

Sınır Sahipliği İçin Kapsamlı Bir Veri Tabanı

A Comprehensive Database for Border Ownership

Mehmet Akif Akkuş¹, Gaye Topuz², Buğra Özkan¹, Sinan Kalkan¹

¹ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, ² Bilişsel Bilimler Bölümü

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Ankara, Türkiye

Email: {akifakkus,bozkan,skalkan}@ceng.metu.edu.tr

gaye.topuz@metu.edu.tr

Özetçe —Sınır sahipliği, bir imgedeki kenarlarının hangi görsel alana ait olduklarını belirleme problemidir ve görme sistemleri için değerli ve elzem bir bilgi taşımaktadır. Mevcut bilişimsel modelleme çalışmaları, ya yapay ya da kısıtlı sayıda ve türde imgeler kullanmaktadır. Bu çalışmada, sınır sahipliği problemi için daha iyi bilişimsel modeller geliştirilebilmesi ve geliştirilen bilişimsel modellerin daha iyi kıyaslanabilmesi amacıyla; insanlar tarafından el ile işaretlenerek belirlenen 500 iç ve 500 dış mekan imgelerdeki bölütler ve kenarların arasındaki sınır sahipliği bilgisi içeren kapsamlı bir veritabanı ve bu veritabanı üzerinde gerçekleştirdiğimiz birkaç inceleme sunulmaktadır. Veritabanındaki imgeler, yaşları 24-34 arasında değişen 4 katılımcı tarafından işaretlenmiştir.

Anahtar Kelimeler—Bilgisayarlı görme, Sınır Sahipliği, İçeri Doldurma Mekanizmaları, Görüntü İstatistikleri, Imge Veritabanı.

Abstract—Border ownership is a problem of identifying which visual region the borders of a visual image belong. It has valuable and essential information for visual systems. Existing computational approaches either use artificial or limited type and number of images. In this study, we propose a new comprehensive database, which contains border ownership information from the edges and segments of 500 indoor and 500 outdoor images determined by hand-labeling of human participants and a couple of analyses carried on this database for the purpose of developing better computational models as well as making better comparisons of developed border ownership models. Images in the database are labeled by 4 participants, whose age ranged between 24 and 34.

Keywords—Computer vision, Border Ownership, Filling-in Mechanisms, Image Statistics, Image Database.

I. GİRİŞ

Sınır sahipliği bir resmin kenarlarının hangi görsel alana ait olduğunu saptama ile ilgilidir. Bir kenar kendisine komşu alanlardan sadece birine ait olabilir. Sınır sahipliği bilgisi, insan algısındaki görüntülerdeki şekil-zemin ayrımının belirlenmesinde, yüzey algısında ve obje tanımda rol alan önemli bir faktördür [1], [2]. Şekil-zemin ayrımı, insan görme sisteminin imgedeki bazı alanları ön plan bazı alanları ise arka plan olarak tanımlamasıyla ortaya çıkar. Eksik ve muğlak görsel bilgi, sınırlardan edinilen hassas görsel bilgi kullanarak işlenebilir. Biyolojik ve yapay görsel sistemlerde tam ve hassas görsel

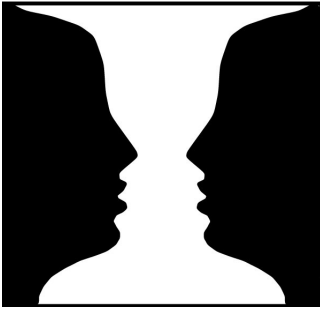
bilgi ediniminde ortaya çıkan problemler sınır sahipliğinden edinilen hassas görsel bilgi kullanılarak aşılabılır. Neumann ve arkadaşlarının çalışması [3] önceki sınır sahipliği çalışmalarının geliştirilen modellerin günlük hayatta ve doğada bulunan kompleks görsel bilgiyi kullanmada başarısız olduklarını göstermiştir.

Bu çalışmada sınır sahipliği problemi için daha iyi bilişimsel modeller geliştirilebilmesi ve geliştirilen bilişimsel modellerin daha iyi kıyaslanabilmesi amacıyla yeni bir veritabanı önerilmektedir. Öncelikle iç ve dış mekan imgelerdeki bölütler insanlar tarafından el ile işaretlenerek belirlenmiştir. Daha sonra bu bölütler arasındaki kenar bilgisi çıkarılmıştır. Katılımcıların imgelerdeki kenarları komşu bölütlere atamaları istenmiştir. Böylece katılımcılardan sınır sahipliği bilgisi elde edilmiştir. Çalışmamızda, iç ve dış mekan işaretlemeleri kullanılarak ‘eğrilik’ ve ‘alt alan’ ipuçları sınanmıştır. Çalışmadan elde edilecek sınır sahipliği bilgisi ve görsel bilgilerdeki düzenliliğin araştırılması, farklı görsel bilgilerin işlenmesi mekanizması hakkında önemli bilgileri açığa çıkaracağı ön görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilecek sonuçlarla sınır sahipliği bilgisini hesaplayabilen bilişimsel bir model geliştirilmesi umulmaktadır. Bu modeli önemli görsel problemlere uygulayarak sınır sahipliği bilgisinin tam ve güvenilir görsel bilgi edinimi noktasında iyileştirme sağlaması amaçlanmaktadır.

Çalışmamızın özgünlüğü şöyledir: Literatürde kullanılan sınır sahipliği veritabanı oldukça kısıtlı sayıda ve türde görüntüler kullanılarak oluşturulmuştur. Fowlkes ve arkadaşlarının çalışmasında 200 dış mekan resmi işaretlenmiştir [4]. Diğer çalışmalarda ise basit yapay şekiller kullanarak sınır sahipliği belirleyen modeller geliştirilmiştir [5],[6]. Bu çalışma ile literatüre, büyük ve çok sayıda ve çeşitli türlerde görüntüler içeren yeni bir veritabanı kazandırmaktayız.

II. LİTERATÜR

Şekiller insan gözüne daha yakın ve zemini kapatıyor olarak görünürler (bkz. Şekil 1) ve zeminle aralarındaki sınıra sahiptirler. Sınırlar aynı anda hem şekle hem de zemine ait olamazlar. Zhou ve arkadaşlarının çalışması, maymun beyninin birincil görsel korteksinde yer alan V2 ve V4 alanındaki nöronların, sınırın ait olduğu şekil tarafı için seçici olduğunu göstermiştir [1]. V2 ve V4 alanlarında V1 alanından daha belirgin olan sınır sahipliği seçiciliği, şeklin yönünü, bir



Şekil 1. Rubin'in şekil-zemin vazosu. İnsan algısında görüntüdeki şekiller (vazo ya da insan silüetleri), dikkatin yön değiştirmesiyle, beyaz ve siyah alanların arasındaki sınırın sadece bir alana ait olarak algılandığında ortaya çıkar. Vazo şekli sınırın beyaz alana ait olduğunda, insan silüetleri şekli ise ortak sınırın siyah alana ait olarak görüldüğünden ortaya çıkar. Sınır iki alandan sadece birine ait olabilir (Kaynak: [7]).

başka deyişle sınırın hangi tarafının şekle ait olduğunu belirler. Ayrıca, dışbükey (konveks) görsel alanların şekil olarak, içbükey (konkav) görsel alanların ise zemin olarak algılandığı bilinmektedir [8]. Bir sinirbilim çalışmasında, maymunların V2 ve V4 alanındaki sınır sahipliği nöronlarının şekillerdeki dış hatlar dışbükey olduğunda tepki verdikleri bulunmuştur [9]. Bu sınır sahipliği bilgisinin şekil-zemin ayrımında kullanıldığı anlamına gelir.

Görsel alanların imgelerdeki konumlarından derinlik bilgisi elde edilir. Buna göre, görsel algıda insan gözüyle obje arasındaki mesafe kısa, yani obje yakın planda ise, imgedeki obje alt alanda ve alçak konumda yer alıyor olarak görünür. Bu derinlik sıralaması bilgisi sayesinde farklı objelerin görsel alanlarının arasındaki sınır bilgisi edinilebilir. Qui ve Heydt'in yaptıkları sinirbilim çalışmasında, makak maymunlarının birincil görme korteksindeki V2 alanındaki iki boyutlu şekillerin kenarları için seçici olan nöronların aynı zamanda üç boyutlu kenarlarındaki derinlik sıralaması için de seçici olduğunu ve üç boyutlu alandaki şekillerin 'yakın' tarafı için daha güçlü sinyaller verdiklerini göstermiştir [2]. Bu çalışma, insan görme sisteminin iki boyutlu şekillerin sınır sahipliğini üç boyutlu alandaki şekillerle aynı şekilde belirlediğini göstermiştir. Böylece, eğrilik ve alttaki alan gibi yerel bilgilerin sınır sahipliğini belirlemede önemli rol oynadığı ortaya çıkmıştır.

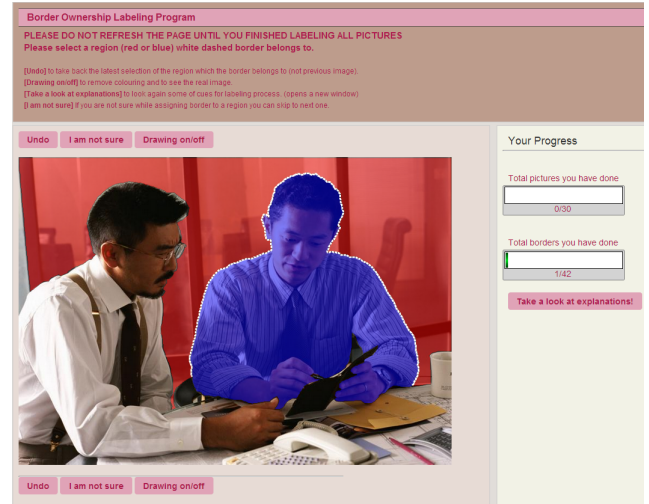
Bir yapay sinir ağları çalışması, sınırlardaki eğrilik ya da köşelerdeki açılar gibi yerel bilgiler kullanarak sınır sahipliğinin erken görme sisteminde kodlanmasını modellemiştir [10], [11]. Çalışmada ayrıca içbükey ve dışbükey şekillerin yanısıra üst üste gelen örüntüler içeren görsellerde kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bir köşe ya da kıvrımın iç tarafından alınan sinyallere göre sınır sahipliği belirlenmiş ve üstüste gelme durumunda ise arka planda kalan şeklin dış hatlarının tamamlanarak sınır sahipliği bilgisi görünen ve arka planda kalarak kapanan taraf için işlenmiştir. Üstüste gelen birbirine komşu alanların arasındaki ortak sınırın önplanda olan alana doğru eğri yani konveks görüldüğü biliniyor [4], [12]. Bu çalışmalar ya yapay görüntüler ya da kısıtlı sayıda ve türde görüntüler kullanılarak geliştirilmiş ve test edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmaların yeterliliği ve genellenebilirliği şüphelidir.

III. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, sınır sahipliği bilgisinin insanlar tarafından nasıl işaretlendiği aktarılmaktadır.

A. Katılımcılar

Sınır Sahipliği işaretlemeleri 4 katılımcı (1 kadın ve 3 erkek) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yaşları 24 ile 34 arasında



Şekil 4. Sınır sahipliği işaretleme sayfasından bir görüntü. İmgeler kullanıcı dostu bir arayüz ile sunuldu. İmgelerdeki her bir sınır en az üç katılımcı tarafından işaretlendi. (Renkli örneğe bakınız.)

değişen katılımcılar bilgisayar mühendisliği yüksek lisans öğrencileridir.

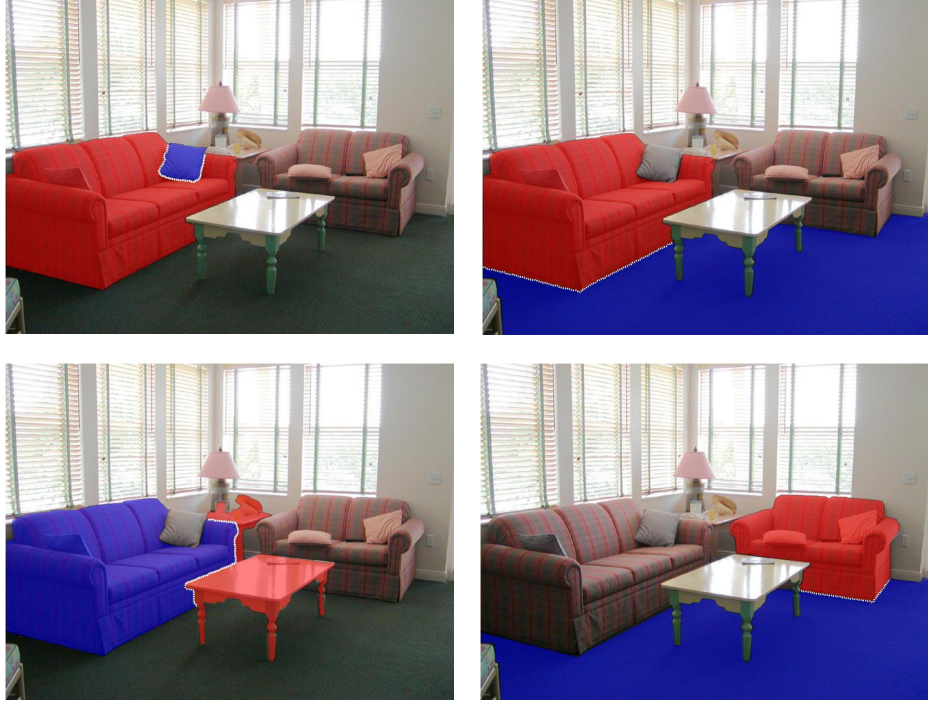
B. Veri Toplama

500 iç mekan, 500 dış mekan (toplamda 1000) bölütlenmiş resmin her biri ortalama 800 pixel genişliğinde tipik bir bilgisayar ekranından kullanıcı dostu bir arayüzle, internet tarayıcısı üzerinden sunulmuştur (bkz. Şekil 4). Hazırladığımız veri toplama aracı online olarak mevcuttur [13]. 500 dış mekan resmi için Berkeley Segmentation DataSet [14], [15], iç mekan içinse, LHI veritabanından rastgele seçilen 219 imge [16] [17] ve diğer 290 imge için çeşitli imge paylaşım sitelerinden bulunmuştur.

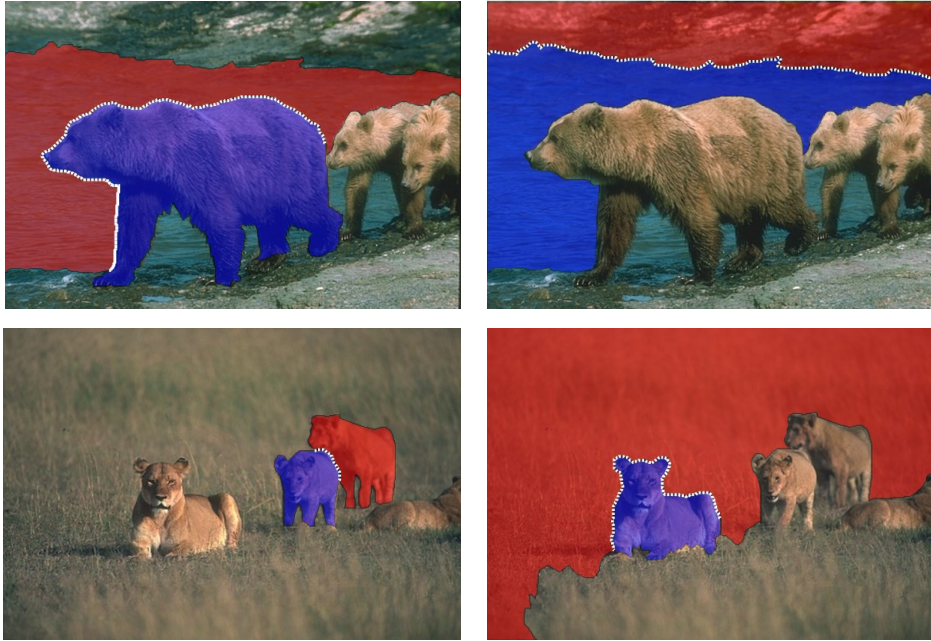
Berkeley ve LHI veritabanından elde edilen imgeler ile birlikte bölütlenmiş imgeler de mevcutken, imge paylaşım sitelerinden elde edilen iç mekan imgeleri elle bölütlenmiştir. Bölütlenen alanlar arasındaki sınırlar bulunmuş ve sınır uzunluğu resmin köşegeninin yüzde 4'ünden küçük olan sınırlar elenmiştir. Şekil 2 katılımcıların imgelerdeki her bir sınırın iki alandan hangisine (kırmızı ya da mavi) ait olduğunu işaretlemeleri işlemini gösterir.

C. Prosedür

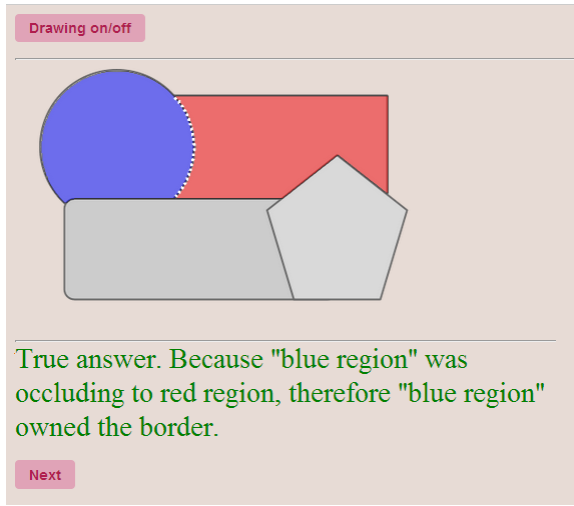
İşaretleme işlemine başlamadan önce bir açıklama ve alıştırma sayfası yer alır. Açıklama sayfası, gerçek iç mekan ve dış mekan imgelerinden oluşan üç örnek içerir. Örneklerin ikisinde, sınırın iki alandan birine (kırmızı ya da mavi) ait olduğunu, diğerinde ise 'Emin değilim' seçeneğini açıklayan, sınırın iki alandan hangisine ait olduğu muğlak olduğu bir imge yer alır. Alıştırmada katılımcılardan birbirini örten temel yapay şekillerin (çember, dikdörtgen ve beşgen) arasındaki beyaz renkli sınırın ait olduğunu düşündükleri alanın (kırmızı ya da mavi) üstüne tıklayarak göstermeleri istenir (bkz. Şekil 5). 'Çizimi aç/kapat' ve 'Açıklamalara göz at' seçenekleri katılımcıların işaretlemelerine yardımcı olmak için şekillerin üzerindeki renkli alanları kaldırarak orjinal imgeleri görmelerini sağlar. Alıştırmada her bir işaretlemeden sonra 'doğru' ve 'yanlış' geribildirim verilir ve katılımcıların gerçek işaretleme



Şekil 2. Bir iç ortam imgesindeki farklı sınırlar. Katılımcılar beyaz sınırın iki alandan hangisine (kırmızı ya da mavi) ait olduğunu işaretlediler (En iyi renkli görünür).



Şekil 3. Bir dış ortam imgesindeki farklı sınırlar.



Şekil 5. Web-tabanlı işaretleme programındaki alıştırma sayfasından bir görüntü. Katılımcıları sınır sahipliği işaretleme prosedürüne alıştırmak için her bir işaretlemeden sonra ‘doğru’ ve ‘yanlış’ olmak üzere geribildirim verildi.

işlemine başlamadan önce bütün işaretlemeleri doğru yapması gerekir. Deney aşaması ise, iç mekan (salon, ofis v.b.) ve dış mekan (doğa, hayvan v.b.) imgelerinden oluşan gerçek dünya resimleri gösterilir.

IV. İPUÇLARI VE DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, makalede önerilmekte olan veritabanının bilimsel modelleme amacıyla kullanılması yönünde ilk sonuçlar sunulmaktadır. Bu ilk ön çalışmada, veritabanından ‘eğrilik’ ve ‘alt alan’ ipuçlarının sınır sahipliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu ipuçları özetle şu şekilde anlatılabilir:

- ‘**Eğrilik**’: Sınırı komşu iki alandan eğrinin iç kısmındaki alan sahiplenmektedir. Bir sınırı, bir pikseller dizisi olarak düşünüp, eğri üzerine daire oturtup, onun yarı çapı bilgisi ile ters orantılı olacak şekilde eğrilik değerini hesaplamaktayız.
- ‘**Alt alan**’: Resmin alt kısmına yakın alan sınırı sahiplenmektedir.

Bu ipuçları diğer çalışmalarda çoğunlukla kullanılan ve doğruluğu en yüksek ipuçlarıydı [4], [12], [15]. Bu ipuçlarının bizim veritabanındaki karar verme doğrulukları Tablo I’de gösterilmiştir.

Kullandığımız ipuçlarının iç alan ve dış alan resimlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Doğruluk değerlerinin önemli derecede farklı olduğu görülmektedir. İç alan resimlerinin her iki ipucu için yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda alt alan ipucunun da hem iç hem de dış alanda daha yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. İleriki aşamada ise sınır sahipliğini belirlemede etkili başka ipuçları da kullanılacak ve ipuçlarının birlikte kullanılmaları durumunda sınır sahipliği belirlemeye katkıları araştırılacaktır.

V. SONUÇ

Bu çalışmada, görüntü işlemedeki önemli problemleri çözmesi düşünülen sınır sahipliği için kapsamlı bir veritabanı toplanmıştır. İşaretlemelerin ham hali indirilebilir durumdadır

Tablo I. ÇEŞİTLİ İPUÇLARI VE DOĞRULUKLARI

	İç alan (%)	Dış alan (%)
Alt Alan	45.3	40
Eğrilik	44.3	32

[13]. Elde edilen veritabanının yeterince çeşitli sayıda imge ve katılımcı sayısı içerdiği ve bu alanda yapılan çalışmalarda gayet faydalı olacağı düşünülmektedir. Sonraki aşamada bu veritabanı baz alınarak sınır sahipliği için önem arzeden diğer ipuçları denenecek ve bir bilişimsel model elde edilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 111E155 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] H. Zhou, H. Friedman, and R. Von Der Heydt, “Coding of border ownership in monkey visual cortex,” *The Journal of Neuroscience*, vol. 20, no. 17, pp. 6594–6611, 2000.
- [2] F. Qiu and R. Von Der Heydt, “Figure and ground in the visual cortex: V2 combines stereoscopic cues with gestalt rules,” *Neuron*, vol. 47, no. 1, p. 155, 2005.
- [3] H. Neumann, A. Yazdanbakhsh, and E. Mingolla, “Seeing surfaces: The brain’s vision of the world,” *Physics of Life Reviews*, vol. 4, no. 3, pp. 189–222, 2007.
- [4] C. Fowlkes, D. Martin, and J. Malik, “Local figure–ground cues are valid for natural images,” *Journal of Vision*, vol. 7, no. 8, 2007.
- [5] K. Sakai and H. Nishimura, “Surrounding suppression and facilitation in the determination of border ownership,” *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 18, no. 4, pp. 562–579, 2006.
- [6] L. Zhaoping, “Border ownership from intracortical interactions in visual area v2,” *Neuron*, vol. 47, no. 1, pp. 143–153, 2005.
- [7] E. Rubin, *Synsoplevede figurer: studier i psykologisk analyse. I. del*. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, 1915.
- [8] K. Koffka, *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt. Brace, 1935.
- [9] J. Jehee, V. Lamme, and P. Roelfsema, “Boundary assignment in a recurrent network architecture,” *Vision research*, vol. 47, no. 9, pp. 1153–1165, 2007.
- [10] M. Kikuchi and Y. Akashi, “A model of border-ownership coding in early vision,” *Artificial Neural Networks—ICANN 2001*, pp. 1069–1074, 2001.
- [11] M. Kikuchi and K. Fukushima, “Assignment of figural side to contours based on symmetry, parallelism, and convexity,” in *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Springer, 2003, pp. 123–130.
- [12] X. Chen, Q. Li, D. Zhao, and Q. Zhao, “Occlusion cues for image scene layering,” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 117, no. 1, pp. 42 – 55, 2013.
- [13] Sınır sahipliği işaretleme programı. [Online]. Available: <http://www.kovan.ceng.metu.edu.tr/bo/>, Erişim tarihi: (9/2/2013)
- [14] Berkeley segmentation dataset. [Online]. Available: <http://www.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>, Erişim tarihi: (9/2/2013)
- [15] D. Martin, C. Fowlkes, D. Tal, and J. Malik, “A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics,” in *Proc. 8th Int’l Conf. Computer Vision*, vol. 2, July 2001, pp. 416–423.
- [16] Lhi dataset. [Online]. Available: <http://www.imageparsing.com/>, Erişim tarihi: (9/2/2013)
- [17] B. Yao, X. Yang, and S. Zhu, “Introduction to a large-scale general purpose ground truth database: methodology, annotation tool and benchmarks,” in *Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition*. Springer, 2007, pp. 169–183.