

지역적 특성을 고려한 도시 성장 패턴에 관한 연구

윤정미^{1*} · 이성호²

A Study on the Urban Growth Patterns Focusing on Regional Characteristics

Jeong-Mi YUN^{1*} · Sung-Ho LEE²

요 약

본 연구는 도시성장에 관한 연구로써 부산시와 김해시 그리고 진해시의 도시성장과정을 분석하고 분석을 통하여 도시성장 패턴을 정립한다. 도시성장모델링을 통하여 각 지역의 조건에 따라 도시성장 형태와 패턴이 다르다는 것을 도출하고 이를 통하여 의사결정자들에게 공간계획시 활용할 수 있도록 한다.

연구방법으로는 퍼지-AHP와 셀룰라 오토마타를 도입하여 각 지역의 도시성장을 분석하였으며, 다양한 네이버후드와 전이규칙의 시뮬레이션을 통해 각 지역에 적합한 도시성장패턴을 도출하였다.

본 연구를 수행한 결과 부산지역 도시성장 패턴과 부산시 주변도시인 김해시와 진해시의 도시성장 패턴은 서로 다른 것으로 분석되어 각 지역적 조건에 따라 도시성장 패턴이 다른 것으로 도출되었다.

주요어: 셀룰라 오토마타, 퍼지집합, AHP, 지리정보시스템, 네이버후드, 전이규칙

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the growing course of Busan, Gimhae and Jinhae and further find patterns of the urban growth. This study shows that patterns of the urban growth differ from city to city, being influenced by the city's characteristics. Acknowledging this fact would help the decision maker to determine the developing plan of the urban. The methodology for this study is as follows; Fuzzy set concept is applied to minimize the data loss. At the same time, the AHP is used to give a relative weight to each factor. In order to be able to manage the change based on the dynamic model and time, Cellular Automata is introduced to simulate the growth of urban.

The results show that the pattern of Gimhae's and Jinhae's growth is the same, whereas

2006년 1월 9일 접수 Received on January 9, 2006 / 2006년 3월 24일 심사완료 Accepted on March 24, 2006

1 동아대학교 도시공학과 Department of Urban Engineering Dong-A University

2 부산대학교 도시공학과 Department of Urban Engineering Busan University

that of Busan is different from them. That is to say, each city has regional characteristics. And the pattern of the urban growth is influenced by the regional conditions of the city.

KEYWORDS: Cellular Automata, Fuzzy Set, AHP, GIS, Neighborhood, Transition Rule

서 론

1. 연구의 배경 및 목적

도시는 공간적 차이가 존재하기에 제각기 다른 도시공간구조를 가지고 있다. 이러한 도시공간구조에 의해 도시는 각 지역마다 고유한 도시성장패턴을 가지고 성장하였다. 각 지역의 도시성장 분석을 통해 도시성장패턴을 도출한다면 도시가 어떻게 성장해 왔는지 분석 가능하며, 지속가능한 도시성장을 위해 도시성장의 분석 및 예측이 가능할 것이며, 공간계획시 활용할 수 있을 것이다. 본 연구는 이러한 점에서 지역적 특성에 따른 고유한 도시성장패턴을 도출하였다.

기존 도시모델 연구에서는 각 지역에 적합한 모델링을 위한 여러 가지 변수에 대한 설정이 해결되지 않고, 공간적 특성을 발견하기 위하여 여러 가지 파라메타를 설정하여 시뮬레이션하였다. 그러나 본 연구에서는 도시모델의 파라메타 설정을 위해 퍼지집합개념과 계층적 분석방법을 도입하여, 도시모델에서 나타나는 파라메타 설정에 대한 문제들을 해결하고자 노력하였다. 또한 셀룰라 오토마타를 적용하여 대도시와 대도시 주변의 도시성장을 시뮬레이션하였다.

도시성장에 영향을 미치는 다양한 도시성장인자를 문헌조사와 전문가 델파이기법을 통하여 부산시와 김해시·진해시로 구별하여 구축하였으며, 도시지역 데이터 구축을 위하여 위성 영상을 사용하였다. 전문가 집단을 통하여 획득된 도시성장인자는 부산시의 경우 표고, 경사, 지가, 인구밀도, 용도지역, 도시지역이며, 김해시와 진해시는 표고, 인구밀도, 용도지역, 도시지역, 도로접근성, 공공시설로부터의 접

근성으로 설정되어, 단순한 자연환경인자만을 고려한 것이 아닌 인구와 지가 등 인문환경에 대한 다양한 인자를 설정함으로써 보다 현실적인 도시 성장을 구현한다는 점에 의의가 있다.

본 연구는 부산시와 김해시, 진해시의 도시성장패턴을 도출하고, 지역 특수성에 따른 성장패턴이 다르다는 것을 분석하여, 향후 도시성장 및 지속가능한 도시성장 분석시 동일한 성장패턴이 아니라 각 지역에 적합한 도시성장 패턴을 적용함으로써 보다 정확한 도시성장 시뮬레이션을 유도하고자 한다.

데이터 획득의 어려움으로 부산시는 1972년부터 2001년까지를 분석대상으로, 김해시와 진해시는 1987년부터 2001년까지를 분석대상기간으로 설정하였다.

이론적 고찰 및 데이터 구축

1. 퍼지-AHP, 셀룰라 오토마타와 공간분석

전통적인 집합 연산인 불린연산은 데이터의 속성을 이진분류함으로써 공간분석시 정보를 표현하는데 많은 정보의 손실이 있었으며, 공간 의사결정시 계획가의 평가 및 판단에 많은 어려움을 주었다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 GIS환경의 공간의사결정에 퍼지집합개념을 적용함으로써 보다 정확한 공간정보 표현이 가능하다.

기존의 도면중첩과정에서는 인자에 동일한 가중치를 주어 분석하거나, 서로 다른 가중치를 주는 것으로 도면중첩분석을 하였다. 그러나 이러한 가중치를 결정하는 과정에 의사결정자가 다른 인자들을 고려하지 않고 오직 두

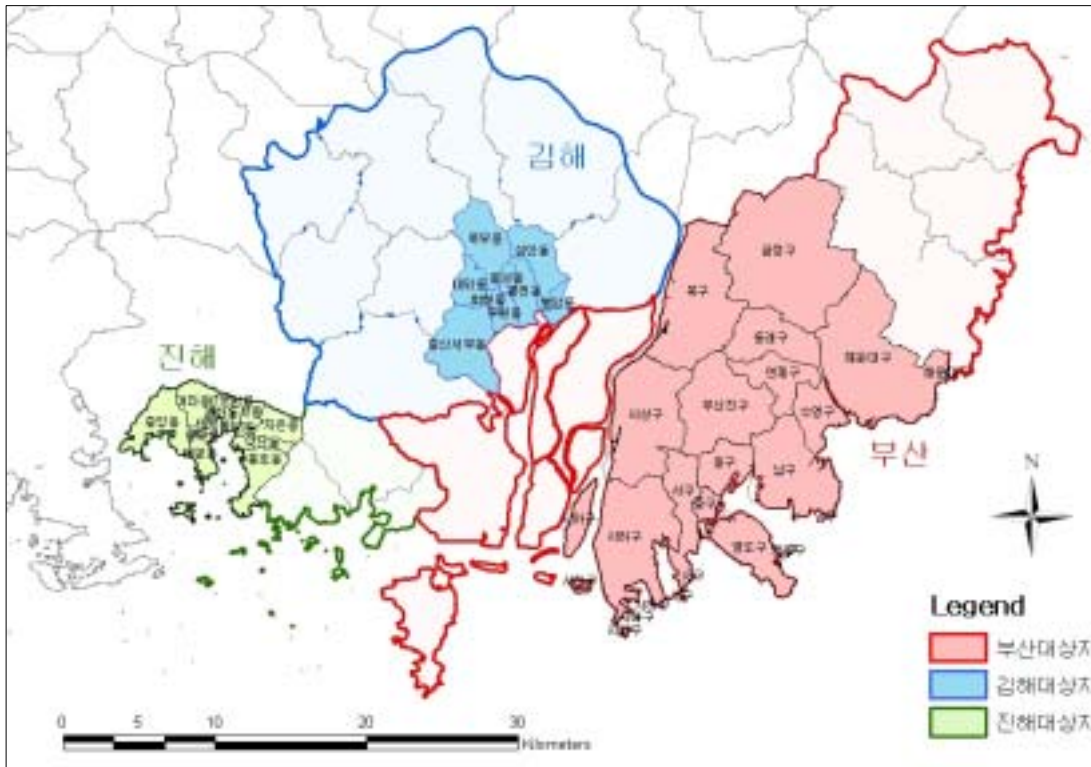


FIGURE 1. Site map

인자만을 쌍별 비교함으로써 용이하게 의사결정 과정을 진행할 수 있는 AHP의 "상대적 가중치"를 도입한다면 의사결정자의 주관적 판단에 따른 오류를 범하는 것을 최소화할 수 있다.


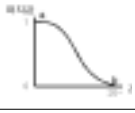



셀룰라 오토마타는 복잡성(complex)을 띠고 있는 공간적 성격을 초기 상태와 파라메타 설정 및 전이규칙의 설정에 따라서 다른 결과를 유도해 낼 수 있기 때문에 공간분석에 적용할 수 있다. 또한 다양성을 최대한 반영할 수 있고 상호작용의 결과를 시각적으로 확인할 수 있기 때문에 공간분석에서의 유용성이 매우 높다. 셀룰라 오토마타 구성은 셀룰라 공간 (cellular space), 상태(states), 네이버후드 (neighborhood) 그리고 전이규칙(transition rule)이다. 셀룰라 공간이란 동일한 크기의 셀에 의해 구성되는 시뮬레이션이 일어나는 물

리적 공간이다. 상태는 셀이 가지고 있는 상태로 셀의 값이다. 네이버후드는 중심 셀 주변을 둘러싸고 있는 주위 셀을 의미한다. 전이규칙은 셀룰라 오토마타의 가장 중요한 요소로서 주변 셀 상태에 의하여 해당 셀이 어떻게 변화하는지를 정의한 규칙이다.

2. 대상지와 데이터 구축

공간적 범위는 부산시 및 주변도시인 김해시와 진해시를 선정하여, 대도시와 대도시 주변의 도시성장을 비교하였다. 부산시는 강서구와 기장군을 제외한 14개 구를 대상지역으로 선정하였으며, 김해시는 도시 확산이 활발히 진행된 9개동, 진해시는 웅천동과 웅동1동, 웅동2동을 제외한 12개동을 분석대상으로 하였다. 시간적 범위는 부산시의 경우 1972년, 1987년, 1997년 그리고 2001년으로 약 30년간의 지역

TABLE1. Factor, Fuzzy membership function and AHP weight

구 분	데이터 구축방법	귀속도함수	가중치
자연 환경 인자	표고 1:25,000 수치지도 사용 ARC/INFO TIN 모듈을 사용하여 데이터 구축	 a=0m, b=200m	0.1375
	경사	 a=0° , b=20°	0.1618
부산	1972년, 1987년, 1997년, 2001년 도시 지역 Landsat TM. 최대우도법을 사용 도시 지역, 수지역, 산림, 기타로 추출하여 도시·비도시지역으로 재분류	-	0.3050
	인문 환경 인자 지가 1970년, 1989년 전국도시지역 토지지가 조사표와 1995년 전국 공시지가를 이 용하여 동별로 구축	1970년, 1989년, 1995년 지 가를 z-score로 표준화하여 변곡점 설정	0.0717
	인구 밀도 1972년, 1987년, 1997년, 2001년 동별 구축	1972년, 1987년, 1997년, 2000년 인구밀도를 z-score 로 표준화하여 변곡점 설정	0.1011
	용도 지역 1965년, 1996년 1:25,000 도시계획도 주 거, 상업, 공업지역을 1 그 외 값은 0 으로 설정	-	0.2229
자연 환경 인자	표고 1:25,000 수치지도 사용 ARC/INFO TIN 모듈을 사용하여 데이터 구축	 a=0m, b=150m	0.0392
	도시 지역 1987년, 1997년, 2001년 Landsat TM 최대우도법을 사용, 도시지역과 비도시 지역으로 재분류	-	0.3003
김해시	인구 밀도 1987년, 1997년, 2001년 인구밀도	1987, 1997, 2001년 인구밀 도를 z-score로 표준화하여 변곡점(a,b,c,d)을 설정	0.2940
진해시 인문 환경 인자	용도 지역 1:25,000 도시계획도 주거, 상업, 공업 지역을 1값으로 그 외 0으로 설정	-	0.1144
	도로 1:25,000 수치지도 광로, 대로 중앙선	 a=0m, b=375m	0.1691
	공공 시설 1:5,000 수치지도 관공서와 학교 문화 체육시설 구축	 a=0m, b=500m	0.0830

* 김해시 전체 69.9%가 표고 100m 미만, 진해시 70.6%가 150m 미만으로 평탄한 지형을 가지고 있는 대상 지이기에 150m를 개발가용지로 설정, 다른 인자의 퍼지귀속도 함수값은 문헌 고찰을 통하여 설정하였다.

을 대상으로 분석하였고, 김해시와 진해시는 데이터 획득의 어려움으로 1972년을 제외한 1987년부터 2001년을 대상으로 분석하였다.

도시지역 데이터 구축을 위해 1972년, 1987년, 1997년, 2001년 위성 영상을 기하보정하였다. 1997년 영상을 image to map으로 GCP를 선정하였고, 1972년, 1987년, 2001년은 1997년 위성영상을 가지고 기하보정하였다. Affine 변환식과 최대우도법(maximum likelihood classification)을 사용하여 영상을 분류하였다. 부산시는 50m×50m GRID 데이터로, 김해시와 진해시는 30m×30m로 구축하였고, 0과 1의 설정 인자를 제외한 모든 인자에 퍼지집합 개념을 적용하였다.

전문가 델파이기법을 통하여 얻어진 값들을 Satty의 쌍대비교를 위한 구간척도로 나타내어 표 1의 AHP 가중치를 획득하였으며, 부산시와 김해시, 진해시 모두 일관성비율(consistency ratio : C.R) 0.04로 일관성을 가지고 있는 것으로 판단되었다.

표고와 경사인자는 부산도시기본계획에 의하면 개발불능지를 150m와 18°로 지정하고 있으나, 부산은 가용지 부족과 개발제한구역의 과도한 지정에 따른 부작용으로 표고 200m와 급경사에도 주거시설이 많이 입지한 것으로 나타나 200m와 20°로 상향 조정하여 S형 귀속도 함수를 사용하고, 지가 및 인구밀도인자는 Z-score로 표준화하여 귀속도의 변곡점 값을 결정하는 user-defined 함수를 사용하였다. 김해시와 진해시의 경우 김해시 도시기본계획에서는 200m를 개발 불능지역으로 설정하고 있으나, 김해시 전체 69.9%가 표고 100m 미만, 진해시 70.6%가 150m 미만으로 평탄한 지형을 가지고 있는 대상지이기에 150m로 하향조정하여 퍼지집합 귀속도 함수를 설정하였다. 퍼지집합 변곡점 결정과 마찬가지로 변곡점 결정에 델파이기법을 통하여 주어진 값을 사용하는 것이 타당하다고 사료되어지나 본 연구에서는 기존의 문헌조사를 참조하여 본 연구

자가 임의로 단계를 구분하였다.

4. 분석방법

셀룰라 공간은 동일한 크기의 셀에 의해 구성되며, 상태는 셀의 값, 네이버후드는 셀 주변을 둘러싸고 있는 이웃셀을 의미하며 정사각형 및 circle의 다양한 형태로 사용되고 있다.

전이규칙은 이웃 셀의 상태에 의하여 해당 셀이 어떻게 변화하는지를 정의한 규칙으로, 시간 t에서의 셀의 상태와 네이버후드, 그리고 전이규칙에 따라서 t+1의 셀의 상태로 되어진다.

$$S_{ij}^{t+1} = f(S_{ij}^t, \Omega_{ij}^t, T^t) \quad (1)$$

S_{ij}^{t+1} 와 S_{ij}^t 는 시간 t+1과 t에 대한 ij의 상태(state)이고, Ω_{ij}^t 는 ij의 네이버후드에 대한 상태, T는 전이규칙이다. 여기서 보다 현실적인 전이규칙을 설정하기 위해 토지이용의 "전환가능성"에 따라 토지이용의 전환이 이루어지도록 (1)의 세 개 독립변수를 전환 가능성 점수로 사용한다. 즉, 도시지역에 가장 높은 적합도를 갖는 지역은 가장 높은 점수를 갖는 지역이라고 할 수 있다.

$$P_{ij} = \alpha \frac{r_{ij}}{r_{\max}} \quad (0 < \alpha < 1) \quad (2)$$

계수값에 따라 전환가능성의 최대값이 달라지는 것을 조절하고 전환을 개발자의 의도에 따라 조절하기 위해 지수함수를 적용한다.

$$P_{ij} = \text{Exp} \left[\alpha \left(\frac{r_{ij}}{r_{\max}} - 1 \right) \right] \quad r_{ij} \neq 0 \quad (3)$$

여기서 α 는 도시성장조절계수로써 값이 커질수록 전환가능성이 작아지기 때문에 속도를 조절하는 것이 가능하며, r_{ij} 는 각 셀이 가지고 있는 점수이고, P_{ij} 는 셀의 전환가능성이다.

한 셀의 상태는 이웃셀 전이규칙의 영향을 받아 새로운 상태로 변하게 되고, 이 상태는 다시 그 다음 단계의 초기상태로 입력되어 반복적으로 연산이 진행된다.

부산시 시물레이션 기점은 1972년이며, 김해시와 진해시의 시물레이션 기점은 1987년으로 한번 도시지역으로 확산된 지역은 비도시지역으로 변화되지 않는 것으로 가정한다. 시물레이션 진행 중 1987년, 1997년, 2001년(김해시와 진해시는 1997년, 2001년)과 동일한 도시셀 수가 될 때까지 셀룰라 오토마타 전이규칙을 반복적으로 적용시킨다. 또한 1987년, 1997년(김해시와 진해시는 1997년) 도시셀과 동일한 셀이 되었을 때, 해당연도의 데이터를 입력하여 시물레이션한다.

본 연구에서는 부산시와 김해시, 진해시의 성장패턴을 정립하기 위하여 다음의 CASE 7가지 시물레이션을 하였으며, 시물레이션 결과를 가지고 셀룰라 오토마타 네이버후드의 크기와 형태 그리고 도시성장 속도 및 전환가능성을 설정하였다.

TABLE 2. Case of neighborhoods and transition rules

구분	네이버후드	α 값	전환가능성
CASE 1	3×3	1	≥ 0.7
CASE 2	5×5	1	≥ 0.7
CASE 3	circle2	1	≥ 0.7
CASE 4	3×3	2	≥ 0.5
CASE 5	circle2	2	≥ 0.5
CASE 6	3×3	3	≥ 0.35
CASE 7	circle2	3	≥ 0.35

5. 검증 방법

각 시물레이션 결과의 정확도를 파악하기 위하여 민감도분석(sensitive analysis)을 실시한다. 민감도분석이란 시물레이션 결과와 실제 데이터 비교를 통하여 분석하는 방법으로 시물레이션결과의 도시셀/실제 도시셀을 단순

하게 비교하는 방법(MR)과 실제도시와 시물레이션결과의 일치셀/실제 도시셀의 일관성을 계산하는 방법(CR)을 사용한다.

또한 두 개 이상의 변수에 대한 결합분포를 나타내는 즉, 변수에 대한 독립성, 상관성이 있는지를 판단하는 Cramer's V와 Kappa계수에 의한 검증을 실시하였다.

시물레이션

각 지역에 적합한 도시성장패턴 정립을 위하여 앞에서 정의한 7가지 대안을 설정하여 영상에서 추출된 도시지역 셀 값의 성장결과를 갖게 될 때까지 시물레이션하였다

1. 부산시 도시성장 분석

도시 모델의 파라메타 설정을 위해 CASE 7가지 다양한 네이버후드 및 전이규칙을 가지고 시물레이션한 결과, 실제 도시지역의 셀 값과 비슷한 성장을 볼 수 있다(표 3). 각 연도별 일치율이 가장 낮은 셀과 가장 높은 셀의 차이를 고찰해 본 결과 1987년은 300셀, 1997년은 623셀 그리고 2001년은 698셀로 모델링의 시간이 길어질수록 일치율의 차이가 많음을 볼 수 있었다.

또한 네이버후드의 형태에 대하여 CASE 1과 CASE 3, CASE 4와 CASE 5 그리고 CASE 6과 CASE 7을 보면 CASE 3, CASE 5, CASE 7 CR값이 조금 높게 나타나 정사각형의 네이버후드 보다 circle 형태의 네이버후드가 더 적합한 것으로 판단되었다. 네이버후드 행렬이 작고, 형태가 circle인 대안들 가운데 CASE 3, CASE 5 그리고 CASE 6을 살펴보면 부산시는 도시성장속도를 조절하는 α 값이 클수록, 전환 가능성이 적을수록 정확한 값으로 도출되었다. Cramer's V와 Kappa 계수에 의한 검증도 민감도 분석과 동일하게 분석되었으며, 네이버후드 고찰 결과, 정사각형 형태의 네이버후드 보다 circle 형태가 비교적

TABLE 3. Sensitive analysis, Cramer's V and Kappa calculation of Busan

구분	시물레이션 결과			MR	CR	MR	CR	MR	CR	Cramer's V	Kappa	Cramer's V	Kappa	Cramer's V	Kappa
	1987년	1997년	2001년	1987년	1997년	1987년	1997년	1987년	1997년	1987년	1997년	1987년	1997년	1987년	1997년
	CASE 1	40302	54071	58062	0.9982	0.8187	1.0001	0.8585	1.0001	0.8526	0.8833	0.9379	0.8935	0.9353	0.8846
CASE 2	40375	54036	58053	1.0000	0.8176	0.9995	0.8476	0.9999	0.8423	0.8821	0.9372	0.8856	0.9301	0.8774	0.9228
CASE 3	40372	54065	58066	1.0000	0.8189	1.0000	0.8586	1.0002	0.8532	0.8829	0.9377	0.8936	0.9354	0.8851	0.9281
CASE 4	40363	54019	58082	0.9997	0.8143	0.9992	0.8589	1.0004	0.8530	0.8802	0.9354	0.8940	0.9357	0.8848	0.9279
CASE 5	40379	54083	58024	1.0001	0.8202	1.0004	0.8589	0.9994	0.8540	0.8836	0.9381	0.8937	0.9355	0.8859	0.9286
CASE 6	40375	54063	58062	1.0000	0.8191	1.0000	0.8590	1.0001	0.8543	0.8830	0.9377	0.8939	0.9356	0.8859	0.9286
CASE 7	40401	54068	58063	1.0007	0.8218	1.0001	0.8591	1.0001	0.8543	0.8844	0.9385	0.8939	0.9356	0.8859	0.9286

* 위성영상에서 추출된 도시셀 수는 1972년 20896, 1987년 40374, 1997년 54064, 2001년 58057

정확한 분석 값을 보였다.

분석 결과 부산지역은 산지대가 많은 지형적 특성상 도시지역이 중앙형으로 밀집되어 있지 않고, "H자"로 분포 되어있기 때문에 행렬이 큰 네이버후드 보다 바로 접하고 있는 인접한 네이버후드가 더 적합한 것으로 사료된다. 시물레이션 분석 검증 결과 부산지역에 가장 적합한 네이버후드와 전이규칙은 CASE 7로 선정되었다. 그림 2는 1987년과 2001년의 위성영상에서 추출된 부산시 도시지역과 시물레이션

결과의 부산시 도시지역이다.

2. 김해시 도시성장 분석

김해시 연구 대상지인 9개동의 위성 데이터에서 추출된 도시지역은 1987년 3964셀(3.57km²), 1997년 10191셀(9.17km²) 그리고 2001년 14924셀(13.43km²)로서 15년간 10960셀(9.86km²)의 도시성장이 있었다.

부산시와 동일한 분석방법을 가지고 시물레이션 한 결과 CASE별 일치 셀을 살펴보면,

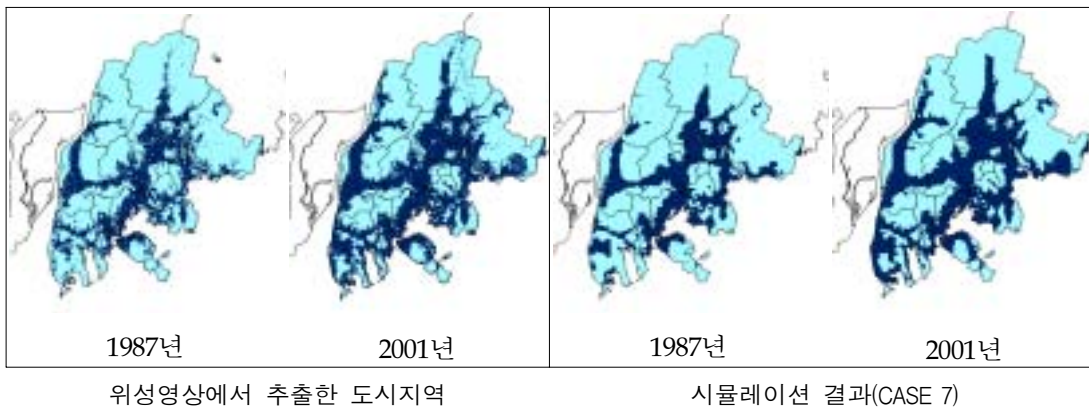


FIGURE 2. Classification of urban areas from Landsat TM and results of simulation(Busan)

TABEL 4. Sensitive analysis, Cramer's V and Kappa calculation of Gimhae

구분	시뮬레이션 결과		MR	CR	MR	CR	Cramer's V	Kappa	Cramer's V	Kappa
	1997년	2001년	1997년		2001년		1997년		2001년	
	CASE 1	10162	14928	0.9972	0.7928	1.0003	0.8353	0.8865	0.9611	0.9003
CASE 2	10196	14933	1.0005	0.7770	1.0006	0.7724	0.8785	0.9585	0.8667	0.9393
CASE 3	10197	14934	1.0006	0.7892	1.0007	0.8169	0.8842	0.9602	0.8902	0.9505
CASE 4	10199	14926	1.0008	0.7940	1.0001	0.8267	0.8865	0.9610	0.8956	0.9530
CASE 5	10191	14928	1.0000	0.7820	1.0003	0.8158	0.8835	0.9602	0.8791	0.9442
CASE 6	10180	14925	0.9989	0.7826	1.0001	0.8009	0.8813	0.9592	0.8815	0.9463
CASE 7	10185	14938	0.9994	0.7661	1.0009	0.8143	0.8736	0.9568	0.8771	0.9431

* 위성영상에서 추출된 도시셀 수는 1987년 3964, 1997년 10191, 2001년 14924

CASE 1의 경우 1997년 8079셀, 2001년 12466셀로 다른 CASE들에 비해 가장 일치셀이 많은 것으로 시뮬레이션 되었으며, 일치셀이 가장 낮게 나타난 CASE 2의 경우 1997년 7918셀, 2001년 11528셀로 분석되어, 대안들로 인해 도시의 성장 차이가 나타남을 볼 수 있다. 김해시의 위성 영상에서 추출한 도시지역과 시뮬레이션 결과에 의한 도시지역은 그림 3과 같다.

실제 도시 셀 수와 시뮬레이션 결과 셀 수

및 일치 셀을 이용한 민감도 검증 결과를 살펴보면, 전체적으로 민감도 분석 값이 현저한 차이를 보이지 않았다.

그러나 CASE 1, CASE 2를 보면, 1997년 CASE 1의 CR이 0.7928, 2001년 CR은 0.8353이며, CASE 2의 CR은 1997년 0.7770, 2001년 0.7724로 CASE 2가 낮은 것으로 나타났다. 즉, 김해시에 적합한 네이버후드는 행렬이 작을수록 적합도가 더 높은 것으로 분석되었다.

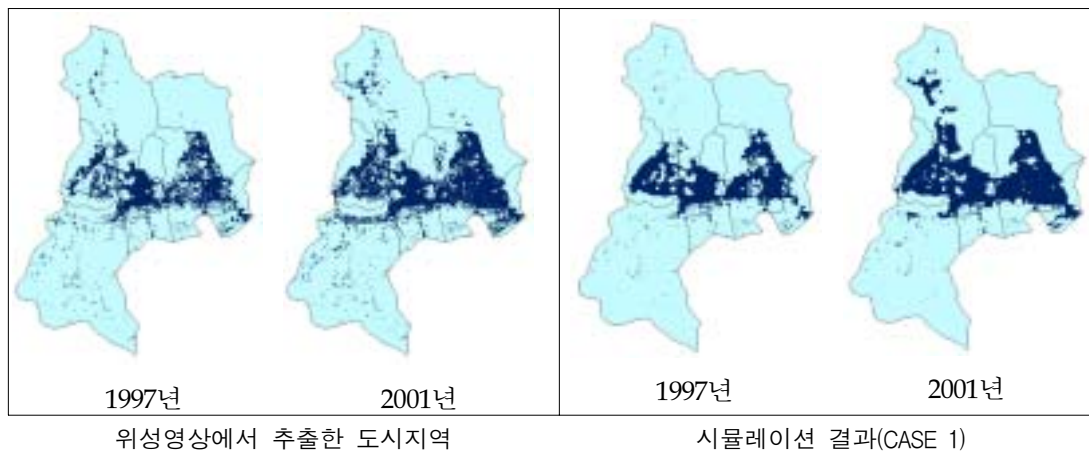


FIGURE 3. Classification of urban areas from Landsat TM and results of simulation(Gimhae)

TABEL 5. Sensitive analysis, Cramer's V and Kappa calculation of Jinhae

구분	시물레이션 결과		MR	CR	MR	CR	Cramer's V	Kappa	Cramer's V	Kappa
	1997년	2001년	1997년	2001년	1997년	2001년	1997년	2001년	1997년	2001년
CASE 1	7260	9531	1.0003	0.7924	0.9997	0.8290	0.8869	0.9637	0.9006	0.9610
CASE 2	7261	9536	1.0004	0.7739	1.0002	0.8168	0.8777	0.9604	0.8971	0.9595
CASE 3	7263	9535	1.0007	0.7902	1.0001	0.8272	0.8857	0.9633	0.8996	0.9606
CASE 4	7233	9527	0.9966	0.7786	0.9993	0.8242	0.8808	0.9616	0.8990	0.9606
CASE 5	7241	9537	0.9977	0.7749	1.0003	0.8227	0.8805	0.9616	0.8980	0.9599
CASE 6	7243	9531	0.9979	0.7746	0.9997	0.8225	0.8786	0.9608	0.8973	0.9596
CASE 7	7255	9528	0.9996	0.7743	0.9994	0.8224	0.8780	0.9606	0.8972	0.9596

* 위성영상에서 추출된 도시셀 수는 1987년 4578, 1997년 7258, 2001년 9534

또한 네이버후드의 형태에 대하여 2001년 CASE 1과 CASE 3, CASE 4와 CASE 5 및 CASE 6, CASE 7를 보면 CASE 1, CASE 4, CASE 6 CR값이 조금 높게 나타났다.

이는 circle 형태의 네이버후드보다 정사각형의 네이버후드가 더 적합한 것으로 판단되어 질 수 있다. 네이버후드 행렬이 작고, 형태가 정사각형인 대안 CASE 1, CASE 4, CASE 6을 살펴보면 CASE 1>CASE 4>CASE 6의 순으로 나타났다.

즉, 도시의 성장속도를 조절하는 α 값이 작을수록, 빠른 성장을 할수록, 전환 가능성이 클수록, 더 적합한 것으로 도출되었다. 검증 결과 가장 높은 값을 보인 CASE 1이 김해시에 가장 적합한 도시성장패턴으로 선정되었다.

3. 진해시 도시성장분석

진해시 연구 대상지는 총 12개동을 중심으로 도시성장과정을 분석하였으며, 위성데이터에서 추출된 도시지역은 1987년 4578셀, 1997년 7258셀 그리고 2001년 9534셀로 추출되었다. CASE별 일치 셀을 살펴보면, CASE 1의 경우 1997년 5751셀, 2001년 7904셀로 시물레이션 되었으나, CASE 2의 경우 1997년 5617셀, 2001년 7787셀로 분석되어, 1997년 134개 셀, 2001년 117개 셀의 차이를 보여 도시의 물리적 성장 차이가 나타남을 볼 수 있다. 위성영상에서 추출한 도시지역과 시물레이션 결과의 도시지역은 다음과 같다(그림 4).

민감도 분석 결과, 비교적 짧은 시간을 모델링하였기에 김해시와 마찬가지로 민감도 분석

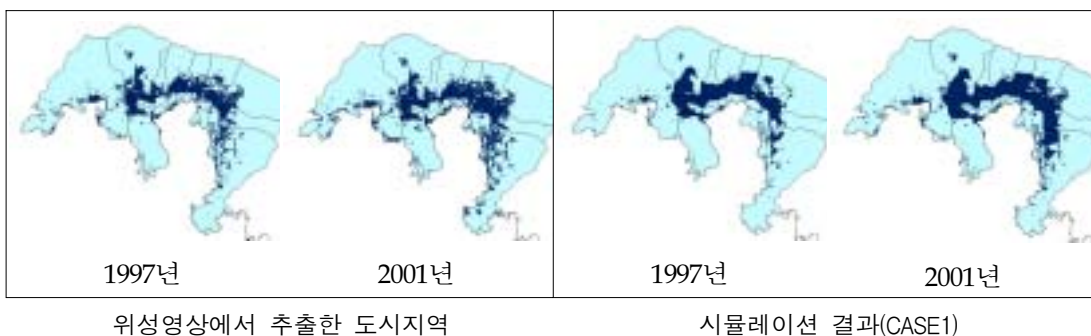


FIGURE 4. Classification of urban areas from Landsat TM and results of simulation(Jinhae)

값이 현저한 차이를 보이지 않았다. 그러나 CASE 1, CASE 2를 보면, 1997년 CASE 1의 CR이 0.7924, 2001년 CR은 0.8290이며, CASE 2의 CR은 1997년 0.7739, 2001년 0.8168로 CASE 2가 낮은 것으로 나타났다. 김해시와 동일하게 대도시 주변도시인 진해시도 네이버후드는 행렬이 작을수록 적합도가 더 높은 것으로 분석되었다(표 5).

또한 네이버후드의 형태에 대하여 2001년 CASE 1과 CASE 3, CASE 4와 CASE 5, CASE 6과 CASE 7을 보면 CASE 1, CASE 4 CR값이 조금 높게 나타났으며, CASE 7은 비슷하게 도출되어 정사각형 형태의 네이버후드가 더 적합한 것으로 분석되었다. 네이버후드 행렬이 작고, 형태가 정사각형인 대안 CASE 1, CASE 4, CASE 6을 살펴보면 도시 성장속도를 조절하는 α 값이 작을수록, 빠른 성장을 할수록 진해시에 더 적합한 도시성장 패턴으로 도출되었다.

분석결과 진해시는 김해시와 동일한 CASE 1이 도시성장패턴으로 도출되었다. 이는 두 도시가 대도시 주변에 입지되어 유사한 지역적 특성 및 도시성장과정을 가지고 있기에 동일한 도시성장패턴이 도출된 것으로 사료되어진다.

결론

각 지역은 개별 도시차원에서 공간적 차이가 존재하고 고유한 도시공간구조를 가지고 있다. 본 연구는 각 지역의 공간적 차이에 의해 도시성장의 형태와 패턴이 다르다는 것을 고려한 연구로써, 기존의 도시성장 분석 및 예측을 위해 도입되어진 셀룰라 오토마타를 이용하여 대도시 부산시와 그 주변도시인 김해시 및 진해시의 도시성장 과정을 분석하였다.

퍼지-AHP 및 셀룰라 오토마타를 도입하여 도시성장 과정을 모델링 한 결과 부산지역의 도시성장 패턴으로 네이버후드는 정사각형 형태보다, circle형태의 네이버후드가 더 적합하

였으며, 행렬이 큰 네이버후드 보다 작은 행렬 값의 네이버후드가 더 적합한 것으로 정립되어졌다. 그리고 도시성장 속도를 조절하는 α 값이 클수록 즉, 완만한 성장을 할수록 더 적합한 것으로 도출되었다.

대도시 주변도시인 김해시와 진해시의 도시성장 패턴은 부산시와 다르게 도출되었다. 김해시와 진해시의 도시성장 패턴은 circle형태의 네이버후드보다 정사각형 형태가 더 적합하였으며, 행렬이 큰 네이버후드 보다 작은 행렬 값의 네이버후드가 더 적합한 것으로 분석되었다. 그리고 도시성장 속도는 빠른 성장의 시뮬레이션이 더 적합하였다. 김해시와 진해시의 도시성장패턴이 동일하게 도출된 것은 두 도시가 대도시 주변에 입지되어 유사한 지역적 특성 및 도시성장과정을 가지고 있기에 같은 도시성장패턴이 도출된 것으로 사료되어진다.

이 연구를 통하여 각 지역의 조건에 의해 도시성장의 형태와 패턴이 다르다는 것이 도출되었으며, 이를 통해 도시성장의 예측 및 도시가용지 분석, 도시개발에 관한 재고 등 도시환경 평가 및 의사결정자의 공간계획 시 활용할 수 있다.

본 연구에서는 수평적 도시성장만을 고려하여 도시성장분석을 모델링하였으나 수직적 성장도 고려한 3차원 네이버후드를 사용한다면 보다 현실적인 모델링이 가능할 것이다. 또한 데이터 획득의 어려움으로 김해시와 진해시는 1987년부터 2001년까지의 모델링을 하였으나 향후 김해시와 진해시도 1972년부터 모델링이 되어진다면 보다 두드러진 도시성장의 차이가 검증될 것이다. **WWW**

참고문헌

- 남광우. 1998. 퍼지집합개념과 AHP를 이용한 GIS환경에서 공간의사결정에 관한 연구. 부산대 석사학위논문. 36쪽.

- 박수홍. 1997. CA-GIS 통합 시스템을 이용한 GIS 연산의 구현. 한국GIS학회 5(1):100-113.
- 윤정미. 2002. 퍼지-AHP와 셀룰라 오토마타를 이용한 도시성장예에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문. 39쪽.
- 윤정미. 2004. 셀룰라 오토마타를 이용한 김해시의 도시성장모형에 관한 연구. 한국지리정보학회 7(3):119-120.
- 이성호. 2000. 도시계획사를 통하여 본 부산시 공간 구조의 변천과정. 서울대학교 박사학위논문. 263쪽.
- 정재준. 2001. 수도권 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델링. 서울대학교 박사학위논문. 19쪽.
- F. Wu and C. J. Webster. 1998. Simulation of land development through the integration of cellular automata and multicriteria evaluation. *Environment and Planning B: Planning and Design*(25): 103-126.
- Park Soohong. 1996. Integration of Cellular Automata and Geographic Information Systems for modeling spatial dynamics. Ph.D. dissertation, Dept. of Geography, University of South Carolina. pp.14-17.

TABLE