



Makale / Research Paper

Video Gözetim Sistemlerinde Anomali Tespiti Üzerine Bir Derleme

Kadriye ÖZ*, **Salih GÖRGÜNOĞLU****

*Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 78200,
Karabük/TÜRKİYE

kadriyeoz@karabuk.edu.tr

**Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 78200 , Karabük/TÜRKİYE

Özet: Günümüzde yaygın olarak kullanılan kameralar otomatik gözetim sistemlerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Gözetim sistemleri ile birlikte video görüntülerinde olağandışı durumların tespiti çalışmalarına olan ilgi artmıştır. Anomali olarak da isimlendirilebilen bu durumlar başta güvenlik olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada video görüntülerinde anomali tespiti ve ilgili çalışmalar incelenmiştir. Anomali tespiti ve gözetim, özellik çıkarımı, eğitim ve öğrenme, modelleme ve sınıflandırma algoritmaları üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Video analizi, anomali tespiti, video gözetim sistemleri, anomali tespit yöntemleri.

A Review On Anomaly Detection In Video Surveillance Systems

Abstract: The cameras are widely used nowadays, have contributed to the development of automatic surveillance systems. With surveillance systems, interest of studies to detection of unusual situations in video images has increased. This conditions, also named as anomalies, can be used in many areas, including security first. In this paper, anomaly detection in video images and related studies were examined. It is focused on anomaly detection and surveillance, feature extraction, training and learning, modeling and classification algorithms.

Keywords: Video analysis, anomaly detection, automated surveillance systems, anomaly detection methods.

1. Giriş

Kameraların çeşitli amaçlarla yaygın olarak kullanılmaya başlanması sonucunda video gözetim sistemleri ilgi çekici hale gelmiştir. Video gözetim sistemleri yaşlı, çocuk bakımı, akıllı ev, trafik ve hava alanı, metro, meydanlar gibi birçok alanda özellikle güvenlik amaçlı kullanılmaktadır. Otomatik video gözetim sistemlerinde başlıca amaçlardan biri videolardaki olağandışı davranış ve nesnelere tespit etmektir.

Anomali tespiti verilerde beklenen kalıplara uymayan örüntüleri bulma olarak tanımlanabilir. Bu örüntüler "anomali", "olağandışı", "anormal", "aykırı", "uyumsuz", "istisna", "tuhaflik" veya

Bu makaleye atf yapmak için

Öz, K., Görgünoğlu, S., "Video Gözetim Sistemlerinde Anomali Tespiti Üzerine Bir Derleme" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2016, 3(3);506-512.

How to cite this article

Öz, K., Görgünoğlu, S., "A Review On Anomaly Detection In Video Surveillance Systems" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2016, 3(3); 506-512.

"gariplik" olarak ifade edilebilir. Anomali tespiti kredi kartı, sigorta, sağlık hizmetlerinde sahtekârlık algılama, siber güvenlikte saldırı tespiti, hayati tehlike arz eden sistemlerde hata tespiti, tıbbi tanı, ağ saldırısı, pazarlama ve gözetim gibi birçok alanda kullanılmaktadır [1, 2].

Literatürü incelediğimizde 2000'li yıllardan itibaren anomali tespiti konusunda artan bir ilgi söz konusudur [3]. Anomali yerine "aykırılık" ve "tuhaflık" ifadelerinin tercih edildiği Hodge ve Austin tarafından yapılan incelemede pazarlamadan ağ saldırılarına, sağlığa kadar geniş bir alanda yapılan çalışmalarındaki yöntemler avantaj ve dezavantajları ile tartışılmıştır [4]. Chandola ve arkadaşları [1] çalışmalarında, Hodge ve Austin'ın [4] çalışmasını temel alarak anomali tespitini geniş yönlü incelemiş ve anomali tespit tekniklerine yeni kategoriler eklemiştir. Otomatik gözetim sistemleri üzerine yoğunlaşılacak çalışmada [2] ise sensörlerden elde edilen bilgiler, özellik çıkarımı ve modellemesi incelenmiştir. 2015 yılında yapılan kalabalık sahnelerin analizine odaklı çalışmada ise anomali tespiti bir alt başlık olarak incelenmiştir [5].

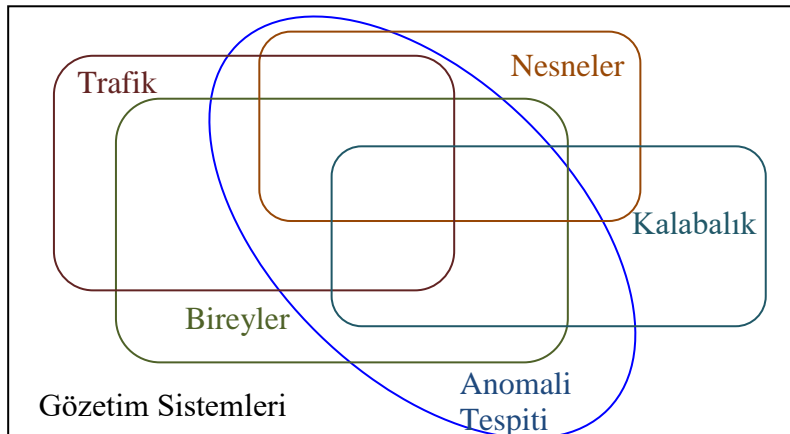
Bu çalışmanın amacı, video görüntülerin kullanıldığı gözetim sistemlerinde anomalilerin tespiti, tespit teknikleri ve bu alanda yapılan çalışmaları incelemektir.

2. Anomali Tespiti Ve Gözetim

Anomali tespitinde en öncelikli mesele anomalinin ne olduğudur. Anomalinin nasıl tarif edildiği kullanılacak olan methodu ve dolayısıyla öğrenme modelini ve özellik çıkarımını belirlemede aktif rol almaktadır. Anomalinin tarifinde kullanılan 3 genel tanım bulunmaktadır [2].

1. **Seyrek ortaya çıkar:** Anomali olarak ifade edilen durumlar normal olaylara, durumlara göre daha seyrek olarak gerçekleşmektedir.
2. **Farklı özelliklere sahiptir:** Anomaliler, normal olaylardan önemli ölçüde farklı özelliklere sahiptir.
3. **Belirli bir anlama sahiptir:** Anomaliler, belirli bir anlama sahip olaylardır. 2. grupta gözden kaçabilen anomaliler bu gruptaki metodlar tarafından tespit edilebilmektedir.

Gözetimin hedefi gözetimin veya anomali tespit metodlarının üzerinde yoğunlaştığı varlıklar olarak ifade edilebilir. Şekil 1.'de otomatik gözetim sistemleri, anomali tespiti ve en yaygın 4 hedef (bireyler, kalabalık, trafik ve cansız nesnelere) arasındaki ilişkinin venn şeması görülmektedir.



Şekil 1. Otomatik gözetimde hedeflere göre sınıflandırılmış anomali algılama metodlarının venn şeması [2].

Bazı metodlar anomali algılamasında kullanılmazken bazıları birden çok hedef türünde kullanılmaktadır [2]. Bireylerin hedef olarak seçildiği çalışmaların çoğunluğu hasta ve yaşlıların hastane, bakımevi veya evlerinde sağlığını ve güvenliğini sağlamaya yöneliktir [6, 7]. Diğer çalışmalar ise yasa veya güvenlik ihlallerine çok azı da nadir olaylara odaklanmıştır [5, 8]. Trafik hedefli çalışmalarda genellikle kaza, tıkanıklık gibi kanun ihlalleri veya güvenlik sorunları üzerinde durulmuştur [9–13]. Nesne hedefli çalışmalarda ise terk edilmiş paket tespiti önemli bir yer tutmaktadır. Kalabalık için anomali tespiti ise video gözetim sistemlerinde en yaygın konulardan biridir [14–17].

3. Özellik Çıkartma

Videolardan özellik çıkartmaya ilgili çalışmalar incelendiğinde 2 temel grup oluşmaktadır. Birincisi ilk olarak takip edilecek hedefin belirlenmesi ve ardından bu hedefe ait yüksek seviye özelliklerin çıkarılması örneğin trafik gözetiminde tek tek araçların takip edilmesi, ikincisi ise imgeden piksel seviyesinde düşük seviye özelliklerin çıkartılması örneğin sahnede hareket seviyelerinin haritasının çıkarılması için her pixelin frekans ve oranının belirlenmesidir. Özellik seçiminde sahne yoğunluğuna göre seçim yapılabilir. Yoğun sahnelerde nesne ya da bireylerin tek tek izlenmesi zor olacağından düşük seviyeli özellik çıkartma kullanılabilir [2].

3.1. Düşük Seviyeli Özellik Çıkartma

Düşük seviyeli özellik çıkarma hareket, renk ve diğer temel görüntü özelliklerini tespit ve karakterize eden bir süreçtir. Görüntü işleme zorluklarına karşı, örneğin kapanma, sağlamdırlar. Nesne çıkarımı yapılmadığı için çok sayıda hedefin olduğu görüntülerde başarılı şekilde çalışmaktadır. Bununla birlikte sahne hakkında daha az spesifik bilgiye erişilebilir [2]. Uzaysal-zamansal özellikler [18–20] ve Optik akış yöntemi [21–25] en çok kullanılan yöntemlerden biridir.

3.2. Nesnelere Özellik Çıkartma

Bireysel bir hedeften daha fazla bilgi elde etmek istendiğinde düşük seviyeli özellik çıkartmaktansa nesnelere özellik çıkartma tercih edilir. Buradaki özellik seçimi, hedeften beklenen anomali ve çevreye bağlıdır. Elde edilecek en yaygın özellikler nesnenin merkez pozisyonu ve yörüngesidir. Bu iki özellik alan ihlali [26], koşma ya da düşme gibi özel anormal davranışlar [27], karışıklık ya da oyalanma [28-29] durumlarının tespiti gibi pek çok çalışmada kullanılmıştır.

Sıkışıklık düzeyi, nesnelere kapanma durumu, kameranın görüş alanı, sahnedeki hedeflerin çözünürlüğü gibi kalabalık sahnelerin karakteristiklerine göre hangi özelliğin hangi durumlarda uygun olduğu 3 adımda özetlenebilir. Görüş alanının geniş olduğu ama her bir hedefin çözünürlüğünün düşük olduğu açık alanlarda optik akış benzeri özellikler daha uygundur. Metro istasyonları, alışveriş merkezleri gibi hedef çözünürlüklerinin yüksek olduğu kalabalık yoğunluğunun ise yüksek olmayabileceği kapalı alanlar için nesne yörüngeleri ve izleme tabanlı özellik seçimi iyi seçim olabilir. Görüş alanının geniş olmadığı ancak kalabalık yoğunluğunun dolayısıyla kapanmaların yüksek olduğu alanlarda ne optik akış benzeri özellikler ne de yörüngeler ihtiyacı karşılamayacaktır. Bu nedenle bu tarz alanlarda çeşitli yerel uzay-zamansal özelliklerin kullanılması düşünülebilir [5].

4. Eğitim Ve Öğrenme

Başlangıç bilgisi ve öğrenme sürecindeki insan müdahalesi göz önüne alındığında anormal davranışları algılama araştırmaları denetimli, denetimsiz ve yarı denetimli olarak gruplandırılabilir [3].

- **Denetimli:** Bu yöntemlerde normal davranışlar ve/veya anormal davranışlar etiketli veriler üzerinden modellenir [8, 30]. Bu yaklaşımda anormal davranışların çok iyi tanımlanması ve eğitim amaçlı kullanılacak verilerin yeterli miktarda sağlanması gerekir. Gerçek dünya verileri düşünüldüğünde bu yöntemlerde birçok boşluk oluşmaktadır.

- **Denetimsiz:** Bu yöntemlerde etiketsiz videolardan çıkarılan özellikler istatistiksel birlikte bulunma durumlarına göre modellenir. Normal ve anormal durumlar eldeki videolardan istatistikî olarak öğrenilir. Aykırı oluşan kümeler anomali olarak tanımlanırken normal, Poisson ve diğer dağılımlar normal desenleri modellemede kullanılır [31]. Görünmeyen verilere olasılıklı çıkarsama yapmak için Bayesian modelleme ve Saklı Markov Modelleri uygulanmıştır [32]-[33].
- **Yarı Denetimli:** İlk iki modelin ortasında bir yaklaşımdır. Özellik seviyesinde ya da klip seviyesinde kısmen etiketli veri kullanılarak normal ve anormal davranışlar öğrenilir [34]- [35]. Bayesian adaptasyon teknikleri olağandışı olayları tahminlemek için kullanılabilir [3].

5. Modelleme Ve Sınıflandırma Algoritmaları

Anomali tespitinde kullanılan modelleme ve sınıflandırma algoritmaları yapılarındaki farklılıklarından dolayı oldukça geniş çaplıdır. Dinamik-statik, parametrik-parametrik olmayan, lineer-nonlinear sınıflandırma şemalarında dikkate alınmaktadır. Otomatik gözetimde anomali algılamaya uygulanan modelleme ve sınıflandırma algoritmaları 6 başlıkta toplanabilir [2].

5.1. Dinamik Bayes Ağları

Saklı Markov Modeli (HMM) davranış modelleme ve anomali algılama çalışmalarında çok sık kullanılmaktadır [8, 22, 32, 36, 37]. HMM'nin bu kadar popüler olmasının nedeni yöntemin yapısının zamansal bağımlılık doğasından kaynaklanması muhtemeldir. HMM durumların zaman serilerini temsil eden geçiş linkleri ile bağlı düğüm yapısındadır. Her düğüm doğrudan gözlemlenemeyen bir durumu temsil eder ki modeldeki saklı terimi buradan gelmektedir. Model durum geçiş matrisi ve emisyon matrisi olarak bilinen gözlemlerin olasılıkları matrisleri ile ifade edilir.

5.2. Bayes Konu Modeli

Belge modelleme ve metin sınıflandırması için geliştirilen Latent Dirichlet ayırma doğal Bayes modelleme yöntemidir. Anomali tespitinde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [14,21,38]. Yöntem metin alanı ile benzerlik taşıyan bazı terimler tanımlamaktadır. Bu yöntemlerin çok sayıda nesne ve aktivitelerin eş zamanlı etkileşim avantajı vardır.

5.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sistemini taklit ederek makine öğrenmesini gerçekleştiren matematiksel bir formülasyondur. Anomali tespitinde Self-Organizing Map (SOM) [40] ve AVQ [41] kullanılan yapay sinir ağı yöntemleridir.

5.4. Kümeleme

Gauss karışım modeli (Gaussian mixture model (GMM)) iyi tanımlanmış bir denetimsiz kümeleme yöntemidir. Görüntü işlemede sıklıkla kullanılan yöntem anomali tespitinde de kullanılmaktadır [17, 29, 35, 42–45].

5.5. Karar Ağaçları

Bir karar ağacı her bir düğüm bir önceki tabakanın tek bir ebeveyn düğümüne, bir sonraki tabaka ile de çocuk düğümlerine bağlı olduğu basamaklı bir düğüm yapısından oluşur. Her düğüm bir kararı temsil eder ve her bağlantı bir durumu ve bu duruma geçiş olasılığını gösterir. N-öğeli ağaç sınıflandırmasında her düğümü eşit sayıda çocuk düğüm içeren bir karar ağacıdır. [26] N-öğeli ağacı olağandışı davranışları tespit etmek için kullanılmıştır.

5.6. Bulanık Mantık

Bulanık mantık sınıflandırmada bir kesinliği olmayan, sınıfların birbirine geçişkenliği bulunan durumlarda kullanılır. Bu sınıflandırma yöntemi insanların sezgisel muhakeme sonucu karar vermesini modellemektedir. Literatürde anomali tespitinde kullanıldığı çalışmalar vardır [46, 47].

5. Sonuçlar

Bu makelede, video gözetim sistemlerinde anomali tespitine yönelik çalışmalar incelenmiştir. Video görüntülerinden özellik çıkarımı yöntemleri ve anomali tespitinde öğrenme modelleri ele alınarak, anomali tespitinde kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Anomali tespiti çalışmalarının, hedefler, görüntülenen alan, kullanılan çözünürlük, göz önüne alındığında geniş bir alana yayıldığı, tüm bu durumları karşılayan genel bir performans kriteri ortaya konamadığı görülmektedir. Farklı hedefler, çalışma alanları ve çözünürlükler karşısında, anomali tespitini başarıyla gerçekleştirecek, gerçek dünya problemlerine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi açık bir problem olarak görülmektedir. Ayrıca kullanılan yöntemlerin çalışma zamanlarının gerçek zamanlı çalışmaya uygun hale getirilmesi de anomali tespitindeki gelişmeye açık alanlardan biridir.

Kaynaklar

- [1] V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar, Anomaly detection: A survey, *ACM Comput. Surv.* 41 (2009) 1–58.
- [2] A. a. Sodemann, M.P. Ross, B.J. Borghetti, A review of anomaly detection in automated surveillance, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.* 42 (2012) 1257–1272.
- [3] O.P. Popoola, K. Wang, Video-Based Abnormal Human Behavior Recognition: A Review, *Syst. Man, Cybern. Part C Appl. Rev. IEEE Trans.* 42 (2012) 865–878.
- [4] V.J. Hodge, J. Austin, A Survey of Outlier Detection Methodologies, *Artif. Intell. Rev.* 22 (2004) 85–126.
- [5] T. Li, H. Chang, M. Wang, B. Ni, R. Hong, Crowded Scene Analysis : A Survey, 25 (2015) 367–386.
- [6] T. V Duong, H.H. Bui, D.Q. Phung, S. Venkatesh, Activity Recognition and Abnormality Detection with the Switching Hidden Semi-Markov Model, in: *Proc. 2005 IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 2005.
- [7] H. Foroughi, a. Rezvanian, a. Pazirae, Robust Fall Detection Using Human Shape and Multi-class Support Vector Machine, 2008 Sixth Indian Conf. Comput. Vision, Graph. Image Process. (2008).
- [8] Y. Wang, K. Huang, T. Tan, Abnormal Activity Recognition In Office Based On R Transform, *IEEE Int. Conf. Image Process.* (2007) 209–212.
- [9] U. ER, Video Görüntülerinden Trafik Kazası Riskini Gerçek Zamanlı Belirleyen Bir Sistem Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2012.
- [10] X. Mo, V. Monga, R. Bala, Simultaneous sparsity model for multi-perspective video anomaly detection, *ICIP.* (2014) 2314–2318.
- [11] Y.-K. Wang, C.-T. Fan, J.-F. Chen, Traffic Camera Anomaly Detection, 2014 22nd Int. Conf. Pattern Recognit. (2014) 4642–4647.

- [12] M.M.L. Elahi, R. Yasir, M.A. Syrus, S.Q.Z. Nine, I. Hossain, N. Ahmed, Computer Vision Based Road Traffic Accident and Anomaly Detection in the Context of Bangladesh, in: 2014.
- [13] W. Lin, Y. Zhang, J. Lu, B. Zhou, J. Wang, Y. Zhou, Summarizing surveillance videos with local-patch-learning-based abnormality detection, blob sequence optimization, and type-based synopsis, *Neurocomputing*. 155 (2015) 84–98.
- [14] R. Mehran, A. Oyama, M. Shah, Abnormal crowd behavior detection using social force model, 2009 IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work. CVPR Work. 2009. (2009) 935–942.
- [15] C. Ongun, A. Temizel, T. Taşkaya Temizel, Local Anomaly Detection in Crowded Scenes Using Finite - Time Lyapunov Exponent Based Clustering, 11th IEEE Int. Conf. Adv. Video Signal Based Surveill. (2014) 331–336.
- [16] X. Zhu, J. Liu, J. Wang, C. Li, H. Lu, Sparse representation for robust abnormality detection in crowded scenes, *Pattern Recognit.* 47 (2014) 1791–1799.
- [17] B. Yogameena, K.S. Priya, Synoptic Video Based Human Crowd Behavior Analysis for Forensic Video Surveillance, *Adv. Pattern Recognit. (ICAPR)*, 2015 Eighth Int. Conf. (2015).
- [18] D. Pathak, A. Sharang, A. Mukerjee, Anomaly Localization in Topic-Based Analysis of Surveillance Videos, 2015 IEEE Winter Conf. Appl. Comput. Vis. (2015) 389–395.
- [19] Y. Zhu, N.M. Nayak, a K. Roy-Chowdhury, Context-Aware Activity Recognition and Anomaly Detection in Video, *Sel. Top. Signal Process. IEEE J.* 7 (2013) 91–101.
- [20] M.J. Roshtkhari, M.D. Levine, Online dominant and anomalous behavior detection in videos, *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.* (2013) 2611–2618.
- [21] S. Kwak, H. Byun, Detection of dominant flow and abnormal events in surveillance video, *Opt. Eng.* 50 (2011) 027202.
- [22] J. Snoek, J. Hoey, L. Stewart, R.S. Zemel, A. Mihailidis, Automated detection of unusual events on stairs, *Image Vis. Comput.* 27 (2009) 153–166.
- [23] A.E. Gunduz, A. Temizel, T. Taskaya Temizel, Feature detection and tracking for extraction of crowd dynamics, 2013 21st Signal Process. Commun. Appl. Conf. (2013) 1–4.
- [24] V. Reddy, C. Sanderson, B.C. Lovell, Improved anomaly detection in crowded scenes via cell-based analysis of foreground speed, size and texture, *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work.* (2011).
- [25] S. Wu, B.E. Moore, M. Shah, Chaotic invariants of lagrangian particle trajectories for anomaly detection in crowded scenes, *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.* (2010) 2054–2060.
- [26] D. Duque, H. Santos, P. Cortez, Prediction of Abnormal Behaviors for Intelligent Video Surveillance Systems, 2007 IEEE Symp. Comput. Intell. Data Min. (2007) 362–367.
- [27] C. Li, Z. Han, Q. Ye, J. Jiao, Visual abnormal behavior detection based on trajectory sparse reconstruction analysis, *Neurocomputing*. 119 (2013) 94–100.
- [28] A. Wiliem, V. Madasu, W. Boles, P. Yarlagadda, Detecting uncommon trajectories, *Proc. - Digit. Image Comput. Tech. Appl. DICTA 2008.* (2008) 398–404.

- [29] H. Li, A. Achim, D. Bull, Unsupervised video anomaly detection using feature clustering, *IET Signal Process.* 6 (2012) 521.
- [30] F. Nater, H. Grabner, T. Jaeggli, L. Van Gool, Tracker trees for unusual event detection, 2009 IEEE 12th Int. Conf. Comput. Vis. Work. ICCV Work. 2009. (2009) 1113–1120.
- [31] Y. Zhou, S. Yan, T.S. Huang, Detecting Anomaly In Videos From Trajectory Similarity Analysis, *Multimed. Expo, 2007 IEEE Int. Conf.* (2007) 2007–2010.
- [32] D.H. Hu, X.X. Zhang, J. Yin, V.W. Zheng, Q. Yang, Abnormal activity recognition based on HDP-HMM models, *IJCAI Int. Jt. Conf. Artif. Intell.* (2009) 1715–1720.
- [33] X. Wang, S. Member, X. Ma, S. Member, Unsupervised Activity Perception in Crowded and Complicated Scenes Using Hierarchical Bayesian Models, *Pattern Anal. Mach. Intell. IEEE Trans.* 31 (2009) 539–555.
- [34] A. Vandecasteele, R. Devillers, A. Napoli, A semi-supervised learning framework based on spatio-temporal semantic events for maritime anomaly detection and behavior analysis, (2013) 9–12.
- [35] R.R. Sillito, R.B. Fisher, Semi-supervised Learning for Anomalous Trajectory Detection, in: *BMVC 2008, 2008*: pp. 1035–1044.
- [36] D. Xu, R. Song, X. Wu, N. Li, W. Feng, H. Qian, Video anomaly detection based on a hierarchical activity discovery within spatio-temporal contexts, *Neurocomputing.* 143 (2014) 144–152.
- [37] F. Jiang, Y. Wu, A.K. Katsaggelos, A dynamic hierarchical clustering method for trajectory-based unusual video event detection, *IEEE Trans. Image Process.* 18 (2009) 907–913.
- [38] G. Zhou, Y. Wu, Anomalous Event Detection Based on Self-Organizing Map for Supermarket Monitoring, 2009 Int. Conf. Inf. Eng. Comput. Sci. (2009) 1–4.
- [39] a. Mecocci, M. Pannozzo, a. Fumarola, Automatic detection of anomalous behavioural events for advanced real-time video surveillance, 3rd Int. Work. Sci. Use Submar. Cables Relat. Technol. 2003. (2003) 29–31.
- [40] S. Biswas, R.V. Babu, Real time anomaly detection in H.264 compressed videos, 2013 Fourth Natl. Conf. Comput. Vision, Pattern Recognition, Image Process. Graph. (2013) 1–4.
- [41] H. Wang, R. Fu, N. Li, G. Liang, X. Wu, Anomaly Detection in Crowds Assisted by Scene Perspective Projection Correction, *IEEE.* (2014) 14–17.
- [42] B. Wenger, S. Mandayam, P.J. Violante, K.J. Drake, Detection of anomalous events in shipboard video using moving object segmentation and tracking, *Autotestcon, 2010 Ieee.* (2010) 1–6.
- [43] X. Zou, B. Bhanu, Anomalous activity classification in the distributed camera network, *Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP.* (2008) 781–784.
- [44] Z. Jun, L. Yushu, L. Xuhong, Anomalous detection based on adaboost-HMM, *Proc. World Congr. Intell. Control Autom.* 1 (2006) 4360–4363.
- [45] Z. Jun, L. Zhijing, Detecting irregularities by image contour based on fuzzy neural network, 3rd Int. Conf. Innov. Comput. Inf. Control. ICICIC'08. (2008) 0–3.