모자이크 영상의 정량적 품질평가 방법

오관영* · 정형섭*† · 이광재** · 이하성*

*서울시립대학교 공간정보공학과, **한국항공우주연구원

A Method for Quantitative Quality Assessment of Mosaic Imagery

Kwan-Young Oh*, Hyung-Sup Jung*†, Kwang-Jae Lee** and Ha-Seong Lee*

*Department of Geoinformatics, The University of Seoul, **Korea Aerospace Research Institute

Abstract : The purpose of this paper is to provide a compact overview of the state-of-art image mosaic algorithms in commercial softwares and to propose objective assessment method of that. Among them, several algorithms, widely used and high quality, result in the mosaic image by applying to seven different kinds of seasons of KOMPSAT-2 images and then consequently each result is analyzed visually. Moreover, quality index is suggested to assess the similarity with colors regarding adjacency images and then it is performed by comparing and analyzing the visual and quantitative results. Consequently, we found out the suggested quality index is feasible.

Key Words : KOMPSAT-2, Image mosaic, Color correction

요약 : 본 연구의 목적은 최신 상용 소프트웨어에서 지원하고 있는 영상 모자이크 기법을 비교 분석하고, 제작된 모자이크 영상들의 정량적인 품질평가 방법을 제시하는 것이다. 상대적으로 뛰어난 성능을 나타내는 것으로 알려져 있는 모자이크 기법을 계절적 특성이 서로 다른 7장의 KOMPSAT-2 위성영상에 적용하였고, 각각의 결과를 시각적으로 비교 분석하였다. 또한, 제작된 모자이크 영상의 성능을 비교 할 수 있는 정량적 평가지수를 제안하고, 시각적 결과와 비교 검증을 수행함으로써 제안된 품질평가 지수의 적용 가능성을 제시하였다.

1. 서론

위성영상을 활용한 원격탐사 기술은 공공·민간부문에서 다양한 형태로 활용되고 있다. 지리정보시스템 구축, 산악 지형 및 도심의 정밀 변화 탐지, 자연재해 관측

등의 공공사업 분야를 비롯하여 스마트폰을 활용한 위치정보 서비스, 지리정보시스템과 통합된 영상지도 서비스 까지, 민간사업 부문에서도 그 수요 및 실효성을 입증 받고 있다.

위성영상을 이용한 영상지도 제작에 있어 가장 핵심

접수일(2013년 8월 26일), 수정일(1차 : 2013년 10월 19일, 2차 : 12월 11일), 게재확정일(2013년 12월 11일).

† 교신저자: 정형섭(hsjung@uos.ac.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

적인 기술은 인접한 영상을 하나로 연결하는 모자이크 기법이다. 위성영상 모자이크의 경우, 좌·우 인접영상 간 촬영시기가 일정하지 않고, 장기간에 걸쳐 촬영되는 것이 일반적이기 때문에 같은 장소라도 서로 다른 색상을 지니는 영상을 접합해야 하는 어려움이 있다. 왜냐하면, 촬영시점에 따라 계절, 대기 및 기후 등의 차이가 발생하기 때문에 같은 반사율을 가지는 지형지물(도로, 숲, 강 등)이라도 센서에서 수집되는 복사에너지의 양이 달라지며, 결과적으로 유사한 특성을 지니는 지역이라도 동일한 색상으로 표현되지 않기 때문이다(Rakwatin et al., 2009). 따라서 좌·우 인접영상 간 특별한 색상보정 없이 단순 접합만을 수행할 경우, 접합선을 기준으로 매우 상이한 색상의 이질감을 발생시킬 수 있으며, 이는 최종적인 모자이크 영상의 품질에 지대한 영향을 미치는 요인으로 작용한다. 즉, 위성영상의 모자이크에 있어 가장 중요한 키워드는 인접한 영상 간 색상차이를 효율적으로 최소화하고, 연속된 영상 간 색상왜곡 없이 자연스러운 하나의 영상을 얻을 수 있도록 하는 색상보정 기법에 있다.

한편, ERDAS, ENVI, PCI, PGSteamer, PixelFactory 등과 같은 국내의 대표적인 영상 처리 소프트웨어들은 위성영상의 모자이크에서 발생될 수 있는 색상왜곡의 문제를 최소화할 수 있는 최신의 모자이크 모듈을 앞다투어 개발하고 있으며, 상당 부분 실용화되어 이용되고 있다. 그러나 상용 소프트웨어를 이용하여 모자이크 영상 제작 시, 소프트웨어에 따라 서로 다른 알고리즘 및 처리방식을 적용함에 따라 서로 일관되지 않은 성능의 결과물이 제작되는 문제점이 제기되었다. 이에 따라, 사용자의 의도 및 요구사항에 부합되는 소프트웨어 및 알고리즘 선택을 위한, 제작된 모자이크 영상에 대한 효율적 품질 평가 방법에 대한 중요성이 꾸준히 증가하고 있다.

그러나 제작된 모자이크 영상에 대한 품질평가는 대부분 육안검수에 의존하고 있으며, 이와 같은 방법은 개인의 주관적 생각과 시각적인 환경에 크게 영향을 받기 때문에 품질평가 결과에 대한 객관성 및 신뢰성을 확보하지 못한다는 문제점이 있다. 따라서 모자이크 영상의 품질을 수치적으로 제시할 수 있는 정량적 평가방법에 대한 필요성이 요구 되었으며, 이에 대한 국내외 기존 연구는 다음과 같다.

Gaoyong(2004)은 Wavelet 변환을 통하여 제작된 영상

의 잡음을 측정하는 방법을 제시하였으며, Zheng et al.(2006) 등은 인접하는 영상사이에서 중복되는 영역의 색차를 보정하는 방법으로 RGB와 IHS 공간에서의 히스토그램을 분석하고, 그들 간의 연관성을 분석하였다. Sakuldee and Udomhunsakul(2008)은 기존의 잡음 측정 방법을 이용하여, 영상 품질 점수(IQS)를 계산하는 방법을 제안하였다. Wang and Brovik(2002)은 영상에서 검출된 에지를 이용하여 영상 자체의 선명하고 흐린 정도를 측정하는 방식을 제시하였다. 국내의 경우, Bae(2007)은 통계적 기법을 사용하여, 기존의 PSNR과 SNR 등의 평가지수를 보완하는 방법을 제안하였다. 또한, Woo(2009)은 IHS 모델을 이용하여 모자이크 영상에 대한 유사성과 대비를 평가하는 방법을 제안하였다.

한편, 위성영상을 이용한 모자이크 영상의 제작에 있어 가장 중요한 키워드는 인접한 영상 간 색상차이를 최소화하고, 이질감 없이 자연스러운 하나의 영상을 제작하는데 있다고 제시한 바 있다. 즉, 위성영상 모자이크 영상의 성능 평가에 있어 중요한 판단기준 중 하나는 접합된 영상 간 색상의 유사성을 측정하는 것이다. 이와 관련하여, 일부 연구자들은 접합선을 기준으로 동일 대상물에 대한 유사성과 대비 정도를 측정하는 품질평가 방법을 제시한 바 있다(Woo, 2009). 그러나 이와 같은 연구는 바로 인접한 지역에 국한되어 수행되는 평가 방법으로 전체 모자이크 영상에 대한 색상 유사성을 평가하지는 못한다는 문제점을 지닌다. 더욱이 진행된 연구 결과는 지역 및 계절 특성이 제한된 일부 영상에서 도출된 결과가 대부분이기 때문에, 보다 다양한 특성을 지닌 영상들을 활용한 연구 범위의 확장 및 종합적인 분석, 보다 일반적으로 적용 가능한 객관적 평가지표의 정립이 요구되었다.

이에 본 연구에서는 봄, 여름, 가을, 겨울의 명확한 차이가 반영되어 있는 7장의 KOMPSAT-2 정사 영상을 대표적인 영상처리 소프트웨어에 적용, 모자이크 영상을 제작하고, 제작된 영상을 시각적, 정량적 기법을 통해 상세히 분석하였다. 특히, 모자이크 영상 내 동일한 특성을 지닌 지역의 색상은 서로 유사해야 한다는 특성을 이용하여, 각 인접 영상별로 동일한 특성을 지닌 지역을 마스크 하고, 각 영상별로 추출된 마스크 영상의 밴드별 평균 값들의 차이를 각도로 표현하는 정량적 평가지수를 제안하였으며, 시각적 기법과 비교 검증을 수행함으로써

제안된 방법의 적용 가능성을 검증하였다.

2. 실험 및 평가방법

1) 연구자료

연구에 사용된 영상은 총 7장의 KOMPSAT-2 위성영상으로 산악지역과 도심지역을 동시에 관측할 수 있으며, 우리나라 4계절(봄, 여름, 가을, 겨울)의 명확한 특성이 반영되어 있다. 이와 같은 위성영상은 대상지역에 대한 자료의 양이 많을 경우, 일반적인 모자이크 자료로써 활용되지 않는다. 그러나 고해상도 위성영상의 특성상 촬영

영 폭이 작으며, 동일한 지역에 대해 구름이 없는 완벽한 위성영상의 획득률이 매우 낮기 때문에, 본 연구에서는 일반적이고 이상적으로 활용되는 모자이크 영상의 조건을 배제하고, 현실과 현업에서 자주 볼 수 있는 환경조건의 자료를 선정하여, 연구에 활용하였다(Table 1, Fig. 1).

2) 모자이크 영상제작

(1) 상용 소프트웨어 모자이크 제작 기능

현재 모자이크 영상 제작을 위해 사용되고 있는 대표적인 상용 소프트웨어는 ERDAS, ENVI, PCI, PGSteamer, PixelFactory 등이 있으며, 각각의 소프트웨어에 따라 서로 다른 방식의 모자이크 알고리즘을 적용하고 있다. Table 2는 대표적인 상용 소프트웨어에서 제공하고 있는 모자이크 관련 기능을 요약한다.

본 연구에서는 총 5개의 소프트웨어에서 기본 설정으로 제공되고 있는 모자이크 알고리즘을 적용하여, 총 5장의 모자이크 영상을 제작하였으며, 육안판독을 통해 상대적으로 우수한 성능을 나타낸 소프트웨어를 선정하였다. 본 연구의 경우, C와 E 소프트웨어를 통해 제작된 모자이크 영상이 상대적으로 우수한 결과를 나타냈으며, 선정된 두 소프트웨어로 제작된 모자이크 영상을 중심으로 세부적인 연구를 진행하였다.

Table 1. Characteristics of the KOMPSAT-2 images tested

Scene ID	Acquisition data	Sun Azimuth Angles (deg.)	Latitude (deg.)	Longitude (deg.)
(a)	2009/08/15	92.23	37.47	128.36
(b)	2008/03/16	257.93	37.47	128.42
(c)	2008/05/03	89.00	37.47	128.57
(d)	2009/12/28	33.54	37.47	128.66
(e)	2008/04/15	82.16	37.47	128.71
(f)	2009/01/05	83.75	37.47	128.86
(g)	2009/11/07	84.46	37.47	128.96

Fig. 1. KOMPSAT-2 images used for this study : (a) (2009/08/15), (b) (2008/03/16), (c) (2008/05/03), (d) (2009/12/28), (e) (2008/04/15), (f) (2009/01/05), (g) (2009/11/07).

Table 2. Summary of software function applied for mosaic method

Software	Cutline	Color correction	Overlap area
A	• Auto/Manual Cutline • Overlap Function	• Color Balancing • Image Dodging • Histogram Matching	• Feathering • Smoothing
B	• Manual Cutline	• Color Balancing	• Feathering
C	• Auto/Manual Cutline	• Normalization • Color Balancing	• Smoothing
D	• Auto/Manual Cutline	• Histogram Matching	• Smoothing
E	• Auto/Manual Cutline	• Adjustment • Equalization	• Feathering • Smoothing

Table 3. Experimental conditions in C and E

Software	ID	Condition
C	None None	No Normalization, No Color balance
	None Overlap	No Normalization, Color balance by Overlap area
	None Histogram	No Normalization, Color balance by Histogram
	None Neighbor	No Normalization, Color balance by Neighborhood
	Hotspot None	Hotspot Normalization, No Color balance
	Hotspot Overlap	Hotspot Normalization, Color balance by Overlap area
	Hotspot Histogram	Hotspot Normalization, Color balance by Histogram
	Hotspot Neighbor	Hotspot Normalization, Color balance by Neighborhood
	AdaptFilt None	Adaptive Filter Normalization, No Color balance
	AdaptFilt Overlap	Adaptive Filter Normalization, Color balance by Overlap area
	AdaptFilt Histogram	Adaptive Filter Normalization, Color balance by Histogram
	AdaptFilt Neighbor	Adaptive Filter Normalization, Color balance by Neighborhood
E	Global Old Local	Global Adjustment, Old Local Equalization
	Global Old No	Global Adjustment, No Old Local Equalization
	Global New Local	Global Adjustment, New Local Equalization
	Global New No	Global Adjustment, No New Local Equalization
	No Old Local	No Adjustment, Old Local Equalization
	No Old No	No Adjustment, No Old Local Equalization
	No New Local	No Adjustment, New Local Equalization
	No New No	No Adjustment, No New Local Equalization

(2) 상용 소프트웨어를 이용한 모자이크 영상제작

일반적인 소프트웨어에서 제공하고 있는 모자이크 기능은 크게 1) 접합선 추출 단계와 2) 색상 조정 단계로 구분 할 수 있다. C 소프트웨어의 접합선의 추출 방법은 Min difference, Min relative difference, Edge matching, Entire area으로 선택가능하며, 일반적으로 Min difference 방법이 사용된다. 색상 조정은 Normalization과 Color balance 과정으로 나눌 수 있으며, 각각의 과정과 관련된 선택 사항은 Normalization은 None, Hotspot, Adaptive filter로 Color balance는 None, Overlap, Histogram matching,

Neighborhood로 구성되어 있다. E 소프트웨어의 경우, 접합선의 추출은 특별한 선택사항 없이 자동으로 진행된다. 색상 조정은 Adjustment와 Equalization 단계로 구분되며, 선택 사항은 Adjustment는 Global Adjustment, No Adjustment로 Equalization은 Local Equalization과 Reference image, No Equalization으로 구성된다. 또한, Equalization의 경우, New Equalization, Old Equalization을 선택할 수 있다. 이때, 각각의 선택 사항에 대한 세부적인 알고리즘은 보안상의 이유로 공개되지 않는다.

선정된 두 개의 소프트웨어를 이용한 세부적인 비교 연구를 위하여, 각각의 소프트웨어에서 제공하고 있는

관련 기능을 조합한 실험조건을 구성하였다. 접합선 추출 단계의 경우, C 소프트웨어는 총 4가지의 선택 사항이 있으며, E 소프트웨어는 특별한 선택사항 없이 자동으로 진행된다. C 소프트웨어의 접합선 추출 방법은 4가지 선택사항이 있으나, 본 연구에서는 Min difference 방법을 사용하였다. 색상 조정 단계의 경우, C와 E 소프트웨어에서 각각 12가지와 8가지 실험조건을 구성될 수 있으며, 세부 사항은 Table 3에 요약된다.

3) 모자이크 영상의 정량적 품질평가 방법

모자이크 영상의 성능 평가에 있어, 중요한 판단기준 중 하나는 인접한 영상 간 색상의 유사성을 측정하는 것이다. 유사성 평가는 동일한 특성을 지닌 지역의 색상이 서로 유사해야 한다는 특성을 이용하여, 각 인접 영상별로 동일한 특성을 지닌 지역을 추출하고, 각 영상별로 추출된 지역의 밴드별 평균값들의 차이를 각도로 표현하여, 그 차이를 비교하였다. 이와 같은 유사성평가 방법을 본 연구에서는 Mosaic Similarity Index (MSI)로 지칭하였으며, 다음과 같이 정의 하였다(식 1).

$$MSI = \frac{1}{N_B} \sum_{i=1}^N \arccos\left(\frac{\langle \bar{v}_i, \hat{v} \rangle}{\|\bar{v}_i\| \cdot \|\hat{v}\|}\right)$$

$$\bar{v}_i = (m_{1i}, m_{2i}, m_{3i}, m_{4i}, \dots, m_{ji}), \hat{v} = (1, 1, 1, 1, \dots) \quad (1)$$

$$\|\bar{v}_i\| = m_{1i}^2 + m_{2i}^2 + m_{3i}^2 + \dots + m_{ji}^2, \|\hat{v}\| = j$$

여기서, $\bar{v}_i$ 는 각 영상별, 밴드별 동일 특성을 지닌 지역들을 마스킹한 영상들의 평균값을 원소로 갖는 벡터이며, $\hat{v}$ 의 성분은 $\bar{v}_i$ 의 성분의 개수와 동일하고, 각각의 성분은 모두 1로 구성되어 있는 벡터이다. 평가하고자 하는 모자이크 영상이 총 j 개의 단일 영상이 접합된 것이라면, 벡터 $\hat{v}$ 와 $\bar{v}_i$ 의 성분의 개수는 각각 j 개로 구성된다. 또한, $\bar{v}_i$ 의 성분 $m_{1i}, m_{2i}, m_{3i}, m_{4i}, \dots, m_{ji}$ 은 모자이크 영상 내에서 j 개의 단일 영상의 공간적 위치에 속한 지역에서 마스킹한 영상들의 평균값을 나타낸다. 예를 들어, Fig. 2의 j 번째 영상(Scene j)의 경우, 식생 지역(vegetation region)으로 마스킹된 부분 영상은 두 장이며, 두 장의 마스킹 영상의 i 번째 밴드의 평균값이 $\bar{v}_i$ 의 j 번째 성분 값 m_{ji} 이 된다. 그리고 N_B 는 모자이크 영상의 밴드의 수를, N_i 는 모자이크 영상의 i 번째 밴드를 나타내며, $\langle \bar{v}_i, \hat{v} \rangle$ 은 두 벡터 간 내적, $\|\bar{v}_i\| \cdot \|\hat{v}\|$ 은 두 벡터 크기의 곱을 의미한다. 밴드별로 계산된 $\arccos$ 값을 평균하여, 최종적

인 MSI값을 계산하게 된다. 만약, MSI가 0에 가깝다면 모자이크 영상 내에서 인접한 영상 간의 색상왜곡이 거의 없음을 의미한다.

다음 Fig. 2는 유사성 평가를 위해 각 영상별로 동일 특성을 지닌 지역을 선정하는 방법에 대한 과정을 표현한 것으로, 동일 특성지역을 식생 지역, 그림자 지역, 비포장 도로, 아스팔트, 콘크리트, 강, 바다 등 다양한 특성 지역에 대한 선택이 가능하다. 그러나 특성지역의 선정은 모자이크 영상을 사용하고자 하는 목적에 따라 구분되어야 한다. 만약, 사용자가 위성영상의 방사값을 이용한 2차적인 분석보다는 인접영상 간 발생하는 색상의 이질감을 최소화하여, 시각적으로 가장 자연스러운 모자이크 영상을 제작하는 것을 목적으로 한다면, 계절의 영향이 크게 작용하는 지역을 중심으로 특성지역을 선정할 수 있다. 예를 들어, 봄과 가을에 촬영된 영상의 경우, 특히 대상지역이 식생지역이라면, 접합된 모자이크 영상 간 뚜렷한 색상의 차이가 발생될 수 있다. 그러나 사용자의 목적이 이와 같은 색상의 차이를 최소화하여, 시각적으로 가장 자연스럽게 연결하는 것이라면 식생 지역과 같이 계절적 영향이 크게 작용하는 중심으로 대상지역을 선정해야 한다. 그러나 사용자가 주제도 생성과 같이 추가적인 분석을 위한 사전 전처리 과정이 주목적이라면, 콘크리트나 아스팔트와 같이 계절에 관계없이 일정한 분광특성을 갖는 지물을 선정하는 것이 바람직하다.

각각의 특성지역은 인접영상 간 접합 부분(접합선 기준)을 포함하지 않으며, 중첩지역과 비 중첩지역을 구분하지는 않는다. 이는 모자이크 알고리즘 별로 생성되는 접합선 위치의 차이로 인하여 실험조건이 달라질 수 있는 경우를 배제하기 위함이다. 또한, 각각 선택한 특성

Fig. 2. Region selected for Mosaic quality evaluation.

지역별 MSI값이 도출 될 수 있으며, 선택 지역에 대한 MSI이 다른 지역의 MSI값보다 작을 경우, 모자이크 영

상 내 접합 영상 간 해당 특성 지역의 색상이 상대적으로 더 유사하다는 것을 의미한다.

Fig. 3. Comparison between mosaic method for 7 KOMPSAT-2 scenes: (a) Standard image, (b) AdaptFilt_Overlap, (c) AdaptFilt_Histogram, (d) Global_Old_Local, (e) Global_New_Local.

3. 결과 및 분석

소프트웨어 C와 E에서 제공하고 있는 색상보정 방법의 선택항목을 서로 조합하여, C에서 12가지, E에서 8가지의 실험조건을 선정하였다. 구성된 실험조건에 따라 총 20장의 모자이크 영상을 제작하고, 제작된 영상을 시각적, 정량적인 방법으로 비교 평가를 수행하였다.

본 논문에서는 두 소프트웨어의 실험조건 중, 두 소프트웨어에서 상대적으로 우수한 성능을 나타낸 실험조건 중 4가지 모자이크 영상에 대한 세부 실험 결과만을 기술한다. Fig. 3의 (a)는 선정된 실험조건에서의 결과 영상과의 상대적인 비교를 위하여, 총 7장의 원본 영상을 특별한 색상보정 없이 접합한 기준 영상을 나타내며, Fig. 3의 (b)와 (c)는 C 소프트웨어에서 제공하는 Normalization 기법 중 Adaptive filter를 공통적으로 적용하고, Color balance 옵션 중 (b)는 Overlap을 (c)는 Histogram 선택한 결과이며, Fig. 3의 (d)와 (e)는 소프트웨어 E의 Global adjustment를 공통적으로 적용하고, (d)는 Local Statistics에 의한 Old Equalization를 (e)는 New Equalization을 적용한 결과이다.

각각의 모자이크 결과들의 세부적인 성능평가는 시각적, 정량적인 방법을 통해 진행되었다. 모자이크 영상 내 동일한 특성을 지니는 지역 간 색상의 유사성 평가를 위하여, 식생 지역, 강 유역, 비포장 도로 및 그림자 지역으로 구분되는 총 4개의 특성 지역을 선정하였으며, 육안 판독을 통해 동일 특성 지역 간 색상의 유사성을 평가하였다. 또한, 시각적인 결과를 정량적으로 수치화하기 위하여 각 특성지역에 대한 마스킹 영상을 추출하고, 이를 기준으로 MSI 평가지수를 계산하였다.

Fig. 4는 4가지 특성지역 중, 식생 지역에 대한 비교를

위하여 각 접합 영상 별로 마스킹 된 위치를 표현한다. 식생 지역의 경우, 각각의 접합 영상 별로 2-4개 사이의 지역이 선정 되었다(Fig. 4).

Fig. 5는 각각의 소프트웨어로 제작된 모자이크 영상에서 Fig. 4에 각각 1, 2, 3으로 명시되어 있는 특성 지역을 확대하여 나타낸 것으로, 빨간색으로 표시된 부분은 정량적 평가를 위해 실제로 마스킹 된 지역을 표현한다. 또한, Fig. 5의 (a-1,2,3)은 기준 영상에서, (b-1,2,3)과 (c-1,2,3)는 C 소프트웨어의 AdaptFilt Overlap과 AdaptFilt Histogram으로 제작된 모자이크 영상에서 추출된 결과이며, (d-1,2,3)와 (e-1,2,3)는 E 소프트웨어의 Global Old Local과 Global New Local에서의 결과를 나타낸다. (a-1,2,3)의 경우, 접합 영상 간 색상보정을 수행하지 않은 영상으로 각 영상 간 매우 큰 색상의 차이가 확인되며, 소프트웨어 C로 제작된 결과인 (b-1,2,3) (c-1,2,3)의 경우, 상대적으로 색감이 어둡고 채도가 높게 표현되는 특징을, 소프트웨어 E로 제작된 결과인 (d-1,2,3)와 (e-1,2,3)는 전반적으로 빛이 바랜 색상으로 표현되는 특징을 나타냈다. 소프트웨어 C로 제작된 결과의 경우, (c-1,2,3)이 (b-1,2,3) 보다 상대적으로 짙은 계열의 색상으로, 좀 더 일관적인 색상으로 표현되었다. 소프트웨어 E로 제작된 두 결과 간 특별한 차이점이 관찰되지 않았으며, 육안으로 거의 동일한 결과를 나타냈다.

각각의 특성지역 간 색상은 각 모자이크 영상 간 큰 차이를 나타내지는 않았지만, 소프트웨어 E로 제작된 영상의 전반적인 색상 톤이 상대적으로 좀 더 부드럽고, 유사하게 표현되는 것으로 판단되었다.

또한, Table 4는 각 인접영상에서 추출된 마스킹 영상에 대한 밴드별 평균과, 이를 이용하여 계산된 MSI 평가지수의 결과를 나타낸다. 기준 영상과 소프트웨어 C와

Fig. 4. Masking of vegetation regions at Mosaic image.

Fig. 5. Masking images of vegetation regions : (a-1,2,3) Standard image, (b-1,2,3) AdaptFilt Overlap(Software C), (c-1,2,3) AdaptFilt Histogram(Software C), (d-1,2,3) Global_Old_Local(Software E), (e-1,2,3) Global_New_Local(Software E).

E로 제작된 모자이크 영상에 대한, MSI 평가지수는 각각 14.89, 4.61, 3.66, 2.42, 2.15로 소프트웨어 E로 제작된

모자이크 영상이 상대적으로 낮은 수치를 나타냈으며, 색상보정이 수행되지 않은 기준 영상과 비교하여, 6배

Table 4. Quality evaluation results from vegetation region

Method	Vegetation region									Index
	Band	Scene(a)	Scene(b)	Scene(c)	Scene(d)	Scene(e)	Scene(f)	Scene(g)	MSI	
Standard image	R	122.92	155.84	248.04	114.10	194.60	149.36	113.49	16.26	14.89
	G	305.98	307.22	481.32	213.07	361.72	274.34	230.65	15.08	
	B	402.06	386.69	549.37	272.23	443.53	328.45	282.69	13.33	
AdaptFilt Overlap (Software C)	R	73.28	91.60	94.52	95.92	83.75	112.84	116.48	8.39	4.61
	G	183.17	199.54	205.19	191.34	178.68	207.10	209.31	3.27	
	B	239.57	262.05	253.68	251.86	240.31	262.13	264.89	2.17	
AdaptFilt Histogram (Software C)	R	93.41	95.49	99.70	110.97	86.85	111.18	112.64	5.33	3.66
	G	182.16	190.93	204.40	205.43	178.40	206.91	206.65	3.34	
	B	236.87	251.02	254.33	264.84	238.69	261.00	260.97	2.33	
Global Old Local (Software E)	R	156.75	153.79	156.17	172.17	143.65	168.21	162.28	3.18	2.42
	G	301.05	299.42	315.29	325.14	286.36	315.76	319.41	2.35	
	B	366.27	372.30	378.99	397.50	360.45	380.96	384.37	1.73	
Global New Local (Software E)	R	157.03	153.03	156.04	171.80	145.10	168.26	161.52	3.04	2.15
	G	302.36	299.76	311.40	325.48	292.02	315.29	315.65	1.96	
	B	367.56	371.64	376.69	395.82	364.80	380.14	381.19	1.46	

Table 5. Quality evaluation results from river region

Method	River									Index
	Band	Scene(a)	Scene(b)	Scene(c)	Scene(d)	Scene(e)	Scene(f)	Scene(g)	MSI	
Standard image	R	125.44	188.35	259.78	121.64	113.58	125.07	143.50	17.66	17.42
	G	203.38	351.95	486.60	222.14	225.27	249.44	282.27	17.85	
	B	223.11	402.19	552.00	271.48	280.76	304.69	327.21	16.74	
AdaptFilt Overlap (Software C)	R	251.77	111.97	133.55	80.42	76.42	92.89	128.21	24.00	13.80
	G	313.02	235.99	221.00	199.20	193.42	188.05	276.71	10.58	
	B	320.08	278.06	262.40	248.97	243.95	244.16	327.97	6.83	
AdaptFilt Histogram (Software C)	R	171.67	106.46	121.82	119.48	84.22	92.51	118.78	12.68	8.41
	G	263.24	219.73	214.64	220.32	187.57	187.53	262.07	7.35	
	B	295.05	262.14	260.71	269.87	239.95	242.84	312.11	5.19	
Global Old Local (Software E)	R	231.35	173.22	171.94	180.66	142.53	148.81	202.13	9.00	6.38
	G	377.43	336.95	317.12	338.65	310.79	297.15	404.23	5.93	
	B	411.13	392.33	378.04	397.36	374.47	363.42	458.27	4.21	
Global New Local (Software E)	R	228.00	172.38	172.42	178.28	142.73	150.81	202.13	8.64	6.14
	G	372.26	338.17	318.98	337.11	314.19	298.28	404.23	5.68	
	B	408.55	391.68	378.96	395.37	377.98	364.27	458.27	4.11	

이상 낮은 결과를 나타냈다. 소프트웨어 C의 경우, AdaptFilt Histogram이 AdaptFilt Overlap 보다 다소 낮은 MSI 지수를 나타냈는데, 이는 Fig. 5의 (c-1,2,3) 영상이 (b-1,2,3) 보다 전반적인 색상의 톤이 좀 더 유사하게 표현된 것과 관련된 것으로 판단된다. 또한, 소프트웨어 E로 제작된 모자이크 영상은 서로 간 차이가 0.3으로 거의 동일한 수치를 나타냈으며, 이는 시각적인 평가와도 일치하는 결과이다.

이와 동일한 방법으로 강 유역, 비포장 도로, 그림자 지역에 대한 시각적·정량적 평가를 수행하였으며, 해당 지역에 대한 평가 결과는 정량적 평가 결과에 대해서만 간략히 요약하여 기술하고자 한다. Table 5는 강 유역에서 수행된 MSI 결과로 각각의 모자이크 영상에서의 MSI 평가지수는 17.42, 13.80, 8.41, 6.38, 6.14의 값을 보였다. 색상보정이 적용된 영상의 경우, Blue 밴드에서 계산된 수치 값은 6.83, 5.19, 4.21, 4.11로 상대적으로 낮은

Table 6. Quality evaluation results from unpaved road region

Method	Unpaved road									
	Band	Scene(a)	Scene(b)	Scene(c)	Scene(d)	Scene(e)	Scene(f)	Scene(g)	MSI	Index
Standard image	R	243.14	309.84	338.07	203.32	343.25	226.57	241.53	10.95	11.33
	G	444.34	467.32	566.66	302.93	505.80	351.51	349.92	11.70	
	B	507.60	502.34	617.42	336.71	525.29	388.12	374.16	11.34	
AdaptFilt Overlap (Software C)	R	412.36	243.98	294.15	226.18	231.60	165.77	250.81	15.29	9.48
	G	408.92	354.17	374.61	334.70	348.51	251.36	359.29	7.36	
	B	427.92	389.24	401.61	367.47	377.25	295.49	395.78	5.80	
AdaptFilt Histogram (Software C)	R	210.19	201.13	213.32	183.08	241.04	149.99	241.85	8.27	8.06
	G	315.95	299.50	387.00	275.24	357.16	236.03	363.96	8.85	
	B	361.66	336.16	419.08	312.75	365.43	281.70	395.69	7.06	
Global Old Local (Software E)	R	291.75	284.84	309.36	280.62	270.97	213.95	300.45	5.93	4.60
	G	447.49	440.11	460.18	435.56	428.82	357.26	467.16	4.43	
	B	490.58	479.27	491.39	466.45	465.93	410.38	503.10	3.43	
Global New Local (Software E)	R	289.36	276.78	292.44	256.38	279.41	211.99	300.45	5.85	4.57
	G	442.79	435.49	429.81	415.85	446.25	355.36	467.16	4.40	
	B	485.59	475.76	461.52	450.90	478.82	408.62	503.10	3.46	

Table 7. Quality evaluation results from shadow region

Method	Shadow									
	Band	Scene(a)	Scene(b)	Scene(c)	Scene(d)	Scene(e)	Scene(f)	Scene(g)	MSI	Index
Standard image	R	47.28	144.23	239.45	79.00	128.37	110.60	91.00	25.45	22.80
	G	124.24	266.36	459.84	154.47	263.46	220.24	189.24	23.11	
	B	178.62	340.75	534.92	206.64	343.89	282.69	249.74	19.83	
AdaptFilt Overlap (Software C)	R	39.95	69.23	80.24	86.79	47.02	84.38	72.15	13.90	8.00
	G	131.98	166.46	156.82	175.06	131.71	169.43	148.85	6.02	
	B	193.72	229.94	221.14	235.04	196.99	229.14	208.51	4.08	
AdaptFilt Histogram (Software C)	R	80.86	81.84	91.84	86.29	77.10	86.38	81.42	3.06	2.21
	G	162.11	167.64	176.25	174.19	159.36	173.33	167.73	1.99	
	B	220.17	227.45	235.98	234.24	218.36	231.71	226.00	1.57	
Global Old Local (Software E)	R	133.59	135.58	142.01	142.27	115.53	133.32	130.46	3.58	2.66
	G	252.52	264.27	282.03	279.58	252.28	271.97	258.78	2.44	
	B	323.92	339.63	359.15	353.58	330.97	342.80	332.46	1.97	
Global New Local (Software E)	R	134.36	134.93	142.33	142.89	111.52	140.84	130.27	4.32	2.98
	G	248.23	270.42	280.15	279.11	254.10	279.18	258.76	2.65	
	B	322.30	345.24	357.91	353.66	335.75	350.36	332.56	1.98	

값을 나타냈으며, Red 밴드에서는 24.00, 12.68, 9.00, 8.64로 다른 밴드와 비교하여 상대적으로 높은 값을 나타냈다. 또한, C 소프트웨어의 AdaptFilt Overlap의 MSI 값은 E 소프트웨어의 결과보다 거의 2배 높은 수치를 나타냈다.

Table 6는 비포장 도로에서 계산된 결과로 각각의 모자이크 영상에서의 MSI 평가지수는 11.33, 9.48, 8.06, 4.60, 4.57의 값을 나타냈다. Table 5의 결과와 마찬가지로

로 소프트웨어 C의 AdaptFilt Overlap에서 가장 높은 수치를 나타냈으며, 소프트웨어 E의 결과는 거의 유사하고, 다른 방법들에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다.

Table 7는 그림자 지역에서 계산된 결과로 각각의 모자이크 영상에서의 MSI 평가지수는 22.80, 8.00, 2.21, 2.66, 2.98의 값을 나타냈다. 소프트웨어 C의 AdaptFilt Overlap의 결과는 다른 방법들에 비해 3배 이상 가장 높은 수치를 나타냈으며, 이러한 경향은 식생지역을 제외

Fig. 6. Quality evaluation results from vegetation, river, unpaved road and shadow region.

한 강 유역, 비포장 도로, 그림자 지역 모두에서 두드러지게 나타났다.

Fig. 6은 제작된 모자이크 영상의 색상 유사성 평가를 위하여, 선택된 4가지의 특성지역에서 계산된 MSI 값을 도식화하여 나타난 것이다. 기존 영상의 경우, 원본 영상들을 별도의 색보정 처리 없이 단순 접합만을 수행하기 때문에, 인접 영상 간 색상의 이질감이 가장 크게 나타나며, 이는 제안된 색상 평가지수를 적용하였을 때 상대적으로 매우 큰 수치로 표현되었다. 각 소프트웨어 간 차이는 식생 지역에서 가장 낮게 나타났으며, 강 유역에서 가장 큰 폭의 차이를 나타냈다.

소프트웨어 E에서 제작된 모자이크 영상은 대부분의 특성지역에서 상대적으로 가장 낮고 거의 동일한 수치를 나타냄으로써, 동일 특성지역 간 색보정 능력이 상대적으로 우수하다고 판단되었으며, 이는 육안판독의 결과와 동일하게 나타났다.

3. 결론

본 연구의 목적은 최신 상용 소프트웨어에서 지원하고 있는 영상 모자이크 기법을 이용하여, 제작된 모자이크 영상에 대한 품질평가 방법을 제안하는 것이다. 계절적 차이가 명확하게 반영되어 있는 7장의 KOMPSAT-2 위성영상을 대표적인 영상처리 소프트웨어에 적용하여, 모자이크 영상을 제작하였고, 각각의 결과를 비교 분석하였다. 또한, 제작된 모자이크 영상 간 객관적 성능을

비교할 수 있는 정량적 평가지수를 제안하고, 시각적 분석 결과와 비교 검증을 수행하였다.

첫째, 5개의 상용 소프트웨어에서 제공되고 있는 모자이크 모듈을 적용하여 모자이크 영상을 제작하였으며, 육안판독을 통해 상대적으로 우수한 성능을 나타낸 소프트웨어를 선정하고, 세부적으로 분석하였다.

둘째, 두 소프트웨어를 통해 제작된 4개의 영상과 특별한 색보정 방법을 적용하지 않은 기존 영상에 대해 본 연구에서 제안된 색상 평가지수를 적용하였다. 모든 특성지역에 대해 기존 영상에서 계산된 MSI 값이 가장 높은 수치를 나타냈으며, 소프트웨어 E에서 제작된 모자이크 영상에서 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다. 이는 시각적 평가의 결과와도 일치하는 것으로 제안된 방법의 활용 가능성을 입증한 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (NRF-2012R1A1A2005801). 또한, 한국항공우주연구원의 고해상도 대용량 광학영상자료 자동 모자이크 기술 개발 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- Bae, K.-Y., 2007. Statistical Image Quality Measure, *Korea Intelligent Information System Society*, 13(4): 79-90.
- Gaoyong, L., 2004. Image noise analysis with a fast lifting wavelet algorithm for objective image quality evaluation, *IEEE 2004 Proc. of Third international Conference on Image and Graphics*, pp.39-42.
- Rakwatin, P., W. Takeuchi and Y. Yasuoka, 2009. Restoration of Aqua MODIS Band 6 using Histogram Matching and Local Least Squares Fitting, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(2): 613-627.

- Sakuldee, R. and S. Udomhunakul, 2008. Objective measurements of distorted image quality evaluation, *ICCCE 2008 International Conference on Computer and Communication Engineering*, pp.1046-1051.
- Wang, Z. and A. C. Bovik, 2002. A universal image quality index, *IEEE Signal Processing Letters*, 9(3): 81-84.
- Woo, H.-S., 2009. *Quality Assessment of Mosaic Image of Airborn Digital Frame Camera Image*, Master's Thesis, Inha University, Korea.
- Zheng, L., J. Zhang and Y. Luo, 2006. Color matching in colour remote sensing image, *IEEE IMSCCS'06 First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences*, 1: 303-306.