한국군사과학기술학회지 제16권 제1호, pp. 65～73, 2013년 2월

학술논문 정보기술 부문

MODIS Product를 활용한 FDB 속성 갱신 대상지역 선정 연구

A Study on the Priority Area Selection for Updating FDB Attributes using MODIS Product

박 완 용* 어 양 담** 김 용 민*** 김 창 재****
Wan-Yong Park Yang-Dam Eo Yong-Min Kim Chang-Jae Kim

Abstract

FDB(Feature DataBase) attributes have been produced by using the resource data prior to the year 2002. Due to this reason, the attributes need to be updated to the up-to-date ones. In this regards, this study focuses on the way of finding areas whose attributes need to be updated. Forest and crop classes were chosen as target classes among FDB features. MODIS Landcover data and FDB are, first, compared to detect the changed forest and crop areas from 2001 to 2008. Then, vegetation vitality changes are analyzed using MODIS annual NDVI data. Based on the change detection and the vegetation vitality analysis, the index of area selection for updating FDB attributes is proposed in this study.

Keywords : FDB, MODIS(모디스), NDVI(정규식생지수), Vegetation Vitality(식생활력도), Attributes Update(속성 갱신)

1. 서 론

지형공간에 대한 표현 및 정보공급이 종이에서 디지털 매체로 전환되고, 디지털 공간정보에 대한 민군분야의 수요가 급격히 증가하면서 최신 공간정보에 대한 활용이 계속 확대되고 있다. FDB(Feature DataBase)는 ESRI사의 ArcInfo shp 형식의 군사벡터지도로서, 종이지도 제작의 원재료일 뿐만 아니라 각종 군사무기체계와 연계되는 기반공간자료이다. 따라서 군이 운용하는 각종 작전과 전술수립에 그 최신성과 정확성이 많은 영향을 준다고 판단된다. 현재 민간에서는 지도 수정갱신을 도시・농촌・기타지역별로 구분하여 갱신주기를 규정하고 있으나 예산과 시간의 문제로 인해 규정대로 지켜지기 힘든 상황이다. 따라서 이를 극복하기 위한 여러 가지 자동화 연구가 진행 중인데, 수치지도의 벡터 자료와 영상의 경계부분의 매칭 혹은 객체 단위의 매칭을 통해 유사성을 분석하고 변화를 탐지하여 이를 갱신대상으로 고려하는 방법이 주로 연구되고 있다[1,2]. 또한, 속성정보에 대한 변화탐지를 기

† 2012년 11월 10일 접수～2013년 1월 25일 게재승인
* 국방과학연구소(ADD)
** 건국대학교 신기술융합학과
*** 서울대학교 건설환경공학부
**** 상명대학교 건설시스템공학과
책임저자 : 어양담(eoandrew@konkuk.ac.kr)

반으로 한 대규모 공간정보 갱신을 고려하는 경우도 함께 다루어져 효율적인 갱신방안을 구축하기 위한 노력이 진행 중이다[3]. 한편, [4]에서는 민간피복자료를 트레이닝하여 중해상도 위성영상에 적용, 그 결과를 FDB와 비교하였으나, 실험에 활용된 위성영상과 민간피복자료의 제작시기 및 FDB 제작시기 등의 불일치로 그 유용성을 입증하는데 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 군이 보유중인 FDB와 MODIS 위성영상 product 결과를 비교하여 지형속성 동일성을 분석하고, 상이한 정도를 객관화하여 FDB 속성 갱신 우선지역을 제시하는 방법을 제안하고자 한다.

2. MODIS와 FDB

가. MODIS Prodcut

MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer(MODIS)는 미국 NASA의 지구감시체계(EOS : Earth Observing System)에 의해 1999년 12월, 2002년 5월에 발사된 Aqua 위성과 Terra 위성에 탑재된 센서이다. 일반적으로 단일 고해상도 위성영상이 같은 지역을 커버하는데 하루 이상이 소요되는 반면에 MODIS 영상은 두 위성을 이용해 동일한 지역을 하루에 2~4회 정도 반복 스캔하여 이틀에 한번 꼴로 전 지구를 커버하고 있다. 0.405~14.385μm의 파장영역에 대해 36개 밴드 영상으로 기록되며, 250m(1, 2밴드), 500m(3~7밴드), 1km(8~36밴드)의 세 가지 공간해상도로 구성된다. 육상과 관련된 MODIS 자료(product)는 1일, 8일, 16일, 30일, 분기 및 연도별 등의 다양한 주기로 LP DAAC(Land Processes Distributed Active Archive Center) Earth Observing System Data Gateway에서 제공되고 있다. MODIS 영상들은 WGS84 데이텀의 Sinusoidal 투영에 의한 위경도 10° 간격 단위로 공급되고 있으며, 한반도 전국토 영역은 세 개의 공간적 범위(h27v4, h27v5, h28v5)에 위치를 하게 된다[5,6]. 다음 Table 1은 MODIS의 제원을 보여주고 있다.

MODIS Landcover product는 전세계 지역에 대한 데이터베이스 정보를 기반으로 위성의 분광정보뿐만 아니라 텍스쳐 정보, 지표 온도, 고도, 수계, 강설 등의 정보를 특징정보로 사용하여 만들어졌다. 이것은 5개 종류의 토지피복분류체계를 가지며, 이중 IGBP-DIS (International Geo-sphere-Biosphere Programme Data and Information System)는 17개의 토지피복 클래스를 포함하고, 이것은 11개의 식생 관련 클래스, 3개의 개발지 및 혼합지 클래스, 3개의 비식생 관련 클래스들로 구성되어 있다[7].

식생의 활력도를 평가하는 가장 보편적인 지표인 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)는 식생의 건강상태 및 농작물 생산량 추정 등에 효과적으로 사용되고 있다. NDVI는 가시광선 영역(특히 적색 영역)과 근적외선 영역에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나는 원리를 이용한다. NDVI 값은 [-1, 1]의 범위에 분포하며, NDVI의 값이 1에 가까울수록 식생의 활동이 활발한 것을 의미한다. MODIS로부터 추출된 NDVI는 16일 주기로 공간해상도 250m, 500m, 1km의 자료가 제공되며, 한 달을 주기로 공간해상도 1km의 자료가 제공된다.

Table 1. MODIS specification

Orbit	10:30 a.m. descending node(Terra) 1:30 p.m. ascending node(Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular
Swath Dimensions	2330km(cross track) by 10km(along track at nadir)
Data Rate	10.6Mbps(peak daytime); 6.1Mbps(orbital average)
Quantization	12bits
Spatial Resolution	250m(bands 1~2), 500m(bands 3~7), 1000m(bands 8~36)

나. FDB

FDB는 Feature DataBase의 약어로서, ESRI사의 ArcInfo shp 형식의 군사용 수치지도이다. 2009년 9·11 테러 이후 미군의 모든 지도 정보를 통합하여 구축한 지형지물 데이터베이스로서 기존의 지도를 대체하는 차세대 지도정보이다. FDB는 지형지물(feature)에 대한 전통적인 도형(graphic)에 해당하는 정보와 도형과 연관된 속성(attribute) 정보 DB를 함께 포함한다. FDB에서 지형지물과 속성은 DIGEST 표준의 FACC (Feature Attribute Coding Catalogue) 2.1 코드에 의해서 분류된다. 지형지물은 일반적으로 한개 이상의 속성 정보를 포함하게 된다[8].

다. FDB와 MODIS의 지형지물 관련성

FACC에서 각각의 지형지물은 유일한 5개의 문자 코

Table 2. FACC feature category

코드	대분류
A	Culture(문화)
B	Hydrography(수로학, 수역)
C	Hypsography(지세)
D	Physiography(지리)
E	Vegetation(식생)
F	Demarcation(경계)
G	Aeronautical Information(항공 정보)
I	Cadastral(지적)
S	Special Use(특별 사용)
Z	General(일반)

드로 식별된다. 코드의 첫 번째 문자는 지형지물 카탈로그에 해당하며, Table 2와 같이 현재까지 10개의 카탈로그 문자가 지정되어 있다[9].

일반적으로 FDB에서의 지형지물의 분류(FACC)와 MODIS Landcover에서의 지형지물의 분류 기준(IGBP Class)에는 일정 부분 차이가 있다. 그러나 이들 간의 분류에는 서로 관련이 있으며, FACC의 대분류와 세분류 기준에 준하여 FDB와 MODIS Landcover의 지형지물 간의 관련성은 Table 3과 같다. 특히 Table 3에서 표기한 바와 같이 MODIS Landcover의 5가지 지형지물은 우리나라 지역에는 포함되지 않는다.

3. 실험지역 및 연구방법

실험지역으로는 비접근지역 전역을 대상으로 하였

Table 3. Comparison between MODIS Landcover and FACC feature classification

IGBP Class	설명	FACC	설명	비고
0	Water	BA040 BH135 BH140	Water(Except Inland) Rice Field River/Stream	
1	Evergreen Needle leaf forest	EC030	Trees(VEG = 25, Evergreen / VEG = 12, Coniferous)	
2	Evergreen Broad leaf forest	EC030	Trees(VEG = 25, Evergreen)	
3	Deciduous Needle leaf forest	EC030	Trees(VEG = 24, Deciduous / VEG = 12, Coniferous)	
4	Deciduous Broad leaf forest	EC030	Trees(VEG = 24, Deciduous)	
5	Mixed forest	EC030	Trees(VEG = 50, Mixed Trees)	
6	Closed shrublands	EB020	Scrub/Brush/Bush	
7	Open shrublands	EB020		
8	Woody savannas			미포함
9	Savannas			미포함
10	Grasslands	EB010	Grassland	미포함
11	Permanent wetlands	ED020	Swamp(늪)	
12	Croplands	EA010	Cropland	
13	Urban and build-up	AL020	Built-Up Area	
14	Cropland/Natural vegetation mosaic	EA040	Orchard/Plantation	
15	Permanent snow and ice	BJ100	Snow Field/Ice Field	미포함
16	Barren or sparsely vegetated	DA020	Barren Ground	미포함
255	Fill Values	-		

고, 실험자료는 2001년부터 2008년까지의 MODIS Landcover, NDVI 전체자료와 2008년까지 구축된 FDB 자료이다. 실험지역 전역을 대상으로 FDB의 지형지물 별로 자료를 추출하였다. 실험지역의 경우 식별된 지형지물의 종류는 총 12가지이고 Table 4와 같다. 수목의 경우는 수종(VEG) 속성에 따른 세분류를 고려하였다. 수목지역(EC030) 지형지물은 수종에 대한 속성(VEG)에 따라 실험지역은 총 6가지의 수종을 가지고 있으며, 산림지역 수종 분류 코드를 Table 5에 나타내고 있다.

Table 4. Types of FACC code in the study area

FACC 코드	설　　명
AL020	도시화지역(Build-Up Area)
BA040	수역(Water - Exception Inland)
BH090	습지(Land Subject to Inundation)
BH130	저수지(Reservoir)
BH135	논(Rice Field)
BH140	강/하천(River/Stream)
BI020	댐/둑(Dam/Weir)
EA010	논, 밭 등의 경작지(Cropland)
EA040	과수원(Orchard/Plantation)
EB020	덤플, 관목숲(Scrub/Brush/Bush)
EC030	산림(Trees)
ED020	늪/습지(Swamp)

Table 5. Vegetation Types of FACC code in the forest area

속성 코드	값	설명
VEG	12	침엽수(Coniferous)
VEG	24	낙엽수(Deciduous)
VEG	25	상록수(Evergreen)
VEG	50	혼합림(Mixed Trees)
VEG	52	벌목지(Forest Clearing)
VEG	999	기타(Other)

MODIS의 경우, Landcover product는 1년에 한번 공급되지만, NDVI는 16일 간격으로 제공되므로 모든 자료를 실험에 적용함으로써, 계절별 패턴 분석과 함께 특정년도의 특이값 해석도 함께 고려하였다. MODIS Landcover의 산림 지역은 IGBP class 1에서 5번까지 총 5가지로 분류되며, 실험지역의 산림의 분포는 다음 Fig. 1과 같다. Fig. 2는 FDB 수종 분류 코드에 따른 산림의 분포를 보여주고 있다.

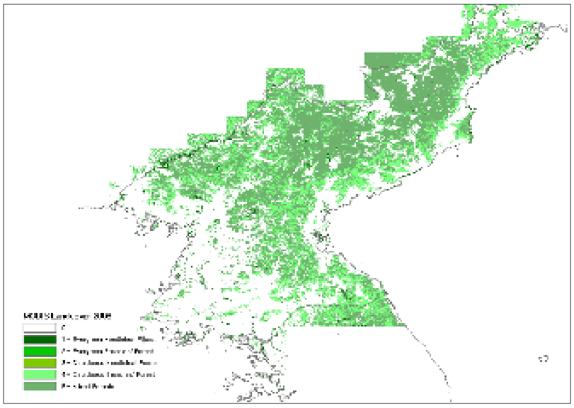

Fig. 1. Forest Area of MODIS Landcover(2008)

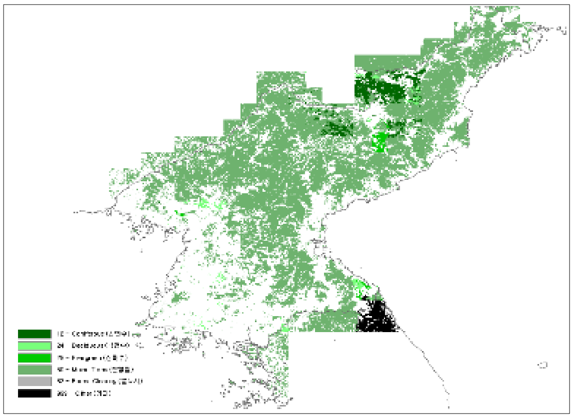

Fig. 2. Forest Area of FDB

연구방법은 FDB의 지형지물 속성과 MODIS의 Landcover 속성의 연관성을 분석하여 두 자료를 비교함으로써 상이한 지역을 식별하였다. Landcover 속성에 의한 상이한 정도는 두 자료의 비교결과의 통계적인 분석을 통하여 객관화하였으며, 또한 이를 통하여 FDB 속성 갱신 우선지역을 제시하는 방법을 제안하였다. 연구의 전체적인 흐름을 Fig. 3과 같다.

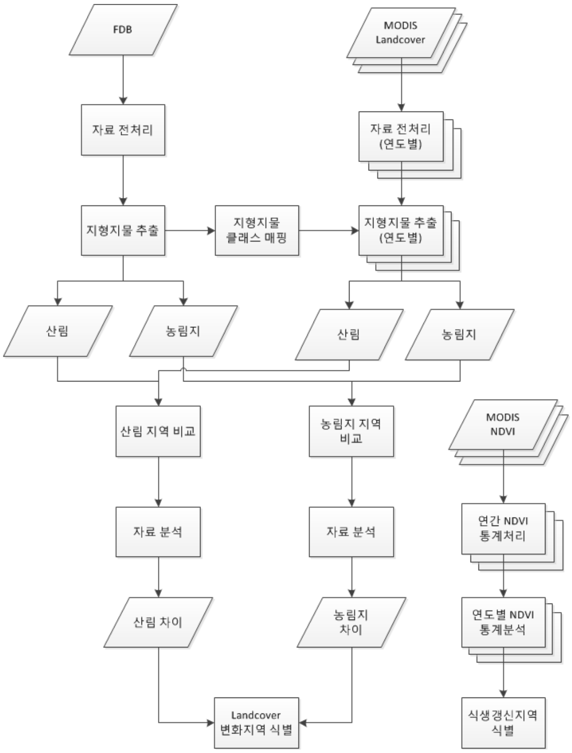

Fig. 3. Experimental Flow

4. 실험 및 분석

가. FDB와 MODIS Landcover의 지형지물 분류 비교

MODIS 자료는 2001에서 2008까지 1년 단위의 Landcover 자료로 FDB의 지형지물 자료와 비교하였다. 비교방법은 두 자료를 차감하여 상대적으로 자료 간의 무변화(0) 지역, 감소(-1) 지역 및 증가(+1) 지역으로 구분하여 변화지역을 식별하였다. MODIS Landcover product는 전세계를 대상으로 자동화된 방법으로 제작되고, 저공간해상도로 인해 분류결과의 안정성이 FDB보다 높다고 확신할 수 없으므로 8년 간의 자료를 누적하여 결과의 신뢰성을 향상시키고자 하였다. 이렇게 MODIS Landcover 연도별 자료를 이용하여 실험지역의 산림의 차이를 분석한 결과에 의해 FDB에서 산림으로 분류된 지역의 변화를 확인할 수 있었다. MODIS Landcover와 FDB의 산림분포 변화를 종합적으로 분석하기 위하여 변화지역을 지점별 누적계수를 산출하였다. 분석결과는 8년간의 변화의 정도를 -8에서 8까지의 누적계수로 표현하였으며, MODIS Landcover와 FDB의 산림 지역을 대비하여 누적계수 0은 차이가 없는 지역이고, 누적계수 -8에서 -1은 산림 감소 지역, 누적계수 1에서 8은 산림 증가 지역으로 분류할 수 있었다. Fig. 4는 산림지역에 대한 변화지역을 식별한 결과이다.

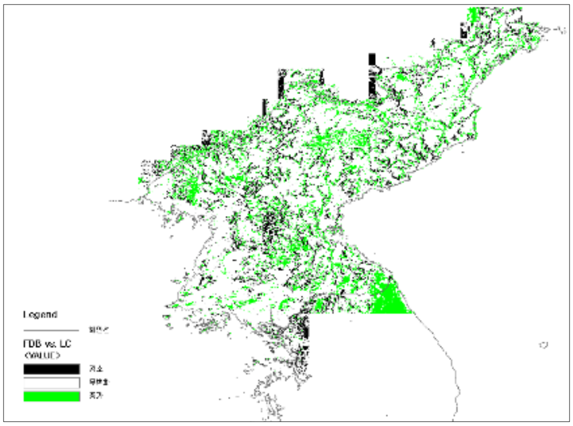

Fig. 4. Change Detection of Forest Area with MODIS Landcover

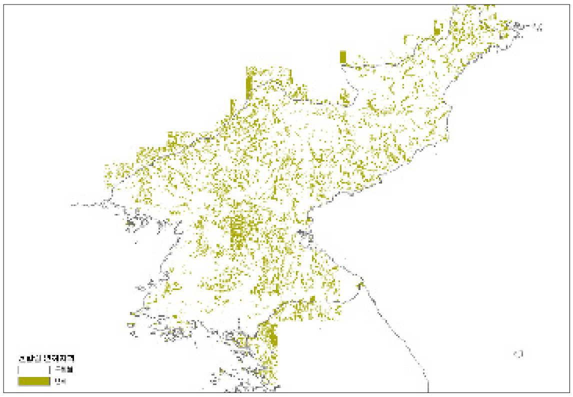

Fig. 5. Change Detection in Mixed Forest Area

산림내 수종에 따라 두 자료를 비교하면, FDB는 실험지역의 대부분을 혼합림(90.8%)으로 분류하였으며, 나머지 지역은 침엽수 지역(4.6%), 낙엽수 지역(1.3%), 상록수 지역(0.9%), 기타 지역(2.4%)으로 분류하였다. 반면에 MODIS Landcover 2008년 자료의 경우에는 혼합림 지역(66.1%), 침엽수 지역(0.1%), 낙엽수 지역(39.3%), 상록수 지역(2.6%)으로 FDB와 비교하여 분류결과에 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 FDB가 비교

적 넓은 영역을 수종단위입력기준으로 수작업에 의하여 식생을 분류하고, MODIS의 경우는 영상의 화소밝기값에 기반한 자동 식생 분류를 하기 때문에 생기는 차이로 볼 수 있다.

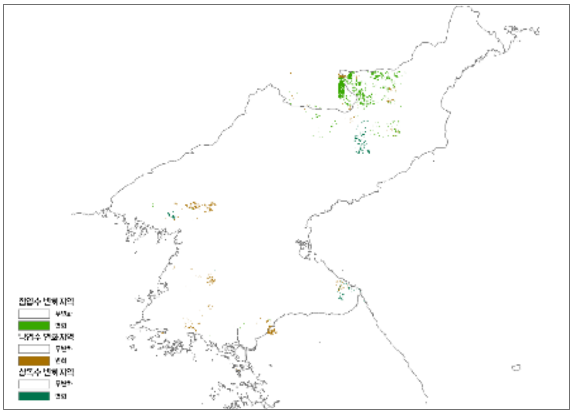

Fig. 6. Change Detection except Mixed Forest Area

또한, 산림지역에 대한 변화지역 식별방법과 동일한 방법에 의하여 농림지(EA010)를 분석하였다. 분석결과는 Fig. 7과 같다. 산림지역과 비교하였을 때 농림지는 MODIS Landcover와 FDB 간의 지역적으로 큰 차이가 있음을 확인할 수 있다. 북한 지역의 경우 일반적인 농림지로 분류되는 밭(cropland)은 두 자료에서 공통이지만 논(rice field)의 경우 FDB는 Table 3의 대분류 기준에 의하면 논(BA135)은 수역에 해당한다. 따라서 이는 농림지를 분류하는 MODIS Landcover와 FDB의 기준에 따른 차이로 판단된다.

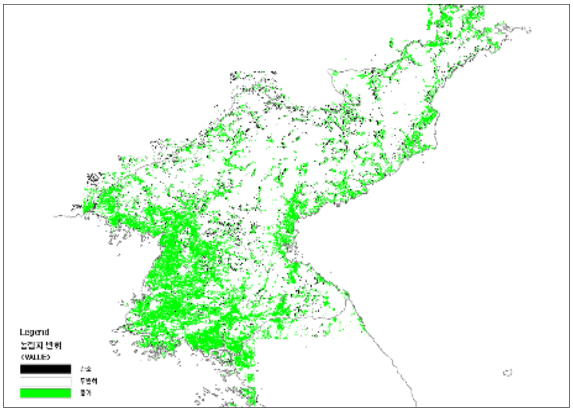

Fig. 7. Comparison FDB Cropland with MODIS Landcover

Table 6. Area Change Ratio of Forest and Cropland by MODIS landcover

구분	산림지		농림지	
	증가(+1)	감소(-1)	증가(+1)	감소(-1)
2001년	11.6%	11.6%	18.6%	4.4%
2002년	11.7%	11.2%	19.8%	4.0%
2003년	12.2%	10.5%	19.0%	4.1%
2004년	12.9%	10.2%	19.5%	4.0%
2005년	13.7%	9.6%	20.2%	3.9%
2006년	13.7%	9.5%	19.4%	4.0%
2007년	13.8%	9.3%	16.5%	4.6%
2008년	13.6%	10.0%	17.0%	4.4%
평균	12.9%	10.2%	18.8%	4.2%

나. NDVI 자료에 의한 식별변화 탐지

실험지역인 북한 지역은 대부분이 산림과 농림지와 같은 식생지역에 해당한다. 따라서 식생의 변화가 큰 지역이 FDB의 주요한 갱신지역이라 판단할 수 있다. 실험에 사용한 MODIS NDVI 자료는 2000년부터 2008년까지 연도별로 매 16일 단위로 자료가 구축되어있다. NDVI 연간 자료를 Fig. 8과 같이 3차원 배열 영상으로 구성한 후, 식생의 변화를 탐지하기 위하여 영상상의 각 지점에 대하여 연간 자료의 평균, 분산을 산출하여 지점별로 NDVI의 변화 정도를 분석하였다.

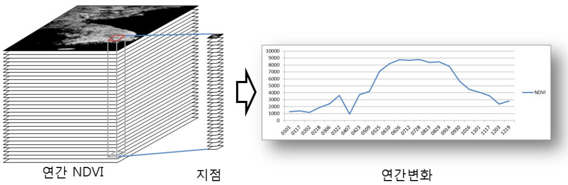

Fig. 8. Concept of Annual Change of NDVI

식생의 변화가 큰 지역을 식별하기 위하여 실험지역에 대한 NDVI의 2000년부터 2008년까지 9년 간의 NDVI의 표준편차를 분석하였다. 표준편차의 분포를 통하여 NDVI의 변화가 상대적으로 큰 지역들을 식별할 수 있으며(Fig. 9), 이들 지역은 식생의 변화가 9년의 기간 중에서 다른 지역에 비하여 크게 발생하였다고 판단할 수 있다. 도시화지역의 변화는 실험결과 증가

로 되었으나, 단위영역이 매우 작고 MODIS Landcover의 해상도(500m)가 도시화지역 생성을 확인하는 수준에는 미흡하다고 판단되어 결과분석에서 배제하였다.

다. 산림 갱신우선지역 선정 및 4분위 구분

FDB 속성을 기반으로 한 갱신우선지역의 선정은 MODIS Landcover와 비교한 누적변화 차이를 실험에 적용한 총 연도수로 나누어 구분하였다(Fig. 9 참조). 앞에서 설명하였듯이, MODIS 분류 결과의 신뢰성을 위해 다년도 성과를 누적시켜 이를 계수화시켰고, 이를 통해 FDB와의 속성 차이를 수치화하였다. 또한, MODIS NDVI의 화소별 연간 표준편차를 구하여 이를 Fig. 10에 나타냈다. Fig. 9와 Fig. 10을 비교한 결과, 상관성이 크지 않아 2개 결과를 동시에 고려한 우선순위 지수를 개발하였다.

Fig. 9에서 볼 수 있듯이, Landcover 변화율은 8개년도에 대한 변화로, 0/8, 1/8, 2/8......, 8/8로 구분하였고, NDVI 표준편차 범위는 각 범위가 동일량을 갖도록 Quantile 방법을 사용하여 8단계로 구분하였다. Fig. 10에서와 같이 붉은색 지역이 표준편차가 큰 지역이고, 해안선의 경우는 MODIS NDVI 자료 자체가 저해상도로 인하여 각각의 자료 간에 해안선이 일치하지 않는 관계로 차감시 변화가 크게 나타났다.

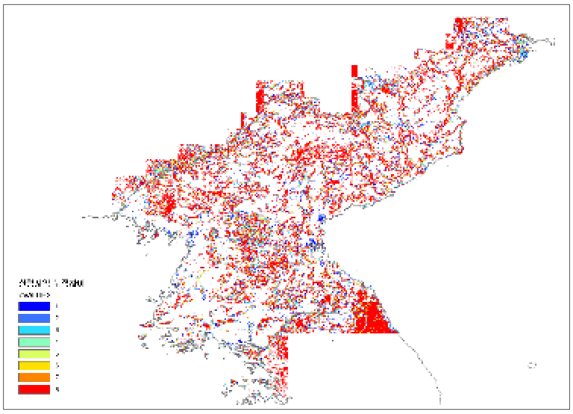

Fig. 9. Result of Accumulated differences between MODIS Landcover and FDB

갱신 우선순위 지수는 상기 두 가지의 영향을 동시에 고려하여 식 (1)을 구성시켰다.

$$\frac{|v|}{n} \times \sigma = s \tag{1}$$

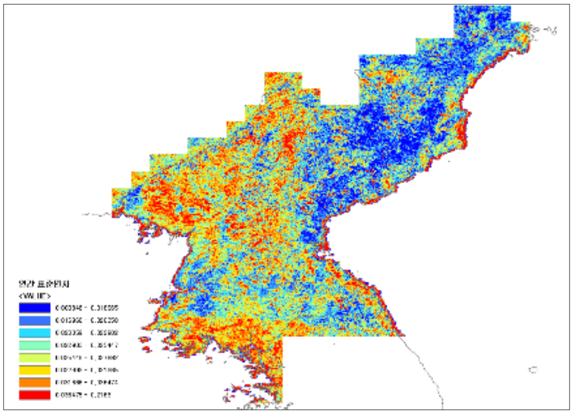

Fig. 10. Standard Deviation of Annual MODIS NDVI

이때, n은 적용한 연도수, v는 변화 증가/감소 빈도수, σ는 NDVI 표준편차이며, s는 우선순위지수로서 큰 값일수록 우선순위가 높아진다고 볼 수 있다. Fig. 11은 식 (1)에 따라서 Fig. 9의 결과와 Fig. 10의 결과를 결합하여 산출된 갱신수선순위 결과이다. 특이한 것은 식 (1)을 적용하면서 NDVI 표준편차에서 문제가 되었던 해안선지역은 MODIS Landcover와 FDB의 산림지역 분류에 의해 자연스럽게 배제되어 Fig. 11의 결과에는 영향이 없게 되어 우선순위 영역 지수의 정규화 효과가 나타나고 있다.

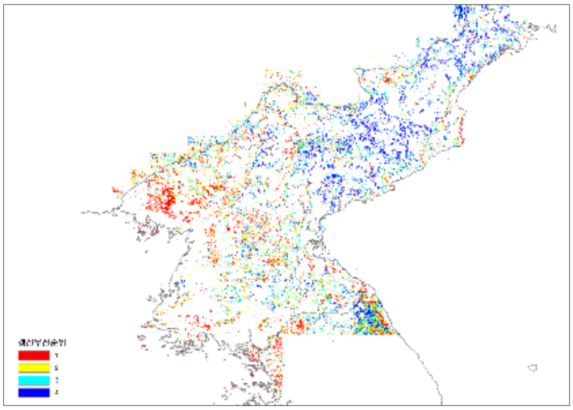

Fig. 11. The index distriibution of area selection for updating attributes in FDB Forest Area

또한, 2008년도 MODIS Landcover 자료를 대상으로 우선갱신대상지역을 분석하였을 경우 Fig. 11과 같고, 산림지역의 갱신우선지역별 면적과 수목종류별 비율은 다음과 같다.

Table 7. Number of Forest Pixel by the index distribution of area selection for updating attributes

우선순위	상록침엽수 (class 1)	상록활엽수 (class 2)	낙엽침엽수 (class 3)	낙엽활엽수 (class 4)	혼합림 (class 5)	계
1	713	0	7	6,225	9,413	16,358
2	243	0	2	6,342	8,153	14,740
3	186	0	1	5,933	7,550	13,670
4	108	0	0	4,902	7,131	12,141
계	1,250	0	10	23,402	32,247	56,909

Table 8. Percent of Forest Pixel by the index distribution of area selection for updating attributes

우선순위	상록침엽수 (class 1)	상록활엽수 (class 2)	낙엽침엽수 (class 3)	낙엽활엽수 (class 4)	혼합림 (class 5)	계
1	4.36%	0.00%	0.04%	38.06%	57.54%	100%
2	1.65%	0.00%	0.01%	43.03%	55.31%	100%
3	1.36%	0.00%	0.01%	43.40%	55.23%	100%
4	0.89%	0.00%	0.00%	40.38%	58.73%	100%
평균	2.06%	0.00%	0.02%	41.21%	56.71%	

우선순위를 4분위하여 우선순위 면적을 계산한 결과, Table 7과 같이 1순위 영역이 28.7%를 차지하고 순위가 내려가면서, 25.9%, 24%, 21.3%로 그 영역이 줄어들고 있다. 이것은 혼합림이 다소 많이 갱신지역을 차지하고 있어서 그 영역이 차지하는 비율에 많은 영향을 끼친 것으로 분석되며, 순위와 관계없이 혼합림 지역에 대한 빠른 갱신이 필요한 것으로 나타나고 있다. 주목할 만한 것으로는 활엽수를 제외하고는 모든 수종에서 순위가 하락하는 과정에서 영역 차지비율도 같이 감소하고 있는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 고주기해상도의 위성영상 product를 기반으로 상대적으로 최신성이 우려되는 실험지역에 대한 지형속성 상이성을 객관적으로 평가할 수 있는 방안으로 우선갱신지수를 제안하였다. 혼합림 지역이 55% 이상 가장 갱신의 우선 가능성이 높은 것으로 나타났고, 갱신영역 면적으로는 4분위 중 1순위지역이 산림의 약 28.7%를 차지하고 있는 것으로 계산되었다. 실험분석에서는 도심지역을 다루지 않고 민군 사용자들 요구와 전략적 중요성을 고려하지 않았으나, 추후 우선갱신지수의 추가 변수로 고려하여 보다 현실적인 결과도출이 필요할 것으로 사료된다.

References

[1] Van Goesseln G. and Sester M., “Change detection and Integration of Topographic Updates from ATKIS to Geoscientific Data Sets”, International Conference on Next Generation Geospatial Information, USA, pp. 69～80, 2005.

[2] Matikainen L., Hyyppa J., Ahokas E., Markelin L. and Kaartinen H., “Automatic Detection of Buildings and Changes in Buildings for Updating of Maps”, Remote Sensing, Vol. 2, pp. 1217～1248, 2010.

[3] 대한측량협회, “국토모니터링체계구축 기술개발 연구보고서”, 건설교통부 한국건설교통기술평가원, pp.

248～300, 2004.

[4] 홍우용, 박완용, 송현승, 정철훈, 어양담, 김성준, “공개된 토지피복도를 활용한 위성영상 분류”, 한국군사과학기술학회지, 제13권, 제1호, pp. 147～155, 2010.

[5] 윤정숙, 강성진, 이규성, “시계열 MODIS를 이용한 토지피복의 반사율 패턴 : 2004년～2008년”, 대한원격탐사학회지, 제25권, 제2호, pp. 113～126, 2009.

[6] Kim Y. M., Byun Y. G., Kim Y. I. and Eo Y. D., “Detection of Cochlodinium Polykrikoides Red Tide Based on Two-Stage Filtering using MODIS Data”, Desalination, Vol. 249, No. 3, pp. 1171～1179, 2009.

[7] Loveland T. R. and Belward A. S, “The IGBP-DIS Global 1-km Land Cover Data Set, DIScover : First Results”, International Journal of Remote Sensing, Vol. 65, No. 9, pp. 1021～1031, 1997.

[8] 송현승, 이병길, 박성복, 이상지, “GIS 지형지물 및 속성부호 표준화에 관한 연구”, 한국지형공간정보학회논문집, 제3권, 제2호, pp. 63～74, 1995.

[9] DGIWG, “The Digital Geographic Information Exchange Standard(DIGEST) : Part 4 FEATURE and ATTRIBUTE CODING CATALOGUE(FACC)”, Edition 2.1, Digitial Geograhic Infromation Working Group, 2000.