



## Autumn Leaves Analysis of Seorak Mountains Using Variations of Pixels' Color

Oh-Sung Kwon\*

*Dept. of Computer Education, Gongju National University Of Education*

### ABSTRACT

In general, weather observation based on visual examination has obvious limits in accuracy and consistency of its analysis results. In this paper, we propose a new weather observation method using digital image analysis and information technologies to solve the current observation's difficulties and inaccuracy. Our method consists of three steps : the preprocessing to enhance input images obtained from remote camera control system, the pixel values extraction step to analyze autumn leaves and the statistical classification to find peak autumn color. we make use of RGB variation statistics to analyze red leaves front. We uses an analysis method of multiple small area divided from an entire input image to enhance analysis accuracy. The small areas is classified by wood lands and a thick forest that best shows characteristics of autumn color variations. We apply the method to Seorak Mountains images collected during October 2013 to November 2013 and can obtain successful features about the peak autumn color and its progress.

© 2014 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS :** Analysis of Autumn Leaves, Eye Measurement, Digital Image Analysis, Variations' Analysis, Feature Extraction

**ARTICLE INFO:** Received 25 May 2014, Accepted 16 June 2014.

### 1. 서 론

\*Corresponding author is with the Department of Computer Education, Gongju National University of Education, ChungNam Gongju-Si Woongjin-Ro 27, 314-711, KOREA.

E-mail address: oskwon@gjue.ac.kr

국민 소득 증가와 생활 수준 향상으로 여행과 스포츠 등의 야외 활동이 늘고 있으며 이에 따라 일반 국민들은 보다 정확한 계절 예보 서비스를 요구하고 있는 상황이다.

특히, 가을 단풍은 년 중 야외 활동이 집중되는 시기이므로 단풍의 시작, 단풍의 절정 등을 정확히

관측하고 예보하는 일은 중요한 대국민 서비스라고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 경우는 아직까지도 단풍 변화 관측을 목측에 의존하고 있는데, 이 방법은 사람의 시각에 의존하는 방식이어서 관찰자 주관에 영향 받기 쉽고, 광범위한 지역을 일관되게 관측하고 정량화하는 것이 쉽지 않다.

단풍은 북에서 남쪽 방향으로 진행되기 때문에 남한의 최북단에 위치한 속초지역의 설악산은 첫 단풍을 알리는 지표 지역으로 중요하다.

본 논문에서는 단풍 관측을 정량화 방법으로 디지털 이미지 처리와 특징 분석에 의한 관측법을 제안하고자 한다[1,2,3,9]. 관측 실험은 2013년 10월과 11월에 수집된 설악산 촬영 이미지를 대상으로 하여 단풍의 진행, 절정, 휴지기 등의 시기를 제시하고자 한다.

## 2. 관련 연구

단풍은 가을에 접어들고 기온이 내려가는 계절 변화에 따른 식물 생장의 변화이기 때문에 우리나라는 <그림 1> 과 같이 북쪽에 위치한 설악산 지역부터 시작된다[10].

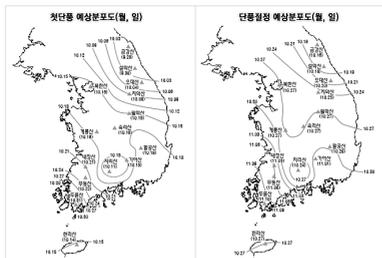


그림 1. 첫 단풍과 절정 시기[10]

Figure 1. First Autumn Colors and Peak Time[10]

우리나라 기상청에서는 설악산의 첫 단풍을 10월 3일, 절정 시기를 10월 19일로 잡고 있다. 일반적으로 단풍 전선은 10월 상순 경이면 강원도 산간

지방을 시작으로 점차 남하하여 10월 하순에는 남해안에 이르는 것으로 관측되고 있다. 단풍 시기는 해발 고도 100m 마다 2일 정도의 차이를 보이는데, 단풍은 수종과 수령에 따라 차이가 있으나 대개 일 평균 기온으로 보면 서울 등의 중부지방에서는 13도 부산 등 남부지방에서는 14도가 될 때부터 시작된다.

목측은 관측자의 기계적인 관측값 이외에도 주관적인 정서가 영향을 주기 때문에 본 논문에서 시행하고자 하는 디지털 분석 방법과 차이를 보일 수 밖에 없다. 또한, 본 논문의 분석 방법은 단풍의 절정을 나뭇잎의 적(Red)색소가 최고조에 달하는 시점을 탐색하는 방법인 것에 반하여 목측 방식은 관찰자의 정서적인 요소가 포함되는 관측이기 때문에 분명한 차이를 보인다.

본 논문의 주제인 기계적인 단풍 관측에 관련된 국내 논문은 현재까지 보고된 바 없으며, 식물 생장과 그에 따른 나뭇잎의 색상 변화를 연구한 국내외 논문은 몇 편 찾을 수 있다. 먼저, Shimoji의 연구는 ImageJ 라는 소프트웨어를 사용하여 관목 식물인 크로톤(croton) 잎의 색상 변화를 추적하고 분석하는 연구를 수행하였다. 이 연구는 입력 이미지를 RGB 각각의 채널 이미지들로 구분하여 저장하고 이를 이차원 수치 테이블로 변환한 후 그 변화 특성을 찾는 연구이다[8].

한승원의 연구는 다육식물 14 종에 대하여 광도 변화에 따른 RHS값을 조사하고 이를 RGB 값으로 변환 한 뒤, 식물 잎의 색상 변화를 관찰하는 연구를 진행하였다. 잎의 색상을 잎 전체색, 잎끝, 반점으로 구분하여 조사하는 연구를 진행한 바 있다[4].

남운영의 연구는 식물 이미지 DB 인덱싱을 위하여 식물의 색상, 질감, 모양 등의 특징을 먼저 추출하고 이를 기반으로 이미지를 탐색하는 연구를 진행하였다[6].

김유선은 관엽 식물을 대상으로 색채 정보를 조

사하고 이를 구분하기 위한 색상판별표준을 제시한 바 있다[5].

현재까지, 우리나라 단풍과 관련한 나뭇잎의 색상 변화 연구 결과가 보고되지 않고 있기 때문에 본 논문에서는 일반적인 식물의 색상 분석 방법을 단풍 분석에 적용하고 덧붙여 야외 관측에 필수적인 조도 변이 정규화 방안을 제안하고자 한다[7].

### 3. 전체 시스템 구성

설악산 지역의 단풍 진행 상황을 관측하기 위하여 시야 확보가 가능한 산 인근 지역에 관측 카메라를 설치하고 2013년 10월 5일부터 2 개월 간 촬영을 진행하였다. 설치 장소는 설악산의 대청봉을 비롯하여 주요 봉우리를 모두 포함할 수 있는 위치였으며, 관측 구조물은 카메라의 시야가 방해 받지 않을 충분한 높이로 설치하였다. 수집된 영상은 설악산 인근 지역에서 실험실의 서버로 원격 전송하도록 구성하였다. 카메라는 매일 오전 6:00 시부터 오후 6:00시 까지 하루 12시간 동안 약 30분에 1장씩 촬영하고 이미지를 수집하도록 하여 하루 평균 24 장의 이미지를 수집하였다. 본 논문의 분석을 위해서는 동일 시간대(예를 들면 오전 8:00)의 1장의 사진을 선정하여 대표 이미지로 사용하였다. 오전 6:00시에서 9:00 시간대의 촬영 이미지가 다른 시간대에 비하여 역광이나 빛 반사 등이 적어서 특징 추출이 보다 효과적이었다. 촬영 이미지는 본 논문의 분석 방법으로 처리된 후, 원시 이미지와 분석 결과로 나뉘어 저장되도록 하였다.

관측을 위한 특징 추출과 분석에 앞서 이미지 전체 조도 검출과 화질 선별과 개선하는 전처리 작업을 <그림 2> 와 같이 수행하였다.

전처리 후의 이미지는 분석에 필요한 화소별 RGB 분포 값이 추출되는 데, 이미지 전체 화소가 아닌 소 영역 분할 후, 영역별로 수행한다. 소 영역의 구분은 다음의 원칙으로 정하였다.

그늘지지 않고 종일 관측 가능 지점  
고도 특성을 잘 나타내는 산봉우리  
활엽수림만으로 구성되어 단풍 진행 관측이 용이한 곳

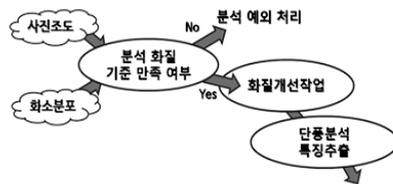


그림 2. 단풍분석을 위한 전처리  
Figure 2. Preprocessing for Autumn-Colors Analysis

본 논문의 경우는 관측용 고정 카메라에 <그림 3> 과 같은 이미지 시야가 확보되는 데, 위에서 언급한 영역 분할 기준으로 분석 영역을 선정하였더니 6개 영역의 선정이 가능하였다. 경우에 따라서는 분석 영역을 더 늘리거나 줄일 수 있으나, 분석의 용이함을 위하여 6 개 정도의 소영역을 임의로 선정하고 분석을 진행하였다.

<그림 3> 에서 보듯이 영역 0, 영역 1, 영역 2 는 원거리에 위치한 산맥이면서 상대적으로 높은 고도의 봉우리 영역임을 표시하고 있다. 영역 3, 영역 4, 영역 5는 근거리 지역이면서 상대적으로 낮은 고도의 분석 영역이다. 낮은 고도의 영역은 단풍의 진행이 더딘 것을 확인할 수 있다. 또한, 근거리의 이미지는 보다 선명한 화질 수집이 가능하고 렌즈 흐림 현상도 적은 특성이 있다.



그림 3. 단풍 촬영 이미지  
Figure 3. Autumn-Colors Shooting Image

#### 4. 단풍 정량화 알고리즘

단풍 촬영 이미지를 분석하기 위해선 전처리, 분석 소 영역 분할의 과정을 거친다. 소 영역은 앞서 설명한 대로, 본 논문의 경우는 6 개로 한정하여 진행하였다. 다음은 소 영역에 포함된 화소들의 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue) 화소 값의 평균을 단풍 분석을 위한 특징으로 사용하였다.

<그림 4> 는 소 영역 분할 후 색상 추출 및 정량화 절차를 설명하고 있다.

<그림 4>의 표기에서 R(j,k)는 j 번째 날의 k번째 영역의 적색 화소 값을 나타낸다.

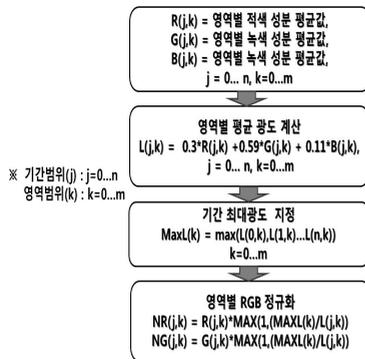


그림 4. 영역별 광도 산출 및 정규화 절차

Figure 4. Luminosity Extraction from Small Regions and Normalization Procedures

G(j,k), B(j,k)는 각각 소 영역에서 추출한 녹색 화소 값과 청색 화소 값의 평균을 나타낸다. 본 논문의 경우는 소 영역의 개수가 6이므로 k 는 0에서 5의 값을 갖고, 총 관측일 수가 20일 이라면 j 는 0에서 19의 값을 갖는다.

영역별로 구한 평균 RGB 화소 값은 광도 계산식에 의하여 평균 광도를 그림 4 의 순서도에 따라 계산한다. 여기서 구한 광도의 평균값은 미리 구한 실험 이미지 리스트의 최대 광도와 비교하고, 이것

을 기준으로 영역별 화소값 분포 정규화를 수행하였다. 이러한 정규화 과정을 수행하여 급격한 조도 변화에 따른 관측값의 오차를 줄이도록 하였다.

#### 5. 실험 및 결과 분석

실험을 위한 이미지 수집은 설악산 인근에 설치한 원격 카메라를 이용하여 2013년 10월 5일부터 11월 26일까지 진행하였다. 카메라의 위치와 각도는 촬영 기간 내내 고정하여 동일한 지역을 촬영할 수 있도록 하였다.

수집 된 이미지 리스트는 일별 대표 이미지 리스트에서 한 장씩 순서대로 입력하고 개별 이미지 내의 분석용 6 개의 소 영역을 추출하여 저장하였다. 해당 영역들은 산의 지형 상 그림자가 드리워지지 않고 숲이 우거진 영역으로 단풍의 진행을 잘 드러낼 수 있는 장소의 특징을 갖는 장소이다. 또한 단풍의 진행은 정상에서 산 아래로 진행하므로 이를 관찰하기 위하여 고도별로 관측 영역을 선정하였는데, 본 논문의 경우는 <그림 5> 에서 보듯이 영역 번호가 작을수록 고도가 높은 지역이다. 또한 산맥과 봉우리를 고려하여 근거리와 원거리 지역이 모두 관측 대상이 될 수 있도록 하였는데, 영역 0,1,2 지역은 상대적으로 원거리 지역이다.

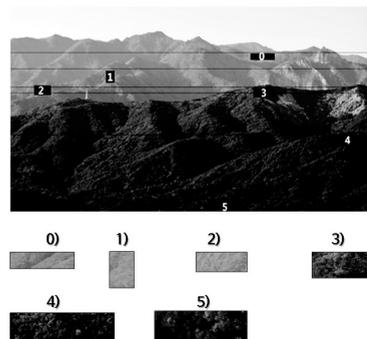


그림 5. 일별 이미지 내 분석 영역

Figure 5. Small Regions of Shooting Image List

추출 소 영역 이미지별로 조도 정규화를 위한 광도 값을 <표 1> 과 <표 2> 와 같이 추출하였다. 광도값은 다음 식에 의하여 계산하였다. 식에서 j 는 일별 이미지 번호이며, k 는 해당 일별 이미지의 추출 영역 번호이다. 본 실험의 경우는 0 에서 5 까지 이므로 m 의 값은 5이고 총 6개의 영역이다.

$$L(j,k) = 0.3 \times R(j,k) + 0.59 \times G(j,k) + 0.11 \times B(j,k),$$

$$j = 0 \dots n, k = 0 \dots m$$

일반적으로 RGB 화소 값 합산을 위해선 NTSC 채널 산출 비율 상수를 적용하여 위 수식과 같이 구한다.

표 1. 10월 중 영역별 광도 값  
Table 1. Luminosity of Regions During October

일자	10/05	10/10	10/12	10/18	10/25	10/27
영역 0	144	174	152	172	171	182
영역 1	152	156	145	161	165	180
영역 2	148	150	141	153	156	176
영역 3	84	84	77	88	91	100
영역 4	50	47	47	52	61	67
영역 5	38	43	38	46	48	50

표 2. 11월 중 영역별 광도 값  
Table 2. Luminosity of Regions During November

일자	11/05	11/08	11/12	11/18	11/21	11/26
영역 0	184	141	98	142	143	163
영역 1	186	143	119	127	150	146
영역 2	189	147	121	128	159	150
영역 3	105	78	60	55	77	72
영역 4	66	50	32	29	47	41
영역 5	53	52	34	38	59	47

표 3. 0번 영역 내 화소의 평균 적색 성분 값  
Table 3. Average Red Value of Region No. 0

일자	10/05	10/10	10/12	10/18	10/25	10/27	11/05	11/08	11/12	11/18
검출값	157	184	165	186	189	202	199	149	88	138
조정값	201	195	200	199	203	204	199	194	165	178

표 4. 1번 영역 내 화소의 평균 적색 성분 값

Table 4. Average Red Value of Region No. 1

일자	10/05	10/10	10/12	10/18	10/25	10/27	11/05	11/08	11/12	11/18
검출값	162	161	153	171	193	209	203	150	115	122
조정값	198	192	196	198	218	216	203	195	180	179

<표 3> 과 <표 4> 의 검출 값은 각각 0번과 1번 영역 화소들의 평균 적색 성분 값이다. 표에서 조정 값은 검출 값을 평균 조도를 기준으로 정규화 과정을 통하여 얻은 조정 값이다. 실험 결과, 본 논문에서 적용한 정규화 방식은 미리 구한 최대 광도를 기준으로 하는 방식이므로 적용이 비교적 용이하다는 장점이 있는 반면에 흐림이 많은 날은 유용한 화소 값 추출이 어려웠다. 이 경우의 이미지는 같은 날 다른 시간대의 이미지를 사용하였다. 정규화를 통하여 조정된 영역별 화소 값의 변이를 일자별로 흐름을 표시하면 각각 <그림 6> 과 같다.

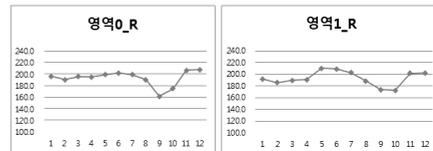


그림 6. 영역 0과 영역 1의 적색 성분 변이 그래프  
Figure 6. Region No. 0 and Region No.1 of Red-Channel Variation Graph

분석 영역 총 6개를 동일 그래프 상에 표시하면 <그림 7> 과 같다.

그래프에서 보듯이 영역별 적색 레벨 화소 값은 시간이 지나면서 다양한 증감 내용을 보였다. 관측 내용이 부분별로 다소 진동하는 현상은 조도 변화 오차에 따른 것으로 보인다. 앞에서 설명한 조도 변화를 보정하는 정규화 과정을 거쳤음에도 변이를 충분히 흡수하는 못하는 경우가 있는 것으로 파악된다.

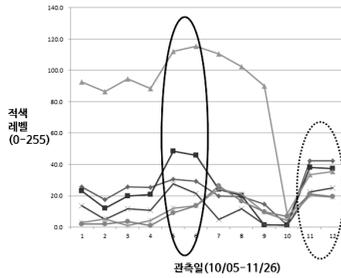


그림 7. 6개 영역의 적색 성분 변이 그래프  
Figure 7. Red-Channel Variation Graph of 6 Small Regions

본 실험에서 정한 6개 소영역의 적색 화소 값 변이 특징은 대체적으로 구간 5 (10월25)에서 구간 6(10월27)에서 최고조를 보였다. 단풍 진행에 따른 잎새의 색소 변화가 적색 성분의 증가와 관련이 있다고 볼 때, 이 기간이 기계적인 단풍 절정기로 판단된다. 그러나 이러한 분석은 단순히 디지털 분석에 의한 관측이므로 일반적으로 정서를 포함하여 교감하는 단풍의 절정기와는 차이가 있을 것으로 판단된다. 이 기간 이후엔 적색 성분의 관측 값이 점차 감소하는 현상으로 보이고 구간 11 (11월 21일)에서 구간 12 (11월26일)은 모든 소영역의 값이 동일한 모양으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 이는 나뭇잎이 떨어지고 가지만 남고 초겨울에 진입하는 기간으로 이해될 수 있을 것이다.

## 6. 결 론

단풍 관측은 온도, 습도, 풍속 등과 다르게 정량화가 쉽지 않기 때문에 주로 목측에 의존하고 있다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 디지털 이미지 분석에 의한 정량화 방법을 제안하였다.

실험 결과, 제안하는 방법으로 2013년 10월과 11월 기간의 속초 인근 설악산 지역의 단풍 진행 상

황을 분석하고 정량화할 수 있었다.

제안한 분석 방법은 촬영 이미지 내에서 분석 대상인 소 영역들을 추출하고, 전체 조도 계산, 화소별 색상 분포 분석 등을 진행하며 단풍 관측 값을 계산하는 방식이다.

일별 조도 변이가 커서 안정된 수준의 관측 값을 추출하기가 용이하지 않았다. 이를 해결하기 위하여 입력 이미지의 조도를 평균 조도 기준치에 맞춰 재조정하는 정규화 방법을 적용하였다. 실험 결과, 제안하는 정규화 방식은 조도 변이의 영향을 상쇄하는 효과가 있었으나, 적지 않은 경우에 올바른 관측 값 분석을 방해하였다. 추가적으로 이러한 조도 변이를 정규화할 수 있는 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한, 동일 지역의 연차별 관측 내용과 이미지 자료를 저장하고 지속적인 연구를 진행하면 가을 단풍을 중심으로 한 우리나라의 가을철 기후 변화 관측이 가능할 것으로 보인다. 이러한 연구는 설악산뿐만 아니라 우리나라 전역의 유명한 산들을 대상으로 시행하면, 우리나라의 가을철 단풍 전선의 진행과 관측이 가능할 것이다.

## References

[1] S-T. Bow, *Pattern recognition and image preprocessing*, Marcel Dekker, New York, 1992.

[2] R. S. Boyer and J. S. Moore, *A fast string searching algorithm*, *Comm. ACM*, Vol. 20, No. 10, pp. 762-772, Oct. 1977.

[3] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, and R. L. Rivest, *Introduction to algorithms*, The MIT Press, Cambridge, 1992.

[4] S.-W. Han, N.-Y. Lee, and J.-S. Lee,

*Application to RGB image data for analysis of leaf color in succulent plants*, Journal of Korea Society for Plants People and Environment, Korean Society for People, Plants and Environment, Vol. 9, No. 4, pp. 88-94, 2006.

- [5] Y.-S. Kim, S.-R. Choi, and B. Jun, *Suggestion of color atlas based on analysis of ornamental foliage plant colors distributed in Korea*, Journal of Korean Society Of Color Studies, Korean Society Of Color Studies, Vol. 28, No. 1, pp. 156-165, 2014.
- [6] Y.-Y. Nam, J.-M. Son, and E-J Hwang, *Shape-based leaf image indexing*, Proceedings of the Korean Information Science Society Conference ,Korean Information Science Society, Vol. 31, No. 2, pp. 493-495, 2004.
- [7] T. Pavlidis, *Algorithms for graphics and image processing*, Computer Science Press, Rockville, Maryland, 1982.
- [8] H. Shimoji, G. Tokuda, *A simple method for two-dimensional color analyses of plant leaves*, Russian Journal of Plant Physiology, Vol. 53, No. 1, pp. 126-133, 2006.
- [9] *Image processing*, <http://en.wikipedia.org/wiki/>, 2014.
- [10] *red-leaves information*, [http://web.kma.go.kr/weather/forecast/theme\\_flowering04.jsp](http://web.kma.go.kr/weather/forecast/theme_flowering04.jsp), Korea Meterological Asministration, 2014.

본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위하여 디지털 이미지 분석 기술에 근거한 단풍 전선 정량화 방법을 제안한다. 이 방법은 원격지에 설치된 카메라로부터 수집되는 촬영 이미지를 1차적으로 개선하는 전처리 단계, 단풍 진행 정도를 계산하기 위한 RGB 화소 값을 추출하는 단계, 마지막으로 촬영 이미지 간의 화소 값 변이를 통계 분석하는 단계로 이루어진다. 본 논문에서는 정확한 결과 검출을 위하여 입력 이미지에서 단풍의 특징을 보다 잘 드러내는 소영역을 먼저 구분하고 해당 영역의 변이를 추적하는 방법을 사용하였다. 제안하는 방법을 2013년 10월과 11월에 걸쳐 수집한 속초 설악산 지역의 단풍 촬영 이미지에 적용한 결과 단풍의 진행 과정을 정량적으로 구할 수 있었으며, 단풍의 절정 시기 등을 관찰할 수 있었다.



**Oh-Sung Kwon** received the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Chung-Ang University in 1994. He has been a professor in the Department of Computer Education at Gongju National University of Education since 1995. His current research interests include multimedia data processing and digital image processing.

*E-mail address:* oskwon@gju.ac.kr

---

## 화소 색상 변이를 이용한 설악산 단풍 분석

권오성

공주교육대학교 컴퓨터교육과

---

### 요 약

목적에 의존하는 현재의 단풍 기상 관측은 측정 결과의 정확성과 일관성에 한계를 가질 수밖에 없다.