

# Yol Gözetim Kamera Görüntüleri Kullanılarak Renk Tabanlı Araç Sınıflandırma Color Based Vehicle Classification Using Road Surveillance Camera Images

Bensu Alkan, Alperen Elihoş, Burak Balcı, Yusuf Oğuzhan Artan  
Algılayıcılar, Görüntü ve Sinyal İşleme Grubu, HAVELSAN A.Ş. Ankara, Türkiye  
{balkan, aelihos, bbalcı, yartan}@havelsan.com.tr

**Özetçe—** Bu çalışmada karayollarında bulunan gözetim kamera görüntüleri kullanarak renk tabanlı araç sınıflandırma metodları önerilmektedir. Önerilen yaklaşımda ilk olarak, derin öğrenme tabanlı tek seferde çoklu kare detektör modeli kullanılarak araç lokalizasyonu ve araca ait belirli bölgelerin tespiti yapılmaktadır. Daha sonra araç veya kaporta bölgesinden elde edilen parçalardan elde edilen öznitelikler çeşitli sınıflandırma yöntemleriyle kullanılarak araç rengi belirlenmektedir. Önerilen metodlar gölge, ışık, yansıma ve diğer aydınlatma etkilerini içeren 437 görüntü seti üzerinde test edilmiştir. Bu veri seti üzerinde % 80 üzerinde doğruluk başarısı elde edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler —** Sınıflandırma; hedef tespit; renk; derin öğrenme; araç takibi.

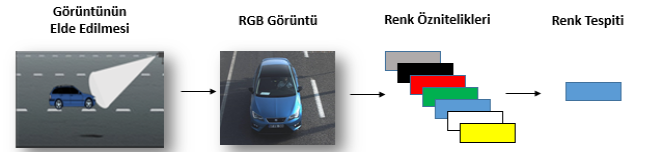
**Abstract—** In this study, we propose novel methods for color based vehicle classification using roadway surveillance camera images. Proposed approach utilizes single shot multibox detector to localize the vehicle and parts of the vehicle within roadway surveillance camera images. Next, color features are extracted around the detected regions to infer the color of the vehicle. Experiments are conducted using 437 images that contain a large variation in terms of reflection, shadow and other illumination effects. We achieved an overall accuracy of % 80 using test dataset.

**Keywords —** Classification; target detection; color; deep learning; vehicle tracking.

## I. GİRİŞ

Karayollarında bulunan gözetim kamera görüntüleri analiz edilerek güvenlik birimlerine yardımcı olacak sistemler son yıllarda oldukça ilgi uyandırmaktadır [1-4]. Özellikle, var olan kamera ağı altyapısı kullanılarak kameralar arası araç takibi en popüler çalışma alanlarından birisidir [5-7]. Gözetim kameraları ile araç takibine yönelik kullanılan en başarılı yöntemlerden birisi renk tabanlı metodlar olup, bu işlem genellikle renk ve zaman etiketleri kullanılarak güvenlik personeli tarafından manuel olarak yapılmaktadır.

Son yıllarda, birçok farklı alanda başarıyla uygulanan derin öğrenme tabanlı nesne tespit ve tanıma algoritmaları kullanılarak, otomatik çalışan, güvenilir ve verimli araç takip sistemleri geliştirilmektedir [4, 6, 7]. Araç takip sistemlerinin başarılı çalışabilmesinde araç renginin doğru sınıflandırılması oldukça



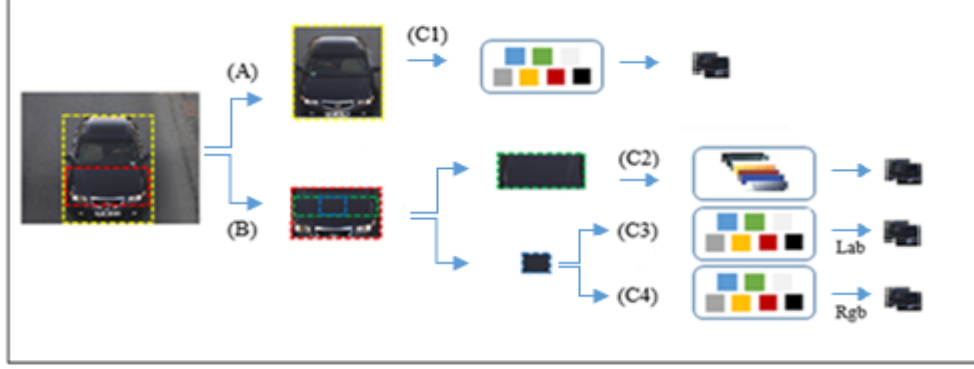
Şekil – 1: Renk tabanlı araç tespiti için önerilen yöntemin genel görünümü.

önemli olup, bu çalışmada renk tabanlı araç sınıflandırmaya yönelik geliştirilen yöntemler sunulmaktadır. Sistemin genel görünümü Şekil 1’de gösterilmiştir.

Renk tabanlı araç sınıflandırmasında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır [1, 2, 8]. Gölge, yüzey yansımaları ve parlaklık gibi etmenler renk karışımına neden olan başlıca etkenler olup önceki çalışmalarda çeşitli görüntü düzeltme işlemleri yapıldıktan sonra araç üzerindeki belirli bir bölgeden renk bilgisi alınarak makine öğrenim tabanlı sınıflandırma işlemleri yapılmaktadır [1, 2, 4, 8, 9, 10, 11]. Bu çalışmalar arasında Rachmadi vd. [10] tarafından yapılan çalışma dışındaki araç renk sınıflandırma çalışmaları derin öğrenme tekniklerini kullanmamaktadır. Uygulanan tekniğin performansı kullanılan veri setlerinin farklı olması sebebiyle önceki çalışmalarla karşılaştırılmamıştır.

Bu çalışmada, araç üzerindeki belirli bölgelerden (kaporta bölgesi, araç tavanı) elde edilen parçaların renk öznitelikleri analiz edilerek renk sınıflandırması yapılması önerilmektedir. Araç üzerinde belirli bölgeler tespit edilirken, nesne tespitinde sıklıkla kullanılan Tek Seferde Çoklu Kare (SSD) metodu kullanılmaktadır [12]. Araç üzerinde tespit edilen bölgelerin renk tespiti yapılırken, görüntüden elde edilen renk bilgisinin doğrudan kullanılması yerine çeşitli (derin öğrenme, renk tanımlayıcı vd.) yöntemlerle elde edilen renk bilgileri sınıflandırmada kullanılmaktadır [10, 11, 13].

Bölüm 2’de önerilen yöntemler detaylı olarak sunulmaktadır. Bölüm 3’te çalışmada kullanılan veri seti ve deney sonuçlarımız anlatılmaktadır. Son olarak Bölüm 4’te araç renginin sınıflandırılmasında kullanılmasını önerdiğimiz metodla ilgili edinilen kazanımlar paylaşılmaktadır.



Şekil 2: Renk tabanlı araç tespitine yönelik oluşturulan algoritmaların detaylı anlatımları gösterilmektedir. Sabit yol kameraları ile elde edilmiş görüntülerden nesne tespiti(A, B) yapılarak aracın rengine karar verilmektedir. (A) araç tespiti algoritması ile tüm araç görüntüsü elde edilmesi, (B) kaporta bölgesi tespiti algoritması ile kaporta bölgesi tespiti edilmesi, (C1) elde edilen araç görüntüsünden renk tespit edilmesi, (C2) elde edilen kaporta bölgesinden renk tespit edilmesi, (C3) kaporta bölgesinden elde edilen (50x50) alandan  $L^*a^*b$  renk uzayında renk tespit edilmesi, (C4) kaporta bölgesinden elde edilen (50x50) alandan RGB uzayında renk tespit edilmesi.

## II. METOT

Bu bölümde, önerilen metotlara ait açıklamalara yer verilmiştir. Bu metotlarda öncelikle nesne tespit algoritmaları kullanılarak görüntülerde araç ve araca ait belirli bölgeler tespit edilmektedir. Elde edilen bölgeler çeşitli sınıflandırma algoritmalarından geçirilerek aracın rengine dair bir çıkarıma varılmaktadır. Başvurulan tespit ve sınıflandırma yöntemleri ile metotların çalışma mekanizması aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır ve Şekil-2’de görsel olarak sunulmaktadır.

### A. Araç Tespiti

Tüm araç bölgesinin renk çıkarımı için kullanılması durumunda, ilk olarak görüntüde yer alan aracın tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sayede görüntüdeki arka plan - renk dağılımının renk tespiti üzerinde yanıltıcı bir etki yaratması önlenecektir. Araç tespiti için önceden eğitimi tamamlanmış VGG16 [13] mimari ile oluşturulan Tek Seferde Çoklu Kare derin öğrenme nesne tespit metodu (SSD) kullanılmıştır [12]. Bu model, literatürde var olan en hızlı ve verimli obje tespit modellerinden birisi olup, son yıllarda birçok popüler çalışmada obje tespitine yönelik kullanılmıştır. Temel model üzerinde, 20 nesne sınıfına ait görüntüleri barındıran (örneğin; araç, insan) PASCAL VOC nesne tespit veri seti kullanılarak eğitim yapılmıştır.

### B. Kaporta Bölgesi Tespiti

Araç üzerinde belirli bir bölge üzerinden yapılan renk sınıflandırma işlemlerinde, aracın tamamı yerine ön kaporta bölgesine bakılarak karar verilmektedir. Bu amaçla araç tespitinde kullanılan yöntemle benzer şekilde araç kaporta bölgesi tespit modeli oluşturulmaktadır. Önceden eğitilmiş SSD modeli üzerinde ince ayar yapılmıştır. Eğitim esnasında 275 adet kaportası işaretlenmiş araç verisi kullanılarak ince ayar işlemi yapılmıştır.

### C. Renk Sınıflandırma

1) *Araç Görüntüsünden Renk Sınıflandırması:* Bu aşamada, görüntüde tespit edilen aracın tamamına bakarak renk belirleme işlemi yapacak bir sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Sınıflandırma modeli olarak bir önceden eğitilmiş VGG16 modeli kullanılmıştır [13]. Bu önceden eğitilmiş VGG16 modeli üzerinde kendi araç renk veri setimiz kullanılarak ince ayar işlemi yapılmıştır. Bu veri seti 7 sınıf ve 750 görüntü içermektedir.

2) *Kaporta Görüntüsünden Renk Sınıflandırması:* Görüntü üzerinde tespit edilen araç kaporta bölgesi üzerinden renk sınıflandırması yapması tasarlanan bu yöntemde, kaporta bölgesi veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti 7 sınıf ve bu sınıflara ait 797 adet görüntüden oluşmaktadır. Araç sınıflandırma yönteminde olduğu gibi önceden eğitilmiş VGG16 modeli bu veri seti ile ince ayar işlemine tabi tutulmuştur.

3) *Renk Tanıma Özniteliği ile Renk Sınıflandırması:* Bu kısımda araç renk sınıflandırma için RGB öznitelikleri yerine renk tanımlama özniteliklerini kullanarak renk ayrımı yapılmaktadır. Önceki çalışmalarda bu metodun gölge ve yansıma gibi durumlarda renk ayırt etmede başarılı olduğu gözlemlenmiştir [4, 11]. Renk tanımlama öznitelikleri elde edilirken resimler RGB renk uzayından  $L^*a^*b$  renk uzayına çevrilmiştir. Daha sonra her bir piksel  $L^*a^*b$  uzayında önceden eğitilmiş olasılıksal gizli anlamsal analiz (PLSA) modeli ile temsil edilmiştir [11]. Resim tanımlayıcılarda kullanılan renk açıklama özniteliklerine benzer şekilde, renk tanıma özniteliği her bir bölge için

$$C = [p(n_1|s), p(n_2|s), \dots, p(n_7|s)] \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Burada  $p(n_i|s)$ , piksel  $s$ 'nin renk  $n_i$ 'e ait olma olasılığını gösteriyor. Herhangi bir piksel için

$\sum_{i=1}^7 p(n_i|s) = 1$ 'e eşittir. Bu çalışmada  $p(n_i|s)$ , değerleri zayıfça işaretlenmiş (weakly-labeled) Google resimlerini kullanarak Weijer vd. [11] tarafından geliştirilen model kullanılmaktadır.

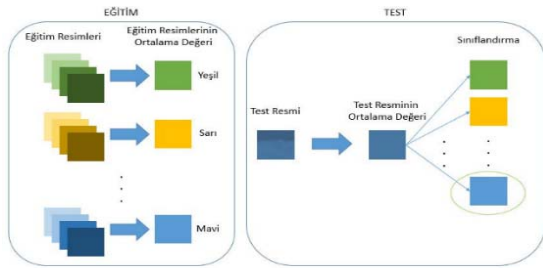
**4) Renk Kümeleme Metodu ile Renk Sınıflandırması:** Bu yöntemde, araç kaporta bölgesi üzerinden elde edilen (50x50) alan kullanılarak renk sınıflandırması yapılması tasarlanmıştır. Eğitim aşamasında kullanılan görüntülerin her bir pikseli RGB (kırmızı, yeşil, mavi) bileşenlerini bulundurmaktadır. Piksel bileşenlerinin ortalama değerleri hesaplanarak görüntülerdeki ortalama kırmızı, yeşil ve mavi değerleri her bir renk sınıfı için hesaplanır. Bu sayede hangi renk sınıfının hangi RGB değere sahip olduğu belirlenir. Test aşamasında da eğitim aşamasında olduğu gibi görüntülerdeki piksel değerlerinin ayrı ayrı ortalaması alınmaktadır ve elde edilen sonucun hangi renk sınıfına ait olduğu tespit edilmektedir. Bu işlemler, Şekil 3'de görsel olarak sunulmuştur. Tahmin yapılırken, test görüntüsünün sahip olduğu ortalama RGB değerinin, eğitim aşamasında öğrenilen ve her bir renk sınıfına karşılık gelen RGB değerlerine ne kadar benzer olduğuna bakılır. Bu benzerlik ölçümünde ise üç boyutlu (kırmızı, yeşil ve mavi değerleri ayrı boyutlar olarak tanımlanır) Öklid uzaklığı kullanılır. Test görüntüsünün sahip olduğu ortalama RGB değeri, en yakın uzaklığa sahip olan renk sınıfına atanmaktadır.

#### D. Önerilen Yöntemler

Bu çalışmada araç renk tespitine yönelik 4 yöntem karşılaştırılmaktadır.

**Metot 1:** Bu metot, tespit edilen aracın görüntüsünden derin öğrenme modeli kullanarak renk sınıflandırması yapılmaktadır. Metot akış şeması Şekil 2'nin (A)→(C1) dalında gösterilmiştir.

**Metot-2:** Bu metotta görüntüden aracın kaportası tespit edildikten sonra, bu bölgeye derin öğrenme modeli kullanılarak renk sınıflandırma işlemi uygulanmaktadır. Metot akış şeması Şekil 2'nin (B)→(C2) dalında gösterilmiştir.



Şekil 3. Renk kümeleme metodunun genel akışı gösterilmektedir.

**Metot-3:** Görüntüde kaporta bölgesi tespit işlemi yapıldıktan sonra, bu bölgeden seçilen bir alan üzerinden renk

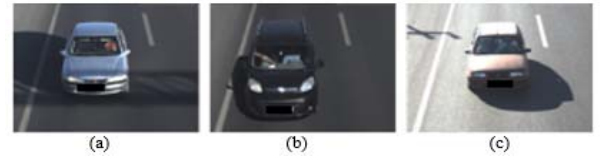
tanımlayıcı özellikler çıkarılmakta ve piksellere atanan renkler üzerinden en çok bulunan renk atanmaktadır. Metot akış şeması Şekil 2'nin (B)→(C3) dalında gösterilmiştir.

**Metot-4:** Görüntüde kaporta bölgesi tespit edildikten sonra bu bölgeden seçilen bir alan üzerinde renk kümeleme metodu ile renk sınıflandırması yapılmaktadır. Metot akış şeması Şekil 2'nin (B)→(C4) dalında gösterilmiştir.

### III. DENEYLER

#### A. Veri Seti

Bu çalışmada yerden yaklaşık 4,5 metre yukarıda askı köprü üzerine yerleştirilmiş 3 MP (2048x1536) renkli görüntü çekme özelliğine sahip bir kamera kullanılarak veri toplama işlemi yapılmıştır. Şekil 4'de bu çalışmada kullanılan resimlerden çeşitli örnekler gösterilmektedir.

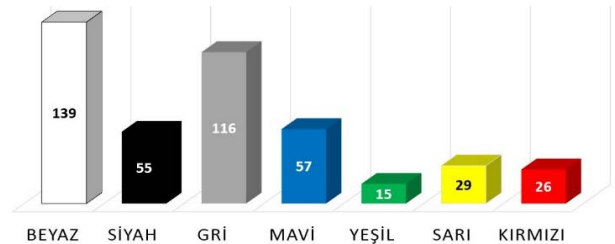


Şekil 4. Veri setimizde bulunan görüntülerden örnekler sunulmaktadır. En sağdaki araçta kırmızı renk ışığı araç üzerinde parlama oluşturmamasından dolayı net değildir.

Bu çalışmada geliştirilen metotların eğitim ve test aşamalarında kullanılmak üzere 1580 görüntü ayıklanmış ve etiketlenmiştir. Bu etiketli görüntülerin 437'si test aşamasında kullanılmıştır. Veriler gerçek hayatta karşılaşılabilecek durumları içermesi açısından günün farklı saatlerinden seçilmiştir. Şekil 5'te test aşamalarında kullanılacak olan test kümesi verilerinin renk dağılımı gösterilmektedir.

#### B. Deney Sonuçları

Bu çalışmada sunulan metotların performanslarını raporlamak için kesinlik, doğruluk ve hassasiyet metrikleri kullanılmaktadır.



Şekil 5. Test veri setinde bulunan araçların renklerine göre dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 1' de araç görüntüsü sınıflandırma yönteminin, çalışmamızda kullanılan test veri seti için oluşturulan karışım

matrisi sunulmuştur. Beyaz – gri, gri – yeşil ve mavi –siyah karışmasının diğer renklere göre daha yoğun olduğu gözlemlenmiştir.

TABLO I. Araç Görüntüsü Sınıflandırma yöntemi kullanılarak veri seti üzerinde elde edilen karışım matrisi. Renk tanımlayıcı öznitelikler; Beyaz, Siyah, Gri, Mavi, Yeşil, Sarı, Kırmızı.

	Beyaz	Siyah	Gri	Mavi	Yeşil	Sarı	Kırmızı
Beyaz	104	0	35	0	0	0	0
Siyah	0	46	2	0	4	0	3
Gri	3	1	98	3	11	0	0
Mavi	0	7	5	38	3	2	2
Yeşil	0	1	1	0	12	0	1
Sarı	0	0	0	0	0	27	2
Kırmızı	0	1	0	0	0	0	25

Tablo II’ de sınıflandırmaya yönelik doğruluk, kesinlik ve hassasiyet sonuçları verilmiştir. Araç görüntüsü sınıflandırma yöntemi kullanılarak elde edilen doğruluk oranları çalışmamızda kullanılan veri seti için 0,81 olarak belirtilmiştir. Deneyler sonucunda, derin öğrenme yöntemlerinin renk sınıflandırmada, renk tanımlama ve renk kümeleme metotlarına göre daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca sonuçlar, sınıflandırmada bakılan alanın kapsamının renk tespiti başarısıyla doğru orantılı bir ilişki içinde olduğunu da göstermiştir. Aracın tamamı kullanılarak yapılan renk tespiti (Metot 1), araçtan alınan parçalar üzerinden yapılan tespitlere göre daha başarılı sonuç vermiştir. Bu sonuç, farklı yüzeylerdeki farklı gölgelenmeler ve yansımalar sebebiyle bölgesel renk değerlendirmelerinin yanlış yönlendirebileceğini göstermektedir.

TABLO II: Test verisi üzerinde önerilen metotların doğruluk, kesinlik ve hassasiyet performansları gösterilmektedir.

	Doğruluk	Kesinlik	Hassasiyet
Metot-1	0,8009	0,7863	0,8269
Metot-2	0,7247	0,7411	0,7289
Metot-3	0,5388	0,7024	0,5559
Metot-4	0,6753	0,7111	0,5973

Şekil-6’ da veri setimizden rastgele seçilen farklı renklerdeki araçlar üzerine uygulanan dört ayrı yöntemin sonuçları gösterilmektedir.

						
Metot 1	siyah ✗	sarı ✓	yeşil ✓	gri ✓	beyaz ✓	gri ✗
Metot 2	kırmızı ✓	sarı ✓	siyah ✗	siyah ✗	beyaz ✓	gri ✗
Metot 3	siyah ✗	sarı ✓	yeşil ✓	siyah ✗	beyaz ✓	mavi ✗
Metot 4	siyah ✗	sarı ✓	siyah ✗	yeşil ✗	beyaz ✓	beyaz ✓

Şekil 6. Önerilen 4 farklı yöntem kullanılarak farklı renk özneliğine sahip araçlarla yapılan örnek çalışmanın sonuçları. Araç Görüntüsü Sınıflandırma

metodu (metot 1), Kaporta Görüntüsü Sınıflandırma (metot 2), Renk Tanıma Özneliği (metot 3), Renk Kümeleme (metot 4)

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada yol gözetim kamera görüntüleri kullanılarak yeni renk tabanlı araç sınıflandırma yöntemleri önerilmektedir. Önerilen öğrenme tabanlı sistemde tek seferde çoklu kare (SSD) metodu kullanılarak araç tespiti ve araç kaporta tespiti yapılmakta olup, bu parçalar üzerinden derin öğrenme, renk tanımlama ve renk kümeleme yöntemleri ile araç renk tespiti yapılmaktadır. Gölge, yüzey yansımaları ve parlaklık gibi sistemin performansı düşüren etmenlerden en az etkilenen metodun tüm araç görüntüsü üzerinden yapılan renk tespiti olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen sistemin performansı 437 araç görüntüsü ile test edilmiştir ve % 80,1 sınıflandırma başarısı sağlanmıştır.

#### V. KAYNAKÇA

- [1] L. Brown, A. Datta, S. Pankatti, "Tree based color classification using spatial features on publicly available continuous data", Advance Video and Signal Based Processing (AVSS), 2013 IEEE International Conference on IEEE, 2013.
- [2] J. W. Hsieh, "Vehicle color classification under different lightening conditions through color correction." in International Symposium on Circuits and Systems (ISCS), 2012.
- [3] Akıllı ulaşım sistemleri tanımı ve kapsamı, [www.biltir.metu.edu.tr/au\\_dergi1.pdf](http://www.biltir.metu.edu.tr/au_dergi1.pdf)
- [4] S. Öztürk, B. İnan, Y. Artan, "Gözetim Videolarında Renk Tabanlı Araç Sınıflandırma", IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), 2016.
- [5] C. S. Regazzoni, A. Cavallaro, Y. Wu, J. Konrad, and A. Hampapur, "Video analytics for surveillance: Theory and practice." IEEE Signal Processing Magazine, 27(5):16–17, 2010.
- [6] X. Liu, W. Liu, T. Mei, H. Ma, "A deep learning based approach to progressive Vehicle Re-identification for Urban Surveillance," in ECCV 2016, pp. 869-884, 2016.
- [7] D. Zapletal, A. Herout, "Vehicle Re identification for Automatic Video Traffic Surveillance," in CVPR-Workshop 2016, pp. 1-7, 2017.
- [8] M. Yang, G. Han, X. Li, "Vehicle color recognition using monocular camera." IEEE Conference on Wireless Communication and Signal Processing., 2011.
- [9] Global Automotive 2016, Color Popularity Report, 2016.
- [10] R. F. Rachmadi, K. Purnama, M. H. Purnomo, "Vehicle Color Recognition using Convolutional Neural Network" arxiv:1510.07391v2, 2015.
- [11] J. V. D. Weijer, C. Schmid, J. Verbeek, D. Larlus, "Learning color names for real-world applications," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 18 no. 7, pp. 1512–1523, 2009.
- [12] W. Liu, et al., "SSD: Single Shot MultiBox Detector", in: Leibe B., Matas J., Sebe N., Welling M. (eds) Computer Vision – ECCV 2016. ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9905. Springer, 2016.
- [13] K. Simonyan, A. Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition", arXiv:1409.1556, 2014.