

전운량을 고려한 정찰위성 작전효과 분석 방법론 연구: ② 위성관측 취약요인에 기반한 정찰위성 작전효과 분석

임강희^{1*}, 최현주², 강경환¹

¹육군 분석평가단, ²국방과학연구소

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

② Analysis of Operation Effect of Reconnaissance Satellite Based on Vulnerable Factors of Satellite Observation

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

¹Center for Army Analysis & Simulation

²Agency for Defense Development

요약 군사작전 수행 간에 근 실시간 적의 상황을 파악하는 것은 매우 중요한 임무이다. 최근에는 우주공간에서 지상을 정찰할 수 있는 정찰위성이 피아를 막론하고 핵심 무기체계로 급부상하고 있다. 하지만, 정찰위성의 운용이 정보획득의 완벽한 절대적 수단은 될 수 없으며, 특히 우주공간에서 지상을 관측함에 있어 기상 요소는 운용효과에 지대한 영향을 미친다. EO/IR 센서는 광학장비의 특성상 대기 중의 구름 등 차폐물을 통과하여 영상을 획득할 수 없기 때문에 전운량과 같은 기상 요소는 중요한 고려의 대상이다. 본 연구에서는 북한지역 전운량 측정 자료를 빅데이터 분석한 결과에 근거하여 주간 및 야간, 계절적 관점, 지역적 관점 및 군사작전적 관점에서 취약요인을 도출하였으며, 전운량과 임무 종류에 따른 센서별 정찰위성의 작전효과도를 분석하는 모형을 수립하였다. 본 연구에서 제시한 모형을 통한 분석결과 정찰위성의 작전효과도는 전반적으로 재방문주기가 짧을수록 높아지며, 긴급임무에 대한 작전효과도가 지속임무의 경우보다 낮게 나타났다. 또한, 계절적 요인에 따른 차이가 비교적 극명하게 나타나는데 여름철의 작전효과도가 가장 낮기 때문에 작전계획 수립간에 피아 상황을 잘 인식하고 반영하여야 할 것으로 분석되었다.

Abstract During military operations, it is very important to know the situation of the enemy in near-real time. Thus, satellites that provide surveillance and reconnaissance capabilities in space have become major weapon systems. However, the operation of reconnaissance satellites cannot be considered as an absolute means of obtaining information. When observing the ground from outer space, weather factors have a great influence on operations. Electro-optical sensors cannot acquire images through natural obstacles like clouds because the main light source used for data collection cannot penetrate water. Therefore, this factor is important to consider. In this study, vulnerable factors were derived from data obtained at day and night, different seasons, different regions, and from military perspectives. The data were based on the results of a big data analysis of North Korea's total cloud amount. A model was established to analyze the operational effects of reconnaissance satellites for each sensor according to the total cloud amount and mission type. The results showed that with shorter revisit cycles, the operational effect of the reconnaissance satellite was higher, and the operational effect on emergency missions was lower than on a continuous mission. In addition, there was a relatively clear difference according to seasonal factors, and the operation effect in summer was the lowest, so it should be recognized and reflected when establishing an operation plan.

Keywords : Operation Effectiveness, Total Cloud Amount, Reconnaissance Satellite, Reconnaissance Mission, EO/IR, SAR

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

email: lkh13533@hanmail.net

Received June 1, 2023

Revised June 22, 2023

Accepted August 10, 2023

Published August 31, 2023

1. 서론

군사작전을 수행하기 위한 감시정찰은 관심지역을 주기적으로 촬영하여 영상에서 관심 대상을 식별해내는 일련의 과정이다. 시시각각 변화하는 적의 움직임을 근실 시간 확인하는 것은 작전적 승리의 중요한 요인이다. 최근에는 과학기술의 발전으로 미국 등 선진국을 포함한 여러 국가들은 우주공간에서 지상을 관측하는 정찰위성을 적극적으로 운용하고 있다.

하지만, 어떠한 무기체계도 만능이 될 수 없고 반드시 제한사항이 발생하기 마련이다. 정찰위성 역시도 영공의 개념이 없는 우주공간에서 지상을 관측한다는 장점은 있으나, 장비의 특성을 고려하여 운용조건을 만족해야 한다. 광학장비는 가시광선과 적외선을 신호로 변환하여 영상을 획득하는 장비로써, 중간에 차폐물을 통과하지 못한다는 단점이 있다. SAR 장비는 전자파를 사용하기 때문에 광학장비와 같은 단점은 일부 보완될 수 있으나, 영상의 왜곡 등으로 인해 판독에 일정시간 전문 판독관의 역할이 추가되어야 한다[1,2].

본 연구에서는 정찰위성 운영개념에 근거하여 목표지역의 전운량이 정찰위성이라는 단일 무기체계의 작전효과에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다. 조건별 전운량 계급 분포가 작전에 미치는 취약요인을 도출하였으며, 분석을 위해 제 가정사항들을 설정하고 분석모형을 수립하였다. 분석을 통해 임무 유형, 전운량, 위성의 재방문주기 등이 정찰위성 작전효과도에 미치는 영향을 도출하는 방법론을 제시하였다.

논문의 구성은 2장에서 북한지역 위성관측 취약요인을 주야간, 계절적, 지역적, 작전적 측면에서 분석하였으며, 3장에서는 분석을 위한 시나리오를 제시하였다. 4장에서는 분석모형 수립을 통해 작전효과를 분석하였으며, 분석간 제한사항을 기술하였다. 마지막 5장에서는 분석결과에 대한 총평과 제한사항 극복을 통한 추가 연구분야를 제시하였다.

2. 북한지역 위성관측 취약요인

2.1 주야간 시간적 관점

우주공간에서 지상을 관측하는 위성정찰은 대기 조건에 민감하게 반응한다. 특히, 가시광선 및 적외선을 소스로 사용하는 광학위성의 경우 투과가 어렵기 때문에 운용 효율에 직접적인 영향을 미친다[3,4]. 광학장비의 관

측 가능한 시간을 분석해보면, 전운량 2.5 미만인 ‘맑음’ 일 경우가 전체 40%에도 미치지 못하며, 전운량 2.5~5.4인 ‘구름조금’까지 포함하더라도 50%에 미치지 못한다. 작전의 시급성이 필요한 경우에는 판독에 일정 시간을 필요하는 SAR(Synthetic Aperture Radar, 합성개구레이더) 센서 보다는 비교적 즉각적인 판단이 가능한 EO/IR(Electrooptic-Infrared, 광학-적외선) 센서가 유용할 것이기 때문에 주야간 관측 가능한 시간적 한계를 고려하여 정찰위성 운용 수량 및 개념 등 적절한 판단이 요구된다. 광학 센서의 경우에도 주간에는 EO 센서 및 IR 센서가 모두 영상을 획득할 수 있으나, 야간의 경우에는 IR 센서만 일부 영상 획득이 가능함을 추가하여 고려되어야 한다.

2.2 계절적 관점

정찰위성 운용효과에 영향을 미치는 전운량은 계절에 따라 다소 상이함을 확인할 수 있다. 특히 여름철은 타 계절에 비해 관측 가능한 시간이 주간을 기준으로 평균 7.3%에 불과하여 극히 제한적이며, 이는 겨울철의 약 23% 수준에 불과하다. 가장 가혹한 7월의 경우에는 관측 가능한 시간이 전체 6%에 불과하여 광학장비 운용에 제한사항이 많음을 인지하고 작전계획에 반영하여야 한다. 계절별 주간 및 야간 전운량 2.5 미만(‘맑음’ 기준) 일을 백분율로 나타낸 그래프는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

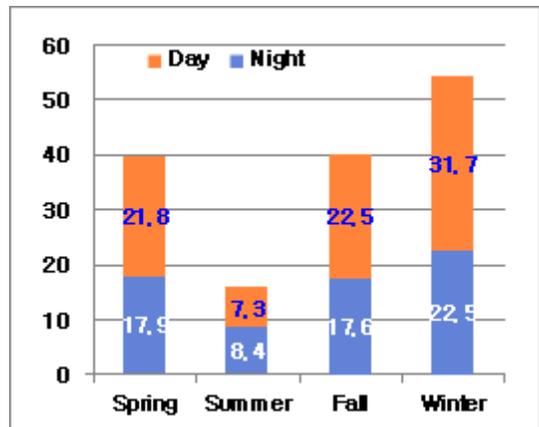


Fig. 1. Seasonal TCA Rank(%)

2.3 지역적 관점

전운량 빅데이터 분석결과 전운량은 주야간 및 계절적 요인에 따라 일정 특성을 보이지만 지역에 따른 특성도 두드러짐을 확인할 수 있다. 북한 지역을 대상으로 주간

전운량 2.5 미만인 날이 전체 시간의 20%에 달하지 못하는 지역이 27개 중 7개 지역에 달할 정도로 지역별 특성이 존재한다. 따라서, 군사작전을 전개함에 있어 주간 및 계절적 요인과 함께 지역적 특성도 잘 고려되어야 한다[5].

2.4 작전적 관점

작전적 관점에서 기상요소는 반드시 확인하고 필요시 극복해야할 부분이다. 차폐물을 통과하지 못하는 가시광선 및 적외선을 센싱하여 신호로 변환하는 EO/IR 센서의 운용과 전자파를 활용하여 사물을 센싱하는 SAR 센서의 적절한 운용개념을 마련하여야 할 것이다[6]. 또한, 전운량에 대해 주간, 계절 및 지역에 따른 특성을 이해하였다면 정찰위성 임무수행을 위한 제한사항으로 전운량 계급을 확인하여 적용할 수 있을 것이며, 이는 아군뿐만 아니라 적군에게도 유사하게 적용될 수 있기 때문에 아군 지역의 전운량 계급을 동일하게 분석하여 아군 작전에 역으로 활용할 수 있을 것이다.

3. 분석을 위한 시나리오

본 연구의 분석을 위해서 먼저 전장의 모습을 가정할 필요가 있다. EO/IR 및 SAR 등 정찰위성 센서 특성을 고려하여 실시간 정보를 제공할 수 있는지 여부에 따라 긴급작전과 지속작전으로 구분할 필요가 있고, 전운량이 정찰위성의 작전효과에 미치는 영향과 관측 장비별 지휘관이 요구하는 작전효과 수준을 가정할 필요가 있다[7,8]. 마지막으로 정찰위성의 수량을 무한대로 하는 것은 제한이 있기 때문에 재방문주기별 위성 수량을 고려하여야 한다.

3.1 긴급작전과 지속작전

실시간 불확실성이 그 어떤 현상보다도 복합적으로 작용될 것이기 때문에 군사작전 수행 간에는 수립된 작전 계획대로 전투가 수행되는 것은 극히 제한적인 것이다. 예를 들면, 중요한 핵심표적에 대한 실시간 감시 및 탐지는 아군의 작전수행에 지대한 영향을 미칠 것이므로 적절히 수행되어야 할 임무이다. 본 연구에서는 지휘관이 실시간 감시 및 탐지를 요구하는 작전을 '긴급작전'으로 구분하고 즉각적인 작전반응을 요구하지는 않으나 지속 관리되어야 하는 작전을 '지속작전'으로 구분하여 정찰

위성으로부터 요구되는 작전효과를 분석하였다.

3.2 전운량에 따른 작전효과

군사작전 간에 기상은 매우 중요한 요소이며 필요시 극복해야할 부분임은 분명하다. 본 연구에서 증점적으로 분석한 전운량은 정찰위성 작전효과에 직접적으로 영향을 미치는 요소이므로 전운량에 따른 작전효과는 정의되어야 한다. 하지만, 현재 전운량에 따른 지상관측 가능성 등 임무효과 분석은 군사비밀임과 동시에 군사 및 비군사적 관점에서 직접적으로 연구된 결과가 부족하여 본 연구에서는 Table 1과 같이 가정하여 연구를 진행하였다.

Table 1. Mission Effect of TCA Rank(Assuming)

TCA Rank	EO	IR	SAR	Remark
~2.4	92%	90%	98%	Sunny
2.5~5.4	73%	71%	98%	A little bit of cloud
5.5~8.4	52%	49%	98%	A lot of cloud
8.5~	9%	7%	98%	Cloudy

3.3 관측장비별 작전효과 요구수준

정찰위성에 탑재되는 EO 및 IR 센서와 SAR 센서는 물리적으로 작동하는 메커니즘이나 방식에 차이가 있기 때문에 이에 근거하여 작전효과 분석이 되어야 한다. 특히, 주간과 야간에 각 센서의 작동 메커니즘이 상이하여 효과가 많이 차이날 수 있으며, 획득된 신호를 지휘관에게 제공하는 시간과 절차도 서로 상이하기 때문에 이에 대한 지휘관 의도(군사작전)에 기여하는 수준을 일정부분 반영하여야 할 것이다. 본 연구에서는 EO/IR 센서 및 SAR 센서가 가진 특성에 따라 긴급임무와 지속임무를 구분하여 기여도 가중치를 부여(가정)하였으며, 그 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Contribution Index of Each Sensor to Operations

EO/IR				SAR			
Day time (EO/IR)		Night time (IR)		Day time		Night time	
Emerg.	Cont.	Emerg.	Cont.	Emerg.	Cont.	Emerg.	Cont.
0.96	0.99	0.89	0.93	0.63	0.98	0.63	0.98

3.4 재방문주기별 위성운용 대수

인공위성을 운용함에 있어서 재방문주기는 중요한 변수이다. 특정 임무를 지닌 인공위성이 목표지역 상공에 다시 방문하기 위해 필요한 시간은 위성의 대수 결정과 직접적으로 관련이 있다. 하지만, 위성 재방문주기는 위성의 목적과 용도, 특성, 설계 개념, 운용개념, 발사지역 등과 밀접하게 관련이 있기 때문에 특정하기는 어려운 것이 사실이며, 특히 군사위성의 재방문주기는 군사보안과 관련되기 때문에 본 연구에서는 매우 일반적인 데이터로 가정하여 분석을 진행하였다. 본 연구에서 적용한 위성 재방문주기와 상관계수는 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 3. Revisit Time of Some Satellite

Revisit Time(min.)	No. of Satellite	Coefficient Index
30	47	0.3333
30~40	36	1
40~50	25	2
50~60	18	3
60~70	13	4
70~80	10	5
80~90	7	6

4. 정찰위성 작전효과 분석

4.1 기본개념

정찰위성의 작전효과를 분석하기 위해서는 각 센서(광학, SAR)의 운용 메커니즘을 기반으로, 각 센서가 운용되면서 종속적으로 영향을 미치는 요인을 변수로 지정하여 결과에 미치는 영향을 분석해야 한다[9,10]. 본 연구에서는 광학 및 SAR 센서를 탑재한 정찰위성을 운용함에 있어 다양한 변수들이 존재하지만, 특히 전운량 계급 조건이 임무수행에 미치는 영향과 광학 및 SAR 센서의 군사적 운용개념을 동시에 고려하여 작전효과를 분석하였다.

4.2 모형 수립

먼저, 전운량 계급에 따른 작전효과는 Table 1에서 보는 바와 같이 가정하여 정의하였다. 일자별 작전효과를 분석하기 위해서는 하루 8회 측정값을 반영하여 작전효과를 분석할 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 무기체계의 전반적인 작전효과를 분석하기 위해서 최근 10년간

해당 지역의 전운량 계급을 반영하여 분석하였다. Table 1에서 제시한 장비별 전운량 계급에 따른 임무효과 행렬식은 Eq. 1에서 보는 바와 같으며, 전운량 계급에 따른 계절별 평균값 행렬식은 Eq. 2에서 보는 바와 같다[11,12].

$$E_{TCA} = \begin{bmatrix} 0.92 & 0.73 & 0.52 & 0.09 \\ 0.90 & 0.71 & 0.49 & 0.07 \\ 0.98 & 0.98 & 0.98 & 0.98 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$C_{Ave} = \begin{bmatrix} C_{sp.2.5} & C_{s.2.5} & C_{f.2.5} & C_{w.2.5} & C_{t.2.5} \\ C_{sp.5.5} & C_{s.5.5} & C_{f.5.5} & C_{w.5.5} & C_{t.5.5} \\ C_{sp.8.5} & C_{s.8.5} & C_{f.8.5} & C_{w.8.5} & C_{t.8.5} \\ C_{sp.10} & C_{s.10} & C_{f.10} & C_{w.10} & C_{t.10} \end{bmatrix} \quad (2)$$

그리고 군사목적으로 작전수행을 위한 정찰위성은 재방문주기가 핵심변수로서, 재방문주기에 대한 작전부대 지휘관의 요구가 필요하며, 본 연구에서는 Table 3에서 보는 바와 같이 재방문주기에 따라 작전효과에 영향을 주는 계수를 설정(가정)하였다. 또한, Table 2에서 제시한 바와 같이 센서별 작전 기여도 계수 행렬식은 Eq. 3에서 보는 바와 같다.

$$I_{Con.} = \begin{bmatrix} 0.96 & 0.96 & 0.63 \\ 0.99 & 0.99 & 0.98 \\ 0.03 & 0.89 & 0.63 \\ 0.03 & 0.93 & 0.98 \end{bmatrix} \quad (3)$$

본 연구에서는 정찰위성의 작전효과를 핵심 변수인 계절별 전운량 계급, 개별 센서의 작전효과, 위성의 재방문주기를 근거로 Eq. 4에서 보는 바와 같이 모형을 수립하였다.

$$E = I_{Con.} \times \frac{\sum_{i=1}^n (0.98^{3k} \times E_{TCA} \times C_{Ave})_i}{n} \quad (4)$$

여기서, n은 위성의 개수, k는 위성의 재방문주기에 해당하는 계수이다. 즉, 정찰위성의 작전효과는 위성별로 전운량 계급과 전운량에 따른 임무효과도를 기반으로 주간 및 야간을 구분하여 임무의 긴급성과 지속성에 대한 기여도 가중치를 모두 고려하여 계절별 및 총 작전효과도를 산출하였다.

4.3 분석결과

모형을 통해 분석한 결과는 긴급임무와 지속임무로 구

분하여 계절별로 정찰위성의 작전효과도를 분석하였으며, 그 결과는 Table 4, Fig. 2에서 보는 바와 같다. 여기서 작전효과도 가중치는 EO=0.5, IR=0.25, SAR=0.25로 설정(가정)하였다.

Table 4. Result of Operation Efficiency

Revisit Time (min.)	Mission	Spring	Summer	Fall	Winter	Ave.
30	Emerg.	0.5130	0.3780	0.5197	0.5888	0.4999
	Cont.	0.6079	0.4895	0.5674	0.6223	0.5515
~40	Emerg.	0.4456	0.3432	0.4515	0.5045	0.4362
	Cont.	0.4804	0.3908	0.4865	0.5336	0.4728
~50	Emerg.	0.3820	0.2943	0.3871	0.4325	0.3740
	Cont.	0.4119	0.3351	0.4171	0.4575	0.4054
~60	Emerg.	0.3275	0.2523	0.3319	0.3708	0.3206
	Cont.	0.3531	0.2873	0.3576	0.3922	0.3476
~70	Emerg.	0.2808	0.2163	0.2845	0.3179	0.2749
	Cont.	0.3028	0.2463	0.3066	0.3363	0.2980
~80	Emerg.	0.2408	0.1855	0.2439	0.2726	0.2357
	Cont.	0.2596	0.2112	0.2629	0.2883	0.2555
~90	Emerg.	0.2064	0.1590	0.2092	0.2337	0.2021
	Cont.	0.2226	0.1811	0.2254	0.2472	0.2190

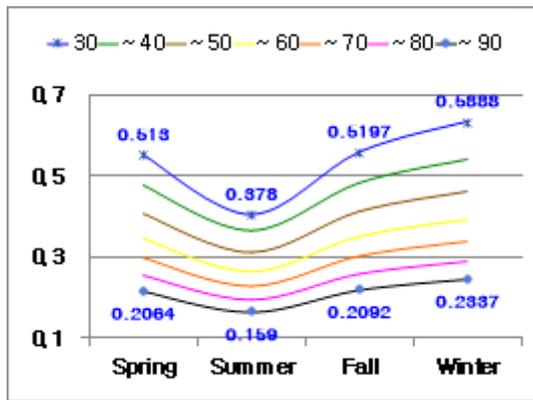


Fig. 2. Seasonal Operational Effect by Revisit Time (Emerg.)

분석결과에서 보는 바와 같이 정찰위성의 작전효과도는 전반적으로 재방문주기가 짧을수록 높아지며, 긴급임무에 대한 작전효과도가 지속임무의 경우보다 낮게 나타난다. 또한, 계절적 요인에 따른 차이가 비교적 극명하게 나타나는데 여름철의 작전효과도가 가장 낮기 때문에 작전계획 수립간에 피아 상황을 잘 인식하고 반영하여야 한다.

4.4 연구 한계점

본 연구에서는 정찰위성이라는 단일 무기체계를 대상으로 하여 정찰위성의 운용개념과 운용조건 등을 고려하여, 시간적 변수에 따른 전운량, 전운량에 따른 임무효과도, 긴급성 및 지속성 임무 구분, 위성의 재방문주기 등을 변수로 선정하여 정찰위성의 전반적인 작전효과도를 분석하였다. 그 결과, 각 변수가 작전효과도에 미치는 영향을 분석하였으며, 초보적인 작전효과도 분석을 가능하게 하였다.

하지만, 본 연구에서는 비교적 간략한 운용개념과 운용조건만을 고려하였다. 전운량 뿐만 아니라 정찰위성이 지구를 관측함에 있어 제한사항으로 작용하는 기타 기상 조건을 추가로 고려해야 할 필요가 있으며, 본 연구에서는 가정사항으로 제시하여 분석을 진행한 전운량 제공에 따른 임무효과도, 긴급 및 지속임무에 대한 장비의 작전 기여도, 정찰위성의 재방문주기가 작전효과에 미치는 영향(계수) 등은 각각 추가로 연구가 진행되어야 할 부분이다[13-15]. 또한, 일부 내용은 군사보안상 가정하여 변수를 통제하였다. 이러한 세부적인 연구가 진행된 결과가 본 연구에서 제시한 모형에 반영된다면 더 신뢰도가 높은 정찰위성의 작전효과도 산출이 가능하여 실제 군사 작전에 기여할 수 있으리라 기대된다.

5. 결론

본 연구에서는 정찰위성의 작전효과도 분석을 진행하였다. 정찰위성의 운용개념과 운용조건을 고려하여 작전효과도에 영향을 주는 주요 변수로 계절별 전운량 제공, 전운량에 따른 임무효과도, 긴급 및 지속임무, 위성의 재방문주기(위성의 대수) 등을 제시하였다. 계절별 전운량 제공에 따라서는 여름철 작전효과도는 가장 낮게 나타났으며, 위성의 재방문주기는 짧을수록 작전효과도가 높아짐을 알 수 있다. 추가적으로 전운량에 따른 임무효과도와 작전에 기여도는 대체적으로 일정한 관계를 보이고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 제시한 모형은 작전계획 실무 담당자들이 손쉽게 활용할 수 있도록 제시되었으며, 개념적 관점에서 작전효과도를 산출하여 염두에 두고 계획을 발전시켜 나갈 수 있으리라 기대한다.

하지만, 본 연구에서 고려하지 못한 세밀한 변수들과 군사보안 목적상 가정으로 진행된 부분은 추가적인 연구를 통해 일반화하거나 모든 변수들을 반영하는 모형을

수립하는 연구가 후속된다면 군사작전에 더 많은 도움을 줄 수 있는 근거자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] D. R. LI, M. WANG, "A Review of High Resolution Optical Satellite Surveying and Mapping Technology", *Spacecraft Recovery & Remote Sensing*, Vol.41, No.2, pp.1-11, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.031>
- [2] S. H. Winsvold, A. Kääb, C. Nuth, "Regional Glacier Mapping Using Optical Satellite Data Time Series", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, Vol.9, No.8, pp.3698-3711, Aug.. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2527063>
- [3] J. Y. Son, Y. K. Lee, Y. S. Choi, J.Ok, H. S. Kim, "Development of a Retrieval Algorithm for Adjustment of Satellite-viewed Cloudiness", *Koran Journal of Remote Sensing*, Vol.35, No.3, pp.415-431, 2019.
- [4] A. K. Whitcraft, E. F. Vermote, I. Becker-Reshef, C. O. Justice, "Cloud cover throughout the agricultural growing season: Impacts on passive optical earth observations", *Remote Sensing of Environment*, Vol.156, pp.438-447, Jan. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.009>
- [5] X. L. Zhu, E. H. Helmer, "An automatic method for screening clouds and cloud shadows in optical satellite image time series in cloudy regions", *Remote Sensing of Environment*, Vol.214, pp.135-153, Sep. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.024>
- [6] H. L. LI, D. LI, Y. H. LI, "A multi-index assessment method for evaluating coverage effectiveness of remote sensing satellite", *Chinese Journal of Aeronautics*, Vol.31, No.10, pp.2023-2033, Oct. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2018.05.015>
- [7] A. Bateman, "Technological Wonder and Strategic Vulnerability: Satellite Reconnaissance and American National Security during the Cold War", *International Journal of Intelligence and CounterIntelligence*, Vol.33, No.2, pp.328-353, Jan. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1080/08850607.2019.1703926>
- [8] J. Y. Shin, Y. M. Hwang, S. Y. Park, S. B. Jeon, E. J. Lee, S. C. Song, "Design of Micro-Satellite Constellation for Reconnaissance of Korean Peninsula", *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol.50, No.6, pp.401-412, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5139/KSAS.2022.50.6.401>
- [9] A. Karasan, E. Ilbahar, S. Cebi, C. Kahraman, "A new risk assessment approach: Safety and Critical Effect Analysis (SCEA) and its extension with Pythagorean fuzzy sets", *Safety Science*, Vol.108, pp.173-187, Oct. 2018.
- [10] Q. P. Guan, S. X. Feng, Y. H. Cao, "Simulation Data Analysis of Space Intelligent System Supporting Weapon Effectiveness", *System Simulation Technology*, Vol.7, No.2, pp.95-99, Apr. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.16812/j.cnki.cn31-1945.2011.02.003>
- [11] S. Y. Zhang, Y. Y. Xiao, P. Yang, Y. L. Liu, W. B. Chang, S. H. Zhou, "An Effectiveness Evaluation Model for Satellite Observation and Data-Downlink Scheduling Considering Weather Uncertainties", *Remote Sens*, Vol.11, No.13, pp.1-19, July. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11131621>
- [12] G. L. Wang, Y. Zhao, Z. A. Hu, Y. X. Mao, "Effectiveness Evaluation of Missile Weapon System Based on MBSE", *Fire Control & Command Control*, Vol.47, No.8, pp.116-131, Aug. 2022.
- [13] D. R. LI, M. WANG, "A Review of High Resolution Optical Satellite Surveying and Mapping Technology", *Spacecraft Recovery & Remote Sensing*, Vol.41, No.2, pp.1-11, Apr. 2020.
- [14] S. H. Winsvold, A. Kääb, C. Nuth, "Regional Glacier Mapping Using Optical Satellite Data Time Series", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, Vol.9, No.8, pp.3698-3711, Aug.. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2527063>
- [15] Z. H. Wu, L. L, Y. T. Li, Y. M. Gao, "Simulation of two-satellite reconnaissance system with intelligent decision based on object detection", *2019 Chinese Control And Decision Conference*, pp.2130-2135, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1109/CCDC.2019.8832641>

임강희(Kang-Hee Lim)

[정회원]



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

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

<관심분야>

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

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

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