

Ordinal Rank 알고리즘을 이용한 자동 PIF 추출 - 변화탐지를 위한 상대방사정규화를 목적으로 Automatic Extraction of Pseudo Invariant Features using Ordinal Rank Algorithm for Radiometric Normalization

한유경*, 김대성, 김용일

You Kyung Han, Dae Sung Kim, Yong Il Kim

서울대학교 공과대학 건설환경공학부

han602@snu.ac.kr

요 약

동일 지점을 촬영한 위성영상은 위성의 센서나 영상의 취득 시기, 지형의 상태 등에 따라 그 지점에 나타나는 화소값이 일정하지 않다. 이러한 영상은 영상간 모자이크나 변화탐지 결과에 영향을 미칠 가능성이 높으므로 방사보정(또는 방사정규화)을 통해 화소값의 차이를 최소화시킬 필요가 있다. 본 연구는 선형회귀식을 적용한 상대 방사정규화에 초점을 맞추고 있으며, 선형회귀식 구성에 필요한 PIF(Pseudo Invariant Feature)를 자동으로 추출하기 위해 Ordinal Rank 알고리즘을 적용하였다. 이 방법을 통해 각 밴드별 후보 PIF를 추출하고, 공통으로 해당되는 최종 PIF를 추출할 수 있었다. RMSE(Root Mean Square Error), Dynamic range, Coefficient of variation 등을 통해 방사보정 후의 결과를 평가해보았다. 영상회귀를 이용한 방사보정알고리즘과의 비교를 통해 제안된 알고리즘이 갖는 장점을 확인하였다.

1. 서론

변화탐지를 수행하기 위해서는 영상 간의 기하보정 및 방사보정은 필수적인 전처리과정이다(Jensen, 2005). 방사보정은 변화탐지 결과에 있어서 실제로 변화된 지역 외에 변화탐지 결과에 영향을 끼치는 요소 - 지표상태, 센서의 종류 및 자세, 대기효과 등 - 로 인한 화소값의 차이를 최소화하는 작업으로서, 크게 절대방사보정과 상대방사보정으로 나눌 수 있다(Janzen 등, 2006). 절대방사보정은 영상의 화소값(digital number)을 지표면의 반사값(reflectance)으로 변환하는 것을 말하며, 위성분광 프로파일(sensor spectral profile)

과 대기특성(atmospheric properties) 등 촬영당시의 정보가 있어야 한다는 단점이 있다(Du 등, 2002). 상대방사보정이란, 하나의 영상을 기준으로 또 다른 영상을 같은 스케일의 방사해상도로 만들어 주는 것으로 상대방사정규화라고도 한다(Janzen, 2005). 가우시안 방법, 히스토그램 매칭, 결정론적 방법, 선형 회귀 등 다양한 방법이 제시되고 있으며, 이 중에서 선형회귀 기법을 이용한 방법이 가장 보편적으로 사용된다(Heo 등, 2000). 이러한 회귀식을 구성하기 위해서는 시간이 변함에도 불구하고 일정한 화소값을 가지는 특징점(이하 PIF)을 얼마나 적절하고 효율적으로 추출하느냐가 관건이다.

PIF를 추출하기 위해서 다양한 연구가 진행되었다. Xiaojun Yang 등(2000)은 PIF를 추출하는 각기 다른 네 가지 방법을 히스토그램 매칭(histogram matching)을 통한 방사보정과 함께 비교분석하였고, Hong G. 등(2008)은 이러한 방법을 고해상도영상에 적용하기 위한 알고리즘 수정 방안을 제시하였다. 또, Du Yang 등(2002)은 PCA 변환을 이용하여 PC1의 절편(offset)과 기울기(gain)를 이용하여 PIF를 추출하였다. Zhang L. 등(2008)의 경우 특정 PIF를 추출하지 않고 전체 영상에 대하여 각각 변화한 확률에 대한 가중치를 적용하여 회귀식을 구성하였다.

본 연구에서는 Ordinal Rank 알고리즘을 이용하여 각 밴드별로 불변점을 추출한 뒤, 공통으로 추출된 지점을 최종 PIF로 선정하였다. 추출된 PIF를 바탕으로 방사정규화를 수행하였고, 영상회귀(image regression)방법과의 비교평가를 실시하였다.

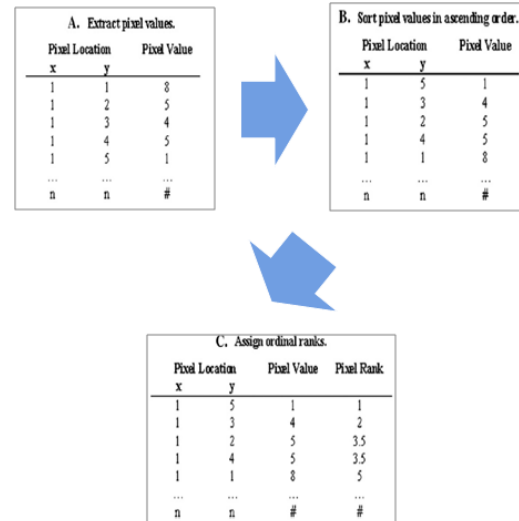
2. 관련 이론

2.1. Ordinal Rank 알고리즘

변화탐지를 수행하고자 하는 두 영상은 각 화소마다 분광값이 존재하고, 두 영상간의 분광해상도를 맞춰주기 위하여 Ordinal Rank 알고리즘을 이용한다(Nelson T. 등, 2005). 이 알고리즘은 우선 전체 영상이 갖는 화소값을 크기순으로 나열한 뒤, 나열된 화소값들을 크기가 작은 것부터 큰 순으로 순위(rank)를 할당하는 방식이다. 즉, 가장 작은 화소값에 1을 부여하고 가장 큰 화소값에는 마지막 순위를 부여한다.

예를 들어 전체 영상의 크기가 100×100, 총 10,000개의 화소를 가지고 있다면 순위는 각각 1에서 10,000까지 순차적으로 할당된다. 같은 화소값을 가지고 있을 경우에는 소수점을 이용하여 할당한다. 결과적

으로, 모든 픽셀의 화소값이 같은 범위의 순위값으로 방사정규화 된다. 그림 1은 Ordinal Rank 알고리즘을 보여주고 있다.



<그림 1> Ordinal Rank 알고리즘

2.2. 선형회귀식

추출된 PIF를 바탕으로 회귀식을 구하여 두 영상간의 선형관계를 추출한다. 식은 다음과 같다(식 1).

$$\begin{aligned}\hat{\alpha} &= \bar{y} - \hat{\beta}\bar{x} \\ \hat{\beta} &= \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}\end{aligned}\quad (1)$$

여기서 \bar{x}, \bar{y} 는 각각 x, y의 평균이고, σ_x^2 는 x의 분산, σ_{xy} 는 x와 y의 공분산을 뜻한다.

3. 실험 방법

3.1. 실험지역 및 사용데이터

실험대상지역은 한강을 중심으로 하는 서울지역으로, 두개의 Landsat TM영상을 이용하였다. 2000년 9월 4일 영상을 기준(reference 영상)으로 2001년 9월 23일 영상(subject 영상)을 상대방사보정 하였다.

전처리과정으로 기준영상에 대하여 보정 전 영상을 기하보정 하였다. 총 25점의

GCP를 이용하여 Polynomial 1차를 적용해서 0.364화소(RMSE)의 정확도로 기하보정한 후, Nearest Neighbor로 재배열한 결과가 그림 2와 같다.



<그림 2> 기준영상(좌)과 보정전영상(우)

3.2. 실험 방법

Ordinal Rank를 통해 방사정규화를 실시할 경우, 두 영상의 전체 방사해상도의 차이에 따른 영향이 없을 뿐만 아니라 비교적 간단한 방법으로 방사보정을 수행할 수 있는 장점이 있다(Nelson, T., 2005). 하지만 영상에 존재하는 구름이나 기타 노이즈에 대한 영향을 받게 된다. 뿐만 아니라 실제로 변화된 지역에 대한 방사정규화가 수행될 경우, 추후 수행될 변화탐지결과에 영향을 끼칠 수 있다는 단점이 있다. 즉, 영상 모자이크(image mosaics) 등 단순히 방사해상도를 맞춰주는 방사정규화에는 적합하지만 변화탐지와 같이 변화 유무 등의 상황에 따라 정규화를 수행해야하는 경우에는 적합하지 않다.

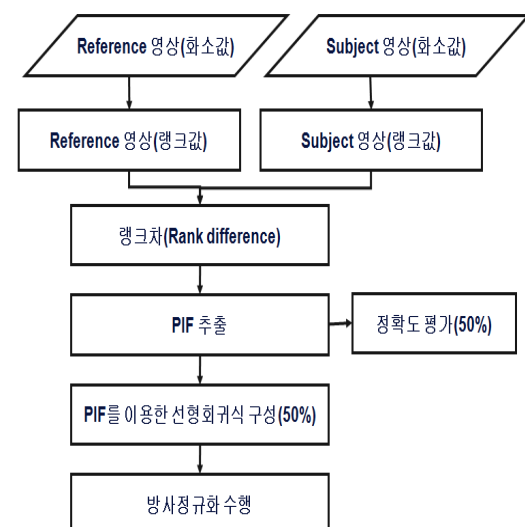
이에 본 연구는 Ordinal Rank를 이용하여 방사정규화를 수행하기 위한 PIF를 추출하는데 목적을 두고 있다. 각 밴드별로 화소값을 오름차순으로 나열한 후, 두 영상의 순위 차이(rank difference)가 기준보다 작은 경우를 후보 PIF로 추출하였다. 각 밴드별로 추출된 후보 PIF를 바탕으로 공통으로 추출된 것을 최종 PIF로 선정하였다. 특히, 식생지역은 계절에 따라 화소값의 변화가 크기 때문에 PIF로 적합하지 않으므로(Chen 등, 2004), 추출된 공통 PIF 중에서 식생지수를 나타내는

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)값이 0.5 이상인 지점을 제외시키는 제약조건을 거쳐서 최종 PIF를 추출하였다.

추출된 PIF 중에서 절반을 임의로 추출하여 선형회귀식을 구성하는데 사용하고, 나머지는 RMSE를 구하기 위한 정확도평가용으로 사용하였다. 본 연구의 흐름도는 그림 3과 같다.

변화탐지를 위한 방사정규화정도를 평가하기 위해서는 RMSE만으로 평가하기에는 다소 무리가 있다(Xiaojun Yang 등, 2000). 예를 들어, 분류(classification)를 통한 변화탐지를 수행할 경우 영상 전체에 걸쳐서 화소값을 골고루 사용하는 경우에 결과가 좋게 나오기 때문에 화소값이 얼마나 고르게 분포되어있는가 또한 중요한 요소로 작용한다. 따라서 정규화된 영상의 최대값과 최소값의 차이인 Dynamic range와 표준편차를 평균으로 나눠준 Coefficient of variation을 RMSE와 함께 방사정규화 결과의 평가 기준으로 삼았다.

상대적인 비교를 위하여 영상회귀(image regression)를 이용한 상대방사정규화와 비교평가를 통해서 제안한 알고리즘의 우수성을 판단하고자 하였다.



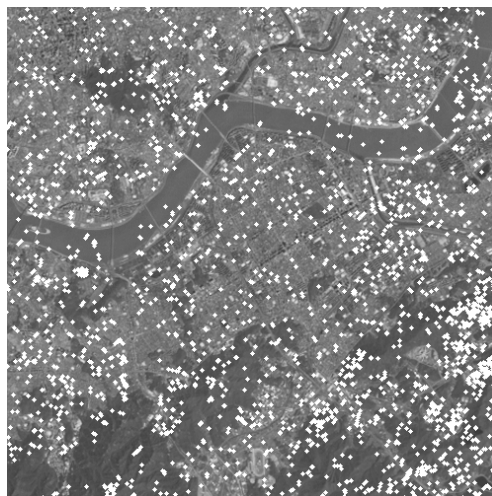
<그림 3> 연구 흐름도

Band	PIF 수(%)	Alpha	Beta	RMSE (Subject)	RMSE (Normalize)	Dynamic Range	Coefficient of Variation
1	2,426 (0.97)	0.5518	0.8614	29.3164	22.9676	178 (44~221)	0.1802
2		0.6582	0.87	26.7582	24.7721	196 (27~222)	0.2607
3		2.6558	0.8311	38.3055	32.0438	198 (18~215)	0.3765
4		-0.7472	0.9044	8.5654	14.0461	174 (4~177)	0.3513
Total	4,899 (1.96)			25.7364	23.4574	186.5	0.2922

<표 1> Ordinal Rank 알고리즘을 이용한 PIF 추출 및 실험 결과

Band	PIF 수(%)	Alpha	Beta	RMSE (Subject)	RMSE (Normalize)	Dynamic Range	Coefficient of Variation
1	250,000 (100)	22.077	0.6604	29.3164	24.281	136 (55~190)	0.1258
2		18.5417	0.6522	26.7582	18.6254	148 (38~185)	0.1784
3		16.0739	0.6997	38.3055	24.6262	167 (29~195)	0.2833
4		8.5693	0.7239	8.5654	13.6652	139 (12~150)	0.2763
Total	250,000 (100)			25.7364	20.2995	147.5	0.216

<표 2> 영상회귀(image regression)를 이용한 상대방사정규화 결과



<그림 4> 추출된 PIF

4. 실험 결과 및 분석

그림 4는 기준영상에 Ordinal Rank 알고리즘을 통해 추출된 PIF를 흰색의 점으로 표시한 영상이다. 대부분이 식생을 제외한 지역에서 PIF가 추출되었음을 알 수 있다. 총 4899개의 추출된 PIF중에서 2426픽셀은 선형회귀식을 구하기 위하여 사용하였고 나머지로 RMSE를 계산하였다. 결과적으로, 방사정규화를 수행하지 않았을 때에 비해 RMSE가 감소한 것을 알 수 있다(표 1). 이것은 방사정규화가 전반적으로 이루어졌음을 뜻한다. 자세히 살펴보면 1-3번 밴드의 경우 RMSE가 상당량 감소한 것에 비해, 밴드 4번의 경우 오히려 RMSE가 증가한 것을 알 수 있다. 이것은 식생에 민감한 근적외선의 파장대의 경우, 시기에 따른 실제로 발생한 변화가 RMSE의 증가에 영향을 끼친 것으로 추정된다.

그림 5는 Ordinal Rank 알고리즘으로 추출된 PIF를 토대로 상대방사정규화를 수행한 결과영상이다.

제안한 알고리즘과의 비교평가를 위해 보정 전 영상에 대하여 영상회귀를 통한 상대방사정규화를 수행하였다. 영상회귀는 전체 화소값을 이용하여 회귀식을 만들어서 두 영상간의 선형관계를 구성한다. 영상회귀를 통한 결과영상은 그림 6과 같다.

영상회귀를 통한 상대방사정규화를 수행한 경우(표 2) Ordinal Rank 알고리즘을 통한 상대방사정규화에 비해 RMSE값이 작게 나왔음을 알 수 있다. 하지만 앞서도 언급하였다시피, RMSE가 작다고 해서 방사정규화가 제대로 수행되었다고 할 수 없다. 특히, Dynamic range나 Coefficient of variation같은 경우는 Ordinal Rank 알고리즘에 비해 상대적으로 작은 결과가 나왔다. 이것은 결과영상이 고르게 분포되지 않았음을 말하며, 결과적으로 분류를 통한 변화탐지를 수행하는 경우, Ordinal Rank 알고리즘을 이용한 방사정규화가 더 좋은 결과를 얻을 수 있

음을 뜻한다.



<그림 5> Ordinal Rank 알고리즘을 통한 방사정규화영상



<그림 6> 영상회귀를 통한 방사정규화영상

5. 결론

본 연구에서는 Ordinal Rank 알고리즘을 이용하여 PIF를 추출한 뒤, 이것을 바탕으로 상대방사정규화를 수행하였다. 영상회귀를 통한 상대방사정규화방법과의 비교평가결과, 제안한 알고리즘이 변화탐지를 위한 방사정규화과정에 있어서 더 적합하

다는 결론을 얻을 수 있었다. 특히 이 방법을 이용할 경우 화소값의 스케일링(scaling)이 필요가 없을 뿐만 아니라 두 영상의 방사해상도가 다른 경우라 하더라도 공간해상도가 같은 경우에는 전체 픽셀수가 같기 때문에, 결과적으로 전체 순위의 수도 같게 된다. 이러한 특징은 센서가 다른 두 위성 영상의 상대방사정규화에도 효율적으로 작용할 것으로 보인다. 따라서 제안한 알고리즘이 갖는 장점을 토대로 향후연구에서는 방사해상도가 다른 두 고해상도 영상인 IKONOS 영상과 Quickbird 영상을 대상으로 연구를 진행해 보고자 한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Xiaojun Yang and C.P. Lo, 2000. Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(8): 967-980.

Nelson, T., H. G. Wilson, B. Boots and M.A. Wulder, 2005. Use of ordinal conversion for radiometric normalization and change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 26(3): 535-541.

Hong G. and Y. Zhang, 2008. A comparative study on radiometric

normalization using high resolution satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2): 425-438.

Du Yang., P.M. Teillet and J. Cihlar, 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82: 123-134.

Zhang L., L. Yang, H. Lin and Mingsheng Liao, 2008. Automatic relative radiometric normalization using iteratively weighted least square regression. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2): 459-470.

Chen Xuexia, V. Lee and D. Don., 2005. A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. *Remote Sensing of Environment*, 98: 63-79.

Janzen, D. T., A. L. Fredeen and R. D. Wheate, 2006. Radiometric correction techniques and accuracy assessment for Landsat TM data in remote forested regions. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(5): 330-340.

Jensen, J. R., 2005. Introductory digital image processing - A Remote Sensing Perspective, 3rd Edition, Prentice Hall, NY, USA, pp. 467-494.

Heo J. and T. W. Fitzhugh, 2000. A standardized radiometric normalization method for change detection using remotely sensed imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(2): 173-181.