

이기종 측량자료의 융합기법을 통한 지상 라이다 자료의 분류

김동문^{1*}, 김성훈¹
¹남서울대학교 GIS공학과

Classification of Terrestrial LiDAR Data through a Technique of Combining Heterogeneous Data

Dong-Moon Kim^{1*} and Seong-Hoon Kim¹

¹Department of GIS Engineering, Namseoul University

요 약 지상라이다는 구조물과 자연사면의 거동이나 변화를 모니터링 할 수 있는 고정밀 측위기술이지만 측위자료를 대상으로 한 분류작업(지표면과 식생 또는 구조물과 식생)은 주관적인 수작업에 의존하게 된다. 그 결과 다양한 지형지물이 혼재해 있는 지표특성으로 인해 자료분류의 신뢰도는 떨어지며, 작업시간은 길어지는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지표면(식생 등)의 변화탐지 모니터링을 위한 주요한 지표로 사용되는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하여 피복을 분류하고 그 결과를 지상라이다 자료와 융합하여 항목별로 분류하는 기법을 개발하였다. 개발기법을 적용한 결과, NDVI 자료는 항목 간 경계지점에서 0.003%의 오(誤) 분류가 있었으나 약 94%의 융합 정확도를 나타내었고 기존의 수작업에 비해 자료처리 시간이 짧아지며 정확도가 높아져 다양한 분야에 활용도가 높아질 것으로 판단된다.

Abstract Terrestrial LiDAR is a high precision positioning technique to monitor the behavior and change of structures and natural slopes, but it has depended on subjective hand intensive tasks for the classification(surface and vegetation or structure and vegetation) of positioning data. Thus it has a couple of problems including lower reliability of data classification and longer operation hours due to the surface characteristics of various geographical and natural features. In order to solve those problems, the investigator developed a technique of using the NDVI, which is a major index to monitor the changes on the surface(including vegetation), to categorize land covers, combining the results with the terrestrial LiDAR data, and classifying the results according to items. The application results of the developed technique show that the accuracy of convergence was 94% even though there was a problem with partial misclassification of 0.003% along the boundaries between items. The technique took less time for data processing than the old hand intensive task and improved in accuracy, thus increasing its utilization across a range of fields.

Key Words : Terrestrial LiDAR, Behavior, Positioning data, NDVI, Land covers

1. 서론

도시공간은 안정적인 경제/문화/기타 활동 유지를 위해 다양하게 개발되어지며 또한 지속적인 유지관리를 위해 노력하고 있다. 최근 일본 등에서 발생한 지진이나 원전사고는 물론 국내에서 발생한 재해 및 각종 사고로 도시공간에 대한 안전성에 관심이 집중되고 있는 상황이다.

특히 도시기반시설을 비롯한 각종 구조물에 대한 안전은 국민의 재산과 생명을 지키기 위해 필수적인 요소이므로 이에 대한 신속 정확한 모니터링과 진단을 위한 고정밀 측위 및 자료처리 기술이 필요하다. 이러한 고정밀 측위 기술은 항공라이다, 간섭 SAR, GPS, 토탈스테이션, 지상라이다 등의 위치기반 측위분야와 CCTV 등을 이용한 영상기반 모니터링 분야 등이 있다. 위치기반 측위분야는 정확도 확보와 주기적인 모니터링 능력의 제약으로 선택

*교신저자 : 김동문(david@nsu.ac.kr)

접수일 11년 07월 29일

수정일 (1차 11년 09월 01일, 2차 11년 09월 06일)

게재확정일 11년 09월 08일

적으로 사용되고 있으며, 영상분야는 기상과 정밀도의 한계가 있는 것으로 알려져 있다[10]. 따라서 기존 측위기술들에서 나타나는 소요 정확도 확보, 주기적인 모니터링, 지속적인 유지관리의 한계를 극복하기 위한 연구가 필요하다[8].

최근에는 구조물과 자연사면을 모니터링하기 위해 수 mm의 정밀도를 갖는 지상라이더를 활용하는 연구개발이 이루어지고 있다. 특히 건물의 정밀 모델링을 위해 지상라이더를 이용한 3차원 좌표를 생성하고 건물의 설계단면도와 토달스테이션에서 획득한 건물의 외측길이를 측정하여 유효성을 확인하며, 지상라이더 측량을 통해 구축한 3차원 정보를 항공라이더의 정확도 개선을 위한 대안으로 제시하기도 하였다[6]. 댐이나 터널 등의 각종 구조물의 변위계측을 위해 지상라이더 측위를 수행하고 구조물의 처짐량을 수 mm로 측위하거나 구조물의 거동분석, 대상물의 선형추출 등을 시도하였으며[5, 7, 9], 또한 사진 및 지상라이더 자료를 이용하여 DSM(Digital Surface Model)과 DTM을 생성하여 산사태 모니터링을 수행하고 지형변위를 검출하기도 하였다[2]. 이와 같이 고정밀 측위기술인 지상라이더는 구조물의 3차원 모델링, 문화재 복원, 안전도 평가 등은 물론 절토나 자연사면의 거동관측, 산사태/낙석 모니터링, 3차원 GIS 공간DB 구축 등의 분야에 활용되고 있다[1]. 그러나 지상라이더는 항공라이더에서와 같은 다양한 자료 분류기법과 분광자료(근적외선 등)와의 융합[4]에 대한 기초연구가 부족하며, 현장조사와 수작업에 의한 주관적인 분류로 전체적인 정확도 확보가 어렵다. 이에 따라 구조물의 모델링, 변위나 거동 모니터링 등에 적극적으로 활용할 수 없는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 지상라이더 자료를 이용하여 구조물의 고정밀 형상정보를 획득하거나 모니터링에 적용할 수 있는 지상라이더 자료 분류기법을 연구하고자 한다.

2. 연구 자료

2.1 지상라이더 3차원 위치자료

지상라이더는 3차원 좌표기반의 위치정보를 취득할 수 있는 장비로서 측량 대상물의 표면에 조밀한 간격으로 레이저를 주사하여 3차원 좌표를 취득할 수 있다. 3차원 좌표를 얻기 위해서는 측량 대상에 레이저를 송신하고 반사된 레이저를 수신하여 관측된 거리와 각으로부터 계산한다. 기존의 지상측량장비가 1점을 대상으로 하는 반면에 지상라이더는 단시간에 매우 조밀한 간격(1,000점/초 이상)으로 정보를 취득할 수 있다. 측량방식은 레이저를 대상에 발사한 후 반사된 빔을 광전소자에 기록된

위치를 삼각법으로 역산하여 위치를 결정하는 방식과 레이저를 대상에 발사한 후 반사되어 돌아오는 시간차를 계산하여 위치를 결정하는 방식이 있다. 이 연구에서는 후자의 측량방식을 이용하였으며, 사용한 지상라이더는 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 에너지가 90% 이상이면 최소 1m에서 330m 까지 측정이 가능하며 측정거리 150m를 기준으로 4mm 정밀도로 1초당 3만점의 3차원 좌표를 획득할 수 있다(표 1). 지상라이더를 이용한 3차원 측량을 위해 한국측지계(GRS80)를 기준으로 중심좌표 212583.10(Y), 378832.51(X)에 위치한 대상을 선정하였다.

[표 1] 지상라이더의 사양
[Table 1] Specifications of Terrestrial LiDAR

모델	TOPCON GLS-1500
주사 범위	최소 1m, 최대 330m(90% 반사율)
정확도	거리 4mm(1-150m), 각도 6"
주사 속도	30,000점/초
주사 시야각	수평 360°, 수직 70°
레이저 파장대	1535nm(가시, 시력보호)



[그림 1] 지상라이더 측량 성과
[Fig. 1] Terrestrial LiDAR Data

대상물은 그림 1에서와 같이 초목과 조경수, 콘크리트 구조물, 지표면으로 이루어져 있다. 측량을 위해 기준점 1점과 표정점 2점을 설치하였으며, 기준점과 표정점의 위치는 GPS(Network RTK)측량을 통해 결정하였다.

GPS측량에 이용된 장비는 Network RTK를 위해 트림블 R8 3주파 수신기와 컨트롤러(TSC2), 데이터통신장비(핸드폰) 등이다. 기준점에 지상라이더를 설치하고 GPS 측량으로 결정된 기준점과 표정점 좌표를 각각 기계점과 후시점으로 설정하여 3차원 좌표측을 형성하여 레이저 스캐닝 하였다(초당 30,000점). 이때 취득한 측점은 5,306,040점이었으며, 장비와 연결한 노트북으로 3차원 좌표를 실시간으로 전송하여 아스키 형식으로 저장하였다.

2.2 근적외선 방사자료

지상라이더 자료는 대상면에 대한 3차원 좌표이며 자

료에는 구조물, 차량, 지표면(도로포함), 식생 등으로 다양하게 혼재되어 구성되어 있다. 그러므로 사용자가 필요로 하는 대상을 별도로 추출하여 DEM으로 구축하는 과정을 거쳐야 하나 지표면에 혼재되어 있는 다양한 특성을 정확하게 분류하는 것은 매우 어려운 작업이다. 일반적으로 자료를 지면과 비지면으로 분류하기 위해서는 식생과 지형 위주의 지표면을 대상으로 특정 영역 내에 있는 높이값 중에서 최소값을 찾고 해당값과 영역내의 나머지 높이값을 비교한 값이 특정 임계값 보다 클 경우, 해당지점의 높이 자료를 비지면점으로 분류하는 방식을 사용하고 있다[8]. 그러나 비지면점을 대상으로 상세 분류를 할 수 있는 분류기법은 연구가 전무한 상황이나 비지면점의 대부분을 차지하는 식생분류를 위한 지상원격탐사기법의 일환으로 근적외선 방사자료를 활용할 수 있는 것으로 보고되고 있다[3]. 따라서 본 연구에서는 지상라이다 자료의 분류를 위해 근적외선 방사자료를 활용한 분류기법을 적용하고자 한다.

[표 2] 근적외선 카메라의 사양

[Table 2] Specifications of NIR Camera

사양	기능
모델	니콘 D100(근적외선 모드로 개조)
화소수	약 600만 화소
셔터 속도	1/4,000~30초
감도	ISO 200~1600 상당

식생과 지표면 또는 구조물을 분류하기 위해 활용할 수 있는 방법은 대상의 분광특성을 이용하는 것이다. 지형지물의 분광반사 특성은 촬영된 분광파장대역별 영상으로부터 대상의 특성지표를 통해 분석할 수 있다. 특히 근적외선 파장대는 식생을 비롯한 다양한 지표면 대상에 대한 특성을 분석할 수 있다. 본 연구에서는 근적외선 방사자료를 취득하기 위해 표 2에서와 같은 근적외선 대역의 정보를 수집할 수 있는 카메라를 이용하였다.

촬영은 지상라이다 측량과 같은 대상으로 선정하였으며 주변감광의 영향에 대하여 반사율 18%인 Gray판(GIN-1CHI사제)을 이용하여 광량 감쇄에 따른 감쇄율을 보정하였다. 가시광선과 근적외선 방사자료를 취득하기 위해 영상은 근적외선 차단 필터와 투과 필터를 장착하여 촬영하였다.



[그림 2] 가시광선 영상(R, G, B)

[Fig. 2] Visible Image(R, G, B)



[그림 3] 근적외선 영상(NIR)

[Fig. 3] Near Infra-Red Image

3. NDVI 산출과 자료분류

3.1 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)의 산출

근적외선 파장대는 일반적으로 0.75~3 μ m를 의미하며 적외선 중에 파장이 가장 짧은 영역을 가리킨다. 식물은 활력이 좋을 때 0.5 μ m의 녹색광 파장대역에 대한 높은 반사특성을 지니며 반대로 활력이 낮은 경우에는 적색광 파장대의 0.85 μ m에서 반사가 높아지게 된다. 이러한 식물의 반사특성을 평가할 수 있는 일반적인 지수를 NDVI라고 한다. NDVI는 식생의 활력도는 물론 지표면에 존재하는 다양한 피복의 특성을 분류할 수 있는 가능자의 역할을 수행할 수 있다. 식 1은 NDVI 분석을 위해 이용 가능한 가장 보편적인 수식이다.

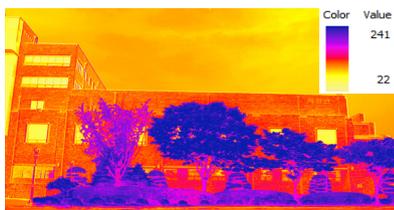
$$NDVI = \left[\frac{(NIRband - REDband)}{(NIRband + REDband)} \right] \quad (1)$$

여기서, NIRband는 근적외선 방사자료를 의미하며, REDband는 가시광선대역의 Red 방사자료를 의미한다. NDVI 산출값은 +1~-1 범위에 분포하므로 산출값을 정수범위(0~255)의 값으로 스케일링하기 위해 다음의 식 2를 사용하였다.

$$NDVI = \left[\frac{(NIRband - REDband)}{(NIRband + REDband)} + 1 \right] \times 128 \quad (2)$$

NDVI 산출값은 최저 -0.83에서 최대 0.89로 나타났으며 정수값으로 스케일링한 값은 22에서 241로 나타났다(그림 4). 식생으로 산출된 값들은 149-205 범위에서 약 57개(0.003%) 화소가 구조물로 분류되었으며, 해당 위치를 가시광선 영상과 현장에서의 확인한 결과 오분류 화소 전체의 89.5%에 해당하는 51개 화소는 그림자에 의한 오분류로 나타났다. 오분류 화소의 10.5%에 해당하는 6개 화소는 그림자의 영향을 받지 않는 곳이나 공기중 입자에 의한 영향으로 오분류 된 것으로 판단된다. 또한 지

표면 항목은 전체가 구조물과 동일한 범위의 NDVI로 산출되었으나 이는 지표면이 콘크리트 재질로 포장된 결과이다. NDVI 산출값은 식생항목에서 약 0.003%에 해당하는 오분류가 존재하나 연구 적용에 무리가 없는 적합한 결과로 판단된다.



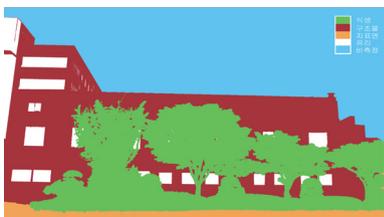
[그림 4] NDVI 산출 결과
[Fig. 4] NDVI Data

NDVI 산출값은 지상라이다 자료를 활용할 수 있는 일반적인 항목인 구조물, 식생, 지표면 등으로 구분하여 분류하기 위해 관찰변수들이 다변량 정규분포를 따르며 손실함수(V_{ML})를 최소화하는 요인부하량(A)과 고유분산(D_{ψ})을 구하는 최대우도법(Maximum Likelihood Classification)을 사용하였다(식 3).

$$V_{ML} = (1/\sqrt{2\pi\sigma})^N e^{-\sum_{i=1}^N (x_i - \theta)^2 / 2\sigma^2} \quad (3)$$

여기서, 표본 n 에 대한 표준편차는 σ/\sqrt{N} 이며, θ 는 V_{ML} 을 최소화하여 추정치로 사용하는 값이다.

최대우도법은 계산이 복잡하나 정확도가 높은 방법으로, 본 연구에서는 대상 영상에서 각 항목별 평균과 표준편차 등의 확률밀도함수를 계산하고 각 화소가 모든 항목에 속하는 확률을 계산하여 가장 확률이 높은 항목으로 결정하였다(그림 5).

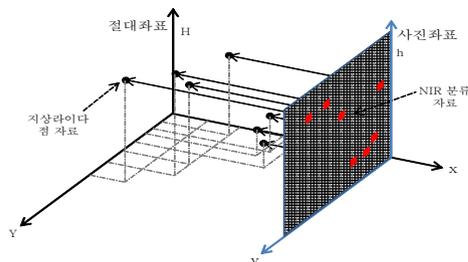


[그림 5] 항목별 자료 분류결과
[Fig. 5] Classification Data(Items)

3.2 NDVI 자료의 융합(공간매칭)

NDVI와 지상라이다 자료의 공간적 통일을 위해 상대

좌표(사진좌표)로 작성된 NDVI 자료를 지상라이다 자료와 동일한 절대좌표로 변환하기 위해 10점의 CP(Control Point)를 선정하여 사상다항식(Polynomial)에 의한 기하보정을 실시하였다.



[그림 6] NDVI와 지상라이다 자료 매칭
[Fig. 6] Combining Data(NDVI & T-LiDAR)

좌표가 통일되면, 3차원 위치기반의 점 피쳐(feature)인 지상라이다 자료의 속성에 NDVI를 기초로 한 분류값(항목)을 식 4(개발 모델)를 적용하여 매칭하였다(그림 6).

$$Output_{Feature} = Join_{Attribute} [Select_{Feature}(Location) \{ Conversion(Input_{Raster}, Output_{Polygon}, Param_{Field}), Select_{Features} \}, Join_{Field}] \quad (4)$$

여기서 $Conversion$ 은 $Input_{Raster}$, 즉 격자구조의 NDVI 자료를 $Param_{Field}$ (속성DB의 Value필드)를 이용하여 피쳐(폴리곤) 형식의 $Output_{Polygon}$ 로 변환하는 GIS 공간분석 함수이며, $Select_{Feature}$ 는 $Conversion$ 함수의 산출물을 공간적 경계로 지상라이다 자료($Select_{Features}$)를 항목별로 선택하는 GIS 공간분석 함수이다. $Join_{Attribute}$ 은 선택된 지상라이다 자료의 공간 DB 속성과 NDVI 자료의 속성을 공간기반으로 매칭하는 GIS 공간분석 함수이다.



[그림 7] 자료 매칭결과
[Fig. 7] Combined Data

3.3 지상라이다 자료의 분류

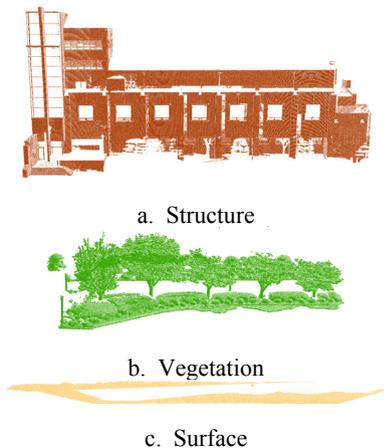
NDVI와 공간매칭 한 지상라이다 자료는 개발한 모델인 식 5를 적용하여 분류 항목(구조물, 식생, 지표면)에 따라 분류하였다.

$$Class_{LiDAR} = Classify[Conversion(Input_{LiDAR}, Output_{LiDAR}, SelectLiDAR(DB_{Attribute}, Item)), Item] \quad (5)$$

여기서 *Classify*는 *Input_{LiDAR}*를 대상으로 GIS 데이터베이스 내에서 변환(*Conversion*)된 공간피처와 연결된 속성(*DB_{Attribute}*) 중에서 각 항목(*Item*)을 선택(*SelectLiDAR*)하여 분류하는 GIS 공간분석 함수이다. 자료의 분류결과 NDVI와 지상라이다 자료의 수는 이기중 장비의 제원차이에 의해 다르게 나타났다(표 3).

[표 3] 자료의 분류현황
[Table 3] Classification Status of the Data

항목	NDVI(픽셀수, 2D)	지상라이다(자료수, 3D)
구조물	1,464,647	1,362,429
식생	1,724,592	2,983,779
지표면	303,170	373,333
비분류	2,523,591	402,767
계	6,016,000	5,122,308

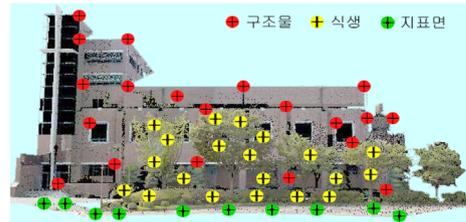


[그림 8] 지상라이다 자료의 분류 결과
[Fig. 8] Classification of T-LiDAR Data

지상라이다 자료는 공간적으로 그림 8에서와 같으며 근적외선 방사영상과 3차원 지상라이다 자료의 융합에 의해 구조물, 식생, 지표면 등의 항목으로 구분되었다.

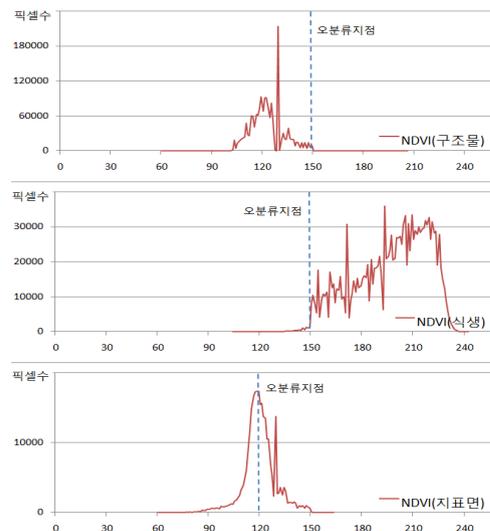
4. 분류 정확도와 분석

NDVI 산출 및 지상라이다 자료와의 융합에 의한 3차원 공간자료의 항목별 분류결과에 대한 정확도 확인을 위해 현장조사를 바탕으로 지상라이다 자료에서 CP(Control Point)를 샘플링하였다(그림 9).



[그림 9] CP의 분포
[Fig. 9] Distribution of CP Points

CP는 건물 20점, 식생 20점, 지표면 10점을 항목간 경계지점에서 일정분포로 결정하였으며, 3차원 위치와 속성(Item)의 정확도를 확인하였다(표 5). 3차원 공간에 위치한 LiDAR 자료(50개)의 속성은 NDVI 자료와 대부분 일치하였으나 CP 14, 37, 45에서 자료의 속성이 일치하지 않았다. 이것은 라이다 자료와 융합된 NDVI 자료값이 구조물과 식생항목의 경계 주변인 149, 151에 위치하며, 지표면은 구조물과 유사한 콘크리트 포장으로 인해 분류 정확도가 떨어진 것으로 보인다(그림 10). 표 4는 항목별 NDVI의 통계 현황이다.



[그림 10] 항목별 NDVI의 비교
[Fig. 10] Comparison of NDVI(Items)

[표 4] 항목별 NDVI 통계 현황
[Table 4] Statistics of NDVI(Items)

항목	최소	최대	평균	표준편차	Variety	Majority
구조물	59	205	121	9.54	134	128
식생	149	241	196	21.18	92	192
지표면	52	162	118	9.54	103	117
비분류	22	100	79	13.06	79	73

[표 5] CP의 3차원 위치와 속성 현황
[Table 5] 3D Position & Attribution of CP Points

CP	X	Y	H	Item	
				LiDAR	NDVI
1	212626.73	378803.10	61.78	구조물	구조물
2	212626.85	378803.33	58.98	구조물	구조물
3	212628.23	378803.16	51.29	구조물	구조물
4	212628.77	378805.20	44.72	구조물	구조물
5	212625.70	378801.05	36.79	구조물	구조물
6	212631.15	378809.45	58.83	구조물	구조물
7	212631.36	378809.18	50.90	구조물	구조물
8	212629.25	378808.69	38.47	구조물	구조물
9	212632.26	378816.47	49.80	구조물	구조물
10	212630.80	378820.84	47.02	구조물	구조물
11	212610.03	378822.72	38.97	구조물	구조물
12	212633.58	378826.93	50.85	구조물	구조물
13	212632.44	378833.84	47.03	구조물	구조물
14	212632.19	378833.87	35.91	식생	구조물
15	212633.37	378840.92	44.82	구조물	구조물
16	212633.63	378843.37	41.95	구조물	구조물
17	212635.83	378845.42	51.00	구조물	구조물
18	212633.61	378845.44	46.39	구조물	구조물
19	212636.28	378848.61	45.95	구조물	구조물
20	212633.87	378847.14	36.03	구조물	구조물
21	212627.31	378811.10	35.16	식생	식생
22	212611.35	378819.22	44.35	식생	식생
23	212608.36	378821.22	42.84	식생	식생
24	212608.91	378819.80	38.69	식생	식생
25	212606.34	378818.29	34.71	식생	식생
26	212615.24	378819.28	37.08	식생	식생
27	212609.06	378823.98	43.35	식생	식생
28	212609.38	378824.04	42.16	식생	식생
29	212607.11	378823.18	34.30	식생	식생
30	212631.27	378826.97	44.78	식생	식생
31	212613.46	378830.96	42.82	식생	식생
32	212611.82	378827.79	40.66	식생	식생
33	212615.54	378830.10	37.71	식생	식생
34	212611.74	378828.97	34.35	식생	식생
35	212632.85	378837.12	40.81	식생	식생
36	212614.61	378834.66	34.19	식생	식생
37	212631.06	378840.79	37.28	구조물	식생
38	212616.35	378840.44	34.37	식생	식생
39	212633.74	378846.53	40.81	식생	식생
40	212616.43	378847.94	37.91	식생	식생
41	212612.76	378800.13	33.57	지표면	지표면
42	212609.63	378807.49	33.36	지표면	지표면
43	212608.66	378808.40	33.33	지표면	지표면
44	212607.08	378809.88	33.31	지표면	지표면
45	212598.31	378818.15	33.19	구조물	지표면
46	212601.03	378825.00	33.20	지표면	지표면
47	212601.61	378830.88	33.28	지표면	지표면
48	212600.49	378839.16	33.29	지표면	지표면
49	212604.16	378846.71	33.31	지표면	지표면
50	212609.81	378850.47	33.32	지표면	지표면

또한 이러한 오(誤) 분류는 라이다와 NDVI 자료의 공간 해상도(장비제원) 불일치에 따른 결과로 판단된다.

샘플링 자료의 분류 및 융합 정확도는 94%이었으나, 구조물과 같은 특성의 지표면 항목에서의 오 분류 부분을 제외하면 96%의 정확도를 가진다고 할 수 있다. 따라서 NDVI 산출 결과와 지상라이다 자료의 융합결과는 이기종 측량장비 간 동일한 공간 해상도를 갖춰주면 분류에 대한 정확도가 저 평가되는 문제를 해결할 수 있을 것이다.

5. 결론

이 연구에서는 이기종 측량장비인 지상라이다와 근적외선 카메라로부터 취득된 3차원 위치자료와 근적외선 방사자료를 융합하여 효과적으로 지상라이다 자료를 분류하고자 하였다.

지상라이다와 근적외선 카메라를 이용하여 한국측지계 기반의 3차원 위치자료와 NDVI를 재생산하였으며, 3차원 위치자료와 NDVI 자료의 융합 및 분류를 위한 자동화 모델을 GIS 공간분석 함수를 이용하여 개발하여 기존의 수작업에 의존한 분류를 자동화 할 수 있었다. 융합된 자료는 항목별 분류를 통해 3가지 항목의 3차원 위치자료로 작성되었다.

전반적으로 이기종 측량 자료간의 융합과 분류 결과는 샘플링 자료에 대해 약 94%의 정확도로 양호하게 나타났으나 구조물, 식생의 항목 간 분류경계지점과 구조물과 특성이 같은 지표면 부분에서 오 분류가 발생하였다. 이것은 이기종 장비 간 장비제원의 차이로 인한 해상도의 불일치에 의한 문제인 것으로 판단된다. 그러나 자료처리 시간이 매우 길며 분류 정확도도 매우 낮은 기존의 수작업에 의한 지상라이다 자료의 분류에 비해 정확도가 확보된 GIS 공간분석 함수를 이용할 수 있으며, 자동화된 분류과정을 통해 자료처리 시간이 매우 짧아지게 되었다.

본 연구에서 제시한 이기종 측량자료간의 융합 및 분류를 위한 방법은 지표특성이 다양한 환경에서 측량한 지상라이다 자료의 정확한 처리 및 분류 결과 산출에 영향을 미칠 것이며 지형 및 구조물 모델링, 모니터링, 문화재 등의 복원 분야에 활용도가 높을 것으로 판단된다.

References

[1] Abellan, A., Vilaplana, J. M., and Martinez, J., "Application of a Long-range Terrestrial Laser Scanner

- to a Detailed Rockfall Study at Vall de Nuria(Eastern Pyrenees, Spain)", Engineering Geology, Vol. 88, Issues 3-4, pp. 136-148, 2006.
- [2] Bitelli, G., Dubbini, M., and Zanutta, A., "Terrestrial Laser Scanning and Digital Photogrammetry Techniques to Monitor Landslide Bodies", Proc. of ISPRS, pp. 12-23, 2004.
- [3] Kim, J. H., et. al., "The Availability Examination for Vegetation Measurement of The SLR Digital Camera", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol. 27. No. 1, pp. 39-48, 2009.
- [4] Edward W. Bork, Jason G. Su, "Integrating LIDAR data and multispectral imagery for enhanced classification of rangeland vegetation: A meta analysis"Remote Sensing of Environment III, pp. 11-24, 2007
- [5] Lee, H. M., et. al., "A Verification of Displacement and Deformed Shape Measurement Model for Safety and Serviceability Monitoring of Structures using Terrestrial LiDAR", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 23. No. 1, pp. 11-18, 2007.
- [6] Lee, I. P., et. al., "Precise Modeling of Building Using a Terrestrial LiDAR", Proc. of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, pp. 491-500, 2004
- [7] Lee, J. W., et. al., "Tunnel Convergence and Crown Settlement Using 3D Laser Scanning", Journal of The Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol. 15. No. 2, pp. 67-75, 2007.
- [8] Park, J. K., et. al., "Monitoring of the Natural Terrain Behavior Using the Terrestrial LiDAR", Journal of KSCE, Vol 30. No. 2D, pp. 191-198, 2010.
- [9] Park, S. H., et. al., "Deformation Measurements of Dam using Terrestrial Laser Scanner", Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol. 27. No. 1, pp. 645-655, 2009.
- [10] Yoon, J. K., et. al., "Development of Measurement Technology for Social Infrastructures", Journal of KSCE, Vol. 59. No. 2, pp. 75-83, 2011.

김 동 문(Dong-Moon Kim)

[정회원]



- 1996년 2월 : 강원대학교 일반대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 강원대학교 일반대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2005년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 교수

<관심분야>

GIS, GPS, MBES, LiDAR

김 성 훈(Seong-Hoon Kim)

[정회원]



- 1987년 6월 : 뉴욕주립대학교 토목공학전공 (공학석사)
- 1993년 9월 : 뉴욕주립대학교 토목공학전공 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 8월 : 삼성SDS
- 1999년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 교수

<관심분야>

GIS, 시설물정보관리, GIS컨설팅