

# 자율주행 UAM의 안전착륙을 위한 위험영역 추출에 관한 기초 연구

<sup>1</sup>박창민

## A Basic Study on the Extraction of Dangerous Region for Safe Landing of self-Driving UAMs

<sup>1</sup>Chang min Park

### 요약

최근, 도시 교통체계 운항으로 수직이착륙이 가능한 UAM(Urban Air Mobility, UAM)의 관심이 고조되고 있다. 따라서 첨단 기술이 적용된 친환경 미래형 교통수단으로 다양한 스타트업 기업에서 관련 기술들을 개발하고 있다. 하지만, UAM의 운항에서 안전성을 높일 수 있는 방안들에 관한 연구들은 아직 미미한 편이다. 특히, 자율주행이 탑재된 UAM이 도심에서의 착륙을 시도하는 과정에서 발생하는 위험에 대한 안전성을 향상시킬 수 있는 노력이 더욱 절실하다. 이에, 본 연구에서는, 도심에서 자율주행 UAM이 착륙을 시도 할 때, 방해가 되는 위험영역을 회피하여 안전하게 착륙할 수 있도록 하는 방안을 제안한다. 이를 위하여, 먼저, UAM의 센서에 의해 관측되는 위험물들의 위도 및 경도 좌표값을 산출하고, 이를 바탕으로, 3차원 영상에서 왜곡이 고려된 평면 영상의 좌표를 위도와 경도로 변환한 후 산출된 위도와 경도를 이용하여 미리 학습된 특징 서술자와HOG(Histogram of Oriented Gradients, HOG) 특징 서술자와의 비교하여 위험영역을 추출하는 방안을 제안한다. 위험영역을 완벽히 추출할 수는 없었지만 대체적으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 이에, 제안된 연구 방법이 자율주행 기술이 탑재된 UAM의 이착륙장 선정에 따른 막대한 비용을 줄이고, 도심과 같은 복잡한 환경에서 착륙을 시도할 때 위험성을 감소시키고 안전성을 높이기 위한 기초적인 방안에 기여할 것으로 사료된다.

### Abstract

Recently, interest in UAM (Urban Air Mobility, UAM), which can take off and land vertically in the operation of urban air transportation systems, has been increasing. Therefore, various start-up companies are developing related technologies as eco-friendly future transportation with advanced technology. However, studies on ways to increase safety in the operation of UAM are still insignificant. In particular, efforts are more urgent to improve the safety of risks generated in the process of attempting to land in the city center by UAM equipped with autonomous driving. Accordingly, this study proposes a plan to safely land by avoiding dangerous region that interfere when autonomous UAM attempts to land in the city center. To this end, first, the latitude and longitude coordinate values of dangerous objects observed by the sense of the UAM are calculated. Based on this, we proposed to convert the coordinates of the distorted planar image from the 3D image to latitude and longitude and then use the calculated latitude and longitude to compare the pre-learned feature descriptor with the HOG (Histogram of Oriented Gradients, HOG) feature descriptor to extract the dangerous Region. Although the dangerous region could not be completely extracted, generally satisfactory results were obtained. Accordingly, the proposed research method reduces the enormous cost of selecting a take-off and landing site for UAM equipped with autonomous driving technology and contribute to basic measures to reduce risk increase safety when attempting to land in complex environments such as urban areas.

**Keywords:** Self-driving UAM (Urban Air Mobility), dangerous region extraction, latitude and longitude coordinate, safe landing, HOG (Histogram of Oriented Gradients)

<sup>1</sup> 영산대학교 성심교양대학 교수(cmpark@ysu.ac.kr)

## I. 서론

도심 지역의 혼잡과 환경에 대한 스트레스 증가는 유인 및 무인 항공의 화물이나 여객을 운송하는 문제에 대한 혁신적이고 창의적인 해결책을 요구하고 있다. 최근, 인구밀집 지역과 도로 등에는 지상의 교통이 매우 심각하게 정체와 포화 상태로 변하고 있다. 이를 해결하기 위한 다양한 방안들이 도출되고 있지만 교통망 신규 확충에 막대한 비용이 요구되는 상황이다. 따라서, 지상의 교통망이 아닌 다차원적인 공중의 교통수단을 이용하고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 이를 위하여, 미국 및 유럽에서는 관련 과제를 수행하고 있으며 일부 스타트업 기업에서 다양한 기술 개발이 진행되고 있다[1][2]. 이를 기반으로 도시의 교통 혼잡을 피하고 사회적 비용 절감을 위해 이동성이 효율적이고 사회적인 생산성 향상에 기여할 수 있는 대체 수단으로 도심항공교통 (Urban Air Mobility, UAM)이 등장하였다. UAM은 도시 권역을 수직 이착륙(Electric Vertical Take-off and Landing, eVTOL)하는 개인용 비행체(Personal Air Vehicle, PAV)로 이동하는 공중 교통 체계를 의미한다. 이에, 2030 이후 본격적인 상용화 궤도에 오를 것으로 예상하고 있으며 인구밀집 지역에서의 운항에 대한 안전성, 편의성, 경제성 등을 종합적으로 해결할 수 있는 방안을 마련하고자 다양한 연구가 진행되고 있다[3][4].

세계경제포럼(WEF)은 LA 교통국과 함께 발표한 UAM의 7대 원칙 중에서 가장 중요한 요소는 안전성을 꼽았다. 또한, 미국 델로이트가 시행한 설문조사(약 3만 5천명)에 따르면, 응답자들의 대다수는 에어택시/드론 등이 도로 정체의 대안이 될 것으로 예상하지만 안전성에 대해서는 여전히 불안해하는 것으로 조사되었다[5]. 뿐만 아니라, 유럽항공안전청(EASA)설문에서는 UAM 도입 시 가장 우려가 되는 요소들 중에서 안전성이 2위로 조사되었다. 그리고, 한국에서도 UAM을 이용하고자 하는 응답은 80% 이상을 차지 하지만, 그렇지 않은 응답자의 경우에는 안전성의 문제를 가장 많이 지적하고 있다[6]. 따라서, UAM의 소비자 활용도 상승과 혁신적인 교통 수단으로 자리잡기 위해서는 안전성에 대한 신뢰 확보가 매우 시급한 것을 알 수 있다.

이와 관련하여, 도심 항공 모빌리티 이용 예상 지역의 인구 데이터를 수집 및 분석하고, 이를 군집화하여 UAM의 수직이착륙 위치 조정 여부를 결정하는 “도심항공 수직이착륙장 위치 선정 시스템”을 특허 출원하였다[7]. 이는 직장인들의 출퇴근과 학생 통학 등 이동하는 인구들의 통계를 기반으로 수요 데이터를 분석하고 그 군집에 속하는 데이터들을 중심으로 위치를 선정하는 시스템이다. 이는 UAM의 운항에 대한 안전성을 확보함과 동시에 인프라를 구축하기 위한 방안이다.

한편, 도심 항공 이동성을 위한 자율주행 운영 경로에 대한 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 이러한 연구는 대규모의 UAM들이 실현되기 전에 해결해야 하는 기술들을 중심으로 다양한 보완점들을 제시하고 있으며, 특히, 자율운행 UAM을 준비하기 위해서는 어떠한 기술들이 진화해야 하는지에 초점들을 맞추고 있다. 이에, 무인 항공기 시스템(Unmanned Aircraft Systems, UAS)에 대한 운영 개념이 궁극적으로 승객을 지원하기에 충분히 안전해질 수 있도록 하는 기술이 발전해야 한다고 주장하고 있다[8].

또한, [9]에 따르면, 2025년에 수도권 특정 노선에 대하여 UAM 서비스를 최초 상용화 하여 교통 체증 없는 항공 교통을 구현하고자 하는 계획을 발표하였다. 이를 위하여 현행 여객 운송 제도를 자율주행에 부합하도록 제도를 개편하고자 하는 방안을 마련하고 운전자가 필요 없는 완전자율주행 시대를 개막하고자 하는 방안을 제시하고 있다. 하지만, 자율주행 기술이 적용되는 다양한 교통 매체들 중에, 특히 항공 교통 수단은 주위 환경에 대하여 자율적으로 인지하고, 가장 알맞은 조건으로 운행되어 이착륙 중에 보행자나 시설물 등에 대한 안전성 확보 및 방해물들과의 사고를 예방하고 안전한 이착륙으로 탑승한 승객을 보호하는 것이 우선이다.

이에, 본 연구에서는 자율주행 기술이 탑재된 UAM의 착륙장이 특별히 정해지지 않은, 임의의 불특정 장소에 착륙이 안전하게 이루어질 수 있게 하기 위하여, 착륙 시에 위험물들의 영역을 추출하여 가장 적절한 장소에 안전착륙 할 수 있게 하기 위한 기초적인 방안을 제시한다. 따라서, [7]에서 제안하고 있는 이착륙장 선정에 대한 번거로움과 인프라 구축을 위한 막대한 비용을 지불하지 않고 자율주행 UAM 운영의 안전성을 보장할 수 있을 것이다.

2 장에서는 먼저, 자율주행 UAM의 착륙시 센서에 의해 획득되는 영상들에서 위험물들의 위도 및 경도 값 산출을 통해 좌표를 먼저 생성하고, 3 장에서는, 생성된 위험물들의 위도와 경도 좌표 값을 이용하여 위험영역을 추출하는 방안을 제안한다. 그리고 4 장에서는 이러한 연구를 기반으로 하여 실험의 결과를 보여주고 있으며, 5 장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## II. 위험물의 위도 값 및 경도 값

### 2.1 위도 및 경도의 좌표

자율주행 UAM의 운행은 기상 조건 등과 같은 환경적인 요소(바람, 돌풍, 안개, 미세먼지 등)에 매우 민감하기[10] 때문에 완벽한 수직착륙의 형태로 진행되지 않는다. 본 연구에서의 기초적인 위험물들은 사람 및 자동차 등으로 제한하여 실험이 이루어진다. 대부분의 항공 교통 기기와 마찬가지로, 착륙 시 UAM의 시각 센서에서 바라보는 영상은 하늘이라는 3 차원 공간에 의해 그림 1(b)와 같이 시각 범위로 표현될 수 있다. 따라서 [11]에서는, 2 차원 좌표로 관리되던 공간 정보가 3 차원 좌표로 확대되어 형성할 필요성이 대두되고 있으며, 특히 UAM의 운항에 안전사고를 방지하기 위해서는 이러한 다차원적인 공간정보의 데이터 활용이 부각된다고 제시하고 있다.

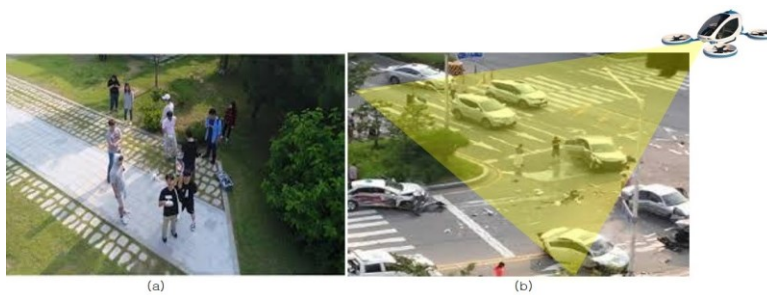


Figure 1. Illustration visible in UAM(a) and range of UAM visual sense(b)

일반적으로 사용되고 있는 좌표 계는 두 변수를 가지는 요소를 시각화 하기 위한 2 차원(평면) 영상의 좌표계(그림 2(a))와 세 변수를 가지는 요소를 시각화 할 때 활용되는 3 차원(공간)영상의 좌표계(그림 2(b))로 이루어진다. 따라서, 지구상의 위치를 나타내기 위해서는 위도와 경도로 표현되는 3 차원 구면의 좌표계(그림 2(c))를 의미한다. 이는 지구 타원체에서 위도 및 경도의 각도를 통해 위치를 나타내는 좌표계로 가장 많이 사용되며 기본이 되는 좌표계이다.

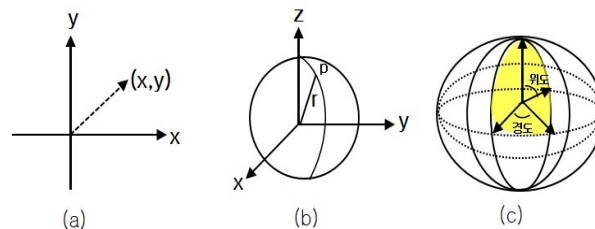


Figure 2. Plane, Space and Spherical Coordinate Systems

### 2.2 위험물의 위도 값 및 경도 값

UAM의 착륙시 센서에 의해 관찰되는 시야각도 범위 안의 물체(그림 1(b))들을 그림 2(c)와 같은 구체에 투영하게 되면, 위도가 높거나 낮은 경우 대체적으로 더 작은 범위를 동일한 픽셀로

표현되기 때문에 위도에 따라 사실과 다른 왜곡된 현상이 발생한다. 따라서 그림 2(a)와 같은 평면 영상 좌표에서의 모든 물체들의 픽셀은 구체 영상에서 위도, 경도 및 반지름(원점에서 p까지의 거리: 그림 2(b))  $(\varphi, \gamma, r)$  으로 변환되어 나타나게 된다. 하지만, 모든 픽셀은 가상적인 구체 위에서 존재하기 때문에  $r=1$  은 단위벡터로 처리되므로  $r$  을 제외하고,  $(\varphi, \gamma)$  만 활용하게 되면 영상의 모든 픽셀 표현이 가능하다. 따라서, 그림 2(a)의 평면상의 영상 좌표  $(x, y)$  를 위도 및 경도로 변환하면 수식 1 과 같이 표현된다.

$$\varphi = \pi\left(\frac{y}{H} - 0.5\right), \gamma = \pi\left(\frac{x}{W} - 0.5\right) \begin{cases} H: \text{Height} \\ W: \text{width} \end{cases} \quad (1)$$

수식 1 에서,  $\varphi$  는 그림 2(c)의 3 차원 공간에서  $z$  축과 이루는 각도를 의미하고 있으며,  $\gamma$  는  $x$  축과 이루는 각도를 표현하고 있다. 뿐만 아니라, 3 차원 영상에서의 좌표는 공간상의 세 축을 중심으로 회전하는 변환을 통해 나타난다. 따라서,  $y$  축을 중심으로 회전하면 위도의 이동을 이행하게 되고,  $z$  축을 주축으로 회전하게 되면 경도 이동을 이행한다. 이에, 물체들의 위도 및 경도를 3 차원 공간상의 좌표로 변환 하게 되면 수식 2(a)와 같이 나타낼 수 있으며, 이와 반대로 3 차원 공간상의 좌표를 위도 및 경도의 좌표로 변환하기 위해서는 수식 2(b)로 나타낸다.

$$x = \cos(\varphi) \cos(\gamma), \quad y = \cos(\varphi) \sin(\gamma), \quad \sin = (\varphi) \quad 2(a)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \varphi = \arccos\left(\frac{x}{r}\right), \quad \gamma = \arctan\left(\frac{y}{z}\right) \quad 2(b)$$

### III. 위험영역 추출

자율주행 기능이 탑재된 UAM의 자동 안전착륙은 도심항공 교통에서의 성공적인 정착을 위해서 반드시 필요한 중요 기술이다. 특히, 인구 밀도가 높은 지역의 보행자나 복잡한 도로의 차량이 많은 경우 사전에 착륙 지점을 찾아 안전하게 이루어져야 한다. 최근, 스테레오 카메라 또는 RGB-D 카메라를 기반으로 3 차원 경로계획을 설정하고 안전착륙을 유도할 수 있는 연구들이 진행되고 있다[12]. 하지만 이러한 연구들은 카메라 기반 매핑 알고리즘으로 연산 양이 많고 처리 속도가 느리다는 단점을 안고 있다.

본 연구에서는, 비교적 단순한 연산으로 불특정 환경에서의 사람, 자동차 등의 위험물들의 좌표를 생성하고, 이들 영역을 자동으로 추출하여 안전한 착륙을 유도하고 자율주행의 신뢰도와 안전성 향상을 위한 방안을 제시한다. 이러한 위험영역을 추출하기 위하여, 먼저 UAM 센서에 포착된 영상에서 픽셀 값들의 변화와 기울기 방향 분포 산출을 위하여 HOG 특징 벡터[13] 기술자를 활용한다. 이는, 제한된 영역에서 근접해 있는 픽셀들간의 밝기 차이를 활용하여 픽셀 변화량의 각도와 크기를 고려한 히스토그램 형태의 특징을 산출하고, 평면과 떨어진 거리를 계산하여 가장 신뢰성이 높은 영역에서 위험물들의 영역을 추출할 수 있다. 하지만, 3 차원 영상에서는 평면 영상과는 다른 특징 때문에 3 차원 영상의 좌표계에 적용해야 한다. 이는, 2.2 장에서 언급한 왜곡된 결과가 산출될 수 있기 때문에 [13]의 특징 서술자 검출 시 셀 단위로 보정이 필요하다. 이를 위하여, 본 연구에서는 먼저 입력영상을 2x2 셀로 분할하고, 각 셀에 대하여 9x9 픽셀로 설정한다(그림 3).

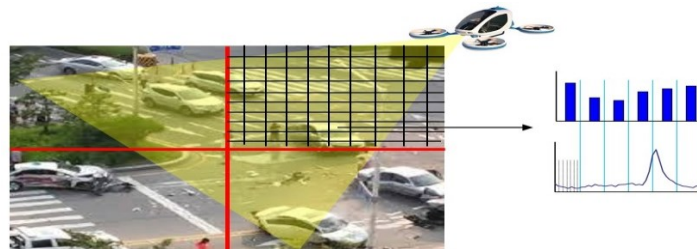


Figure 3. Examples of cell division and pixel setting of an input image

언급하였듯이, 3-D 영상은 평면 좌표(x, y)가 아닌 위도와 경도의 산출을 이용해 나타내는 구면 좌표계를 사용한다. 따라서, 평면 영상의 좌표를 위도와 경도로 변환한 후 산출된 위도와 경도를 이용하여 3 차원 영상에서의 왜곡이 고려된 픽셀의 좌표를 찾는다. 그 후, 영상의 왜곡된 영역을 셀 별로 획득한 후, 왜곡이 보정된 영역으로 변환하여 기울기의 분포를 산출한다. 왜냐하면 구면 좌표계의  $\varphi$  가  $0^\circ$ 인 위치는 왜곡이 없는 영역이기 때문이다[14]. 따라서,  $\varphi$  가  $0^\circ$ 인 영역을 기준점으로 하여 특정한 위도와 경도를 포함하고 있는 셀을 영상의 왜곡된 한 개의 영역으로 간주하고, 3-D 공간상의 세 축을 기반으로 회전된 변환을 통하여 왜곡된 정보가 보정된 영상의 좌표를 구할 수 있다. 따라서 3 차원 영상에서 평면 좌표(x, y)에 대해서 대응되는 보정된 영상의 영역 좌표( $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$ )는 수식 3 과 같이 표현된다.

$$x' = \frac{\arccos\left(\frac{\left(\frac{W}{\pi}\right)\cos(\varphi)\cos(\gamma) - (x - x_p)\sin(\varphi) + (y - y_p)\cos(\varphi)\sin(\gamma)}{\omega}\right) + \frac{\pi}{2}}{\pi} H \begin{cases} x_p, y_p: \text{Projected pixel value} \\ \omega = \sqrt{\left(\frac{W}{2\pi}\right)^2 + x_c^2 + y_c^2} \end{cases} \quad (3)$$

$$y' = \frac{\arctan\left(\frac{\left(\frac{W}{\pi}\right)\sin(\varphi)\cos(\gamma) - (x - x_p)\cos(\varphi) + (y - y_p)\sin(\varphi)\sin(\gamma)}{\omega}\right) + \pi}{2\pi} W \begin{cases} x_p, y_p: \text{Projected pixel value} \\ \omega = -\left(\frac{W}{\pi}\right)\sin(\varphi) + (x - x_p)\cos(\varphi) \end{cases}$$

수식 3 을 통해 산출된 영역 좌표를 3 차원 영상에서 왜곡이 고려된 좌표로 보고, [13]의 특징 벡터를 구한다. 그러나, 왜곡이 고려된 좌표는 다양한 좌표들 사이에 존재하기 때문에 본 연구에서는 양선형 보간법[15]을 활용하여 주위에 가장 근접해있는 4 개의 픽셀 값들에 대한 거리의 정도를 나타내는 weight 를 이용하여 픽셀들의 새로운 좌표를 생성하게 되는데, 이 값을 이용하여 셀의 픽셀들에 대한 기울기 분포로 HOG 특징을 산출한다. 이와 같이, UAM 에서 바라보는 3 차원 영상에서의 위험영역 추출을 위해 미리 학습된 HOG 특징 서술자와 위도와 경도에 의한 HOG 특징 서술자와의 비교하여 위험물이 존재하는 위험영역인지 아닌지를 판단한다.

그림 4 는, 그림 1(a,b)에서 제시한 영상을 대상으로 위험영역 추출의 결과를 2 진 영상으로 보여주고 있다. 그림 4(a)에서 보면 위험물들이 대체적으로 밀집되어 있는 것을 알 수 있으며, 그림 4(b)에서는 복잡한 도로에서 자동차와 보행자들이 섞여 있는 상태에서 위험영역이 전반적으로 넓게 분포되어 추출된 결과를 보여주고 있다. 따라서, 자율주행의 UAM 은 이러한 결과를 바탕으로 착륙의 안전한 위치를 찾는 데 주요한 정보로 활용할 수 있을 것이다.



Figure 4. Results images of the dangerous Region extraction

#### IV. 실험 및 토의

본 연구에서는 자율주행 기술이 탑재된 UAM 이 불특정 장소에 착륙시 위험이 되는 영역들을 자동으로 추출하여 안전하게 착륙할 위치를 찾기 위한 방안을 제시하였다. 실험을 위해 사용된 영상들은 UAM 의 시각 센서를 통한 실제적인 영상을 얻을 수 없어, 이와 유사한 환경을 가진 드론 촬영 영상들을 대상으로 하였다. 또한 실험의 타당성을 확보하기 위해 유동 인구가 많거나 자동차의 통행량이 많은 도심의 영상들과 그렇지 않은 비교적 단순한 영상들을 다양하게 활용

하였다. 그림 5는 100개의 실험 영상들 중에, 제시한 방안을 이용한 실험 결과의 대표적인 영상들을 보여주고 있다. 그림 5(a~c)에서는, 위험영역이 일정한 장소에 집중되어 추출된 결과로 안전착륙 장소 획득에 비교적 용이한 것으로 나타나는 것에 비해, (d)~(e)에서는 위험영역들이 전반적으로 넓게 분포되어 안전착륙에 다소 어려움이 있을 것으로 예상되는 결과이다. 이러한 장소는 사고가 발생할 수 있는 가능성이 높은 장소이기 때문에 가능한 이와 같은 장소를 회피하고 안전성과 신뢰성이 높은 지점을 찾아 착륙을 시도할 것이다.

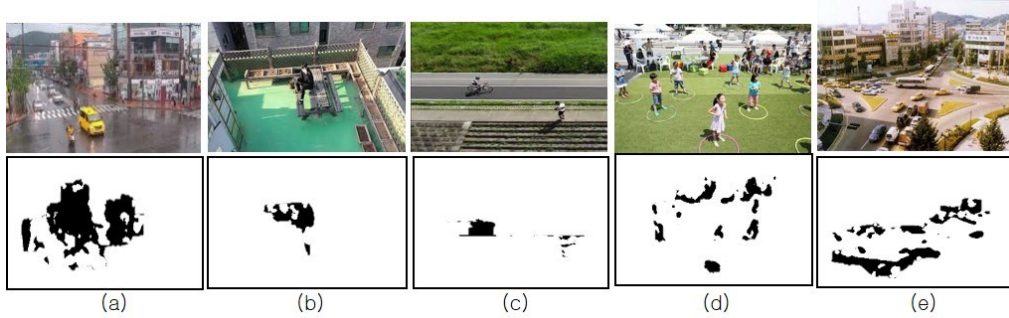


Figure 5. Experimental results

한편, 본 연구에서 제안한 위험영역 추출의 타당성을 위하여 실험 영상들에 대하여 사람의 시각으로 보았을 때 위험물로 판단되는 위험영역을 수동으로 추출한 결과와 [13]에서 제안한 방법, 제안된 방법으로 추출한 결과를 비교하여 추출정확도( $AC$ )를 실험해 비교 분석하였다. 수식 4에서,  $R$ 은 사람의 시각에 의해 수동으로 추출된 영역을 나타내고,  $E$ 는 제안된 방법으로 추출된 방해영역이다.  $S_R$ 는  $R$ 의 크기,  $S_U$ 는  $R - (R \cap E)$ 의 크기를 나타낸다. 그리고 정확도는 제안한 방법으로 추출된 영역이 사람 시각에 의해 수동으로 추출된 영역과 정확하게 일치하는 경우 최대 1이 된다. 따라서, 위험영역이 일부 추출되지 않거나 위험영역이 아닌 영역이 포함되어 있을 경우 정확도는 낮게 나타나게 된다.

$$AC = \frac{S_R - (S_U + S_E)}{S_R} \quad (4)$$

그림 6은, 제안된 방법과 [13]의 방법을  $AC$ 의 결과를 100개의 실험영상에 대하여 수식 4를 활용하여 추출정확도를 비교한 그래프이다. 제안된 방법의 정확도는 다양한 환경에 대하여 위도와 경도의 기화학적 특성이 고려되어 비교적 낮은 수치로 산출되는 경우가 빈번하지만, 전반적으로 정확도의 분포가 고루 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 추출하고자 하는 영역의 결과가 신뢰할 수 있는 결과로 판단됨을 알 수 있다. 반면, [13]의 알고리즘은 위험영역을 추출하기 위한 지역적인 기울기 값의 분포를 구하기 때문에 위험물의 전체적인 부분이 추출되어야 하는 단점이 있기 때문에 전반적으로 정확도가 다소 떨어지는 것으로 분석된다. 따라서, 제안된 알고리즘은 다양한 환경에서 운행되는 자율주행 UAM 안전착륙의 단점을 보완하고 도심항공운행의 안전에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 방안이 될 것으로 사료된다.

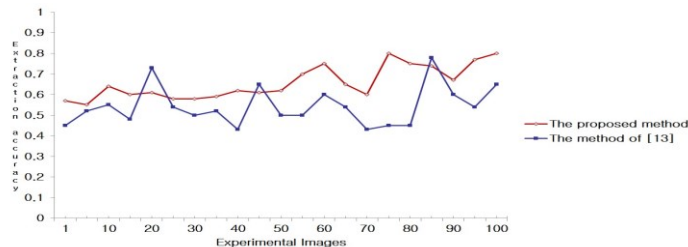


Figure 6. Comparison of extraction accuracy

## V. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는, 도심 항공 안전 이동성을 위하여 자율주행 기능이 탑재된 UAM의 수직착륙 안전성을 위한 방해영역 추출에 대하여 비교적 간단한 연산으로 해결할 수 있는 방안을 제안하였다. 도심에서의 항공 운항은 무엇보다도 승객이나 주위 환경에 대한 안전성이 강조된다. 특히, UAM의 착륙장이 특별히 정해지지 않은 임의의 불특정 장소에 착륙이 이루어질 경우 방해가 되는 요소들이 수없이 많이 존재하기 때문에 이를 회피하여 안전하게 착륙하는 것이 매우 중요하다. 이러한 문제점들을 개선하기 위하여, 방해물의 위도 및 경도 값을 산출한 후 방해영역을 추출하고, 이를 피하여 안전하게 수직착륙 할 수 있는 방안을 마련하였다. 제안된 방법은, 도심의 복잡한 환경에서 자율주행 UAM 수직착륙의 단점을 보완하고 안전성을 높일 수 있는 방안이 될 것으로 사료된다. 향후 연구 방향으로는, UAM의 운항이 주야간 모두에 안전성을 높일 수 있는 보다 다양하고 정밀한 방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

## VI. 감사의 글

이 논문은 2023 학년도 영산대학교 교내연구비의 지원에 의해 이루어진 것임.

## VII. 참고문헌

- [1] Liu. Y. et.al., “Overview of Recent Endeavors on Personal Aerial Vehicles,” Progress in Aerospace Sciences, Vol. 91. 2017
- [2] Moore. M.D., “Personal Air Vehicles: A Rural Regional and Intra-Urban On-Demand Transportation System,” AIAA Paper 2003-2646
- [3] Industrial tech. Policy Center, “UAM Status and Development Direction as a New Industry”, KIAT, Sep. 2022
- [4] FAA, “Urban Air Mobility(UAM) Concept of Operations v 1.0: [http://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM\\_ConOps\\_v\\_1.0.pdf](http://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM_ConOps_v_1.0.pdf)”, pp. 8, 2020
- [5] WEF, “Principles of the Urban Sky”, Sep. 2020
- [6] H. J. SIM., “UAM Global industry trends and future challenges”, KTA, Vol. 22, 2021
- [7] H. Y. Huang, “Urban Air Mobility vertical Take-off and Landing Location Selection System”, P. 10-2022-0165908, Industrial and Cooperation Group, Sejong Uni. Jun. 2021
- [8] A. Mathur, K. Panesar, J. Kim, “Paths to Autonomous Vehicle Operations for Urban Air Mobility”, AIAA Aviation Forum, Jun. 2019
- [9] Policy Briefing, “2027 will open the era of “full self-driving.” Three years later, commercialization of UAM”, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sep. 2022
- [10] Y.J. Lee, et.al, “Flight Routes Establishment Through the Operational Concept Analysis of UAM System”, J. Korean Soc. Aeronaut., Nov. 2020
- [11] G.S. Kim, “Get on the metaverse for 3D spatial data”, The JoongAng, Jan, 2022
- [12] P. L. Franca Albuquerque, “Domain adaptation in unmanned aerial vehicle landing using reinforcement learning”, Master Thesis in Computer Science, Uni. of Nebraska-Lincoln, 2019
- [13] N. Dalal & B. Triggs, “Histograms of oriental gradients for human detection”, In Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR. Jun. 2005
- [14] H. T. Kim, “Fisheye Image Correction with Ellipsoid Model”, JKIECS, vol. 10, no. 2, 177-182 Oct. 2015
- [15] D. B. Rowe, “BiLinear, Bicubic, and In Between Spline Interpolation”, Dept. Math, Stat and CS, Uni. Marquette, Feb. 2018

## 저자소개



### 박창민 (*Chang Min Park*)

1996 년 2 월 독일 도르트문트대학교 공학석사  
2006 년 2 월 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
1997 년 9 월 ~ 현재 영산대학교 성심교양대학 교수

관심분야: 영상검색, 영상이해 및 추출