

전운량을 고려한 정찰위성 작전효과 분석 방법론 연구: ① 북한지역 전운량 빅데이터 분석을 통한 취약요인 분석

임강희^{1*}, 최현주², 강경환¹
¹육군 분석평가단, ²국방과학연구소

A Methodology for Operation Effect Analysis of Reconnaissance Satellites Considering Total Cloud Amount:

① Explanation of Reconnaissance Vulnerabilities through TCA Big Data Analysis in North Korea

Kang-Hee Lim^{1*}, Hyun Joo Choi², Kyung-Hwan Kang¹

¹Center for Army Analysis & Simulation

²Agency for Defense Development

요약 군사작전을 수행함에 있어 기상은 중요한 요소이며 다양한 방법으로 극복해야할 대상이다. 특히, 정찰위성을 통해 지상을 관측하기 위해서는 광학장비를 운용할 경우 구름 등 차폐물이 없어야 영상 획득이 가능하다. 본 연구에서는 북한지역에 대해 다양한 기상요소 중 전운량에 초점을 두고 분석을 진행하였다. 기본 데이터는 기상청에서 제공하는 공개 자료를 활용하였으며, 2013년부터 2022년까지 10년 동안 측정된 자료를 빅데이터 분석 처리하였다. 북한지역 27개 측정소에서 매일 3시간 간격으로 8회씩 측정된 자료 약 78만여 건을 활용하여 주야간, 계절별, 월별, 지역별 전운량 변화량을 분석하였다. 광학장비 운용조건인 주간 맑은 날씨는 전체의 20.8%에 불과하였고, 야간 맑은 날씨는 전체 16.6%에 불과하였다. 계절적으로는 한반도 기후 특성상 여름철은 타 계절과 다소 많은 차이를 보였으며, 주간 7.3%, 야간 8.4%만이 맑은 날씨로 분석되었다. 뿐만 아니라 지역적으로도 다소 차이를 보였으며, 전체 27개 기상 측정소 중에서 7개소는 맑은 날씨가 전체 20% 미만으로 분석되었다. 본 연구 결과에 착안하여 군사작전 계획수립 및 시행 간 북한 지역 전운량에 따른 아군의 작전계획 수립 방향을 설정할 수 있을 것이며, 반대로 아군 작전지역의 전운량을 분석하여 작전에 활용할 수 있을 것으로 기대하였다.

Abstract Weather is an important factor in conducting military operations and can create problems that must be overcome in various ways. In particular, in order to observe the ground through a reconnaissance satellite with an optical sensor, images can be obtained only with a clear line of sight without any obstacles such as clouds. In this study, the total cloud amount over North Korea was analyzed. The data used for the analysis were obtained from public data provided by the Korea Meteorological Administration, and the 10-year period of 2013 to 2022 was analyzed. The change in total cloud amount was analyzed according to day and night, season, month, and region using 780,000 data points measuring total cloud amount in North Korea. Only 20.8% of the days analyzed had clear weather in the daytime, which is necessary for obtaining target images using optical sensors. At night, clear weather occurred on only 16.6% of the days. Due to rainy and humid weather, only 7.3% of days in the daytime and 8.4% of days at night had weather clear of clouds in summer. In addition, local differences were observed, and 7 of the 27 weather stations had clear weather on less than 20% of the days. Based on the results of this study, the direction of military operation plans could be set according to the total cloud amount in North Korea. The total cloud amount in friendly areas could also be analyzed and used for operations.

Keywords : Total Cloud Amount, Big Data Analysis, Reconnaissance Satellite, EO/IR, SAR

*Corresponding Author : Kang-Hee Lim(ROKA Headquarters)

email: lkh13533@hanmail.net

Received June 1, 2023

Revised June 20, 2023

Accepted August 10, 2023

Published August 31, 2023

1. 서론

군사작전은 수없이 많은 변수들이 작용하여 불확실성이 매우 큰 일련의 종합적 현상이다. 그 속에서 기상을 반드시 적절하게 분석되어야 하고, 필요시 특정 방법으로 극복되어야 할 대상이다. 최근에는 과학기술의 발전으로 미국 등 선진국을 포함한 많은 나라들이 정보 우위를 달성하기 위해 정찰위성을 운용하고 있거나 운용할 계획을 갖고 있다. 영공의 개념이 없는 우주공간에서 정찰위성을 운용하는 것은 군사적으로 큰 의미를 갖는다. 하지만, 영상을 획득해야하는 정찰위성의 목적상 광학센서(Electrooptic- Infrared, EO/IR)와 SAR(Synthetic Aperture Radar)센서를 주로 활용하는데, 특히 광학센서는 구름 등 중간 차폐물을 투과할 수 없다는 단점이 있다.

이러한 관점에 기반하여 본 연구에서는 과거 10년 동안의 북한지역 전운량 데이터 약 78만여 건을 빅데이터 분석을 통해 주야간, 계절별, 월별, 지역별 변화량 추세를 분석하였다. 이를 통해 전운량이 군사작전에 미치는 취약요인을 분석하였으며, 이러한 취약요인이 정찰위성을 운용함에 있어 미치는 영향과 작전적으로 갖는 의미를 찾고자 하였다. 추가적으로, 본 연구의 제한사항과 향후 연구방향을 제시하였다.

본 연구에서는 R 프로그램을 통해 북한지역 기상 데이터를 통계분석하였으며, 2장에서는 전운량의 개념과 전운량이 위성관측에 미치는 영향 등을 연구하였다. 3장에서는 북한지역 기상측정소 위치 및 분포와 제공되는 기상자료 중 전운량에 대해 다양한 시각에서 분석하였으며, 그 결과를 4장에서 분야별로 분석하였다. 5장에서는 전운량이 군사작전에 미칠 수 있는 영향성에 근거하여 연구가 필요함을 제시하였다.

2. 관련문헌 연구

2.1 전운량

전운량(Total Cloud Amount, 全雲量)이란 측정 지점에서 바라보는 구름의 양을 말하며, 그 정도에 따라 전운량 계급이 결정된다. 전운량은 일기예보의 핵심 기후 변수로 사용되는 요소로서 그 중요성이 매우 높으며, 특히 군사작전 측면에서는 위성을 통한 지상 감시정찰에 직접적으로 영향을 미치는 요소이다[1-4]. 전운량 계급은 맑음(전운량 2.4이하), 구름조금(2.5~5.4), 구름많음(5.5~8.4), 흐림(8.5이상)으로 구분하며, 최근 장비를 활

용하거나 인공지능 및 머신러닝을 통한 전운량 측정방법이 연구되고는 있으나[5-7], 현재까지는 전운량을 기계로 예측하기 어렵기 때문에 전문 기상관측 교육을 받은 숙련된 관측자에 의해 목측으로 관측하여 구름의 양을 0~10까지 '할'단위로 기록하고 있다.

한반도의 기상자료는 기상청 홈페이지에서 다양한 카테고리별로 제공하고 있다. 남한 지역은 현재 서울, 인천, 부산 등 13개 지역에서 운량을 관측하고 있으며, 북한 지역은 평양, 신의주, 개성 등 27개소에서 측정하고 있다. 북한 지역의 데이터는 세계기상기구의 세계기상통신망(Global Telecommunication System)으로 수집된 관측정보를 우리 기상청 홈페이지에서 제공하고 있다.

2.2 전운량과 위성관측의 효율성

인공위성의 군사적 활용성은 점점 커지고 있으며, 특히 정찰위성은 고해상도 광학 탑재체와 SAR 탑재체를 통해 관심지역 영상정보를 획득하는 체계이다. 하지만, 최근 지구 온난화 등 세계 기상 이변으로 지구 환경의 변화가 심해져 가고 있으며, 이는 정찰위성 운용에 있어 극복해야 할 제한사항으로 부각되고 있다. 능동형 센서인 SAR와는 다르게 탐지 가능한 가시광선 또는 적외선 신호가 센서로 입사되어야 영상획득이 가능한 수동형 센서인 광학 장비는 대기의 비, 구름, 안개 등과 같은 기상 조건이나 주야간에 따라 영상획득 효율이 달라지게 된다 [8,9].

우주공간에서 지상을 관측함에 있어 여러 기상요소들이 영상확보에 영향을 줄 수 있지만, 대기상 구름의 양은 광학장비 운용 효율에 직접적으로 영향을 미친다[10-12]. 전운량 계급은 구름의 양(관측소 상공의 면적)을 나타낸 수치로서 전운량은 영상확보 효율과 밀접한 관련성이 있다. 군사 목적으로 운용되는 정찰위성은 EO/IR 또는 SAR 탑재체를 통해 지상 영상을 확보하는데, EO/IR 센서는 가시광선 또는 적외선 영역의 파장을 대상으로 하기 때문에 야간이나 악천후 등에 매우 취약하고, SAR 센서는 주로 X, C, S, L밴드 대역폭의 전파를 사용하기 때문에 EO/IR과 같이 야간 및 악천후에 영향을 크게 받지 않으나 획득된 영상을 판독함에 있어 별도의 노력과 시간이 요구된다[13,14]. 따라서 작전적 차원에서 관심 지역에 대한 영상획득의 효율성을 향상시키기 위해서는 EO/IR과 SAR의 적절한 조합이 필요하다. 이런 관점에서 본 연구에서는 여러 기상요소 중 전운량을 중심으로 정찰위성 운용을 위한 취약요인을 분석해보고, 이에 대해 작전적 관점에서 고찰하고자 한다.

3. 북한지역 전운량 빅데이터 분석

3.1 북한지역 기상측정소 분포 및 자료분석

기상청에서는 기상자료개방포털을 통해 한반도 전역의 기상자료를 제공하고 있다. 남한 지역의 기상자료는 국내 13개 관측소에서 측정된 값을 제공하고 있으며, 북한 지역은 27개 북한 관측지점에서 수집된 기온, 기압, 강수량 등의 값을 제공하고 있다. 북한 지역 기상관측지점의 위치는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

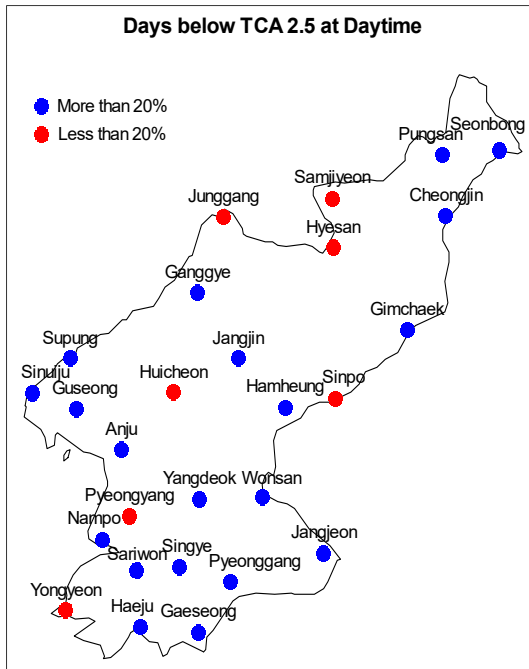


Fig. 1. North Korea Meteorological Observatory

북한 지역 기상측정자료는 세계기상기구의 세계기상통신망으로 수집된 자료를 기상청에서 확인할 수 있으며, 본 연구에서는 전운량을 중점적으로 분석하였다. 전운량은 1부터 10까지 ‘할’ 단위로 관측량을 기록하고 있으며, 북한 지역 27개소에서 매일 3시간 단위로 8회씩(00시부터 3시간 단위) 10년(2013년~2022년) 동안 측정된 데이터 총 773,113건을 빅데이터 분석하였다. 이는 전체 측정 기준치의 약 98%에 해당하는 양으로 전반적 분석에 활용하기에는 충분한 양의 데이터이다.

빅데이터 분석을 위해 전운량 측정자료를 기상청 홈페이지로부터 내려받아 R프로그램으로 코딩하여 다양한 분석이 가능하도록 하였다. 78만건 이상의 빅데이터를 분석하기 위해서는 다양한 툴을 활용할 수 있으나, 본 연

구에서는 통계분석에 통용되면서 사용이 쉽고 오픈소스인 R프로그램을 통해 분석을 진행하였다.

3.2 북한지역 전운량 분석결과

북한지역 전운량을 전운량 계급별로 구분하여 분석하였으며, 전일(24시간) 및 주간(06시~18시), 야간(21시~03시)로 구분하여 태양광에 의한 효과를 분석하였다. 또한, 계절적 요인을 분석하기 위하여 월별로 구분하여 분석을 진행하였으며, 계절은 봄(3월~5월), 여름(6월~8월), 가을(9월~11월), 겨울(12월~2월)로 구분하였다. 주야간의 구분이나 계절의 구분은 분석의 효율성을 위하여 획일적으로 구분하였으며, 그 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Result of TCA in North Korea(I)

Category	TCA	Ratio(%)	Remark
whole day (100%)	~2.4	37.4	24Hours (8times)
	2.5~5.4	10.5	
	5.5~8.4	8.8	
	8.5~	43.3	
Day time (62.5%)	~2.4	20.8	06, 09, 12, 15, 18 o'clock
	2.5~5.4	7.3	
	5.5~8.4	6.2	
	8.5~	28.2	
Night time (37.5%)	~2.4	16.6	21, 00, 03 o'clock
	2.5~5.4	3.2	
	5.5~8.4	2.6	
	8.5~	15.1	
Spring	~2.4	39.7	March~ May
	2.5~5.4	10.2	
	5.5~8.4	8.5	
	8.5~	41.7	
Summer	~2.4	15.7	June~ August
	2.5~5.4	12.7	
	5.5~8.4	11.9	
	8.5~	59.6	
Fall	~2.4	40.1	September~ November
	2.5~5.4	11.0	
	5.5~8.4	8.8	
	8.5~	40.2	
Winter	~2.4	54.2	December~ February
	2.5~5.4	8.1	
	5.5~8.4	6.0	
	8.5~	31.7	

주야간 전체를 기준으로 분석해보면, ‘맑음’은 37.4%이고, ‘구름조금’, ‘구름많음’, ‘흐림’은 62.6%를 차지한다. 주간과 야간을 구분하여 분석하면 24시간(100%)을

기준으로 주간은 62.5%, 야간은 37.5%가 최대값이며, 주간을 기준으로 '맑음'은 20.8%이고, '구름조금', '구름 많음', '흐림'은 41.7%를 차지하고 있어 실제로 광학장비 효율성이 가장 높은 '맑음'은 전체 100% 중에서 20.8%를 차지함을 알 수 있다.

그리고 주야간 전체를 대상으로 계절적 요인에 따라 전운량 계급 분포를 살펴보면, '맑음'을 기준으로 겨울(54.2%) > 가을(40.1%) > 봄(39.7%) >> 여름(15.7%) 순으로 계절에 따라 다소 많은 차이를 나타내고 있다. Table 1을 근거로 주간을 대상으로 작전적으로 통용될 수 있는 맑음의 기준을 2.5와 5.5로 가정하여 계절별 전운량 계급을 분석한 결과는 Fig. 2과 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

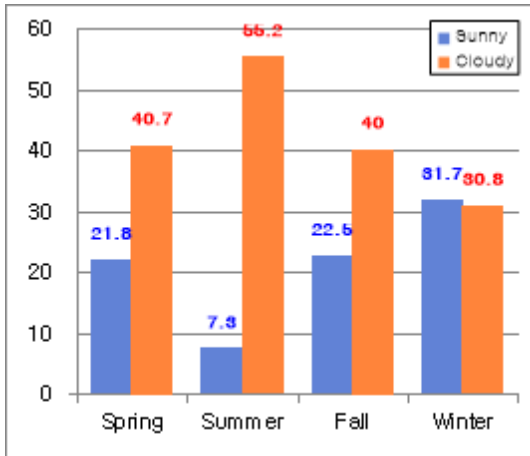


Fig. 2. TCA Rank(%) separated by 2.5

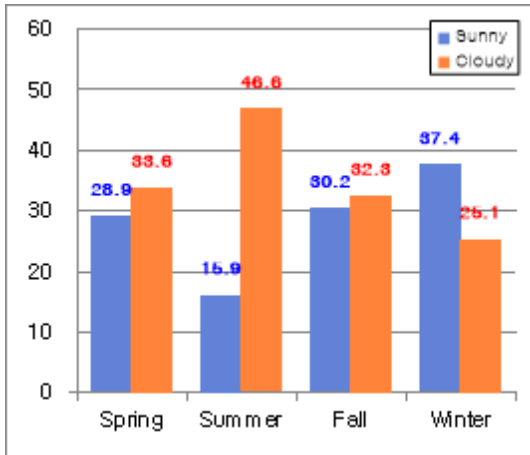


Fig. 3. TCA Rank(%) separated by 5.5

Fig. 2과 Fig. 3를 통해서 EO/IR 센서의 작전적 효과를 기대할 수 있는 조건을 분석해보면, 전운량 계급이 '맑음'인 경우를 기준으로 연평균 20.8% 정도가 운용 효과가 있을 것이며, 전운량 계급이 '구름조금'인 경우까지 포함하면 연평균 28.1% 정도가 운용 효과를 기대할 수 있을 것으로 분석되었다. 하지만, 이 평균치도 계절적으로 편차가 심하여 여름의 경우는 그 수치가 평균값에 크게 미달함을 알 수 있다. 이는 계절별 작전운용을 위한 개념과 방법이 달라져야 함을 보여주는 단편적인 예이다.

계절별 차이를 보다 세밀하게 분석하기 위하여 월별 전운량 계급을 분석하였으며, 그 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Result of TCA in North Korea(II)

Category	TCA in whole day(%)				TCA in day time(%)				
	~2.5	~5.5	~8.5	~10	~2.5	~5.5	~8.5	~10	
Spring	Mar.	45.6	9.0	7.4	38.0	25.8	6.3	5.2	25.2
	Apr.	40.0	10.1	8.6	41.3	21.7	7.0	6.2	27.6
	May	33.4	11.5	9.4	45.7	17.8	8.0	6.9	29.8
Summer	June	18.2	12.0	11.2	58.6	8.9	8.4	8.0	37.2
	July	12.8	12.3	12.3	62.6	6.0	8.2	8.7	39.6
	Aug.	16.2	13.8	12.3	57.7	6.9	9.2	8.7	37.7
Fall	Sep.	31.3	13.4	10.8	44.5	16.4	9.4	7.7	29.0
	Oct.	45.4	10.7	8.4	35.5	25.7	7.7	5.9	23.2
	Nov.	43.5	8.8	7.1	40.6	25.4	6.1	4.8	26.2
Winter	Dec.	53.6	8.4	6.0	32.0	31.7	5.9	4.1	20.8
	Jan.	56.7	7.7	5.6	30.0	33.2	5.5	4.0	19.8
	Feb.	52.2	8.2	6.4	33.2	30.2	5.8	4.5	22.0
Average		37.4	10.5	8.8	43.3	20.8	7.3	6.2	28.2

Table 2에서 보는 바와 같이 여름철 전운량 계급이 평균 이하로 매우 낮고, 특히 6월과 7월에는 전체 24시간 중 6~7% 정도로 광학장비의 작전효과를 기대하기에는 매우 열악한 상황임을 알 수 있다. 전운량 계급 2.5인 '맑음' 기준으로 월별 전운량 계급의 분포는 Fig. 4에서 보는 바와 같다.

전운량은 월별로 매우 뚜렷한 차이를 나타내고 있다. Fig. 4은 주간을 대상으로 분석한 결과이며, 여기서 볼 수 있듯이 6~8월의 경우는 주야간 전체 시간 중에서 약 6~8.9%의 시간만 '맑음'으로 광학장비를 통한 지상 관측이 가능한 경우이다. 물론, '맑음'과 '구름조금'의 경우를 모두 고려할 경우 지상 관측이 가능한 전운량 계급 비율은 다소 높아지나, 그 수치 역시 14.2~17.3%로 매우 낮은 것으로 분석되었다.

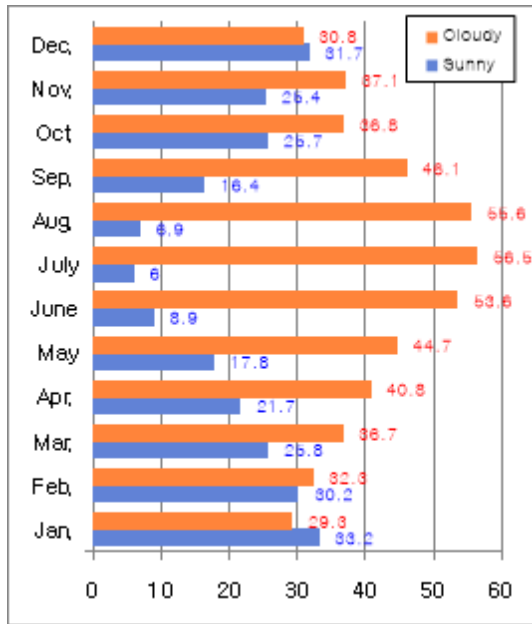


Fig. 4. Number of Days(%) bellow TCA 2.5 per Month

4. 북한지역 위성관측 취약요인 분석

4.1 주야간 시간적 관점

위에서 분석한 과거 10년 간의 북한지역 전운량 계급 빅데이터 분석결과에 근거하여 북한지역 위성관측, 특히 광학위성을 통한 지상관측의 취약요인을 분석할 필요가 있다. 먼저, 주간과 야간을 기준으로 분석해보면, 광학장비는 가시광선 또는 적외선을 획득하여 신호로 변환하는 수동센서를 탑재하고 있기 때문에 주야간 변화에 매우 민감하다. Table 1에서 볼 수 있듯이 주간에는 ‘맑음’이 20.8%에 불과하고 ‘구름조금’까지 포함시키더라도 28.1%에 불과하다. 이는 전체 시간 중에서 평균적으로 광학장비를 통해 영상을 확보할 수 있는 여건이 최대 30% 미만임을 의미한다. 또한, 일부 신호를 획득할 수 있는 IR센서의 경우를 고려하여 야간의 상황을 살펴보면 ‘맑음’이 16.6%에 불과하며, ‘구름조금’까지 고려하더라도 19.8%로 20%에 미치지 못함을 알 수 있다. 다시 말해, 실시간 영상확보를 고려하여 영상 판독에 시간을 필요로 하는 SAR센서의 운용을 제외하고 광학장비만을 고려할 때, EO센서 및 IR센서가 이상적인 운용이 가능할 경우에도 ‘맑음’을 기준으로 주간에는 20.8%, 야간에는 16.6%가 가능할 것이며, ‘구름조금’까지 고려하면 주간의 경우 28.1%, 야간에는 19.8%가 영상획득이 가능한 전운량 조

건을 알 수 있다. 결론적으로, 야간에는 광학장비를 통해 영상을 획득할 수 있는 전운량 조건이 IR센서가 이상적으로 운용 가능한 경우에도 최대 19.8% 미만으로 분석되었다.

4.2 계절적 관점

전운량 계급을 계절적으로 분석해보면, Table 2에서 살펴본 바와 같이 계절별로 다소 상이함을 확인할 수 있다. 주야간 전체를 대상으로 하더라도 여름철에는 ‘맑음’이 15.7%에 불과하며, ‘구름조금’까지 포함해도 28.4%에 불과하다. 하지만, 주간만을 대상으로 분석해보면 ‘맑음’이 7.3%, ‘구름조금’까지 포함해도 15.9%에 불과함을 알 수 있다. 한반도의 기후 특성상 여름철 긴 장마와 잦은 비로 흐린 날이 대부분을 차지하고 있어서 여름철(주간 7.3%, 주야간 15.7%)은 상대적으로 봄(주간 21.8%, 주야간 39.7%), 가을(주간 22.5%, 주야간 40.1%) 및 겨울(주간 31.7%, 주야간 54.2%)과는 다소 큰 차이를 보여 주고 있다.

4.3 지역적 관점

Fig. 1에서 보는 바와 같이 주간 전운량 2.5미만 날이 전체 20%가 안되는 지역이 다수 존재하여 군사작전 수행 간 해당 지역에 대한 작전이 필요할 경우 전운량 요인을 동시에 고려하여 작전계획을 수립하여야 함을 보여 주고 있다.

4.4 작전적 관점

전운량 계급을 주야간 및 계절에 따라 분석하여 그 변화량과 특징을 살펴보았다. 하지만, 단순히 ‘맑음’ 또는 ‘구름조금’의 날씨에 대해서만 작전이 가능하다고 볼 수 없을 것이며, 반대로 ‘구름많음’이나 ‘흐림’의 경우 광학장비의 작전이 100% 불가능한 경우는 아닐 것이므로 작전의 효율성 제고를 위해서는 일부 정성적인 평가와 판단이 필요할 것이다. 특히, 정찰위성을 통해 적 지역의 영상정보를 획득함에 있어서 광학장비를 통한 획득과 SAR장비를 통한 획득을 상호 보완적으로 운용될 수 있도록 고려해야 할 것이다. SAR의 경우는 영상 획득 후 판독을 위해서는 숙련된 담당자가 일정시간 판독을 해야 한다는 시간적 제한사항이 있기 때문에 실시간 작전을 요하는 국면에서는 즉각적인 적용이 EO/IR과 같은 광학장비에 비해 불리한 측면이 있다. EO/IR 같은 경우에는 구름을 포함한 차폐물을 통과하지 못하는 단점이 있으

며, EO의 경우에는 야간작전에는 실질적으로 운용이 불가능함을 이해할 때, 군사작전에서 정찰위성을 운용함에 있어 주야간, 계절적 취약점에 근거하여 EO 및 IR, SAR 장비의 운용의 최적화된 모습을 사전에 강구할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는 2013년부터 2022년까지 10년 동안의 북한지역 전운량 기상 측정자료를 빅데이터 분석하여 주야간, 계절별, 월별, 지역별 추세를 살펴보았다. 전운량은 우주공간에서 정찰위성이 지상을 관측함에 있어 그 효과를 좌우할 수 있는 핵심 변수이다. 광학장비 운용에 적합한 주간 맑은 날씨는 전체 20.8%에 불과하였고, 여름철에는 주간 맑은 날씨가 7.3%에 불과하였으며, 주야간 전체를 망라하더라도 15.7%에 불과하였다. 또한, 한반도 기후 특성상 장마가 지속되는 7월은 주간 맑은 날씨가 6%에 불과하여 광학장비 운용에 제한사항이 클 것으로 예상해 볼 수 있다. 지역적 특성도 중요한 변수인데, 전체 27개소 측정지역 중에서 7개 지역이 주간 맑은 날씨가 20% 미만으로 해당지역 군사작전간 반드시 착안하여야 할 사항으로 분석되었다.

본 연구에서 분석한 전운량은 우주에서 지구를 관측함에 있어 관측효율에 밀접하게 영향을 미치는 요인으로 상호 연관성 연구를 시작하기에 충분하다고 판단된다. 향후에는 본 연구에서 분석한 전운량 뿐만 아니라 군사작전에 영향을 미치는 다양한 기상 요소들을 복합적으로 분석하여 작전계획 수립 간에 근거자료로 제시하여 효율성을 제고시킬 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- [1] B. I. Lee, Y. J. Kim, C. Y. Chung, S. H. Lee, S. N. Oh, "Development of Cloud Amount Calculation Algorithm using MTSAT-1R Satellite Data", *Atmosphere*, Vol.17, No.2, pp.125-133, June 2007.
- [2] B. Jovanovic, D. Collins, K. Braganza, D. Jakob, D. A. Jones, "A high-quality monthly total cloud amount dataset for Australia", *Climatic Change*, Vol.108, pp.485-517, Oct. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9992-5>
- [3] D. P. Kaiser, "Analysis of total cloud amount over China, 1951-1994", *Geophysical Research Letters*, Vol.25, No.19, pp.3599-3602, Oct. 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1029/98GL52784>
- [4] M. Maugeri, Z. Bagnati, M. Brunetti, T. Nanni, "Trends in Italian total cloud amount, 1951-1996", *Geophysical Research Letters*, Vol.28, No.24, pp.4551-4554, Dec. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1029/2001GL013754>
- [5] B. Y. Kim, I. S. Cho, J. B. Ji, G. T. Lee, M. J. Jung, "Estimation of Total Cloud Amount from Skyviewer Image Data", *Journal of the Korean Meteorological Society*, Vol.36, No.4, pp.330-340, 2015.
- [6] H. I. Park, I. S. Cho, B. Y. Kim, J. B. Ji, G. T. Lee, "An Analysis of Global Solar Radiation using the GWNU Solar Radiation Model and Automated Total Cloud Cover Instrument in Gangneung Region", *Journal of the Korean Meteorological Society*, Vol.38, No.2, pp.129-140, 2017.
- [7] Y. S. Kim, S. H. Lee, H. W. Kim, "Prediction Method of Photovoltaic Power Generation Based on LSTM Using Weather Information", *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.44, No.12, pp.2231-2238, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7840/kics.2019.44.12.2231>
- [8] Y. G. Kwak, "The Current Status and Development Trend of Satellite Image Radar(Synthetic Aperture Radar) Technology", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol.22, No.1, pp.88-106, Jan. 2019.
- [9] S. H. Jung, J. Y. Lee, C. S. Seo, "Development Trends and Development Directions of Earth Observation Satellite for Surveillance and Reconnaissance", *Defense and Technology*, Vol.446, pp.74-85, 2016.
- [10] S. F. Meng, J. S. Shu, Q. Yang, W. Xia, "Analysis of detection capabilities of LEO reconnaissance satellite constellation based on coverage performance", *Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol.29, No.1, pp.98-104, Feb. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.21629/JSEE.2018.01.10>
- [11] H. J. Jeong, Y. H. Choi, I. Y. Hwang, I. H. Seo, K. K. Kim, "Development Trends of Civil/Military Earth Observation Satellite and Direction of Prospective Domestic Satellite Projects.", *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol.49, No.9, pp.791-800, Sep. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5139/JKSAS.2021.49.9.791>
- [12] Harika Bandarupally; Harshitha Reddy Talusani; T Sridevi, "Detection of Military Targets from Satellite Images using Deep Convolutional Neural Networks", *2020 IEEE 5th International Conference on Computing Communication and Automation*, Oct. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCCA49541.2020.9250864>
- [13] O. Sommervold, M. Gazzea, R. Arghandeh, "A Survey on SAR and Optical Satellite Image Registration", *Remote Sens*, Vol.15, No.3, pp.1-13, Feb. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15030850>

- [14] H. WANG, Z. Y. ZHANG, H. T. ZHANG, P. JIANG, "Research on performance evaluation of small reconnaissance satellite constellation", *Chinese Space Science and Technology*, Vol.40, No.6, pp.68-76, 2020. DOI: <https://doi.org/10.16708/j.cnki.1000-758X.2020.0073>

임 강 희(Kang-Hee Lim)

[정회원]



- 2006년 8월 : 중국 북경항공항천대학교 항공기설계 학과 (항공기설계 석사)
- 2014년 8월 : 중국 북경항공항천대학교 항공기설계 학과 (항공기설계 박사)

- 2015년 3월 ~ 현재 : 육군본부 시험평가단, 기획관리참모부, 전력단, 분석평가단 담당

<관심분야>

과학기술 동향, 항공기 설계, 감항인증, 우주정책/기술, 사업관리, 시험평가, 분석평가, 소요기획

강 경 환(Kyung-Hwan Kang)

[정회원]



- 2002년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 석사)
- 2007년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 박사)
- 2007년 3월 ~ 2018년 12월 : 방위사업청 사업관리 담당/팀장
- 2019년 12월 ~ 현재 : 육군본부 전력단, 분석평가단 과장

<관심분야>

무기체계사업관리, 운영분석, 분석평가, 최적화

최 현 주(Hyun Joo Choi)

[정회원]



- 2005년 8월 : 미국 애리조나 대학교 광학 석사
- 2014년 2월 : 한국과학기술원 기계공학 박사
- 2017년 ~ 현재 : 국방과학연구소 위성체계단

<관심분야>

위성 개발, 우주 개발, 우주정책/기술, 사업관리, 시험평가, 분석평가, 소요기획