0의 건물 및 표고점 레이어의 데이터를 이용하여 그림 2와 같이 지표면조도를 산정하였다. 수치지형도에서 연구범위내의 건물 레이어를 추출한 뒤 절점을 생성하고 표고점의 높이정보와 함께 보간하여 건물 DTM을 생성하였다. 생성한 건물 DTM을 점데이터로 변환 한 뒤, 표 5에서 제시한 지표면조도구분 기준에 따라 점 데이터별로 지표면조도를 구분하였다.

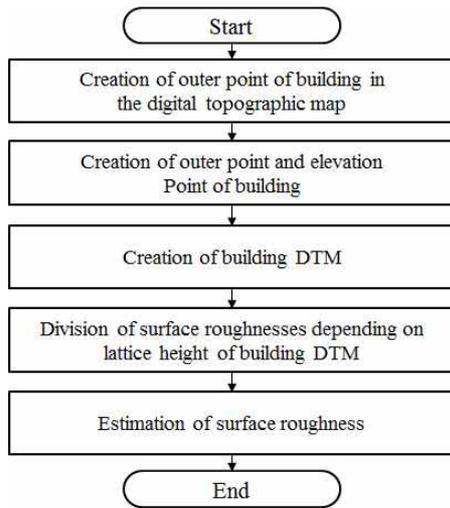


FIGURE 2. Steps to estimating surface roughness

1. 연구 대상지역

본 연구의 연구대상지역은 그림 3과 같이 대구광역시 북구 침산동 및 동구 괴전동 일대로 선정하였으며, 풍하중을 산정하고자 하는 설계 건물의 높이를 30m로 가정하였다. 풍속고도분포계수의 적용범위는 40H(1.2km)와 3km이내

이므로 설계건물 중심 반경 1.2km를 연구범위로 선정하였다. 연구대상 지역으로 선정한 침산동은 최근 고층 아파트단지와 상가들이 급격하게 증가 했지만, 기존의 저층단독주택 및 공단 역시 다수 남아 있어 다양한 높이의 건물들이 존재하고 있다. 또한 북쪽에는 금호강이, 동쪽에는 신천이 흐르고 있고 도심 안에 침산, 연암공원 등의 산지가 위치함으로써, 다양한 지표면조도가 혼재하고 있다. 또한 괴전동은 북쪽의 방향에는 도심지가 형성되어 있지만, 남쪽의 방향에는 아직까지 개발이 이루어지지 않아 건축물의 수가 적고 논, 밭, 강이 넓게 분포하고 있다. 즉 침산동 및 괴전동은 두지역 모두 서로 다른 지표면조도가 둘 이상 혼재하는 지역이므로 본 연구의 대상지역에 적합하다고 판단된다.

2. 건물DTM 생성 및 지표면조도 구분

건물 DTM은 데이터를 취득하는 장비에 따라 수치지형도, LiDAR, 사진측량, 위성영상 등을 이용하여 다양한 방식으로 생성할 수 있으며, 활용용도에 따라 다양한 생성 방법이 존재한다. 본 연구에서는 건물 DTM을 생성하기 위해 상대적으로 경제성과 정확성이 높은 수치지형도를 이용하였으며, 수치지형도에 존재하는



a. Chimsan-dong, Daegu



b. Goejeon-dong, Daegu

FIGURE 3. Satellite photos of the study area



FIGURE 4. Building layer within initial range

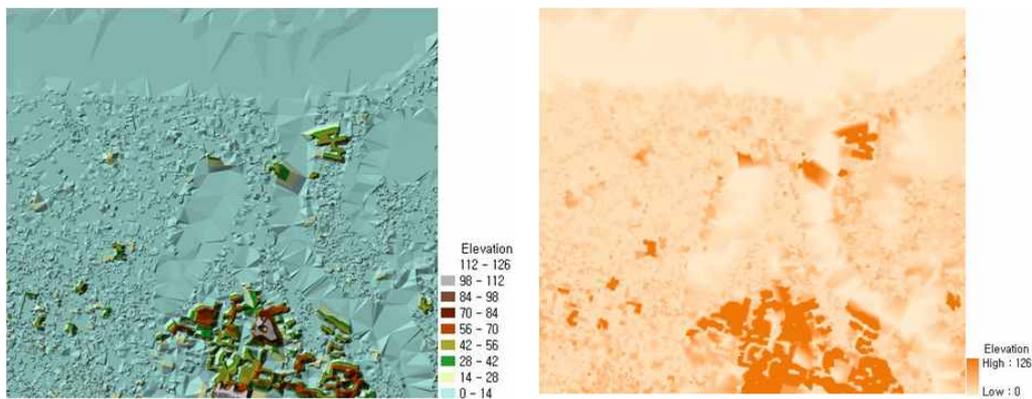


FIGURE 5. Process of building DTM

건물 레이어의 높이데이터와, 표고점 레이어의 위치정보를 활용하였다.

건물 DTM은 연구범위 내 건물에 대하여 건물의 외곽선을 따라 절점을 생성하였으며, 각 절점 당 건물의 높이를 기준으로 DTM을 생성하였다. 건물의 높이는 수치지도 2.0의 건물 레이어의 속성정보에 입력된 층수를 기준으로 건물층고를 3m로 가정하여 건물의 높이를 건물층수 \times 3m로 산정하였다.

또한, 건물 높이만으로 건물 DTM을 생성하게 되면, 건물이 존재하지 않는 지표면조도 D와 같은 영역을 반영하지 못한다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 1:5000

수치지형도의 표고점을 이용하였다. 표고점은 하천, 도로, 산지등과 같이 건물이 거의 존재하지 않는 영역에 다수 분포하고 있어 표고점을 지표면으로 인식할 수 있도록 하여 건물의 절점과 병합하였다. 이때 표고점이 가지는 높이정보는 지형의 높이가 아닌, 건물의 높이가 기준이 되어야 하므로 0m로 설정하였다. 이렇게 산정된 건물의 절점과 표고점의 높이 정보를 그림 5와 같이 TIN(Triangulated Irregular Networks) 보간법을 이용하여 3차원 지표면을 생성한 뒤 5m \times 5m 격자간격의 건물DTM을 생성하였다.

TABLE 7. Surface roughness result of Goejeon-dong (%)

	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE
A	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	12.47	12.79	1.02
B	8.87	11.09	6.94	2.89	22.03	75.63	78.45	37.78
C	53.80	40.01	36.41	30.67	25.70	11.02	8.18	39.36
D	37.33	48.89	56.64	66.45	49.47	0.88	0.58	21.84
Value	C	C	D	D	D	B	B	C

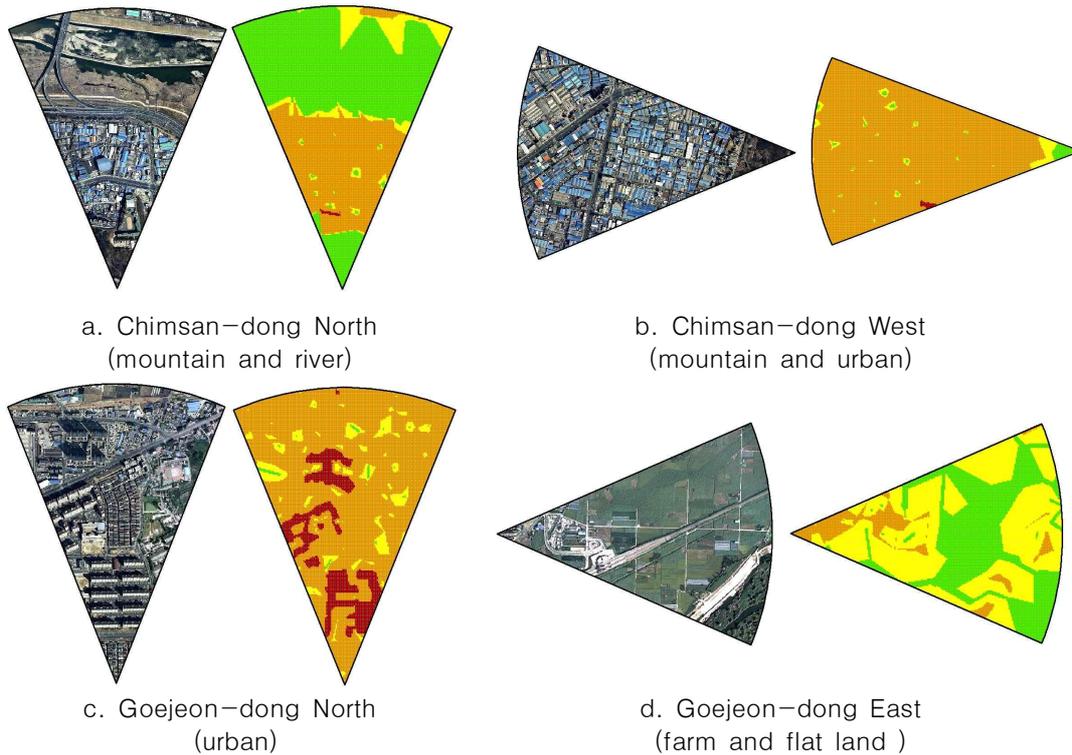


FIGURE 7. Comparison of surface roughness result with Satellite photos

3.5m 정도의 주택과 같은 건물이 밀집해 있는 지역 및 중층건물이 산재해 있는 지역은 지표면조도 B이며, 본 연구의 결과인 표 8에서도 지표면조도 B가 가장 높은 비율로 나타남을 확인 할 수 있다. 괴전동 E 방향은 그림 7의 d와 같이 논 밭이 넓게 분포하고 있으며, 그와 관련된 창고와 같은 시설물들이 위치하고 있다. E 방향의 건축물의 면적 합계는 E방향 전체 면적의 약 19%로 매우 산재하여 위치하고 있다. 또한 건축물들의 대부분이 1층짜리 시설물이므로,

건축구조기준에 따르면 높이 1.5m~10m 정도의 장애물 및 장애건물이 산재해 있는 지역인 지표면조도 C로 판단할 수 있으며, 본 연구의 결과인 표 7에서도 지표면조도 C가 가장 높은 비율로 나타난다.

즉 본 연구에서 제안한 방법에 따라 지표면조도를 산정 할 시, 산지, 하천, 평지, 도심 모두에서 실제 건축구조기준에 따른 지표면조도 결과와 본 연구의 대푯값이 일치함을 확인 할 수 있다. 이는 둘 이상의 지표면조도가 혼합되

어 있는 지역의 지표면조도를 산정하는데 용이할 것으로 판단된다.

결 론

본 논문에서는 지리정보를 이용하여 지표면조도를 산정하는 방법을 제안하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 본 논문에서는 각 국가별 지표면조도 산정 기준을 참조하여, 정량화된 건축물의 지표면조도 산정 기준을 제안하였다. 지표면조도 산정 결과 본 연구에서 제안한 방법으로 산정한 지표면조도 대푯값과 건축구조기준에 따른 지표면조도 값이 일치함을 확인할 수 있었다. 이를 통해 기존의 방법들이 과소 또는 과다 설계를 발생시키는 문제점을 완화할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, GIS를 이용하여 지표면조도를 산정함으로써, 기존의 모형제작 및 풍동실험, 현지측량의 실험적 모델과 비교했을 때 평가에 필요한 시간과 비용을 단축할 수 있었다. 향후 지표면조도산정을 풍속지형계수 및 풍속고도분포계수에 반영하여 건축물의 설계풍속 산정 과정에 대한 연구가 진행된다면, 수치지형도가 존재하는 대다수 지역의 설계풍속을 쉽고 정확하게 분석함으로써 합리적이고 경제적인 건물의 내풍설계에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원금을 받아 수행된 것임(NRF-2010-0025726).

KAGIS

REFERENCES

- AIK(Architectural Institute of Korea). 2001. Wind Load Commentary and Design. Taerim, pp.119-121 (대한건축학회. 2001. 풍하중 해설 및 설계. 태림문화사. 119-121쪽).
- AIK(Architectural Institute of Korea). 2009. Korean Building Code-Structural. Kimoodang, p.99-101 (대한건축학회. 2009. 건축구조기준. 기문당. 99-101쪽).
- American National Standards Institute. 1982. American National Standard Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. A58.
- Australian Standard. 1989. Australian Standard SAA Loading Code Part 2. Wind Force.
- British Standard. 1986. British Standard Institution Code of Basic Data for the Design of Buildings CP3, Ch.V, Part 2. Wind Loads.
- Choi, S.H. and E.S. Seo. 2013. Estimating method of topographic factor of design wind speed using GIS. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 16(3):126-135 (최세휴, 서은수. 2013. GIS를 이용한 지형에 의한 풍속할증계수 산정방법. 한국지리정보학회지 16(3):126-135).
- Choi, S.H. and M.H. Sung. 2011. Estimation of the topographic factor of wind speed using GIS information. Journal of Korea Spatial Information Society 19(5):47-52 (최세휴, 성민호. 2011. GIS 정보를 이용한 풍속지형계수 산정. 한국공간정보학회지 19(5):47-52).
- Kang, I.H. 2009. Manhattanization of housing. Journal of the Korean Housing Association 4(2):91-114 (강인호. 2009. 주택의 고층화. 한국주거학회지 4(2):91-114).
- Kim, H.G. and J.O. Choi. 2002. Calculation of wind profile exponent in Pohang area. Journal of the Wind Engineering

- Institute of Korea 6(1):47-52.
- Kim, Y.D., D.Y. Yoon and J.Y. Choi. 1999. An analysis of ground roughness factor by gust factor change of wind velocities (I) - for Korea central province -. Journal of the Wind Engineering Institute of Korea 2(1):23-32 (김영덕, 윤덕영, 최진영. 1999. 풍속의 G.F. 변화에 의한 지표면조도 분석(1) -중부지방을 중심으로-. 한국풍공학회논문집 2(1):23-32).
- Park, H.M. and T.K. Beak. 2009. Progress and land-use characteristics of urban sprawl in Busan metropolitan city using remote sensing and GIS. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 12(2):23-33 (박호명, 백태경. 2009. 원격탐사와 GIS를 이용한 부산광역시 도시화지역의 확산과정과 토지이용 특성에 관한 연구. 한국지리정보학회지 12(2):23-33).
- Park, S.Y., S.W. Jeon and C.U. Choi. 2009. Analysis of urban growth pattern and characteristics by administrative district hierarchy: 1985~2005. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 12(4):34-47 (박소영, 전성우, 최철웅. 2009. 행정구역 위계별 도시성장 패턴 및 특성 분석: 1985~2005를 중심으로. 한국지리정보학회지 12(4):34-47). KAGIS