한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'19-2, Vol.12 No.1
논문 19-12-01-7 http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2019.12.1.7

연무에 강한 구름 판독 알고리즘

윤 한 경*

An Enhanced Cloud Cover Reading Algorithm Against Aerosol

Han-Kyung Yun*

요 약 대기 중의 구름은 태양의 복사에너지를 반사하여 일조량을 변화시킬 뿐만 아니라 고 지표면의 복사에너지를 반사 시켜 기온 변화에 영향을 미치는 중요한 변수이며, 특히 지표면의 일조량은 태양에너지를 활용하는 산업분야에서 매우 중요한 필수 정보이다. 따라서 지표면에서 하늘의 관측은 현재까지 목측이 일반적인 방법이며 위성사진이나 상대적으로 관측 범위가 좁은 장비들을 사용하여 보완하는 실정이다. 따라서 목측을 대체할 운량의 관측에서 자동 관측 시스템을 위한 알고리즘이 개발되었으나 계절에 따라 대기 중의 오염물질이나 안개 등으로 관측치의 신뢰도가 현장에서 적용될 만큼 높지 않다. 따라서 연무에 강한 운량 관측 알고리즘을 개발하였으며 이는 전천 영상으로부터 연무 정도를 계산하여 수치화하고 개발된 구름판독기에 추가하여 계절과 기후에 둔감한 알고리즘을 개발하여 기존의 구름판독기와 비교하여 신뢰도를 향상시킴을 확인하였다.

Abstract Clouds in the atmosphere are important variables that affect the temperature change by reflecting the radiant energy of the earth surface as well as changing the amount of sunshine by reflecting the sun's radiation energy. Especially, the amount of sunshine on the surface is very important It is essential information. Therefore, eye-observations of the sky on the surface of the earth have been enhanced by satellite photographs or relatively narrowed observation equipments. Therefore, cloud automatic observing systems have been developed in order to replace the human observers, but depending on the seasons, the reliability of observations is not high enough to be applied in the field due to pollutants or fog in the atmosphere. Therefore, we have developed a cloud observation algorithm that is robust against smog and fog. It is based on the calculation of the degree of aerosol from the all-sky image, and is added to the developed cloud reader to develop season- and climate-insensitive algorithms to improve reliability. The result compared to existing cloud readers and the result of cloud cover is improved.

Key Words : cloud cover, aerosol, RGB, CMYK, HSV

1. 서론

대기 중의 구름은 태양의 복사에너지를 반사하여 일조량을 변화시킬 뿐만 아니라 지표면의 복사에너지를 반사 시켜 기온 변화에 영향을 미치는 중요한 변수이며, 특히 지표면의 일조량은 태양에너지를 활용하는 산업분야에서 매우 중요한 필수 정보이다. 따라서 기상 정보를 수집함에 있어 구름 관측은 필수적이고 중요함에도 불구하고 현재까지도 주로 목측에 의존하고 있으며, 부분적으로 레이저를 이용한 운고계와 전자파를 이용하는 라디오미터 등의 계측 장비를 이용하여 주기적으로 자동 관측되고 있으며 위성사진 등을 활용하기도 한다. 관측자의 주관에 의존도가 높은 목측은 개인차에 의한 오차가 발생될 여지가 다분하고 운고계는 관측 범위가 제한적이다

This Paper was supported by research promotion fund of Korea Univ. of Tech. & Edu. in 2017.
*School of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education
Received September 10, 2018 Revised October 02, 2018 Accepted January 04, 2019

[1,2,3]. 세계기상기구(WMO)에서 지상에서 구름을 관측하는 방법은 목측에 의한 방법을 기술하였을 뿐이므로 목측을 대체할 자동 관측은 반드시 자동 관측의 결과치와 목측치가 호환되어야함은 당연하다고 판단된다. 따라서 목측을 위하여 제시된 관측자의 제약 조건은 야간 관측을 위하여 적응시간을 가져야 한다는 것이 유일하다. 그에 따라 관측자 관점에서 생체적인 시야각 또는 시야 범위를 고려할 필요가 있다. 인간은 시야의 210도 전방을 향한 수평 호를 약간 가지고 있으며, 인간의 시야의 수직 범위는 약 150도로 알려졌다. 인간의 시야각은 120도이고, 눈을 움직일 경우 같은 자리에서 180도까지 볼 수 있으며, 상하 시야각은 135도로 좌우 시야각이 상하 시야각보다 작다고 알려졌다. 그러나 목측자는 신체적인 자세 변화나 방향 전환에 제약이 없으므로 관측자의 하늘 관측 범위는 전천 영상의 범위와 동일하다. 관측자의 지시과 경험에 따른 구름의 인지 능력도 고려할 필요가 있다. 중요한 요인들 중 하나인 맑은 하늘과 구름의 경계 인식이다. 그 이유는 구름과 하늘의 경계에서 구름의 농담이 일정하지 않을뿐더러 그라데이션으로 인하여 명확한 경계의 설정이 어려워지므로 전문가의 지식과 경험 등의 정보가 추가로 요구된다.

2. 구름 판독 알고리즘

국내의 지형은 70% 이상이 산지이므로 일부 지역을 제외하곤 산지로 둘러 싸여 있어 구름의 이동과 생성에 주요 영향을 미치므로 인접 지역이라도 구름의 분포는 달라질 수 있다. 따라서 구름 관측 결과가 목측과 호환되기 위하여 관측자의 시야에 들어온 하늘 영상과 동일하여야 한다. 구름 판독 알고리즘은 획득된 영상으로부터 운량을 산출하는 알고리즘이다. 이는 영상에서 하늘과 구름을 구분하고 구름의 양을 계산한다. 기존의 알고리즘은 RGB 색공간에서 각 색 성분과 색 성분 간의 비로써 구름과 하늘을 구분하였다. 이는 지표면에서 관찰한 태양의 복사 스펙트럼이 시간에 따라 불변이라는 전제를 만족하여야만 한다. 이 조건이 만족할 때 각 성분의 비로써 구름과 하늘의 경계를 항상 정확하게 구분할 수 있음은 당연하다. 그럼에도 최근 학계에 보고된 사실에 의하면 같은 장소라 하더라도 맑은 하늘의 태양 복사 스펙트럼은 시간에 따라 불균일하게 변화된다[4,5]. 이는 RGB 성분의 비는 고정된 상수가 아니라 시간에 종속된 함수로 표현된다. 또한, 태양의 복사 스펙트럼은 광학적 질량에 따라 변화된다. 즉 광학적 질량은 태양에 위치와 태양광의 경로에 따라서 변화[4]되므로 그 경로에 존재하는 구름의 두께 또한 광학적 질량을 영향을 미칠 수밖에 없다.

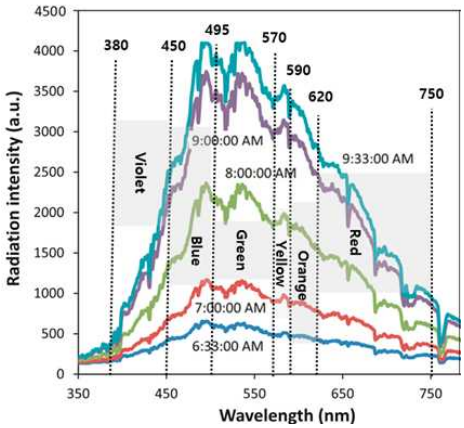

그림 1. 시간(오전)에 따른 맑은 하늘 지상에서 관측한 태양의 복사스펙트럼의 변화[4,5]
Fig. 1. Spectral irradiance variation versus time (A.Ms) on a clear sky measurement day [4.5].

결론적으로 RGB 색 공간에서의 구름과 하늘의 경계 분석은 제한적일 수밖에 없다. 본 연구진이 개발한 구름 판독 알고리즘은 RGB 영상으로부터 구름 영역과 하늘 영역을 분류하는 알고리즘이다. 본 알고리즘은 RGB 색 공간에서 영상을 색별로 분류한 후 CMYK 및 HSV 색 공간으로 변환한 후, 하늘과 구름의 속성을 기반으로 변환된 색공간의 특성을 이용하여 구름과 하늘의 경계를 구분한다. 즉, 각 픽셀마다 색성분에 따라 색 공간에서 유의한 분석을 통하여 하늘과 구

름을 분류한다. 이는 기존에 잘 알려진 필터들을 적용한 경계 검출 알고리즘보다 우수한 것으로 나타났으며 여러 영상의 원본과 결과와 비교하는 실험을 통하여 확인한바 우수함이 입증되었다. 구름 판독 알고리즘의 블록 다이어그램은 그림 2와 같다.

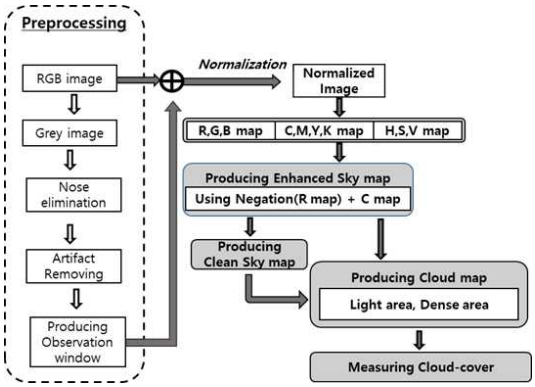

그림 2. 구름 판독 알고리즘의 블록선도
Fig. 2. Block diagram of Cloud Cover Reader algorithm

구름 판독 알고리즘으로 검증을 지속적으로 한 결과 봄의 시작인 3월부터 미세 먼지와 황사 등 대기 오염 물질과 안개로 인하여 오류가 발생되었으며, 이를 개선하기 위하여 정규화된 전천 영상에서 구름과 안개 등을 제거하기 위한 과정이 추가된 개선된 구름 판독 알고리즘(Robust Cloud Cover Reading Algorithm)을 개발하였다.

2.1 개선된 구름 판독 알고리즘(RCCRA)

국내의 봄철 대기 상황은 4계절 중 가장 나쁜 계절로 중국의 황사 및 매연과 미세 먼지 등으로 생활에 지장을 줄 정도이다. 또한 구름 자동 관측에 오류를 발생시키는 주요인이기도 하다. 따라서 운량 판독 알고리즘은 대기 환경의 영향으로 왜곡된 영상으로부터 하늘과 구름 영역을 분리하는 루틴의 추가가 요구된다. 이를 해결하기 위하여 안개나 오염물질 등의 연무로 인한 영상 효과를 분석한 결과 개발된 알고리즘은 RGB 영상으로부터 맑은 하늘 영역을 분류하기 위하여 시야 계통의 색을 추출하는 과정에서 가산 혼합인 RGB 색 공간에서 백색은 모든 색성분에서 최대값을 갖는다. 따라서 추출된 시야 맵은 백색인 연무도 포함이 되며 이를 제거하여야 한다. 즉 백색을 포함한 무채색이 제거되어야 하며 이는 HSV 색공간에서 H와 S map에서 동일한 픽셀에서 동시에 '문턱치 0.1(10% 미만)'의 값 미만의 픽셀을 탐색으로 가능하다. 2차 단계는 실험 결과에서 유래한 것으로 시야의 세기와 마젠타의 세기가 동시에 5%이하가 되면 맑은 하늘 영역에서 제거되고 구름 영역으로 분류된다. 따라서 맑은 하늘 영역에서 백색을 포함한 무채색을 제거하는 단계와 시야과 마젠타가 동시에 최저값을 갖는 영역을 제거하여 맑은 하늘 영역을 재계산한다. 위 과정을 거치면 관찰창과 범위가 같은 관측 영역에서 맑은 하늘 영역이 추출되고 나머지가 구름 영역이 된다. 구름 영역에서 밝기의 세기로 옅은 구름과 짙은 구름가 가능하나 이는 인위적 공학적 접근 보다는 목측 전문가의 지식과 경험을 근간으로 접근하는 것이 타당하다고 판단된다. 현재 알고리즘은 공학적 접근으로 필터의 대역폭을 결정하는 식을 구름 영역에 적용하였으며 목측 전문가의 의견을 적용하면 목측결과치와 호환할 수 있다고 판단된다. 개선된 알고리즘의 블록선도는 그림 3과 같으며 연무 제거하기 위하여 맑은 하늘 영역을 얻기 전에 무채색을 제거하는 과정(점선 부분)이 추가 되었다.

3. 실험 및 결과

3.1 색공간에서 전천 사진 비교

전천 영상을 색공간에서의 분석이 적합 여부를 확인하기 위하여 RGB 원본 영상을 R, G, B의 각 성분을 비교분석하고 CMYK 및 HSV 색 공간에서 각 성분을 비교 분석하였다. 원본 영상에 충실하며 하늘과 구름 영역의 경계가 가장 분명한 것을 선택하였다. 그림 4는 비교 분석의 한 예시이며 분석 데이터 모두 동일한 결과를 얻을 수 있었으며 아래와 같다. RGB 색 공간에서는 R map이, CMYK 색공간에서는 C map이,

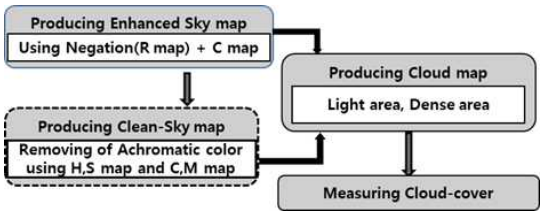

그림 3. 연무 영향 제거 알고리즘 블록선도

Fig. 3. Block diagram of enhanced algorithm against aerosol

HSV 색공간에서는 S map임이 나타났다. 단, S map은 야간에 오류를 발생하기도 하여 구름 관측에서는 R map과 C map을 기본적으로 활용하였다.

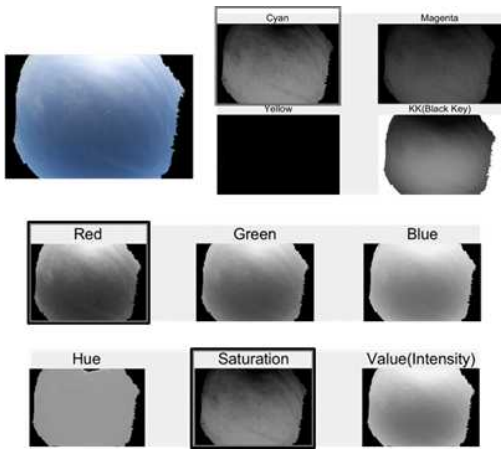

그림 3. 색 공간에서 각 성분과 원본 영상과 비교

Fig. 3. Comparing each element in the color space with original RGB color image

3.2 연무 영향에 따른 구름 판독 비교

구름 판독 알고리즘(CCR)에 추가된 무채색 제거 과정이 추가된 RCCR 알고리즘의 효과를 입증하기 위하여 판독 결과를 비교하였으며 타당성을 확보하기 위하여 관측 운량이 차이가 큰 경우 원본 영상을 확인하였다. 관측 결과의 차이가 10% 정도는 동일한 결과로 인정하였으며, 그 이유는 목측의 관측값도 0부터 10까지 10단계로 표시되기 때문이다. 그 결과를 표 1에 보였으며 검은 바탕의 흰색 숫자들은 기존 알고리즘(CCR)의 결와 10% 이상의 차이를 보인 데이터를 의미한다. 결과를 보면 겨울철인 1월에는 저녁시간대에 봄철의 시작인 3월에는 심야시간대에 5월에는 심야와 저녁시간대에 두 관측값의 차이가 남을 알 수 있다. 원인은 대기의 온도가 급격한 변화로 인한 안개로 추정되며 5월은 미세 먼지 및 황사로 인한 것으로 판단된다. 그 외엔 10% 미만의 오차로 목측에서 10단위로 관측되는 것을 고려하면 두 알고리즘의 결과는 동일하다.

표 1. 개선된 알고리즘과 기존 알고리즘의 운량 관측 결과 비교

Table 1. The result of the improved(RCCR) and the existing(CCR) algorithm

Cloud Cover[%] Comparison between Cloud Cover Reader(CCR) and Robust Cloud Cover Reader(RCCR)						
Time	2018/1/3		2018/3/24		2018/5/15	
	CCR	RCCR	CCR	RCCR	CCR	RCCR
0:00	72	73	65	80	88	98
1:00	57	54	83	95	87	99
2:00	76	89	85	98	85	99
3:00	91	96	91	100	86	98
4:00	85	92	90	100	83	97
5:00	53	62	85	100	10	19
6:00	53	53	19	26	55	74
7:00	24	26	39	43	51	60
8:00	25	23	49	54	56	63
9:00	19	17	56	63	65	75
10:00	19	18	62	70	73	82
11:00	29	27	73	77	66	83
12:00	36	32	73	98	67	83
13:00	26	25	78	82	81	90
14:00	19	20	94	97	78	92
15:00	16	15	63	73	93	98
16:00	19	18	56	66	88	100
17:00	9	9	54	63	67	100
18:00	14	15	49	52	52	98
19:00	54	77	28	28	57	76
20:00	59	80	81	91	29	59
21:00	64	84	68	74	91	92
22:00	72	92	68	74	93	99
23:00	64	82	66	73	94	99

또한, 국내 지형과 지정학적 속성으로 인한 안개와 미세먼지 및 황사 등의 영향을 극복함으로써 4계절 적용 가능성을 보기 위하여 2018년 1월, 3월,과 5월의 데이터를 이용하여 타당성을 입증하였다. 따라서 그 원인을 조사하기 위하여 먼저 표 1에서 점선으로 표시된 데이터를 예시로 선정하여 기존(CCR) 알고리즘과 개선(RCCR) 알

고리즘을 기본 영상과 함께 비교한 것을 그림 6에 보였다. 기본 영상과 비교한 것으로 좌측은 정규화 과정을 거친 원본 영상으로 전천 영상이며, 가운데 영상은 기존 CCR알고리즘의 결과로 운량을 판단하기 위한 최종 영상이며 우측은 개선 보완된 RCCR알고리즘의 결과로 운량을 계측하기 위한 최종 영상이다. 최종 영상에서 검은 부분이 구름이며 문턱치를 넘는 검은 픽셀의 수가 구름으로 인정되어 구름과 전천 영상의 비가 운량으로 나타나며 괄호 안의 숫자이다.

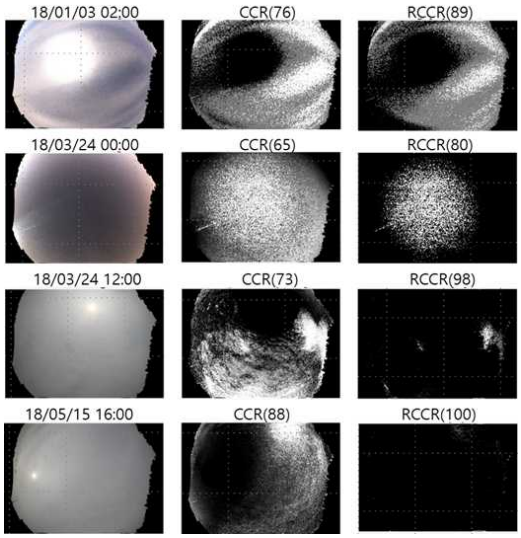

그림 6. 기존 알고리즘과 개선 알고리즘의 결과 비교
Fig. 6. Comparison of algorithm results before(b:) and after(a:)

원본 영상과 각 알고리즘의 결과를 직관적으로 비교해 보더라도 RCCR의 운량 관측값이 CCR의 관측값보다 정확도가 높은 것을 알 수 있다. 그 이유는 원본 영상들을 보면 안개 또는 에어로졸의 영향으로 전제적으로 번짐 또는 산란 현상이 발생하였고 RCCR알고리즘이 그 영향을 정확히 반영하여 관측한 것으로 판단된다.

또한, 1월 3일 19시부터 23시까지의 데이터 블록과 5월 15일 14시부터 20시까지의 데이터 블록에서 두 알고리즘의 관측값은 편차가 크므로 결과값을 원본 영상과 비교하였다. 1월 3일 데이터의 경우와 5월 15일 데이터의 경우 원본 영상을 관찰하면 대기의 에어로졸로 인하여 번짐 현상이 매우 크게 나타나므로 황사와 미세 먼지 등의 영향이 큰 5월의 데이터를 분석사례로 영상들은 그림 7과 같다. 그림의 영상들은 표1에 실선 박스로 표시된 부분으로 2018년 5월 18일 오후 5시부터 오후 8시까지의 관측 데이터이다. 본 영상들을 사용한 이후는 일몰시간이 늦어 비교적 정확한 영상을 용이하게 얻을 수 있기 때문이다.

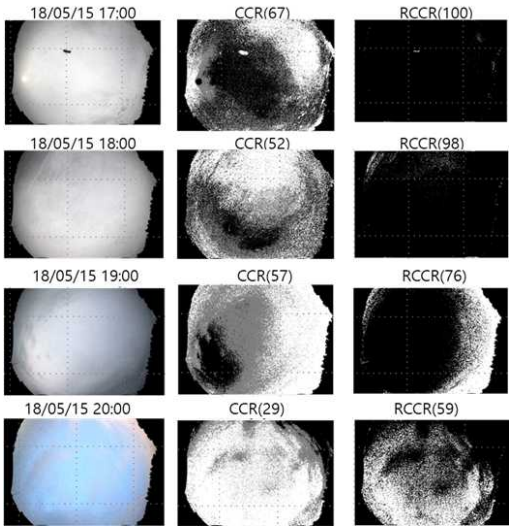

그림 7. 에어로졸 영향에 따른 CCR과 RCCR 관측값의 비교
Fig. 7. Cloud cover comparison due to the aerosol between CCR and RCCR algorithm

위의 결과를 분석해 보면 시각적으로도 RCCR 알고리즘이 원본 영상의 운량 관측에 더 타당함을 알 수 있다. 따라서 2018년 5월 18일은 오후 7시부터 맑아지는 날씨임을 알 수 있다.

4. 결론 및 제언

개선된 RCCR알고리즘의 실효성을 입증하기 위하여 표 1에서 CCR과 RCCR 알고리즘의 모든 관측 결과를 전수 조사한 결과 3일 운량 관측치 72개이고 58.3%는 두 알고리즘의 관측치가 허용된 범위 안에서 일치하였으며 41.7%가 다른 값을 보였다. 바꾸어 말하면 기존에 연구에서 개

발된 CCR알고리즘[6]은 그림 3에 의하면 RGB 색상의 경우 Red 영상이 CMYK 색상에서는 Cyan 영상이 전천 영상과 동일한 패턴을 보이나 서로 상보 관계를 보임을 알 수가 있다. R 영상을 네거티브로 바꾸고 Cyan 영상과 합하면 검은 부분은 구름 영역이고 흰 부분은 하늘 영역이다.

RCCR알고리즘은 RGB색공간의 혼합은 감산 혼합으로 검은 색이되고 CMYK색 공간에서의 혼합은 가간혼합으로 흰색이 되는데 착안하여 순수 하늘 영역은 무채색(흰색, 회색, 검정색)이 없어야 하므로 무채색 계열을 제거하는 과정이 포함되는 알고리즘이다. 따라서 RCCR알고리즘에서 구름 영역은 전천 영상에서 순수 하늘 픽셀의 영역을 구한 후, 그 나머지 영역이 구름 영역으로 정의 된다. 이의 장점은 안개나 에어로졸 등의 영향으로 대기가 불안정하고 가시거리가 짧은 경우에도 순수 하늘 영역을 정확한 검출가능하다는 것이다. 또한 구름의 색상에 따라 분류가 가능하므로 일조량의 관측이나 시계의 관측이 가능하도록 연무의 강도를 계산하는 등의 적용이 가능하다고 판단된다.

REFERENCES

[1] Yun mi Kim, Jhoon Kim, and Hi Gu Cho, “Development of objective algorithm for cloudiness using all-sky digital camera”, Atmosphere, Korean Meteorological Society, vol. 18(1), pp. 1-14, March 2008.

[2] Han-Kyung Yun, Sun-Min Whang, “An Auomatic Solution for Quantified Measurement of Cloud Amount Using Whole-Sky Image”, Journal of Engineering and Applied Sciences, 13 (Septical Issue 12), pp. 9457-9460, 2018.

[3] Seungok Kim, et el, “A comparative study of total cloud amount and cloud base height between cloud automatic observation system and visual observations, automatic observations”, Research Report of Meteorological Research Institute, Korea Meteorological Administration, Mar. 2008.

[4] Ahmed Elsayed Ghitas, “Studying the effect of spectral variations intensity of the incident solar radiation on the Si solar cells performance”, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, I, pp. 165-175, 2012.

[5] Shields J., Karr M., Johnson R., and Burden A., Day/night whole sky imagers for 24-h cloud and sky assessment: history and overview, Applied Optics, 52, pp. 1605-1616, 2013.

[6] Han-Kyung Yun, Sun-Min Whang, “Development of a cloud cover reader from whole sky images”, International Journal of Engineering & Technology, 7(3,33), pp. 252-256, 2018.

저자약력

윤한경(Han-Kyung Yun) **[종신회원]**

- 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 교수

〈관심분야〉 인공지능, 인공신경회로망