



Çok Yönlü Araç Takibi ve Sayımı Uygulaması

Versatile Vehicle Tracking and Counting Application

Mehmet Serdar Güzel

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Öz

Çok yönlü araç takibi ve sayımı uygulaması, dörtlü kavşaklar üzerinde geçen araçların gerçek zamanlı olarak sayımı, ilgili araçların takip edilmesi ve araçların büyüklüklerine göre sınıflandırılması işlemlerini gerçekleştiren yeni bir mimari ve bu mimari üzerine geliştirilen kullanıcı dostu bir yazılım uygulamasını içermektedir. İlgili mimari kapsamında video görüntü üzerinden ilgili veri işlenerek kavşakta yol alan her bir aracın takibi, sınıflandırılması ve aracın hangi yönde ilerlediği bilgisine ulaşılmıştır. Yapılan testler sonucunda ilgili mimarinin farkı veri setleri ile başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Araç takibi ve sayma, Hareket kestirimi, Sınıflandırma, Video analizi

Abstract

Versatile vehicle tracking and counting application is a novel architecture within a user- friendly software, which, in essence aims to count and track vehicles using four-way intersections in real time, as well as classification of these vehicles based on their size. Within the scope of the corresponding architecture, video streams are processed in order to track, classify and estimate the direction of each vehicles passing over the corresponding intersections. The tests applied on different data sets revealed that the proposed architecture performs relatively well for the given problem.

Keywords: Vehicle tracking and counting, Motion estimation, Classification, Video analysis

1. Giriş

Günümüzde görüntü işleme ve video analizi teknolojilerinin kullanım alanlarında ciddi oranda artış görülmektedir. Gerek askeri gerek sivil alanda birçok yeni yöntem bu minvalde geliştirilip, uygulanmaya sunulmaktadır (Vargas vd. 2010, Perera vd. 2003). Bu yeni yöntemlerden biri de video analizi yaparak nesne sayımının gerçekleştirilmesidir. Kullanılan bu yöntemin sivil alanda birçok yansıması bulunmaktadır. Bunlardan biride araç sayma, takip ve sınıflandırma uygulamalarının geliştirilmesidir. Bu çalışmada geleneksel araç sayma yöntemlerinin dışına çıkılarak yeni yöntemlerin denenmesi amaçlanmıştır. Klasik araç sayma yöntemleri farklı doğrultuda yol alan araçların sayımı işleminde yetersiz kalmaktadır (Tourani vd. 2015). Bu bakımdan bu sorunun giderilmesi amacıyla yönelik bir mimari bu çalışma kapsamında tasarlanıp geliştirilmiştir.

İlgili uygulama birçok yönden yeni yaklaşımlar içermektedir. Bunlardan ilki araç sayma sistemi için sabit bir kameraya artık ihtiyaç duyulmamasıdır. Dört pervaneli robot helikopter (Quadcopter) sayesinde istenilen bölgede çekim yapılarak verilerin işlenmesi sağlanabilmektedir. Bunun yanında yüksek doğruluğa sahip gerçek zamanlı takip sistemi sayesinde araçların güzergâhları başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir. Bununla beraber, herhangi bir kavşaktaki yollardan geçen toplam araçların sayısı yüksek doğruluk ile tespit edilebilmektedir. Çalışmaya farklılık katan bir diğer özellik ise, gerçek zamanlı takip edilen araçların boyutlarına göre sınıflandırılmasıdır. Böylelikle, sayılan araçların ölçek tabanlı analizi sağlanmaktadır. İlgili çalışma uluslararası yenilik kategorileri arasına video tabanlı araç takibi ve sayımı teknolojisinin akıllı trafik uygulamaları kapsamında değerlendirilmektedir.

Çalışmanın, diğer araç sayımı programlarından temel farkı ve yenilikçi tarafı dinamik tek bir kamera ve donanım ile trafik yönlendirme işlemlerini gerçekleştirilebilir olmasıdır. Uluslararası alanda Augmented vision DFKI Alman araştırma gurubunun üzerinde çalıştığı "Vehicle tracking

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: mguzel@ankara.edu.tr

for traffic analysis” çözümü projeye en yakın yaklaşım olarak göze çarpmaktadır.

Bölüm 2’de geliştirilen araç sayma, takip ve sınıflandırma mimarisi ve ilgili algoritmalarından bahsedilmektedir. Buna karşın, Bölüm 3, geliştirilen uygulama ve test sonuçlarını içermektedir, Bölüm 4, tartışma ve sonuç bölümünü ihtiva etmektedir

2. Gereç ve Yöntem

Önerilen araç takibi, sayımı ve sınıflandırma sisteminin mimarisini Şekil 1’de verilen akış diyagramı üzerinden örneklendirebiliriz. İlgili akış diyagramına göre sistemin nasıl işletildiği üç alt kısımda incelenecektir. Bu kısımlar sırasıyla aşağıda detaylandırılmıştır.

2.1. Ön İşleme ve Arka Plan Çıkarımı

Video içinden alınan aktif görüntü çerçevesi, ilk olarak ön işlemeden geçirilir. Bu bağlamda, Gauss yumuşatıcı (Lowe 2004) filtresi ile olası gürültülerden arındırılırken,

histogram eşitleme tekniği uygulanarak, aydınlanma sebebi ile oluşabilecek problemler en aza indirgenerek resmin yoğunluk parametre dağılımının eşit bir biçimde yapılması sağlanır. İlgili görüntü çerçevesinin ön işleme adımından geçirilmesinden sonraki adım ise, arka planın çıkarılması (background subtraction) veya bir başka deyişle ön planın elde edilmesi (foreground detection) işlemidir. Bu bağlamda, ön işlemeden geçirilen ilgili aktif görüntünün arka planı çıkarılarak ilgili araçların bulunması hedeflenmektedir. Hareket kestirimi probleminde, klasik yöntem ardı ardına gelen çerçevelerin farkının belli bir eşik değerine bağlı olarak kontrol etmektir (bkz. denklemler 1 ve 2). Burada temel olarak arka plan olarak alınan bir görüntünün ‘A’ ile t zamanında elde edilen aktif çerçeve görüntüsünün I[t]’nin temel aritmetik çıkarma işlemi kullanılarak birbirinden çıkarılması ile ön planda hareket halinde olan nesnelerin kestirimi sağlanır. Eşik değeri konularak ilgili çıkarma işleminin iyileştirilmesi sağlanır.

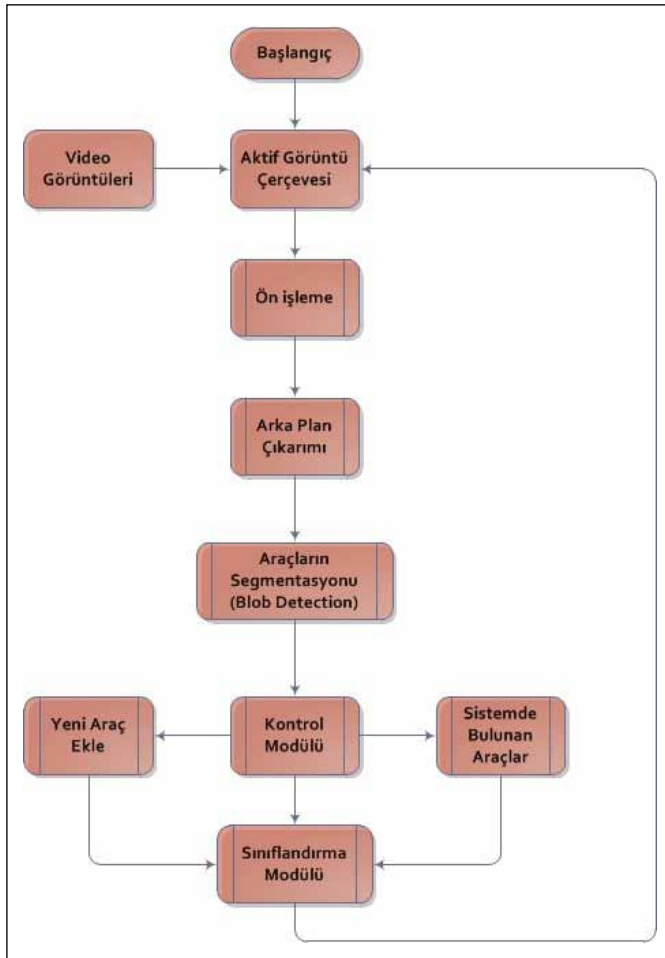
$$P[C(t)] = P[I(t)] - P[A] \quad (1)$$

$$|P[C(t)] - P[C(t+1)]| > Eşik \quad (2)$$

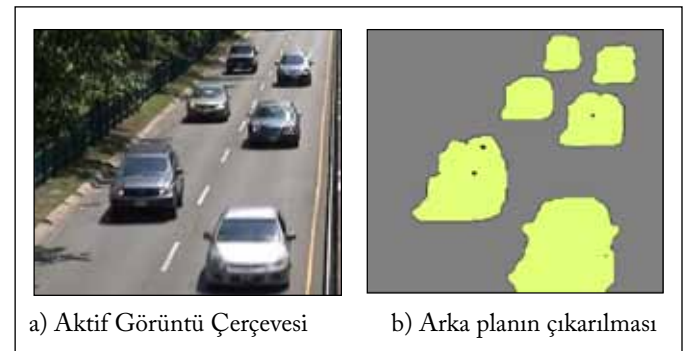
İlgili yöntem etkili olması için arka planın değişmemiş olması ve ön planda olan bütün nesnelerin devamlı hareketli olması gerekmektedir. Bu bağlamda daha etkin yöntem olan Gauss Karışımı yöntemi] ise bu çalışmada kullanılmıştır. İlgili yöntem her bir piksel değerininin yoğunluk değerini Gauss Karışımı olarak ele alıp ona göre modelleme yapar. Devamında ise sezgisel bir algoritma kullanılarak arka plan piksellerini bulurken, geri kalan pikselleri ön plan olarak ele alınarak analiz edilir. Temel olarak ilgili yöntem denklem 3’te gösterilmiştir.

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K w_{i,t} \cdot \delta(X_t, M_{i,t}, \alpha_{i,t}) \quad (3)$$

Öyle ki, K parametresi dağılımların sayısını, $w_{i,t}$, t zamanında ki i_{th} Gauss değeri ile ilişkili ağırlık parametresini temsil etmektedir. Buna karşın $M_{i,t}$ ortalama, $\alpha_{i,t}$ standart sapma



Şekil 1. Geliştirilen sistemin akış diyagramı.



Şekil 2. Arka plan çıkarma işlemi.

değerini ve δ Gaus yoğunluk olasılık fonksiyonunu temsil etmektedir. Yöntemin detayları ilgili referansta incelenebilir (Bouwmans vd. 2008 ve Brutzer vd. 2011). Örnek bir arka plan çıkarma işlemi Şekil 2'de gösterilmektedir.

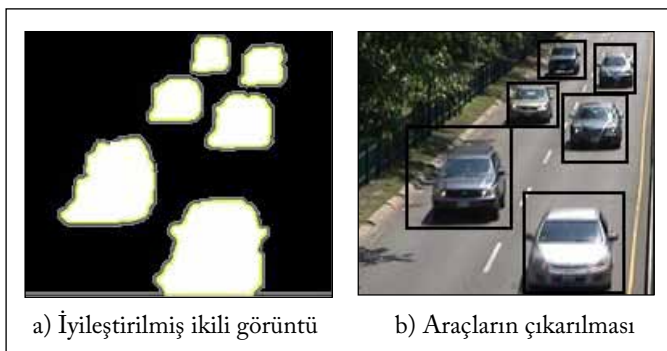
2.2. Araçların Segmentasyonu (Blob Detection) ve Takibi

Arka plan çıkarıldıktan sonra yapılması gereken işlem temel olarak segmentasyon yöntemi ile ilgili araçların bulunmasıdır. Burada yapılması gereken işlem ilk olarak ön plan ile arka planın iyi bir şekilde birbirinden ayrılmasının sağlanmasıdır (bkz. Bölüm 2.1). Ön plan piksellerinin hareket eden araçları temsil ettiği bilinmektedir. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra yapılması gereken adım görüntünün ikili hale getirilmesi daha sonra ise morfolojik operatörler uygulayarak iyileştirilmesidir. İmge bölgelerinin (Blobs) bulunması adımı ön planı elde edilen görüntüden birbiri ile ilişkili bölgelerin çıkarılması işlemidir. Burada ki temel kabul bağlantılı bir alanın içinde bulunan pikseller aynı imge bölgesi (blob) olarak kabul edilir. Şekil 3'de araçların segmentasyon veya imge bölgeleri bulma algoritması ile nasıl elde edildiğini içermektedir (Salvi 2012).

2.3. Kontrol Modülü ve Sınıflandırma

Kontrol modülü temel olarak görüntüden çıkarılan araçların takip edilmesi, yeni araç eklenmesi ve ilgili aracın görüntüden çıkması durumunda takibinin yapılmaması işlemlerinden sorumludur. Öncelikle küçük imge bölgeleri (blobs) elenerek yanlış takip ve sayımın en aza indirgenmesi sağlanır. Buna mukabil temel olarak her bir çıkarsama araca renk değerleri, uzaysal koordinat değerleri üzerinden kalman filtresi uygulanarak yaklaşık olarak gideceği yer tahmin edilir, eğer tahmini gidilecek yer görüntünün dışında ise aktif çerçeve görüntüsünde ilgili aracın izlenmesi durdurulur.

Buna karşın eğer, yeni bir araç o anda sistem tarafından belirlenmiş ise sisteme eklenir ve izlenmeye alınır. Bu kontrol tabanlı algoritma ile çoklu kavşaklarda farklı yönlere



Şekil 3. İmge bölgelerinin (blobs) bulunması.

giden araçların gerçek zamanlı izlenmesi sağlanmıştır. Sınıflandırma işlemi ise eğer belirlenen araç belli bir eşik değerinin üzerinde ölçüğe sahip ise büyük araç tersi durumda ise küçük araç olarak sınıflandırılır (bkz. denklem 4).

$$\text{Sınıf} = \begin{cases} \text{Küçük,} & \text{alan} < E_{\text{şik}} \\ \text{Büyük,} & \text{yoksa} \end{cases} \quad (4)$$

İlgili kontrol modülünün araç takip sisteminin algoritması:

Araç Takip Algoritması

İmge bölgelerini hesapla (blobs)

Döngü (i < blob sayısı)

Eğer Blob[i] < blob eşığı

Blob[i]'yi ele

Başka eğer

Blob[i]'yi diğer bloblar ile karşılaştır (yoğunluk ve konum tabanlı)

Eğer Blob[i] farklı ise

Blob[i]'yi yeni araç olarak ata ve çıkış yolunu tespit et

Başka eğer

Blob[i]'yi eşleşen Blob'a göre güncelle

Döngü sonu

Araç takip algoritması için, aktif ve önceki blobların eşleştirilmesi için öncelikle yoğunluk ve konum tabanlı bir eşleme yapılır. Bunun için önce güçlü kestirim yöntemi olan Kalman Filtresi kullanılarak (bkz. denklem 5.) ile aktif görüntüde ki ilgili imge bölgesinin (blob) tahmini konumu ve renk yoğunluk değerleri yaklaşık olarak belirlenir. İlgili denklemde X_k ve X_{k-1} , sırasıyla güncel kestirim değeri ve bir önceki kestirim değerini temsil ederken, K_k kalman kazancı ve Z_k elde ki ölçülen değeri ifade eder (Kalman 1960).

$$X_k = K_k \cdot Z_k + (1 - K_k) \cdot X_{k-1} \quad (5)$$

Sonra ki adımda ise Euclidian uzaklığı yöntemi ile eşleme yapmaktır. İlgili eşleme ve karşılaştırma denklemleri 6 ve 7'de gösterilmiştir. Burada m_a ve m_o sırasıyla aktif ve önce ki görüntüden elde edilen blobların merkezlerini temsil ederken, I_{ay} ve I_{oy} sırasıyla aktif ve önce ki görüntüden elde edilen n. blobun yoğunluk değerlerini gösterir.

$$\text{uzaklık}^n = \sqrt{(m_{ax} - m_{ox})^2 + (m_{ay} - m_{oy})^2} < \gamma \quad (6)$$

$$\text{yoğunluk}^n = \sqrt{(I_{ay} - I_{oy})^2} < \delta \quad (7)$$

Eğer $\text{uzaklık}^n < \gamma$ ve $\text{yoğunluk}^n = \sqrt{(I_{ay} - I_{oy})^2} < \delta$ değerleri sağlanırsa aktif çerçevede ki nesne (araç) ile bir önceki çerçevede bulunan nesnenin aynı olduğu sonucu elde edilir.

3. Geliştirilen Uygulama Yazılımı ve Test Sonuçları

Önerilen proje gerçekleştirilebilmesi için birçok farklı görüntü işleme ve bilgisayarlı görme algoritmalarından faydalanılmıştır. Geliştirme dili olarak C++ geliştirme ortamı olarak ise açık kaynak kodlu OPENCV (Open Computer Vision) kütüphaneleri kullanılmıştır. Ayrıca, ara yüz tasarımı için esnek yapısı ve kullanım kolaylığı nedeniyle QT platformu tercih edilmiştir. Önerilen çalışmanın sonucunda geliştirilen sanayi odaklı "Çok yönlü araç takibi ve sayımı" yazılımı, gerçek zamanlı olarak araçların hareket yönleri ve sınıflandırılmasını yüksek doğruluk ile gerçekleştirmektedir. İlgili yazılımından elde edilen örnek bir çalışma ekranı Şekil 4'de gösterilmektedir. İlgili uygulama yazılımında, kullanıcının sayılmasını istediği kavşak giriş çıkışlarını belirler ve otomatik olarak ilgili kavşaklara giren ve çıkan araçlar büyüklüklerine göre sınıflandırılırlar. Ayrıca 'a' girişinden 'b' girişine, 'c' girişinden 'a' girişine vb. gibi istatistiksel değerleri tutarak yollar üzerinden birbirlerine geçiş yoğunluklarını hesaplayabilmektedir.

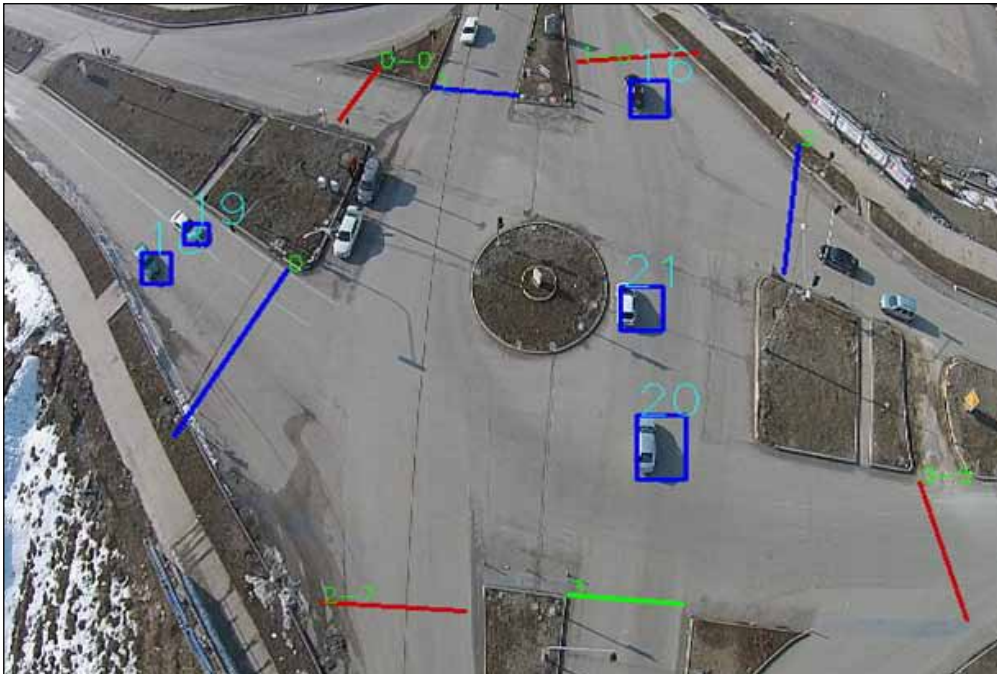
İlgili sistemin test edilmesi için üç farklı kavşak bölgesinde 20'şer dakikalık veriler dört pervaneli robot helikopter vasıtasıyla üç farklı zaman diliminde ele alınmıştır. İlgili testlerin performansları hassasiyet (precision) değerlendirme parametresi üzerinden karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir. Sonuç olarak ilgili test ortamlarında %86 oranında sayım başarısı elde edilirken %84.2 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Özellikle havanın karamaya başladığı '6.00-6.20' saatleri arasında sayım başarı sonuçlarında düşüş olurken, sınıflandırma oranlarında karakteristik bir değişim söz konusu değildir. En iyi sonuçların '9.30-9.50' arasında aydınlanma sorununun en az yaşandığı zaman aralığında gerçekleştirildiği görülmektedir. Buna karşın, aydınlanmanın fazla olduğu öğlen vakti '12.00-12.20' ve havanın kararmaya başladığı '6.00-6.20' zaman aralıklarında her iki değerlendirme parametresinin de performansında düşüş gözlenmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Önerilen bu çalışmada, farklı güzergâhlarda harekete eden

Çizelge 1. Geliştirilen uygulamanın 'Sayım' ve 'Sınıflandırma' parametrelerine göre performans analizi.

	9.30 – 9.50		12.00-12.20		6.00-6.20	
	Sayım%	Sınıflandırma%	Sayım%	Sınıflandırma%	Sayım%	Sınıflandırma%
Test 1	%89	%92	%85	%90	%85	%86
Test 2	%94	%90	%89	%88	%85	%91
Test 3	%85	%87	%84	%87	%77	%83



Şekil 4: Geliştirilen uygulamanın takip ekranı.

araçların takibi, sayımı ve sınıflandırılması için bir uygulama mimarisi ve ilgili mimarinin performansını gösteren bir uygulama yazılımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulama için sayım verisini sabit kameralar yerine 4 pervaneli helikopterler üzerinden sağlanmaktadır. Önerilen sistem, güçlü bir arka plan çıkarımı ve imge bölgesi (blob) çıkarma yöntemi ile araçları bulurken, kalman filtresi kullanarak konum ve yoğunluk tabanlı bir takip işlemi yapabilme yeteneklerine sahiptir. Ayrıca, çalışmanın sağladığı önemli bir yenilik sistemin araçları sayabilmesinin yanında büyüklüklerine göre büyük veya küçük olarak sınıflandırabilmesidir.

Geliştirilen uygulama, büyük ve küçük araçları değişik güzergâhlarda takip ederek saymayı başarmıştır ve her iki parametre içinde farklı üç test ortamından farklı zaman dilimlerinde alınan üçer saatlik görüntülerden %84'in üzerinde doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu başarı oranında, farklı zaman dilimleri ve ilgili kavşakların yoğunlukları önemli bir etken olarak göze çarpmaktadır. İlgili projenin başarısı üzerine ileride aynı sistemin daha büyük görüş açısı sağlayan balıkgözü kameralardan elde edilen video görüntülerin üzerinde denenmesi ve ilgili sistemlerde de %80'in üzerinde başarı elde edilmesi hedeflenmektedir. Geliştirilen bu uygulama daha çok havadan alınan görüntüler üzerinde çalışmak üzerine tasarlanmıştır. Bu bağlamda kameranın açısı ve pozisyonu önemlidir. Örnek olarak yandan alınan görüntüler için sistemin parametrelerinin tekrar belirlenmesi gerekmektedir. Yine de çözünürlüğü yüksek araç dışında başka görüntülerin (insan vb.) olmadığı veri setlerinde, ilgili uygulama ile %60 ve üzeri başarı elde edilmiştir. Buna ek olarak, sınıflandırma için farklı bir

kategori getirilmesi gelecek hedefi olarak öngörülmüştür. Bu bağlamda daha uyarlanabilir (adaptive) bir çözüm üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Böylelikle, araçları sadece büyük ve küçük olarak sınıflandırmak yerine, farklı ölçeklere sahip araçların daha esnek sınıflandırılması sağlanacaktır.

5. Kaynaklar

- Vargas, M., Milla, JM., Toral, SL., Barrero, F. 2010.** An Enhanced Background Estimation Algorithm for Vehicle Detection in Urban Traffic Scenes. *Vehicle Tec., IEEE Transactions*, 59(8): 3694 – 3709.
- Perera, M., Harada, K. 2003.** An automatic system for counting and capturing the pictures of moving vehicles in real-time. *Int. Veh. Symp.* 85 – 89.
- Tourani, A., Shahbahrami, A. 2015.** Vehicle counting method based on digital image processing algorithms. *IPRIA, 2nd International Conf.*:1 – 6.
- Lowe, DG., 2004.** Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *Int. J. Compt. Vision*, 60(2): 91-110.
- Bouwmans, T., Baf, FE., Vachon, B. 2008.** Background modeling using mixture of gaussians for foreground detection a survey. *Recent Patents Comp. Sci.*, 1: 219-237.
- Brutzer, S., Hoferlin, B., Heidemann, G. 2011.** Evaluation of background subtraction techniques for video surveillance. *(CVPR), IEEE Conference*, 1937-1944.
- Salvi, G. 2012.** An Automated Vehicle Counting System Based on Blob Analysis for Traffic Surveillance. *IPCV*, 2012: 397-402.
- Kalman, RE. 1960.** A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems, *J. Basic Eng.*,