

## A Study on Abnormal Sign Detection Based on Normal Behavior Pattern Changes in Indoor CCTV Environments

Hoi-Min Park\*, Seong-Hyun Park\*\*

\*Student, Dept. of Computer Science, Kongju National University, Cheonan, Korea

\*\*Lecturer, Dept. of Computer Science, Kongju National University, Cheonan, Korea

### [Abstract]

In the modern society, CCTV plays an essential role in crime prevention and safety management, but the existing abnormal behavior detection method has limitations in its application in various environments as it often relies on a method of defining and classifying specific behavior types in advance. In particular, since the form of abnormal behavior is not fixed in the actual environment and can appear in various forms depending on lighting, camera angle, and user behavior pattern, a more generalized detection method is required. Against this background, this study proposed a method of detecting abnormal symptoms based on changes in normal behavior patterns. The proposed method detects human objects using YOLOv5s and extracts behavioral characteristics by accumulating movement information based on center coordinates in time window units. Compared with the pattern formed in the normal behavior section, the section in which a certain level of change or higher occurred was judged as an abnormal symptom. As a result of the experiment, the characteristic value remained stable in the normal section, while the variability tended to increase in the behavior change section. In addition, the F1-score improved from 0.835 to 0.908 compared to the frame unit method, confirming about 7%p performance improvement, and false detection due to temporary noise also decreased.

▶ **Key words:** Anomaly Detection, Normal Behavior Pattern, Object Detection, YOLO, Time Window Analysis

### [요 약]

현대 사회에서 CCTV는 범죄 예방과 안전 관리에 필수적인 역할을 수행하고 있으나, 기존의 이상 행동 탐지 방식은 특정 행동 유형을 사전에 정의하고 이를 분류하는 방식에 의존하는 경우가 많아 다양한 환경에서의 적용에 한계를 가진다. 특히 실제 환경에서는 이상행동의 형태가 고정되어 있지 않으며, 조명, 카메라 각도, 사용자 행동 패턴 등에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있기 때문에 보다 일반화된 탐지 방법이 요구된다. 이러한 배경에서 본 연구는 정상 행동 패턴의 변화를 기반으로 이상 징후를 탐지하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 YOLOv5s를 이용해 사람 객체를 검출하고, 중심 좌표 기반 이동 정보를 시간 윈도우 단위로 누적하여 행동 특성을 추출한다. 정상 행동 구간에서 형성된 패턴과 비교하여 일정 수준 이상의 변화가 발생한 구간을 이상 징후로 판단하였다. 실험 결과, 정상 구간에서는 특성 값이 안정적으로 유지된 반면 행동 변화 구간에서는 변동성이 증가하는 경향이 나타났다. 또한 프레임 단위 방식 대비 F1-score가 0.835에서 0.908로 향상되어 약 7%p 성능 개선이 확인되었으며, 일시적인 노이즈에 의한 오탐지 또한 감소하였다.

▶ **주제어:** 이상 행동 감지, 정상 행동 패턴 분석, 객체 감지, YOLO, 시간 윈도우 분석

- First Author: Hoi-Min Park, Corresponding Author: Seong-Hyun Park
- Hoi-Min Park (hmxoxo@naver.com), Dept. of Computer Science, Kongju National University
- Seong-Hyun Park (a94270816@gmail.com), Dept. of Computer Science, Kongju National University
- Received: 2026. 02. 26, Revised: 2026. 03. 25, Accepted: 2026. 04. 07.

## I. Introduction

현대 사회에서 CCTV는 범죄 예방, 사고 감시, 시설 관리 등 다양한 목적을 위해 활용되고 있다. 특히 실내 공간은 다수의 사람이 동시에 이용하는 환경으로, 예상하지 못한 위험 상황이 발생할 가능성이 높다. 이러한 환경에서 이상 징후를 조기에 탐지하는 기술은 인명 피해를 줄이고 신속한 대응을 가능하게 한다는 점에서 중요한 연구 주제로 다뤄지고 있다.

기존 CCTV 기반 이상행동 탐지 연구는 주로 특정 행동을 이상으로 정의하고 이를 자동으로 탐지하는 방식을 사용해왔다. 예를 들어 폭력, 도난, 무단 침입 등 사전에 정의된 행동을 인식하는 방식이 대표적이다. 이러한 접근은 명확한 기준을 설정할 수 있다는 장점이 있으나, 모든 이상 상황을 사전에 정의하기 어렵다는 한계를 가진다.

실제 환경에서는 동일한 행동이라도 발생한 시간, 장소, 주변 상황에 따라 정상 또는 이상으로 다르게 해석될 수 있다. 예를 들어 사람이 빠르게 이동하는 행동은 긴급 상황일 수도 있지만, 단순한 이동일 수도 있다. 이처럼 행동 자체만을 기준으로 이상 여부를 판단할 경우 오탐이 발생할 가능성이 높다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 바탕으로 이상행동을 직접 정의하기보다는, 정상 행동 패턴의 변화를 분석하여 이상 징후를 탐지하는 방식에 접근한다. 정상 상태에서의 행동 패턴을 기준으로 변화가 크게 발생하는 구간을 이상 징후로 판단함으로써, 사전에 정의되지 않은 상황에 대해서도 대응 가능성을 확보하고자 한다. 따라서 본 연구는 제2장에서 객체 탐지 모델과 이상행동 탐지 관련 기존 연구를 살펴보고, 제3장에서 제안하는 시스템의 구성과 객체 검출, 이동 정보 생성, 행동 특성 추출 및 정상 행동 패턴 기반 이상 징후 판단 방법을 설명한다. 제4장에서는 실내 CCTV 데이터를 기반으로 실험을 수행하고, 행동 특성 분석과 탐지 결과를 통해 제안 방법의 성능을 비교 분석한다. 제5장에서는 본 연구의 결론을 정리한다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

#### 1.1 Detection of Abnormal Behavior Based on CCTV

CCTV 영상 기반 이상행동 탐지는 공공 안전, 범죄 예방, 사고 대응 등의 목적을 위해 활발히 연구되어 왔다. 초기 연구들은 주로 규칙 기반 방법이나 수작업으로 정의된

행동 규칙을 활용하여 특정 이상행동을 탐지하는 방식에 초점을 두었다. 이러한 방법은 비교적 단순한 환경에서는 효과적이었으나, 다양한 환경 변화와 복잡한 행동 패턴을 처리하는 데에는 한계를 보였다.

최근에는 딥러닝 기술의 발전과 함께 CNN(Convolutional Neural Networks), RNN(Recurrent Neural Networks), LSTM(Long Short-Term Memory models) 등을 활용한 이상행동 탐지 연구가 증가하였다. 특히 사전에 정의된 이상행동 클래스를 학습하는 지도 학습 기반 접근이 널리 사용되고 있으며, 이는 일정 수준 이상의 정확도를 확보할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 이러한 방식은 충분한 이상행동 데이터 확보가 필요하며, 정의되지 않은 새로운 유형의 이상행동에 대해서는 탐지 성능이 저하되는 문제가 나타나고 있다[1-3].

#### 1.2 Object Detection-Based Behavioral Analysis

객체 탐지 기술은 영상 내 객체의 위치와 클래스를 동시에 추정할 수 있어, 행동 분석의 전처리 단계로 널리 활용되고 있다. YOLO(You Only Look Once), SSD(Single Shot Detector), Faster R-CNN 등의 객체 탐지 모델은 사람 객체를 실시간으로 검출하는 데 효과적이며, 이를 기반으로 이동 경로 및 행동 특성 분석이 가능하다. 아래 표 1은 대표적인 객체 탐지 모델인 YOLO, SSD, Faster R-CNN을 속도, 정확도, 기술, 활용 분야 기준으로 비교한 것이다.

Table 1. Object Detection Models

| Model     | YOLO                         | SSD                        | Faster R-CNN                        |
|-----------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Detection | 1-stage                      | 1-stage                    | 2-stage                             |
| Speed     | Very Fast                    | Fast                       | Slow                                |
| Accuracy  | Medium                       | Medium                     | High                                |
| Key Tech  | Grid-based, End-to-End       | Multi-scale feature maps   | RPN (Region Proposal)               |
| App       | Real-time surveillance, CCTV | Mobile & Embedded Tracking | Medical imaging, precision analysis |

특히 YOLO 계열 모델은 단일 단계 객체 탐지 구조를 사용하여 빠른 추론 속도를 제공하며, 실시간 CCTV 시스템에 적합하다는 평가를 받고 있다. 이러한 특성으로 인해 객체 탐지 결과를 기반으로 이동 속도, 이동 방향, 경로 분포 등 행동 관련 특징을 추출하는 연구들이 다수 제안되었다. 다만 객체 탐지 정확도와 추적 안정성이 낮을 경우, 이후 행동 분석 단계의 성능에도 영향을 미칠 수 있다는 한계가 존재한다[4-7].

**1.3 Normal behavior pattern change based anomaly detection**

기존 이상행동 탐지 방식의 한계를 보완하기 위해, 최근에는 이상행동을 직접 정의하지 않고 정상 행동 패턴의 변화를 분석하여 이상 징후를 탐지하는 접근이 주목받고 있다. 이 방식은 정상 상태에서 관찰되는 행동 특성을 학습한 후, 시간에 따른 행동 변화 양상을 분석함으로써 비정상적인 상태를 감지한다.

정상 행동 패턴 기반 접근에서는 이동 속도, 이동 거리, 방향 변화, 이동 경로 분산도 등의 행동 특성이 주요 지표로 활용된다. 이러한 특성들은 일정 시간 구간 단위로 분석되며, 안정적인 구간에서 계산된 통계 정보를 기준으로 변화 여부를 판단한다. 이 방식은 사전에 정의되지 않은 상황에도 유연하게 대응할 수 있다는 장점을 가진다[8-12].

그러나 정상 행동 패턴을 구성하는 기준 설정과 행동 특성 선택에 따라 탐지 성능이 크게 달라질 수 있으며, 객체 탐지 및 추적 정확도에 대한 의존도가 높다는 점에서 추가적인 연구가 필요하다. 그럼에도 불구하고, 정상 행동 패턴 변화 기반 접근은 다양한 실내 환경에서 이상 징후를 탐지하기 위한 효과적인 대안으로 평가되고 있다.

**III. The Proposed Scheme**

**1. System Configuration**

본 장에서는 실내 CCTV 환경에서 정상 행동 패턴의 변화를 분석하여 이상 징후를 탐지하는 방법을 설명한다.

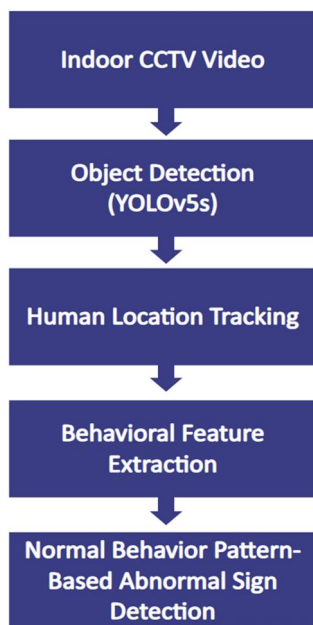


Fig. 1. Proposal system

그림 1과 같이 제안하는 시스템은 객체 탐지 기반 사람 검출을 시작으로 이동 정보 생성, 행동 특성 추출, 정상 행동 패턴 구성, 그리고 행동 변화 분석의 단계로 구성된다.

입력으로 주어지는 실내 CCTV 영상은 객체 탐지 모델을 통해 프레임 단위로 처리되며, 각 프레임에서 사람 객체의 바운딩 박스(bounding box)가 검출된다. 검출된 바운딩 박스의 중심 좌표를 계산하여 객체의 위치 정보를 추출하고, 동일 객체에 대해 프레임 간 중심 좌표를 연결함으로써 시간에 따른 이동 궤적을 생성한다.

이동 정보는 연속된 프레임 간 중심 좌표의 차이를 기반으로 계산되며, 이를 통해 이동 거리 및 이동 방향과 같은 기본적인 이동 특성이 산출된다. 또한 프레임 간 시간 간격을 고려하여 이동 속도를 계산하고, 일정 시간 윈도우 단위로 이동 정보를 누적하여 행동 특성으로 변환한다.

이후 안정적인 시간 구간에서 구성된 정상 행동 패턴을 기준으로, 현재 시간 윈도우에서 계산된 행동 특성과의 차이를 분석하여 이상 징후를 판단한다.

**2. Object detection and movement information generation**

실내 CCTV 환경에서의 실시간 처리를 고려하여 YOLOv5s 기반 객체 탐지 모델을 사용하였다. YOLOv5s는 경량 구조를 가지면서도 사람 객체 탐지에 충분한 정확도를 제공하는 모델로, 실내 고정형 CCTV 영상에 적합하다[13].

객체 탐지 결과는 각 프레임마다 사람 객체의 바운딩 박스 좌표 형태로 출력되며, 해당 좌표의 시간적 변화를 통해 사람 객체의 이동 정보를 생성한다. 본 연구에서는 바운딩 박스 중심 좌표의 변화를 기반으로 이동 정보를 구성하여, 이후 행동 특성 분석에 활용하였다.

**3. Behavioral characterization extraction**

행동 특성 추출 단계에서는 객체의 이동 정보를 기반으로 사람의 행동을 정량적으로 표현한다. 본 연구에서는 객체 탐지 결과로부터 획득한 바운딩 박스 중심 좌표를 이용하여 시간에 따른 위치 변화를 추적하고, 이를 바탕으로 다양한 행동 특성을 계산하였다.

구체적으로, 연속 프레임 간 중심 좌표의 차이를 이용하여 이동 거리를 산출하고, 이를 시간으로 나누어 평균 이동 속도를 계산하였다. 또한 일정 시간 윈도우 내에서 이동 방향의 변화 횟수를 계산하여 방향 변화 특성을 추출하였으며, 중심 좌표들의 분포를 기반으로 이동 경로의 분산도를 산출하여 행동의 불규칙성을 표현하였다.

이러한 행동 특성들은 고정된 시간 윈도우 단위로 누적

계산되며, 단일 프레임에서 발생하는 순간적인 위치 변화나 검출 노이즈의 영향을 완화할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 시간에 따른 행동 변화의 흐름을 반영할 수 있으며, 정상 행동과 이상 징후를 보다 안정적으로 구분할 수 있도록 하였다.[14-15].

각 시간 구간에서 추출된 행동 특성은 정상 행동 패턴 구성과 이상 징후 판단을 위한 입력으로 사용된다.

Table 2. Defining Behavioral Characteristics

| Char                   | Description  | Unit                |
|------------------------|--|---------------------|
| Travel Distance        | Total center displacement  | pixels              |
| Average Speed          | Average displacement per frame   | pixels/frame        |
| Direction Change Count | Number of times of the movement direction changes beyond a threshold angle | count               |
| Trajectory Variance    | Variance of the trajectory coordinates                                     | pixels <sup>2</sup> |
| Stop Ratio             | Low-movement frame ratio   | %                   |

위 표 2는 이상 징후 탐지를 위해 추출한 행동 특성들을 정리한 것이다. 해당 특성들은 사람 객체의 이동 강도와 행동 변화를 동시에 반영할 수 있도록 선정되었으며, 일정 시간 구간 단위로 계산되어 순간적인 노이즈의 영향을 최소화하도록 구성하였다.

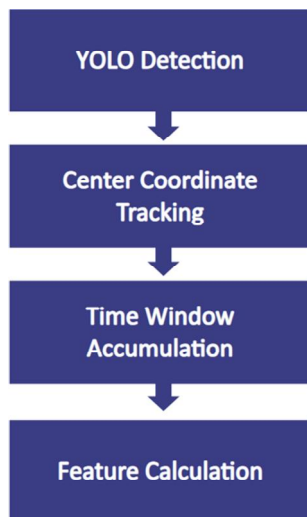


Fig. 2. Behavioral Characteristics Extract Flow

그림 2는 YOLO 기반 객체 탐지를 바탕으로 행동 특성을 추출하는 전체 흐름을 나타낸다. 먼저, 객체 탐지 단계에서 검출된 사람 객체의 바운딩 박스를 이용하여 중심 좌표를 계산하고, 이를 프레임 단위로 추적한다. 이후 중심

좌표는 일정 시간 구간 단위로 누적되며, 누적된 이동 정보를 기반으로 이동 거리, 평균 이동 속도 등 행동 특성이 계산된다.

#### 4. Normal behavior pattern based anomaly determination

정상 행동 패턴은 비교적 안정적인 구간에서 추출된 행동 특성들의 통계적 분포를 기반으로 구성된다. 본 연구에서는 정상 행동으로 간주되는 초기 구간을 설정하고, 해당 구간에서 수집된 이동 속도, 이동 거리, 방향 변화 횟수, 이동 경로 분산도 등의 특성에 대해 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 계산하였다. 이를 바탕으로 각 특성에 대해 평균  $\pm k$ ·표준편차 형태의 범위 기반 정상 행동 구간을 정의하였다.

이와 같이 범위 기반 기준을 적용함으로써 단일 임계값 방식보다 환경 변화나 개인별 행동 차이에 따른 자연스러운 변동을 허용할 수 있도록 하였다. 또한 시간 윈도우 단위로 계산된 행동 특성을 지속적으로 누적하여, 정상 행동 패턴이 일정 수준의 변동성을 포함하도록 설계하였다.

이상 징후 판단 단계에서는 현재 시간 윈도우에서 관찰된 행동 특성을 정상 행동 패턴과 비교하여, 하나 이상의 특성이 정의된 정상 범위를 벗어나는 경우를 후보 이상 상태로 판단한다. 특히 단일 특성의 일시적인 변화로 인한 오탐지를 줄이기 위해, 일정 시간 구간 이상 연속적으로 이상 상태가 유지되거나 두 개 이상의 특성에서 동시에 변화가 발생한 경우에 최종적으로 이상 징후로 판정하였다.

## IV. Experiments and results

### 1. Datasets

실내 환경에서 촬영된 고정형 CCTV 영상을 사용하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 영상은 복도, 로비, 사무 공간 등 일반적인 실내 CCTV 설치 환경을 포함하며, 카메라의 위치와 시야각이 고정된 조건에서 촬영되었다.

데이터셋은 주로 정상적인 보행 및 체류 행동이 관찰되는 구간과, 이동 속도 증가 또는 이동 경로 변화와 같이 행동 특성의 변화가 발생하는 구간을 포함하도록 구성하였다. 본 연구에서는 특정 이상행동을 사전에 정의하지 않고, 정상 상태에서 나타나는 행동 패턴과의 변화 여부를 기준으로 이상 징후를 분석한다.

모든 영상은 동일한 프레임률로 변환한 후 사용하였으며, 객체 탐지 및 행동 특성 추출 과정에서 일관된 입력 조

건을 유지하였다.

아래 표 3은 본 연구에서 사용된 데이터셋의 구성을 요약하여 나타낸 것이다.

Table 3. Configuring Datasets

| Item                  | Description                                  |
|-----------------------|--|
| Recording Environment | Indoor fixed CCTV                            |
| Space Type            | Corridor, Lobby, Office space                |
| Camera Condition      | Fixed field of view                          |
| Included Segments     | Normal behavior and behavior-change segments |

### 2. Environment settings

실험은 동일한 하드웨어 및 소프트웨어 환경에서 수행하여 결과의 일관성을 유지하였다. 객체 탐지 단계에서는 실시간 처리를 고려하여 YOLOv5s 모델을 사용하였으며, 각 프레임에서 사람 객체를 검출하였다.

그림 3과 같이 검출된 객체에 대해 바운딩 박스 중심 좌표를 계산하고, 이를 프레임 단위로 추적하여 객체의 이동 정보를 생성하였다. 이러한 이동 정보는 이후 행동 특성 추출 단계의 입력 데이터로 활용된다.

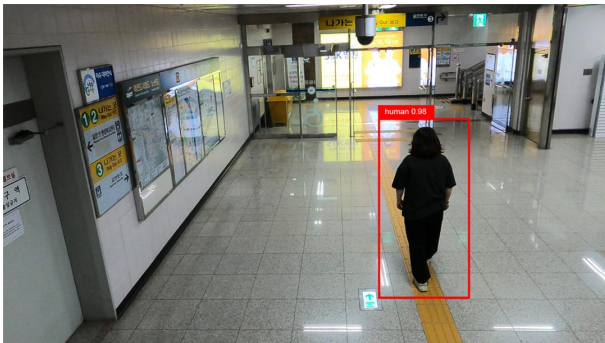


Fig. 3. Bounding box

### 3. Building Normal Behavior Patterns

정상 행동 패턴은 비교적 일정한 이동이 지속적으로 관찰되는 시간 구간을 기준으로 구축하였다. 해당 구간에서 추출된 이동 거리, 이동 속도 등의 행동 특성 분포를 분석하여 정상 행동 범위를 정의하였다.

본 연구에서는 단일 임계값을 사용하는 대신, 정상 행동 특성의 분포 범위를 기반으로 정상 패턴을 구성함으로써 자연스러운 행동 변화에 대해 유연하게 대응하도록 하였다.

### 4. Behavior Characteristics Distribution

정상 행동 구간에서 추출된 행동 특성은 비교적 일정한 범위 내에서 분포하는 경향을 보였다. 특히 이동 속도의 경우, 대부분의 관측 값이 좁은 구간에 집중되어 나타나

며, 시간에 따른 급격한 변동은 제한적으로 관찰되었다. 이러한 분포 특성은 안정적인 정상 행동이 지속되고 있음을 보여준다.

반면, 행동 변화가 발생한 구간에서는 행동 특성 분포의 형태가 달라지는 양상을 보였다. 이동 속도 및 이동 거리와 같은 특성 값에서 분산이 증가하며, 정상 행동 구간에서 관찰되지 않던 값들이 일부 포함되는 경향이 확인되었다. 이로 인해 분포의 폭이 확장되고, 값의 변동성이 상대적으로 커지는 특징이 나타났다.

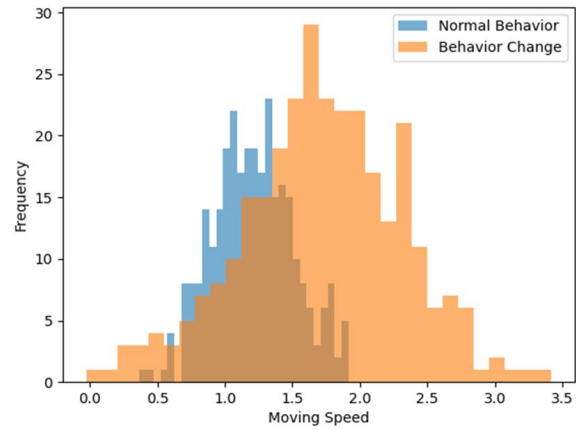


Fig. 4. Moving speed distribution: normal vs. behavior change

그림 4는 정상 행동 구간과 행동 변화 구간에서의 이동 속도 분포를 비교한 결과를 나타낸다.

또한 시간 흐름에 따른 행동 특성 변화를 분석한 결과, 정상 행동이 지속되는 구간에서는 특성 값이 일정한 범위 내에서 유지되는 반면, 행동 변화가 발생한 시점 이후에는 특성 값의 변동 폭이 점진적으로 증가하는 양상이 확인되었다. 그림 5는 시간 흐름에 따른 이동 속도 변화를 나타낸 결과이다.

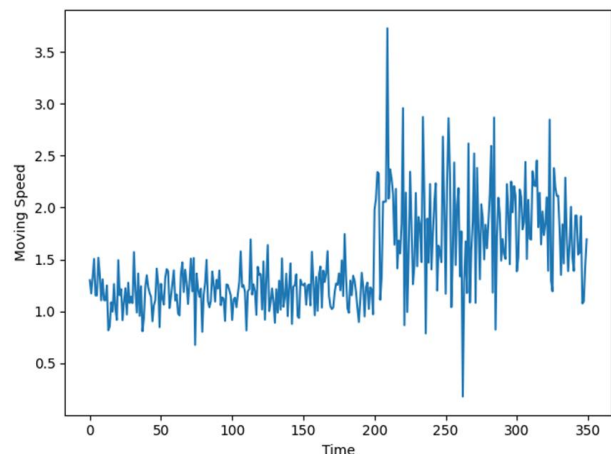


Fig. 5. Moving speed variation over time

## 5. Anomaly detection results and comparison

제한한 정상 행동 패턴 변화 기반 이상 징후 탐지 방법을 적용하여 정상 행동 구간과 행동 변화 구간에 대한 탐지 결과를 정리하였다. 이상 징후는 정상 행동 패턴 대비 행동 특성 값의 변화가 일정 수준 이상 발생한 구간을 기준으로 판단하였다.

실험 결과, 정상 행동 구간에서는 대부분의 시간 윈도우가 정상 상태로 분류되었으며, 행동 변화가 발생한 구간에서는 이상 징후로 판단되는 윈도우의 비율이 증가하는 경향을 보였다. 이는 시간 단위로 누적된 행동 특성 변화가 탐지 결과에 반영되었음을 의미한다.

또한 제안한 방법의 탐지 성능을 검증하기 위해, 객체 탐지 결과를 기반으로 프레임 단위에서 이상 여부를 판단하는 기존 방식과 비교 실험을 수행하였다. 비교 대상 방법은 단일 프레임에서의 이동 속도 또는 위치 변화만을 기준으로 이상 여부를 판단하는 방식이다.

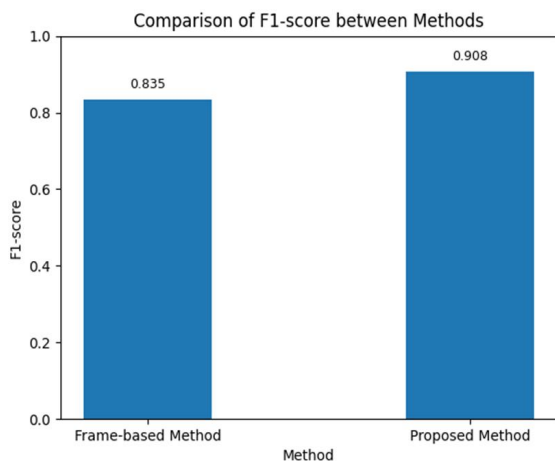


Fig. 6. Comparison of F1-score between Methods

그림 6은 기존 방식과 제안한 정상 행동 패턴 변화 기반 방법의 F1-score를 비교한 결과로 각각 0.835, 0.908로 나타났다.

비교 결과, 기존 프레임 단위 판단 방식은 순간적인 이동 변화에 민감하게 반응하는 경향을 보였으며, 제안한 방법은 시간 윈도우 기반 누적 분석을 통해 보다 안정적인 탐지 결과를 나타냈다.

## V. Conclusions

제안한 방법은 정상 행동 구간과 행동 변화 구간을 비교적 안정적으로 구분하는 경향을 보였다. 정상 행동 구간에

서는 이동 속도와 같은 행동 특성 값이 일정 범위 내에서 유지되었으며, 행동 변화가 발생한 구간에서는 시간 흐름에 따라 행동 특성의 변동 폭이 증가하는 양상이 관찰되었다. 이는 정상 행동 패턴을 기준으로 행동 특성의 변화를 관찰하는 본 연구의 접근 방식이 실험 환경에서 유효하게 작동하였음을 의미한다.

특히 프레임 단위 판단 방식과 비교했을 때, 제안한 방법은 시간 윈도우 단위로 행동 특성을 누적 분석함으로써 순간적인 이동 변화나 일시적인 노이즈의 영향을 완화할 수 있었다. 비교 실험 결과, F1-score 기준으로 기존 방법이 0.835를 보인 반면, 제안한 방법은 0.908의 성능을 나타내어 약 7%p 수준의 성능 향상이 확인되었다. 또한 단기적인 변화로 인한 오탐지 발생이 감소하여 전반적인 탐지 안정성이 개선된 것으로 나타났다.

또한 본 연구에서는 객체 탐지 모델로 YOLOv5s를 활용하여 사람 객체를 검출하고, 바운딩 박스 중심 좌표를 기반으로 행동 특성을 추출하였다. 별도의 포즈 추정이나 복잡한 모델을 사용하지 않고도 행동 변화를 표현할 수 있다는 점에서, 제안한 방법은 비교적 단순한 구조를 유지하면서도 실시간 처리 가능성을 고려한 접근이라 할 수 있다. 이는 실제 CCTV 기반 이상 징후 탐지 시스템에 적용할 수 있는 실용적인 장점으로 평가된다.

기존 이상행동 탐지 연구들이 특정 이상행동 유형을 사전에 정의하고 이를 분류하는 방식에 집중한 반면, 본 연구는 이상행동을 명시적으로 규정하지 않고 정상 행동 패턴의 변화 여부를 기준으로 이상 징후를 탐지한다는 점에서 차별성을 가진다. 이러한 접근은 이상행동의 유형이 환경이나 상황에 따라 다양하게 나타날 수 있는 현실적인 조건을 보다 유연하게 반영할 수 있다는 장점을 제공한다.

한편, 본 연구는 실내 환경의 고정형 CCTV 영상만을 대상으로 실험을 수행하였다는 한계가 있다. 카메라 시야각 변화나 복잡한 배경 환경에서는 성능 저하가 발생할 가능성이 있으며, 정상 행동 패턴 구축 시 사용되는 기준 구간 및 임계값 설정 또한 데이터 특성에 따라 영향을 받을 수 있다. 이러한 한계는 향후 다양한 환경을 고려한 실험과 임계값 자동화 기법을 통해 보완될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 다양한 환경과 조건을 포함한 데이터셋을 적용하여 제안한 방법의 일반화 성능을 검증할 계획이다. 더 나아가 이동 속도뿐만 아니라 이동 방향 변화, 체류 시간 등의 추가적인 행동 특성을 결합함으로써 보다 정교한 정상 행동 패턴 모델을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 경량화된 객체 탐지 모델과의 결합을 통해 실시간 이상 징후 탐지 시스템으로의 확장을 목표로 한다.

## REFERENCES

- [1] Young-Chang Kim, "Study on the search image storage efficiency which used to Height,Weight Estimation of person on based fixed CCTV Video," 2015.
- [2] J. Kim, J. Lee, S. Jung, H. Choi, M. Heo, S. Jeong, and S. Kang, "YOLO v5-based vehicle classification model using CCTV images," Proceedings of KIIT Conference, pp. 712-714, Jeju, 2023.
- [3] E. Kim, J. Lee, I. Hwang, D. Kim, Y. Kim, J. Lee, and S. Kim, "CCTV-Video based Risk Auto Detection using Deep Learning," Proceedings of KIIT Conference, pp. 881-883, Jeju, 2024.
- [4] T. Park, and J. Kim, "Development of a YOLOv5-Based Real-Time Obstacle Detection System for UAV Applications," Journal of Industrial Technology Research, Vol. 30, No. 3, pp. 145-153, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.29279/jitr.k.2025.30.3.145>
- [5] S. Jeong, M. Kang, and B. Lee, "YOLOv5-based Fall Detection Research for Elderly Living Alone," JOURNAL OF THE KOREA CONTENTS ASSOCIATION, Vol. 23, No. 11, pp. 83-89, 2023. DOI: 10.5392/JKCA.2023.23.11.083
- [6] P. S. ho, and K. Sang-Chul, "Trash Object detection and research through streaming images using Yolov5," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 591-593, Gangwon, 2023.
- [7] J. S. Lee, Y. J. Lee, J. W. Lee, J. C. Park, and M. S. Kim, "Design of Face Shape Customization Algorithm for Hairstyle Recommendation Using YOLOv5 Technology," Proceedings of KIIT Conference, pp. 508-510, Jeju, 2023.
- [8] J. S. Lee, S. Park, and M. Ryu, "Crowd Object Analysis and Trajectory-based Abnormal Behavior Detection System," Proceedings of KIIT Conference, pp. 563-563, Jeju, 2024.
- [9] Y. Yang, S. Park, S. Kim, and D. Kim, "Anomaly Detection System Based on LSTM AutoEncoder," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 88-89, Gyeongbuk, 2024.
- [10] S. Yong, J. Chang, S. Jo, S. Park, J. Kim, and S. Kim, "Development of Driver Abnormal behavior Detection System using Contrastive Learning," Proceedings of KIIT Conference, pp. 480-483, Jeju, 2022.
- [11] M. Park, S. Yoo, and J. Kim, "A Deep Learning System for Driver Anomaly Behavior Classification using Vision Transformer," Journal of Intelligence and Information Systems, Vol. 30, No. 1, pp. 59-74, 2024. DOI: 10.13088/jiis.2024.30.1.059
- [12] C. M. Kwak, Y. S. Kim, J. B. Lee, J. M. Jung, and C. J. Yoo, "Deep Learning-Based Abnormal Behavior Detection and Monitoring Service for the Senior Living Alone," Proceedings of KIIT Conference, pp. 461-465, Jeju, 2022.
- [13] J. Kim, "A comparative study on the characteristics of each version of object detection model YOLO," Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference , pp. 75-78, Daejeon, 2023.
- [14] J. D. Eun, H. H. Jun, and S. Yoon, "A Study on Real-Time Distracted Driving Detection Using Transformer-Based Driver Behavior Analysis," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 666-667, Gangwon, 2025.
- [15] C. JIHO, H. Gyutae, and S. J. Lee, "Behavior Pattern Prediction Algorithm Based on 2D Pose Estimation and LSTM from Videos," Journal of Embedded Systems and Applications, Vol. 17, No. 4, pp. 191-197, 2022. DOI: 10.14372/IEMEK.2022.17.4.191

## Authors



Hoi-Min Park received the Master's degrees in Computer Science Engineering from Kongju National University, Cheonan in 2023 respectively. He is currently pursuing a Ph.D. degree in Computer Science Engineering from

Kongju National University, Cheonan. He is interested in artificial intelligence, various AI models, and algorithms.



Seong-Hyun Park received the B. S. degree in College of Arts and Music from Chungnam National University, Korea in 2017. The M. S, and Ph. D. degrees in Computer Engineering from Kongju National

University, Korea, in 2017, 2020. He is currently a teaching in the Department of Computer Science & Engineering. Kongju National University. He is interested in computer music, convergence Education. and Real Time System and Management and Clout computing and Communication.