

기상학적 요소를 고려한 무인항공기 운용효율 최적화 방안 연구

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

A Study on the Optimizing of UAV Operation Efficiency Considering Meteorological Factors

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

¹Center for Army Analysis & Simulation

²Agency for Defense Development

요약 최근 민과 군을 막론하고 무인항공기 활용이 증가하고 있다. 하지만, 탑승 조종사가 없는 무인항공기의 경우 항공기 컨디션에 따른 즉각적인 통제가 제한되어 사고로 이어지는 경우가 종종 발생한다. 특히, 이착륙 간에는 바람과 시정거리와 같은 기상학적 요소가 많은 영향을 미친다. 본 연구에서는 기상청에서 제공하는 한반도 기상 측정자료를 빅 데이터 분석하여 무인항공기 운용에 영향을 줄 수 있는 기상학적 요소인 바람과 시정거리에 관심을 갖고 분석하여 지역 별로 최적의 조건을 선택하는 연구를 진행하였다. 바람의 경우 3, 4, 5월에 비교적 많은 바람이 부는 것으로 분석되었으며, 시간대별로는 15시를 전후하여 가장 많은 바람이 부는 것을 확인하였다. 시정거리의 경우에는 계절별, 월별 특성도 존재하지만, 전반적으로 지역별 특성이 두드러지게 분석되었다. 인제는 시정거리 확보에 전반적으로 좋은 조건으로 분석 되었으며, 반대로 파주와 철원은 시정거리 확보가 제한적임을 알 수 있었다. 기상학적 요소 분석 결과를 근거로 월별 및 시간대별 각 지역의 운용시간을 최적 안배하여 무인항공기 운용 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 다만, 본 연구에서는 평균 풍속만을 활용하였으며, 돌풍이나 순간최대풍속 등에 대한 고려가 추가적으로 필요할 것으로 보여진다.

Abstract Recently, the use of unmanned aerial vehicles (UAV) has been increasing. However, without a pilot onboard, immediate control according to the aircraft's condition is difficult, which often leads to accidents. In particular, meteorological factors such as wind speed and visibility distance have much influence between takeoff and landing. In this study, big data analysis was done on weather measurement data provided by the Korea Meteorological Administration to select optimal conditions for each region of South Korea by analyzing the wind speed and visibility, which are meteorological factors that can affect a UAV. In the case of wind speed, there were relatively high winds in March, April, and May. The most winds occurred around the time of 15:00. In the case of visibility, seasonal and monthly characteristics occurred, but overall regional characteristics were analyzed remarkably. Inje generally had good conditions for visibility, but it was found that Paju and Cheorwon did not have good visibility. Based on the results of meteorological factor analysis, a plan was proposed to improve the efficiency of a UAV by optimally arranging operating hours for each region by month and time. However, it is necessary to consider gusts or the maximum instantaneous wind speed using average wind speeds.

Keywords : UAV, Meteorological Factor, Operation Efficiency, Wind Speed, Visibility Distance

*Corresponding Author : Kang-Hee Lim(Center for Army Analysis & Simulation)

email: lkh13533@hanmail.net

Received July 6, 2023

Accepted September 1, 2023

Revised July 24, 2023

Published September 30, 2023

1. 서론

최근 들어, 인공지능(AI), 로봇기술, 드론, 자율주행, 사물인터넷(IoT), 가상현실(VR) 등의 기술로 대표되는 4차 산업혁명을 계기로 주변 현상에 첨단 과학기술을 접목하려는 시도가 더 많아지고 있다. 이는 Spin-off와 Spin-in을 활성화시킴과 동시에 민간 기술과 군용 기술을 동시에 활용이 가능하도록 개발하는 Spin-up까지 발전 속도는 한층 더 빨라지고 있다[1]. 특히, 드론의 운용은 민과 군을 막론하고 다양한 분야에 활용되고 있으나, 조종사가 직접 탑승하여 항공기를 조종하지 않는다는 점에 기인한다면, 기체에 대한 조종 반응속도나 실제 조건을 반영한 항공기 운용에는 다소 제한사항이 있는 것은 사실이다. 뿐만 아니라, 중량을 기준으로 소형 무인항공기의 개발과 활용에 많은 노력을 투영하고 있는 현 시점의 모습을 고려한다면, 무인항공기의 안정적 운용은 중요하면서도 극복해야할 도전적인 과제로 생각할 수 있다.

무인항공기 운용을 결정짓는 주요 요인으로는 공역(고도, 지역 등), 정비 능력, 운용자 의도 등이 포함되고, 특히 기상조건은 무인항공기 운용에 직접적으로 관여되는 매우 중요한 요소이며, 무인항공기의 임무 스케줄링, 프로파일 작성 등 운용적 측면에서도 주요 고려사항이다. 이는 특히 민간 분야보다는 전·평시 군사작전을 수행해야 하는 군사 분야에서 보다 민감하게 적용되고 있다. 군용 무인항공기의 운용, 특히 이착륙을 수행하기 위해서는 풍속과 시정거리 조건이 주요하며, 구체적인 사항은 내부 운용규정에 명시되어 있다. 이러한 관점에 착안하여 본 연구에서는 무인항공기를 운용할 수 있는 지역별 기상 데이터를 분석하여 제한사항을 식별하고 최적의 무인항공기 운용을 위한 조건을 도출하여 운영 효율성 제고에 기여하고자 하였다.

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 기상 측정자료를 토대로, 최근 10년간의 기상자료를 빅데이터 분석하여 지역별, 월별, 시간대별 풍속과 시정거리의 추세를 확인한 후, 군용 무인항공기 운용 조건에 부합되는 최적의 경우를 제시하는데 중점을 두었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 풍속과 시정거리 등의 요소가 무인항공기 운용에 미치는 영향을 연구하였으며, 3장에서는 기상청에서 제공하는 기상 데이터 중에서 본 연구에서 관심있는 과거 10년간의 기상 자료를 조건별로 분석한 후, 군사용 무인항공기의 효율적 운용조건을 제시하였으며, 마지막으로 4장에서는 본 연구의 결론을 제시하였다.

2. 관련문헌 연구

2.1 기상학적 고려 요소와 무인항공기 운용

무인항공기는 비행 과정에 탑승 조종사가 직접 관여하지 않기 때문에 실시간 변화하는 환경, 특히 기상 상황에 신속하게 대처하기 어려운 것이 사실이다. 그리고 무인항공기는 유인항공기에 비해 비교적 낮은 속도로 비행하기 때문에 비행 간에는 바람 및 난기류 등의 악조건에 취약하고, 이착륙 간에는 바람 및 시정거리에 비교적 취약하다[2,3]. 무인항공기 운용에 있어 기상학적 고려 요소는 일반적으로 풍속, 풍향, 시정 등이 포함되며, 특히 이러한 요소들은 무인항공기의 이착륙에 큰 영향을 미칠 수 있다.

이러한 특성에 기인하여 군사용 무인항공기 운용을 위한 내부규정에는 규모별 무인항공기의 이착륙 조건을 주로 풍속과 시정거리에 중점을 두고 규정하고 있다. 물론, 다양한 기상학적 요소들이 무인항공기 이착륙과 비행에 영향을 줄 수 있으나, 활주로에서의 이착륙 과정에서는 바람 요소와 시정거리 등이 기체에 직접적으로 영향을 미칠 수 있으며, 비록 계기비행이 탑재되어 있는 항공기라고 할지라도 우리나라의 지역적 특성을 고려하면 이착륙 과정에서는 위험요소에 직면할 가능성이 많은 것이 사실이다. 따라서, 무인항공기 운용에 있어 기상학적 요소는 기체 및 기종의 특성에 맞게 정확히 검토되어야 한다.

2.2 풍속이 무인항공기 임무에 미치는 영향

최근 들어 군과 민간을 막론하고 무인항공기가 복잡한 환경에서 최적의 비행능력을 발휘할 수 있도록 기술이 발전하고 있으며, 특히 장시간 체공을 목적으로 하는 무인항공기의 경우 소형일수록 바람의 영향(풍향, 풍속)에 매우 취약하다[4-6]. 기종별로는 최초 무인항공기 설계 개념 수립 및 기술 수준에 따라 결정되며, 일반적으로 운용주체에서 세부적인 운용조건을 제시하여 운행을 통제하고 있다. 최근, 무인항공기의 활용 증가에 따라 현장에서 돌풍과 같은 예상치 못한 악기상에 의한 추락 등의 피해가 종종 발생하고 있으나, 실제 바람에 의한 영향을 고려하는 연구에서는 시뮬레이션 위주의 연구가 주를 이루고 있어 실제 비행과의 괴리가 발생하고 있다[7,8]. 따라서, 무인항공기를 포함한 항공기를 설계하는 민간 및 군용항공기 개발 규격서에는 일반적인 돌풍과 돌풍 조건에 의한 하중을 반드시 고려하도록 요구하고 있으며 [9,10], 제어 로직(logic) 역시 돌풍 조건을 극복하도록 요구하고 있다.

실제 현장에서 무인항공기를 운용하다보면 정해진 조건을 만족하는 기상조건(특히 풍속) 하에서도 예기치 못한 상황에 직면하여 사고로 이어지는 경우가 있다. 대기 중 바람은 이상적으로 불지 않고 시시각각 풍향과 풍속이 변화하기 때문에 실시간 조건을 충족하기는 쉽지 않으며 특히, 경량 무인항공기의 운용 조건에서는 더 열악한 것이 사실이다.

2.3 시계가 무인항공기 임무에 미치는 영향

항공기 운용에 제한을 주는 기상학적 요소 중 위에서 기술한 바람 외에 안개 또는 구름으로 인한 시계(또는 시정거리) 조건 역시 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만, 시계 역시도 지극히 자연적 현상이기 때문에 실시간 예측이 어려우며, 많은 부분이 수치모델이나 통계적 방법 등에 의존하여 항공기상지원을 하고 있다. 계기비행이나 시계비행 등을 막론하고 항공기 운항 중 안전한 이착륙을 통해 항공기와 운용요원의 안전을 보장하기 위해 하층의 시정 등 기상정보를 제공하는 것이 필요하다[11-13]. 이러한 시계 조건 중에서도 안개는 항공기의 이착륙에 직결되는 기상요소로서 예보관들에게는 매우 어려운 분야이다. 안개는 국지적인 기상현상이며 이를 모의하기에는 지면과 대기 하층의 상호작용의 모호성으로 인해 제한적인 부분이 많다. 미 공군에서는 이러한 안개를 예보하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 일부 높은 예측 정확도를 보이는 연구도 보고되고 있다[14].

안개는 지역별로 기상학적 특성을 보이기도 하지만 일반적으로는 구체적이며 정확한 예측은 쉽지 않은 것이 사실이다. 하지만, 안개는 항공기 이착륙 등 운용에 직접적으로 영향을 미치며, 항공기 운용상 제한사항으로 작용한다. 특히, 무인항공기는 조종사가 탑승하지 않기 때문에 항공기로부터 계속된 기상정보에 의존하여 지상에서 원격으로 항공기를 통제하는 특성상, 실시간 즉각적인 항공기 통제가 어려워 사고로 이어지는 경우가 유인기보다 많다.

3. 지역별 기상자료 분석

3.1 기초자료 획득 및 분석

기상청에서는 기상자료개방포털을 통해 한반도 전역의 기상자료를 제공하고 있다. 본 연구에서는 일부 관심 지역(파주, 동두천, 철원, 인제, 속초 등 전방의 무인항공기 운용이 가능한 임의지역 선정)을 대상으로 풍속과 시

정거리에 관심을 갖고 분석하였다. 본 연구에 활용된 기상자료는 지역별로 한 시간 단위로 측정된 자료로, 최근 10년 동안의 데이터를 기상청으로부터 획득하였다. 총 자료의 양은 436,929행 × 21열(21가지 기상요소)이며, 지역별, 연도별, 월별, 일자별, 시간별 자료의 양은 Table 1에서 보는 바와 같고, 지역별 기초분석 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 1. Data used in this Study

Category	Amount of Data (Average)	Remark
by Region	87,386	Dongducheon, Sokcho, Inje, Cheorwon, Paju
by Year	43,693	from 2013 to 2022
by Month	36,411	from Jan. to Dec.
by Day	14,096 (14,323)	from 1st to 31st (1st ~ 30th)
by Time	18,205	from 00 A.M. to 23 P.M.

Table 2. Source Data Analysis Results

Category	Ave. Temp. (°C)	Ave. Wind Sp. (m/s)	Ave. Wind D. (360deg)	Ave. Humidity (%)	Ave. Visibility (m)
Dongducheon	11.95	1.52	167.6	66.02	1872.0
Sokcho	13.02	2.01	211.4	64.02	1908.6
Inje	10.92	1.69	150.3	67.10	2996.9
Cheorwon	10.79	1.48	153.9	71.32	1972.1
Paju	11.11	1.47	143.0	71.98	1841.5

본 연구에서 관심이 있는 풍속과 시정거리를 기초 분석한 결과, 시간의 흐름에 따라 변화하는 추세 및 특정 연도에 이상 값이 일부 존재하는 것을 확인하여 최근 10년간의 데이터 평균값을 적용하였다.

3.2 풍속 분석

풍속은 무인항공기 운용에 중요한 기상학적 요소이다. 최근 10년간 측정 데이터를 기준으로 분석한 지역별, 월별 평균풍속은 Fig. 1에서 보는 바와 같으며, 속초가 다른 지역보다 월등히 높은 수치를 보이며, 다른 지역과는 반대로 겨울철 바람이 매우 세게 부는 것을 알 수 있다. 즉, 속초의 경우 연중 무인항공기 운용에 있어서 바람의 영향을 고려해야 하며, 특히 겨울철에는 많은 제한사항이 발생할 수 있음을 예측해 볼 수 있다.

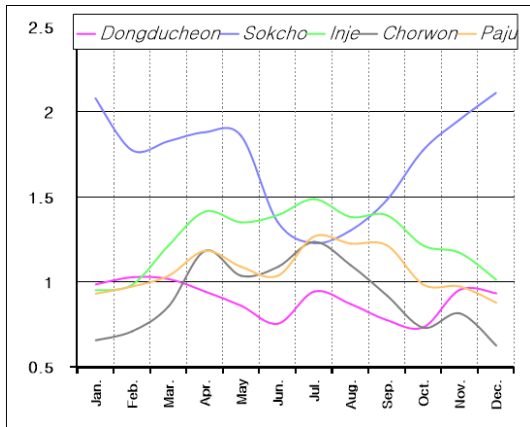


Fig. 1. Monthly Average Wind Speed by Region

Table 3은 지역별로 평균풍속이 각각 2m/s, 3m/s, 5m/s를 초과한 횟수와 전체 비율을 보여주고 있다.

Table 3. Results of Wind Speed Analysis by Region

Category	Ave. Wind Speed					
	≥ 2m/s		≥ 3m/s		≥ 5m/s	
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)
Dongducheon	23,966	27.4	11,624	13.3	2,109	2.4
Sokcho	36,355	41.6	17,662	20.2	3,364	3.9
Inje	32,304	37.0	15,987	18.3	1,351	1.5
Cheorwon	25,512	29.2	12,250	14.0	1,631	1.9
Paju	25,626	29.3	10,625	12.2	1,133	1.3

전체적으로 5m/s를 초과하는 경우는 전체의 2.2%에 불과하지만, 지역별로 많은 편차를 나타내고 있다. 속초의 경우 2m/s를 초과하는 경우는 41.6%이며, 5m/s를 초과하는 경우도 약 4%에 이른다. 기상청에서 제공하는 데이터는 시간별 평균풍속의 자료이며, 돌풍과 같은 순간최대풍속을 고려할 수 없다는 제한사항이 존재한다. 하지만, 전체적으로 지역별 풍속의 경향성을 파악하기에는 충분한 자료이다.

그리고 군사작전을 염두에 둘 때, 월별(계절별) 풍속 역시 중요한 요소이며, 월별 풍속 분석 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 월별 분석 결과에서도 다른 월에 비해 3, 4, 5월에 비교적 많은 바람이 분다는 것을 확인할 수 있다.

Table 4. Results of Monthly Wind Speed Analysis

Category	Ave. Wind Speed					
	≥ 2m/s		≥ 3m/s		≥ 5m/s	
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)
Jan.	11,163	30.7	5,474	15.0	652	1.8
Feb.	12,196	33.5	6,398	17.6	823	2.3
Mar.	15,083	41.4	8,302	22.8	1,396	3.8
Apr.	16,648	45.7	9,718	26.7	1,825	5.0
May	15,257	41.9	7,886	21.7	1,321	3.6
June	12,089	33.2	4,718	13.0	382	1.0
July	11,625	31.9	4,629	12.7	481	1.3
Aug.	10,490	28.8	3,808	10.5	386	1.1
Sep.	9,136	25.1	3,399	9.3	381	1.0
Oct.	9,348	25.7	3,832	10.5	487	1.3
Nov.	10,256	28.2	4,968	13.6	792	2.2
Dec.	10,472	28.8	5,016	13.8	662	1.8

그리고 풍속에 예민한 경량급 무인항공기 운용 시간대 편성 등을 고려하기 위해서는 시간대별 평균 풍속이 중요한 요소이다. Fig. 2는 지역별, 시간대별 평균 풍속 5m/s 이상인 횟수를 분석한 결과이다.

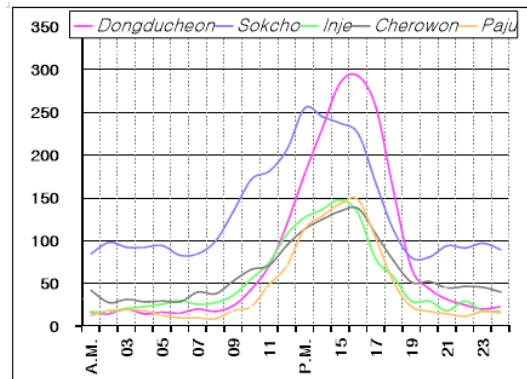


Fig. 2. Results of Wind Speed Analysis by Time Zone

시간대별 풍속 분석 결과를 살펴보면 일반적으로 오후 15시를 전후하여 바람이 많이 불고 있음을 알 수 있다. 이에 근거하여 바람에 영향이 많은 경량형 무인항공기의 운용 시간대를 분리하여 편성하는 방안이 필요할 것이다. 지역별로는 속초와 동두천이 다른 지역에 비해 바람이 많이 부는 추세를 확인할 수 있다.

또한, 일정 시간대를 기준으로 분석할 필요도 있으며, 예를 들어, 06시부터 09시까지 풍속이 5m/s를 초과하는 경우는 전체적으로 06~07시 177회, 07~08시 191

회, 08~09시 203회로 동이 트고 정오로 갈수록 풍속이 증가함을 알 수 있다. 이 경우 지역별로는 속초(281회) > 철원(115회) > 인제(88회) > 동두천(55회) > 파주(32회)로 낮가진 속초가 월등하게 높은 수치를 나타내고 있으며, 평야 지역인 철원 역시도 비교적 높은 것을 알 수 있다. 월별로 살펴보면, Table 5에서 보는 바와 같이 4월이 가장 높고, 5월 - 11월 - 3월 순으로 풍속이 5m/s를 초과하는 경우가 많은 것을 알 수 있다.

Table 5. Wind Speed more than 5m/s cases for each month

Month	Cases	Month	Cases	Month	Cases
Jan.	41	May	68	Sep.	30
Feb.	23	June	34	Oct.	43
Mar.	60	July	45	Nov.	65
Apr.	81	Aug.	38	Dec.	43

3.3 시정거리 분석

시정거리 역시 풍속과 같은 방법으로 분석을 진행하여 기상학적으로 갖는 특성을 찾아내 무인항공기 운용에 참고할 필요가 있다. Fig. 3은 고정의 무인항공기 운용을 위한 최소 시정거리를 2,000m로 가정하여 지역별, 월별로 시정거리가 2,000m 미만인 경우를 전체 기준 백분율(%)로 나타낸 그래프이다.

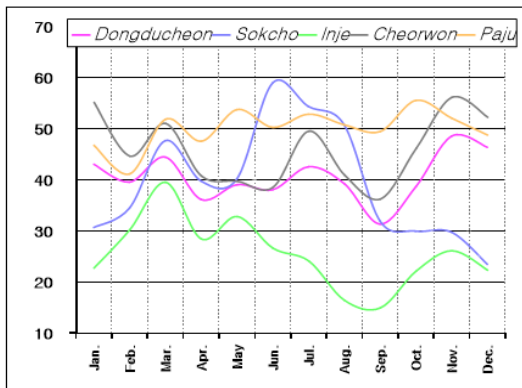


Fig. 3. Percentage of Monthly Visibility less than 2,000m

Fig. 3에서 보는 바와 같이 시정거리는 지역별로 추세를 확인할 수 있으며, 파주, 철원, 동두천은 연중 비교적 유사한 비율을 보이고 있고, 속초는 다른 지역에 비해 6월에 시정거리 확보가 더 제한적이며, 인제는 전반적으로 시정거리 확보에 유리함을 알 수 있다. 전체적으로는

9월이 다른 월에 비해 시정거리 확보에 가장 유리함을 알 수 있다.

시정거리 역시도 시간별로 나타내는 특성을 분석하기 위하여 지역별, 시간별로 시정거리가 2,000m 미만일 경우를 전체 기준 백분율로 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같다.

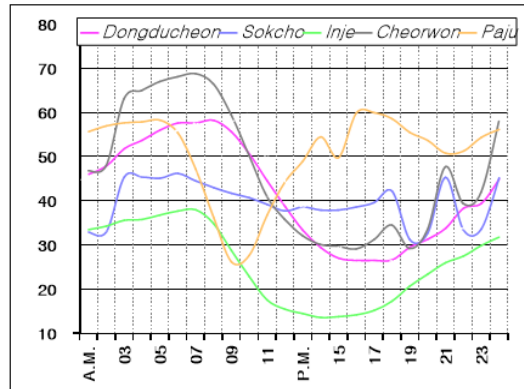


Fig. 4. Visibility Analysis by Time Zone

3.4 기상학적 요소를 고려한 지역 추천

본 연구에서 중점적으로 분석한 기상학적 요소인 풍속과 시정거리를 기준으로 월별 운용지역을 추천한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다.

Category	Month												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
D.D.C.	W.S.	[Blue bar]											
	Vis.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
S.C.	W.S.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
	Vis.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
I.J.	W.S.	[Blue bar]											
	Vis.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
C.W.	W.S.	[Blue bar]											
	Vis.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
P.J.	W.S.	[Blue bar]											
	Vis.	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]	[Red bar]
Recommended Region	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	

Fig. 5. Regional Optimization Results by Month

Fig. 5에서는 평균풍속 1.5m/s 이하인 경우와 시정거리 2,000m 미만인 경우에 근거하여 추천한 결과이다. 인제는 전 기간 시정거리 조건을 충족하였고, 파주는 전반적으로 조건을 모두 충족하지 못하였다. 유사한 방법

으로 시간대별로 지역을 추천한 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 여기서는 시정거리 조건은 같으며, 풍속조건을 5m/s 이상인 경우가 150회 미만인 경우로 설정하였다.

Category		Time												
		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
D.D.C.	W.S.	[Blue bars]												
	Vis.	[Red bars]												
S.C.	W.S.	[Blue bars]												
	Vis.	[Red bars]												
I.J.	W.S.	[Blue bars]												
	Vis.	[Red bars]												
C.W.	W.S.	[Blue bars]												
	Vis.	[Red bars]												
P.J.	W.S.	[Blue bars]												
	Vis.	[Red bars]												
Recommended Region		I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	I.J.	D.D.C.	I.J.	I.J.	S.C.	D.D.C.	D.D.C.	S.C.	S.C.
					P.J.	P.J.	P.J.	C.W.	C.W.	C.W.	C.W.	C.W.	I.J.	I.J.

Fig. 6. Regional Optimization Results by Time Zone

시간대별로 분석한 결과에서도 인제는 전체적으로 조건을 충족한 것으로 분석되었다.

Fig. 5와 Fig. 6을 참조하여 군사작전 임무특성을 고려하여 지역별로 월별(또는 계절별) 및 일일단위 시간대별 최적의 안배를 통해 무인항공기 운용 효율성을 제고시킬 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 기상측정 자료 중에서 2013년부터 2022년까지 10년 동안의 특정지역 풍속 및 시정거리를 빅데이터 분석하여 무인항공기 운용조건을 바탕으로 계절별(월별), 시간대별 운용효율을 높일 수 있는 방안을 제시하였다. 무인항공기 임무계획 수립시 작전상황, 공역 등 제한사항으로 동시 운용이 불가할 경우 계절 및 일일 시간대를 구분하여 통제하면 전반적인 무인항공기 운용효율을 제고시킬 수 있으리라 기대된다.

다만, 본 연구에서는 무인항공기 운용에 주로 영향을 미치는 풍속과 시정거리 요소만을 고려하였으며, 향후에는 기지별 특성을 고려한 추가 기상요소 적용 연구를 진행 예정이다. 또한, 기상청에서 제공하는 풍속 조건은 시간대별 평균 풍속으로 돌풍이나 순간 최대풍속은 고려되지 않아 이에 대한 적용 방안이 추가적으로 연구되어야 할 것이다.

야 할 것이다.

본 연구에서 제시한 기상학적 요소를 고려한 방법에 착안하여 운용부대(서) 및 임무계획 수립부서에서는 무인항공기 운용효율 제고를 위해 창의적인 방안을 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Korea Defense Industry Association, Dedef-nomics, Available From: <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=27715785&memberNo=38486222&vType=VERTICAL> (accessed June. 29, 2023)
- [2] Y. R. Kim, S. C. Lee, S. H. Ko, J. Y. Kang, "Development of the Program for the Unmanned Aerial Vehicle(UAV) Flight Test Planning through Atmospheric Considerations", *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Conference*, 2011, pp.797-800.
- [3] K. S. Ban, "Meteorological Factors Affecting Aircraft Safety", *Journal of Aviation Development of Korea*, Vol.2, 2002, pp.225-257.
- [4] G. Y. Byeon, S. H. Park, "Backward Path Following Under a Strong Headwind for UAV", *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol.42, No.5, 2014, pp.376-382.
- [5] B. H. Wang, D. B. Wang, Z. A. Ali, B. T. Ting, H. Wang, "An overview of various kinds of wind effects on unmanned aerial vehicle", *Measurement and Control*, Vol.52, No.7-8, 2019, pp.731-739. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0020294019847688>
- [6] J. Petrich, K. Subbarao, "On-Board Wind Speed Estimation for UAVs", *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2011-6223>
- [7] S. H. Park, S. H. Lee, B. U. Im, J. U. Yoo, S. J. Shin, "Precision simulation for unmanned aerial vehicle considering adverse flight conditions including gust", *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Conference*, 2019, pp.277-278.
- [8] B. H. Wang, Z. A. Ali, D. B. Wang, "Controller for UAV to Oppose Different Kinds of Wind in the Environment", *Journal of Control Science and Engineering*, Vol.2020, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/5708970>
- [9] S. W. Lee, J. S. Lim, S. K. Paek, "Aircraft Correlated Loads Analysis for Continuous Gust Condition", *The Society for Aerospace System Engineering Conference*, 2018, pp.511-512.
- [10] S. H. Kim, H. Y. Chun, J. H. Kim, R. D. Sharman, M.

Strahan, "Retrieval of eddy dissipation rate from derived equivalent vertical gust included in Aircraft Meteorological Data Relay (AMDAR)", *Atmospheric Measurement Techniques*, Vol.13, No.3, 2020, pp.1373-1385.

DOI: <https://doi.org/10.5194/amt-13-1373-2020>

- [11] S. K. Cheon, H. Lee, B. W. Lee, "Calculation of Aerial Meteorological Support Elements Using Meteorological Satellite Data: Estimation of Fog/Lower Cloud Thickness", *Korean Meteorological Society Conference*, 2011, pp.12-13.
- [12] F. Luo, C. X. Jiang, S. Yu, J. J. Wang, Y. P. Li, Y. Ren, "Stability of Cloud-Based UAV Systems Supporting Big Data Acquisition and Processing", *IEEE Transactions on Cloud Computing*, Vol.7, No.3, 2019, pp.866-877. DOI: <https://doi.org/10.1109/TCC.2017.2696529>
- [13] P. Highland, J. Williams, M. Yazvec, A. Dideriksen, N. Corcoran, K. Woodruff, C. Thompson, L. Kirby, E. Chun, H. Kousheh, J. Stoltz, T. Schnell, "Modelling of unmanned aircraft visibility for see-and-avoid operations", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, Vol.8, No.4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/juvs-2020-0011>
- [14] J. S. Hong, H. L. Kang, K. W. Oh, J. D. Hwang, "Analysis of Fog Stabilization Index (FSI) Threshold according to Fog Characteristics in Gwangju Base", *Korean Meteorological Society Conference*, 2021, pp.305-305.

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

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, 발사체-위성체 인터페이스, 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