

적외선 카메라를 활용한 급이 유무에 따른 어류 활동성 분석*

노태경** · 하상현*** · 김기환*** · 강영진*** · 정석찬****

〈 목 차 〉	
I. 서론	IV. 적외선 카메라로 촬영한 이미지에 외곽선 추출 알고리즘 적용 결과
II. 관련 연구	V. 결 론
2.1 먹이 활성화도 분류 기반 연구 동향	참고문헌
2.2 어류 행동 분석 기반 연구 동향	<Abstract>
III. RGB카메라를 사용한 수중 어류 탐지	
3.1 외곽선 검출 알고리즘	
3.2 RGB 카메라로 촬영한 이미지에 외곽 선 추출 알고리즘 적용 결과	

I. 서론

양식업자들은 어류의 성장 시기와 어종의 특성에 맞추어 생사료와 배합사료 중 적합한 사료를 선택하여 사용한다. 생사료는 까나리, 정어리 등의 미성어와 냉동 어류로 만들어져 영양가 및 소화 흡수율이 높다는 특징을 가지고 있으며, 어류의 성장을 촉진 시켜 양식업계에서 주로 활용된다(한국수산경제, 2017; 현대해양,

2020). 그러나 이는 무분별한 미성어의 남획으로 이어져 생태계의 파괴를 불러왔으며, 30~40%에 달하는 높은 유실률로 인해 해양 오염을 가속하는 중요한 요인으로 지목되고 있다(해양수산부, 2021). 해양수산부에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 2022년부터 양식용 배합사료 의무화를 단계적으로 추진하고 있다(해양수산부, 2019).

배합사료는 어류의 필수 영양소를 적절한 비

* 이 논문은 2023학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(202301170001).

** 동의대학교 부산IT융합부품연구소 연구원, 15489@deu.ac.kr(주저자)

*** 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 선임연구원, shha@deu.ac.kr

*** 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 연구교수, 15541@deu.ac.kr

*** 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 연구교수, 15073@deu.ac.kr

**** 동의대학교 e비즈니스학과 교수, 인공지능그랜드ICT연구센터 소장, 부산IT융합부품연구소 소장, scjeong@deu.ac.kr(교신저자)

울로 혼합하여 건조 가공한 것으로, 장기 저장이 가능하고 안정적인 공급이 가능하다. 또한, 수면 위에 뜨는 성질로 인해 유실률을 5% 내외로 대폭 줄일 수 있어 해양 생태계 보호에 효과적이다. 생사료 대비 어류의 성장 속도가 늦어 정기적으로 급이를 해야 하지만, 양식업에 종사하는 인력의 고령화로 사료 공급과 관리에 어려움이 있다(농수축산신문, 2019).

4차 산업의 발전으로 인공지능 기술이 어업에 접목되면서 컴퓨터 비전과 음향 기술을 활용하여 어류 행동 기반의 사료 섭취량을 분석하는 연구가 진행되고 있다(Li et al., 2020). 음향 기술을 활용한 사료 섭취량 분석 연구는 수중 속 어류의 방위와 거리를 알아내는 sonar 기술을 사용하여 어류의 행동을 파악하고 급이량을 조절하는 방식이다. 이 방식은 어류의 밀도와 공간 분포에 따라 활동 강도를 재구성한 분석 결과를 기준으로 사료 공급량을 제어한다. 그러나 설치 공간이 제한된 경우, sonar에서 나온 음파가 벽에 부딪혀 왜곡된 형상이 나올 수 있으며 높은 설치비용으로 인해 실내 양식장에서 사용하기 어렵다.

컴퓨터 비전을 활용한 급이 제어 기술은 실시간으로 관측되는 물고기 떼의 면적, 어류 수 등을 파악하여 사료량을 제어하는 방식으로 급이를 제어한다(Ballester-Moltó et al., 2017). 이러한 비접촉식 방식은 초기 설치와 유지보수 비용이 낮아 양식 현장에서의 활용성이 높으나, 주로 RGB 카메라를 통한 데이터 수집 방식에 의존하여 양식장의 수질 및 환경적 변화에 따른 잡음의 영향으로 성능이 일정치 않은 문제가 발생한다. RGB 카메라의 경우 조명이 부족한 환경에서 어류의 관찰이 어려워 현장 적용

시 일부 제약이 따른다는 한계점이 있다.

본 연구에서는 자동 급이 제어 시스템의 효율성을 높이기 위해 어류 활동성을 정확하게 파악할 수 있는 적외선 카메라를 도입하였다. 적외선 카메라는 물체의 표면에서 방출되는 열을 감지하여 색상으로 표현하는 장치로, 빛의 색상이나 강도의 변화에 따른 영향을 적게 받아 어두운 환경에서 효과적으로 물체를 감지하는 곳에 주로 사용한다. 이러한 방식은 RGB 카메라가 갖는 한계점을 극복하고 어류의 상태 정보 수집 시 외부적 요인으로 인한 잡음을 최소화하여 양식장 내 급이 제어 시스템 성능을 개선시킬 수 있다.

이를 기반으로 인공지능이 급이에 따른 어류 활동 특성을 명확히 학습할 수 있도록 외곽선 추출 알고리즘인 Canny Edge Detection, Sobel Filter, Laplacian Filter, Scharr Filter, Prewitt Filter, RobertsCross Filter, LoG(Laplacian of Gaussian)을 적용하였다. 해당 알고리즘들은 어류의 형태와 움직임에 따른 특징점을 더욱 선명하게 도출하여 이를 토대로 인공지능이 높은 정확도로 학습하고 패턴을 인식할 수 있다. 본 논문에서 제시한 방식을 양식장에 적용하면, 어류의 건강 상태 및 행동 패턴에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있어 더욱 효율적인 어류 관리를 통해 생산성과 수익성의 향상을 기대할 수 있다.

II. 관련 연구

2.1 먹이 활성화도 분류 기반 연구 동향

Zhou et al.(2019)는 컨볼루션 뉴럴 네트워크

(CNN)와 머신 비전을 기반으로 어류 섭식 강도를 자동으로 등급화하는 방법을 제안하였다. 고밀도로 구성된 양식장에서 먹이 활성도를 파악하기 위해 Lenet5 기반 CNN을 사용하였으며 잡음을 최소화하기 위해 회전, 스케일 및 변환 증가 기법을 사용하여 학습 데이터를 구성하였다. 그 결과 어류의 섭식 강도는 없음, 약함, 중간, 강함의 4가지 수준으로 분류하여 90%의 정확도를 달성하였지만, 소규모의 데이터로 학습 및 테스트를 진행하여 실제 양식장에 도입하기에 한계가 있다.

Måløy et al.(2019)는 수중 카메라로 촬영된 영상 데이터 기반으로 어류의 섭식 및 비섭식 행동을 예측하는 Dual-Stream Recurrent Network(DSRN) 모델을 제시하였다. DSRN은 영상 데이터의 공간, 동작, 시간 정보를 학습하기 위해 공간 네트워크(spatial network)와 모션 네트워크(motion network)가 결합된 형태이다. 공간 네트워크는 CNN구조가 계층적으로 쌓인 형태 구조를 가졌으며, 모션 네트워크는 먹이 활동 유무를 기준으로 어류의 움직임 특징을 추출하기 위해 3D Convolutional layer로 구성하였다. 그 결과 먹이 활동에 대한 어류의 움직임 특징을 효과적으로 파악하여 섭식과 비섭식 행동을 80% 정확도로 예측하였지만 수중 카메라라는 수중 탁도에 따라 성능 차이가 발생하는 문제가 있다.

2.2 어류 행동 분석 기반 연구 동향

Adegboye et al.(2020)는 어류 사료 섭취량을 측정하기 위해 어류 행동 진동 분석과 인공 신경망을 사용하여 지능형 어류 사료 공급 체

계 시스템을 제안하였다. 어류 내부에 가속도계, 자력계, 자이로스코프가 내장된 어류 행동 진동 분석기를 부착하여 먹이 활동 데이터를 수집하였다. 또한, 시스템 정확도를 향상시키기 위해 3가지 행동에 대한 벡터를 기반으로 구성된 8방향 체인 코드 생성기 알고리즘을 사용하여 개별 어류의 활동을 나타내는 벡터를 추출한 후 이산 푸리에 변환을 사용한 결과 35.6%의 정확도가 나왔으며 어류의 요구에 따라 사람의 개입 없이 먹이를 분배할 수 있다. 제시한 방식은 어류에 직접적으로 장치를 설치하여 섭취 정도를 분석하는 방법으로 고밀도로 양식하는 양식장에서 적용하기에 어려움이 있다.

Yang et al.(2021)는 고밀도 양식 산업 환경에서 급이 제어 시스템을 위해 어류 군집 모양에 따라 5가지로 구분된 먹이 활동에 대한 급이 제어 시스템을 구축하였으며, EfficientNet-B2과 Dual Attention Network(DANet)를 적용하였다. DAN-EfficientNet-B2은 먹이 활동 시 어류의 특징 정보를 추출하기 위해 Efficientnet-B2 상단에 2개의 병렬 Attention 모듈을 포함한 구조로 먹이 활동 유무에 따라 특징 표현을 중점으로 학습하여 이미지 식별 성능을 향상시켰으며, 이미지 클래스 불균형 문제를 해결하기 위해 라벨 스무딩 기술(Label smoothing)을 적용하였다. 이 방법은 인식 정확도 89.56%와 초당 부동 소수점 연산(FLOPS)에서도 우수한 성능을 보였지만, 5가지로 분류한 데이터 간의 경계가 모호한 경우 유사성이 높아 다른 행동으로 오인되기도 한다.

먹이 활성도에 따른 급이 제어 시스템 구축 시 먹이 활성 강도 파악은 가장 중요한 요소이

므로 본 연구에서는 어두운 환경에서도 관찰할 수 있도록 적외선 카메라를 사용하였으며, 먹이 활동 유무에 따라 변화되는 모습의 차이를 확인하기 위해 외곽선 추출 알고리즘을 적용하였다.

III. RGB 카메라를 사용한 수중 어류 탐지

3.1 외곽선 추출 알고리즘

전처리 작업은 객체 탐지 모델 학습에 사용되는 이미지에서 불필요한 정보를 제거하고 관심 대상의 구조적 특징을 강조하여 객체 탐지 모델의 성능을 결정하는 중요한 요소로 컴퓨터 비전에서 주로 사용되는 방식으로는 정규화, 대비 향상, 외곽선 추출 등이 있다. 본 연구에서는 수중 속 어류를 객체 인식을 통해 활동성을 파악하기 위해 외곽선 추출 알고리즘을 사용하였다. 외곽선 추출 알고리즘은 이미지에서 객체의 경계를 찾아내는 기술로 이미지의 픽셀 간 밝기값의 변화를 분석하여 객체의 형태를 파악할 수 있어 주변 배경으로부터 명확하게 구분할 수 있다. 객체 탐지 모델이 학습할 때, 불필요한 정보가 제거함으로써 타깃 객체의 형태와 크기 정보를 효과적으로 인식하고 계산 효율성을 높여 다양한 환경에서도 일관된 인식 성능을 유지하는 데 도움을 준다. 본 연구에서는 외곽선 추출 알고리즘으로 주로 사용되는 Canny Edge Detection, Sobel, Laplacian, Scharr, Prewitt, RobertsCross, LoG(Laplacian of Gaussian) 을 사용하였다.

Canny Edge Detection은 외곽선 검출의 성능을 최적화하기 위해 제안된 것으로 총 5단계의 연산 과정을 통해 외곽선을 추출한다(Canny, 1986). 1단계에서 입력으로 들어온 이미지에서 외곽선 검출 시 불필요한 정보를 제거하기 위해 가우시안 필터를 사용하여 잡음을 제거한 후 그라디언트 계산과 비최대 억제 단계를 차례대로 수행하여 뚜렷하게 남아있는 외곽선만 추출한다. 설정한 임계값을 기준보다 작은 값을 제거하여 최종적으로 정확한 외곽선만 추출한다. Sobel 필터는 이미지의 밝기 변화량에 따라 외곽선을 감지하기 위해 그림 1와 같은 수직, 수평 방향의 3x3 크기의 행렬을 사용하여 1차 미분 연산을 수행한 후 출력된 값을 평균화시켜 잡음에 강한 특징이 있으며 작업 과정이 간단하여 빠르게 외곽선을 추출한다.

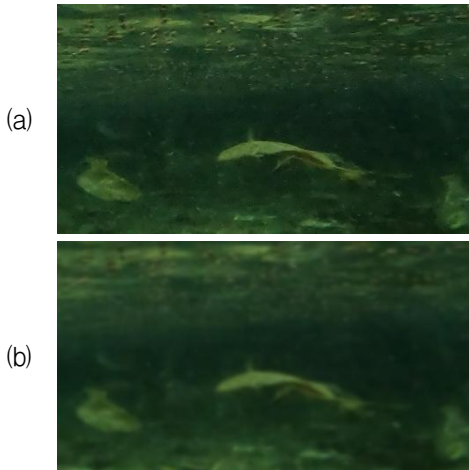
-1	0	1	-1	-2	-1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	1	2	1

<그림 1> 3x3의 sobel 마스크

Laplacian 필터는 이미지 내에서 밝기의 급격한 변화를 식별하고 이를 통해 외곽선을 추출하는 2차 미분 기반의 필터이다. 밝기 변화가 큰 지점의 모든 방향에 대해 민감하게 반응하여 미세한 외곽선까지 탐지할 수 있으며 이를 통해 정확한 위치를 식별한다. Scharr, Prewitt, RobertsCross 필터는 Sobel 필터와 유사한 방식으로 사용되는 가중치 값만 다르게 적용되어 외곽선을 추출한다. Scharr 필터는 Sobel 필터에 비해 더 정확한 외곽선 방향과 강도를 계산할 수 있어 대각선 방향의 외곽선까지 검출이

가능하다. Prewitt 필터는 모든 인접 픽셀을 동일한 가중치로 취급하여 주변 픽셀의 작은 변화에도 민감하게 반응하여 확실한 외곽선만 검출한다.

RobertsCross 필터는 2x2 크기의 작은 필터를 사용하여 미세한 외곽선까지 추출할 수 있어 얇은 외곽선을 감지하는데 유용하다. LoG 필터는 잡음에 영향을 받지 않는 선명한 외곽선을 추출하기 위해 가우시안 블러(Gaussian Blurring)와 Laplacian 필터를 사용한다. 가우시안 블러는 그림 2에서 볼 수 있듯이 주변 픽셀의 가중 평균을 사용하여 각 픽셀의 값을 조정하여 이미지를 흐리게 만들어 미세한 잡음들을 제거하며 Laplacian 필터를 사용하여 외곽선을 검출한다. 이 과정은 높은 계산 비용이 요구되지만 다양한 크기의 외곽선을 효과적으로 탐지한다.



<그림 2> 가우시안 블러 적용 결과

3.2 RGB 카메라로 촬영한 이미지에 외곽선 추출 알고리즘 적용 결과

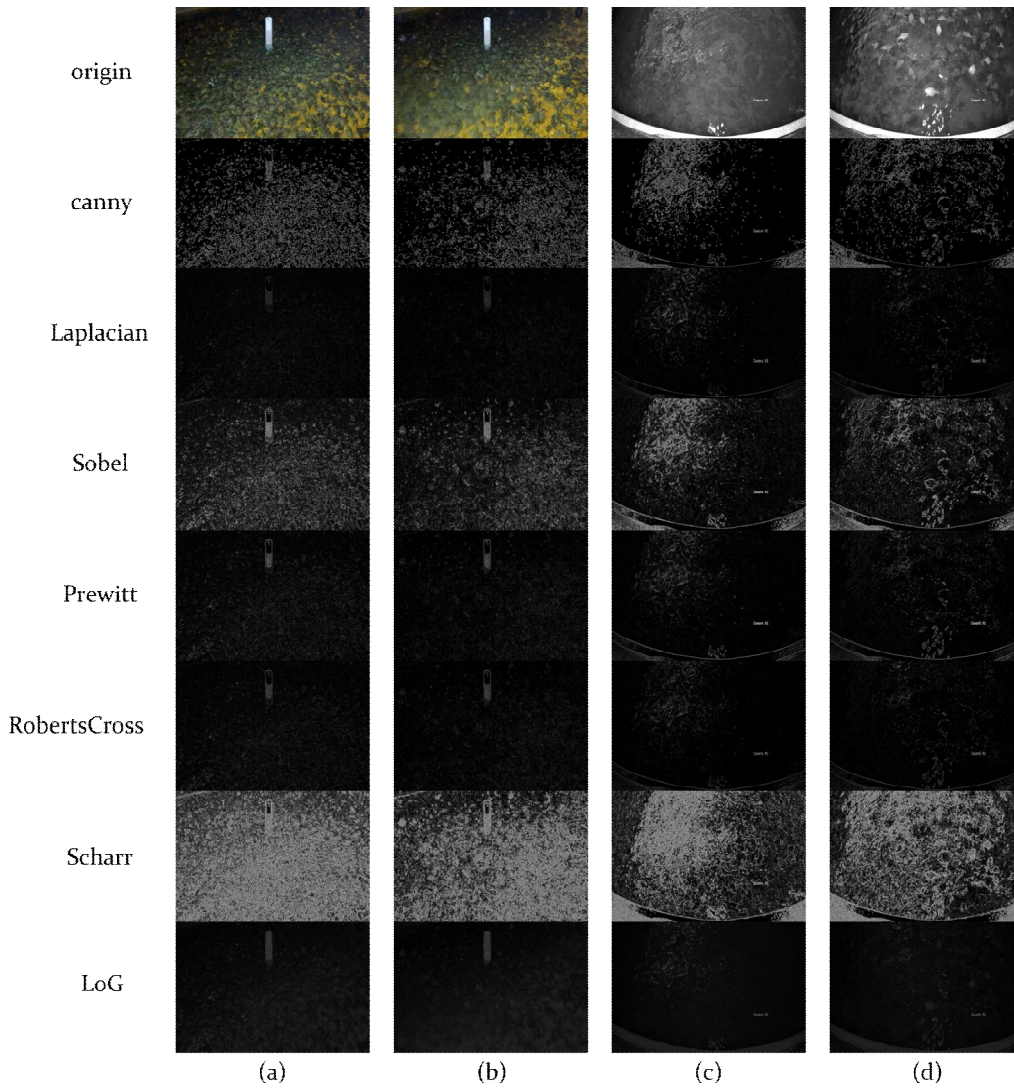
현재 공개된 어류 데이터는 주로 해양 서식

어종 분류나 복잡한 해양 환경 속에서 어류를 인식하기 위해 구성한 것으로 본 연구의 주제인 양식장 내 급이 유무에 따른 어류 행동 변화 분석을 위한 데이터와는 일치하지 않았다. 이에 따라, 본 연구는 급이 유무에 따른 어류의 행동 패턴을 식별하기 위해 국내에서 주로 양식되는 넙치를 대상으로 데이터를 수집하였다. 수집한 데이터는 RGB 이미지와 적외선 이미지 간의 비교를 위해 두 가지 방식으로 수집하였으며 외부 환경으로부터 발생하는 잡음을 줄이기 위해 수조 외부에 설치하였다. 급이에 따른 활동 변화를 분석하기 위해 먹이 활동이 이루어지는 전체 과정을 기록한 후, 급이가 시작되는 시점을 기준으로 급이 전과 후로 나누어 분류하였으며 시간대를 기준으로 프레임 단위로 이미지 데이터를 추출하였다.

본 연구는 RGB 카메라와 적외선 카메라로 수집한 데이터를 바탕으로 외곽선 추출 알고리즘을 이용하여 급이 유무에 따른 어류 행동 패턴을 분석하였다. RGB 카메라는 가시광선 영역의 정보를 이미지로 제공하기 때문에 어류의 색상과 패턴을 정확하게 파악할 수 있다.

이러한 특징을 활용하여 급이 유무에 따른 어류의 행동 변화를 외곽선 추출 알고리즘을 적용하여 분석한 결과 그림 3의 (a), (b)와 같다. 그림 3의 (a)는 급이 전 상태를 나타내며, 일반적으로 어류들은 급이가 이루어지기 전에는 활동량이 적어 서로 겹쳐 있는 형태로 식별하기 어렵다.

먹이 활동이 이루어지지 않은 상태에서 외곽선 추출 알고리즘을 적용한 결과, Scharr 필터 결과에서 볼 수 있듯이 어류의 형태는 보이지 않고 잡음만 추출되었으며, Laplacian과 LoG



<그림 3> RGB와 적외선 카메라로 촬영한 이미지 데이터에 외곽선 추출 알고리즘 적용 결과

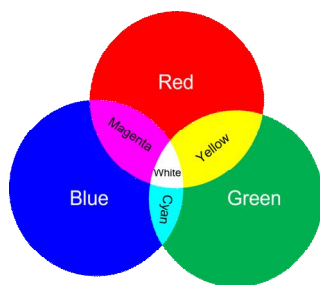
필터를 적용한 결과에서는 수조의 외곽선만 추출되는 것을 확인할 수 있다. 그에 반해 급이 후 상황을 나타내는 그림 3의 (b)를 보면, 어류가 사료를 먹기 위해 사료가 있는 수표면으로 이동함으로써 서로 겹치지 않은 곳에서는 어류의 형태가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 급이 활동에 Sobel 필터를 적용했을 경우

다른 필터 대비 어류의 윤곽이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 하지만 수조 외곽에 있는 어류를 제외한 부분에서는 어류로 보이는 결과가 거의 나타나지 않으며 Sobel 필터에서 어류로 보이는 부분 윤곽들조차 사람의 시각적 판단에 의존했을 때 구별하기 어려울 정도로 미세하게 표시되는 한계가 있었다. 또한, 어류 양식을 위

해 설치된 장비로 인해 생긴 잡음이 필터를 통해 충분히 제거되지 않아, 어류의 윤곽을 가리는 현상이 발생하였다. 특히 조명 빛이 수면에 반사되어 생긴 편광 현상으로 인해 원본 이미지 자체에서도 어디서 어디까지가 어류인지 구별되지 않는 문제가 발생하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 적외선 카메라를 도입하였다.

IV. 적외선 카메라로 촬영한 이미지에 외곽선 추출 알고리즘 적용 결과

RGB 카메라는 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue) 3가지 주요 색상 채널을 사용하여 다양한 색상과 명암을 표현하는 장치로 렌즈를 통해 들어온 빛을 각 색상의 센서로 분리함으로써 각각의 색상 채널에 대한 정보를 수집한다. 해당 정보는 디지털 형식으로 저장되어 다양한 색조와 명암을 갖는 최종 이미지를 생성한다.

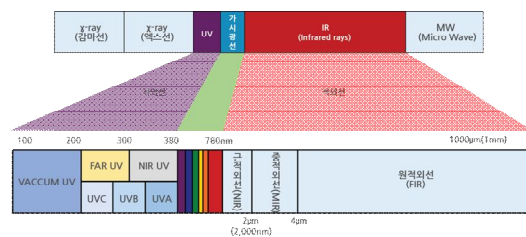


<그림 4> 빛의 3원색

3가지 색상 채널은 그림 4에서 보듯이 빛의 3원색으로 색상을 혼합하는 정도에 따라 다양

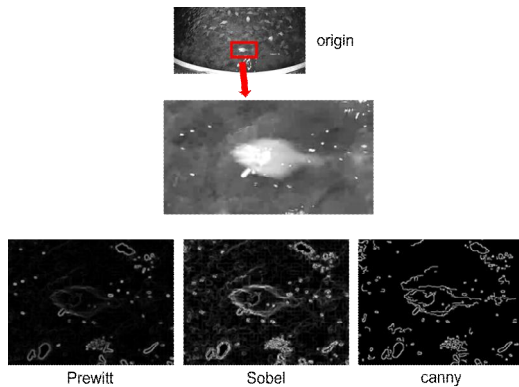
한 색상을 보이며 많이 혼합될수록 밝아지는 특징이 있다.

적외선 카메라는 물체의 열에너지를 감지하고 이미지로 변환하는 장치로 내부에 적외선 감지기가 내장되어 있다. 이는, 물체로부터 방출되는 열에너지를 전기 신호로 변환한 후 열 지도로 표시하여 물체의 온도 분포를 시각화한다. 이러한 특징으로 인해, 열을 중요시하는 환경에서 물체의 상태를 판단하는 곳에 주로 활용되고 있다. 적외선 카메라는 빛에 영향을 받지 않아 어두운 환경에서도 물체를 촬영할 수 있어 보안 시스템, 소방 대응, 야생 동물 관찰 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.



<그림 5> 적외선 영역

적외선 영역은 그림 5와 같으며, 사람의 눈으로 볼 수 없는 700nm에서 1mm 사이의 파장을 가진 빛의 범위에 속하여 어두운 환경이나 조명이 부족한 상황에서도 물체의 열 패턴을 식별할 수 있어 조명 변화가 잦은 실내 양식장 환경에서 유용하다. 또한, 적외선은 가시광선보다 긴 파장을 하고 있어 매질에 따라 여러 방향을 퍼지는 산란 현상이 적어 어두운 수중 환경에서도 상대적으로 선명한 이미지를 얻을 수 있다. 이러한 특징은 어류에게 인위적인 빛으로 인한 불필요한 스트레스를 주지 않아 급이에 따른 행동 변화를 자연스럽게 관찰할 수 있다.



<그림 6> 적외선 카메라로 촬영한 굽이 후 이미지에 외곽선 추출 알고리즘 적용 결과

이러한 적외선 카메라의 특징을 활용하여 굽이 유무에 대한 어류 행동 변화를 분석한 결과 그림 3의 (c), (d)에서 확인할 수 있으며 (c)는 굽이 전, (d)는 굽이 후 모습이다. 굽이 전에는 먹이 활동을 하고 있지 않은 상태로 인해 물결들만 검출되는 것을 볼 수 있다. 굽이 이후에는 먹이를 먹기 위해 수표면으로 올라오는 현상으로 인해 어류의 활동성 증가로 어류로 보이는 외곽선이 다수 검출된 것을 볼 수 있다. 특히, 그림 6에서 볼 수 있듯이 특정 어류를 대상으로 윤곽선 추출 여부를 확인한 결과 Prewitt, Sobel, Canny 필터를 적용하는 것이 해당 어류의 형태를 명확하게 추출한 것을 볼 수 있다. 특히, Canny 필터는 가우시안 필터를 사용하며 이미지에서 불필요한 잡음을 제거함으로써 가장 뚜렷하게 어류의 윤곽선을 추출된 것을 볼 수 있다.

그에 반해, Laplacian, RobertsCross, Scharr 필터를 적용했을 때 어류 형태의 외곽선이 거의 관찰되지 않았다. 이는, 해당 이미지 내 잡음이 많아 외곽선 검출이 제대로 이루어지지 못

한 것이다. Laplacian 필터는 이미지의 밝기 변화를 기반으로 외곽선을 추출하는 방식이지만 실내 양식장과 같이 잡음이 많은 상황에서는 선명한 외곽선만 검출되며, Roberts Cross 필터의 경우 2x2 크기의 필터를 이용한 방식으로 인해 잡음에 민감하게 반응하여 대부분의 어류를 추출하지 못하였다. 반면, Scharr 필터는 대각선 방향의 외곽선까지 탐지하지만, 어류의 형태가 아닌 불필요한 요소들마저 외곽선으로 간주되어 어류 형태를 식별하는데 한계가 있었다. LoG 필터의 경우 가우시안 블러와 라플라시안 필터의 과정을 거치면서 어류 또한 잡음으로 오인되어 외곽선 추출에서 제외되는 현상이 발생한 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 양식장 내 자동 굽이 제어 시스템 도입하기 위해 어류의 굽이 유무에 따른 행동 패턴을 RGB 카메라와 적외선 카메라를 통해 비교 분석하였다. 일반적으로 사용되는 RGB 카메라의 경우 다양한 색상으로 표시되는 특징이 있지만 빛의 강도에 따라 다르게 나타나는 편광 현상으로 인해 수중 속 어류를 관찰하기에 한계가 있었다. 적외선 카메라의 경우 어류의 열에너지를 감지하여 이미지를 형성하는 방식으로 빛에 대한 영향이 낮을 뿐만 아니라 가시광선 대비 긴 파장을 가지고 있어 수중에 있는 어류를 보다 선명하게 관찰할 수 있었다.

적외선 카메라를 사용하여 수집한 데이터에 외곽선 추출 알고리즘을 적용한 결과 Canny, Sobel, Prewitt 필터가 가장 뚜렷하게 어류의 윤

곽이 나타났음을 확인할 수 있었으며, Canny 필터를 적용한 결과 가장 윤곽선이 선명하게 추출된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 적외선 카메라가 급이 유무에 따른 어류의 행동 변화를 관찰하는 데 효과적임을 확인할 수 있었으며, 자동 급이 제어 시스템 도입 시 정확도와 효율성을 향상할 수 있음을 보여준다. 이는, 어류 양식 산업에 있어 급이 과정의 자동화를 통한 효율성 증진할 수 있을 뿐만 아니라 실시간 모니터링에 적용할 수 있어 효율적인 시스템을 구축하여 양식장의 운영 최적화하는데 기대할 수 있다.

그러나, 어류를 양식하기 위해 설치되어 있는 장비로 발생하는 잡음과 고밀도로 양식되는 환경 구조로 인해 완전한 어류의 외곽선을 추출하는 과정에서 한계가 있음을 확인하였다. 향후 연구에는 복잡한 양식 환경에서 발생하는 잡음을 최소화하고 급이 유무에 따른 어류 행동 패턴을 정확하게 추출하기 위해 추가적인 전처리 기법을 적용할 예정이다.

참고문헌

- Adegboye, M. A., Aibinu, A. M., Kolo, J. G., Aliyu, I., Folorunso, T. A., and Lee, S. H., "Incorporating intelligence in fish feeding system for dispensing feed based on fish feeding intensity," *IEEE*, Vol. 8, No. 19659429, May 2020, pp. 91948-91960.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo-Valverde, J., and Aguado-Giménez, F., "Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed?," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 119, June 2017, pp. 23-30.
- Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE*, No. 6, November 1986, pp. 679-698.
- Li, D., Wang, Z., Wu, S., Miao, Z., Du, L., and Duan, Y., "Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture: A review," *Aquaculture*, Vol. 528, November 2020, pp. 735508.
- Måløy, H., Aamodt, A., and Misimi, E., "A spatio-temporal recurrent network for salmon feeding action recognition from underwater videos in aquaculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 167, December 2019, pp. 105087.
- Yang, L., Yu, H., Cheng, Y., Mei, S., Duan, Y., Li, D., and Chen, Y., "A dual attention network based on efficientNet-B2 for short-term fish school feeding behavior analysis in aquaculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 187, August 2021, pp. 106316.
- Zhou, C., Xu, D., Chen, L., Zhang, S., Sun, C., Yang, X., and Wang, Y., "Evaluation of fish feeding intensity in aquaculture using a convolutional neural network and machine vision," *Aquaculture*, Vol. 507, May 2019, pp. 457-465.

농수축산신문, [분석]양어용 배합사료 확대, 무엇이 필요한가, Retrieved October 08, 2019, Available:<https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=162268>

한국수산경제, 생사료, 미래 양식의 재앙이 될 수 있다, Retrieved February 23, 2017, Available:<http://www.fisheco.com/news/articleView.html?idxno=61953>

해양수산부, 수산혁신 2030 계획 발표, Retrieved February 13, 2019, Available: <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?menuSeq=971&bbsSeq=10&docSeq=26599>

해양수산부, 우리 수산업을 보호하는 마법, 배합사료, Retrieved September 29, 2021, Available:<https://blog.naver.com/koreamof/222519795287>

현대해양, 생사료 먹인 고기가 더 잘팔리는데 배합사료 의무화 가능할까?, Retrieved June 05, 2020, Available: <http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=12315>

노 태 경 (Roh, Tae Kyoung)



동의대학교 공학사와 석사 과정 중에 있다. 현재 부산 IT 융합부품연구소 연구원으로 재직하고 있으며, 주요 관심분야는 Back-End, 컴퓨터 비전, 인공지능 등이 있다.

하 상 현 (Ha, Sang Hyun)



동의대학교 공학사와 석사 학위를 취득하였다. 현재 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 선임연구원으로 재직 하고 있으며, 주요 관심분야는 컴퓨터 비전, 인공지능 등이다.

김 기 환 (Kim, Ki Hwan)



동서대학교 공학사, 공학 석사와 박사학위를 취득하였다. 현재 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 연구교수로 재직하고 있으며, 주요 관심분야는 인공지능, 암호이론, 네트워크보안 등이 있다.

강 영 진 (Kang, Young Jin)



동서대학교 공학사, 공학 석사와 박사학위를 취득하였다. 현재 동의대학교 인공지능 그랜드 ICT 연구센터 연구교수로 재직하고 있으며, 주요 관심분야는 인공지능, 암호이론, IoT융합 등이 있다.

정 석 찬 (Jeong, Seok Chan)



부산대학교 공학사와 오사카부립대학 공학석사와 박사 학위를 취득하였다. 현재 동의대학교 e비즈니스학과 교수와 부산IT융합부품연구소 소장, 인공지능그랜드ICT연구센터 센터장로 재직하고 있으며, 관심분야는 정보시스템, IoT 융합, 빅데이터, 클라우드, 블록체인, 인공지능 등이 있다.

<Abstract>

Analysis of Fish Activity in Relation to Feeding Events Using Infrared Cameras

Roh, Tae Kyoung · Ha, Sang Hyun · Kim, Ki Hwan · Kang, Young Jin · Jeong, Seok Chan

Purpose

The domestic aquaculture industry in South Korea utilizes both formulated feeds and live feeds for the cultivation of fish. While nutrient-rich live feeds, particularly using fry, have been preferred since the past, formulated feeds are gaining attention due to issues related to overfishing and environmental concerns. Formulated feeds are advantageous for storage and supply but require a sustained feeding regimen due to the comparatively slower growth rate compared to live feeds. As the aging population in rural areas leads to a shortage of labor, automated feeding systems are increasingly being adopted in aquaculture facilities. To enhance the efficiency of such systems, it is crucial to quantitatively analyze the behavioral changes in fish based on the presence or absence of feed.

Design/methodology/approach

In the study, RGB cameras and infrared cameras were used to analyze fish activity according to feeding, and an outline extraction algorithm was applied to analyze the differences resulting from this.

Findings

Unlike RGB cameras, infrared cameras are more suitable for analyzing underwater fish activity as they convert objects' thermal energy into images. It was observed that Canny, Sobel, and Prewitt filters showed the most distinct identification of fish activity.

Keyword: Aquaculture, Automatic Feeding Control, Artificial Intelligence, Infrared Camera, Contour Extraction Algorithm

* 이 논문은 2023년 11월 21일 접수, 2023년 11월 30일 1차 심사, 2023년 12월 8일 게재 확정되었습니다.