

UAV 기반 외래거북 탐지를 위한 광학문자 인식(OCR)의 가능성 평가*

임태양¹⁾ · 김지윤¹⁾ · 김휘문¹⁾ · 강완모²⁾ · 송원경³⁾

¹⁾ 단국대학교 환경원예·조경학과 대학원 학생 · ²⁾ 국민대학교 산림환경시스템학과 교수 ·

³⁾ 단국대학교 환경원예·조경학부 교수

Feasibility of Optical Character Recognition (OCR) for Non-native Turtle Detection*

Lim, Tai-Yang¹⁾ · Kim, Ji-Yoon¹⁾ · Kim, Whee-Moon²⁾ · Kang, Wan-Mo³⁾ and Song, Won-Kyong⁴⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Horticulture and Landscape Architecture, Dankook University, Student,

²⁾ Department of Forestry, Environment, and Systems, Kookmin University, Professor,

³⁾ School of Environmental Horticulture and Landscape Architecture, Dankook University, Professor.

ABSTRACT

Alien species cause problems in various ecosystems, reduce biodiversity, and destroy ecosystems. Due to these problems, the problem of a management plan is increasing, and it is difficult to accurately identify each individual and calculate the number of individuals, especially when researching alien turtle species such as GPS and PIT based on capture. this study intends to conduct an individual recognition study using a UAV. Recently, UAVs can take various sensor-based photos and easily obtain high-definition image data at low altitudes. Therefore, based on previous studies, this study investigated five variables to be considered in UAV flights and produced a test paper using them. OCR was used to monitor the displayed turtles using the manufactured test paper, and this confirmed the recognition rate. As a result, the use of yellow numbers showed the highest recognition rate. In addition, the minimum threat distance was confirmed to be 3 to 6m, and turtles with a shell size of 6 to 8cm were also identified during the flight. Therefore, we tried to propose an object recognition

* 이 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술 개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (2021002280001)

First author : Lim, Tai-Yang, Dept. of Landscape Architecture, Dankook University, Student,
Tel : +82-41-550-6273, E-mail : sunclq08@gmail.com

Corresponding author : Song, Won-Kyong, Dept. of Landscape Architecture, Dankook University, Professor,
Tel : +82-41-550-3636, E-mail : wksong@dankook.ac.kr

Received : 7 September, 2022. **Revised** : 7 October, 2022. **Accepted** : 21 September, 2022.

methodology for turtle display text using OCR, and it is expected to be used as a new turtle monitoring technique.

Key Words : *Drone, Alien Species, UAV, Avoidance distance*

I. 서 론

전 세계적으로 침입외래종의 피해가 증가함에 따라 생물다양성 감소 및 서식지 파괴 등 문제점이 발생하고 있다(Mack *et al.*, 2000). 외래생물에 대한 문제가 발생함에 따라 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD) 및 생물다양성과학(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES) 기구 등 국가적인 협약 및 정책을 제안하며 문제를 해결하고자 노력을 기울이고 있다(CBD, 2014; IPBES, 2019). 국내에서는 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」을 개정하여 생태계교란 생물을 규정하고 있으며 2020년 기준 총 35건의 생물이 기록되어 지속적인 관리를 진행하고 있다. 또한, 국내 외래종의 확산을 방제하고자 외래생물 관리계획을 수립하고 조사·위해성 평가·생태계교란 생물 지정·위협 생물 퇴치사업 등 관리 및 방제에 기여하고 있다(Ministry of Environment, 2014a; Ministry of Environment, 2019). 생태계교란 생물 모니터링을 진행하여 생물의 분포 및 출현을 파악하고 전국적인 외래종 실태조사를 진행하여 지속적인 관리를 하고 있다(Ministry of Environment, 2014b). 국내 위협 외래종 모니터링을 지속적으로 진행하고 있으나 이동·확산에 따른 현장 조사 시 비용 및 시간의 소모로 효율적인 관리에 대한 어려움이 존재한다(Koo *et al.*, 2019).

침입외래종 중 거북 종의 경우 국내 유역 간 이동을 통해 전국적으로 이동·확산이 진행되어 국내 담수 생태계 내 문제로 부상하고 있다(Ministry of Environment, 2014a). 외래거북 종

은 애완, 낚시, 종교, 조경 등 여러 이유로 수입되어 국내 생태계 내 방생되어 강한 번식력 및 생존력을 토대로 토착종 간의 먹이 및 자원경쟁 등 국내 위협 외래종으로 지정되어 관리하고 있다(Lee *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2016; Koo *et al.*, 2017).

최근 UAV(Unmanned Aerial Vehicle), 위치추적기(GPS), 카메라 트래핑과 같은 등 비침습적인 모니터링 방법이 주목받고 있다(Barreto *et al.*, 2021; Christensen and Chow-Fraser, 2013). UAV 모니터링은 대상지의 실시간 관측, 개체 탐지, 환경요인 분석, 서식지 환경변화 파악 등 모니터링 연구의 기초자료로 활용이 가능하다(Bogolin *et al.*, 2021; Gonzalez *et al.*, 2016). 또한, UAV는 작은 크기 및 고해상도 카메라 장착 등 사람이 접근하기 어려운 대상지의 조사가 가능하며 RGB, LiDAR, Multispectral 등 여러 센서를 활용한 공간 단위의 데이터 취득이 가능한 장점이 존재한다(Liu *et al.*, 2015; Sankey *et al.*, 2017).

최근 무선 추적, PIT 등 포획을 기반한 방법으로 추적기를 부착하여 개체의 이동성 및 실시간 위치를 탐지하는 방법이 활용되고 있다(Godley *et al.*, 2008). 이는 일정 기간 내 신호에 따라 위치 신호를 인공위성 또는 통신망 등을 통해 수신하여 출현 정보에 대한 데이터를 취득하는 방식으로 활용되고 있으나 높은 비용, 좌표의 오차, 수신 감도 등의 한계가 존재한다(Cooke *et al.*, 2013; Schofield *et al.*, 2017; Cagle *et al.*, 1939; Cochrane *et al.*, 2019). 따라서 앞선 단점을 보완하고자 UAV를 활용한 개체식별 연구가 진행되었으며 넓은 대상지 내 효과적인 종 식별이 가능한 장점이 존재한다(Gray

et al., 2018). 또한, UAV 비행 시 많은 영상을 촬영하기에 분석을 효율적으로 처리하기 위해 최근 YOLO, R-CNN 등 머신/딥러닝의 훈련과정을 거쳐 영상 내 객체를 탐지하고 이를 추출하는 방법 사용되고 있다(Liu *et al.*, 2018).

훈련 및 데이터를 통한 개체식별 기법은 많은 영상을 분석하여 개체를 식별하는 것에는 효과적이나 식별된 개체의 정보(등갑 크기, 성별 등)를 제공하는 일은 어려운 실정이다(Zhao *et al.*, 2019). 또한, UAV 이용한 카메라 센서 활용 시 왜곡, 광도 등 외부요건의 영향을 크게 받으며 이는 개체식별 연구 시 많은 영상 데이터를 요구하게 된다(Bazi and Melgani, 2018). 또한, UAV를 활용 시 소음, 형태 등 종의 교란을 야기시킬 수 있기에 이러한 점에 유의해 모니터링을 진행하여야 한다(Hodgson and Koh, 2016). 따라서 UAV를 활용해 개체 단위의 외래거북 이동 및 확산에 대한 연구가 필요하며 개체정보를 파악 가능한 모니터링 연구가 필요한 실정이다.

마킹 기법은 거북류 포획 시 개체 간 구분 및 식별에 사용되는 기법으로 이러한 마킹 방법 중 페인트 마킹 기법은 등갑에 도료를 통한 텍스트를 기입하는 방식으로 개체를 구분하고자 할 때 사용하는 방법이다(Krebs 1999). Dunstan (2020) 연구에서 흰색 페인트 마킹을 통한 바다거북 식별 시 마킹을 진행한 종과 마킹하지 않은 종별 UAV 인식의 차이가 발생한 것으로 확인되며 이는 바다에서 육안과 UAV를 사용해 식별 시 3m 더 깊은 곳에서 식별 및 육안보다 UAV 사용 시 효과적인 것으로 확인되었다.

OCR은 이미지 내 문자를 식별하고 출력하는 기술로 문서 작업에서 많이 사용되는 기법이다(Memon *et al.*, 2020). 등갑 마킹을 활용하여 개체 구분 시 OCR를 활용해 텍스트를 인식하여 개체를 식별하고자 한다. 또한, UAV 촬영 및 OCR 분석 과정에서 존재하는 변수를 찾아 효율적인 방법을 제안하고자 하며 테스트 시트를 제작해 이를 기반으로 OCR 분석 시 개체 인식의

효율성을 확인하고자 한다.

본 연구는 테스트 시트 기반 UAV를 활용하여 취득된 영상을 OCR을 활용해 테스트 시트 내 개체에 대한 정확한 인식 및 식별을 통한 모니터링 방법을 제안하고자 한다. 또한, OCR 분석 시 물리적인(빛, 환경 등) 공간 특성에 따른 테스트 시트를 토대로 효과적인 방법론을 확인하여 향후 UAV 기반 민물 거북 중 모니터링의 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. UAV를 활용한 최소 회피 거리 측정

연구에 사용한 드론은 Parrot사의 ANAFI Thermal을 사용하였다. ANAFI Thermal은 218×69×64mm 및 315g으로 소형드론에 속하며 비행 시 소음이 적은 것이 특징이다. Thirtyacre *et al.* (2021) 연구에 따르면 20m 높이에서 DJI 사의 Mavic pro, Skydio 사의 Skydio2 드론에 비해 ANAFI Thermal 드론의 소음이 더 낮은 것으로 확인되었다. 드론 기반 생물 중 모니터링 시 소음에 대한 교란의 요인은 명확하지 않으나 종에 미치는 영향을 최소화하고자 저소음 소형 비행기를 사용해 모니터링을 진행하였다(Duporge *et al.*, 2021).

UAV 기반 모니터링 시 종에 대한 교란을 최소화하고 회피 거리를 고려한 비행을 진행해야 한다(Escobar *et al.*, 2020). 회피거리는 종의 청각, 위험을 느끼는 거리, 서식지 특성에 따라 회피거리는 각기 다르며 이러한 것을 고려해야 한다(Bevan *et al.*, 2018). 따라서 거북류 모니터링 시 회피 거리(Avoidance distance)를 고려하고자 선행연구를 확인하였다. Vulko, (2017) 연구에 따르면 형태 및 소음으로 드론의 식별 시 도망가는 것을 회피 거리로 제안하였으며 회피 거리 측정 시 민물 거북류의 회피 거리는 10m로 확인되며 UAV 비행 시 회피 거리를 고려한 비행이 필요하다고 하였다. 또한, Bevan, (2018) 연구에서

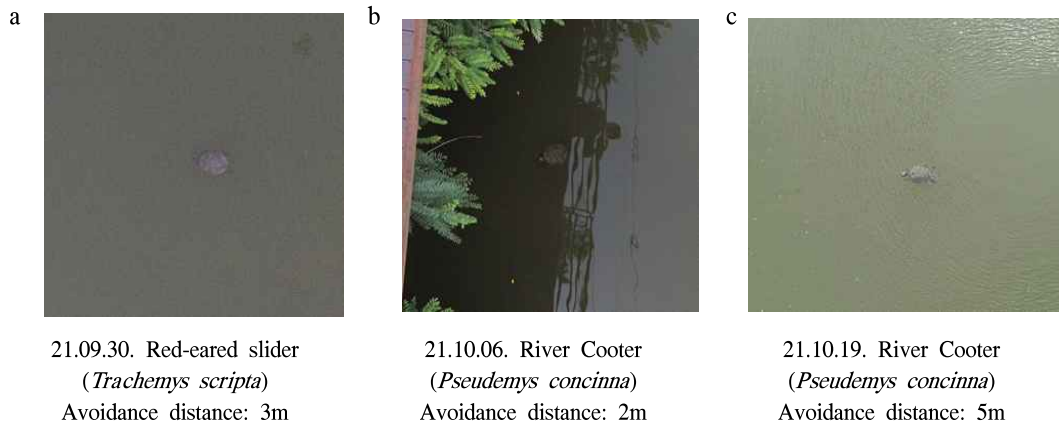


Figure 1. Using UAV to measure threats for species in a Avoidance distance(a, b: ANAFI Thermal, c: Phantom 4)

바다거북의 윤리적인 회피 거리로 10m로 확인되었다. 앞선 선행연구를 고려하여 ANAFI Thermal을 고도 10m 높이에서 0.3m/s의 속력으로 하강 후 1m 단위로 영상 촬영을 진행하였으며 이내 거북류가 위협을 느끼고 회피 시 해당 고도를 확인하여 회피 거리를 기록하였다.

촬영 대상지는 충남 천안시 동남구 안서동에 위치한 연화지로 사전 중 동정 전문가와 동행하여 현장 조사를 진행하였다. 현장 조사 결과 연화지 내 붉은귀거북(*Trachemys scripta*), 리버쿠테(*Pseudemys concinna*) 등 여러 외래거북 종의 서식이 확인되었다. 2021년 9월 30일, 10월 6일 두 번에 걸쳐 UAV를 활용해 외래거북류의 회피 거리를 측정하였다. UAV 기반 외래거북류의 회피 거리를 측정한 결과 2개체(리버쿠테, 붉은귀거북)가 포착되었으며 회피 거리 확인 시 리버쿠테는 고도 2m, 붉은귀거북은 고도 3m까지 하강하였을 때 회피하는 것을 확인하였다 (Figure 1).

2021년 10월 19일 다른 드론 사용 시 소음으로 인한 회피 거리가 발생하는 것을 확인하고자 DJI사의 Phantom4를 사용해 회피 거리를 확인하였다. 그 결과 대상지 내 서식하는 리버쿠테 종의 회피 거리는 5m로 확인되었다. 이를 통해 Phantom4 사용 시 ANAFI Thermal에 비해 큰 소음으로 인한

회피 거리가 증가한 것을 확인하였다.

따라서 본 연구에서 소음이 적은 ANAFI Thermal를 사용하여 종의 회피 거리 및 영상 촬영을 진행하고자 한다. 또한, 현장 조사를 통해 대상지 내 서식하는 외래거북류의 회피 거리를 확인하였으며 UAV 촬영 기반 외래거북류 회피 거리는 최소 3m로 확인되었다.

2. 테스트 시트를 활용한 OCR 분석

UAV 영상 촬영 시 해당 카메라 센서 및 그림자 유무 등 다양한 변수가 존재하며 이는 OCR 분석 시 인식을 저하 문제점의 가능성이 존재한다(Mangewa *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2020). 따라서 UAV 영상 촬영 및 OCR 분석 시 물리적인 변수를 고려해 오류를 줄이고자 테스트 시트를 제작하여 변수를 최소화하고자 하였다. UAV 기반 모니터링 시 선행연구 검토를 통해 색상, 음영지역, 등감 크기, 마킹 방법, 드론 고도에 따른 인식을 총 5가지의 주요 변수를 산출하였다.

마커의 색상은 UAV 기반 영상 촬영 관련 선행연구를 고려하여 색상을 선정하였다(Rowe *et al.*, 2014). OCR 분석 시 배경은 텍스트를 인식하는 과정에서 오류를 유발할 수 있어 배경에 대한 고려가 필요하다(Shen and Lei, 2015). 따라서 마커 간 색상 차이는 등감 색상에 대한 인

Table 1. Test sheet key variables for object identification through UAV

Test sheet variable	Contents of variables
Color	Red, Yellow, White
Site area	Open area, Shaded area
Shell Size	20/15/13/11/10/8/6/4cm
Marking	Text(English), Number(Arabic numerals)
Altitude	20/15/13/10~3m

식물 차이를 발생시킬 우려가 존재하며 이에 따라 효과적인 인식을 확인하고자 마커의 색상을 통한 외래거북을 식별하고자 마커의 색상을 변수로 활용하였다(Biserkov and Lukanov, 2017). 선행연구를 바탕으로 마커 색상은 백색, 황색, 적색으로 총 3가지의 색상을 선정하였다.

음영지역에 대한 문제는 카메라 센서 촬영 시 명암 및 선명도에 대한 중요한 요소로 음영지역에 대한 오류는 카메라 촬영 시 중요한 요소로 확인된다(Adeline *et al.*, 2013). 개방지역은 광량에 대한 영향이 존재하며 반사되는 빛은 카메라 센서의 노출값에 과도한 광량으로 인한 난반사를 유발하여 노출값에 대한 설정은 촬영의 중요한 요소로 확인된다(Park and Joo, 2021). 테스트 시트 촬영 시 음영지역의 경우 그림자가 존재하는 지역에서 촬영을 진행하였으며 개방지역의 경우 구름에 의한 영향이 없으며 정오를 기준으로 영상을 촬영하였다. 따라서 개방지역과 음영지역을 선정해 두 지역 간 차이를 확인하고자 음영지역(그림자), 개방지역(개활지)을 구분해 2021년 10월 8일 UAV를 활용하여 영상 촬영을 진행하였다.

무인항공기의 특성상 고도가 높아짐에 따른 영상의 공간 해상도가 감소하는 특징이 존재한다(Lee *et al.*, 2021). 이를 고려하여 ANAFI Thermal에서 최대 인식범위를 확인하였다. 연화지 내 서식종의 회피 거리를 고려해 지면으로부터 3m 높이에서 1m씩 상승하여 고도 10m까지 영상을 촬영하였으며 10m 이후 11m, 13m, 15m, 20m 4개의 높이를 설정해 10m 이상 고도

에 따른 인식범위를 확인하였다.

거북 종 크기는 종의 나이를 의미하며 등갑 크기가 커짐에 따라 해당 종의 나이가 많은 것을 확인할 수 있다(Jung *et al.*, 2016). 거북 종의 성숙 개체 크기는 평균 수컷 $\pm 8\sim 10\text{cm}$, 암컷 $\pm 15\sim 20\text{cm}$ 로 확인된다(Cagle, 1950). 붉은귀거북은 배갑 크기가 수컷 18cm, 암컷은 23~25cm 자라는 것으로 확인된다(Gibbons, 1990). 국내 서식하는 붉은귀거북의 경우 평균 약 20cm 정도의 크기로 식별되며 성체 기준 평균 등갑의 크기 약 15cm 정도 확인된다(Jung, 2014). 앞선 선행연구를 토대로 국내 서식하는 외래종의 등갑 크기는 최대 20cm를 기점으로 15cm, 11cm, 10cm, 8cm, 6cm, 4cm의 지름을 가지는 모형을 제작하였다(Table 1).

마지막으로 외래거북 종 포획 시 등갑에 작성되는 마킹 방법에 따른 인식률을 확인하였다. 종 모니터링 시 마킹방법에는 노칭 및 페인팅 등 여러 방법이 존재하나 그중 등갑에 페인트를 사용해 개체를 식별하고자 하였다(Cagle 1939; Kornilev *et al.*, 2012). 마킹 방법으로는 무독성 페인트 마카를 사용해 영문과 숫자를 조합하여 제작된 시트 내 각 모형에 약 70%에 해당하는 면적에 텍스트를 기입하여 시트를 제작하였다(Figure 2). 테스트 시트는 3가지의 색상, 문자와 숫자를 사용해 제작되었으며 1개의 문자열 및 색상 조합에 8개의 등갑 크기가 구성되어 있어 총 48개의 변수로 높이, 음영지역에 대한 변수를 확인하였다.

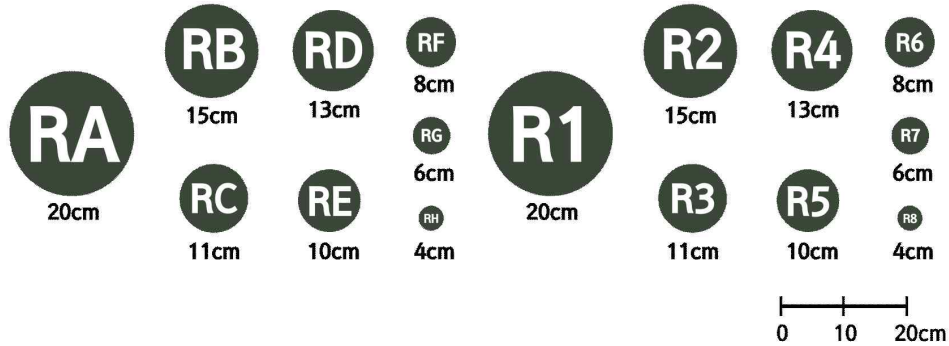


Figure 2. Example of test paper considering UAV and OCR recognition variables
(Test paper is manufactured considering size, marking method, and color)

3. OCR

연구에 사용한 프로그램은 JaidedAI사의 easyOCR 프로그램으로 CRAFT(Character Region Awareness for Text Detection) 기반 오픈소스 프로그램이다. CRAFT는 이미지 내 글자의 간격을 식별하고 인식하여 출력하는 기술로 이를 활용하여 텍스트 식별 및 인식하는 알고리즘이다 (Baek *et al.*, 2019). easyOCR은 이미지 인식 후 식별에 대한 검증 점수가 제공되어 개체 인식 후 인식을 및 인식범위를 확인할 수 있는 장점이 존재한다 (Smelyakov *et al.*, 2021). OCR 분석 시 인식률은 크게 두 가지로 확인되며 글씨를 확인하는 인식범위와 올바르게 글자를 식별하는 인식률이 존재한다 (Surana *et al.*, 2022). 본 연구에서는 이를 참고하여 UAV 기반 영상 촬영 시 육안을 통한 분석과 비교하여 OCR 분석의 효율성을 확인하였다.

III. 결과 및 고찰

1. OCR을 활용한 테스트 시트 개체식별 결과

UAV를 활용하여 각 변수를 고려한 테스트 시트 영상 촬영을 수행하였다. UAV 가용 시 개방 지역 및 음영지역에서 각 1회씩 높이 별 촬영하였으며 음영지역 12번, 개방지역 12번 촬영을 진

행하였다. 그 결과 테스트 시트를 통한 1,152개의 샘플 데이터를 확인하였으며, 1,152개의 데이터는 시트 당 64개의 데이터로 높이에 따라 총 24개의 시트를 촬영하여 데이터를 취득하였다.

OCR 분석 결과 최대 고도에 따른 인식범위를 확인 시 고도 10m 이상 인식이 어려운 것으로 확인되었다. 이는 고도가 높아짐에 따라 영상의 번짐 및 해상도 감소로 인한 인식이 어려운 것으로 확인된다. 따라서 OCR을 활용한 개체 인식의 경우 최대 고도 10m 이내 영상을 촬영하는 것이 효과적인 것으로 확인된다. 이에 따라 촬영된 3m~10m 사이의 영상 데이터를 활용하여 OCR 분석을 진행하여 환경변수에 따른 인식률을 확인하였다 (Figure 3).

테스트 시트 내 고도 별 인식률을 확인한 결과 고도 3m에서는 황색, 흰색을 적용한 숫자가 인식률이 높았으며 약 94%의 인식률을 확인하였다 (Appendix 1). 또한, 7m에서는 황색 색상의 숫자, 10m에서는 3m와 동일한 황색, 흰색에 숫자와 영문을 함께 기입한 것이 효과적인 것으로 확인되었다.

마킹 색상 간 관계 또한 취득한 영상을 대상으로 OCR 분석 시 황색(46%), 흰색(40%), 적색(14%) 순으로 마커 색상에 따른 인식률이 확인되어 황색이 가장 인식률이 높은 것으로 확인되었다. 전체적으로 황색과 흰색의 인식률에 대한

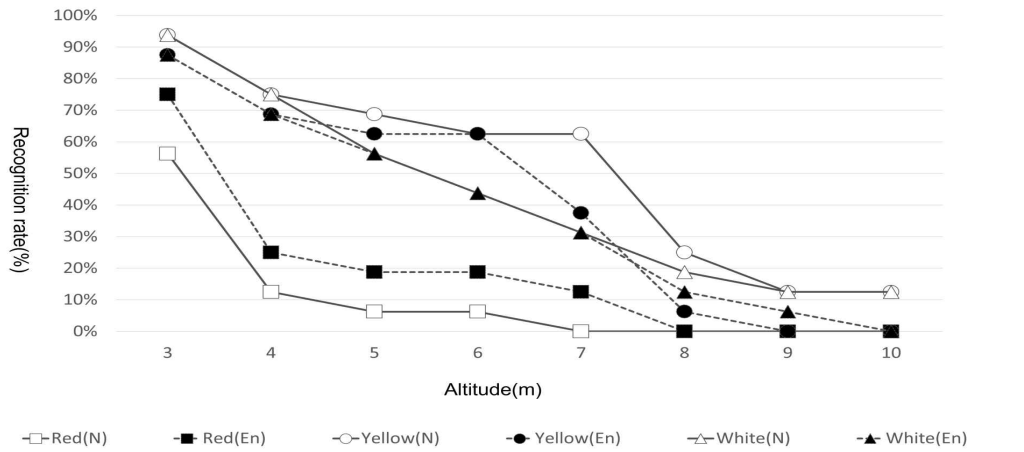


Figure 3. Recognition rate for variables on each test paper according to altitude (N=number, En=English)

차이는 적은 것으로 확인되나 적색 같은 경우 인식범위 및 인식률 두 지수가 낮은 것으로 확인되었다.

음영지역과 개방지역 간의 인식범위 및 인식률을 확인하고자 OCR 분석 진행하였다. 분석 시 음영지역에 비해 개방지역에서 더 높은 인식률 및 인식범위가 확인되었다. 총 1,152개 데이터 중 대상지 별 인식한 개수는 음영지역 117개, 개방지역은 142개로 확인되었다. 따라서 개방지역을 기준으로 촬영하는 것이 효과적인 것으로 확인되었다.

OCR 분석 진행 시 작성한 텍스트에 따른 인식범위 및 인식률에 대한 검증 점수를 비교하였다. 본 모델에서는 검증 시 검증 점수를 부여하며 이는 실제 컴퓨터에서 인식범위 내 텍스트에 대해 어떻게 인식하였는지를 확인하는 절차이다. 해당 검증 점수 적용한 결과 정확하게 인식한 영문은 43%, 숫자 34%로 영문 사용 시 정확도가 높은 것으로 확인하였다. 하지만 인식범위를 설정한 개수를 비교한 결과 영문 125개, 숫자 134개로 영문 사용 시 인식률에 대한 정확도는 높으나 인식범위의 개수가 적은 것으로 확인된다(Table 2).

OCR 기반 분석 진행 결과 고도 3m의 개방지

역에서 최적의 모니터링 방법은 흰색 또는 황색 마커 사용, 영문과 숫자로 등갑 마킹 시 등갑 크기가 4cm까지 개체를 식별하는 것을 확인하였다. 고도 10m에서는 음영지역, 개방지역 모두 황색, 흰색 숫자로 마킹된 20cm 등갑 크기만을 식별하였다. 또한, 고도에 따른 인식률을 확인하였을 때 7m를 기점으로 인식률이 저하되는 것을 확인하였으며 7m에서 영상 촬영 시 음영지역의 황색, 숫자 한해 8cm급 등갑이 식별되는 것을 확인하였다. 이후 고도 8m 이상 영문, 숫자를 기입하고 흰색, 황색 마커 색상을 사용한 결과 등갑 크기 20cm로 식별되어 인식률이 낮아지는 것을 확인하였다. 따라서 거북 중 탐지 시 수면으로부터 고도 7m 이내 UAV를 가용하는 것이 높은 탐지율을 나타내었다.

등갑 마킹 방법으로 영문과 숫자를 혼합한 방식의 기입 방법을 사용하였을 때 인식률이 33%로 낮은 인식 정확도를 보였으나 식별된 개수(n=134)는 높은 것으로 확인된다. 영문만 사용했을 경우 인식률이 43%로 숫자와 영문을 혼합한 방법에 비해 높은 것으로 확인되나 식별의 개수(n=125)는 낮은 것으로 확인된다. 이를 고려해 많은 개체를 식별해야 하는 거북류의 경우 숫자를 혼합해서 사용하는 기입 방식이 영문만

Table 3. Unsupervised classification using OCR(Recognition Number: Number of recognized counts in test paper during OCR analysis, Recognition Score: Total number divided by the number of recognized after OCR analysis)

Site area		Open area								Shading area							
Elevation		3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
Recognition Number(n)	En	21	13	11	11	8	5	2	2	18	13	10	7	7	2	2	2
	N	20	14	11	11	9	3	1	-	20	12	11	9	4	-	-	-
Recognition Score(%)	En	88%	54%	46%	46%	33%	21%	8%	8%	75%	54%	42%	29%	29%	8%	8%	8%
	N	83%	58%	46%	46%	38%	13%	4%	-	83%	50%	46%	38%	17%	-	-	-

사용한 것 보다 약 2~3% 정도 효과적인 것으로 확인되었다. 두 기입 방식은 큰 차이를 보이지 않으나 많은 객체를 식별하는 것에서는 숫자를 사용하는 방식을 사용하는 것이 조금 더 좋은 결과를 나타내었다.

따라서 OCR을 활용한 테스트 시트 분석 시 가장 효과적인 모니터링 방식은 개방지역에 수면으로부터 고도 3~7m 이내 황색 마커를 사용해 영문과 숫자를 혼합하여 사용하는 것이 효과적이며 이때 등갑 크기는 4~8cm까지 식별되는 것으로 확인되었다.

2. 감독 및 무감독 분류 결과 비교

테스트 시트 기반 OCR 분석 시 감독분류와 무감독 분류를 확인하고 두 분류 방법론의 결과를 비교하였다. 검증은 OCR 분석인 무감독 분류와 검수자를 통한 감독분류를 진행하며 동일한 영상 간의 인식률을 확인하였다(Appendix 1). 감독분류 기반 테스트 시트 인식 결과를 확인하여 인식률을 확인하였다. 확인 결과 개방지역 내 영문과 숫자 혼합 기입 방법을 사용하였고 황색 또는 흰색 마커를 사용하였을 때 고도 10m에서 등갑 크기 4cm가 식별 가능한 것을 확인하였다. 음영지역의 경우 조금 낮으나 동일한 조건에서 6cm의 등갑 크기까지 식별이 가능한 것으로 확인되었다.

감독 및 무감독 분류 비교 결과 전체적인 성능의 경우 감독분류가 높은 성능을 나타내었다. 감독 및 무감독 분류 시 고도 3m에서 촬영한 영상 중 황색, 백색 마커를 사용하고 숫자 혼합방

식을 사용하였을 때 동일한 결과를 나타내었다. 감독 및 무감독 분류 결과 고도 3m에서 전체 인식 비교 시 13.5% 정도 차이가 발생하였으며 고도 6m에서는 47.9%가 발생한 것을 확인하였다.

감독분류 방식이 무감독 분류에 비해 효과적인 것으로 확인되나 감독분류 방식의 경우 검증까지 오랜 시간이 소요되며 검수자에 따라 주관적인 분류가 진행되기에 오류의 여지가 존재한다. 하지만 무감독 분류 시 검수자의 주관적인 판단의 오류가 제외되기에 객관적인 검출 및 감독분류에 비해 빠른 시간 검출이 가능한 장점이 존재한다. 본 연구는 UAV 기반 기존 모니터링의 한계점을 보완하고자 OCR을 사용한 방법을 제안하였으며 감독 및 무감독 분류의 비교를 토대로 OCR 분석의 장단점을 확인하고, 회피 거리 및 환경변수를 사용해 OCR을 활용한 모니터링의 가능성을 확인하고자 하였다.

IV. 결 론

본 연구는 국내 하천 및 담수 생태계 내 서식하는 외래거북류의 모니터링 방법을 제안하였다. UAV를 사용하여 외래거북 모니터링 방법에 대한 가능성을 확인하고자 OCR 활용한 개체 인식을 평가하였다.

대상지 내 서식하는 외래거북을 대상으로 회피 거리를 측정하였으며 UAV 가용 시 최소 회피 거리 3~6m 내 영상 취득 시 가장 효과적인 UAV 가용 방법으로 확인되었다. 또한, 개방지역 내 황색 마커, 영문과 숫자를 혼합방법 마킹

방법 사용이 OCR 분석 시 높은 인식률로 확인된다. 이에 따라 회피 거리를 고려해 3~5m 고도의 비행 시 4~8cm 이내 등갑을 가진 객체를 인식하는 것이 가능하였다.

감독 및 무감독 분류를 통한 비교분석 시 OCR 분석은 8cm 등갑 식별이 3~6m로 확인되었으며 검수자를 통한 감독분류 결과는 3~10m 전 고도에서 4cm로 육안 통관을 통한 감독분류의 인식률이 높은 것으로 확인되었다. 이에 따라 OCR 분석 시 해당 모델은 인식률의 저조로 인한 검출력의 한계가 존재하였다. 또한, OCR 분석의 변수 사용 시 개선사항으로 단일 대상지 내 회피 거리 측정, OCR 기본 훈련모델, 테스트 샘플의 다변화 등 확인되었다. 추후 OCR 모델의 여러 변수를 고려한 훈련 및 실제 대상지에 검증하고자 하며 이를 통한 모델을 검출력을 높이고자 한다.

본 연구는 회피 거리, 촬영 변수 등 UAV 활용의 OCR을 통한 민물 내 외래거북 탐지의 기초자료를 제안한 연구로 의의가 있다. OCR을 활용해 개체식별이 가능한 것을 확인하였으나 OCR 모델의 낮은 인식률 및 적은 환경변수 사용으로 인한 연구가 한계가 존재한다. 향후 OCR 연구 시 많은 샘플링 데이터 기반, 훈련을 통한 인식률을 향상 진행되어야 하며 해당 모델은 UAV 모니터링 시 비용 및 시간의 감소와 개체별 이동현황, 개체 수 파악 등 대상지 내 실시간 모니터링에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Adeline, K.R.M. · M. Chen · X. Briotteta · S.K. Pang and N. Paparoditis. 2013. Shadow detection in very high spatial resolution aerial images: A comparative study, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80: 21-38.
- Baek, Y.G. · B.D. Lee · D.Y. Han · S.D. Yun and H.S. Lee. 2019. Character Region Awareness for Text Detection. *CVPR*, 9365-9374.
- Barreto, J. · L. Cajaíba · J.B. Teixeira · L. Nascimento · A. Giacomo · N. Barcelos · T. Fettermann and A. Martins. 2021. Drone-Monitoring: Improving the Detectability of Threatened Marine Megafauna, *Drones*, 5(1): 14.
- Bazi, Y. and F. Melgani. 2018. Convolutional SVM Networks for Object Detection in UAV Imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(6) : 3107-3118.
- Bevan, E. · S. Whiting · T. Tucker · M. Guinea · A. Raith and R. Douglas. 2018. Measuring behavioral responses of sea turtles, saltwater crocodiles, and crested terns to drone disturbance to define ethical operating thresholds, *PLOS ONE*, 13(3): e0194460.
- Biserkov, V. and S. Lukanov. 2017. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Surveying Freshwater Turtle Populations: Methodology Adjustment. *Acta Zoologica Bulgarica*, 10: 161-163.
- Bogolin, A.P. · D.R. Davis · R.J. Kline and A.F. Rahman. 2021. A drone-based survey for large, basking freshwater turtle species, *PLOS ONE*, 16(10): e0257720.
- Cagle, F.R. 1939. A System of Marking Turtles for Future Identification, *Copeia*, 3(9): 170-173.
- Cagle, F.R. 1950. The Life History of the Slider Turtle, *Pseudemys scripta troostii* (Holbrook), *Ecological Monographs*, 20(1): 31-54.
- Christensen, J.R. and P. Chow-Fraser. 2013. Use Of Gps Loggers To Enhance Radio-Tracking Studies Of Semi-Aquatic Freshwater Turtles, *Herpetological Conservation and Biology*, 9(1): 18-28.
- Cochrane, M.M. · D.J. Brown and R.A. Moen. 2019. GPS Technology for Semi-Aquatic Turtle

- Research, Diversity, 11(3): 34.
- Cooke, S.J. · J.D. Midwood · J.D. Thiem · P. Klimley · M.C. Lucas · E.B. Thorstad · J. Eiler · C. Holbrook and B. Ebner. 2013. Tracking animals in freshwater with electronic tags: past, present and future, *Animal Biotelemetry*, 1: 5.
- DBD. 2014. Pathways of introduction of invasive species, their prioritization, and management.
- Dunstan, A. · R. Katharine · F. Richard · P. Jeffrey and M. Justin. 2020. Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for mark-resight nesting population estimation of adult female green sea turtles at Raine Island, PLOS ONE, 0228524.
- Duporge, I. · M.P. Spiegel · E.R. Thomson · T. Chapman · C. Lamberth, C. Pond · D.W. Macdonald · T. Wang and H. Klinck. 2021. Determination of optimal flight altitude to minimise acoustic drone disturbance to wildlife using species audiograms, *Methods in Ecology and Evolution*, 12(11): 2196-2207.
- Escobar, J.E.C. · M. Rollins and S. Unger. 2020. Preliminary data on an affordable UAV system to survey for freshwater turtles: advantages and disadvantages of low-cost drones, *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 9: 67-74.
- Gibbons, J.W. 1990. Life history and ecology of the slider turtle. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Godley, B.J. · J.M. Blumenthal · A.C. Broderick · M.S. Coyne · M.H. Godfrey · L.A. Hawkes and M.J. Witt. 2008. Satellite tracking of sea turtles: Where have we been and where do we go next?, *Endangered Species Research*, 4(1-2): 3-22.
- Gonzalez, L.F. · G.A. Montes · E. Puig · S. Johnson · K. Mengersen and K.J. Gaston. 2016. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Artificial Intelligence Revolutionizing Wildlife Monitoring and Conservation, *Sensors*, 16(1): 97.
- Gray, P.C. · A.B. Fleishman · D.J. Klein · M.W. McKown · V.S. Bézy · K.J. Lohmann and D.W. Johnston. 2018. A convolutional neural network for detecting sea turtles in drone imagery, *Methods in Ecology and Evolution*, 10(3): 345-355.
- Hodgson, J.C. and L.P. Koh. 2016. Best practice for minimising unmanned aerial vehicle disturbance to wildlife in biological field research. *Current Biology*, 26(10): 404-405.
- IPBES. 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Jung, J.H. 2014. Activity Factors and Diet Analysis of the Red-eared Slider Turtle (*Trachemys scripta*) in Ansan Reed Wetland Park, Ph.D dissertation, Seoul National University. (in Korean)
- Jung, Y.J. · I.H. Kim and D.S. Park. 2016. The Possibility Assessment of Age Estimation of the Endangered Reeves' Turtle (*Mauremys reevesii*) Based on the Number of Growth Lines on Dorsal Scutes. *Korean J. Environ. Ecol.* 30(6): 970-976.
- Koo, K.S. · S. Kwon · M.S. Do and S. Kim. 2017. Distribution Characteristics of Exotic Turtles in Korean Wild - Based on Gangwon-do and Gyeongsangnam-do -, *The Korean Society of Limnology*, 50(3): 286-294.
- Koo, KS · HJ Baek · SH Kim · HJ Jang · DI Kim and HC Sung. 2019. First Report on the Natural Movement of Introduced Turtle, *Trachemys scripta elegans*. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 52(1) : 9-12.
- Kornilev, Y.V. · C.K. Dodd jr and G.R. Johnston. 2012. Retention of paint markings for individual

- identification of free-ranging basking aquatic turtles (Suwannee cooters, *Pseudemys concinna suwanniensis*). *Herpetological Review*, 43(1): 61 - 64.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California, 620.
- Lee, D.H. · Y.C. Kim · M.H. Chang · S. Kim · D. Kim and J. Kil. 2016. Current Status and Management of Alien Turtles in Korea, *Journal of environmental impact assessment*, 25(5): 319-332.
- Lee, S.H. · Y.K. Song and S.H. Kil. 2021. Feasibility Analyses of Real-Time Detection of Wildlife Using UAV-Derived Thermal and RGB Images. *Remote Sens*, 13(11): 2169.
- Lin, Y.H. · W.C. Chen and Y.Y. Chuang. 2020. BEDSR-Net: A Deep Shadow Removal Network From a Single Document Image, *CVPR*, 12905-12914.
- Liu, C. · Y. Tao · J. Liang · K. Li and Y. Chen. 2018. Object Detection Based on YOLO Network, *IEEE Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)*, 18760850.
- Liu, Z. · Z. Li · B. Liu · X. Fu · I. Raptis and K. Ren. 2015. Rise of mini-drone: Applications and issues, *Proceedings of the 2015 Workshop on Privacy-Aware Mobile Computing*, 7-12.
- Mack, R.N. · D. Simberloff · W.M. Lonsdale · H. Evans · M. Clout and F.A. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control, *Ecological Applications*, 10(3) : 689-710.
- Mangewa, L. J. · P. A. Ndakidemi and L. K. Munishi. 2019. Integrating UAV Technology in an Ecological Monitoring System for Community Wildlife Management Areas in Tanzania, *Sustainability*, 11(21) : 6116.
- Memon, J. · M. Sami · R.A. Khan and M. Uddin. 2020. Handwritten Optical Character Recognition (OCR): A Comprehensive Systematic Literature Review (SLR), *IEEE Access*, 8, 142642-142668.
- Ministry of Environment. 2009. *Ecosystem Disrupting Wildlife Data Collection*. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2014a. *The 1st Foreign Life Management Plan (2014-2018): Conservation of the Korean Peninsula's rich ecosystem from the threat of invasive foreign life*. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2014b. *Ecosystem protection measures following the influx of foreign life*. (in Korean)
- Park, W.S. and Joo, J.W. 2021. Study of Infrared Hotspot Image: Infrared diffuse reflection of Image Sensor and Lens surface, *Journal of Digital Contents Society*, 22(2) : 307-315.
- Park, Y.H and J.W Kim. 2016. *Climate Change and Ecosystem-Based Management Strategies of Invasive Alien Species*, Korea environment institute. (in Korean)
- Rowe, J.W. · C.F. Bunce and D.L. Clark. 2014. Spectral reflectance and substrate color-induced melanization in immature and adult Midland painted turtles (*Chrysemys picta marginata*), *Amphibia-Reptilia*, 35(2): 149-159.
- Sankey, T. · J. Donager · J. McVay and J. B. Sankey. 2017. UAV lidar and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA, *Remote Sensing of Environment*, 195(15) : 30-43.
- Schofield, G. · K.A. Katselidis · M.K.S. Lilley · R.D. Reina and G.C. Hays. 2017. Detecting elusive aspects of wildlife ecology using drones: New insights on the mating dynamics and

- operational sex ratios of sea turtles, *Functional Ecology*, 31(12): 2310-2319.
- Shen, M. and L. sheng. 2015. Improving OCR performance with background image elimination, 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery(FSKD), 15704298.
- Smelyakov, K. · A. Chupryna · D. Darahan and S. Midina. 2021. Effectiveness of Modern Text Recognition Solutions and Tools for Common Data Sources, Corpus ID: 235271469.
- Surana, S · K. Pathak · M. Gagnani · V. Shrivastava · T. R. Mahesh and S. Madhuri, G. 2022. Text Extraction and Detection from Images using Machine Learning Techniques: A Research Review, ICEARS, 21688557.
- Thirtyacre, D. · G. Brookshire · S. Callan · B. Arvizu and P. Sherman. 2021. Small Unmanned Aircraft Systems Acoustic Analysis for Noninvasive Marine Mammal Response: An Explor e Marine Mammal Response: An Exploratory Field y Field Study. *Journal of Aviation*, 8(2): 11.
- Vulko, Y.B. and P.L. Simeon. 2017. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Surveying Freshwater Turtle Populations: Methodology Adjustment, *Acta Zoologica Bulgarica*, 10: 161-163.
- Zhao, Z.Q. · P. Zheng · S.T. Xu and X. Wu. 2019. Object Detection With Deep Learning: A Review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(11): 3212-3232.

Appendix 1. Supervised and unsupervised classification based on RGB

Elevation	Color	Supervised				Unsupervised			
		Mini mun Identification criteria for Number/Text							
		Open area		Shading area		Open area		Shading area	
10m	Yellow	Number	4cm	Number	6cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	6cm	Text	6cm	Text	-	Text	-
	Red	Number	15cm	Number	20cm	Number	-	Number	-
		Text	15cm	Text	15cm	Text	-	Text	-
	White	Number	4cm	Number	6cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	6cm	Text	6cm	Text	-	Text	-
9m	Yellow	Number	4cm	Number	6cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	6cm	Text	6cm	Text	-	Text	-
	Red	Number	13cm	Number	11cm	Number	-	Number	-
		Text	10cm	Text	10cm	Text	-	Text	-
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	4cm	Text	6cm	Text	-	Text	-
8m	Yellow	Number	4cm	Number	6cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	6cm	Text	6cm	Text	-	Text	-
	Red	Number	10cm	Number	11cm	Number	-	Number	-
		Text	10cm	Text	10cm	Text	-	Text	-
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	20cm	Text	-
7m	Yellow	Number	4cm	Number	4cm	Number	11cm	Number	8cm
		Text	6cm	Text	4cm	Text	20cm	Text	15cm
	Red	Number	10cm	Number	8cm	Number	-	Number	-
		Text	8cm	Text	8cm	Text	-	Text	20cm
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	13cm	Number	15cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	15cm	Text	13cm
6m	Yellow	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	8cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	10cm	Text	11cm
	Red	Number	8cm	Number	10cm	Number	-	Number	-
		Text	6cm	Text	8cm	Text	20cm	Text	20cm
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	13cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	10cm	Text	10cm
5m	Yellow	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	8cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	10cm	Text	11cm
	Red	Number	6cm	Number	10cm	Number	20cm	Number	-
		Text	4cm	Text	8cm	Text	15cm	Text	20cm
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	8cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	10cm	Text	10cm
4m	Yellow	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	6cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	10cm	Text	6cm
	Red	Number	4cm	Number	4cm	Number	20cm	Number	20cm
		Text	4cm	Text	6cm	Text	10cm	Text	20cm
	White	Number	6cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	8cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	8cm	Text	10cm
3m	Yellow	Number	4cm	Number	4cm	Number	4cm	Number	6cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	6cm	Text	6cm
	Red	Number	4cm	Number	4cm	Number	8cm	Number	8cm
		Text	4cm	Text	6cm	Text	8cm	Text	8cm
	White	Number	4cm	Number	4cm	Number	4cm	Number	6cm
		Text	4cm	Text	4cm	Text	6cm	Text	6cm