



Alışveriş Merkezlerinin Yoğunluğunun IoT ve Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Tahmin Etme

Fatma AKSU^{1*} ve Fatih BAŞÇİFTÇİ²

¹ Department of Computer Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Selçuk University, Türkiye

² Department of Computer Engineering, Faculty of Technology, Selçuk University, Türkiye

**(fatmaksu46@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi*

Özet-Günlük hayatta karşılaşılan birçok sorunun çözülmesinde hareketsiz görüntüler veya video görüntüleri akıllı algoritmalarla işlenerek yapılmaktadır. Dış mekanların algılanması alanında bu durum her geçen gün gelişerek devam etse de iç mekanlar için bu sistemler kullanılamamaktadır. Çünkü bu sistemlerin hepsi GPS sistemine dayalıdır ve bunlarda kapalı ortamlarda çalışmamaktadır. Kamu sağlığı, kamu güvenliği, ekonomik vb. sebeplerden dolayı iç mekan konumlandırma ve takip sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur ve bu sistemlerin uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. “Her şeyin interneti” diye de nitelendirilen Nesnelerin İnterneti (IoT) internet ağları vasıtası ile cihazlar veya sistemlerin arsında bilgi ve veri alışverişi yapan sistemi ifade etmektedir, bu durum gündelik hayatta karşılaştığımız farklı araç ve cihazlardan elde edilen veriyi bilgiye dönüştürür. Bu çalışmada Nesnelerin İnterneti ile Google’ın bir protokolü olan GPRC (General Packet Radio Service) kullanarak servisler arasında yüksek performanslı stream tabanlı iletişim gerçekleştirilmiştir. Alışveriş mağazalarında insanların yoğunluğu tahmin sonuçları başarılı bir şekilde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler – IoT, Yapay Sinir Ağları, Bot-sort, YOLOv7, GPRS

I. GİRİŞ

Bilgi ve teknoloji çağı olarak nitelendirilen günümüzde bilişim ve teknoloji alanındaki gelişmeler sayesinde Endüstri 4.0’ın beraberinde Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) kavramı doğmuştur. 1999 yılında Procter & Gamble şirketi için yapılan çalışmada bu kavram K. Ashton tarafından ortaya atılmıştır [1]. “Her şeyin interneti” diye de nitelendirilen Nesnelerin İnterneti internet ağları vasıtası ile cihazlar veya sistemlerin arsında bilgi ve veri alışverişi yapan sistemi ifade etmektedir, bu durum gündelik hayatta karşılaştığımız farklı araç ve cihazlardan elde edilen veriyi bilgiye dönüştürür [2]. IoT bilişim sektöründen tarım, sağlık, mimari, ekonomi, inşaat ve güven dolayı önemli bir unsur olmuştur [3]. IoT birbirinden farklı alanlarda ortak hedef

doğrultusunda iletişim sağlayıp, halihazırdaki verileri paylaşan birbiri ile ilintili nesnelere, insanlar ayrıca da cihazlardan oluşmaktadır. Bu durum IoT ile çevresel alandan gelen verilerin değerlendirilmesinin ardından ilgili kişi ya da operatöre verinin sistemler sayesinde aktarılması şeklinde olmaktadır [4].

Günlük hayatta karşılaşılan birçok sorunun çözülmesinde hareketsiz görüntüler veya video görüntüleri akıllı algoritmalarla işlenerek yapılmaktadır Dış mekanların konumlandırılması ve takibi alanında meydana gelen gelişmeler bu sistemlerin doğruluk oranlarını arttırsa da bu sistemler kapalı ortamlarda çalışmamaktadır. Çünkü bu sistemlerin hepsi GPS sistemine dayalıdır ve bunlarda kapalı ortamlarda çalışmamaktadır. Kamu sağlığı, kamu güvenliği, ekonomik vb. sebeplerden

dolayı iç mekan konumlandırma ve takip sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur ve bu sistemlerin uygulama alanları her geçen gün artmaktadır [5]. Sinema salonları, stadyumlar, tiyatrolar ve AVM'ler gibi insan sirkülasyonunun fazla olduğu alanlarda istatistik ve veri analizi çalışmaları yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu bağlamda alışveriş merkezlerinde müşterilerin bulunduğu konum ve izledikleri rota bilgilerine göre reklam ve pazarlama stratejileri belirlenerek satış verimliliği artırılabilir. Güvenlik sistemlerinde, başka bir uygulanabilir örnek olarak, iç mekan konumlandırma sistemleri, izinsiz giriş, yasak bölge ihlali ve kalabalık kontrolü gibi çeşitli operasyonlar için önemli faydalar sağlayabilir.

Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde aşağıda da belirtildiği gibi gerçek hayat verilerini otobüs durak süresi tahmini bağlamında [6], çok nesneli takipte kişileri yeniden tanımlama bağlamında [7], derin öğrenme ile kalabalık analizi bağlamında araştırmalar yapmıştır [5]. Ancak bu alanda yapılan çalışma incelendiğinde IoT ile yapay zeka kullanılarak AVM'lerin yoğunluğunu tahmin etmek üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan bu alanda çalışmalar incelendiğinde literatüre katkı sağlaması ve daha sonraki yapılacak çalışmalara kaynaklık etmesi öngörülmektedir.

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde IoT ve yapay zeka kullanım alanlarına yönelik araştırmalar incelendiğinde çalışma sonucunda bulunan birçok algoritmalar içerisinde YOLOv7 algoritması daha başarılı sonuç elde edilmiştir. Tablo 1 de video tabanlı ziyaretçi sayma ile ilgili literatür taraması verilmiştir.

Tablo1 Video tabanlı nesne takibi için yapılan çalışmalar

| Çalışma Araştırmacıları | Yayın Yılı | Çalışmanın Konusu |
|---------------------------------------|------------|---|
| Kevser ŞAHİNBAŞ [6] | 2022 | Makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak otobüslerin durak sürelerini tahmin ettiği çalışması |
| Suljagic, HARUN [7] | 2022 | Benzerliğe dayalı derin siyam ağları ile çok nesneli takipte kişileri yeniden tanımlama |
| Nuri Özçelik [8] | 2021 | Derin öğrenme tahminlerini kullanarak video görüntülerindeki durumların tespitini yaptığı çalışması |
| Öçer, Nuri Erkin [9] | 2020 | Derin öğrenmeyi kullanarak nesnelerin uzaktan tespitini sağlayan çalışması |
| Emrah ŞİMŞEK [10] Barış ÖZYER [10] | 2019 | Fotokapan Görüntülerinde Yerel Öznitelikler ile Nesne Takibi |

| | | |
|---|------|--|
| Gülşah TÜRÜKLÜ ÖZYER | | |
| Merve AYYÜCE KIZRAK [5] Bülent BOLAT | 2018 | Derin öğrenmeyi kullanarak kalabalık ortamlar üzerinde yapmış olduğu çalışma |
| Akın, Mesut Cem [11] | 2013 | Video tabanlı ziyaretçi sayma sistemi |

III. UYGULANAN YÖNTEMLER

Nesnelerin algılanması, nesnelerin tanıma süreçleri, verilerin girişi ile verilerin ön işleme ve adımları, özellik çıkarımı ve soyutlama Öznitelik seçimi, belirleme aşamalarında çeşitli algoritmalar kullanarak çözümlenmektedir. Veri girişi Sistem, tasarım aşamasında hazırlanan gürültüden verilerin ayrıştırılması ve istenilen formata getirilmesi gibi hedefleri içermektedir. Bir fotoğraf girdi olarak tanımlayabilmek için herhangi bir obje, araba, ev ya da içerisinde insan bulunan bir manzara kullanabiliriz. Dijital kameralarla çekilmiş, video, fotoğraf ve taranan metinler veri türlerinin örnekleridir. Verilerin formatı birden fazla değişkene bağlı olsa da kullanılan algoritmalar için uygun format, görüntü matris pikselleridir [12]. Ön işleme dataların yapılacak uygulamanın amacına uygun olması veya bu amaca engel olmaması için kullanılan yöntemlerden biridir. Ön işleme uygulamaları durum, veri, gereksinimler, ortam gibi birçok farklı değişkene dayanmaktadır. Bunlar farklılaşabilen, önceden bilinmeyen ve sınıma yöntemi belirlenen yöntemlerdir. Karmaşık veri, olması gerekenden eksik veya istenilen durumdan tutarsız veriler, veri ön işleme nedenlerinden bazılarıdır. Verilerin ön işleme için çeşitli algoritmalar, yöntemler mevcuttur. Öznitelik, önceden işlenmiş verilerin daha öncesinde belirlenmiş nesnenin ortaya çıkarılmasıdır. Daha önceden oluşturulmuş kriterler ve nesne özellikleri vasıtası ile görüntülerdeki ayrıntıları otomatik şekilde algılama ve ayıklama işlemine öznitelik yani özellik çıkarma olarak tanımlanabilir [13]. Tanımlanacak çok fazla eleman olmasına rağmen, bu elemanların her biri matematiksel olarak bir algoritma tanımlanabilir veya bir algoritmadan türetilir [12]. Tanımlama, algılanan bir görüntülerden çıkarıma ulaşmak ve bu görüntünün mahiyetine karar verme olarak nitelendirilebilir. Bu aşamada durumun sınıflandırması ve kümelendirmesi önemlidir. Sınıflandırma aşaması, önceden belirlenmiş sınıflardan birindeki verileri içermelidir. Öte yandan kümeleme, benzer verilerin ve benzer özelliklere sahip verilerin aynı grupta

toplanmasıdır [12]. Kategorilere dayalı bir dijital görüntü veya video üzerinde nesne tanıma gerçekleştirirken veya birden fazla nesne tanıma işlemi olsa bile yürütülebilmesi mümkün olmalıdır. Nesne tanımayı normal sınıflandırmadan ayıran nedenlerinden biri de budur. Nesneleri algılamak için birden fazla yöntemler açıklanmıştır. Bu yöntemler optik akış, arka plan desen çıkarma, farklı olarak kümelenilebilir. Bir görüntüdeki veya videolardaki bir nesneyi algılamak için görsel öznitelik ve hareket bilgileri dikkate alınır. Görsel özniteliği (doku, şekil ve renk gibi örneklendirebiliriz. Özellikle bir nesneyi izlemenin ve bulmanın zor olduğu durumlarda, hareket bilgilerini bir arada kullanan yöntemler ile çeşitli öznitelikleri kullanan yöntemler vardır [14]. Bir nesneyi bulmak için kullanılan farklı bilgiler başarıyı artırırken işlem süresinin uzamasına neden olur. Gerçek zamanlı uygulamalarda nesne takibi için çok önemli bir sorun teşkil etmektedir [16]. Yaptığımız çalışmada alışveriş merkezlerinde alınan video kayıtlarında belirli bir çizgi içerisindeki kişi yoğunluğunu yapay zeka kullanarak tahmin edilmektedir [17]. Görüntülerde birbirini izleyen nesnelere algılayarak görüntüler arasındaki değişiklikleri belirlemeyi amaçlar. Ardışık iki video karesini bir videoya çıkararak YOLOv7 (You Only Look Once-En Güçlü Nesne Algılama Algoritması) algoritmasını kullanarak bilgi elde etmek için tasarlanmıştır [18]. Bu yöntem ile BoT-SORT Tracking ile birlikte Çoklu nesne izleme (MOT), kullanarak her nesne için benzersiz bir tanımlayıcı tutarken bir sahnede tüm nesnelere algılayarak ve izlenmiştir. Bu çalışmada, hareket ve görünüm bilgilerinin avantajlarını kamera hareket telafisi ve daha doğru bir Kalman filtre durum vektörü ile birleştirerek yeni, sağlam ve son teknoloji bir izleyici sunulmaktadır [19], [20].

Nesne izleme, tipik olarak bir videodaki veya gelen görüntü dizisindeki bir nesneyi izlemektir. Nesne izleme yöntemleri üçe ayrılmaktadır. Bunlar noktalara, merkezlere ve silüetlere dayalıdır. Bu yöntemler nokta izleme yönteminde izlenen nesne noktalarla gösterilir. Bu noktalardan biri bir sonraki görüntüdeki buldukları konumları ve bunların birbirlerine olan mesafeleri, bir sonraki video karesi gibi veriler ve aynı zamanda birbirine paralel olduğu varsayılmaktadır. Bu bilgilere dayanarak nesne takibi sağlanır. Bu yöntemin asıl amacı video karesinde nesne tespiti ve önceki karede kullanılan benzerlik noktası belirlemektir [21].

IV. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, IoT mantığına uygun olarak internet üzerinde haberleşmek için server client mimarisini GRPS (General Packet Radio Service) de yazılmıştır. Python dili kullanılmıştır. Kamera server NVR servisi (Network Video Recorder) ile görüntü geldiğinde server'a istek attığımız zaman kamera IP 'ni döndürmektedir. Diğer bir söyleyiş ile dosya yolunu istek attığımız zaman bu kamera sunucusu bize bir yenileme döndürmektedir. Kaynağı kullanmamıza görüntüyü netleştirmeye yarayan uç yollamaktadır. Dolayısıyla burada gelen görüntüler alınıp yapay sinir ağlarını kullanarak kendi modelleri çatısı altında görüntü işlenmektedir. Server ile client arasındaki haberleşme arka planda ilk olarak server yani kamera sunucusu çalışmaktadır. Local host 44000 üzerinden bağlantı sağlanmaktadır. Daha sonra da iste tarafı devreye girerek kaynak kodu ile IP (Internet Protokol) veya dosya yolu ile kamera sunucusuna ulaşarak doğru olup olmadığının kontrolü sağlanmaktadır. Eğer doğrudursa kamera sunucusu doğru (true) yanıtı göndererek IoT tabanlı haberleşme sağlanmıştır. Şekil 1'de Client ile server arasındaki haberleşmeyi sağlayan program satırları verilmiştir.

```

83 if __name__ == '__main__':
84     ui = UI()
85     pc = PersonCalculator()
86     mainClient = MainClient()
87
88     # data = {
89     #     "url": "/home/blitzkrieg/source/repos/workshop/data/asset/video/crowd.mp4"
90     # }
91
92     data = {}
93     generator = None
94     while generator is None:
95         ui.update()
96         if ui.sourceAddress is not None:
97             try:
98                 data["url"] = ui.sourceAddress
99                 ret = mainClient.PrepareStream(data)

```

Şekil 1. Client ile server arasındaki haberleşme sistemi

Url adresindeki dosya yolunun kaynak giriniz kısmını belirtilmektedir. Çekilen videonun dosya yolu belirlenmektedir. Aşağıda bulunan Şekil 2'deki ekran karşımıza gelmektedir. İstemciden bir adres istenmiştir. Alınan bu adres doğru ise bir sonraki aşamaya geçilmektedir. Adresi girdikten sonra Şekil 2 de görüldüğü gibi ayarla butonuna basılmaktadır. Videodaki insanların karşı tarafa gittikten sonra ilgili kameradan bir tane görüntü alınarak adresin doğru olduğu tespit edilerek çalıştığı belirlenmektedir.



Şekil 2. Google GPRS mimarisine verilen cevap

Şekil-3'te görüldü gibi istemcinin çalıştığı yerde IoT bir cihaz içerisinde çalışmaktadır. Burada istemcinin içerisine iki nokta belirlenmiştir. Birinci nokta verdiğimiz IP' e göre veriyi hazırlamaktadır. İkinci nokta ise aralıksız bir şekilde görüntüleri getirecek şekilde çalışmaktadır. İstemci içerisinde iki fonksiyon kullanılmaktadır. Server client mimarisinin GRPC arasındaki haberleşme sisteminin verdiği cevapla IP'ye göre bağlantı sağlanmaktadır. Verimizin kod kısımları Şekil 3'te belirlenmiştir.

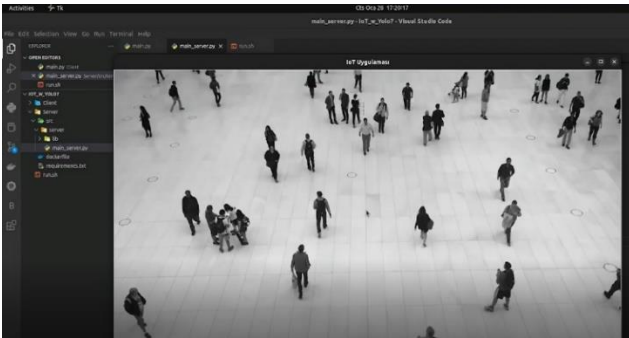
```

15 # Herhangi bir adı class oluşturuyorsak ve rc_grpc.<Protobossyadı>servicer ile extend ediyoruz.
16 class MainService(rc_grpc.MainServicer):
17     def __init__(self):
18         super().__init__()
19         self.cap = None
20
21
22     def PrepareStream(self, request, context):
23         data = Converters.Bytes200(request.data)
24         ValidSource = False
25         if data.url is not None:
26             self.cap = cv2.VideoCapture(data.url)
27             if not self.cap.isOpened():
28                 raise cv2.error
29             ret, frame = self.cap.read()
30             if not ret:
31                 raise cv2.error
32             ValidSource = True
33         except:
34             pass
35
36         return rc.ResponseBool(data=ValidSource)
37

```

Şekil 3. Sınıf ile GRPC haberleşme sistemi

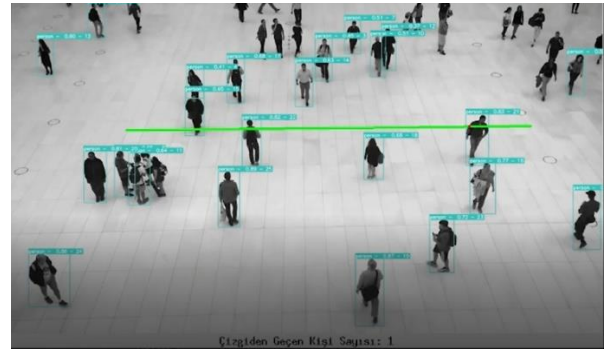
Veri karşı tarafa yüklendikten sonra ilgili görüntüyü frame olarak belirlenmiştir. Karşı tarafın almış olduğu veri ilgili kameradan görüntü sağlanmıştır. Buradaki videodan YOLOv7 ile insanların konumları belirlenmektedir. Videodaki insanların konumları belirlendikten sonra Bot-Sort algoritması ile Şekil 4'te görüldüğü gibi konumları takip edilmektedir.



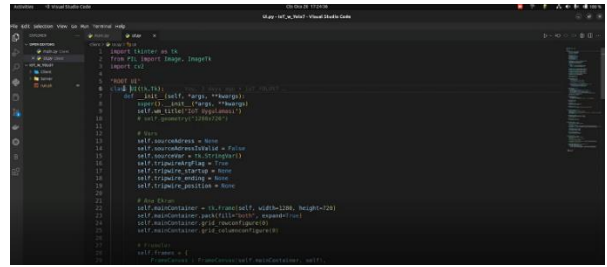
Şekil 4. YOLOv7 Frame belirleme

Şekil-5'te görüldüğü üzere videodaki kişilerin birer ID adresleri bulunmaktadır. Herhangi bir kişinin ID adresi bulunmadığı zaman var olan ID'ler artmaktadır. Bulunamayan ID'ler ile arka arkaya gelen görüntülerin kareleri alınarak bir doğru çizilmektedir. Var olan doğru ile çizilen doğrunun kesişim noktası kontrol edilmektedir. Eğer çizgiler kesişmez ise kişi sayısı tek tek arttırılarak videodaki kişilerin sayısı belirlenmektedir.

Görüntü alındıktan sonra istemci de çalıştırılmaktadır. Python ile UI (User Interface) arayüz oluşturulmaktadır. Arayüz kütüphanelerini kullanarak kütüphane aracılığı ile frame tutulmaktadır. Frame (görüntü) içerisine frame eklenmektedir. Görüntü içerisinde görüntü çekilerek, ilk ekran ile son ekran belirlenmektedir. İlk ekrandaki nokta ve son ekrandaki noktaları birleştirilerek çizgi oluşmaktadır. Şekil 6'da ROOT ID uygulama ekranı gösterilmektedir.



Şekil 5. Yapay sinir ağları ile YOLOv7



Şekil 6. ROOT ID uygulama ekranı

Ara yüzde, giriş ekranında Prepare Stream kullanıcıdan adres alınarak yani kaynak girdikten sonra server yönlendirilmektedir. Şekil 7 de görüldüğü gibi Open CV kütüphanesi ile gelen bilgiyi okuyucudan alarak okumaya sağlanmaktadır. Girilen değer true değerini aldıktan sonra ve hiçbir sıkıntı olmadan obje alınarak kameradan görüntü sağlanmaktadır. Aldığı bilgi doğruyu sağlayacaksa karşıdan yani server da obje üretilmektedir. Bu obje kameradan görüntü sağlamış olacak. Arka arkaya görüntü alındıktan

Kalman Filtresi ile tahmin çalışmamızın güçlü ve zayıf yönleri ortaya konmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar, Video kayıtlarının görüntüsünü dikkate alarak kişi sayılarının yoğunluğunun işlem zamanı ve hesaplama karmaşıklığı az olan algoritmaların kullanılmasının daha uygun olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, literatür taraması sonuçları Kalman Filtresi yönteminin nesne takibinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmesini sağladığını göstermiştir.

Yapılan bu çalışmada MoT17 data seti video kayıt bilgisi kullanılmıştır. 2017 yılına ait olan video kaydını yazılmış olan program ile çalıştırılmıştır. 15 dakika süren video kaydın da belirlemiş olduğumuz çizgiden geçen insanlar 15 kişi olarak sonuçlandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Ashton, K., *That 'internet of things' thing*. RFID journal, 2009. 22(7): p. 97-114.
- [2] Gubbi, J., et al., *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. Future generation computer systems, 2013. 29(7): p. 1645-1660.
- [3] ALKAN, A. and İ. KIRBAŞ, *Türkiye'de Nesnelerin İnterneti (Iot) Alanında Yazılmış Yüksek Lisans Tezlerinin İncelenmesi-Bir Meta Analiz Çalışması*. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2022. 10(1): p. 318-327.
- [4] Oral, O. and M. Çakır, *Nesnelerin interneti kavramı ve örnek bir prototipin oluşturulması*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017. 1: p. 172-177.
- [5] Kızrak, M.A. and B. Bolat, *Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma*. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 2018. 11(3): p. 263-286.
- [6] Şahinbaş, K., *Gerçek Hayat Verileriyle Makine Öğrenmesi Algoritmalarına Dayalı Otobüs Durak Süresi Tahmini*. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 2022. 13(3): p. 421-428.
- [7] Suljagic, H., *Benzerliğe dayalı derin siyam ağırları ile çok nesneli takipte kişileri yeniden tanımlama= Similarity based person re-identification for multi-object tracking using deep siamese network*. 2022.
- [8] Özçelik, N., *Video görüntüleri üzerinde derin öğrenme tabanlı anormal durum tespiti ve derinlik tahmini*. 2021.
- [9] Öçer, N.E., *Uzaktan algılama görüntülerinde derin öğrenme temelli yaklaşımlar kullanarak nesne tespiti*. 2020.
- [10] ŞİMŞEK, E., B. ÖZYER, and G.T. ÖZYER, *Fotokapan Görüntülerinde Yerel Öznitelikler ile Nesne Tespiti*. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2019. 9(4): p. 633-644.
- [11] Akin, M.C., *Video tabanlı ziyaretçi sayma sistemi*. 2013.
- [12] Özbaysar, E. and E. Borandağ, *Vehicle plate tracking system*. in *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. 2018. IEEE.
- [13] Şahin, Ö., A. Kurtoglu, and G. Ercan, *Computer science terminology extraction from parallel corpora*. in *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. 2018. IEEE.
- [14] Luo, W., et al., *Multiple object tracking: A literature review*. Artificial intelligence, 2021. 293: p. 103448.
- [15] Hochreiter, S. and J. Schmidhuber, *Long short-term memory*. Neural computation, 1997. 9(8): p. 1735-1780.
- [16] Chen, Y., et al., *CNNTracker: Online discriminative object tracking via deep convolutional neural network*. Applied Soft Computing, 2016. 38: p. 1088-1098.
- [17] Shaikh, S.H., et al., *Moving object detection approaches, challenges and object tracking*. Moving object detection using background subtraction, 2014: p. 5-14.
- [18] Baykara, M. and R. Daş, *Real time face recognition and tracking system*. in *2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*. 2013. IEEE.
- [19] Akin, M.C., *Video tabanlı ziyaretçi sayma sistemi*. 2013.
- [20] Hardas, A., D. Bade, and V. Wali, *Moving object detection using background subtraction shadow removal and post processing*. International Journal of computer applications, 2015. 975: p. 8887.
- [21] Resul, D., B. Polat, and G. Tuna, *Derin öğrenme ile resim ve videolarda nesnelerin tanınması ve takibi*. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2019. 31(2): p. 571-581.
- [22] Redmon, J., et al. *You only look once: Unified, real-time object detection*. in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- [23] Fan, L., et al. *A survey on multiple object tracking algorithm*. in *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*. 2016. IEEE.
- [24] Yilmaz, A., *Object tracking*. ACM Comput. Surv, 2006. 38.
- [25] Bruhn, A., J. Weickert, and C. Schnörr, *Lucas/Kanade meets Horn/Schunck: Combining local and global optic flow methods*. International journal of computer vision, 2005. 61: p. 211-231.
- [26] Keçeli, A.S., A. Kaya, and A.B. Can, *Depth features to recognise dyadic interactions*. IET Computer Vision, 2018. 12(3): p. 331-339.
- [27] Xiong, K., H. Zhang, and C. Chan, *Performance evaluation of UKF-based nonlinear filtering*. Automatica, 2006. 42(2): p. 261-270.
- [28] Crassidis, J.L. and J.L. Junkins, *Optimal estimation of dynamic systems*. 2004: Chapman and Hall/CRC.