한국측량학회지, 제 22권 제 4호, pp. 359~365(2004년 12월 31일)

다중 위성영상 활용을 위한 영상 통합 기법 분석

Analysis of Image Integration Methods for Applying of Multiresolution Satellite Images

이재기[1] · 한동석[2]

Lee, Jae Kee · Han, Dong Seok

Abstract

Data integration techniques are becoming increasingly important for conquering a limitation with a single data. Image fusion which improves the spatial and spectral resolution from a set of images with different spatial and spectral resolutions, and image registration which matches two images so that corresponding coordinate points in the two images correspond to the same physical region of the scene being imaged have been researched. In this paper, we compared with six image fusion methods(Brovey, IHS, PCA, HPF, CN, and MWD) with panchromatic and multispectral images of IKONOS and developed the registration method for applying to SPOT-5 satellite image and RADARSAT SAR satellite image. As the result of tests on image fusion and image registration, we could find that MWD and HPF methods showed the good result in term of visual comparison analysis and statistical analysis. And we could extract patches which depict detailed topographic information from SPOT-5 and RADARSAT and obtain encouraging results in image registration.

Keywords : Image fusion, Image registration, Morphology analysis, Patch matching

요 지

많은 응용분야에서 단일 자료가 가진 한계를 극복하기 위해 다중 자료를 이용하여 통합 활용하는 기법이 요구되고 있다. 특히, 서로 다른 공간해상도와 분광해상도를 가진 영상들을 이용하여 영상의 공간해상도를 향상시키는 영상융합과 두 자료간의 상호 관계를 설정하는 영상등록에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 IKONOS 전정색 영상과 다중분광 위성영상에 대해 Brovey, IHS, PCA, HPF, CN, MWD 융합기법을 적용하여 원 영상의 분광정보를 가장 적게 왜곡하는 융합기법에 대해 고찰하였다. 또한, SPOT-5 위성영상과 RADARSAT SAR 위성영상 간에 패치를 이용한 영상정합 기법을 적용하여 해석하였다. 본 연구를 통해 영상 융합에서 시각적 분석 및 통계적 분석 결과 HPF, MWD 융합기법이 가장 좋은 성과를 나타냈었으며, SPOT-5 위성영상과 RADARSAT SAR 위성영상으로부터 지형정보를 세밀하게 표현할 수 있는 패치를 추출함으로써 효과적인 영상등록이 가능하였다.

핵심용어 : 영상 등록, 영상 융합, 형태분석, 패치 정합

1. 서 론

다양한 종류의 위성영상 자료의 사용이 가능하게 되면서, 각기 서로 다른 특성을 지닌 영상들을 통합하여 활용하는 기법들이 연구되고 있다. 그 중에서 서로 다른 공간해상도와 분광해상도를 지닌 영상들을 융합하거나 동종 혹은 이종 영상간의 영상 등록에 관한 연구가 진행되어 왔다. 영상융합에 관한 연구로는 Chavez 등(1991)이 SPOT 전정색(panchromatic) 위성영상과 Landsat TM 영상에 대해 IHS, PCA, HPF 기법을 적용하여 각 기법에 대한 결과를 비교하는 연구를 수행하였으며, Pellemans 등(1993)은 위성센서의 분광특성을 고려한 새로운 IHS 영상융합 기법

1) 연결저자 · 정회원 · 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:leejk@cbucc.chungbuk.ac.kr)
2) 충북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail:hds-0529@hanmail.net)

을 제안하였다. Bruno 등(1996)은 SPOT 전정색 위성영상과 SPOT XS 위성영상을 이용하여 MWD 기반의 융합기법을 제안하였으며, Yocky(1996)는 SPOT 전정색 위성영상과 Landsat TM 자료를 이용하여 MWD 융합 기법에 관한 연구를 수행하였다. Blanc(1998)은 SPOT 전정색 영상과 Landsat TM 영상에 대해 MWD 기법을 적용하여 영상을 융합한 연구 결과를 발표한 바 있으며, Ranchin(2000)은 기존의 융합기법들 보다 나은 결과를 얻을 수 있는 새로운 MWD 기반의 영상융합 기법을 제안하였다. 영상등록에 관한 연구로는 Li 등(1995)이 등고선 정보를 기반으로 하여 이종 센서 영상의 등록 기법에 대해 연구하였으며, Fonseca 등(1997)은 이종 광학 위성영상 간에 대해서 영상 피라미드 생성과 특징점 추출을 동시에 수행할 수 있는 웨이블렛 변환 기법을 적용하여 영상 등록을 시도하였다. Dare 등(2000)이 능동센서인 ERS 위성영상과 SPOT 광학위성영상에 대해 특징점들을 추출하여 영상정합에 관한 연구를 발표하였다.

본 연구에서는 Brovey, IHS, PCA, HPF, CN, MWD 융합기법들을 이용하여 IKONOS 전정색 위성영상과 다중분광(multispectral) 위성영상에 적용하여 IKONOS 위성영상에 적합한 융합기법과 RADARSAT SAR 위성영상과 SPOT-5 위성영상 간에 패치를 이용한 영상 등록 기법을 적용하여 이종 자료간의 최적의 통합 기법을 제시하고자 하는데 의의를 두고 있다.

2. 다중 위성영상 자료의 통합

2.1 영상 융합

영상융합은 일반적으로 둘 혹은 그 이상의 서로 다른 영상들을 이용하여 새로운 영상을 생성하여 각 영상의 효과를 극대화시키는데 목적이 있다. 본 연구에서는 고해상도의 전정색 영상과 저해상도의 다중분광 영상을 이용하여 영상의 정보추출을 최대한 수행할 수 있도록 하기 위하여 영상융합 기법을 적용하여 시범지역을 관측하고 해석하였다. 영상융합기법으로는 Brovey, CN(Color Normalized), HPF(High-Pass Filter), IHS(Intensity Hue Saturation), PCA (*Principle Component Analysis*), MWD(*Multiresolution* Wavelet Decomposition)기법을 이용하였다. Brovey 융합기법과 CN 융합기법은 IHS나 PCA 융합기법과 달리 간단한 수식에 의해 이루어지며, HPF 융합기법은 저해상도 다중분광 영상의 각 분광밴드에 저역통과필터를 적용시켜 분광해상도를 유지하면서 저주파 성분을 추출하고, 고해상도 전정색 영상에 대해서는 고역통과필터를 적용시켜 공간해상도 정보를 강조하면서 고주파 성분을 추출한다.

IHS 색채 모형을 영상 융합에 적용하기 위해서는 첫 번째 단계로 RGB 색채 모형의 저해상도 다중분광 영상을 IHS 색채 모형으로 변화한 후 고해상도 전정색 영상과 IHS 변환에 의해 생성된 성분들 중 명암(*intensity*)성분을 서로 교환한다. IHS 변환에 의해 다중분광 영상을 RGB 색채 모형에서 IHS 색채 모형으로 변환하게 되면 분광해상도는 색조와 채도영상에 존재하게 되고 공간해상도와 관련된 정보는 명암영상에 존재하게 된다. 두 번째 단계는 저해상도 다중분광 영상의 명암성분과 고해상도 전정색 영상을 서로 대체하고 마지막으로 저해상도 다중분광 영상의 색조성분 영상과 채도성분 영상, 고해상도 전정색 영상에 대해 역변환을 적용하여 최종적으로 고해상도 다중분광 영상을 생성하게 된다.

PCA 기법은 변량 사이의 상관관계를 이용하여 가능한 정보를 상실하지 않고 많은 변량 관측치를 적은 개수의 종합지표로 집약하여 나타내는 방법으로 다중분광 영상에서 각 분광밴드간의 상관관계가 높은 경우가 많기 때문에 PCA 변환을 이용하여 현재의 영상들에 포함되어 있는 대부분의 정보를 가상적인 소수 분광밴드로 나타낼 수 있다. 또한, PCA 융합기법은 IHS 융합기법과 유사한데 IHS 융합기법에서는 단지 3개의 분광밴드로 구성된 영상만을 이용하여 명암, 색조, 채도 성분으로 변환할 수 있는 반면에, PCA 융합기법은 3개 이상의 분광밴드로 구성된 영상에 적용할 수 있는 장점이 있다. Landsat TM 영상의 경우 7개 분광밴드를 가지고 있으므로 PCA 변환을 통해 3개의 주성분으로 압축하여 자료의 양을 줄이거나 특정 지형정보를 강조하는 목적으로 사용된다.

MWD 기법은 영상처리분야에서 다양하게 적용되고 있으며, 특히 영상압축, 경계선 추출 및 물체 인식, 영상융합에 많이 이용되고 있다. 영상을 웨이블렛 변환하여 다해상도로 분해하면 2×2영상소의 값들이 평균되는 근사영상과 인접한 두 영상소값의 차이를 나타내는 세부영상으로 구분되어 생성된다. 세부영상은 원 영상의 가로방향, 세로방향, 그리고 대각 방향의 영상으로 구성된다. MWD 융합기법은 일반적으로 고해상도 전정색 영상을 저해상도 다중분광 영상의 공간해상도와 일치하는 단계까지 MWD 기법을 적용하여 근사영상과 세부영상으로 나눈 후, 근사영상을 저해상도 영상의 각 분광밴드로 대체한 뒤 역 변환을 통해 영상을 융합하게 된다.

2.2 영상등록

본 연구에서는 이종 센서로부터 취득된 자료에 대해 패치를 추출하고 패치에 대한 정합을 수행하여 이종 위성영상을 등록하는 기법에 대해 연구하고자 하였다. 패치는

이종 위성영상에서 공통적으로 나타나는 지형정보를 이용하였다. 이종 위성영상 등록을 위하여 각 영상에서 패치들을 추출하고 추출된 패치의 영역 경계정보를 이용하여 중심점을 계산하였다. 그리고 추출된 중심점을 정합하고자 하는 두 개의 영상에서 접합점으로 사용하였다. 또한 중심점을 영상의 변환함수에서는 매개변수로 정의하였다. 본 연구에서 패치를 추출하기 위해서 형태분석 기법(morphology analysis method)을 이용하였다. 형태분석 방법은 많은 부분에서 활용도가 높고 접근 방법에 따라 매우 높은 성과를 기대할 수 있으며 전체 영상에서의 기본적인 특성을 유지하면서 형태의 변화를 가져 올 수 있다. 또한 이 방법은 영상에서 나타나는 잡영을 제거할 수도 있고, 선형 향상을 위해서도 사용할 수 있다. 형태분석 방법에는 이진 영상에서의 형태분석 방법과 전정색 영상에서의 형태분석 방법이 있는데, 본 연구에서는 밝기값 분석으로 임계값을 설정하여 이진화한 영상의 형태분석 방법을 이용하였다.

3. 시범지역에 대한 성과분석

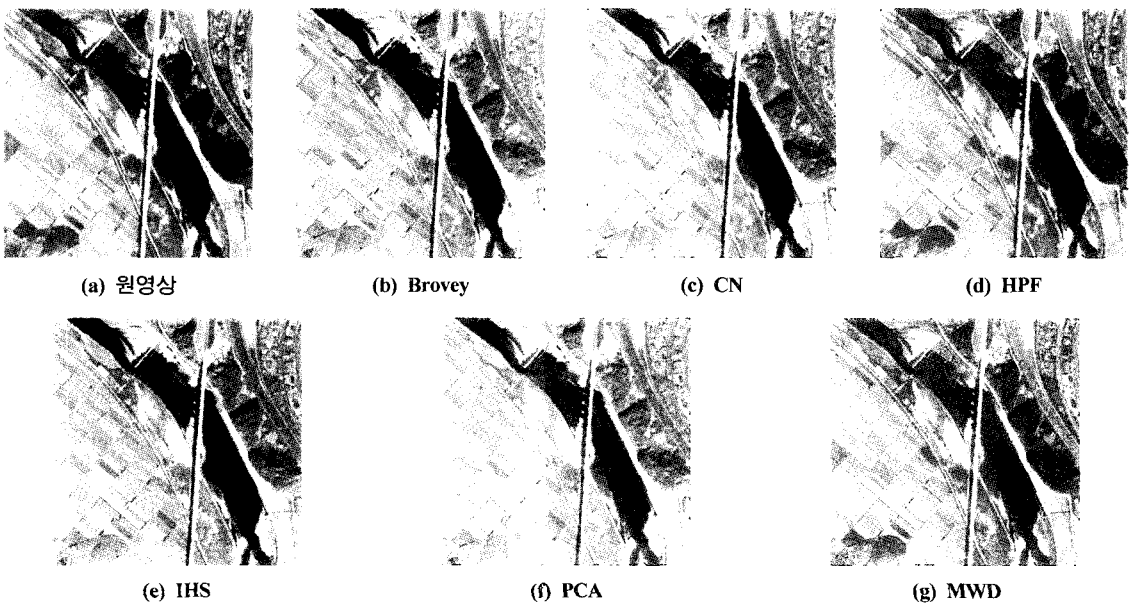
3.1 영상융합

영상 융합을 위해 선정한 시범지역은 대전지역이며, 1999년 11월 4일에 촬영된 IKONOS 전정색 위성영상과 다중분광 위성영상을 이용하였다. 각각의 영상에 대해 수동으로 동일점을 선택한 후 영역기준 등록의 밝기값 상관도를 이용하여 동일점을 최종 선정하였다. 두 영상간의 기하학적 변환식은 부등각 사상변환을 통해 결정하였으며, 공일차보간법에 의해 영상을 재배열한 후 융합기법들을 적용하였다. 그리고 지역적 특성에 대한 융합 결과를 분석하기 위해 수계 및 농지지역, 삼림지역, 도심지역으로 구분하여 연구를 수행하였다.

표 1은 수계 및 농지 지역에 대하여 IKONOS 다중분광 영상의 Band-1, Band-2, Band-3와 6가지 융합 결과를 비교한 결과를 나타나낸 것이다. Band-1 영상에서는 HPF 융합 방법이 가장 높은 상관성(상관계수=0.8863)을 지니

표 1. 수계 및 농지 지역 영상융합 결과 통계분석

	상관계수(Band-1)	상관계수(Band-2)	상관계수(Band-3)
Brovey	0.844974	0.824920	0.808147
CN	0.842374	0.825914	0.809490
HPF	0.886306	0.879443	0.875440
IHS	0.837838	0.829749	0.811792
PCA	0.837847	0.822385	0.819116
MWD	0.885511	0.878177	0.869529



(a) 원영상 (b) Brovey (c) CN (d) HPF

(e) IHS (f) PCA (g) MWD

그림 1. 수계 및 농지지역 융합 결과

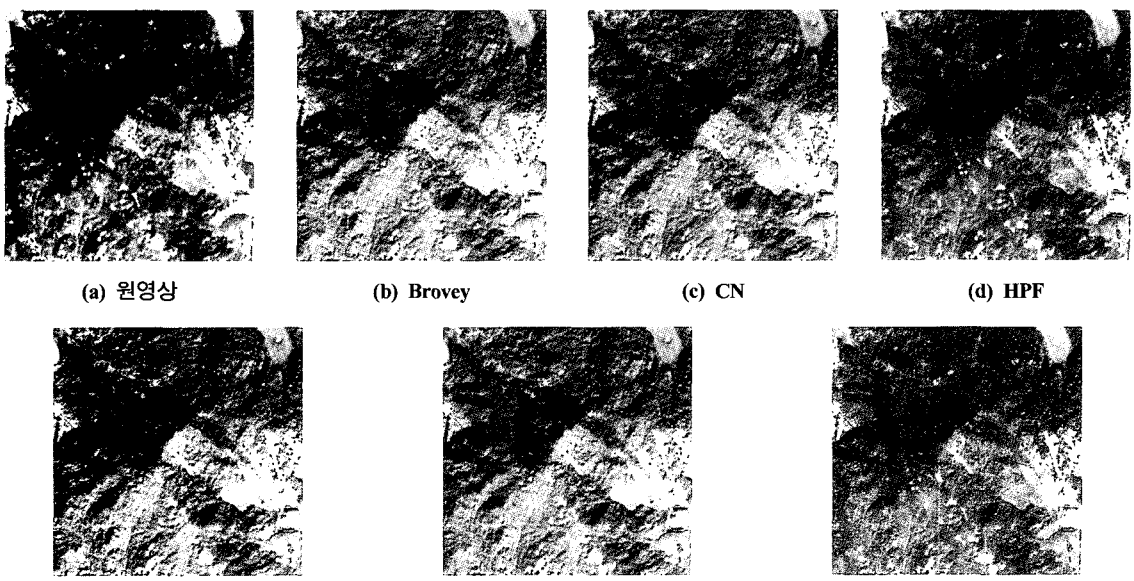
고 있고, MWD 방법이 두 번째로 높은 상관성(상관계수 =0.88551)을 나타내었다. Band-2 영상에서도 Band-1와 마찬가지로 HPF 융합 방법이 가장 높은 상관성(상관계수 =0.87944)을 보여주고 있고, MWD 융합 방법이 두 번째로 높은 상관성(상관계수=0.86952)을 가지고 있음을 알 수 있었다. 다른 융합 방법들은 상관계수 값의 차이가 매우 크게 나타났는데, 그것은 특정밴드에 반응하는 분광정보 값의 차이가 크게 발생하기 때문으로 추측되며, 특히, Brovey 기법이나 CN 기법에서 이런 현상이 두드러지게 발생하였다. Band-3에 대해서도 비슷한 결과를 나타내었다. MWD 융합 기법의 경우, 상관성 분석에서 HPF 방법보다 낮은 결과를 보였지만, 시각적 분석 측면의 공간해상도는 HPF 방법보다 뛰어나 더 선명하고 자연색에 가까운 영상을 얻을 수 있었다.

표 2는 삼림지 영상의 IKONOS 다중분광 영상과 각각의 융합 결과를 비교 분석한 결과이다. Band-1에 대해서 상관성을 분석해 보면 Brovey 융합 기법이 가장 높은 상관성(상관계수=0.0.81596)을 나타내었으며, CN 방법이 두 번째로 높은 상관성(상관계수=0.80628)을 나타내었다. Band-2에 대한 통계적 분석은 PCA 융합 기법이 가장 높은 상관성(상관계수=0.79494)을 나타내었으며, Band-3에서도 PCA 융합 기법이 가장 높은 상관성(상관계수=0.77468)을 나타내었다. 통계적 분석 기법에 대해 각각의 결과를 종합 분석해보면 삼림지 영상의 경우에는 어느 기법 가장 좋은 결과를 나타내는지 구분하기가 어려우며, 시각적으로 판단할 때, MWD 융합 기법이 원 영상의 분광정보를 가장 적게 왜곡하는 것으로 판단된다.

표 3은 도심 지역 영상에 대한 융합 결과를 분석한 것이

표 2. 삼림지역 영상융합 결과 통계분석

	상관계수(Band-1)	상관계수(Band-2)	상관계수(Band-3)
Brovey	0.815965	0.791071	0.754155
CN	0.806282	0.793876	0.773650
HPF	0.794586	0.779671	0.752644
IHS	0.799300	0.792225	0.747733
PCA	0.798428	0.794941	0.774684
MWD	0.789384	0.772675	0.730962



(a) 원영상 (b) Brovey (c) CN (d) HPF

(e) IHS (f) PCA (g) MWD

그림 2. 산악 지역 융합 결과

다. 영상의 상관성을 분석해 보면 HPF 융합 방법이 가장 높은 상관성(상관계수=0.81122)을 보이고 있고, MWD 방법이 두 번째로 높은 상관성(상관계수=0.81008)을 가지고 있었다. 그 다음으로 IHS, PCA, CN, Brovey 방법의 순서대로 높은 상관성을 가지고 있다. 수계 및 농지 영상과 마찬가지고 통계적 분석과 시각적 분석을 통해 MWD 융합 기법이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

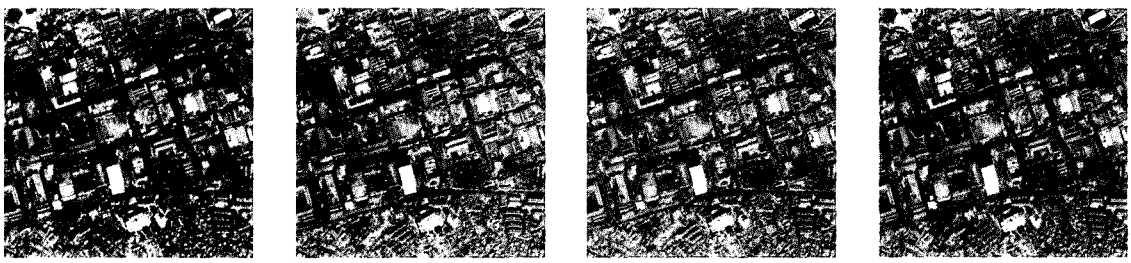
각각의 특징을 가진 샘플 영상에서 Brovey, CN, HPF, IHS, PCA, MWD 융합 방법을 실행해 본 결과, HPF 방법과 MWD 방법이 어떤 영상에서도 가장 높은 상관성을 가지고 있으며 다른 융합 방법들은 영상의 지역적 특징에 따라 상관계수 값의 차이가 큰 것을 알 수 있었다. 그러나 MWD 방법의 경우에는 원영상의 분광정보 왜곡 정도가 낮았으며, 시각적인 비교에서 HPF 방법보다 나은 결과를 나타내었다. 따라서 MWD 방법이 어떤 지역에도 범용적으로 사용이 가능한 방법이라고 판단되었다.

3.2 이종 위성영상의 등록

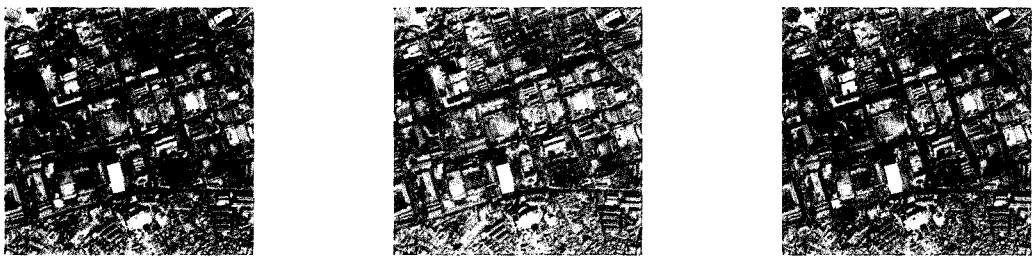
이종 위성영상 간 등록을 위해 광학 위성영상 중 이용되고 있는 SPOT-5 위성영상과 RADARSAT SAR 위성영상을 이용하였다. SPOT-5 위성영상은 2003년 4월 14일에 취득된 영상이며, RADARSAT SAR 위성영상은 1998년 5월 25일 촬영된 영상이다. 두 영상의 취득시기에서 차이가 있으나 본 연구에서는 이러한 시기적 차이를 극복할 수 있는 패치 정합 기법을 적용하여 가능성을 검증하고자 하였다. 먼저 각각의 위성영상에서 패치를 추출하고 각 패치 간 비용함수를 계산하여 동일성을 판단하여 두 영상의 변환식을 계산하였다. 영상간의 변환식은 다항식 변환

표 3. 도심 지역 영상융합 결과 통계분석

	상관계수(Band-1)	상관계수(Band-2)	상관계수(Band-3)
Brovey	0.796355	0.783605	0.793463
CN	0.797181	0.789361	0.792205
HPF	0.811223	0.804655	0.804008
IHS	0.791774	0.785813	0.786786
PCA	0.798428	0.794941	0.774684
MWD	0.810089	0.801232	0.793506



(a) 원영상 (b) Brovey (c) CN (d) HPF



(e) IHS (f) PCA (g) MWD

그림 3. 도시 지역 융합 결과

표 4. 패치들의 중심점 좌표

패치	RADARSAT 위성영상 패치중심 좌표		SPOT-5 위성영상 패치중심 좌표	
	x	y	x	y
a	2163	429	1445	1939
b	2442	1697	2825	3929
c	4296	3164	7186	4519
d	1480	2353	1526	6201

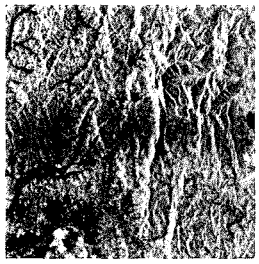


그림 4. RADARSAT 위성영상

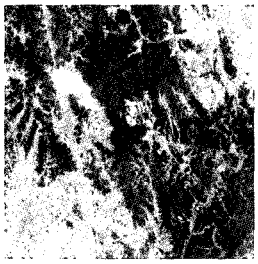


그림 5. SPOT-5 위성영상

(a) (b) (c) (d)

그림 6. RADARSAT SAR 위성영상으로부터 추출한 패치

(a) (b) (c) (d)

그림 7. SPOT-5 위성영상으로부터 추출한 패치

모형(polynomial transform)을 이용하였으며, RADARSAT SAR 위성영상을 기준으로 SPOT-5 위성영상을 재배열하여 영상 등록을 수행하였다.

그림 4와 그림 5는 각각 본 연구에서 사용된 RADARSAT SAR 위성영상과 SPOT-5 위성영상이며, 그림 6과 그림 7은 RADARSAT SAR 위성영상과 SPOT-5 위성영상으로부터 추출된 패치들을 나타낸 것이다. 추출된 각각의 패치

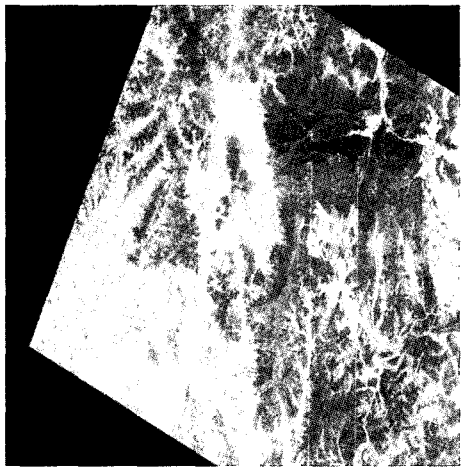


그림 8. SPOT-5 위성영상의 재배열

들간의 상관성을 비교하기 위하여 패치의 크기(폭, 높이), 면적, 둘레 길이를 계산하고 비용함수값을 비교하여 영상 등록을 수행하였다. 표. 4는 각 위성영상에서 패치들의 중심좌표를 계산하여 표현한 것이다.

그림 8은 SPOT-5 위성영상과 RADARSAT SAR 위성영상에 대해 패치 정합을 수행한 후 계산된 변환함수를 이용하여 RADARSAT SAR 위성영상을 기준으로 SPOT-5 위성영상에 대하여 변환함수를 이용하여 재배열한 결과를 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 IKONOS 전정색 영상과 다중분광 영상에 대해서 기존의 Brovey, CN, HPF, IHS, PCA, MWD 융합기법과 SPOT-5 위성영상과 RADARSAT 위성영상에 대해 패치정합을 이용한 영상등록 기법을 적용하여 비교 고찰 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 영상 융합에 대해 시각적 분석과 통계적 분석 결

과, 수계 및 농지 지역, 도심 지역에 대한 융합 결과, HPF 융합 기법과 MWD 융합 기법이 가장 좋은 결과를 나타내었으며, 삼림지역의 경우, Brovey, CN 융합 기법이 좋은 결과를 나타내었다.

둘째, 영상 필터링을 기반으로 수행되는 HPF와 MWD 융합 기법 결과, 고해상도 전정색 영상의 경계특성정보가 강하게 나타났으며, 필터의 크기와 웨이블렛 분해 단계가 증가할수록 경계특성이 두드러지게 나타났다.

셋째, 고해상의 공간해상도를 가진 광학 SPOT-5 위성영상과 RADARSAT SAR 위성영상 간의 영상등록을 위해 각각의 영상에서 패치를 추출한 결과, 지형정보를 세밀하게 표현할 수 있는 패치가 추출되었다. 또한 다중 센서 및 다중 시기의 영상 간에 패치 등록 기법을 적용할 경우, 선형 경계정보를 부가적으로 이용하는 것이 보다 정확한 결과를 얻을 것으로 사료된다.

참고문헌

김윤형, 이규성 (2000), 고해상도 다중분광영상제작을 위한 융합 방법의 비교, 대한원격탐사학회, 제16권, 제1호, pp. 87-98.

유환희, 진경혁, 조형진 (2002), 다해상 위성영상지도 제작을 위한 영상융합기법 분석, 대한토목학회논문집, 22권, 4-D호, pp. 823-833.

Blanc, P., Blu, T., Ranchin, T., Wald, L., and Aloisi, R. (1998), Using iterated rational filter banks with the ARSIS concept for producing 10m Landsat multispectral images, *International journal of Remote Sensing*, Taylor & Francis. Vol. 19, No. 12, pp. 2331-2343.

Bruno Garguet-Duport, Jacky Girel, Jean-Marc Chassery, and Guy Pautou. (1996), The Use of Multiresolution Analysis and Wavelets Transform for Merging SPOT Panchromatic and Multispectral Image Data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 62, No. 9, pp. 1057-1066.

Chavez, P.S., S.C. Sides, and J.A. Anderson. (1991), Comparison of Three Different Methods to Merge Multi-Resolution and Multispectral Data: Landsat TM and SPOT Panchromatic, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 57, No. 3, pp. 295-303.

Fonseca, L.M.G. and Costa, M.H.M. (1997) Automatic Registration of Satellite Image, *Computer Graphics and Image Processing, 1997. Proceedings., X Brazilian Symposium on*, IEEE Computer Society. pp. 219-226.

Jim, Vrabel (1996), Multispectral Imagery Band Sharpening Study, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 62, No. 9, pp. 1075-1083.

Li, H. and Manjunath, B.S. and Mitra, S.K. (1995), A Contour-Based Approach to Multisensor Image Registration. *IEEE Transaction on Image Processing, IEEE*, Vol. 4, No. 3, pp. 320-334.

Mallat. S.G. (1989), A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE, Vol. 11, No. 7, pp. 674-693.

Pellemans, A.H.J.M., Jordans, R.W.L, and Allewiijn, R. (1993), Merging Multispectral and Panchromatic SPOT Images with Respect to the Radiometric Properties of the Sensor, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 59, No. 1, pp. 81-87.

Ranchin, T., L. Wald. (2000), Fusion of High Spatial and Spectral Resolution Images:The ARSIS Concept and Its Implementation, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,* ASPRS, Vol. 66, No. 1, pp. 49-61.

Yocky, D.A. (1996), Multiresolution Wavelet Decomposition Image Merger of Landsat Thematic Mapper and SPOT Panchromatic Data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 62, No. 9, pp. 1067-1074.

(접수일 2004. 11. 23, 심사일 2004. 12. 2, 심사완료일 2004. 12. 2)