

ISSN 1598-9798



데이터베이스연구

28권 제1호 2012년 4월

항공 라이다와 항공 영상 데이터를 이용한 융합된 타일 기반 지형 분류 기법

An Integrated Tile-based Topographical Classification Scheme
Using Aerial LiDAR and Aerial Image Data

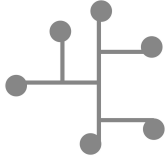
이성규, 김남수, 김유성

Sung Gyu Lee, Nam Soo Kim, Yoo-Sung Kim

데이터베이스 소사이어티
Database Society

사단법인 한국정보과학회

The Korean Institute of Information Scientists and Engineers



항공 라이다와 항공 영상 데이터를 이용한 융합된 타일 기반 지형 분류 기법

An Integrated Tile-based Topographical Classification Scheme Using Aerial LiDAR and Aerial Image Data

이성규(Sung Gyu Lee)¹, 김남수(Nam Soo Kim)², 김유성(Yoo-Sung Kim)³

요 약

최근 국토의 구성 및 변화를 탐지하기 위해서 항공 라이다 데이터를 활용하여 지표면의 구성을 정확하게 분류하기 위한 지형 분류 기법들이 연구되고 있다. 특히 기존의 점 기반 분류 방법의 비효율성을 극복하기 위해 지형을 타일 단위로 분할하여 분류하는 타일 기반 지형 분류 방법은 처리속도 면에서 향상되었지만 좁은 영역의 복잡한 지형에 대해서 분류 정확도가 저하된다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 항공 라이다 데이터에 대한 타일 단위의 지형 분류의 정확도를 증진하기 위해서 항공 영상을 항공 라이다 데이터와 같은 크기의 타일로 분할하고 이미지 처리 기법들을 통해 특징들을 추출하여 지형 분류에 함께 활용하는 융합된 타일 기반 지형 분류 기법을 제안하였다. 실험 결과에 의하면 제안된 융합된 타일 기반 지형 분류 기법은 항공 라이다 데이터 또는 항공 영상만을 이용한 기존의 방법보다 높은 분류 정확도를 갖는 것으로 판명되었다.

주제어: 항공 라이다, 항공 영상, 융합된 타일 기반 지형 분류, 분류 정확도

1 (주)콘티넨탈 오토모티브 일렉트로닉스 연구원

2 인하대학교 대학원 정보공학과, 석사과정

3 인하대학교 정보통신공학부, 교수

† 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토정보B01)에 의해 수행되었습니다.

+ 논문접수: 2011년 11월 12일, 심사완료: 2012년 4월 7일

Abstract

For the purposes of accurate analyzing and monitoring land configuration and usages, several topographical classification schemes using LiDAR(Light Detection and Rangine) data have been widely studied. Although tile-based classification schemes have been proposed to overcome the inefficient computation problem of point-based schemes, the tile-based scheme has low accuracy especially against complex configurations in narrow area. In this paper, an integrated tile-based topographical classification scheme is proposed in which several characteristics of aerial image tile which is pre-splitted according to the aerial LiDAR tile is also used to enhance the classification accuracy of the previous tile-based scheme. According to the experimental results, the proposed integrated tile-based scheme is known to be able to improve the classification accuracy of the previous tile-based ones.

Key words: Aerial LiDAR, aerial image, integrated tile-based topographical classification, classification accuracy

1. 서론

최근 산림의 분포, 자연재해, 해안선의 변화 및 도심 구조의 변경 등을 모니터링하기 위해 항공 라이다 데이터를 이용하여 지표면의 유형을 분류하는 여러 지형 분류 방법들에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2]. 항공 라이다 데이터는 지표면의 한 측정 지점에 대한 x, y, z 의 3차원 좌표 정보와 반사강도 및 반사회수 등을 포함하는 데이터이다. 이런 항공 라이다 데이터를 이용하여 지표면의 유형을 분류하는 방법은 점 기반 방법, 패치 기반 방법, 타일 기반 방법으로 구분할 수 있다[1,2].

항공 라이다 데이터로부터 지형의 유형을 분류하기 위한 방법에는 일반적으로 점 기반 방법이 널리 활용되고 있는데 이는 점들 사이의 인접성, 기울기 등의 속성을 조합하여 분류기준을 수립하고 지표면과 비 지표면을 구분하는 방법이다[3]. 하지만 점 단위의 중복된 연산으로 인한 비효율성의 문제가 있으며 이를 개선하기 위한 방법으로 패치 기반 방법이 제시되었다[4]. 패치 기반 방법은 점들 사이의 인접성 관계를 그래프(graph) 구조로 모델링하여 저장하고 이를 패치 형태로 그룹화 하여 지형을 분류하는 방법으로서 오류에 대한 견고성을 향상시키고 기존 점 단위 방법보다 연산량 측면에서 비용 절감 효과가 있다는 장점을 가지고 있다[4]. 하지만 그래프를 구성하는 과정에서 측정 점들 간의 인접성 판단이 이루어져야 하며 모든 점들 간의 거리 정보를 저장해야 한다는 점에서 연산량과 저장 공간의 문제점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위한 방법으로 최근 연구에서는 라이다 데이터를 타일 단위로 분할하여 지표면의 유형을 분류하는 타일 기반 지형 분류 방법이 제안되었다[1,5].

타일 기반 지형 분류 방법은 항공 라이다 데이터

를 일정한 크기의 사각형 모양의 타일로 분할하고 각 타일의 점 분포 패턴 및 평균 고도, 반사강도 등의 특징들을 추출하여 지표면의 유형을 분류하는 방법이다. 타일 기반 지형 분류 방법은 기존 점 기반 방법이나 패치 기반 방법에 비해서 경계선 추출 영역의 크기를 타일내로 제한하고 모든 측정 점이 아닌 타일을 기본단위로 분류를 수행하여 처리의 중복을 제거함으로써 연산 속도를 증진시킨다는 장점이 있다. 그러나 좁은 지역에 다양한 형태의 지형이 혼재되어 있는 복잡한 지형에 대해서는 여러 지표면 유형이 혼재된 복합 클래스를 포함해야 하기 때문에 분류 클래스의 수가 증가하며, 이런 경우에는 지형 분류의 정확성이 떨어지는 단점이 있다[6]. 따라서 지형분류 이후에 건물 또는 도로 객체를 정확하게 분류하기 위해서는 타일 단위의 지형 분류에 대해 정확성을 검토해서 오분류를 교정하는 보정단계[6]가 필요하게 되어 실행시간의 효율성 증진 효과를 반감시키는 문제가 존재한다. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 타일 단위 지형 분류의 정확성을 증진하기 위한 노력이 필요하다.

지형 분류를 위해서 항공영상을 이용하는 연구도 함께 진행되고 있다[7,8]. 특히, [7]은 항공 영상 데이터로부터 이미지 인식 기술을 이용하여 추출한 건물 세그먼트를 이용하여 항공 라이다 데이터로부터 건물 세그먼트를 분할하여 건물을 모델링 하는 방법을 제안하였다. 하지만 이 방법은 이미지 파일 전체를 대상으로 픽셀 단위의 연산을 통해 항공 영상을 분석하고 특정 요소를 추출해 내는 방법으로서 보통 항공 영상의 이미지 픽셀의 개수가 항공 라이다 데이터의 점 개수보다 훨씬 많기 때문에 효율적이지 못하다. 즉, 항공 영상 전체 영역에 대해 건물 경계선을 추출하기 위해서는 많은 연산이 필요하기 때문에 이를 직접 지형분류에 적용하면 비효율성의 문제

가 존재하게 된다. 또한, 항공영상에는 다양한 노이즈가 존재하기 때문에 항공 영상으로부터 건물의 경계선을 정확하게 추출하기에는 많은 어려움이 있다 [9].

본 논문에서는 항공 라이다 데이터를 타일 단위로 분할하여 지형 분류를 실시하는 기존의 타일 단위 지형 분류 방법의 분류 정확도를 향상시키고자 항공 영상을 지형 분류에 함께 이용하는 융합된 타일 기반 지형 분류 기법을 제안하였다. 융합된 타일 기반 지형 분류 기법에서는 항공 라이다 데이터로부터 분할된 타일(항공 라이다 타일이라고 함)에 대응되는 위치의 항공 영상을 같은 크기의 타일(항공 영상 타일이라고 함)로 분할한 후, 항공 라이다 타일로부터 추출한 특징 정보와 항공 영상 타일로부터 추출한 특징 정보를 함께 반영하여 지형분류를 실시함으로써 지형 분류의 정확도를 향상시키도록 하였다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로서 항공 라이다 데이터를 이용하는 지형 분류 기법들을 간단히 요약하여 기술한다. 또한, 지형 분류의 정확도 향상을 위한 목적으로 사용 가능한 항공 영상의 특징 및 이를 이용하는 타당성을 간단히 소개한다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 항공 라이다 타일과 항공 영상 타일을 함께 이용하여 지표면의 유형을 분리하는 융합된 타일 기반 지형 분류 기법을 소개한다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 융합된 타일 기반 지형 분류기의 정확도를 항공 라이다 데이터만을 이용한 타일 기반 지형 분류기의 정확도와 항공 영상만을 이용한 지형 분류기의 정확도와 비교한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 기존 지형분류 기법 및 항공영상의 특징정보

항공 라이다 데이터를 이용하여 지형을 분류하고 객체를 인식하기 위해서는 항공 라이다 데이터로부터 대상물의 표면 정보를 추정하는 항공 라이다 데이터 분할(segmentation) 과정을 거친다. [2]에서는 기존의 항공 라이다 데이터 분할 기법을 [표 1]과 같이 분류하였다. 예지 검출, 스캔 라인, 클러스터링 방법은 항공 라이다 점 데이터를 반복적으로 처리하여 객체 정보를 추출하는 방법이기 때문에 점 기반 분류 방법이라 구분하고 표면 확장, 그래프 분할 방법은 처음에는 점 데이터로부터 패치 또는 세그먼트를 구성한 후 패치를 확장하여 객체의 면을 인식하는 기법이기 때문에 패치 기반 분류 방법이라고 구분하였다.

[1] 라이다 데이터 분할 방법의 구분([2])

종류	설명
예지 검출	항공 라이다 데이터로부터 DSM을 생성한 후, 예지 검출을 적용하여 패치의 경계를 파악
스캔 라인	항공 라이다 데이터가 취득되는 스캔 라인상의 점집합을 직선으로 분리한 후 인접하는 라인 세그먼트를 통합하여 패치를 형성
클러스터링	공간상의 특성 등을 기준으로 클러스터링 기법으로 패치를 구분
표면 확장	최소제곱법이나 허프 변환을 기반으로 초기 패치를 생성하고 기울기나 연속성 등과 같은 유사성을 기준으로 확장
그래프 분할	점 데이터로 그래프를 생성하여 세그먼트내의 점들 간의 유사성을 최대로 하고 인접한 세그먼트간의 유사성을 최소화할 수 있도록 재귀적 분할

항공 라이다 데이터를 이용하는 기존의 지형 분류 기법들은 항공 라이다 데이터에 포함된 점으로부터 선, 면 등을 추출하고 이를 다시 재구성하여 객체를 모델링하는 특성을 갖기 때문에 상향식(bottom-up) 지형 분류 기법이라고 한다. 이러한 상향식 지형 분류 기법에서는 항공 라이다의 모든 점 데이터를 기준으로 처리를 반복해야 하기 때문에 필요한 연산량이 증가하게 된다. 이러한 상향식 지형 분류 방법의 문제점을 해결하기 위해 본 연구팀에서는 타일 단위의 지형 분류 기법을 제안하였다 [1]. 타일 단위의 지형 분류 기법에서는 항공 라이다 데이터를 타일단위로 미리 분할하여 타일 단위로 분류 특징을 추출하고 이를 이용하여 지형을 결정하기 때문에 타일 단위의 지형 분류 기법은 하향식(top-down) 분류 방법에 속한다. 하향식 분류에서는 타일 단위로 지형 분류를 하기 때문에 좁은 지역에 다양한 형태의 지형이 혼재되어 있는 복잡한 지형에 대해서는 지형 분류의 정확성이 떨어지는 단점이 있다[6]. 따라서 객체를 정확하게 분류하기 위해서는 타일 단위의 지형분류에 대해 정확성을 검토해서 오분류를 교정하는 보정단계가 반드시 필요하다 [6]. 이러한 보정단계를 많이 필요하면 할수록 지형 분류를 위한 소요시간이 길어지고 지형분류의 효율성이 저하되는 문제가 발생한다. 따라서 타일 단위 지형 분류 기법의 효율성을 훼손하지 않기 위해서는 타일 단위 지형 분류의 정확성을 증진해야 한다.

본 연구에서는 타일 단위 지형 분류 기법의 정확성 증진을 위해서 항공 영상으로부터 이미지 인식을 위해 중요하게 사용될 수 있는 분류 특징을 추출하여 항공 라이다 데이터로부터 추출한 분류 특징과 함께 고려하여 지형 분류를 실시하는 융합된 타일 기반 지형 분류 기법을 제안한다. 본 장의 이후에서는 지형 분류의 목적으로 항공 영상으로부터 추출하

여 사용할 수 있는 분류 특징으로서 이미지 처리 분야의 대표 연구인 [10,11,12]에서 이미지 내용을 분석하고 인식하기 위해서 사용하는 이미지의 에지, 질감, 색상 등의 기본 특징을 소개한다.

첫 번째 항공 영상의 지형 분류의 목적으로 사용할 수 있는 특징은 경계선 패턴이다. 항공영상을 구성하는 수목영역, 건물영역, 도로영역 등은 각각 다른 형태의 경계선을 가질 수 있다. 예를 들면, 건물 영역에서는 직각으로 꺾어지는 직선 형태의 패턴이 자주 나타날 것이고, 숲 영역에서는 다수의 불규칙한 경계패턴들이 구축될 것이다. 따라서 [10]에서 사용한 방법을 이용하여 영상에서 경계선이라고 할 수 있는 에지 집합에 워터 필링 알고리즘(water filling algorithm)을 적용하여 최대 분기 횟수(max fork count)와 최대 분기 길이(max fork length)등을 분류 특징으로 정의하고 이를 기준으로 지형을 구분할 수 있다.

항공영상을 이용하여 지형을 구분하기 위한 두 번째 특징 정보는 이미지 내부의 질감 패턴이다. 불규칙적인 수목의 패턴과 대체로 낮은 명도를 갖는 도로의 패턴, 그리고 건물의 패턴은 서로 다른 이미지 패턴을 가질 것이다. [11]에서는 이미지 패턴의 동질성(homogeneity), 대비(contrast), 상관계수(correlation), 에너지(energy), 엔트로피(entropy)의 다섯 가지 특징들을 이용하여 이미지를 구분하는 기준을 제시하였다. 항공 영상에서도 서로 다른 지형이 다른 질감 패턴을 가질 수 있으므로 이러한 특징 정보들을 이용하여 지형을 구분할 수 있다.

세 번째 특징 후보는 이미지의 주요 부분에 대한 주요 색상 정보이다. 항공영상 이미지 내부에는 여러 지형 요소들이 포함될 수 있다. 따라서 이런 지형 요소들 중에서 주된 지형을 찾고 이 부분의 주요 색상을 고려하기 위해 [12]에서 제안한 기법을 활용

하여 색상정보를 추출할 수 있다. [12]는 이미지의 각 픽셀을 양자화하여 미리 정의된 25개의 색상 테이블로 매핑 시키고 서로 인접해 있는 픽셀을 하나의 조각으로 묶어 조각 내부의 픽셀 수가 일정 임계값 이상이면 그 조각의 색상을 주요 색상으로 선정하여 특징으로서 활용하는 방안을 제시하였다.

3. 융합된 타일 기반 지형 분류 기법

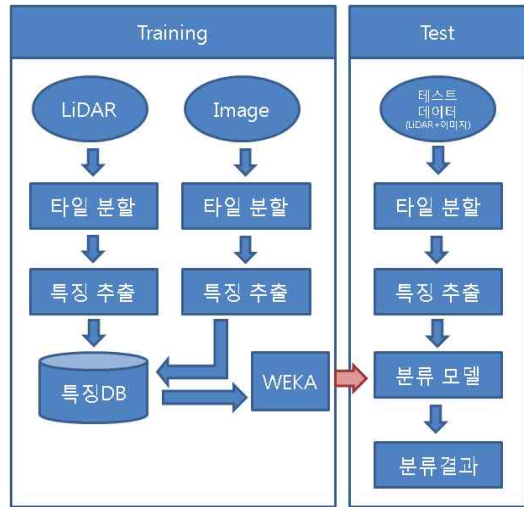
3.1 융합된 타일 기반 지형분류 시스템 구조

본 논문에서 제안한 항공 라이다와 항공 영상 데이터를 함께 이용하여 타일 단위로 지형 분류를 실시하는 융합된 타일 기반 지형분류 시스템의 구성 및 동작 과정은 [그림 1]과 같다.

우선 학습(training) 단계에서 학습 데이터 생성을 위해 항공 라이다 데이터와 항공 영상 데이터를 같은 크기의 타일로 분할한다. 분할된 타일 단위로 지형 분류를 실시하기 위해서 각각 항공 라이다 타일로부터 항공 라이다 데이터를 위한 특징 추출 도구를 이용하여 항공 라이다 데이터의 지형 분류를 위한 특징 정보를 추출한다. 또한 항공 영상 타일로부터 항공 영상을 위한 특징 추출 도구를 이용하여 항공 영상의 지형을 분류하기 위한 특징 값들을 추출한다. 각 타일에서 추출된 특징 값들은 특징 데이터베이스에 보관된다. 특징 데이터베이스에 저장되는 분류 특징 정보에 대해서는 3.2절에서 소개한다. 학습 데이터로부터 추출된 특징 정보들을 이용하여 데이터마이닝 도구 WEKA[13]로 분류 모델을 생성한다. 지형 분류를 위해 사용하는 데이터 마이닝 기법의 선정에 대해서는 3.3절에서 소개한다.

테스트(test) 과정에서는 테스트 데이터의 항공

라이다 데이터와 항공 영상 데이터를 각각 학습단계와 같은 과정을 거쳐 타일로 분할하고 분할된 타일 단위로 특징을 추출한다. 학습 과정을 통해 생성된 분류모델을 이용하여 테스트 데이터의 특징을 기반으로 타일 단위로 지형을 분류한다.



[그림 1] 융합된 타일 기반 지형 분류 시스템

3.2 특징정보의 선정

융합된 타일 기반 지형 분류 기법에서 사용하는 항공 라이다 데이터 관련 특징정보는 기본적으로 본 논문의 선행연구[1]에서 제시한 바와 같이 고도 관련 특징 13개, 반사정도 관련 특징 14개, 기타 후보 특징 5개를 포함하여 총 32개를 선정하였다.

항공 영상 정보를 지형 분류에 이용하기 위해서는 항공 영상 타일로부터 분류 특징 정보를 추출해야 한다. 이때, 항공 영상 타일의 국부적 특성보다는 전역적 특성을 고려하여 특징을 추출하는 것이 분류에 더 좋은 기준을 제공해 줄 것이다. 따라서 본 논문에서는 이미지 처리 분야에서 이미지 상호간의 유사도를 비교하는데 가장 널리 활용되고 있는 3가지 처

리 방법을 이용하여 총 25개의 전역적 특징 정보들을 추출하여 지형 분류에 활용하였다([표 2] 참조). [10]에서와 같이 경계선 패턴에 워터 팰링 알고리즘을 적용하여 총 18개의 특징을 정의하여 활용하였다. 또한, [11]의 내용을 참고하여 이미지 내부 영역의 질감 패턴을 이용하여 지형 분류를 실시하기 위한 동질성(homogeneity), 대비(contrast), 상관계수(correlation), 에너지(energy), 엔트로피(entropy)의 5개의 특징 정보를 정의하였다. 그리고 [12]를 참조하여 이미지로부터 특징이 되는 주요 영역을 찾아내고 찾아낸 주요 영역의 지배 색상(dominant color)을 2개 추출하여 지형을 분류하기 위한 특징 정보로 정의하였다. 본 논문에서는 한가지의 지형으로만 이루어져 있는 순수타일 뿐만 아니라 두 가지 이상의 지형이 혼재되어 있는 혼합 타일도 분류 클래스로 이용하였다. 따라서 한 타일 내에 두 가지 이상의 지형이 포함된 경우에는 두 가지의 주요 색상을 특징정보로서 활용하는 것이 타당하다.

3.3 분류모델의 선정

지형 분류에 사용하는 데이터 마이닝 기법이 분류의 정확도에 미치는 영향이 매우 크다. 특히, 분류 방법을 결정함에 있어서 타일 단위 분류 방법의 가장 큰 장점인 처리 속도가 저하되지 않도록 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서는 분류 속도가 보장되며 일반적인 분류에서 정확도가 높은 것으로 알려진 대표적인 데이터 마이닝의 분류기법들인 베이저안 네트워크(Bayesian network), 지지 벡터 기계(support vector machine: SVM), 분류 규칙 집합(decision rule set: PART 알고리즘), 그리고 결정 트리(decision tree: J48(C4.5) 알고리즘)를 사용하여 각 방법의 분류 정확도를 비교 분석하여 최적의 분류 기법을 선택하였다. 각 분류 모델의 정확도는 데이터 마이닝 도구 WEKA를 이용하여 10-군집 상호검증(10-folds cross validation) 기법을 이용하여 측정 하였다.

[2] 항공 영상의 지형분류를 위한 특징 정보

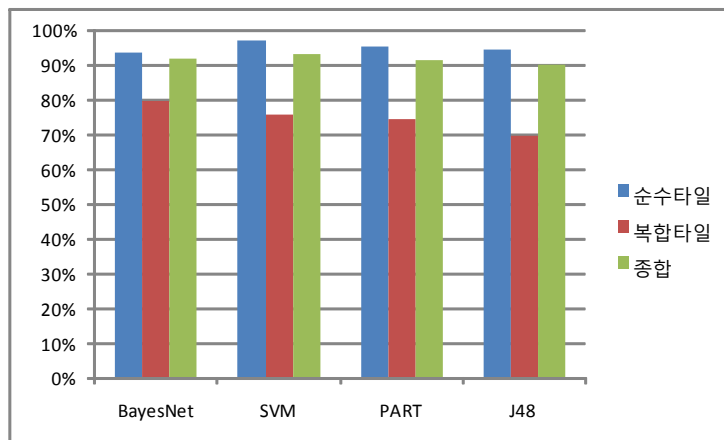
분류 특징	설명
maxFillingTime	알고리즘의 전체 진행 시간
associatedForkCount	최대 진행 시간을 갖는 분기의 분기횟수
maxForkCount	최대 분기 횟수
associatedFillingTime	최대 분기 횟수를 갖는 분기의 진행시간
FTH_bin0~6	진행 시간 히스토그램(7개 값)
FCH_bin0~6	분기 횟수 히스토그램(7개 값)
homogeneity	이미지의 동질성 정도
contrast	이미지의 명암 대비 정도
correlation	이미지 픽셀간의 상관 계수
energy	이미지 명암도의 균일성 정도
entropy	이미지내의 밝기 값 분포 정도
firstDominantColor	첫 번째 지배 색상
secondDominantColor	두 번째 지배 색상

분류 모델을 선택하기 위한 실험에서 사용한 지형 데이터는 [1]에서와 같이 2008년 11월에 ALTM Gemini 167을 이용하여 전라남도 장성 지역에서 취득한 항공 라이다 데이터와 같은 지역의 항공 정사 영상 데이터를 이용하였으며 타일의 크기는 [1]에서 제시한 바와 같이 10m×10m 크기를 사용하였다. 타일 단위로 분할된 지형에 대해서 항공사진으로부터 구성 지형을 육안으로 확인할 수 있는 11,000개의 타일을 실험 데이터로 사용하였다.

[1]에서는 항공 영상으로부터 숲, 초원, 도로, 건물, 물 등과 같이 명확하게 구분할 수 있는 5개의 순수 타일만을 이용하여 정확도 분석을 하였으나 본 연구에서는 하나의 타일에 두 개 이상의 지형이 분포되어 있는 복합 타일도 분류 클래스로 사용하였다. 타일 기반 지형 분류기법에서는 점 기반 방법이나 패치 기반 방법과 같이 영상이나 개개의 점 데이터 단위로 지형을 구분하지 않기 때문에 한 타일 내부에 두 가지 이상의 지형이 포함되는 경우가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 [1]에서 사용한 숲, 초원, 도로, 건물, 물의 다섯 가지 순수타일 클래스 이외에 하나의 타일에 두 개의 지형이 복합되어 있는

건물+초원, 건물+도로, 숲+초원, 숲+도로, 초원+물, 도로+초원의 여섯 가지 복합타일을 추가로 클래스로 지정하여 총 11가지 클래스를 정의하고 분류 모델의 생성에 활용하였다. 이론상으로는 위에서 제시한 여섯 종류의 복합 타일 이외에도 건물+물, 건물+숲 등의 복합 타일이 고려되어질 수 있으나 실제 장성 지역에 이러한 복합타일의 경우가 매우 적었기 때문에 실험 데이터로 사용하지 않았다. 또한, 하나의 타일에 세 개 이상의 지형이 복합되어 있는 경우도 항공영상에서 정확한 지형 구분을 판독할 수 없었기 때문에 실험에서 제외하였다.

[그림 2]는 각 모델별로 분류 정확도를 정리한 것이다. 전체적인 분류 정확도를 살펴보면 비슷한 정확도를 갖는 것으로 판단된다. 그러나 지형 분류 이후에 객체 정보를 추출하기 위한 경계선 추출의 주요 대상이 될 수 있는 복합타일의 분류 정확도가 순수타일의 분류 정확도보다 우선순위를 갖는 요소가 될 수 있다[6]. 따라서 본 논문에서는 가장 높은 복합타일 분류 정확도를 보이며 모델 생성에 소요되는 시간이 가장 짧은 베이지안 네트워크를 이후 실험에 활용하였다.



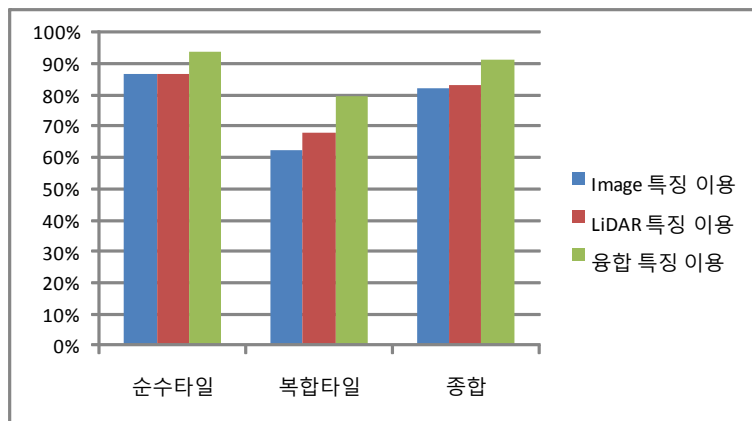
[2] 분류 모델별 정확도 비교

4. 실험 및 평가

본 장에서는 본 논문에서 제안한 융합된 타일 기반 지형 분류 기법의 성능을 분석하기 위해서 융합된 타일 기반 지형 분류 기법의 분류 정확도와 항공 라이다 데이터만을 이용한 타일 기반 지형 분류 기법의 분류 정확도, 그리고 항공 영상만을 이용한 타일 기반 지형 분류 기법의 분류 정확도를 비교하였다. 성능 분석을 위한 분류의 정확성 측정은 3.3절에서 기술한 바와 같이 장성 지역의 11,000개 타일 (10m×10m 크기)에 대해서 WEKA를 이용하여 10-군집 상호검증(10-folds cross validation) 기법으로 측정하였다. 다만 본 연구에서는 [1]에서와 달리 5개의 순수 타일 이외에 실험 데이터에서 존재하는 6개의 복합 타일도 분류 클래스에 포함시켜 총 11개의 분류 클래스를 이용하여 분류 정확도를 분석하였다. 각 기법의 분류 정확도를 타일의 유형에 따라 구분하여 정리하면 [그림 3]과 같다.

항공 라이다 데이터만을 활용하여 순수 타일과 복합 타일에 대한 실험을 통해 얻은 종합적인 분류 정확도가 83.36% 이며 항공 영상 데이터만을 이용하여 얻은 종합적인 분류 정확도는 82.25%이고 항공

라이다 데이터와 항공 영상을 함께 이용하는 본 논문에서 제안한 융합된 타일 기반 지형 분류 기법의 분류 정확도는 91.12% 정도이다. [그림 3]에서 관찰할 수 있는 것처럼 항공 영상과 항공 라이다 데이터로부터 각각의 특징정보를 따로 활용하였을 경우보다 두 가지 데이터를 융합했을 경우가 더 높은 분류 정확도를 갖는다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 항공 라이다 데이터와 항공영상 데이터가 서로 부족한 부분의 데이터를 가지고 있어 상호보완적인 분류 모델이 생성되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 [그림 3]의 분류 정확도 수치들은 본 연구의 선행연구 [1]에서 진행한 순수 타일만을 대상으로 한 실험에서 얻은 분류 정확도 97% 보다 낮은 수치인데 이는 여러 지형이 혼합되어 있는 복합타일을 분류 클래스에 포함시켜서 보다 세부적으로 분할한 것이 분류 정확도의 저하에 영향을 준 것으로 판단된다. 그러나 지형 분류 정보를 이용하여 객체 정보까지 추출해야 하는 최종적인 목표를 기준으로 판단할 때 반드시 빠르고 정확한 타일 단위의 지형 분류를 위해서는 단일 타일뿐만 아니라 복합 타일까지 분류 클래스에 포함시켜야 하기 때문에 본 연구는 선행 연구를 좀 더 발전시킨 결과라고 할 수 있다.



[3] 각 특징 적용 시 타일별 분류 정확도

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 항공 라이다 데이터를 타일 단위로 분할하여 지형 분류를 실시하는 타일 단위 지형 분류기의 분류 정확도를 증진하기 위해 항공 영상으로부터 추출한 특징 정보들을 함께 이용하여 지형 분류를 실시하는 융합된 타일 단위의 지형 분류기를 제안하였다. 기존의 항공 라이다 데이터를 이용하는 타일 단위 지형 분류기는 점 단위 지형 분류 기법과 패치 기반 지형 분류 기법보다 분류 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있지만 분류 클래스의 종류가 증가하고 특히 여러 지형이 좁은 지역에 복합적으로 존재하는 경우에 대해서는 분류 정확도가 저하된다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 항공 라이다 데이터의 타일로부터 추출한 특징 정보에 추가로 항공 영상을 항공 라이다 데이터와 같은 크기로 분할한 항공 영상 타일로부터 이미지 처리 기법들을 활용하여 특징 정보를 추출하여 함께 고려하여 지형 분류를 실시하여 분류 정확도를 증진시켰다. 이를 위해 항공 라이다 타일을 분류하기 위한 32개의 특징 정보 이외에 항공 영상 타일로부터 이미지 처리 기법을 통해 구한 경계선 정보, 질감 정보, 색상 정보를 이용하여 총 25가지의 특징 정보를 추가로 추출하여 함께 융합시켜 지형 분류에 사용하였다. 또한, 실험을 통해 항공 라이다 데이터만을 이용한 타일 단위 지형 분류 방법과 항공 영상 데이터만을 이용한 타일 단위 지형 분류 방법보다 본 연구에서 제안한 융합된 타일 단위 지형 분류 방법이 복잡한 지형을 포함하고 있는 실제 데이터에 대해서 높은 정확도로 지형 분류를 실시할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구로는 항공 영상 및 라이다 데이터로부터 분별력이 높은 추가적 특징들을 찾아내어 분류 정확

도를 향상시키고, 두 가지 이상의 지형이 혼재된 복합지역에서 건물과 도로의 경계선을 정확하게 추출하기 위한 기법을 추가로 연구하여 홍수나 지진등과 같은 재난 시에 빠르게 지표면의 변화를 탐지할 수 있는 시스템을 개발하는데 사용할 예정이다.

6. 참고문헌

- [1] Sung Gyu Lee, Ho Jun Lee, Chulwoong Sung, Chang Hoo Park, Woosug Cho, and Yoo-Sung Kim, "A Topographical Classifier Development Support System Cooperating with Data Mining Tool WEKA from Airborne LiDAR Data", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 28, No. 1, pp. 133-142, 2006. (In Korean)
- [2] Seong Joon Kim and Im Pyeong Lee, "Simulation Based Performance Assessment of a LIDAR Data Segmentation Algorithm", Journal of The Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 18, No. 2, pp. 119-129, 2010. (in Korean)
- [3] Gross, H. and Thoennessen, U., "Extraction of lines from laser point clouds", ISPRS, Vol. 36 Part 3A, pp. 87-91, 2006.
- [4] Im Pyeong Lee, "Segmentation of Airborne LIDAR Data: From Poits to Patches", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 24, No. 1, pp. 111-121, 2006. (In Korean)

- [5] A.S. Antonarakis, K.S. Richards, J. Brasington, "Object-based land cover classification using airborne LiDAR", Remote Sensing of Environment, Vol.112, pp.2988-2998, 2008.
- [6] Ho Jun Lee and Yoo-Sung Kim, "Road Points Extraction with Tile-based Topographical Classification from Aerial LiDAR Data", Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, 2012. (In press, In Korean)
- [7] Jin-Hyung Lee and Dong-Cheon Lee, "LiDAR Data Segmentation Using Aerial Images for Building Modeling", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 28, No. 2, pp. 47-56, 2010. (In Korean)
- [8] Sung Heuk Jung, Hyeong Min Lim, and Jae Kee Lee, "Acquisition of 3D Spatial Information using UAV Photogrammetric Method", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 28, No. 1, pp. 133-142, 2006. (In Korean)
- [9] Woosug Cho, Yoon Seok Jwa, and Young Jin Lee, "Automatic Extraction of Building from Airborne Laser Scanning Data", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 23, No. 5D, pp. 727-733. 2003. (In Korean)
- [10] Xiang Sean Zhou, Thomas S. Huang, "Edge-based structural features for content-based image retrieval", Pattern recognition Letters, 22, pp.457-468, 2001.
- [11] Mryka Hall-Beyer, <http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey>
- [12] B.G. Prasad, K.K. Biswas, S.K. Gupta, "Region-based image retrieval using integrated color, shape, and location index", Computer Vision and Image Understanding, pp.193-233, 2004.
- [13] WEKA, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>



이 성 규

2009년 인하대학교 정보통신 공학부 학사

2011년 인하대학교 정보통신 대학원 정보공학과 석사

2011년~현재 (주)콘티넨탈

오토모티브 일렉트로닉스

관심분야 : GIS, 데이터베이스, 소프트웨어공학 등



김 남 수

2011년 평생교육진흥원 정보통신공학 학사

2011년~현재 인하대학교 대학원 정보공학과 석사과정

관심분야 : 데이터베이스, 데이

터마이닝, GIS



김 유 성

1986년 인하대학교 전자계산학
이학사

1988년 한국과학기술원 전산학
공학석사

1992년 한국과학기술원 전산학

공학박사

1990년~1992년 삼성전자 컴퓨터부문 주임연구원

1996년 퍼듀대학교(미국) 전산학과 방문연구원

2005년 인디애나대학교(미국) 방문연구원

1992년~현재 인하대학교 정보공학과 교수

관심분야 : 데이터베이스, 데이터마이닝, GIS