

가상적인 기준화상에 의한 위성화상융합평가방법

홍명덕, 박경철

위성화상융합은 보다 높은 질적특성을 가진 화상을 생성함으로써 화상의 시각적효과와 분석의 정확성을 높이기 위한 기술이다.[1, 2]

위성화상융합결과를 정량적으로 분석하기 위하여서는 이미 정의한 질지표들을 가지고 융합화상의 공간 및 스펙트르특성을 평가하여야 한다. 이러한 평가방법에는 기준화상이 없이 하는 평가방법과 기준화상을 가지고 하는 평가방법이 있다.[1, 3]

기준화상이 없이 하는 평가방법은 표준편차나 정보엔트로피와 같은 화상질평가지표들을 리용하여 융합화상의 질을 일반적으로만 평가하는 부족점이 있다.

기준화상을 가지고 하는 평가방법은 융합화상이 기준화상과 얼마나 유사한가를 평균값, 표준편차변위 등과 같은 지표들을 리용하여 평가하므로 기준화상이 없이 하는 평가방법보다 정확하다. 이 방법에서는 기준화상이 요구되는데 현실에서 기준화상을 얻는것이 어렵다.

본문에서는 가상적인 기준화상에 의한 평가방법을 제기하고 Landsat 8호자료를 리용하여 평가방법의 정확성을 검증하였다.

1. 새로운 평가방법의 본질과 비교지표

가상적인 기준화상에 의한 평가방법의 본질은 융합화상 그자체가 아니라 융합수법을 평가하여 융합화상의 질을 간접적으로 평가하는것이다.

융합수법을 평가하기 위하여 먼저 본문에서는 전색화상과 대역별화상들을 높은 공간분해능과 낮은 공간분해능의 비율로 재표본화하였다.

실례로 전색화상의 공간분해능이 15m이고 대역별화상들의 공간분해능이 30m이면 그 비율인 0.5로 모든 화상들을 재표본화한다. 그러면 전색화상의 공간분해능은 15m로부터 30m로, 대역별화상들의 공간분해능은 30m로부터 60m로 된다. 결과 전색화상의 공간분해능이 대역별화상들의 공간분해능과 같아지고 대역별화상들의 분해능은 더 낮아진다.

다음 공간분해능이 낮아진 전색화상과 대역별화상들을 융합한다. 즉 30m분해능의 전색화상과 60m분해능의 대역별화상들을 융합하여 30m분해능의 융합화상을 얻는다. 그러면 융합화상이 원래 대역별화상들과 같은 공간분해능을 가지므로 원래 대역별화상들을 가상적인 기준화상으로 본다. 끝으로 이 융합화상과 가상적인 기준화상을 비교하는 방법으로 융합수법을 평가한다.

비교지표로는 화상의 공간 및 스펙트르정보를 평가할수 있는 평균값변위, 표준편차변위, 정보엔트로피변위, 2제곱평균오차, 상관계수, 스펙트르각을 설정하였다.

① 평균값변위

평균값변위 MB 는 대역별화상의 평균화소값과 융합화상의 평균화소값의 차이다. 이 값은 두 화상의 스펙트르정보차이를 주로 반영한다.

$$MB = \text{Mean}(MS) - \text{Mean}(F) \quad (1)$$

여기서 $Mean(MS)$, $Mean(F)$ 는 대역별 화상의 평균 화소값과 융합 화상의 평균 화소값이다.

② 표준편차변위

표준편차변위 SDB 는 대역별 화상과 융합 화상의 표준편차의 차이이다. 이 값은 두 화상의 공간정보차이를 주로 반영한다.

$$SDB = SD(MS) - SD(F) \quad (2)$$

여기서 $SD(MS)$, $SD(F)$ 는 대역별 화상과 융합 화상의 표준편차이다.

③ 정보엔트로피변위

정보엔트로피변위 HB 는 대역별 화상과 융합 화상의 정보엔트로피 차이이다. 이 값은 두 화상의 정보량차이를 반영한다.

$$HB = H(MS) - H(F) \quad (3)$$

여기서 $H(MS)$, $H(F)$ 는 대역별 화상과 융합 화상의 정보엔트로피이다.

④ 2제곱평균오차

2제곱평균오차 $RMSE$ 는 식 (4)와 같이 계산한다. 이 값은 융합 화상의 스펙트르질을 평가하기 위한 지표이다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I_{MS}(i, j) - I_F(i, j)]^2} \quad (4)$$

여기서 M , N 은 화상의 행과 열의 수, $I_{MS}(i, j)$, $I_F(i, j)$ 는 각각 대역별 화상의 i 번째 행, j 번째 열의 화소값과 그에 해당하는 융합 화상의 화소값들이다.

①-④의 값이 0에 가까울수록 두 화상의 일치성은 커진다.

⑤ 상관결수

상관결수 CC 는 두 화상의 상관성 정도를 반영한다. 이 값이 1에 가까울수록 두 화상의 상관성은 커진다.

$$CC = Cov / (SD(MS) \times SD(F)) \quad (5)$$

여기서 Cov 는 대역별 화상과 융합 화상의 공분산이고 $SD(MS)$, $SD(F)$ 는 각각 대역별 화상과 융합 화상의 표준편차이다.

⑥ 스펙트르각

스펙트르각은 스펙트르교임 정도를 반영하는 지표이다. 스펙트르각 SAM 은 식 (6)과 같이 계산한다.

$$SAM = \arccos \left(\frac{V(MS) \cdot V(F)}{|V(MS)| \cdot |V(F)|} \right) \quad (6)$$

여기서 $V(MS)$, $V(F)$ 는 각각 대역별 화상과 융합 화상에서 대응하는 화소들의 대역별 화소값들로 구성되는 화소벡터이다. $|V(MS)|$, $|V(F)|$ 는 각각 해당하는 벡터의 크기이고 $V(MS) \cdot V(F)$ 는 두 벡터의 스칼라적이다.

이 값이 0에 가까울수록 스펙트르교임이 작아진다. 스펙트르각은 화상의 전체 화소 수만큼 계산되므로 논문에서는 스펙트르각들의 평균과 표준편차, 최소, 최대값들만을 계산하였다.

2. 새 평가방법에 기초한 위성화상융합평가

새 평가방법을 시험하기 위하여 위성화상융합실험을 진행하였다.

융합화상에는 융합수법뿐 아니라 입력 화상들 사이의 관계도 영향을 미치므로 융합화상

의 질을 높이려면 입력화상들사이의 관계가 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

우선 융합하려는 전색화상과 대역별화상들이 위치적으로 엄밀히 일치되어야 한다.

또한 전색화상의 스펙트르범위가 대역별화상들의 스펙트르범위와 부분적으로 일치되어야 한다. 만일 스펙트르범위에서 일치되는것이 전혀 없으면 융합화상에서 스펙트르꼬임이 생길수 있다.

또한 전색화상과 대역별화상들이 시기적불일치로 하여 생기는 차이가 없어야 한다.

이러한 조건을 고려하여 논문에서는 화상융합에 유리한 Landsat 8호자료를 실험자료로 정하였다.

Landsat 8호자료의 전색대역과 스펙트르별대역은 같은 수감기자료이므로 위치오차와 시기적불일치가 없다. Landsat 8호에서 자연색합성은 4, 3, 2대역으로, 근적외선색합성은 5, 4, 3대역으로 진행한다.

논문에서는 색합성에 많이 쓰이는 2, 3, 4, 5대역과 전색대역인 8대역으로 화상융합실험을 진행하였다. 전색대역의 스펙트르범위가 500~680nm이므로 2, 3, 4대역의 스펙트르범위와는 부분적으로 일치하지만 5대역과는 일치하지 않는다.

실험화상은 2015년 5월 1일 촬영한 Landsat 8호 Path 116, Row 33자료의 부분화상이다.

융합방법으로는 가장 일반적인 브로비융합법, IHS융합법, 주성분융합법, 웨블레트융합법을 적용하였다. 브로비융합법과 IHS융합법은 한번에 3개 대역만 하므로 융합을 두번 하였다.

융합방법들의 평가결과는 표 1과 같다.

표 1. 융합방법들의 평가결과

대역번호	지표	브로비융합법	IHS융합법	주성분융합법	웨블레트융합법
2	평균값변위	0.678 2	0.003 4	0.003 8	0.000 2
	표준편차변위	0.583 3	0.023 8	-0.024 8	0.013 2
	정보엔트로피변위	0.377 6	0.030 2	-0.003 7	0.000 8
	2제곱평균오차	7 105.1	184.674 8	123.743 7	72.683 0
	상관결수	0.913 7	0.936 5	0.980 7	0.989 9
3	평균값변위	0.677 7	0.003 8	0.025 1	0.001 3
	표준편차변위	0.612 1	-0.009 6	0.027 8	0.007 1
	정보엔트로피변위	0.292 1	-0.031 9	-0.002 1	-0.006 4
	2제곱평균오차	6 593.3	224.629 0	586.658 5	185.915 0
	상관결수	0.970 9	0.962 1	0.836 7	0.975 2
4	평균값변위	0.677 3	0.004 4	0.036 5	0.001 8
	표준편차변위	0.642 7	0.016 2	-0.001 0	0.013 0
	정보엔트로피변위	0.298 3	-0.019 8	-0.050 1	-0.001 1
	2제곱평균오차	6 303.5	285.849 3	816.230 1	269.662 8
	상관결수	0.982 1	0.974 7	0.876 8	0.978 6
5	평균값변위	0.676 4	0.004 0	0.119 0	0.005 8
	표준편차변위	0.666 8	0.004 8	0.651 7	0.001 9
	정보엔트로피변위	0.287 1	0.001 5	0.179 9	0.010 2
	2제곱평균오차	9 210.7	425.413 6	3 662.8	1 084.1
	상관결수	0.990 2	0.992 2	0.636 9	0.955 0

모든 대역에서 브로비융합화상의 대부분 지표가 다른 방법들에 비하여 크게 차이 난다.

브로비융합화상을 제외한 모든 융합화상들이 모든 대역들에서 평균값변위와 표준편차변위, 정보엔트로피변위가 작는데 이것은 화상들사이에 일정한 유사성이 있다는것을 보여준다.

3대역과 4대역에서 브로비융합화상을 제외한 모든 융합화상들이 부의 정보엔트로피변위를 나타냈는데 이것은 융합처리과정에 정보량이 늘어났다는것을 의미한다.

주성분융합화상은 3, 4, 5대역에서의 상관결수가 0.9보다 작다.

전색대역의 스펙트르범위가 5대역을 덮지 못하므로 원리적으로 이 대역은 융합이 잘 되지 않는다. 실험에서도 웨블레트융합화상과 주성분융합화상의 대부분의 지표들이 다른 대역의 지표들에 비해 5대역에서 차이가 제일 심하다. 브로비융합화상과 IHS융합화상도 2제곱평균오차가 다른 대역에 비해 5대역에서 제일 심하지만 이와 반대로 상관결수는 제일 크다.

웨블레트융합화상은 5대역을 제외한 모든 대역들에서 다른 융합화상에 비하여 대부분의 지표들이 제일 우수하다. 이것은 이 융합수법이 전색대역의 스펙트르범위안에 있는 대역별화상들의 융합에 적합하다는것을 보여준다.

융합수법들의 스펙트르각통계량은 표 2와 같다.

표 2. 융합수법들의 스펙트르각통계량

스펙트르각통계량	브로비융합법	IHS융합법	주성분융합법	웨블레트융합법
평균값	0.389 7	0.010 4	0.035 6	0.008 4
표준편차	0.082 1	0.011 1	0.023 5	0.011 1
최소값	0.223 2	0	0	0
최대값	0.559 4	0.783 6	0.181 3	0.189 6

표 2로부터 웨블레트융합법이 다른 방법들에 비하여 스펙트르각이 제일 작으며 브로비융합법이 다른 방법들에 비하여 훨씬 크다는것을 알수 있다.

따라서 Landsat 8호자료의 전색대역화상과 대역별화상들의 융합에서 웨블레트융합법이 제일 적합하다는것을 알수 있다. 이것은 여러 연구결과[1, 3]들과 일치한다.

맺 는 말

위성화상을 융합하려는 경우 먼저 위성화상융합방법들을 평가하고 그에 기초하여 가장 합리적인 방법들을 선택하여 융합화상의 질을 담보하여야 한다. 앞으로 융합화상에서 공간구조정보를 세부적으로 평가할수 있는 방법에 대하여서도 연구를 심화시켜야 한다.

참 고 문 헌

- [1] P. Jagalingam et al.; Aquatic Procedia, 4, 133, 2015.
- [2] M. Pallavi et al.; International Journal of Current Engineering and Technology, 52, 1068, 2015.
- [3] X. X. Zhu et al.; Remote Sens, 51, 2827, 2013.

An Assessment Method of Satellite Image Fusion with Virtual Reference Image

Hong Myong Dok, Pak Kyong Chol

In this paper, an assessment method of satellite image fusion with virtual reference image is presented and the validation is demonstrated by an experiment with Landsat 8 data.

Keywords: image fusion, quantitative assessment, virtual reference image