

## 지역계획의 미시적 공간분석을 위한 토지피복도 경관 모자이크 패턴 분석 시스템

이영창<sup>1</sup> · 이경미<sup>2\*</sup> · 전진형<sup>3</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 환경생태연구소

<sup>2</sup>덕성여자대학교 컴퓨터학과

<sup>3</sup>고려대학교 환경생태공학부

### Landscape mosaic pattern analysis system using land cover map for micro-spatial analysis of regional planning

Young-Chang Lee<sup>1</sup> · Kyoung-Mi Lee<sup>2\*</sup> · Jinhyung Chon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environment and Ecology, Korea University, Seoul 02841, Korea

<sup>2\*</sup>Department of Computer Science, Duksung Women's University, Seoul 01369, Korea

<sup>3</sup>Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 02841, Korea

#### [요 약]

최근 토지피복도는 경관 모자이크의 공간적 구성, 기능 및 변화와 같은 공간 패턴을 분석하기 위해 그 활용도가 지속적으로 증가하고 있다. 본 논문에서는 토지피복도를 활용한 경관 모자이크 패턴 분석 시스템을 제안하기 위해서 영역기반 영상처리 기법으로 경관 모자이크의 요소인 패치를 추출하고, 추출된 패치의 경관분석 측정요소를 패치 레벨과 클래스 레벨에서 계산하였다. 계산된 측정요소로 공간관계를 표현할 수 있는 패치기반의 공간 패턴을 제안한다. 제안된 시스템은 시스템의 유효성을 확인하기 위하여 광주광역시의 범레벨 토지이용 현황 및 패치의 공간패턴을 확인한다.

#### [Abstract]

Recently, the use of land cover maps has been continuously increasing to analyze spatial patterns such as spatial compositions, functions and changes of landscape mosaics. In this paper, we propose a landscape analysis system that extracts patches, which is an element of landscape mosaics, in the land cover map using region-based image processing technique, and computes patch-based measures at patch level and class level. Also we propose a patch-based spatial pattern that can represent spatial relations using the computed measures. To validate the proposed system's effectiveness, we apply to Gwangju metropolitan city and analyze Gwangju's land use and spatial patterns.

**색인어** : 토지피복도, 경관 모자이크, 패치, 영역기반 영상처리, 공간적 패턴

**Key word** : Land cover map, Landscape mosaic, Patch, Region-based image processing, Spatial pattern

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.7.1367>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 20 October 2017; **Revised** 08 November 2017

**Accepted** 25 November 2017

**\*Corresponding Author; Kyoung-Mi Lee**

**Tel:** +82-02-901-8348

**E-mail:** kmlee@duksung.ac.kr

## 1. 서론

최근 정부의 도시재생 뉴딜정책에 발맞추어 국가와 지방 사이의 중간적 수준의 지역계획에 대한 관심이 주목되고 있다. 특히 지방단위 도시재생을 위한 지역계획의 공간단위계획 분야에서는 재개발, 재건축 방식이 아닌 소규모 주거환경 개선 방식이기 때문에 기존보다 미시적 접근의 공간분석방법이 요구되며 이를 위한 연구개발이 지속적으로 확산되어야 한다는 필요성이 있다[9]. 또한 지역도시에 있어서 지역사회의 성장에 따른 토지이용의 다양화 및 도시 확산 (sprawl) 현상의 가속화 등에 주목하여 토지이용별 특성을 명확히 분석하고 이에 부합한 지역 맞춤형 지역계획을 수립하고 시행하는 것이 앞으로의 지역성장에 있어서 중요한 시발점이 될 것이다.

지역의 토지이용은 경관구조를 형성하는 주요 원인으로 인식되고 있으므로, 많은 연구자들이 지역의 경관구조를 분석하려는 연구를 수행하였다. 경관구조는 공간적으로 나타나는 경관 모자이크 (mosaic)의 구조이며, 경관 모자이크를 형성하는 요소 중 하나인 패치 (patch)들의 토지이용도를 파악하고 패치들의 공간관계를 분석함으로써 지역의 경관구조를 분석할 수 있다 [1]. 특히, 최근에는 경관 모자이크의 구조를 분석하기 위해 토지피복도를 활용한 GIS분석기법의 발전과 함께 경관 모자이크의 구조 분석에서 활용도가 지속적으로 증가하고 있다. 초기의 경관 모자이크에 관한 토지피복도는 경관 모자이크 분석 지표를 개발하고 이를 도시 또는 지역 등의 광역적 공간에 적용하여 경관 현황을 분석하는데 활용되었다 [2]. 최근에 들어서는 도시 및 광역 네트워크 구축을 위한 연구와 토지이용 및 피복 변화에 따른 경관지표의 변화를 분석한 연구, 도심자연공원을 대상으로 토지이용 변화 및 경관지수를 사용하여 경관구조 변화에 대한 분석결과를 통한 토지이용변화의 고찰, 경관요소별 면적변화의 변화, 경관지수 분석결과를 밝히는 연구 등으로도 활용되고 있다.

한편, 토지피복도를 활용한 경관 모자이크 구조를 분석하기 위한 시스템이 국내·외에서 다양하게 개발되었다. 대표적으로 Turner는 대상지의 경관 모자이크를 분석하기 위해 레스터 데이터 기반의 SPAN (Spatial Analysis Program)을 개발하였고 [3], Baker는 경관구조를 수량으로 측정하기 위해 샘플 영역을 수작업으로 그려서 분석하는 r.le 프로그램을 개발하였다 [4]. 응용부분으로 Reynolds는 경관생태평가를 적용하여 산림 복원지역을 선정하기 위한 EMDS (Ecosystem Management Decisions Support)을 개발하였고 [5], McGarigal은 패치 레벨에서 경관생태구조를 비교적 쉽게 정량화할 수 있는 FRAGSTATS을 개발하였다 [6]. 미국 Clark Lab에서는 픽셀 기반으로 토지이용의 시계열적 변화를 예측하기 위한 LCM (Land Change Modeler)의 개발로 전 세계적으로 상용화를 시도하는 사례도 발견할 수 있었다 [7]. 한편 국내에서는 오규식과 이동우가 도시개발의 경관 생태적 성능 평가를 위해 LEMS (Landscape Ecological

Management System)을 구축하는 사례도 있었다 [8]. 이렇듯 토지피복도를 활용한 경관 모자이크 구조 분석 관련 연구는 도시, 지역, 산림, 조경 등의 공간을 다루는 다양한 분야에서 수행되고 있다.

따라서 본 논문에서는 행정구역의 시, 군, 구 단위를 대상으로 하는 지역계획을 수립함에 있어서 미시적 공간분석을 위해 패치 기반의 토지피복도 모자이크 패턴 분석 시스템을 제안한다. 시스템 개발을 위해 22종류의 중범례를 본 연구의 목적과 부합되도록 12종류로 재정리하여 시스템에 반영한다. 미시적 경관구조를 파악하기 위해서 각 범례 내에서의 패치 특성을 분석한다. 또한, 토지피복도를 패치와 직관적으로 같은 형태로 처리하기 위해서 영상을 픽셀 단위로 다루는 대신에, 같은 범례의 연결된 픽셀 집합을 영역 (region) 단위로 다루는 영역기반 방법을 사용하여 패치를 추출한다. 추출된 패치에 대해서는 크기나 모양, 둘레 대 면적비율, 가장 가까운 패치와의 거리와 같은 패치 측정요소를 계산한다. 계산된 측정요소는 공간관계를 나타내는 공간패턴을 분석하는데 이용되어진다. 제안하는 시스템은 토지이용의 현황에 있어서 차별성이 보이는 광주광역시의 중분류 토지피복도에 적용하여 시스템의 유효성을 확인한다. 그림 1은 광주광역시의 토지피복도 일부를 보여준다.

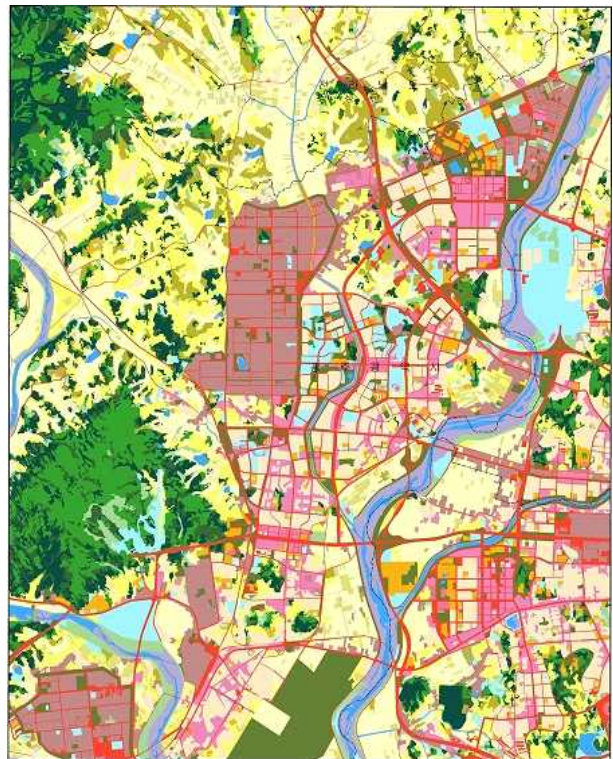


그림 1. 광주광역시 토지피복도의 일부

Fig. 1. Part of land cover map of Gwangju metropolitan city

## II. 제안하는 중분류 토지피복도 분류체계

지역계획의 미시적 공간 분석을 위해서는 기존의 토지피복도 분류체계를 재정립하여 중복되거나 해석 불가능 (해당 사항 없는 경우) 등의 항목을 정리할 필요가 있다. 지역계획과 같은 공간단위 분석을 위해서 7개 클래스 분류체계로 이루어진 기존의 대분류는 토지이용을 충분히 표현하고 있지 못하다 (표 1의 왼쪽 열). 반면, 활용도가 비교적 높은 기존의 토지피복도 중분류 22개 클래스 분류체계에 대하여 (표 1의 가운데 열), 각 항목별 토지이용 해석의 유사정도를 기준으로 12개 클래스로 새롭게 재정립하였다 (표 1의 오른쪽 열). 그 결과의 분류체계는 다음과 같다.

표 1. 제안하는 토지피복도 중분류 12개 항목 분류체계

Table 1. Proposed middle-scale classification of land cover map with 12 classes

Large-scale classification	Middle-scale classification	Proposed middle-scale classification
Urbanization area	1. Residential area	1. Residential area
	2. Industrial area	2. Industrial area
	3. Commercial area	3. Commercial area
	4. Culture, athletic & recreational area	4. Culture, leisure & public facilities area
	5. Public facilities area	
	6. Traffic area	5. Road and Traffic area
Agricultural area	7. Paddy	6. Arable land
	8. Field	
	9. House cultivation area	7. Cultivation under structure area
	10. Fruit orchard	
	11. Other cultivation area	
Forest area	12. Deciduous forest	8. Forest area
	13. Coniferous forest	
	14. Mixed forest	
Grassland	15. Natural grassland	9. Grassland
	16. Artificial Grassland	
Wetlands	17. Inland Wetlands	10. Wetland
	18. Coastal wetlands	
Bare land	19. Natural bare land	11. Bare land
	20. Artificial bare land	
Water area	21. Inland Water	12. Freshwater
	22. Ocean	

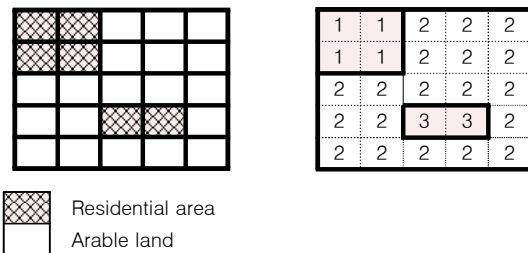
## III. 영역 (region) 기반 패치 추출

토지피복도에서 패치를 추출하는 기존의 방법은 대부분 영상의 각 픽셀이 가리키는 지점의 토지이용 정보를 이용하는 픽셀기반 추출기법을 사용하고 있다 (그림 2(a)). 그러나 토지피복도에서 논이나 밭과 같은 지역, 또는 경관 모자이크의

요소로서 패치는 독립된 하나의 픽셀이 아니라, 같은 토지이용 클래스를 가진 여러 픽셀들이 인접하게 연결되어 있는 구조이므로 픽셀기반 추출기법으로는 패치와 같은 경관 모자이크를 정확하게 파악하기 어렵다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 영역 (region) 기반 영상정보 처리법을 사용하여 패치를 추출한다. 여기에서 영역이란, 같은 토지이용 클래스를 가진 픽셀들이 연결된 집합을 말하며, 추출된 영역을 패치로 인식한다 (그림 2(b)). 패치 추출의 전처리를 위해 우선 토지피복도를 특정 클래스와 그 이외의 클래스로 이진화시킨다. 다음으로 토지피복도의 잡음 등으로부터 영상을 개선하기 위해서 이진화된 토지피복도에 모폴로지 (morphology) 연산을 수행한다 [10]. 본 논문에서는 닫힘 (closing) 연산을 수행하였다.

영역 기반으로 패치를 추출하기 위해 하나의 픽셀에서 같은 클래스를 가진 이웃픽셀을 연결하는 연결요소 라벨링 (connected component labelling) 방법을 사용한다. 전처리된 토지피복도에서 임의의 한 픽셀을 선택하여 새로운 영역을 정의한다. 그 픽셀의 이웃 픽셀과 비교하여 같은 클래스를 가지면 이웃 픽셀을 해당 영역에 추가하고, 추가된 픽셀에 대해 다시 이웃 픽셀을 비교하는데, 더 이상 이웃 픽셀이 같은 클래스를 가지지 않을 때까지 반복한다. 한 영역에 대한 픽셀 추가 과정이 멈추면, 아직 영역이 결정되지 않으면서 그 영역에 포함되지 않은 또 다른 임의의 한 픽셀에 대해 영역을 만드는 과정을 반복하고, 영상 내 모든 픽셀이 영역을 결정할 때까지 반복한다.



(a) Pixel-based processing (b) Region-based processing

그림 2. 토지피복도 영상처리 방법

Fig. 2. Image processing method of land cover map

그림 2에서 보는 것처럼 픽셀기반 추출기법으로 토지피복도 내에 6개 픽셀의 주거지역(Residential area)과 19개 픽셀의 농경지(Arable land)가 있다는 사실만을 알 수 있다. 그러나 영역기반 추출기법은 주거지역이 4개 픽셀의 1번 영역과 2개 픽셀의 3번 영역으로 나뉘어 있으며, 이 중 1번 주거지역은 농경지와 인접하여 있고, 3번 영역은 가로로 긴 형태로 농경지의 내부에 위치됨을 알 수 있다. 이러한 영역기반 패치 추출방법은 패치와 다루는 단위가 동일하므로 이해하기 쉬울 뿐만 아니라 4장에서 설명될 측정요소 값이 패치의 성질을 올바르게 표현하여 미시적 해석이 가능한 결과를 도출

할 수 있는 장점이 있다.

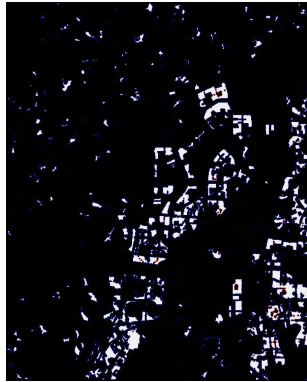


그림 3. 그림 1의 주거지역에 대한 영역기반 영상처리 결과  
 Fig. 3. Results of region-based image processing of residential areas in Fig.1

그림 3은 그림 1의 토지피복도에 대한 영역기반 영상처리 결과를 보여주고 있다. 표 1의 범례 중 주거지역의 패치 추출 결과를 보여주고 있다.

#### IV. 패치기반 측정요소 선정

III장에서 추출된 패치를 이용한 경관 모자이크 측정을 위해서는 패치에 대한 측정요소가 필요하다. 패치의 측정요소는 경관 모자이크를 특징짓는 패턴을 충분히 보여줄 수 있어야 한다 [1]. 본 연구에서는 패치의 형태적 성질과 공간 배치에 주목하여 경관 구조와 토지이용에 대한 세부사항을 표현하는 패치기반 측정요소를 사용하며, 이때 사용되는 패치의 특징 및 측정요소는 토지피복도로부터 유도되도록 하였다. 이에 본 연구에서 도입한 측정요소는 개별적인 패치의 성질을 표현하는 패치 레벨과 패치들 사이의 성질을 통해 전체적인 경관구조를 파악할 수 있는 클래스 레벨로 나누었다.

##### 4-1 패치 레벨 측정요소

패치 레벨은 각 패치 자체에 대한 측정요소를 말하며, 다음과 같은 측정요소들이 있다.

- ① 면적 (Area)은 패치 테두리와 그 내부의 넓이를 의미한다. 본 논문에서는 토지피복도에서 잡음 (noise) 또는 면적을 가진 영역으로 의미없는 패치를 제거하기 위해서 크기가 10이상인 패치에 대해서만 측정요소를 계산한다.
- ② 방향 (Direction)은 패치의 가장 긴 축의 기울기를 의미한다 (식 (1)).

$$\frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}\right), \quad \mu_{20} \neq \mu_{02} \quad (1)$$

여기서  $\mu_{pq}$ 는 중심 모멘트 (central moment)를 의미한다. 방향값은  $-\frac{\pi}{2}$ 은  $-90$ 도를,  $\frac{\pi}{2}$ 은  $90$ 도를 의미한다.

- ③ 둘레길이 (Perimeter)는 패치 테두리의 길이를 의미한다.
- ④ 반지름 (Radius)은 패치 무게중심에서 패치 테두리까지 길이의 평균을 의미한다.

패치의 형태를 알기 위해서 연신율 (Elongatedness), 이심률 (Eccentricity), 원형도 (Circularity), 응축도 (Compactedness), 분산도 (Spreadness)를 계산한다.

- ⑤ 연신율 (Elongatedness)은 패치의 형태가 얼마나 길쭉한가를 측정하는 요소이다 (식 (2)).

$$\frac{\sqrt{4\mu_{11}^2 + (\mu_{20} - \mu_{02})^2}}{\mu_{20} + \mu_{02}} \quad (2)$$

원의 연신율은 0이고, 1에 가까울수록 선에 가깝게 길다.

- ⑥ 이심률 (Eccentricity)은 패치의 가장 긴축과 그에 수직하는 가장 긴축의 차이를 의미한다 (식 (3)).

$$\frac{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 - 4\mu_{11}^2}{(\mu_{20} + \mu_{02})^2} \quad (3)$$

원은 가장 작은 값인 0을 가지며, 선의 모양이 될수록 1에 가까운 값을 갖는다.

- ⑦ 원형도 (Circularity)는 패치의 형태가 얼마나 원형에 가까운가를 측정하는 요소이다 (식 (4)).

$$\frac{4\pi \text{area}}{\text{perimeter}^2} \quad (4)$$

가장 완벽한 원형도를 가진 도형은 원으로 원의 원형도는 1로 가장 크다.

- ⑧ 응축도 (Compactedness)는 패치의 형태가 얼마나 응축되어 있는가를 측정하는 요소이다 (식 (5)).

$$\frac{1}{\text{circularity}} = \frac{\text{perimeter}^2}{4\pi \text{area}} \quad (5)$$

- ⑨ 분산도 (Spreadness)는 패치의 형태가 얼마나 퍼져 있는가를 측정하는 요소이다 (식 (6)).

$$\frac{\mu_{20} + \mu_{02}}{m_{00}^2} \quad (6)$$



여기서  $m_{pq}$  는 공간 모멘트를 의미한다. 분산도가 클수록 선에 가깝다.

패치와 다른 패치와의 상관관계를 알기 위해 최근접 이웃 거리 (Nearest distance)와 중력 (Gravity) 모형을 계산한다.

- ⑩ 최근접 이웃거리 (Nearest distance)는 가장 가까운 패치와의 거리를 의미한다. 패치의 중심과 주변의 패치의 중심과의 거리가 가장 짧은 거리를 계산한다.
- ⑪ 중력 (Gravity) 모형은 경관 모자이크에서 패치사이의 위치 상관관계를 측정하는데 이용된다 (식 (7)).

$$\frac{area \cdot area_{nearest}}{nearest\_distance} \tag{7}$$

여기서  $area_{nearest}$  는 가장 가까운 이웃 패치의 면적을 의미한다. 패치 상호간의 면적이 크고 거리가 가까울수록 패치들 간의 이동은 많아지고 연결성도 좋아지며 거리가 멀고 면적이 작을수록 연결성은 떨어지게 된다.

**4-2 클래스 레벨 측정요소**

클래스 레벨은 표 1의 각 범례에 대해 각 클래스 별로 패치들을 추출한 후, 해당 클래스의 모든 패치에 대한 공간분석을 위한 측정요소를 말하며, 다음과 같은 측정요소들이 있다.

- ① 클래스 패치 개수 (Number of patches)는 해당 클래스에 속하는 패치의 개수( $n$ )를 의미한다.
- ② 클래스 면적의 합 (Area of class)은 해당 클래스에 속하는 패치의 면적 ( $area_i$ )의 합을 의미한다.
- ③ 면적 비율 (Percent of class)은 전체 영상의 크기에서 해당 클래스 면적의 합을 의미한다. 전체 영상에서 해당 클래스가 얼마의 면적을 차지하고 있는지를 나타낸다.
- ④ 이웃 반지름 (Radius among patches)은 패치들이 분산된 거리를 의미한다. 즉, 패치들의 중심에 대한 무게중심에서 각 패치의 중심까지의 거리의 평균을 계산한다 (식 (8)).

$$\frac{\sum_i \sqrt{(\bar{cx} - cx_i)^2 + (\bar{cy} - cy_i)^2}}{n} \tag{8}$$

여기서  $(\bar{cx}, \bar{cy})$  는 패치들의 중심  $(cx_i, cy_i)$  에 대한 무게중심을 의미한다.

- ⑤ 선형회귀 오차 (Error of linear regression)는 패치들이

직선으로 배치된 정도를 의미한다. 즉, 패치들의 중심에 대한 회귀선과 각 패치 사이의 거리의 평균을 계산한다 (식 (9)).

$$\frac{\sum_i \frac{|a_1 cx_i - cy_i + a_0|}{\sqrt{a_1^2 + 1}}}{n} \tag{9}$$

여기서 회귀선은  $y = a_0 + a_1 x$ 이며,

$$a_1 = \frac{n \sum (cx_i cy_i) - \sum cx_i \sum cy_i}{n \sum (cx_i)^2 - (\sum cx_i)^2}, a_0 = \bar{cy} - a_1 \bar{cx} \text{이다.}$$

또한, 해당 클래스의 개별 패치에 대해 계산된 패치 레벨의 측정요소 값의 통계치인 평균, 면적기반 가중평균과 표준편차를 클래스 레벨 측정요소로 사용한다. 면적기반 가중평균은 다음과 같이 계산된다 (식 (10)).

$$\sum \frac{patch_i \cdot area_i}{\sum area_i} \tag{10}$$

여기서  $patch_i$  는 4-1장에서 계산한 패치 레벨 측정요소를 의미한다. 이 중 패치 레벨 측정요소가 면적인 경우는 면적 가중치에 대한 평균 면적으로 인접한 패치의 면적을 의미한다. 즉, 가중치 면적은 같은 클래스의 임의의 두 픽셀이 같은 패치에 포함될 확률을 의미하며, 같은 클래스의 패치가 얼마나 흩어져 있는지를 측정하는데 사용된다. 또한 패치 레벨 측정요소가 반지름인 경우는 면적 가중치에 대한 평균 반지름으로, 임의의 시작점에서 임의의 방향으로 이동할 때 예상 거리를 의미하며, 경관에서 연결성을 측정하는데 사용된다.

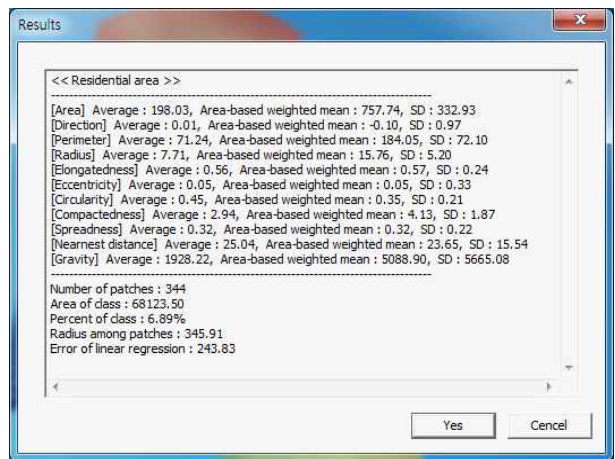


그림 4. 그림 3에 대한 패치기반 측정요소  
Fig. 4. Patch-based measures of Fig.3

그림 4는 그림 3에서 추출한 패치에 대해 계산된 측정요소

를 보여주고 있다. 각 패치마다 계산된 11개의 패치 레벨 측정요소에 대한 3가지 통계치인 평균, 면적기반 가중평균, 표준편차와 5개의 클래스 레벨 측정요소를 포함하고 있다.

### V. 패치기반 공간 패턴

IV장에서 설명한 패치에 대한 측정요소를 사용하여 특정 지역의 토지 이용도를 살펴봄으로써 지역의 공간을 분석할 수 있다. 본 논문에서는 패치기반의 공간분석을 위하여 그림 5와 같은 6개의 공간 관계를 사용한다 [11].

- ① 패치의 면적이 클수록 그 패치의 클래스가 지역을 주요하게 이용하고 있다 (그림 5(a)).
- ② 같은 면적이라면 여러 패치로 분단된 것보다 하나의 큰 패치로 구성된 클래스가 지역을 점유하고 있다 (그림 5(b)).
- ③ 분단된 패치들이라면 패치들 사이의 거리가 근접할수록 상호 간에 영향이 많다 (그림 5(c)).
- ④ 분단된 패치들은 선형으로 배치되어 있는 것보다 상호간에 등거리로 배치되어 있는 편이 패치들 사이의 교류가 활발히 일어난다 (그림 5(d)).
- ⑤ 분단된 패치들 사이에 연결통로가 있다면, 패치들 사이의 교류가 극적으로 개선된다 (그림 5(e)).
- ⑥ 패치는 형태적으로 원형에 가까울수록 다른 클래스의 영향을 덜 받는다 (그림 5(f)).

그림 5의 공간 관계에 대해 IV장의 패치기반 측정요소를 사용하여 10개 패치기반 공간분석 패턴을 제안한다 (표 2).

- ① 클래스가 토지피복도에 주요하게 차지하고 있다. 클래스 레벨의 클래스 면적의 합과 면적 비율로 결정한다.
- ② 토지피복도는 큰 크기의 패치를 포함하고 있다. 패치 레벨의 면적으로 결정한다.
- ③ 클래스는 여러 개의 작은 패치들로 나뉘어 있다. 패치 레벨의 면적과 클래스 레벨의 클래스 패치 개수로 결정한다.

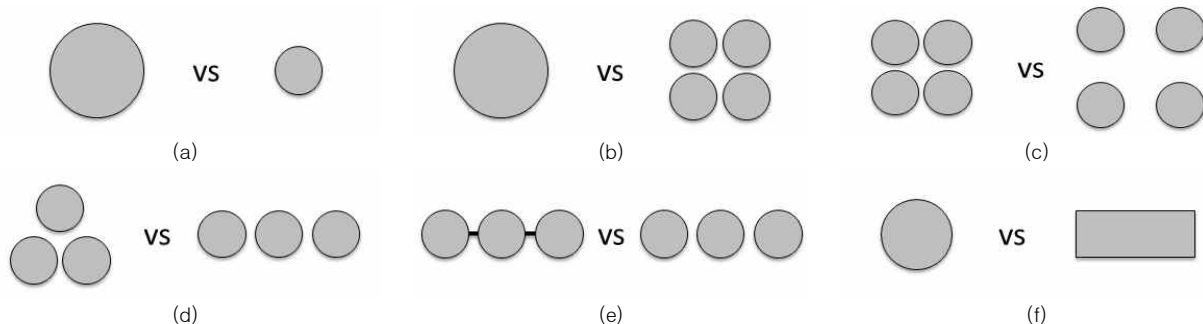


그림 5. 지역계획의 미시적 공간분석을 위한 패치들 사이의 공간 관계  
 Fig. 5. Spatial relations among patches for micro-spatial analysis of regional planning

표 2. 제안하는 패치기반 공간 패턴

Table 2. Proposed patch-based spatial patterns

Proposed patterns for spatial analysis	Patch-based measures
1. The class occupies the majority in the land cover map.	Area of class, Percent of class
2. Big sized patches are included in the land cover map.	Area
3. The class is divided into many small patches.	Area, Number of patches
4. Big sized patches are closely placed.	Gravity
5. Patch are closely placed with the nearest patches.	Nearest distance
6. The distances with the nearest patches are almost equal.	Nearest distance
7. Patches are connected.	Area, Radius,
8. The distances among patches are small.	Radius among patches
9. Patches are placed relatively straightforward.	Direction, Error of linear regression
10. The shapes of patches are relatively circle.	Perimeter, Elongatedness, Circularity, Compactness, Eccentricity, Spreadness

- 특히, 패치들이 얼마나 흩어져 있는지 측정할 수 있는 면적에 대한 면적기반 가중평균을 이용한다.
- ④ 큰 크기의 패치들이 가까이 위치하고 있다. 패치 레벨의 중력 모델로 결정한다.
  - ⑤ 가장 가까운 패치와의 거리가 비교적 가깝다. 패치 레벨의 최근접 이웃거리로 결정한다.
  - ⑥ 가장 가까운 패치와의 거리가 균등하다. 패치 레벨의 최근접 이웃거리로 결정한다.
  - ⑦ 패치들이 연결되어 있는 편이다. 패치 레벨의 면적과 반지름으로 결정한다. 특히, 연결성을 측정할 수 있는 반지름에 대한 면적기반 가중평균을 이용한다.
  - ⑧ 패치들 사이의 거리가 비교적 가깝다. 클래스 레벨의 이웃 반지름으로 결정한다.
  - ⑨ 패치들이 비교적 직선으로 배치하고 있다. 패치 레벨의 방

향과 클래스 레벨의 선형회귀 오차로 결정한다.

- ⑩ 패치의 모양이 원형에 가깝다. 패치 레벨의 둘레길이, 연신율, 이심률, 원형도, 응축도, 분산도로 결정한다.

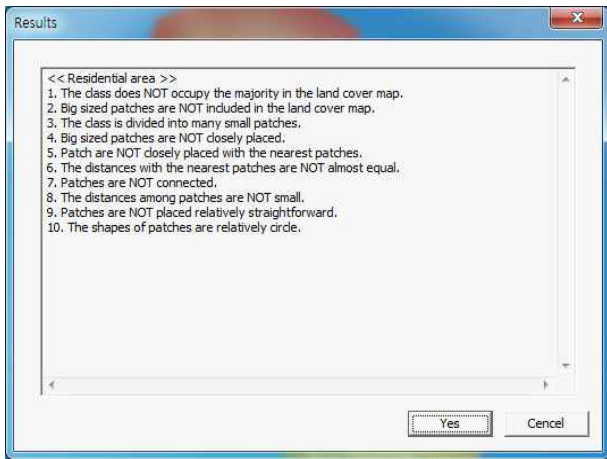


그림 6. 그림 3에 대한 패치기반 공간분석 패턴  
**Fig. 6.** Patch-based patterns for spacial analysis of Fig.3

그림 6은 그림 3에 대한 패치기반 공간 분석 패턴을 보여 주고 있다.

## VI. 공간분석을 위한 경관 모자이크 패턴 분석시스템

### 6-1 실험 환경 및 토지피복도

본 논문에서 제안하는 경관 모자이크 패턴 분석시스템은 Intel(R) Pentium(R) CPU G4400 3.30GHz와 8GB RAM 메모리 사양의 Window 7 상에서 C++과 OpenCV를 이용하여 개발되었다. 실험을 위해서 국토환경정보센터에서 제공하는 토지피복도(중분류) 영상데이터를 획득하여 사용하였다[12]. 토지피복도의 크기는 901×1097이다.

### 6-2 실험 결과

그림 7은 그림 1의 실험결과를 보여준다. 그림 7의 맨 윗줄부터 차례대로 공업시설 지역, 농경지, 습지의 결과이다. 그림 7(a)는 III장의 영역기반 패치 추출결과를, 그림 7(b)는 IV장과 V장에서 소개한 공간분석을 위한 패치기반 패턴 결과를 보여 주고 있다. 광주광역시 일부 지역에 대해 제안하는 시스템으로 분석해보니, 주어진 지역은 농경지와 산림지로 주요하게 이용되고 있다. 주거 지역은 패치의 크기가 비교적 큰 편이 아니지만, 이웃 패치와 골고루 흩어져 배치되어 있다. 공업시설 지역은 큰 면적의 패치들이 부분적으로 군을 이뤄 배치되어 있지만, 공업시설 지역 군은 가깝지 않게 흩어져 배치되어 있다.

## VII. 결 론

본 논문에서는 지역계획의 미시적 공간분석을 위해 토지피복도의 경관 모자이크 패턴을 분석하는 시스템을 제안한다. 제안하는 경관 모자이크 패턴 분석 시스템은 토지피복도를 영역기반으로 패치를 추출하여 패치기반의 측정요소와 공간분석 패턴을 계산한다. 제안된 시스템을 통해 주어진 토지피복도의 각 범례(클래스)별 공간 분석 패턴을 확인할 수 있다.

앞으로의 연구에서는 주어진 지역에 대한 공간적 패턴 분석 뿐만 아니라 시간적 패턴 변화를 분석하여 변화 방향을 예측할 수 있는 시스템을 개발할 예정이다.

## 감사의 글

이 논문은 2016년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업으로, 관계부처에 감사드립니다(No. NRF-2016R1D1A1B03933364).

## 참고문헌

- [1] J.A. Wiens, "Central concepts and issues of landscape ecology," *Applying landscape ecology in biological conservation*, pp. 3-21, 2002.
- [2] E.J. Gustafson, "Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?," *Ecosystems*, vol. 1, no. 2, pp. 143-156, 1988.
- [3] M.G. Turner, "Spatial and temporal analysis of landscape patterns," *Landscape Ecology*, vol. 4, no. 1, pp. 21-30, 1990.
- [4] W.L. Baker and Y. Cai, "The r. le programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system," *Landscape Ecology*, vol. 7, no. 4, pp. 291-302, 1992.
- [5] K.M. Reynolds, "EMDS: Using a logic framework to assess forest ecosystem sustainability," *Journal of Forestry*, vol. 99, no. 6, pp. 26-30, 2001.
- [6] K. McGarigal, S. Cushman and E. Ene, "FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps," 2012. Available: [http://www.umass.edu/landeco/research/fr\\_agstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fr_agstats/fragstats.html).
- [7] J.R. Eastman, "IDRISI Selva tutorial, manual version 17.0.," Clark University, 2012. Available: [http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi\\_selva\\_tutorial.pdf](http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi_selva_tutorial.pdf)



(a) Region-based patch detection

(b) Patch-based patterns for spatial analysis

그림 7. 그림 1의 실험결과 : 맨 윗줄은 공업지역, 가운데 줄은 농경지, 맨 마지막 줄은 담수지역임.

Fig. 7. Experimental results of Fig.1 : The top row is on industrial areas, the middle row on arable areas, and the bottom row on wetland.

[8] K.S. Oh and D.W. Lee, "The Landscape Ecological Management System (LEMS) for assessing the landscape ecological performance of urban developments," *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, vol. 15, no. 5, pp. 49-67, 2012.

[9] J.G. Song, "Urban renewal new deal program," *IBK Weekly Economy Brief*, no. 494, 2017.

[10] J.Y. Paek and Y.G. Seo, "Extracting the slope and compensating the image using edges and image

segmentation in real world image," *Journal of Digital Contents Society*, vol. 17, no. 5, pp. 441-448, 2016.

[11] Jared M. Diamond, "The island dilemma: Lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves", *Biological Conservation* 7 (2), pp. 129-146, 1975.

[12] NEINS (National Environment Information Network System). Available: <http://www.neins.go.kr>.





**이영창(Young-Chang Lee)**

2002년 : (일본)국립치바대학교 건축과학디자인분야 도시환경계획전공 (공학석사)

2007년 : (일본)국립치바대학교 지구·인간환경과학분야 (공학박사-도시환경계획)

2016년~현 재: 고려대학교 환경생태연구소 연구교수  
※ 관심분야 : 도시환경계획, 도시재생, 지역계획, 조경계획 등



**이경미(Kyoung-Mi Lee)**

1996년 : 연세대학교 전산학과(이학석사)

2001년 : 아이오와 대학교 전산학과(전산학박사-지능형 멀티미디어)

2003년~현 재: 덕성여자대학교 컴퓨터학과 교수  
※ 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 멀티미디어, HCI 등



**전진형 (Jinhyung Chon)**

1998년 : University of Pennsylvania (조경학석사)

2004년 : Texas A&M University (환경설계학박사)

2004년~2006년: Georgia Southern University 조교수  
2006년~현재: 고려대학교 환경생태공학부 교수

※ 관심분야 : Resilience, Green infrastructure, System Dynamics, Ecological Design 등