국토연구 제58권 (2008. 9): pp137~150

확률선택모형에 의한 대구시의 토지이용변화에 대한 실증분석

An Empirical Anaysis of Land use Changes in Daegu Metropolitan City by Using Probabilistic Choice Model

박헌수 중앙대학교 도시 및 지역계획학과 교수(제1저자)
Heonsoo Park Professor, Dept. of Urban and Regional Planning, Chung Ang Univ.(Primary Author)
(heonsoo@cau.ac.kr)

조규영 안양대학교 도시정보공학과 부교수
Kyuyoung Cho Associate Professor, Dept. of Urban Information Engineering, Anyang Univ.
(kyuyoung@anyang.ac.kr)

목 차

I. 서론

II. 선행연구 검토

III. 모형의 설정

IV. 실증분석
1. 대상지 및 자료구축
2. 분석 결과

V. 결론

* 본 논문은 건설교통부(2007) "토지수요예측모형, 국토공간계획지원체계(KOPSS) 구축사업 2007년 준공보고서" 내용을 일부 수정·보완하였음.

www.kci.go.kr

I. 서론

지속가능한 도시를 위해서는 토지를 효율적으로 관리할 수 있는 방안이 필요하다. 토지이용변화는 환경에 영향을 미친다. 예를 들어 1990년대의 서울과 광역시를 중심으로 대도시화 현상이 급속하게 진행되면서 대도시 주변지역에서는 농경지가 주거와 상업 또는 산업용 토지로의 전용이 크게 늘어났다. 토지공급에 비해 도시성장이 더 빠르게 진행되면서 대도시로 유입되는 인구에 대한 토지가 적절하게 공급되지 못하였다. 이에 따라 준농림지에 아파트를 건설하고, 저밀도의 열악한 주거지역을 고밀도의 아파트로 재건축하는 과정에서 난개발에 대한 문제가 생겼다.

정부는 제4차 국토종합계획(2000~2020)에서 "환경과 개발의 통합"이라는 원칙하에 국토이용 및 관리체계를 "선계획-후개발"로 개편하였다. 이러한 정책기조의 전환은 국토·도시계획을 담당하는 공무원과 계획가에게 더 많은 역할과 책임을 요구하고 있다.

국토와 도시공간에 대한 각종 계획을 수립하고 정책을 결정하는 데 있어 중요한 것은 미래의 변화를 예측하는 일이다. 미래의 변화를 정확하게 예측하는 것은 쉽지는 않지만 토지이용변화에 따른 국토공간에 미치는 효과를 사전에 모의실험을 통해 분석할 수 있다면 개발에 따른 부작용을 최소화할 수 있을 것이다.

도시계획은 본질적으로 미래의 바람직한 도시의 모습을 계획하는 미래지향적인 활동이다. 미래를 예측하는 것보다 못지 않게 중요한 것은 미래의 상황을 예상하고 적절하게 대처하는 것이 중요하다.

합리적이고 과학적인 도시계획을 수립하기 위해서는 무엇보다도 먼저 지역에 대한 정확한 이해와 상세한 정보, 그리고 지역의 특성을 반영하는 계획이 이루어져야 한다. 도시계획의 결정에 따라 파급효과가 크게 나타나는 것이 토지다. 따라서 도시가 가지고 있는 토지자원을 합리적이고 과학적으로 관리하기 위해서는 토지이용에 대한 시계열적인 변화와 공간적인 변화를 분석할 수 있는 모형이 필요하다(김훈희·이진희. 2001).

최근 토지이용변화에 대한 실증연구의 필요성이 높아지고 있다. 2003년에 개정된 주택법에 따르면 국토해양부장관은 주택종합계획을 수립하여야 하고 이를 근거로 시·도지사는 시·도 주택종합계획을 의무적으로 수립하도록 정하고 있다. 주택종합계획의 내용 중 주택 및 택지의 수요와 공급, 관리에 관한 사항이 포함되면서 장래 주택 및 택지수요의 과학적·합리적 추정의 중요성이 높아지고 있다.

도시기본계획에 대한 결정권이 중앙정부에서 지방정부로 이양됨에 따라 도시기본계획의 각종 미래지표를 예측하고 이에 따른 토지이용계획을 수립하는 과정에 커다란 변화가 생겼다. 시도에서 인구, 산업, 시가화구역 토지 총량을 각 시군으로 배분하게 된다. 따라서 시도에서 각 시군의 도시개발에 대한 요구들을 합리적이고 객관적인 기준에 따라 조정하는 역할이 중요해지고 있다. 이를 효율적으로 수행하기 위해서는 토지이용의 변화가 어떤 요인들에 의해 영향을 받으며 결정되는가에 대한 연구가 필요하다.

토지이용변화에 대한 추정과 예측은 도시의 세부지역의 정보를 토대로 이루어져야 하며, 다양한 토지이용상황을 추정하고 예측할 수 있어야 도시계획에서의 활용성이 높다. 그동안 국내에서 이루어진 관련연구로 정재준(2002), 최대식(2003), 이성호 외 4인(2004), 김재익 외 3인(2007)의 연구가 있다. 이들의 연구는 대부분 원격탐사 자료를 기반으로 분석이 이루어짐에 따라 자료가 가지는 한계

www.kci.go.kr

가 있다. 위성영상을 가지고 분류된 토지피복자료는 도시적 토지이용에 대한 구분이 시가화구역이라는 단일의 토지이용상황만을 제공하기 때문에 실제 도시공간에서 이루어지고 있는 다양한 토지이용의 변화를 다루고 있지 못하다. 또한 토지피복자료가 대용량의 자료이어서 모형의 사용이 제한적일 수 밖에 없다. 예를 들어 통계적(statistical)인 방법보다는 규칙기반(rule-based) 알고리즘에 의존하는 셀룰러오토메타(CA: Cellular Automata) 방법이나 통계적인 방법이지만 토지이용변화에 대한 대안이 두 개의 경우에 한정된 이항 로짓모형 혹은 로지스틱 회귀모형식을 사용하고 있다. 또는 격자크기에 제약을 두거나 소규모지역을 대상으로 분석하는 것이 보편적이다.

본 논문의 목적은 세 가지다. 첫째 건축행정정보시스템(AIS), 즉 ALPA 자료[1]와 건축물대장정보의 활용으로 도시적 토지이용을 주거와 비주거용으로 세분화하여 분석함으로써 향후 다양한 토지이용 대안들에 대한 모형의 확장 가능성을 살펴본다. 둘째, 확률표본을 추출하여 복수의 선택대안에 대한 확률선택모형을 추정하는 방법을 제시함으로써 컴퓨터의 연산과정의 부하를 줄이고 보다 광범위한 공간단위에 적용할 수 있는 방안을 살펴본다. 마지막으로 토지이용변화에 영향을 미치는 요인들을 분석함으로써 각종 도시계획정책에 대한 모의실험에 활용할 수 있는 방안을 제시한다.

II. 선행연구 검토

그동안 인구, 교통, 토지이용 사이의 관계에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 이 중에서 토지이용변화의 추정은 중요한 연구대상이었다(Fujita. 1989; Nelson and Hellerstein. 1997; Clarke. 1997; Munroe. et al. 2001). 그 결과 다양한 통합적인 토지이용모형들이 개발되었다.

Waddell(2002)의 UrbanSim은 미국에서 폭넓게 적용이 되고 있다. 150m×150m 격자 단위에서 토지개발에 대한 시뮬레이션 모듈을 제공하고 있다. 설명변수들로 지역, 근린, 그리고 격자단위의 속성들을 포함하고 있다.

Hunt and Araham(2003)에 의해 고안된 PECAS 모형은 표준적인 확률선택모형을 기반으로 산업 간의 교역흐름을 반영하기 위한 투입산출모형을 통합함으로써 경제학적인 요소를 모형에 반영하였다.

셀룰러오토메타(CA) 기반의 SLEUTH 모형은 Clarke et al.(1997)에 의해 제안된 도시성장모형(Urban Growth Model: UGM)과 토지이용/토지피복모형으로 구성되어 있다. SLEUTH 모형은 각 셀의 시간과 공간적인 내용을 인지하면서 토지이용 변화를 시뮬레이션하고 있지만 바로 인접한 셀의 정보만을 공유할 수 있어 인접 셀 이외의 주변지역 셀들 간의 상호 작용을 무시하고 있다. 특히, 토지가격, 고용과 인구밀도 등과 같은 인적요소가 토지이용에 미치는 효과들을 다루지 못하고 있을 뿐 아니라 모형 구조가 행태적 또는 통계적 모형이기보다는 규칙에 기반한 알고리즘 모형이다.

토지이용변화에 대한 선행연구들은 크게 모형구조 측면에서는 규칙기반 알고리즘 모형과 확률선택모형으로 크게 나눌 수 있으며, 공간단위 측면에서는 행정구역, 지적(parcel), 격자 등으로 나눌 수 있다. 최근의 추세는 공간자료처리에 융통성이 높은 격자단위를 기반으로 확률선택모형을 사용하는 것이 주류를 이루고 있다.

1) ALPA 자료는 개별공시지가 자동산정 프로그램에서 사용되는 토지특성 자료를 말한다.

www.kci.go.kr

확률선택모형을 사용하여 토지이용변화를 모형화 하는 경우 대부분 의사결정자인 개인 혹은 개인이 소유하고 있는 각 토지는 선택가능한 모든 대안들 가운데서 가장 효용수준이 높은 대안을 선택한다고 가정한다. 그리고 의사결정은 서로 독립적인 과정으로 이루어진다고 가정한다.[2)]

실제 토지이용변화모형을 실증분석하는 과정에서 두 가지 문제에 직면하게 된다. 첫째는 토지이용의 변화는 두 시점 간의 변화로서 시간이라는 요소가 개입되며 결국 토지이용변화는 시간적으로 서로 상관되어 있다. 예를 들어, 한 지역에서의 토지개발은 시간적으로 무작위하게 개발되기보다는 비슷한 시기에 개발이 이루어지는 경향이 있다. 두 번째는 토지이용변화는 공간적으로 서로 상관이 되어 있다. 지리적으로 서로 근접되어 있는 토지들은 서로 연관성이 높은 반면 지리적으로 멀리 떨어져 있는 경우 연관성이 낮은 경향이 있다.[3)]

이러한 시간과 공간적인 상관관계를 모형에서 적절하게 통제를 하지 않으면 모형추정에 있어 편향된 결과를 얻게 된다. Munroe et al.(2001)은 표본추출을 통해 공간상관문제를 통제한 후 잔차(residual)에 내재하는 시간에 대한 상관문제는 Cliff and Ord(1981)이 제시한 추세표면(trend surface)방식을 통해 제거하면서 토지이용변화를 분석하였다. Mohammadian et al.(2004)는 혼합로짓모형(mixed logit model)을 사용하여 공간효과를 통제하였다. 하지만 공간상관은 일반적으로 표본추출을 통해 완전히 제거되지 않는다(Wang and Kockelman. 2006).

공간상관문제를 해결하기 위한 방법으로 공간자기회귀(spatial autoregressive: SAR) 모형을 사용하기도 한다. Miyamoto et al.(2004)은 163개 표본에 대해 SAR 함수형태와 입지선택에 대한 로짓모형을 모의된 최대우도추정법(MSLE)을 사용하여 분석하였다.

공간자기회귀모형에 의한 방법은 상관된 지역들에 대한 정보가 필요하다. 위성영상자료와 같이 자료의 양이 방대할 경우 이 방법을 적용하는 것은 불가능하다.

Frazier and Kockelman(2005)과 Wang and Kockelman(2006)은 미국 텍사스주 오스틴 지역에 대해 30m×30m 공간해상도를 가지는 격자자료를 사용하여 토지이용의 변화를 분석하였다. 이들은 자료들 간의 공간상관을 거리에 대한 함수로서 직접적으로 측정을 한 다음 확률표본을 추출하여 분석하였다. 오스틴 지역에 대한 위성영상에서 300만 개의 픽셀을 사용하는 것 대신에 1,000개의 분석단위(픽셀)의 표본을 100번 임의로 추출하는 방법을 사용하였다.

III. 모형의 설정

본 연구에서는 각 지역의 접근성과 주변지역의 인구와 토지이용 상황들을 고려하여 확률선택모형인 다항로짓모형(multinomial logit model)을 사용하여 토지이용의 변화 확률을 추정한다. 분석에 사용된 공간단위가 30m×30m 격자자료로서 방대한 자료를 사용하여 토지이용변화를 추정하기 때문에 확률표본을 반복적으로 추출한 다음 다항로짓모형을 추정하는 Frazier and Kockelman(2005)의 방법을 사용하기로 한다.

토지이용의 변화는 이산적(discrete)이다. 미개

2) 통계적으로 이를 베르누이 시행이라 한다.

3) 이를 지리학의 제1법칙이라 한다.

www.kci.go.kr

발지의 형태로 존재하거나 주거용 또는 비주거용 토지로 개발이 된다. 주거용 토지로 개발되는 경우에도 단독주택용지로 개발되거나 아파트나 연립주택과 같이 공동주택용지로 개발된다. 토지개발은 가계(household), 디벨로퍼(developer)와 계획가(planner)에 의한 의사결정의 결과이며, 이러한 의사결정은 불확실성하에서 이루어지게 된다.

의사결정이 이산적이며 불확실한 상황에서 이루어질 경우에 일반적으로 많이 사용되는 모형은 확률효용이론(random utility theory)을 적용한 확률선택모형이다. 예를 들어 한 셀(cell)에서의 토지유형 m은 다음 식에 의해 결정된다.

$$y_{i,m}=\begin{cases}1 \text{ 만약 } U_{i,m}>U_{i,n} \ \forall\, n\in M, n\neq m\\ 0 \text{ 기타}\end{cases}$$

<식 1>

여기서 $y_{i,m}$는 셀 i에 대한 토지이용형태가 m인 경우 1, 기타의 경우는 0의 값을 갖는 지표(index) 변수다. $U_{i,m}$는 실제 관측되지 않지만 토지이용 m에 대한 효용수준을 나타내는 효용함수(utility function)다. M은 모든 토지이용 대안들의 집합이다. 본 논문에서는 토지이용이 나대지인 경우 $m=1$이며, 주거용 토지의 경우는 $m=2$, 비주거의 경우는 $m=3$으로 설정하였다. 따라서 $M=\{1,2,3\}$이다.

선택 대안들이 모두 이산적(discrete)이라고 가정하면, 각 대안에 대한 효용함수 $U_{i,m}$는 자료를 통해 측정가능한(measurable) 부분 $V_{i,m}$과 측정이 불가능한 확률적인(stochastic) 부분 $\epsilon_{i,m}$로 구성된다.

$$U_{i,m}=V_{i,m}+\epsilon_{i,m}$$

<식 2>

여기서, $V_{i,m}=\mathrm{X}_{i,m}'\theta_m$으로 모수에 대한 선형함수이며, θ_m는 k개의 추정가능한 모수벡터이며, $\mathrm{X}_{i,m}$는 관측된, 외생적인 설명변수의 집합, 즉 독립변수 벡터다. $\varepsilon_{i,m}$는 관측되지 않는 오차항이다.

확률효용 부분 $\varepsilon_{i,m}$은 토지유형과 관측치들에 대해 분포가 일정하고 서로 독립적인(iid) Gumbel 분포를 한다고 가정하면 다음과 같이 다항로짓모형(multinomial logit model)을 유도할 수 있다.[4)]

$$P(y_{i,m}=1|\,\mathrm{X}_{i,m};\theta_m)=\frac{\exp(\mathrm{X}_{i,m}'\theta_m)}{1+\sum_{n=2}^{M}\exp(\mathrm{X}_{i,n}'\theta_n)}$$

<식 3>

설명변수의 집합 $\mathrm{X}_{i,m}$은 자료의 구득 여부와 선행연구들을 종합적으로 검토하여 설정한다. 본 논문에서는 고속도로 톨게이트와의 거리, 주요도로와의 거리, 도심(CBD)과의 거리 등과 같이 접근성에 대한 변수와 각종 어메니티를 간접적으로 나타내는 주변지역의 인구규모와 토지이용상황 등을 사용한다.

가령 2000년의 미개발지에서 2005년의 주거지 또는 비주거지로 토지이용변화를 추정하기 위하여 측정가능한 효용수준은 각각 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$V_{i,2}=\alpha_0+\alpha_1 D_{i,IC}+\alpha_2 D_{i,RD}+\alpha_3 D_{i,CBD}+\sum_{j\in S_i}\alpha_4\frac{POP_j}{d_{ij}^2}+\sum_{j\in S_i}\alpha_5\frac{y_{j,2}}{d_{ij}^2}+\sum_{j\in S_i}\alpha_6\frac{y_{j,3}}{d_{ij}^2}$$

<식 4>

$$V_{i,3}=\beta_0+\beta_1 D_{i,IC}+\beta_2 D_{i,RD}+\beta_3 D_{i,CBD}+\sum_{j\in S_i}\beta_4\frac{POP_j}{d_{ij}^2}+\sum_{j\in S_i}\beta_5\frac{y_{j,2}}{d_{ij}^2}+\sum_{j\in S_i}\beta_6\frac{y_{j,3}}{d_{ij}^2}$$

<식 5>

4) 자세한 내용은 Mc Fadden(1984) 참조.

www.kci.go.kr

d_{ij} 는 셀 i 와 j 간의 거리다. 본 논문에서는 격자의 중심좌표(centroid coordinate)들을 사용하여 유클리드 거리를 사용하였다. S_i 는 i 셀을 중심으로 3.03km×3.03km 사각형 근린으로 1만101개의 셀로 구성된다.

모수벡터를 추정하기 위해서 최대우도추정법(maximum likelihood estimation: MLE)을 사용한다. 이를 위해서 모형의 로그우도함수는 다음과 같다.[5)]

$$LLF = \sum_{i=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} y_{i,m} \ln P(y_{i,m} = 1 | \mathrm{X}_{i,m}; \theta_m)$$

<식 6>

IV. 실증분석

1. 대상지 및 자료구축

본 논문에서의 연구대상지역은 대구광역시이다. 실제 토지이용의 개발은 대구광역시에 한정되는 것이 아니라 주변지역으로 확산이 이루어지는 것이 보편적이지만 본 연구에서는 자료의 구득 한계상 대구광역시로 한정하였다.

분석의 공간적인 단위는 30m×30m 격자(grid)이다. 전체 대구광역시를 커버하는 격자는 총 1234×1530으로 188만 8,020개의 격자로 구성되어있다. 이 중에서 대구광역시 행정구역에 포함되는 격자는 97만 9,140개다.

실제 분석에 앞서 방대한 자료구축이 필요하다. 본 연구에서는 통계청의 2000년과 2005년 인구주택센서스 자료, 1/5,000 수치지형도, 건축행정정보시스템(AIS), 토지특성을 파악할 수 있는 ALPA 자료 등을 활용하였다. 모든 자료들은 공간자료의 분석을 위해 ArcInfo의 커버리지(coverage) 형태로 통합하여 분석하였다.

도시성장과 토지이용변환 모형을 구축함에 있어 가장 커다란 문제는 자료의 가용여부다. 특히 도시성장과 토지이용변화는 자연적·생태적 변수뿐 아니라 사회경제적 변수에 대한 정보를 필요로 하며 특히 토지이용의 시공간적 자료를 필요로 한다. 일반적 자료출처는 센서스, 정부간행물, 지방정부의 자료 등이지만 이러한 자료들은 기준시점이 달라 시기상 부정확하거나 일관성이 부족하고, 세부적인 공간단위에 대해서는 자료가 존재하지 않거나 저개발 혹은 미개발지역에 대한 정보가 부족한 문제가 있다. 이러한 경우 유용한 자료가 원격탐사자료다. 원격탐사자료는 광범위한 지역에 대해 일관성을 가지는 상세한 시계열 자료를 얻을 수 있고 도시지역의 확산, 토지피복 및 토지이용의 변화, 기반시설의 분포 등 도시특성을 나타낼 수 있는 자료들을 획득할 수 있다. 하지만 현재 이용가능한 원격탐사자료는 도시용 토지이용에 대한 정보가 제한되어 있어 본 논문에서 활용하기에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 건축행정정보시스템(AIS)의 건축사용연도와 건축물의 사용용도를 기준으로 토지이용 상황과 토지이용변화에 대한 자료를 구축하였다.

토지이용은 미개발, 주거용 토지이용, 비주거용 토지이용으로 범주(category)를 구분하였다. AIS 자료의 경우 건물이 입지하기 전의 토지이용에 대한 정보가 없어 편의상 모든 건물은 건물이 입지하기 전에는 미개발지라고 가정하였다. AIS 자료를 이용하여 2000년 이전에 건물의 용도와 2005년 현재의 용도를 구분하여 다음과 같이 세 개의 대안: 미개발에서 미개발(대안 1), 미개발에서 주거용 토지이용(대안 2), 미개발에서 비주거용 토지이용(대

5) 추정방법에 대해서는 Greene(2000), Train(2003) 참조.

www.kci.go.kr

안 3)으로 구분하였다.[6]

각 격자 셀에 대해 고속도로 톨게이트와 도심과의 거리를 유클리드 거리로 계산하였다. 고속도로 톨게이트와의 거리는 각 셀에서 4개의 톨게이트와의 최단거리다. 도심과의 거리는 서비스업 사업체와 고용자가 밀집되어 있는 중구 성내 1동과 성내 2동의 중심좌표의 평균을 사용하였다.[7]

각 셀의 값뿐만 아니라 주변지역의 값들이 미치는 영향을 고려하기 위하여 주변지역의 값과 셀들 간의 거리를 감안하여 주변지역의 근린(neighborhood) 변수를 구하였다. 다양한 근린변수들을 구하였지만 최종적으로는 인구와 토지이용 상황을 사용하였다.[8] 인구는 2000년과 2005년 인구주택센서스의 동별 인구를 사용하였다. 동의 경계와 셀의 경계는 일치하지 않기 때문에 동의 인구규모와 각 동의 주택용지 규모와의 관계를 회귀분석한 다음 각 셀에서의 주택용지에 대한 값을 구하여 인구규모를 추정하였다. 이렇게 추정한 인구규모를 동별로 합산한 뒤에 인구주택센서스의 동별 총인구와 일치하도록 보정하였다.[9]

인구와 토지특성은 2000년을 기준으로 하여 주변지역 반경 1.5km 이내의 셀들에 대한 특성을 거리의 제곱에 반비례하도록 가중치를 부여하여 구하였다. 주변지역에 대한 정의는 다소 주관적이지만 본 논문에서는 반경 1.5km를 고려하였다.[10] 2005년 대신 2000년의 속성 값을 사용한 것은 설명변수들의 외생성(exogeneity)을 확보하기 위해서다. 이는 각 주변지역의 설명변수 값들을 사전에 처리하여 사용함으로써 표본을 임의로 추출하는 과정에서 주변지역에 대한 정보가 손실되는 것을 방지할 수 있다. 주변지역의 인구와 토지특성은 셀 사이의 거리를 이용하여 거리에 제곱을 가중치로 하여 구하였다.[11]

다음으로 토지공급에 대한 정보로 개발가능지를 사용하였다. 본 논문에서는 개발가능지에 대한 기준은 기개발지, 개발제한구역과 환경보호지역 등과 같은 제도적 규제지역, 그리고 물리적으로 개발이 불가능한 지역을 제외한 지역을 개발가능지로 정의하였다. 개발가능지에 대한 자료는 건설교통부(2007)의 자료를 사용하였다.

2. 분석 결과

<표 1>은 지역별 2000에서 2005년 사이에 발생한 토지이용변화를 보여주고 있다. 지난 5년 동안 8,895개의 셀에서 토지이용변화가 생겼으며, 개발가능지 가운데 4만 7,091개의 셀은 여전히 미개발로 남아 있다.

---

6) 가능한 대안은 전체 9개이나 대구시의 경우는 3개의 대안이 대부분을 차지하고 있다.

7) 도심의 식별에 대한 연구는 별도의 연구분야여서 본 논문에서는 제외하였다.

8) 토지수요를 추정하기 위해서는 가구, 인구, 주택, 주택보급률 등의 통계자료와 소득, 주택가격 등의 자료가 필요하지만 현실적으로 소득자료와 주택가격자료는 취득하기 어려우며 취득하더라도 제약요인이 많아 본 연구에서는 비교적 구득이 용이한 인구 자료만을 사용하였다.

9) 추정결과는 다음과 같으며, 셀당 평균 인구는 61.5명이다.

$$PD_i = \underset{(9.25)}{0.03378}\, LD_i + \underset{(11.40)}{0.028273}\, HD_i \qquad R^2 = 0.9421$$

여기서 PD_i은 i 행정동의 인구밀도이며, LD_i는 단독주택용지면적, HD_i는 공동주택용지면적이며, 괄호 안은 t값이다.

10) 기타 반경 3km, 6km 등도 고려하였으나 분석결과는 큰 차이가 없어 본 논문에서는 반경 1.5km 경우만 제시하였다.

11) 가중치는 d_{ij}, d_{ij}^2, $\exp(d_{ij})$, $\exp(d_{ij}^2)$ 등을 고려한 가운데 우도(likelihood)가 가장 큰 d_{ij}^2을 사용하였다.

www.kci.go.kr

표 1_ 대구광역시 지역별 2000~2005년 토지이용변화

(단위: 셀, %)

구분	미개발→미개발	미개발→주거	미개발→비주거	계
중구	323 (81.0)	43 (10.8)	33 (8.3)	399
동구	1,907 (86.0)	174 (7.8)	137 (6.2)	2,218
서구	825 (61.8)	312 (23.4)	197 (14.8)	1,334
남구	1,071 (79.4)	165 (12.2)	113 (8.4)	1,349
북구	4,364 (72.6)	1,034 (17.2)	615 (10.2)	6,013
수성구	1,314 (88.6)	94 (6.3)	75 (5.1)	1,483
달서구	3,050 (64.9)	975 (20.7)	675 (14.4)	4,700
달성군	34,237 (89.0)	2,209 (5.7)	2,044 (5.3)	38,490
계	47,091	5,006	3,889	55,986

주: ( )안은 %임.

시가화지역의 확산은 외곽지역에서 주도하고 있다. 도심에서 멀리 떨어져 있어 상대적으로 개발에 대한 규제가 낮고 토지가격이 낮은 달성군에서 토지이용변화가 많이 이루어졌다. 다음으로 성서공단이 들어선 달서구와 칠곡지구 개발이 이루어지고 있는 북구가 도시확장을 주도하고 있다. 도시확산의 형태는 지형적 영향을 받기도 하지만 대구광역시의 경우 개발제한구역에 의해 차단된 개발압력이 개발제한구역을 뛰어 넘어 진행되는 소위 비지적 개발(leap-frog development)의 패턴도 보여주고 있다.

토지이용변화에 영향을 미치는 공간효과를 고려하기 위하여 주변지역의 인구규모와 토지이용상황을 설명변수로 사용하였다. 주변지역의 정보를 설명변수로 사용할 경우 대상지역의 가장자리에 위치하는 셀들은 사용할 수가 없다. 가장자리에 있는 셀들을 분석에서 제외하더라도 여전히 모형을 추정하기 위해서는 셀의 규모가 크다. 따라서 본 논문에서는 추정의 부담을 줄이기 위해서 표본 셀을 확률적으로 추출하는 방법을 사용한다. 100번의 표본들을 임의적으로 추출하며, 각각의 표본은 2,000개의 셀을 포함한다. <표 2>는 표본추출된 자료에 대한 기초통계를 보여주고 있다.

표 2_ 기초통계(관측치 2000개)

변수	평균	표준편차	최소값	최대값
도심(CBD) 거리(km)	12.10	6.55	0.40	29.51
고속도로 IC 거리(km)	14.27	8.48	0.28	32.48
주요도로 거리(km)	2.26	2.32	0.00	12.20
주변지역 인구(명)	534	466	12	2,034
주변지역 주거용 토지이용(셀)	1.60	1.46	0.02	6.13
주변지역 비주거용 토지이용(셀)	1.45	1.05	0.06	5.38

주: 주변지역은 셀을 중심으로 반경 1.5km 이내로 정의함

<표 3>은 추정계수와 표준오차들을 보여주고 있다. 표준오차는 표본들에 대한 추정치들의 평균값이다. 표본계수들의 평균은 전체 모집단에 대한 해당 계수들에 대한 일치성을 갖는 추정치이지만 표준오차의 평균들은 모집단의 표준오차에 대한 일치추정치를 제공하지 못한다(Greene. 2000). 접근성에 대한 대부분의 변수들은 표본추출과정에서의 자료들 간의 변이가 커서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 반면에 주변지역의 특성변수들은 표본을 추출하는 경우에도 반경 1.5km 이내의 셀들의 정보를 사용하기 때문에 표본추출과정에서 이러한 정보의 손실이 발생하지 않는다. 따라서 표본추출과정에서 자료들 간의 변동이 크지 않아 대부분의 변수들이 통계적인 유의성이 큰 것으로 나타났다.

도심과의 거리는 도심에서 멀어질수록 미개발

www.kci.go.kr

토지가 주거나 비주거로 개발될 가능성이 높아진다. 이는 도심에서 멀어질수록 개발에 대한 규제가 적고, 토지가격이 저렴하고 따라서 건설비용은 낮아지기 때문이다. 하지만 도심이 제공하는 각종 어메니티에 대한 편익이 존재하기 때문에 토지개발은 일정 지역까지는 증가하지만 그 지역을 지나서는 오히려 개발가능성이 낮아진다. 이러한 토지개발의 패턴을 고려하기 위하여 도심거리의 2차 항을 모형에 추가하였다. 모형 추정결과 주거지 개발은 도심으로부터 반경 13.5km에서, 비주거지 개발은 15.6km에서 토지이용의 변화가 가장 많이 이루어진 것으로 나타났다. 실제 토지개발이 이루어지는 과정은 토지개발비용과 개발로 인한 편익을 통한 경제적 타당성을 통해 이루어진다. 도심에서 이루어지는 토지개발은 각종 개발에 대한 규제와 비싼 토지가격보다 개발에 대한 편익이 커서 수익성이 확보될 경우에 개발이 이루어진다. 도심에 가까운 지역에서의 미개발토지에 대한 개발은 가능성이 낮은 반면 오히려 환경이 열악한 주거와 비주거용 토지에 대한 도시밀도를 높이는 도심재생사업에 대한 가능성이 높아진다. 하지만 본 논문에서는 사용한 자료의 한계로 인하여 이에 대한 분석은 제외하였다.

고속도로 톨게이트와의 거리가 커질수록 토지개발에 대한 가능성이 커지는 것으로 나타났다. 기존 4개의 고속도로 톨게이트 주변의 토지는 이미 기 개발지의 형태로 이용되고 있으며, 상대적으로 고속도로 톨게이트에서 멀리 떨어져 있는 토지에 비해 토지가격이 높아 개발가능성이 낮기 때문이다. 본 논문에서는 자료가 가지고 있는 한계로 인하여 기개발된 토지는 분석기간에서 토지이용의 변화가 이루어지지 않는다는 가정으로 분석에서 제외하였다. 따라서 대부분의 토지이용의 변화는 고속도로로부터 멀리 떨어져 있는 토지에서 이루어지는 것으로 판단된다.[12] 주요 도로와의 거리는 예상한 대로 거리가 멀어질수록 개발확률은 낮아진다.

표 3_ 다항로짓모형 추정결과(관측치 2000개)

변수	미개발 → 주거용	미개발 → 비주거용
상수항	−3.4135 (0.3351)***	−2.9070 (0.4102)***
도시(CBD) 거리 (km)	0.0493 (0.0443)	0.0255 (0.0487)
도시(CBD) 거리 (÷ 100)	−0.1766 (0.1608)	−0.1025 (0.1628)
고속도로 IC 거리 (km)	0.0030 (0.0077)	−0.0011 (0.0102)
주요 도로 거리 (km)	0.0023 (0.0291)	−0.0213 (0.0279)
주변지역 인구 (천 명)	1.0770 (0.2350)***	0.8590 (0.3570)**
주변지역 주거용 토지이용(셀)	0.1057 (0.0791)	−0.0800 (0.1230)
주변지역 비주거용 토지이용(셀)	0.3036 (0.0925)***	0.3113 (0.1012)***

주: 주변지역은 셀을 중심으로 반경 1.5km 이내로 정의함
( ) 안은 표준오차임.

주변지역의 인구와 토지이용 상황은 향후 토지개발에 크게 영향을 미치는 것으로 추정이 되었다. 주변지역의 인구가 많을수록 토지개발 가능성이 높아지는데 비주거에 비해 주거용 토지로의 변화가 다소 높게 나타났다.

주변지역이 주거용 토지이용 비율이 높은 경우에 해당 셀은 미래에 주거용으로 토지이용이 변화될 가능성은 높게 나타난 반면 비주거용 토지이용 변화가 발생할 가능성은 낮게 나타났다. 이러한 효

12) 이에 대해서는 다른 해석도 가능하다. 한 심사자는 미국의 경우 고속도로는 대부분이 프리웨이로서 진출입이 편리하지만 우리나라의 고속도로는 유료도로로서 톨게이트가 수십km마다 있는 데다 톨게이트의 위치가 외진 곳이 대부분여서 고속도로 톨게이트와 거리가 가깝다는 것은 개발가능성이 낮다는 것을 의미할 수도 있다고 지적하였다.

www.kci.go.kr

과들은 주거용 토지개발에 있어서는 강한 클러스터 효과를 의미하는 반면 비주거용 토지의 개발에 대해서는 클러스터 효과가 없는 것으로 나타났다. 하지만 본 논문에서 비주거용 토지이용에 대한 분류를 세분화하지 하지 않고 사용함에 따라 추정결과에 대한 통계적인 유의성이 낮게 나타났다. 비주거용 토지에 대해 용도를 세분화하는 경우 용도에 따라 그 효과가 달리 나타날 것이다. 이에 대한 연구는 추후 연구로 남긴다.

반면에 주변지역의 토지이용을 비주거비율이 높은 지역에서 해당 셀은 미래에 주거와 비주거용 토지개발에 대한 가능성이 높은 것으로 나타났다.

설명변수의 변화에 따른 토지이용 변화에 미치는 영향을 탄력치(elasticity)로 구하였다. 탄력치는 추출된 표본의 평균값에 대한 토지이용변화에 대한 확률을 추정한 다음 각 설명변수들을 1% 변화시켰을 때 확률의 변화를 계산하였다.[13]

$$\epsilon_{ik} = \frac{\partial P(Y_i = 1|X_i)}{\partial X_{i,k}} \cdot \frac{X_{i,k}}{P(Y_i = 1|X_i)} \qquad \text{<식 7>}$$

각 탄력치는 100번의 표본 추출에 대해 구한 다음 이에 대한 평균값과 표준편차를 <표 4>에 제시하였다. 탄력치는 다른 변수들이 모두 일정하다고 가정하고 특정 변수에 대한 변화가 토지이용 변화에 미치는 영향이라 할 수 있다. 따라서 토지이용 변화에 영향을 미치는 변수들 간의 상대적인 중요도를 판단할 수 있다.

모든 것들은 일정하다고 한다면, 미개발에서 토지이용 변화에 가장 크게 영향을 미치는 변수는 주변지역의 인구규모다. 주변지역의 인구규모가 1% 증가하면 주거용 토지이용의 변화는 0.51% 증가하며, 비주거용은 0.42% 증가하는 것으로 추정되었다. 다음으로 중요한 변수는 주변지역의 비주거용 토지이용 상황으로 주변의 토지가 비주거로 이용되는 토지의 비율이 1% 증가하면 주거용 토지이용변화의 가능성은 0.39%로 높아지며, 비주거용의 토지이용변화는 0.41%로 나타난다. 주거용 토지이용변화는 주변지역의 비주거용 토지이용상황보다 주변지역의 인구규모에 더 크게 영향을 받는 반면 비주거용 토지이용변화는 그 반대로 나타났다.

접근성에 대한 변수들의 탄력치는 매우 적으나 접근성 변수들 가운데 도심과의 거리가 다른 접근성 변수에 비해 토지이용변화에 미치는 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

추정된 계수들을 사용하여 장래 토지이용변화를 예측할 수 있다. 불확실성은 예측된 토지이용 가운데 실제와 다른 토지이용을 갖는 셀들의 비율을 기초하여 계산이 가능하다. 계획가에게 예측의

표 4_ 토지이용변화 탄력성 분석 결과(관측치 2000개)

변수	미개발 → 주거용	미개발 → 비주거용
도시(CBD) 거리	0.23	0.11
고속도로 IC 거리	0.04	−0.01
주요 도로 거리	0.00	−0.04
주변지역 인구	0.51	0.42
주변지역 주거용 토지이용	0.15	−0.12
주변지역 비주거용 토지이용	0.39	0.41

주: 주변지역은 셀을 중심으로 반경 1.5km 이내로 정의함

13) 탄력치는 한 변수의 변화에 따른 토지이용변화 확률에 미치는 민감도 분석(sensitivity analysis)이다.

www.kci.go.kr

불확실성을 수량화하여 도식화하는 것은 도움이 된다. 본 논문에서는 엔트로피 통계를 기초로 예측의 불확실성을 수량화하였다. 즉, i 셀에서의 불확실성은 다음 식과 같이 수량화할 수 있다.

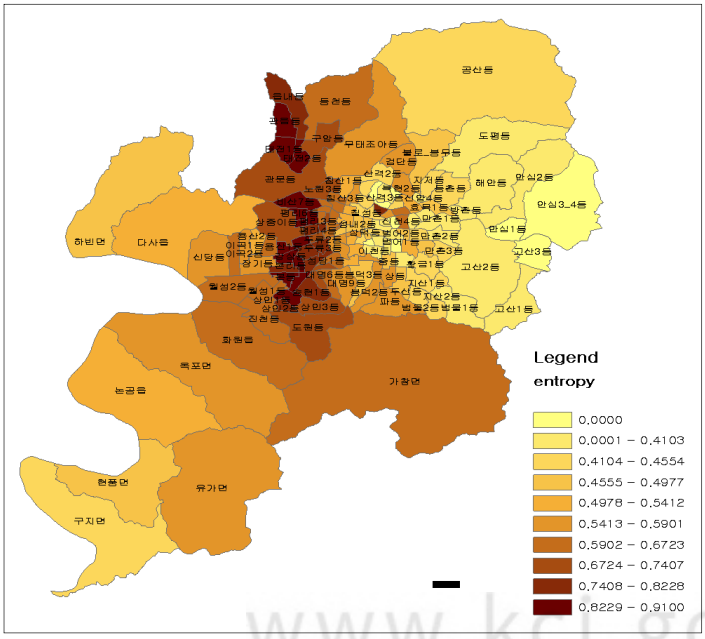
$$E_i = -\frac{1}{\ln(3)} \sum_{m=1}^{3} P_{im} \ln(P_{im}) \qquad <식\ 8>$$

각 셀에 대해 E_i는 0과 1 사이의 값을 가진다. 값이 클수록, 그 셀에 대한 예측치의 불확실성이 커진다. 세 개의 미래 토지이용 대안이 모두 동일한 확률($P_{im} = 0.33 \ \forall\ m$)을 가지면, 불확실성에 대한 지수는 1이 되며, 이는 최대 불확실성을 의미한다. 모든 100번의 시뮬레이션에 대해 토지이용 유형이 같은 상태로 남아 있다면, 이 지수는 0이 된다. 연구대상 지역과 예측치들의 집합과 관련된 토지이용에 대한 불확실성은 <그림>과 <표 5>에서 보는 바와 같이 북구, 서구, 달서구 등을 중심으로 높게 나타난 반면 중구, 동구, 수성구 등의 지역에서 낮게 나타났다.

표 5_ 대구광역시 지역별 2000~2005년 토지이용변화 확률 추정 및 엔트로피

지역	토지이용변화 확률 (%)			엔트로피 지수
	미개발→미개발	미개발→주거	미개발→비주거	
중구	83.1	9.0	7.8	0.50
동구	86.7	6.7	6.6	0.43
서구	65.5	21.7	12.8	0.73
남구	76.9	13.7	9.4	0.60
북구	71.1	18.0	10.9	0.66
수성구	87.1	6.3	6.6	0.42
달서구	70.0	18.2	11.8	0.68
달성군	78.1	12.1	9.8	0.57
계	77.3	13.2	9.5	0.57

그림_ 토지이용변화확률의 엔트로피 지수



V. 결론

본 논문에서는 확률선택모형인 다항로짓모형을 사용하여 대구광역시의 토지이용변화를 추정하였다. 30m×30m의 격자자료를 이용하여 미개발 토지가 주거 혹은 비주거용 토지로 변화될 확률을 추정하였다. 모형추정에 사용되는 자료의 양이 방대하기 때문에 본 논문에서는 관측치들을 표본추출하여 확률모형을 추정하는 방법을 제시하였다. 토지이용변화를 추정하는 주요 설명변수로서 인구와 토지이용상황에 대한 변수들은 시차변수들을 사용함으로써 설명변수에 대한 외생성 문제를 해결할 뿐만 아니라 표본을 추출하는 과정에서 정보의 손실

www.kci.go.kr

을 방지할 수 있다. 주요 변수들에 대한 토지이용변화에 미치는 영향의 정도와 토지이용변화에 대한 예측의 불확실성을 탄력치와 엔트로피로 수량화하였다.

이러한 분석결과는 토지이용변화 넓게는 도시성장모형의 구축분야의 연구에 있어 첫째, 다양한 토지이용변화를 다룰 수 있는 가능성을 제시하였으며, 둘째, 방대한 자료의 양을 다룰 수 있는 반복적 선택확률추정이라는 방법을 제시하였다. 셋째, 토지이용변화에 영향을 미치는 주요 변수들에 대한 상대적 중요성과 예측의 불확실성을 엔트로피 지수로 제시하였다는 것에 의의가 있다. 넷째, 토지이용과 교통모형을 통합하고 시간과 공간효과를 고려한 토지수요예측모형에 대한 기반모형을 구축함으로써 각종 국토공간계획을 지원할 수 있는 중요한 지표들을 객관적으로, 합리적으로 제공할 수 있다.

토지이용변화에 대한 실증분석을 대구시를 사례로 적용함에 있어 자료구축과 활용과정에서 다음과 같은 문제점 및 한계가 있다. 첫째, 본 논문에서는 AIS자료와 건축물대장정보의 건축연도를 이용하여 2000년과 2005년의 토지이용현황도를 구축하여 실증분석을 수행하였지만, 자료가 갱신되면서 이전 시점의 자료가 대체되어 기개발지의 토지이용변화에 대한 정확한 자료수집이 불가능하였다. 건축물대장정보의 관리가 특정시점의 자료를 시점별로 공표되어 저장될 수 있는 형태로 전환되거나 이력관리방안이 필요하다.

둘째, 통계정보간의 기본적 공간단위의 불일치 문제가 있다. 각종 통계자료가 행정동 단위로 공표되고 있지만, KLIS 자료의 경우 법정동이 기본공간단위여서 각종 통계정보를 데이터베이스화하는데 어려움이 있다. 또한 AIS, KLIS, 토지피복자료의 좌표체계가 서로 달라 공간자료를 통합하는 데 어려움이 있었다. 향후 각종 GIS정보들이 구축될 때 통일된 좌표체계의 사용과 기준도면의 활용이 필요하다.

셋째, 주택공급과 관련된 정책변수를 고려하지 못하였다. 예컨대 개발예정지를 파악하고 여기에 개발의 우선권을 부여하면 보다 설득력 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 도시적 토지이용의 수급에 결정적인 영향을 미치는 가격정보를 사용하지 않아 시장상황을 포함하지 못한 한계가 있다.

향후연구과제로는 추정된 모형의 통계적 유의성을 높이기 위하여 설명변수들을 다양화할 필요가 있다. 예를 들어 건축종합행정정보시스템에서 건축물의 높이에 대한 정보와 내구연수 등의 활용을 고려할 필요가 있다. 또한 추정된 토지이용변화 모형을 정책적으로 활용성을 높이기 위해서는 토지이용을 좀더 세분화하고, 개발유형(가령 외연적 성장, 비지적 성장, 내부충진적 성장)의 세분화, 개발불능지의 정책적 조정의 시뮬레이션 등에 관한 연구가 필요하다. 또한 인구와 고용의 입지와 이동, 부동산개발, 토지가격 등에 관한 세부적인 모형개발이 이루어질 필요가 있다. 마지막으로 거시적 토지수요모형과의 연계 및 교통, 환경 등의 분야와 연계된 통합모형의 구축을 위하여 모형간 자료들의 구성과 형태에 대한 조정과 검토가 필요하며, 적용 대상지의 확대를 통하여 행정구역의 조정과 광역적 연계의 문제들도 다룰 필요가 있다.

www.kci.go.kr

참고문헌

건설교통부. 2007. "토지수요예측모형". 국토공간계획지원체계(KOPSS) 구축 사업 2007년 준공보고서.

김재익 · 황국웅 · 여창환 · 정현욱. 2007. "도시성장모형의 개발과 활용: 통합적 접근방법". 국토계획 제42권 제2호. 대한국토 · 도시계획학회.

김훈희 · 이진희. 2001. "토지이용변화 확률모형 구축 및 적용에 관한 연구". 국토계획 제36권 제4호. 대한국토 · 도시계획학회. pp1-17.

이성호 · 윤정미 · 서경천 · 남광우 · 박상철. 2004. "셀룰라 오토마타를 이용한 김해시의 도시성장모형에 관한 연구". 한국지리정보학회지 제7권 제3호. 한국지리정보학회. pp118-125.

정재준. 2002. "상대생장과 셀룰라 오토마타를 이용한 도시성장 예측 모델링: 대전광역시를 사례로". 한국지역개발학회지 제16권 제2호. 한국지역개발학회. pp1-14.

최대식. 2003. "토지이용규제정책 평가를 위한 밀도결합형 CA모형의 개발: 수도권 개발제한구역을 중심으로". 서울대학교 대학원 박사학위논문.

Anselin. L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Candau. J, Rasmussen. S, and Clarke, K. C. 2000. "A coupled cellular automaton model for land use/land cover dynamics".

Clarke. K. C. 1997. "Land transition modeling with deltatrons". *Paper presented at the NCGIA Land Use Modeling Workshop*.

Cliff. A. D. and Ord. J. K. 1981. *Spatial Processes: Models & Applications*. London : Pion.

Frazier. C. and Kockelman. K. 2005. "Spatial econometric models for panel data: Incorporating spatial and temporal data". *Forthcoming in Transportation Research Record.*

Fujita. M. 1989. *Urban Economy Theory*. Cambridge Univ.

Greene. W. 2000. *Econometric Analysis*. Upper Saddle River : Prentice-Hall.

Hensher. D. A. and Johnson. L. W. 1981. *Applied Discrete-Choice Modelling.* John Wiley & Sons.

Hunt. J. D. and Abraham. J. E. 2003. "Design and application of the PECAS land use modeling system". *Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*. Sendai : Japan.

McFadden. D. 1984. "Econometric Analysis of Qualitative Response Models". (eds.) Z. Griliches & M. Intriligator. *Handbook of Econometrics II.* North Holland: Amsterdam.

Miyamoto. K., Vichiensan. V, Shimomura. N and Paez, A. 2004. "Discrete choice model with structuralized spatial effects for location analysis" *Transportation Research Record 1898*. pp183-190.

Mohammadian. A. K., Haider, M. and Kanaroglou. P. S. 2004. "Incorporating spatial dependencies in random parameter discrete choice models". *Presented at 84th Annual Transportation Research Board Meeting*.

Munroe. D., Southworth. J. and Tucker. C. M. 2001. "The dynamics of land-cover change in western Honduras: Spatial autocorrelation and temporal variation". *Conference Proceedings*. AAEA-CAES 2001 Annual Meeting. American Agricultural Economics Association.

Nelson. G. C. and Hellerstein. D. 1997. "Do roads cause deforestation: Using satellite images in econometric analysis of land use". *American Journal of Agricultural Economics* vol. 79. pp80-88.

Train. K. 2003. *Discrete Choice Methods with Simulation*. New York : Cambridge Univ Press.

Waddell. Paul. 2002. "UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning". *The Journal of the American Planning Association* vol. 68, no. 3. pp297-314.

Wang. Xiaokun and Kara Kockelman. 2006. "Tracking Land Cover Change in a Mixed Logit Model: Recognizing Temporal and Spatial Effects". *Journal of the Transportation Research Board*. pp112-120.

• 논문 접수일: 2008. 7.23
• 심사 시작일: 2008. 7.29
• 심사 완료일: 2008. 8.20

www.kci.go.kr

ABSTRACT

An Empirical Anaysis of Land use Changes in Daegu Metropolitan City by Using Probabilistic Choice Model

Keywords: Land use Change, Multinomial Logit Model, Spatial Correlation, Urban Growth Management

As an essential part of integrated land use-transport models, prediction of land use changes and illumination of the many factors behind such change are always of interest to planners, policy makers, developers and others.

Land use classifications are discrete, and spatial effects are fundamental. For these reasons, new specifications and computational methods are needed. The paper describes the computational methods used for model estimation and application, including likelihood simulation. Using a multinomial logit framework, this paper studies land use changes in Daegu metropolitan area, in 30m×30m pixels.

In light of these challenges, this paper randomly samples 2,000 observations for 100 times and estimates a multinomial logit model via maximum likelihood estimation. Lagged variables are key to the model"s specification and a series of neighborhood variables, computed for each cell in turn, control for population and local development. And uncertainties in predictions are quantified via an entropy statistic.

Results indicate that neighborhood characteristics have strong effects on land use change: clustering is significant over space, but high residential densities can impede future development of non-residential land use.

확률선택모형에 의한 대구시의 토지이용변화에 대한 실증분석

주제어: 토지이용변화, 확률선택모형, 상호 공간관계, 도시성장관리

본 논문의 목적은 세 가지이다. 첫째 건축물대장정보(정확히 ALPA도면과 건축물대장정보)의 활용으로 도시적 토지이용을 주거와 비주거용으로 세분화하여 분석한다. 이를 통해 향후 다양한 대안들로 확장이 가능할 수 있는 방안을 제시한다. 둘째, 복수의 선택대안에 대한 확률선택모형을 추정하는 방법으로 확률표본을 추출하여 추정하는 방법을 제시함으로써 컴퓨터의 연산과정의 부하를 줄임으로서 보다 광범위한 공간단위에 모형을 적용할 수 있는 방안을 제시한다. 마지막으로 토지이용변화의 패턴이 어떤 요인들에 의해 영향을 받으며, 이들 변수들이 토지이용변화에 미치는 영향을 공간적으로 분석함으로써 도시계획의 각종 정책 모의실험에 활용할 수 있는 방안을 제시한다.

사례지역으로 대구광역시에 대해 30m×30m의 격자기반의 토지정보들을 구축한 다음 미개발 토지가 주거와 비주거용 토지이용 변화를 확률모형을 통해 추정하였다. 본 논문에서는 관측치들을 표본추출하는 방법을 제시하였다. 시차변수들은 사용하여 정책변수에 대한 외생성 문제를 해결할 뿐만 아니라 표본을 추출하는 과정에서 잃게 되는 주변지역의 속성을 사전에 처리함으로써 일관된 결과를 도출할 수 있다. 차례대로 각 셀에 대해서 계산이 된 일련의 근린변수들은 인구와 지역개발에 대한 설명변수들로 사용하였다. 그리고 예측에 있어 불확실성들은 엔트로피 통계를 통해 수량화하였다.

www.kci.go.kr