GIS를 이용한 다차원 Isovist 시지각 특성이 도심 상업용부동산 가치에 미치는 영향 연구

전범석* · Jean-Michel Guldmann** · 서원석***

Impacts of Multi-dimensional Isovist on Commercial Real Estate Values in CBD Area Using GIS

Bumseok Chun* · Jean-Michel Guldmann** · Wonseok Seo***

요약 : 본 연구는 그 연구절차와 방법의 어려움으로 인해 도외시되어왔던 다차원 Isovist, 특히 3차원 분석을 활용해 시지각에 대한 지표설정의 객관성을 높이고, 이 분석으로부터 얻어진 정보를 바탕으로 그동안 주거용부동산에 주로 초점을 맞추었던 조망권의 가치평가 연구를 상업용부동산으로 확장시키는 데 그 목적을 두고 있다. 이를 위해 본 연구는 GIS를 이용해 다차원 도시모델을 구축한 후 2D 및 3D Isovist 분석을 실시하였으며, 3가지 헤도닉가격모형을 이용해 시지각 특성이 상업용부동산의 주요한 가치척도인 재산세에 미치는 영향을 파악하였다. 본 연구는 재산세와 시지각의 관계분석을 통해 조망권이 충분히 확보될 수 있는 상업용부동산의 가치가 동일한 조건이지만 조망권이 낮은 부동산에 비해 높다는 결과를 도출하였는데, 이는 높은 조망권이 주거용부동산의 가격에 긍정적인 영향을 미치고 있다는 기존 연구와 같은 맥락의 결과로 상업용부동산 역시 조망권이 가격결정에 중요한 요소로 작용하고 있다는 것을 보여주고 있다. 본 연구는 다음과 같은 연구가치 및 의의를 가지고 있다. 첫 번째, 기존의 2차원 조망분석이 가지는 한계를 3차원 Isovist를 사용함으로써 객관적인 정보의 사용을 통한 보다 정확한 부동산가치의 영향력을 파악할 수 있도록 하였다. 두 번째, 미국 콜럼버스 도심에 대한 분석결과를 바탕으로 향후 서울의 도심 및 부도심 내 상업용부동산의 가치평가를 객관화하고, 이를 기반으로 전반적인 미래 도심개발 방향을 제시하였다. 세 번째, 상업용부동산의 세제산정에 있어 비시장재에 대한 고려의 필요성을 제기하였다. 네 번째, 오픈스페이스 및 조망권을 충분히 고려한 상업지구 개발은 장기적으로 부동산가치를 상승시킴과 동시에 이용자에 대한 편의성을 증진시킬 수 있다는 점을 강조하였다.

주제어 : 다차원시지각, 조망권, GIS, 상업용부동산가치, 재산세

ABSTRACT : The purpose of this study is to set the prototype of multidimensional Isovist for visibility assessment, specifically focused on the 3D Isovist, and also to estimate its impact on commercial real estate tax that overlooked among the previous research. To conduct the analysis, this study develops 2D and 3D Isovist analyses using GIS. Then, it investigates the relationship between 2D/3D Isovists and commercial real estate tax in the CBD area based on three hedonic price models. The results show that commercial real estates having much visible space have higher values

* 오하이오주립대학교 도시및지역계획학과 박사과정 수료(Ph.D. Candidate, Department of City and Regional Planning, Ohio State University)
** 오하이오주립대학교 도시및지역계획학과 교수(Professor, Department of City and Regional Planning, Ohio State University)
*** 협성대학교 도시지역학부 전임강사(Full-Time Instructor, Division of Urban and Regional Studies, Hyupsung University), 교신저자(E-mail: wseo@uhs.ac.kr, Tel: 031-299-1312)

than those with less visibility. It implies that visibility is the critical factor to evaluate commercial real estate values as well as residential real estate values because it plays a role for the price premium. This study suggests some research values and implications. First, based on the 3D Isovist, it can measure more precise values of the commercial real estates than 2D Isovist. Second, this study can guide the objective estimation of the commercial real estate values in Seoul and suggest the guidelines of future urban area development through the case study of Columbus CBD area. Third, it is necessary to consider non-market environmental values when the real estate tax is rated. Fourth, commercial real estate development associated with higher levels of open space and view should increase not only its long-term values but also user's convenience.

Key Words : Multi-dimensional Isovist, Building View, GIS, Commercial Real Estate Value, Real Estate Tax

I. 서론

일반적으로 도시는 한정된 공간에 밀집된 형태의 인구 분포를 나타내고 있기 때문에 도심지의 부동산 가격이 상대적으로 주변지역 및 거주지와 같은 기타 용도의 가격보다 높다. 또한 대부분의 도시 중심지는 그 주변지역을 대표하는 상업지구이기 때문에 많은 상권들이 몰려있게 된다. 이러한 이유로 인하여 한정된 공간에 많은 인구를 수용하기 위해서는 고층건물이 하나의 해결책으로 제시되고 있으며, 이는 도시, 특히 도심지의 활성화 정도를 나타내는 대표적인 특징이라고 할 수 있다.

하지만 이러한 환경하에 밀집된 고층 건물들은 도시 주거환경에 다양한 문제점을 야기할 수 있는 여지를 가지고 있다. 그 중 조망권과 일조권은 최근 들어 도시환경에서 특히 심각한 문제로 받아들여지고 있기 때문에 이에 대한 중요도는 더욱 강조되고 있는 실정이다.[1)]

조망권은 쾌적한 삶을 위한 공간의 확보차원에서 법적으로 보호된 권리로서 거주환경에 지대한 영향을 주는 인자로 평가받고 있기 때문에 이에 대한 중요성이 더욱 더 강조되고 있다. 이러한 논란들은 도시환경 내 조망권에 대한 프리미엄이 이미 크게 형성되어 토지 및 부동산의 가치에 반영된다는 반증이다. 따라서 조망권과 관련한 객관적인 지표설정의 필요성을 보여주고 있다.

비록 다양한 기존 연구들이 조망권의 중요성을 강조하고 있으나, 조망권이 도심(CBD) 내 상업용 토지 및 부동산에 어느 정도 영향을 미치고 있는지를 다루는 선행연구는 상대적으로 미약했다고 할 수 있으며, 보행자 차원에서 조망에 대한 시지각의 정확한 지표설정 또한 그 연구절차와 방법의 난해함으로 인해 그 동안 도외시되어 왔다는 문제점을 함께 안고 있다.

따라서 본 연구는 미국 내 열여섯 번째 규모를 가지고 있는 오하이오주(State of Ohio)의 주도인 콜럼버스시(City of Columbus) 도심지역을 대상으로 상업용부동산 가치에 있어 조망권의 중요성을 파악하고자 하는 목적을 가지고 있다. 콜럼버

1) 정수연 · 배재흠(2004)의 연구에 따르면 2002년도 성남 백궁, 정자지구 초고층 주상복합아파트 건축을 둘러싼 기존 아파트 주민과의 대립, 2004년도 서울 도곡동 진달래아파트 분쟁 등 매년 다수의 조망권 관련 분쟁이 발생하고 있는 것으로 나타났다.

스시의 경우 미국 중서부 지역의 경제, 사회, 문화 중심지로서의 역할을 수행하고 있고, 도심지역의 경우 고층과 저층부동산이 혼재된 다양한 상업지구가 활성화되어 있어 조망권에 따른 부동산가격의 변이가 비교적 다양하게 나타날 수 있기 때문에 조망권이 상업용부동산에 미치는 영향을 보다 명확하게 파악할 수 있다는 장점이 있다.

구체적으로 본 연구는 콜럼버스 지역을 대상으로 일조권리가 포함된 조망권에 중요한 지표로 이용될 수 있는 객관적인 원형(Prototype)을 설명하는 것을 목적으로 하고 있다. 특히 앞서 설명한 바와 같이 그 연구절차와 방법의 어려움으로 인해 그 동안 도외시해왔던 3차원 Isovist[2] 분석을 이용해 지표설정의 객관성을 높이고자 하였다. 본 연구는 보행자의 높이에서 계산된 다차원(2차원/3차원) Isovist 매핑을 통하여 상업용부동산과 주변 건물들과의 시지각 관계를 파악하고, 이로부터 얻어진 정보를 바탕으로 시지각 특성이 상업용부동산 재산세에 미치는 영향을 헤도닉가격모형을 사용해 파악하고자 한다.

이와 같은 다차원 Isovist 매핑을 위하여 라이다(Light Detection And Ranging: LiDAR)시스템으로부터 획득한 지형자료와 기존의 지리정보자료를 이용하여 2차원 및 3차원 도시모델을 생성하였으며, 이로부터 건물의 기하학적 특성을 파악하고, 인구유동량이나 교통량을 기존의 GIS 도로정보를 이용하여 상대적인 위치에 따라 그 양을 예측하기 위하여 공간통합론(Space Syntax)을 활용하였다.

본 연구의 결과를 통해 다양한 문제점으로 인해 도외시되었던 다차원 시지각 특성이 상업용부동산에 미치는 영향을 객관적으로 파악할 수 있을 뿐 아니라 향후 연구대상지와 유사한 공간패턴을 가지고 있는 서울지역의 도심 및 부도심의 상업용부동산에 대한 가치평가 및 미래형 도심구조에 대한 정책방향을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅱ. 선행연구

1. 조망권 분석

기존의 연구들은 조망권 분석을 양적/질적 분석의 두 가지 형태로 구분하였다. 양적 분석이라 함은 객관적인 지표가 될 수 있는 공간데이터를 이용하여 수치화된 정보 분석을 뜻하며, 질적 분석은 설문지나 현장조사에 의한 통계학적 접근 방법을 의미한다.

양적 분석의 대표적인 방법으로는 Davis and Benedikt(1979)에 의하여 정의된 공간통합론을 기반으로 한 Isovist 분석이 있다. 이는 주어진 공간에서 특정지점으로부터 가시권에 해당하는 공간을 수치화하는 방법으로 범죄, 교통, 도시디자인 등 다양한 분야에서 응용되고 있으며, 이와 관련된 연구들은 주로 보행자의 행동인식과 연관된 공간인지 패턴분석에 중점을 두었다(성기호 외, 2009; Davis and Benedikt, 1979; Turner and Penn, 1999; Turner, 2000; Batty, 2001; Desyllas et al., 2003; Markhede et al., 2010). 또한 토지이용 형태와 조경관망 분석을 조합하여 주변 경관이 주택가격에 미치는 영향에 대한 연구 및 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 해변가 주변의 주택가격을 조경분석을 통하여 평가하는 연구도 이루어졌다(Lake et al., 1998; Sander and Manson, 2007; Hamilton and Morgan, 2010).

2) Isovist는 특정위치의 가시권을 다차원 폴리곤으로 나타내어 연구지역의 모든 위치를 폴리곤의 넓이로 수치화하여 매핑으로 표현하는 방법이다.

반면에 질적 분석의 경우에는 설문자료와 사진을 이용한 통계적 방법을 이용하여 조망권 분석을 시도하였다(문지원 · 하재명, 2006).

그러나 아직 연구절차와 방법의 난해함으로 인해 객관적인 지표로 이용될 수 있는 특정 조경관망 분석에 대한 원형의 설명방법이 요구되고 있는 실정이다. 또한 조망권과 관련된 대부분의 선행연구들은 2차원 분석(Morello and Ratti, 2009; Liu et al., 2010)에 중점을 두고 있으며, 3차원 양적분석은 아직 초기단계라 할 수 있는데, 그 이유는 주로 복잡한 알고리즘의 문제에 기인하고 있다. Yang et al.(2007)은 한정된 숫자로 나눠진 공간패턴을 통한 일정 모양의 면적을 합하여 분석하였고, Morrello and Ratti(2009)는 푸리에변환을 이용한 3차원 조망분석을 시도하였다. 전자는 완벽한 공간상의 부피를 고려함이 없이 자료처리 과정의 편의를 위하여 적은 수의 면적의 합을 이용하여 조망각을 측정하였다. 후자의 경우, 복잡한 도시구조를 푸리에변환을 통하여 조망분포를 시각화하였다. 그러나 이 연구는 좁은 지역만을 연구대상으로 해 실제 복잡한 물리적 도시구조를 수치변환하기에는 방대한 컴퓨터메모리와 예측 불가능한 자료처리 시간에 대한 문제점을 가지고 있다.

2. 조망권과 부동산 가치평가

조망권이 부동산가격에 미치는 영향은 그 중요성으로 인하여 다수의 선행연구가 관련 주제를 다루어왔다.

이들 연구는 하천, 바다, 공원 등 자연적 경관요소가 주거용 부동산에 미치는 영향에 초점을 맞추고 있는데(배수진, 2000; 오동훈 · 이찬범, 2003; 정수연 · 배재흠, 2004; 손희진 외, 2006; 이옥자, 2008), 최근 들어 경관적으로 도움이 되는 인공적인 시설들이 주거용 주택에 미치는 영향을 다루는 연구들이 진행되고 있으나, 그 절대적인 양은 전자에 비해 부족하다고 할 수 있다(김지현, 2008).

오동훈 · 이찬범(2003)은 한강조망권과 층별 요인이 한강 수변 아파트가격에 미치는 영향을 파악하였다. 그들은 아파트가격이 전망과 서로 유의미한 영향을 미치고 있다는 사실을 밝혀냈으며, 따라서 재산세 부과의 기준산정에 있어 이러한 변수들의 고려가 중요하다고 주장하였다.

이옥자(2008)는 부산 해운대지역 아파트가격의 바다조망가치에 관한 연구를 통해 아파트가격에 내재된 다양한 특성 중 바다조망에 대한 경제적 가치를 헤도닉가격모형을 이용해 도출하였다. 연구 결과 조망권은 매매가의 경우 평당 대략 66만원의 경제적 가치를 가지고, 임대가의 경우 약 13만 5천원의 가치를 가지는 것으로 나타나 부동산 가격에 있어서 조망권의 중요성을 강조하였다.

김지현(2008)은 소득수준의 증가로 점차 중요한 여가활동으로 인식되고 있는 골프에 초점을 맞춰 골프장 조망이 아파트가격에 미치는 영향을 분석하였다. 연구 결과 아파트 인근에 골프장이 있어 조망권을 확보할 수 있다면 아파트 가격에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 수평 조망각이 확보될수록 더욱 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

대부분의 선행연구가 다양한 자연 및 인공환경이 주거용부동산 가격에 미치는 영향을 파악하고 있음에도 불구하고 상업용부동산에 있어서의 조망권의 중요성을 강조한 연구는 현재까지 미미하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 기존에 복잡한 알고리즘 문제로 인해 3차원 양적분석이 부족하

였다는 점을 극복함과 동시에 기존 연구에서 간과했던 상업용부동산 가격에 있어서의 조망권의 영향을 보행자 차원에서 다차원 시지각을 이용해 파악하고자 하였다.

Ⅲ. 연구대상지역 및 연구방법

연구대상지역으로 미국 오하이오주의 콜럼버스 도심지역을 선택하였다. 콜럼버스는 오하이오주의 주도로, 2006년 현재 73만 3천여 명의 인구를 보유하고 있는 미국 내 16번째의 규모를 가진 대도시이다. 현재도 지속적으로 인구가 증가하고 있으며, 중서부 지역에 경제, 문화적으로 큰 영향력을 행사하는 곳이기도 하다. 콜럼버스 중심가 지역은 상업지구가 활발하게 발달되어 있고, 외곽으로 갈수록 주거 및 녹지 중심으로 구성되어 있다. 이는 일반적인 도시의 형태로 복잡한 인구밀도를 가지는 서울의 도시패턴과는 차이가 있지만, 본 연구는 콜럼버스 전체도시를 대상으로 하지 않고 서울과 유사한 공간패턴을 가지고 있는 도심(CBD)지역으로 한정해 연구를 진행하였으며, 다차원 도시모델을 통해 구축한 콜럼버스 도심의 기하학특성을 이용하여 추출된 본 연구의 결과는 향후 서울 도심지역의 상업용부동산에 대한 가치평가 및 미래지향적인 도심구조에 대한 정책방향을 제시할 수 있는 바탕이 될 것으로 판단하고 있다.

본 연구에서 사용되는 데이터는 크게 LiDAR 자료와 건물수치지도로 나뉜다. LiDAR 자료는 2008년 봄에 측정된 자료로, 3차원 공간정보(건물의 높이)를 추출하기 위해 사용되었고, 건물 수치지도는 프랭클린 카운티(Franklin County)의 감사원에서 2009년에 작업한 자료로 2차원 건축물 바닥면 자료를 추출하는 데 사용되었다.

출처: Google Earth 일부 수정

〈그림 1〉 연구대상지역

Isovist 분석을 위하여 수행된 작업은 다음과 같이 구분할 수 있다. 첫 번째, 3차원 도시모델을 생성하여 Isovist 분석의 토대를 구축한다. 또한 3차원 도시모델은 가상현실을 구축하여 토목, 환경, 재해, 도시계획 분야에서 실제 상황과 가장 유사한 환경하에서 시뮬레이션을 할 수 있는 기초를 제공하고 있다(류근원 외, 2007; 윤창락 외, 2009). 건물의 높이를 추출하기 위하여 LiDAR 데이터를 사용하였고, 건물의 수치지도는 정확한 건물의 외곽선을 추출하기 위하여 사용되었다. 또한 불필요한 LiDAR 데이터를 제거한 후, 건물의 외곽선과 조합하여 건물의 높이를 계산하였다. 이때 각 건물의 외곽선 안에 위치한 LiDAR 데이터 중 가장 높은 위치정보를 가진 것을 건물의 높이로 가정하고, 이를 수치지형모델을 이용하여 보정함으로써 실제 건물의 높이를 예측하였다(〈그림 2〉 참조). 또한 예측된 건물의 높이가 약 2미터 이상이고 면적이 $100ft^2$를 초과하면 건물이라 가정하고 본 연구에 적용하였다. 건물의 상세한 형태를 추출하는 것은 그 자체로 의미가 있으나, 넓은 도시지역에 대해 기하학적 특성을 세밀하게 추출하기에는 효율성 및 효과성의 문제가 있다. 이러한 현실적인 문제를 감안하여 여러 선행연구들과 마찬가지로 박스형태의 건물을 가정하고, 모델을 구축하였다.

〈그림 2〉 연구 대상지역의 3차원 도시모델

두 번째, 생성된 3차원 도시모델과 수치 및 영상분석 프로그램 매트랩(Matlab)의 스크립트(script)를 이용하여 2차원/3차원 Isovist 모델을 만든다. 보다 편리한 모델을 생성하기 위하여 10미터 공간해상도를 가진 이미지로 Isovist를 표현하였다.

수리적 모형을 구축하기 위하여 모든 변수들을 각 위치와 일치하는 건물에 대입함으로써 각 건물들은 그에 해당하는 속성을 포함하게 된다. 더불어 특정건물의 위치에 내포되지 못하는 공간통합론과 같은 정보는 가장 인접한 정보를 해당하는 건물에 대입함으로써 정보구축을 일궈낼 수 있다.

이상과 같은 자료로부터 획득된 두 형태의 공간시지각 변수 및 기타 제어변수와 종속변수인 부동산재산세의 인과관계에 대한 통계적 모형을 도출하기 위하여 본 연구는 헤도닉가격모형(Hedonic Price Model)을 사용하였다. 헤도닉가격모형은 부동산가치에 영향을 미치는 다양한 개별요소들의 비시장가격을 추정하는 데 주로 사용하는 통계모델로서 다음과 같은 선형함수식을 통해 종속변수와 독립변수간의 관계를 파악하게 된다(서원석, 2010).

$$P = \alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i + \epsilon \qquad (1)$$

여기서 P는 재산세를, x_i는 시지각 및 기타 공간 특성을, α와 β는 각각 상수와 계수를, ϵ은 오차항을 의미한다.

본 연구는 수식 (1)을 바탕으로 변수 간 큰 편차로 인해 생길 수 있는 분석 오류를 최소화하고 관측치의 정규분포화와 탄력성 추정의 객관성 확보를 위해 이중로그(Log-Log) 변환식을 사용해 모형의 적합성을 높이고자 하였으며, 탄력성분석을 함께 수행해 독립변수의 1% 변화에 대한 종속변수의 변화량(%)을 분석하였다. 이중로그 변환함수와 그에 따른 변화량은 식 (2)와 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$Log(P) = \alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i Log(x_i) + \epsilon \qquad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{P} = (\beta \frac{P}{x_i}) \frac{x_i}{P} = \beta \qquad (3)$$

Ⅳ. 변수 및 기술통계 분석

본 연구에서 도입된 변수는 3차원 도시모델로부터 생성된 건물의 구조, 2차원/3차원 Isovist, 도시중심으로부터의 거리, 대중버스 정류장으로부터의 거리, 주도로까지의 거리, 공간통합론을 활용해 계산된 인구·교통의 통합성으로 구분되어 설명변수로 활용되었고, 프랭클린 카운티의 감사원으로부터 제공된 2008년도 지적정보 자료로부터 얻은 재산세(Appraisal Total Real Estate Tax)가 종속변수로 이용되었다. 연구대상지 필지는 총 2,991개가 있으며, 이 중 높이가 2미터 이상인 건물이 포함되어 있고 재산세가 나타나 있으며, 건물의 면적이 $100ft^2$를 초과하는 1,143개의 필지를 최종 분석에 사용하였다.

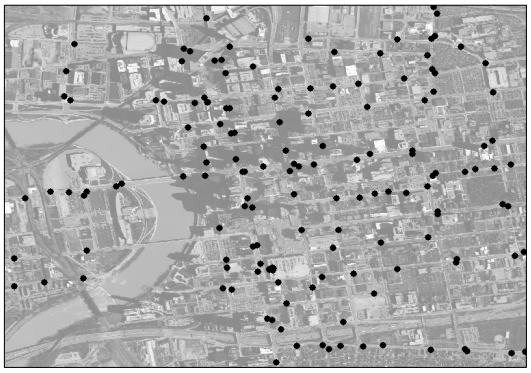
비록 지적데이터에 실거래가격 항목이 있으나

상당수의 상업용건물이 가격을 포함하고 있지 않아 올바른 통계처리에 문제가 발생할 수 있고, 주거용부동산과 달리 필지 간 가격편차가 지나치게 커 분석과정에서 나타날 수 있는 통계적 오류를 최소화하기 위해 본 연구에서는 재산세(ATPT)를 대체변수로 사용하였다.

한국의 경우 재산세가 누진적인 체계를 가지고 있지만 미국 오하이오주의 경우 누진세율이 적용되지 않아 면적에 따른 세율적용의 왜곡이 크지 않을 것으로 예상되며, 이에 따라 면적 및 기타 변수에 대한 추가적인 조정은 필요하지 않을 것으로 판단하였다. 표본추출한 상업용부동산의 평균 재산세는 148만 달러로 최소 200달러에서부터 최대 1억 4400만 달러까지 비교적 큰 편차를 보이고 있다.

도시중심으로부터의 거리(CBD)는 남북으로 이동로를 제공하는 High st.와 동서쪽을 가로지르는 Broad st.의 교차지점으로부터 각 건물까지의 거리를 측정하였으며(〈그림 1〉 참조), 측정단위는 ft이다. 이 변수는 재산세와 음(-)의 관계가 나타날 것으로 예상되는데, 다시 말하자면 도심지에 가까울수록 건물에 대한 재산세가 높다는 것으로 기대할 수 있다는 것이다. 평균거리는 3,250피트(990미터) 정도였으며, 최대 5,800피트(1,768미터)까지 도시중심으로부터 멀리 분포되어 있는 것으로 나타났다.

도시 중심지는 교통, 문화, 경제활동에 매우 중요한 요지이고, 그에 따른 편의성은 건물이나 대지의 가치에 프리미엄이 붙는 것이 일반적인 현상이다. 따라서 본 연구에서는 각 건물로부터 가장 인접한 대중버스 정류장의 거리(BUS)를 타 지역으로부터의 접근성에 영향을 미친다는 가정하에 〈그림 3〉과 같이 하나의 변수로 설정하였다. 연구대상지역에는 160개의 대중버스 정류장이 운영되고 있으며, 이 변수는 재산세와 음(-)의 관계가 있을 것이라 예상된다. 이는 상업지구의 역할을 하고 있는 도시 내 건물은 외부지역으로부터 유입되는 소비자에게 편리성을 제공하는 것이 무엇보다 중요하기 때문에 대중교통 이용이 가능한 지점으로부터 가까울수록 건물의 가치가 높아진다는 의미이다. 소비자는 버스정류장에서 하차한 후 평균 250피트(75미터) 정도를 걸어 상업시설에 도착하는 것으로 나타났으며, 최대값은 1,730피트(500미터) 정도로 버스정류장과 비교적 먼 거리에 위치한 상업용부동산이 존재하는 것으로 파악되었다.



〈그림 3〉 연구대상지역의 대중버스 정류장 입지

연구대상지를 관통하는 도로는 다양한 상업활동을 활성화시키는 주요 요인이 되는데 상업용부동산으로부터의 거리가 가까울수록 접근성이 향상되는 장점이 있는 반면 도로 혼잡 등에 직접적인 영향을 받아 오히려 단점으로 작용할 수도 있다. 본 연구는 주도로로부터의 거리(ROAD)를 분석에 포함시켜 도로접근성이 재산세에 미치는 영향을 함께 파악하였다. 표본추출된 상업용 시설은 주도로에서 대략 460피트(140여 미터) 정도 떨어져 있는 것으로 나타나 다수의 상업용부동산이 주도로보다는 지선도로 또는 보조도로에 인접해 있

〈표 1〉 변수 설명 및 기술통계 분석

변수 설명					기술통계 분석			
구분	변수명	설명	단위	출처	평균	최솟값	최댓값	표준편차
종속변수	ATPT	재산세 (Real Estate Tax)	dollar	카운티 지리정보	1.48×10^{6}	200	1.44×10^{8}	6.68×10^{6}
인구교통 통합특성	ITG	전체 통합도 (Global Integration)	N/A	-	2.25	1.11	3.70	0.57
접근성	CBD	도시중심으로부터의 거리 (Distance from Center)	ft	카운티 지리정보	3,248.7	136.9	5,792.9	1,332.8
	BUS	버스정류장으로부터의 거리 (Distance from Bus Stop)	ft	오하이오 교통청	251.9	0.00	1726.3	208.3
	ROAD	주도로로부터의 거리 (Distance from Major Road)	ft	카운티 지리정보	459.4	20.8	2,424.3	530
시지각 특성	2D*	2차원 Isovist (2D Isovist View)	N/A	-	2,806	708	12,695	1,522
	3D*	3차원 Isovist (3D Isovist View)	N/A	-	8.55×10^{8}	2.57×10^{8}	1.38×10^{9}	2.03×10^{8}
구조특성	VOLUM	건물의 부피 (Building Volume)	ft^3	카운티 지리정보	2.87×10^{6}	835	2.11×10^{8}	1.21×10^{7}
	AREA	건물의 넓이(바닥면적) (Building Ground Floor Area)	ft^2	카운티 지리정보	8,743	103	323,371	21,090

* 다차원 Isovist를 연구대상지역과 중첩시킨 결과값(0에서 1)은 해당 변수의 값을 표준화시킨 후 사용함(〈그림 6〉 및 〈그림 8〉 참조).

음을 보여주고 있다.

건물의 구조특성을 반영하기 위해서 건물의 바닥면적, 높이, 부피를 고려할 수 있으나, 건물의 부피는 다른 두 특성의 조합으로 이루어지기 때문에 다중공선성을 유발한다. 따라서 본 연구는 3차원 도시모델로부터 생성된 건물의 높이와 바닥면적을 모두 포함하는 부피(VOLUM)와 건물의 바닥면적(AREA)을 사용하여 구조적특성의 영향을 파악하였다. 연구대상 지역의 평균 건물바닥면적 및 부피는 각각 $8,743ft^2$와 2.87×10^{6}이며, 재산세와 양(+)의 관계를 가지고 있을 것으로 예상할 수 있다.

2차원 및 3차원 Isovist는 건물높이에서 살펴보는 시지각을 다차원분석을 통해 계산하고 있는데, 이에 대한 자세한 계산방법은 실증분석에서 소개하고 있다. 2차원 Isovist값은 평균 2,806이며, 3차원은 8.55×10^{8}로 나타났다.

또한 근린특성으로 규정지을 수 있는 인구유동량 및 교통량을 반영하기 위해 본 연구는 공간통합론(Space Syntax)을 사용하였다. Hiller(2007)에 의해 제안된 공간통합론은 도시구조와 도로 네트워크의 관계를 이용하여 유동인구량이나 교통량을 예측하고 수치화하는 것으로 도로상에서 이동 시 시각적 접근을 기본으로 한다. 이는 실관측으로 인한 시간적, 경제적인 측면에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 보완함으로써 효율적인 정

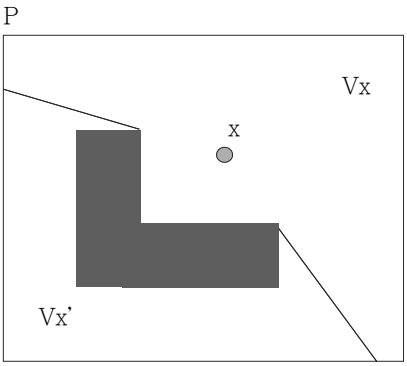
보이용을 가능하게 한다는 장점을 가지고 있다. 본 연구는 다양한 공간통합기법의 인덱스 중 전체통합도(Global Integration)를 이용하였는데, 도로네트워크를 구성하는 한 축선이 보다 많은 축선과 연결되어 있고, 보다 원활하게 연결되어 있을수록 그 통합도는 높아진다. 계산된 결과를 보면 도시중심을 가로지르는 High st.와 Broad st.는 상대적으로 높은 전체통합도를 가지고 있음을 알 수 있는데, 이는 해당지역의 인구 및 교통량이 타 지역과 비교해 높다는 것을 의미한다.

〈그림 4〉 대상지역의 전체통합도

Ⅴ. 실증분석

1. 다차원 Isovist 분석

본 연구에서는 관측위치가 보행자의 시선과 일치한다는 가정하에 2차원 및 3차원을 포함하는 다차원 Isovist 분석을 수행하였고, 알고리즘의 단순화를 위하여 건물이 평면상에 있다고 가정하였다. 2차원 Isovist의 경우 주어진 공간(P)에 한 관측점 x가 있을 때, P는 x로부터 가시권(V)에 들어가는 지역과 비가시권(V') 지역으로 분류되고, V의 넓이는 P의 한 부분으로 Vx라는 스칼라의 형태로 정의가 가능하다.



〈그림 5〉 2차원 Isovist 정의

각 관측점 x로부터 Vx를 정의하기 위해 본 연구는 Ray Tracing 방식을 이용하였다. 이 접근법은 컴퓨터 비전(Vision)에서 많이 이용되는 방법으로 한 지점에서 빛을 쏘았을 때 그 빛이 도달할 수 있는 범위를 이용하는 것으로, 빛을 가상의 선으로 가정할 때 이 선들의 합으로 면적을 예상할 수 있게 된다. 그러므로 2차원 Isovist(2D)를 정의하기 위하여 식 (4)와 같이 수식으로 나타낼 수 있게 된다.

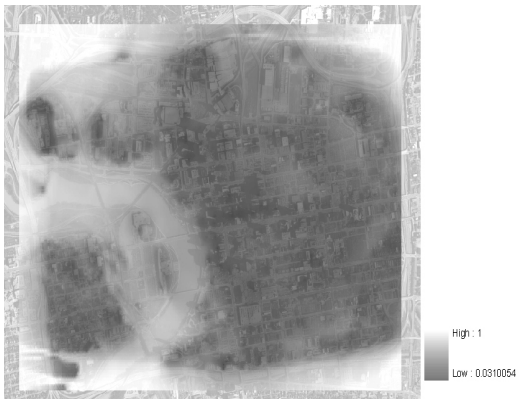
$$2D = \sum_{x=1}^{n} V_x$$

$$V_x = \sum_{i=1}^{m} D_i \qquad (4)$$

여기서
Di: 관측지점 x로부터 i번째 Ray Tracing에 의한 가상의 선 길이
n: 관측지점의 개수
m: Ray Tracing에 의한 가상의 선 개수

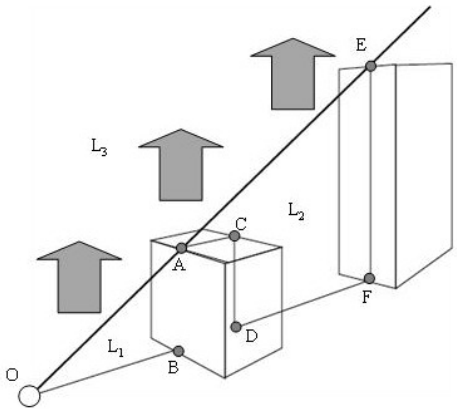
〈그림 6〉은 Ray Tracing 접근법으로 생성된 2차원 Isovist를 연구대상지역과 중첩시킨 결과를 나타내고 있다.

위에서 설명한 바와 같이 2차원 Isovist는 선의 집합으로 면적을 예측했다면, 3차원 Isovist는 면의 집합으로 3차원 공간부피를 계산하였다.



〈그림 6〉 연구 대상지역의 2차원 Isovist

일정 공간 안의 관측점(O)에서 한 방향을 향하여 Ray Tracing을 하였을 때, 그 선이 가장 가까운 거리에 있는 건물의 옥상과 접한다고 가정할 수 있다(〈그림 7〉 참조).



〈그림 7〉 3차원 Isovist 정의

이 접점을 A라 정의하고 A로부터 지표면에 닿아있는 지점을 B라고 하였을 때, 삼각형 OAB 지점은 O로부터 가시권(L1)에 들어가게 된다. 그러나 가장 가까운 거리에 있는 건물의 뒤 지역(폴리곤 ACDFE)은 비가시권으로 분류가 가능하다. 또한 Ray Tracing에 의한 직선 OE의 상위지역(L3)은 항상 가시권에 해당하게 된다. 그러므로 이 경우에는 L1+L3이 직선 OE에 해당하는 가시넓이가 될 수 있다.

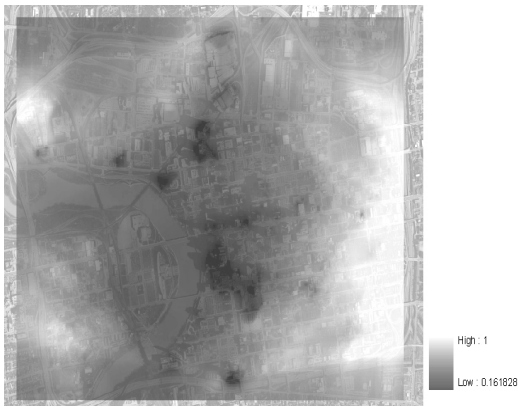
이로부터 3차원 Isovist의 경우에는 관측지점으로부터 거리상 가장 가까운 건물 높이와 두 번째로 가까운 건물 높이와의 관계로 2가지 형태의 정의가 가능한데, 제일 가까운 건물 옥상에 Ray Tracing을 한 접점과 관측점을 이용하여 직선을 가정했을 때, 그 바로 뒤의 건물이 그 직선보다 높을 때와 낮을 때로 분류된다. 또 다른 뒤쪽의 건물에 대해서는 앞에서 설명했듯이 다시 2가지 건물 형태로 분류하고 반복적으로 가시권에 해당하는 지역을 계산하게 된다.

$$3D = \sum_{p=1}^{q} A_p$$

$$A_p = \sum_{k=1}^{r} \sum_{j=1}^{l-1} L(b_j b_{j+1})_k \qquad (5)$$

여기서
Ap: p지점에서의 가시권에 속하는 공간의 넓이
q: 총관측지점의 개수
r: Ray Tracing에 의한 가상의 선의 총개수
k: 특정 Ray Tracing에 의한 가상의 선
j: k상 관측지점과 j번째로 근접한 건물
l: k상 관측지점과 가장 멀리 있는 건물
b: 건물
L: k에 의한 가시권의 넓이

〈그림 8〉은 위에서 제시된 접근법으로 계산된 3차원 Isovist를 나타내고 있다. 수치화된 2차원/3차원 Isovist를 이용하여 각 건물의 5미터 이내의 값들을 평균하여 본 연구에서 통계학적 접근을 위한 변수로 사용되었다.



〈그림 8〉 연구 대상지역의 3차원 Isovist

2. 헤도닉가격모형 분석

본 연구는 앞에서 기술한 데이터 추출방법을 통하여 획득한 종속변수 및 독립변수를 이용하여 다중회귀모형에 기반한 헤도닉가격모형을 구축하였다. 이는 각 독립변수가 종속변수에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하는 데 있으며, 주어진 기본 모형을 바탕으로 3가지 헤도닉가격모형(다차원통합모형, 3D모형, 2D모형)을 구축하였다. 다차원통합모형은 앞서 소개한 다차원 Isovist모형을 통해 얻어진 3차원 및 2차원 시지각을 모형에 적용시켜 각 차원의 시지각을 동시에 고려했을 경우 재산세에 미치는 영향을 분석하였으며, 3D 및 2D 모형은 각각의 시지각 영향을 개별적으로 파악해 보다 효율적으로 재산세를 설명할 수 있는 시지각 형태를 구분하는 데 그 목적을 두고 있다.

모든 분석의 종속변수는 재산세(ATPT)이며, 독립변수는 〈표 1〉에서 제시된 변수들이 활용되었다. 독립변수로 사용된 각 변수는 이중로그(Log-Log) 변환방법이 적용되었는데, 이는 앞서 설명한 바와 같이 관측치의 정규분포화와 탄력성 추정의 객관성 확보에 그 목적이 있다.

헤도닉가격모형의 구축에 있어, 결과를 왜곡시킬 수 있는 다중공선성(Multicollinearity)의 제거 및 회귀계수들의 통계적 유의성을 파악하기 위하여 Variance Inflation Factor(VIF)를 이용한 다중공선성 테스트를 시도하였다. 일반적으로 VIF의 값이 10 이상인 경우 다중공선성이 존재한다고 판단하게 되는데, 본 연구에서 사용된 3가지 모형은 모두 다중공선성으로부터 안전한 것으로 나타났다. 이중로그 변환을 이용한 분석모형의 설명력 추정은 〈표 2〉와 같은데, 3가지 모형 모두 수정된 R^2값이 각각 60.2%, 60%, 59.2%로 본 모형의 적합성이 객관적 결과를 도출할 수 있을 정도로 충분함을 보여주고 있다.

〈표 2〉 이중로그 헤도닉가격모형 설명력

Model	Adj-R^2	F	Sig.
다차원통합모형	.602	215.973	.000
3D모형	.600	244.591	.000
2D모형	.592	237.216	.000

본 연구에서 사용된 다중회귀분석 최종모형의 추정 결과는 〈표 3〉과 같은데, 분석모형의 모든 회귀계수는 2D모형에서 2D 시지각 변수를 제외하고는 1% 및 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이 분석은 특히 2차원/3차원 Isovist를 이용한 시지각 정보가 건물의 가치평가에 이용된 것에 대한 중요한 의미가 있다고 할 수 있다. 또한 각 변수의 변화율(%)에 대한 종속변수의 변화를 파악함으로써 건물 주변의 물리적 환경을 고려한 재산세의 변이를 가늠할 수 있다.

구체적으로 결과를 설명하자면, 먼저 본 연구의 주요 관심사항이라고 할 수 있는 다차원 시지각 특성이 재산세에 중요하게 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다. 비록 2D모형에서는 시지각 변수가 통계적 유의성을 확보하지 못했지만 다차원 통합모형

과 3D모형을 통해 시지각의 1% 변화가 재산세를 0.25%에서 1.3%까지 증가시키는 것으로 나타나 재산세 산정에 있어서의 조망 및 오픈스페이스의 중요성을 잘 설명해주고 있다. 특히 단순히 선의 집합으로 시지각 면적을 산출한 2D보다 주변건물의 고도까지도 파악해 실질적인 보행자의 시지각을 객관적으로 표현할 수 있는 3D분석을 통해 얻은 값이 5배 이상의 차이를 보이는 것을 고려하면, 2D 또는 단순한 조망권 유무로 부동산에 미치는 영향을 파악한 기존의 연구결과가 조망권 및 오픈스페이스의 중요성을 과소평가했다는 한계를 본 연구의 결과를 통해 알 수 있다.

결과적으로 본 연구는 보행자 시각에서 조망권이 확보된 도심 내 상업용부동산의 가치는 조망권이 확보되지 않은 상업용부동산에 비해 1%에서 1.3% 정도의 추가적인 가치상승의 요인이 있음을 보여주고 있다.

접근성 특성의 경우, 도시중심으로부터 멀어질수록 건물의 재산세가 낮아짐을 보여주고 있는데, 이는 곧 도시중심에 위치할수록 건물의 가치가 상승한다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 1%의 거리증가는 약 1.3%의 재산세 감소효과, 즉 부동산의 가치하락을 가져오는 것으로 예측되었다. 이와 비슷하게 대중교통으로부터의 접근성 역시 음(-)의 관계를 나타냈는데, 버스정류장으로부터 1% 멀어질 때 대략 0.2%의 가치하락이 있는 것으로 파악되었다. 하지만 주도로로부터의 접근성은 거리가 1% 늘어날수록 0.1% 안팎의 재산세 증가를 가져와 대중교통 및 CBD로부터의 접근성과는 다른 패턴을 보였다. 이는 앞에서 설명한 바와 같이 상업용부동산이 상대적으로 통행량이 많은 도로에 인접해 있을 경우 혼잡성으로 인해 접근시간이

〈표 3〉 이중로그 헤도닉가격모형 추정결과

변수		다차원 통합모형			3D모형			2D모형		
		계수	VIF	변화율(%)	계수	VIF	변화율(%)	계수	VIF	변화율(%)
Constant		-14.389* (-2.965)	-	-	-8.521** (-1.975)	-	-	10.743* (11.288)	-	-
인구교통 통합특성	ITG	.696* (4.409)	1.416	0.70	.737* (4.673)	1.403	0.74	.888* (5.706)	1.342	0.89
접근성	CBD	-1.154* (-10.175)	4.009	-1.15	-1.011* (-10.153)	3.074	-1.01	-.740* (-8.925)	2.095	-0.74
	BUS	-.225* (-6.275)	1.226	-0.23	-.206* (-5.849)	1.175	-0.21	-.235* (-6.476)	1.223	-0.24
	ROAD	.068** (2.285)	1.321	0.07	.072** (2.426)	1.317	0.07	.125* (4.447)	1.148	0.13
시지각 특성	2D	.246* (2.613)	1.640	0.25	-	-	-	.055 (.621)	1.397	0.06
	3D	1.316* (5.279)	3.180	1.32	1.065* (4.617)	2.708	1.07	-	-	-
구조특성	VOLUM	.109* (3.950)	2.486	0.11	.096* (3.522)	2.402	0.10	.073* (2.701)	2.335	0.08
	AREA	.706* (21.263)	1.693	0.71	.717* (21.724)	1.665	0.72	.725* (21.725)	1.672	0.73

*, ** 각각 1%, 5% 이하에서 통계적으로 유의
주: 괄호는 t-값

오히려 떨어질 수 있다는 점이 고려된 것으로 추측할 수 있다.

구조특성에 포함되는 부동산의 부피 및 면적은 재산세와 양(+)의 관계를 나타내고 있는데, 용적률의 개념인 부피보다는 건폐율의 개념인 바닥면적이 부동산 가치에 더 큰 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

마지막으로 인구유동량과 교통량을 종합적으로 투영한 전체 통합도는 재산세와 양(+)의 관계를 형성하고 있는 것으로 나타났는데, 이는 인구유동량과 교통량이 증가할수록 재산세의 상승효과를 가져온다는 것으로 해석할 수 있다. 다시 말하자면 인구와 교통량이 밀집된 곳에 입지한 상업용부동산은 보다 높은 상업활동을 통해 매출을 증대시키게 되고, 이는 궁극적으로 해당 부동산의 가치를 향상시키는 결과를 가져온다는 것이다.

Ⅵ. 결론

본 연구는 그 연구절차와 방법의 어려움으로 인해 이용되지 않았던 다차원 Isovist 시지각 특성을 GIS를 이용해 분석하고, 이를 통해 얻어진 시지각 지표를 이용해 상업용부동산 가격에 미치는 보행자 조망의 영향을 헤도닉가격모형을 이용해 분석하였으며, 그 대표적인 결과는 다음과 같다.

먼저 다차원 Isovist 시지각 분석을 통해 보다 객관적인 지표로 이용될 수 있는 조망권 분석에 대한 원형(Prototype)을 설명할 수 있었다. 특히 3D Isovist와 2D Isovist의 비교분석을 통해 그 동안 조망관련 연구를 통해 강조되었던 조망가치의 중요성이 더욱 크게 나타나고 있다는 것을 파악할 수 있었다. 이는 조망권 및 오픈스페이스가 부동산가격에 얼마나 중요한 영향을 미치고 있는지를 보여주는 증거라고 할 수 있다.

두 번째, 도시의 중심부에 상업용부동산이 위치할수록 재산세가 증가하는 것으로 나타나 도심 중심상권에 가까울수록 부동산의 가치가 상승하는 것으로 나타났다.

세 번째, 버스와 같은 대중교통과의 접근성 또한 부동산가격을 상승시키는 원인이 되는 것으로 나타나 상업용부동산의 선택에 있어 공공교통수단이 중요하게 고려되고 있음을 보여주고 있는데, 이 결과는 기존의 연구를 통해 밝혀진 바 있다.

네 번째, 본 연구의 결과는 상업용부동산의 재산세가 인구의 유동량과 밀접함이 있음을 강조하고 있는데, 이는 인구의 유동량을 고려한 상업용부동산의 가격 및 재산세 산정이 보다 객관적이고 현실적일 수 있음을 나타내고 있다.

이러한 분석 결과를 통해 본 연구는 조망권이 충분히 확보될 수 있는 상업용부동산의 가치가 동일한 조건이지만 조망권이 낮은 부동산에 비해 높다는 사실을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 높은 조망권이 주거용부동산의 가격에 긍정적인 영향을 미치고 있다는 기존 연구와 일맥상통한 결과로 상업용부동산 역시 조망권이 가치결정에 중요한 요소로 작용하고 있다는 것을 보여주고 있다.

현재의 재산세 부과기준은 미국의 경우 실제로 매매된 가격을 기준으로 하고 있어, 조망권과 같은 비시장재적 요소가 재산세에 반영될 여지가 있지만, 기준(표준)시가를 기준으로 재산세를 부과하는 한국의 경우 조망권이 적절하게 재산세에 반영되지 않을 수 있다는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 조망권 가치에 대한 보다 명확한 기준의 설정을 통해 공정한 세금을 부과할 수 있는 대책이 마련되어야 할 필요가 있음을 제시하고 있다.

대중교통지향형 개발의 경우 혼잡한 도심지의

교통과밀을 해소하고, 공공교통을 중심으로 한 집약적인 개발을 추진하고자 하는 목적을 가지고 있는데, 공공교통에 대한 높은 접근성이 상업용부동산 가치를 상승시킨다는 본 연구의 결과는 대중교통지향형 개발을 통해 소비자는 물론 재화 및 서비스의 공급자 또한 경제적 이익을 얻을 수 있다는 점을 명확히 하고 있고, 이의 필요성도 강조하고 있다.

본 연구는 다음과 같은 다양한 연구가치 및 의의를 가지고 있다. 첫 번째, 기존의 2차원 Isovist 시지각 분석을 통한 조망권 분석은 조망권을 과소평가한다는 문제점을 가지고 있었는데, 3차원 Isovist를 사용함으로써 객관적인 정보의 사용을 통해 보다 정확한 상업용부동산 가치를 파악할 수 있었다.

두 번째, 본 연구는 서울의 도심 및 부도심과 유사한 공간패턴을 가지고 있는 콜럼버스의 도심을 대상지로 선정해 분석을 실시하였는데, 분석 결과를 통해 향후 서울 도심지역의 상업용부동산에 대한 가치평가에 있어 올바른 정책방향 및 전반적인 미래 도심구조의 전략방향을 제시할 수 있었다.

세 번째, 도시구조의 복합성 및 다양성으로 인해 부동산의 가치체계를 설정하는 데 있어 시장가격이 형성되지 않은 접근성, 쾌적성, 편의성 등과 같은 비시장재의 가치가 점차 강조되고 있는데, 한국 상업용부동산의 세제산정에 있어 이러한 비시장재에 대한 고려의 필요성을 제기하고 있다.

네 번째, 무조건적인 고밀도 상업지구 개발은 단기적으로 개발이익을 얻을 수 있지만 오픈스페이스 및 조망권을 충분히 고려한 상업지구 개발은 장기적으로 볼 때 부동산 가치를 상승시킴과 동시에 이용자에 대한 편의성을 증진시킬 수 있다는 점에서 보다 효율적일 수 있다는 점을 강조하고 있다.

마지막으로 본 연구는 다음과 같은 몇 가지 향후 연구과제 및 방향을 제시하고자 한다. 첫 번째, 콜럼버스 도심의 사례를 통해 서울의 상업용부동산 시장을 설명한 본 연구는 양 도시의 인구체계, 도시구조 등에 대한 직접적인 비교를 하지 않았는데 향후 다양한 변수에 대한 직접적인 비교를 통한 사례연구 또는 서울 및 기타 도시를 대상으로 한 다차원 시지각 특성과 도심 상업용부동산 가치평가 연구를 진행해 한국의 상업용부동산 시장 특성을 분석할 필요가 있다.

두 번째, 향후 3차원 Isovist 분석에 있어 기존 분석기법과의 타당성 검증에 대한 연구를 통해 보다 명확한 결과가 도출될 수 있도록 심도 깊은 연구가 필요하며, 본 연구에서 사용한 변수 외에 상업용부동산 가격에 영향을 미칠 것으로 판단되는 공실률과 같은 다양한 변수를 복합적으로 고려한 추가 연구가 수반되어야 할 필요가 있다.

또한 본 연구는 해당 부동산의 건물가치를 기준으로 부동산가치를 평가하였는데, 상업용부동산의 경우 층별 효용 비율이 가치를 평가하는 데 있어 중요하게 고려될 것으로 판단된다. 다시 말하자면 상업용부동산은 1층을 기준으로 임대료가 하락하다가 일정수준에서 동일해지고 다시 층수가 높아질수록 조망의 확보로 인해 그 가치가 상승하는데 본 연구에서는 분석목적의 상이함으로 인해 이러한 점을 고려하지 않았다. 따라서 향후 층별 임대료를 반영한 연구를 통해 보다 종합적인 상업용부동산 가치를 추정할 필요가 있다.

참고문헌

김지현, 2008, "골프장 조망이 아파트 가격에 미치는 영향: 용인시 한성골프장 주변지역을 사례로", 「한국지역개발학회지」, 20(4): 69~88.

류근원 · 김근한 · 김혜영 · 전철민, 2007, "3차원 GIS를 활용한 도시소음 시각화에 관한 연구", 「한국공간정보시스템학회 논문집」, 9(3): 17~24.

문지원 · 하재명, 2006, "조망 대상 위치에 따른 아파트 단위세대 조망 경관 선호 특성 분석", 「한국주거학회 논문집」, 17(3): 99~110.

배수진, 2000, "주택가격에 내재한 녹지의 가격측정에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문.

서원석, 2010, "박스콕스 모형을 이용한 주변지 환경이 주택 매매가격에 미치는 영향 연구", 「국토계획」, 45(2): 179~191.

성기호 · 박인환 · 김홍규, 2009, "공동주거단지의 범죄취약 공간 분석: 외부공간을 중심으로", 「도시설계」, 10(2): 153~164.

손희진 · 문지원 · 이진욱 · 하재명, 2006, "아파트에서 보이는 조망 경관의 질적 가치 분석에 관한 연구", 「한국주거학회 논문집」, 176: 119~128.

오동훈 · 이찬범, 2003, "한강수변 아파트 가격에 미치는 조망과 층별요인의 영향 분석", 「국토계획」, 38(5): 247~257.

윤창락 · 김학철 · 김경옥 · 황치정, 2009, "3차원 GIS 기반 실시간 비디오 시각화 기술", 「한국공간정보시스템학회 논문집」, 11(1): 63~70.

이옥자, 2008, "부산해운대지역 아파트 가격의 바다조망가치에 관한 연구", 「지역사회연구」, 16(3): 53~70.

정수연 · 배재흠, 2004, "조망가치 산정방법에 관한 연구", 「부동산연구」, 14(2): 65~86.

Batty, M., 2001, "Exploring Isovist Fields: Space and Shape in Architectural and Urban Morphology", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1): 123~150.

Davis, L. and Benedikt, M., 1979, "Computational Models of Space: Isovists and Isovist Fields", *Computer Graphics and Image Processing*, 11: 49~72.

Desyllas, J., Duxbury, E., Ward, J., and Smith, A., 2003, *Pedestrian Demand Modelling of Large Cities: An Applied Example from London*, Working Papers series 62, Centre for Advanced Spatial Analysis, London, UK.

Hamilton, S. and Morgan, A., 2010, "Integrating lidar, GIS and hedonic proce modeling to measure amenity values in urban beach residential property markets", *Computers, Environment & Urban Systems*, 34(2): 133~141.

Hillier, B., 2007, *Space Is the Machine*, Space Syntax, UK.

Lake, I., Lovett, A., Bateman, I., and Langford, I., 1998, "Modelling Environmental Influences on Property Prices in an Urban Environment", *Computers, Environment and Urban Systems*, 22: 121~136.

Liu, L., Zhang, L., Ma, J., Zhang, L., Zhang, X., Xiao, Z., and Yang, L., 2010, "An Improved Lind-of-Sight Method for Visibility Analysis in 3D Complex Landscapes", *Science China Information Sciences*, 53(11): 2185~2194.

Markhede, H., Miranda, P., and Koch, D., 2010, "Spatial Positioning Tool", *The Journal of Space Syntax*, 1(1): 149~163.

Morello, E. and Ratti, C., 2009, "A Digital Image of the City:3-D Isovists and a Tribute to Kevin Lynch", *Environment and Planning B*, 36(5): 837~853.

Sander, H. and Manson, S., 2007, "Heights and locations of artificial structures in viewshed calculation: How close is close enough?", *Landscape and Urban Planning*, 82(4): 257~270.

Turner, A., 2000, *Angular Analysis: A Method for the quantification of Space*, Working Paper series 23, Center for Advanced Spatial Analysis, London, UK.

Turner, P. and Penn, A., 1999, *Making Isovists Syntactic: Isovist Integration Analysis*, I(1.08), Brasilia, Brazil: Universidad de Brasil.

Yang, P., Putra, S., and Li, W., 2007, "Viewshpere: A GIS-Based 3D Visibility Analysis for Urban

Design Evaluation", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(6): 971~992.

원 고 접 수 일 : 2011년 3월 18일
1차심사완료일 : 2011년 5월 2일
2차심사완료일 : 2011년 5월 24일
최종원고채택일 : 2011년 7월 4일