

# 비정상 행동 예측을 위한 Flexible Multi-level Regression 모델에 관한 연구

정유진, 윤용익  
숙명여자대학교 멀티미디어과학과  
e-mail : sdj4351@naver.com

## A Study on Flexible Multi-level Regression Model for Prediction of Abnormal Behavior

Yu-Jin Jung, Yong-Ik Yoon  
Dept of Multimedia Science, Sookmyung University

### 요 약

CCTV는 범죄상황 발생시 보안과 증거확보를 위해 사용되어 왔다. 그러나 실제 상황에서 범죄가 발생하기 전 예방을 하는 것 보다 사후 처리에 용도를 두고 있으며, 범죄 예방의 목적에 대해 미미한 효과를 보이고 있다. 본 논문에서는 CCTV로 수집된 보행자의 데이터를 통해 객체의 행동을 분석하여 위험도로 행동의 위험여부를 추정하기 위한 Flexible Multi-level Regression 모델을 제안하였다. 제안된 모델을 통해 관찰된 객체의 행동이 이상행동이라고 판단될 시 위협을 받는 객체에게 알림을 주어 범죄 발생 전 즉각적인 대응이 가능하며 빠른 상황판단이 가능할 것으로 예상된다.

### 1. 서론

최근 문자범죄 등과 같이 강력범죄가 빈번히 일어남으로 인해 보행자들은 범죄에 대한 불안감과 공포, 위협을 느끼고 있다. 이에 따라 보안에 대한 관심이 높아지고 인식이 강화되고 있다. 또한 범죄를 미리 예측하는 방법을 모색하고, 범죄 상황 발생 전에 미리 예방할 수 있는 방법에 대한 필요성이 대두되고 있는 추세이다. 이러한 범죄 상황 발생 시 보안과 증거확보를 위해 CCTV(Closed Circuit Television)의 역할이 커지면서 관련 기술 또한 지속적으로 발전하고 있다. 그러나 CCTV는 범죄가 발생하기 전 사전예방의 목적이 아니라 사건 사고가 일어난 후인 사후에 주로 활용되고 있으며, CCTV시스템 설치구역 내의 변화감지, 위치추정, 대상추적 등 지능적인 기능들은 구현하고 있으나 행동을 미리 예측해서 범죄를 예방하기는 힘든 실정이다. 또한 실제 상황에서 범죄 예방 목적 효과에 대해 미미한 실정이며 위치, 간단한 정보 식별은 가능하나 보행자의 이상행동에 대한 분석을 통해 예측하는 것은 어렵다.

따라서 본 연구에서는 CCTV 영상을 통해 수집된 정보를 비정상 행동 분석에 필요한 정보를 분류한 뒤, 객체에 대한 행동을 환경정보와 함께 분석하여 객체의 비정상 행동을 인식하여 이상행동 패턴을 예측하는 모델을 제안한다. 이때, 객체의 행동을 여러 대의 카메라가 추적하여 분석한다. 이를 통해 제시된 모델은 객체가 분류된 이상행동에 관한 행위를 취할 경우 위협을 받는 객체 및 가까운 기관에 알림을 줄 수 있으며, 신속한 상황판단과 정확한

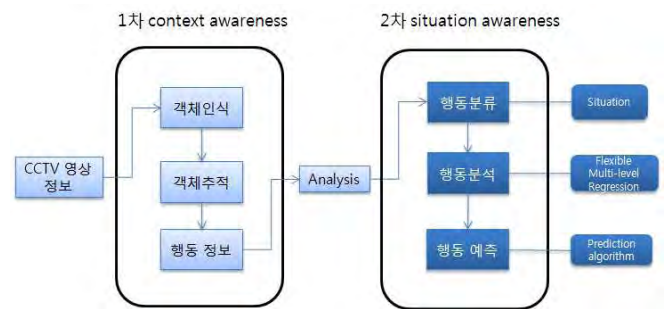
의사결정을 통해 범죄를 예방 할 수 있을 것으로 보여진다.

### 2. 비정상 행동 예측

#### 2.1 비정상 행동 정의

일반적으로 정의된 이상행동이란 정상이 아닌 행동, 즉 평균과 같은 정상적 기준에서 벗어나있는 것을 이상행동이라고 한다. 사회학적으로는 일정한 기준에서 벗어나 있음을 뜻하는 용어로 일반적이지 않은 움직임이라고 정의할 수 있다. 따라서 본 연구에서 이상행동이란 일반적인 상황으로부터 이탈된 행동 또는 정상적인 움직임으로 보기 어려운 행동을 이상행동이라고 정의한다.

#### 2.2 비정상 행동 예측 구성도



(그림 1) 행동 예측 구성도

(그림 1)은 비정상 행동을 예측하기 위한 구성도이다. 먼저 CCTV 영상 정보로부터 수집된 데이터로 객체의 움직임을 감지하여 동적 객체를 판별하여 객체를 인식하고 추적한다. 이때 객체의 정보를 함께 습득한다. 수집된 객체정보로부터 행동 정보를 걸러낸 후 2차로 객체를 분석한다. 객체의 정보뿐만 아니라 위치정보와 환경정보도 함께 들어오게 된다. 객체의 행동을 체크하고 객체간의 거리를 파악한다. 이때 위치정보와 환경정보를 분석하여 가중치를 둔다. 객체의 행동을 분석한 정보를 다음 단계로 넘겨준다. 넘겨받은 객체의 행동 분석하여 이상행동을 잡아내는 단계이다. Flexible Multi-level Regression을 통해 관찰된 객체의 행동과 수집된 환경정보를 분석하여 객체의 행동의 비정상 여부를 판단한다. 마지막 단계에서 행동의 연관규칙을 통해서 prediction 알고리즘을 이용해 수집된 행동데이터로부터 다음 수행할 행동을 예측하게 된다.

### 2.3 데이터 분류

앞서 사회학 및 범죄심리학에 따라 이상행동에 미치는 변수들을 선정하기 위해 먼저 수많은 영상 정보 중 객체의 정보를 판별해 내거나 이상행동을 파악하는데 도움을 주는 데이터만 추출한다. 본 논문에서 고려할 input data는 거리, 지역, 시간, 날씨로 총 4가지로 분류하였다.

- 거리 정보

영상을 통해 인식된 객체와 객체간의 거리를 측정된 정보를 말하며, 객체에 대한 식별정보를 포함한다. 단, 객체간은 모르는 사이로 가정하며 거리는 4단계로 분류하여 각각에 위험도를 부여한다

- 지역 정보

CCTV의 위치나 지역 정보 등 위치에 대한 정보를 포함한다. 주로 위험지역을 판별하는 정보로도 사용된다. 지역은 시/도/구의 범위가 아닌 아파트/단독주택/노상 등으로 분류한다.

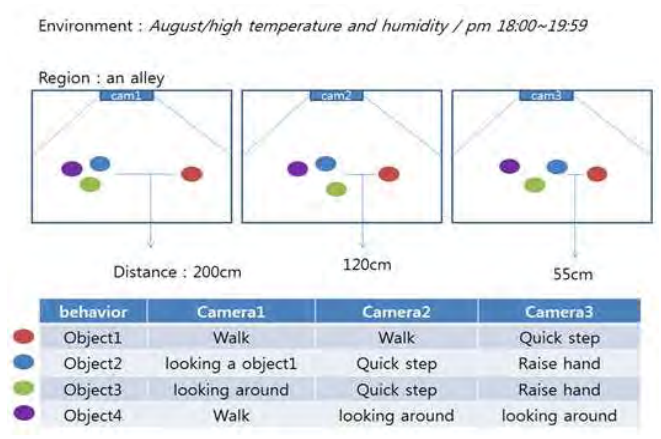
- 시간 정보

CCTV를 통해 현재 시간을 파악한다. 시간은 새벽/아침/오전/오후/저녁으로 나뉘며 경찰청의 시간에 따른 범죄발생빈도에 따라 위험도를 나눈다.

- 날씨 정보

날씨나 밝기 등과 같은 주변의 환경정보를 포함한다. 주로 객체 판별 후에 주변 상황을 파악하는 정보로 사용되며, 날씨, 밝기 등에 의해 위험도 수준이 고려된다.

다음 (그림 2)은 영상 정보를 통해 수집된 데이터를 분류한 것이다. object를 인식하여 추적하며 object간의 거리와 지역 정보, 환경 정보를 파악한다. 이를 기반으로 다음은 Flexible multi-level regression 모델을 통해 behavior assessment를 알아본다.



(그림 2) 데이터 분류

### 2.4 Flexible Multi-level Regression

앞서 분류한 데이터들의 특성을 모두 고려하면서 거리, 지역, 시간, 날씨가 이상행동에 영향을 끼치는 설명력 정도를 확인하기 위하여, Flexible multi-level regression 을 실시한다. 본 논문에서는 거리, 지역, 시간, 날씨를 통하여 행동의 위험여부를 추정할 수 있는 모델을 구축하고자 하였다.

$$Y = \alpha + (\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2)^2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon_i \quad (\text{식 1})$$

여기서, Y : 행동  
 X<sub>1</sub> : 거리  
 X<sub>2</sub> : 지역  
 X<sub>3</sub> : 시간  
 X<sub>4</sub> : 날씨

본 논문에서는 (식 1)과 같은 회귀모형을 구축하였다. 각각의 계수는 통계적으로 나타난 데이터의 위험도를 단계로 나눈 계수이다. 이상행동에 영향을 미치는 변수중 거리변수와 지역변수를 높게 보아, 거리변수와 지역변수에는 계수의 가중치를 두어 요소변수에 따라 가중치를 달리 두었다. 평소 날씨변수는 변화가 없을 시 결측 상관계수로 처리되어 분석되지 않으며, 날씨가 변화할 때 분석되는 변수로 flexible한 변수로 처리된다. 이를 통해 나온 결과는 [표 1]과 같이 행동에 대한 assessment가 이루어진다. 분석된 결과 값을 통해 각각의 범위에 해당되는 위험도가 나오게 되며 행동의 위험여부를 추정할 수 있다.

[표 1] behavior assessment

Range	Degree of Risk
0.0 ~ 2.9	normal
3.0 ~ 4.9	caution
4.0 ~	dangerous

### 3. 시나리오 적용

다음 (그림 3)은 비정상 행동 예측을 위한 Flexible Multi-level Regression 모델에 대한 예상 시나리오이다.



(그림 3) 예상 시나리오

먼저 Camara1이 Sensing을 통해 동적 객체 중 사람을 판별하여 객체를 인식하고, 인식된 객체들의 행동과 객체 간의 거리를 파악한 후 현재 위치에 대한 지역을 파악한다. 계속적으로 Object1의 행동을 추적하여 현재 시간과 날씨의 정보도 함께 수집한다. Flexible Multi-level Regression 모델을 통해 관찰된 객체의 행동이 경고행동을 취하게 되면 Camara i는 Object1의 행동을 면밀하게 감시 관찰하게 된다. 지금까지 수집 및 분석된 객체의 행동을 연관규칙 알고리즘 및 분류 알고리즘을 활용하여 수집된 행동데이터로부터 행동에 대한 패턴을 분류하고 예측하여 이상행동을 하거나 이상행동이 일어날 확률이 높을시 관찰 객체와 거리가 가까운 다른 객체에게 알림을 준다.

현재 행동을 분석하고 앞으로 일어날 행동에 대해 미리 예측함에 따라 범죄가 일어나기 전 사전 대응이 가능하고 즉각적인 대응이 가능해진다.

### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 CCTV가 사후처리의 용도 및 기존의 모니터링 용도뿐만 아니라 보행자의 이상행동을 사전에 정의하고 분류, 분석된 데이터를 통해서 최종 의사결정 및 행동까지 영향을 미치는 예측 분석 모델을 제안하였다. Flexible Multi-level Regression 모델을 통해 행동에 대한 assessment rule을 수립하여 이를 바탕으로 CCTV로부터 객체의 행동을 관찰하여 이상행위를 예측, 검출하였다. 제안된 모델은 자원의 비용 및 손실을 감축할 수 있으며 범죄가 발생하기 전 객체에 대한 행동을 미리 예측하여 상황판단 및 의사결정을 신속히 할 수 있으며, 범죄 사전에 예방을 할 수 있는 적합한 모델이라고 보여진다. 그러나 환경요소를 활용하여 이상행동을 분별해 내기 위한 지속적인 행위 분석 모델과 수집 및 분석된 객체의 행동을 연관규칙 알고리즘 및 분류 알고리즘을 활용하여 수집된 행동데이터로부터 행동에 대한 패턴을 분류하고 예측할 수 있는 알고리즘은 추후 연구로 남아있다.

### Acknowledgment

본 연구는 미래부가 지원한 2015년 정보통신·방송 (ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

### 참고문헌

[1] 박세환 “상황인지 방식의 지능형 CCTV 시스템 기술 개발 동향” CCTV Journal Vol.61, 2014  
 [2] 교육학용어사전, 서울대학교 교육연구소, 1995.6.29, 하우동설  
 [3] 범죄심리학, 홍성열, 학지사, p.240  
 [4] 배건태, 어영정, 곽수영, 변혜란 “감시 영상에서의 장면 분석을 통한 이상행위 검출” 한국통신학회논문지, 2011  
 [5] 서효석, 이상용 “컨텍스트 인식 기반 개인화 추천 서비스를 위한 사용자 행동패턴 추론 모델” 디지털정책연구 10.2 (2012): 293-297.  
 [6] Edward T. Hall. “Proxemics”  
 [7] 강주형, 곽수영 “방법용 CCTV를 위한 배회행위 탐지 솔루션” 멀티미디어학회, 2014  
 [8] Srinath Ravindran, Dennis Bahler “Multilevel Regression Models for Learning in the Presence of Rare Data” ICMLA, 2012