

# FOTOGRAMETRİK AÇIK KAYNAK KODLU YAZILIMLAR: YENİ BİR DÖNEM

H.Demirel<sup>a</sup>, D.Z.Şeker<sup>a</sup>

<sup>a</sup>İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak - İstanbul, Türkiye - (hande.demirel, seker)@itu.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELER:** Fotogrametri, Açık-kaynak kodlu, yazılım, değerlendirme,

## ÖZET:

Bilgi teknolojilerindeki son gelişmeler, veri, model ve yazılımları daha ucuz, erişilebilir ve geliştirilebilir kılmakta- bir anlamda özgürleştirmektedir. Son yirmi yıldır geliştirilmekte olan açık-kaynak kodlu işletim sistemleri ve yazılımlar; ürün, süreç ve sonuç analizlerin ortak olarak geliştirilmesi ve paylaşılması açısından araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Tüm sektörleri etkileyen bu yeni dönemin etkileri fotogrametri alanında da görülmekte, özellikle yazılım maliyetlerinin yüksek olması, bu yaklaşımın benimsenmesini hızlandırmaktadır. Açık kaynak kodlu fotogrametrik yazılımlar çeşitli araştırma grupları ve laboratuvarlar tarafından farklı uygulamalarda kullanılmakta ve detaylı olarak tartışılmaktadır. Bu çalışmada, açık kaynak kodlu fotogrametrik yazılımlar incelenerek, literatürdeki tartışmalardan yola çıkarak birbirleri ile karşılaştırılacak, uygulama alanları, avantaj-dezavantajları ve kullanım olanakları araştırılacaktır.

**KEY WORDS:** Photogrammetry, Open source, software, evaluation,

## ABSTRACT:

New developments information technology lead to easier access of data, models and software, where these are accessible for lower costs to public, even for development. Such initiatives pave the way of “freedom” in today’s digital age. With this respect, the open-source operating systems, software, products, processes and results, which have been developed for twenty years, attracts a considerable attention of researchers. This new era, having a strong influence on many sectors, have its impacts in photogrammetry area, where the high costs for photogrammetric software has the major driving force behind it. Open source photogrammetric software is widely used and discussed in international scientific platforms, where such discussions are missing in Turkey. Within this study, available open source photogrammetric software are examined and compared based on the discussion in the literature. Possible application areas, usage, advantages and disadvantages are going to be explored.

## 1. GİRİŞ

Bilgi teknolojileri, özellikle internetin hızlı yükselişi, büyük reformlara neden olmakta ve yeni yaklaşımlara yol açmaktadır. Üretim ve geliştirmede açık kaynak (open source), son ürünün tasarımı ve uygulama detayları için erişimi ve ücretsiz yeniden dağıtımı teşvik eden bir felsefe ya da pragmatik yöntem bilimidir. Bu yaklaşım, günümüzde elektronik-ekonomisinin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Genellikle “açık kaynak” programların kaynak kodu kişilerin kullanımına ve/veya geliştirmelerine ücretsiz olarak sunulmaktadır. Genellikle programların imcece usulü ortak geliştirilmesine ve değişikliklerin toplum ile paylaşılmasına dayanmaktadır. Büyük şirketler tarafından geliştirilen yazılımlara alternatif olarak başlatılmış bir akımdır ve hızla yayılmaktadır. Üç önemli özelliği bulunmaktadır. Bunlar; lisans ve telif ücretleri olmaksızın yazılımın ücretsiz olarak tekrar dağıtımına olanak vermesi, yazılım ile beraber kaynak kodunun dağıtılması veya dağıtım masrafı hariç ücretsiz olarak sunulması ve kişilerin yazılımı değiştirmesine veya yeni bir yazılım üretmesine olanak sağlama ve dağıtılmasına aynı koşullar altında olanak vermesidir. (Weber, 2004) Konu ile ilgili gelişmeleri, oluşma nedenlerini ve gelecekteki projelerini çeşitli kaynaklardan takip etmek mümkündür. (OPENSOURCE, 2014; FSF, 2014, SOURCEFORGE, 2014; CREATIVECOMMONS, 2014) Avrupa Birliği, UNESCO, Dünya Bankası gibi kuruluşlar güvenlik ve tasarruf gibi gerekçelerle açık kaynak kodlu yazılımları önermektedir. Günümüzde pekçok ülke, kamu kurumlarında açık kaynak kodlu yazılımlarının kullanımını benimsemiş ve bilgi toplumu stratejilerin bir parçası haline

getirmiştir. Bunun başlıca sebebi, açık kaynak yaklaşımının, teknoloji üretebilecek kapasiteyi yetiştirmenin etkin yollarından birisi olmasıdır.

“Açık kaynak” felsefesi, mekansal bilgi teknolojileri alanında ilk yankılarını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekansal analizler ve web-tabanlı CBS alanında 1980’de bulmuştur. 1982’de geliştirilmeye başlanan GRASS GIS (Geographical Resources Analysis Support System) yazılımı bu konudaki ilk örneklerdendir. Bu paradigmayı destekleyen ve 1994 yılında Open Geospatial Consortium (OGC) adını alan topluluk, CBS alanında “açık kaynak” kodlu yaklaşımın benimsenmesinde önemli rol oynamaktadır. (OGC, 2014) Açık kaynak kodlu yaklaşım verilerden, veri tabanlarına, analizlere ve web-tabanlı hizmetlere kadar CBS projelerinin ve işlemlerinin tüm adımlarını kapsamaktadır. Açık kaynak kodlu CBS, günümüzde kitapların yazıldığı (Hall vd, 2008; Sherman, 2008; Bocher vd., 2012), konferansların düzenlendiği ve mekansal standartların dahi geliştirildiği güçlü bir yaklaşım haline gelmiştir. (Christl, 2014) Konu ile ilgili pek çok proje geliştirilmiş, yaklaşımın başarısı kanıtlanmıştır. (Mitchell 2005, Stefanakis 2008, Steiniger ve Bocher, 2008; AEGIS, 2012; GEOforALL, 2015) Ülkenin rekabet yeteneğini arttıran ve bilişim maliyetlerini düşüren bu yaklaşım, ülkemizde de Coğrafi Bilgi Teknolojileri alanında 2000’li yıllardan itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Uygulamalar dünyadaki gelişmelere paralel olarak CBS alanında daha sık göze çarpmaktadır. Açık kaynak kodlu yazılımlar ve birlikte çalışabilirliğini araştıran çalışmalar (Akçay ve Yılmaztürk, 2005; Yılmaz, O, 2006; Emem, O, 2007;

Kelleci, 2007; Beyhan vd., 2010; Çoşkun ve Anday, 2011) artmakta, açık kaynak kodlu CBS yazılımları ile ilgili çalışmalar (UHEM, 2014; JMO, 2015) düzenlenmektedir. Açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının belediyeçilik uygulamalarında kullanılması ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. (Ekin ve Çabuk, 2011; Uçaner vd., 2014) Türkiye'deki kamu kuruluşları stratejik planlarında açık kaynak kodlu CBS yaklaşımı benimsenmiştir. (BELBİS, 2013; Trakya Kalkınma Ajansı, 2014)

Açık kaynak yaklaşımı fotogrametri alanında ülkemizde ve dünyada, CBS'nin kazandığı ivmenin gerisindedir. Donanım ve yazılım maliyetlerinin yüksek olduğu fotogrametri uygulamalarında, açık kaynak yaklaşımının sağlayabileceği faydalar, gerçekleştirilen projeler, mevcut yazılımlar bu çalışma kapsamında incelenecek literatürdeki tartışmalardan yola çıkarak birbirleri ile karşılaştırılacak, uygulama alanları, avantaj-dezavantajları ve kullanım olanakları araştırılacaktır.

## 2. AÇIK KAYNAK YAKLAŞIMI VE FOTOGRAMETRİ

Açık kaynak yaklaşımı, genellikle yersel fotogrametri alanında kullanılmaktadır. Bunun başlıca sebebi, fotogrametri ve bilgisayar ile görü (computer vision) konularının iki disiplin tarafından ayrı ayrı incelenmesidir. Genellikle yakın resim fotogrametrisi yardımı ile oluşturulan 3 Boyutlu modellerin elde edilmesinde açık kaynak kodlu yaklaşım sıklıkla uygulanmakta ve iyi sonuçlar vermektedir. Özellikle kültürel mirasın korunması uygulamalarında, maliyeti düşük bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde açık kaynak kodlu yazılımlarda verim ve doğruluğun artması, kullanımını arttırmakta ve fotogrametri konusu ile ilgilenen araştırmacı ve uygulamacıları açık kaynak kodlu paradigmaya yaklaştırmaktadır.

Temel ürün olan 3 Boyutlu modeller çok görüntülü yöneltme işlemi yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Görüntülerin yöneltme doğruluğu ve kamera kalibrasyonu, her bir noktanın mekansal koordinatlarının belirlenmesi ve 3B modelleme gibi bütün ardışık işlemlerin doğruluğunu ve kalitesini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle de yöneltme ve kalibrasyon bir çok uygulama için temel önkoşul olarak değerlendirilmektedir. Yöneltme işlemi çoğu zaman iyi bilinen kendi kendine kalibrasyon yöntemiyle sonuçlanan eş zamanlı kalibrasyonu da içermektedir. Yakın resim fotogrametrisi ve bilgisayar ile görü için temel kamera kalibrasyon işlemleri (Remondino ve Fraser, 2006) çalışmasında sunulmuştur. Bu işlem adımlarının gerçekleştirilmesinde fotogrametri ve bilgisayar ile görü farklı yaklaşımlar takip etmektedir. Fotogrametri izdüşüm merkezi prensibini uygulayan kamera modellerini (pinhole camera) kullanırken, bilgisayar ile görü projektif geometri yaklaşımını benimsemektedir. (Remondino vd., 2012) Fotogrametrik yaklaşımda, yöneltmenin ve kalibrasyonun doğruluğu öncelikli ve önemlidir. Bilgisayarla görü de ise, temel uygulama alanı robotik ve tersine mühendislik olduğundan, kalibrasyon ve yöneltme işlemlerinin otomatikleşmesine yoğunlaşmış ve geometrik doğruluk gözardı edilmektedir.

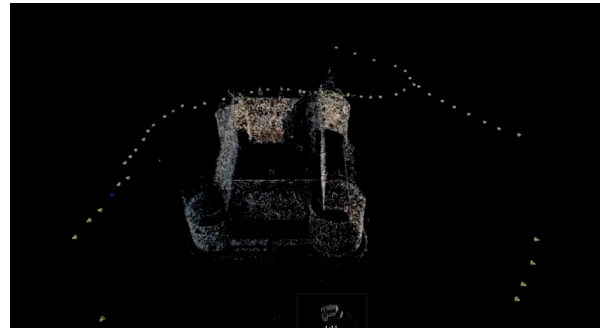
Bilgisayar ile görüdeki gelişmeler, 3 Boyutlu model üretimi için farklı yaklaşımların, örneğin Structure-from-Motion (SfM) yöntemi, daha sık kullanılmasına neden olmuştur. (Pollefeys vd., 2010) Kodlu hedefler kullanmadan yöneltme işlemlerinin otomatik olarak yapılması 90'lı yılların sonundan itibaren bilgisayar ile görüde kullanılmasına rağmen, fotogrametri alanında birkaç yıldır kullanılmaktadır.

Yeniden oluşturmaya dayalı olan bu yöntem fotogrametri ve haritalama için değil daha çok 3 Boyutlu görselleştirme için

kullanılmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojisi gelişmeler nedeniyle çok fazla sayıda görüntü keyfi tanımlanmış bir koordinat sisteminde farklı algoritmalar kullanarak otomatik olarak yöneltilmektedir. Profesyonel ticari fotogrametrik yazılımlarının bu tür verileri üretmede güvenilir araçlar olduğu ve sonuç ürün kalitesi farklı disiplinlerle gerçekleştirilen uygulamalarda doğrulanmıştır. Bugünün bilgisayar-internet çağında, standart ticari fotogrametri yazılımlarının yanında farklı türdeki fotoğrafik görüntülerin işlenmesine değişik derecelerde olanak sağlayan açık kaynak kodlu veya bedava araçlar mevcuttur. Yukarıda belirtilen nedenler ile bu araçlardan elde edilen sonuçlar araştırma-geliştirme açısından önemlidir. Çalışmada (Bartos vd., 2014) bu yazılımlardan bazıları incelenmiştir. Bu amaçla kullanılan açık kaynak kodlu yazılımlar;

### a) VisualSfM

VisualSfM (Şekil 1) SfM sistemini kullanarak görüntülerden objelerin 3D modellerinin üretimi için Changchang Wu tarafından geliştirilmiş bir grafik kullanıcı arayüzü (GUI) uygulamasıdır. (VSfM, 2015) Temel olarak aynı kişinin daha önce geliştirdiği SiftGPU ve Multicore demet dengelemesi algoritmasının geliştirilmiş versiyonudur. Ayrıca, bu yazılım PMVS/CMVler gibi diğer açık kaynak kodlu araçların çalışmasına olanak sağlayan bir arayüz içerir. CMP-MVS yazılımı için veri hazırlamak bu yazılımla mümkündür.



Şekil 1. VisualSfM – çalışma arayüzü

VisualSfM kullanarak görüntülerden objelerin yeniden oluşturulması işlemi görüntüler arasındaki korelasyon araştırma (eşleştirme), demet dengelemesi ve seyrekleştirilmiş nokta bulutu oluşturulma ve buna bağlı olarak yoğun nokta bulutunun elde etme adımlarını içermektedir.

### b) OSM-Bundler

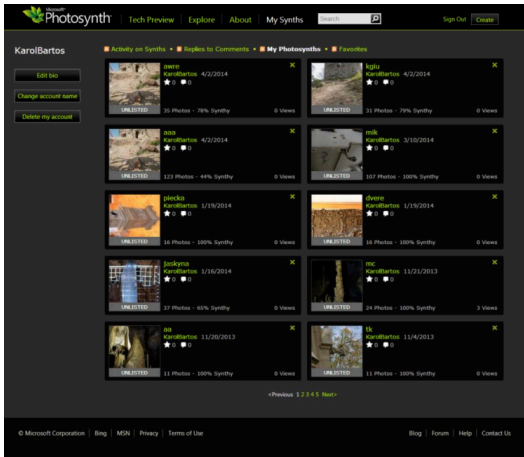
OSM-Bundler, Python programlama dilini kullanarak, görüntülerden objelerin 3B verilerinin üretmek amacıyla geliştirilmiş açık kaynak kodlu araçtır. Bu sistemin anahtar bileşenleri şunlardır:

- Bundler - kalibrasyon, demet dengelemesi ve seyrek nokta bulutunun oluşturulması (Snavely, 2008; Snavely, 2012),
- PMVS2 - nokta bulutu yoğunlaştırma; (Furukawa, 2010 a,b),
- CMVS - bilgisayar belleğinin rasyonel kullanımı için özellikle büyük görüntüleri daha küçük kümeler halinde bölme (Furukawa, 2010 a, b).

Görüntü özelliklerini elde etmek için, SIFT ve SIFT++ algoritmaları bu araca eklenmiştir. Bundler, sırasız veri setlerinin işlenmesi için orijinali C ve C++ da gerçekleştirilen SfM sistemidir. Bu sisteminin önceki sürümü PhotoTourism projesinde kullanılmıştır (Snavely vd., 2006).

### c) Microsoft Photosynth

Microsoft Photosynth (Şekil 2) internet üzerinden bir tek etkileşimli 3B model için benzer resimlerin otomatik olarak birleştirilebildiği ve doğrudan paylaşılabilirdiği bedava bir internet servisedir. Temel yaklaşım, belirli bir objenin birbirini örten bir dizi resminin kullanılarak mekansal modelin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu modelin üretilmesinde OSM-Bundler da kullanılan benzer şekilde doğal stereoskopik görüş ve algoritmaları kullanılır. Ancak, kullanılan algoritmalar ayrıntılı bir şekilde kamuya açık değildir. Bu araç, ortalama bir bilgisayarda yaklaşık 5-10 dakika içinde 200 görüntüyü modelleyebilmektedir. Süreci etkileyen faktörler arasında görüntü çözünürlüğü, görüntü sayısı, optik kalite (keskinlik, pozlama) ve yöntem sayılabilir. Bu servisin en büyük dezavantajı bilgisayara doğrudan veri indirmeye izin vermemesidir. Bunun anlamı projenin sadece internet üzerinde mevcut olduğu anlamına gelir. Başka bir açık kaynak kodlu yazılım olan Photosynth Toolkit, daha önce Photosynth web servisi yoluyla işlenmiş görüntülerden yoğun nokta bulutu oluşturmak için kullanılabilir.

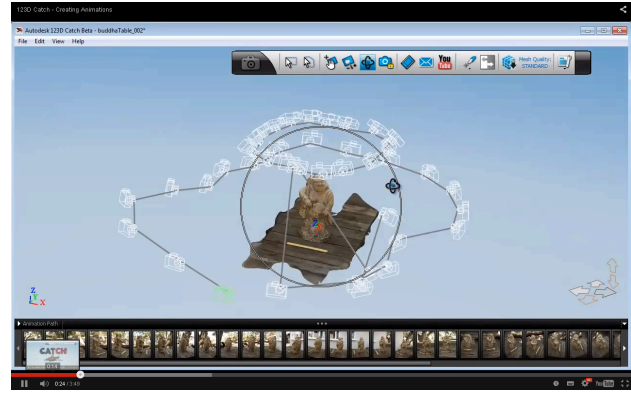


Şekil 2. Microsoft Photosynth

### d) Autodesk 123D Catch

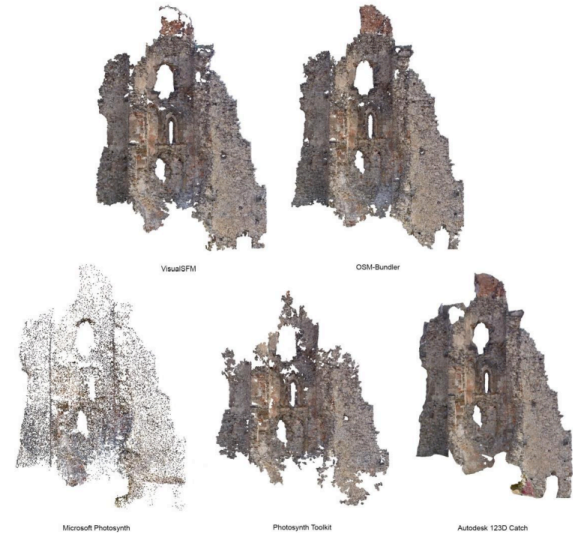
Autodesk tarafından 123D Catch web hizmeti (Şekil 3), Microsoft Photosynth'a çok benzeyen bir araçtır. Aynı zamanda farklı konumlardan resimleri çekilen bir objenin bu görüntüler yardımıyla dijital 3Boyutlu modeli oluşturmak için kullanılabilecek bir servistir. (Autodesk 123D, 2015)

Photosynth yazılımında olduğu gibi, algoritmalar ve görüntü işleme prosedürleri ayrıntılı şekilde kamuya açık değildir. Bununla birlikte, sistem SfM algoritmasına benzer olarak başlangıçta görüntülerdeki ortak noktaları kullanmaktadır. Daha sonra, demet dengelemesi ve iç yöneltme ve dış yöneltme işlemleri gerçekleştirilir. En sonunda poligon (MESH model) üretilir. Bu servis daha önceki 2010 yılındaki Autodesk Photofly projesinden geliştirilmiştir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre farkı, nokta bulutu üretmek yerine digital MESH model üretmesidir. Bu model düzenlenebilir, istenmeyen kısımlar silinebilir, video animasyonları oluşturulabilir, referans noktaları, çizgiler veya uzaklıklar model üzerinde tanımlanabilir. MESH modelini farklı kalite standartlarında üretebilme seçeneği (mobil, standart, maksimum) yazılımın önemli bir yeteneğidir.



Şekil 3. Kamera pozisyonlarının gösterildiği Autodesk 123D Catch arayüzü

Açık kaynak kodlu yazılımlardan elde edilen 3 Boyutlu modellerin çıktılar, yoğunluk, nokta bulutu tutarlılığı ve fotoğraf doku kalitesi yönünden karşılaştırması (Bartos vd., 2014) çalışmasında ele alınmıştır. (Şekil 4). Karşılaştırma sonuçlarına göre, Microsoft Photosynth web servisi çıktılarının kalitesi düşük ve nokta bulutları çok ayrıktır. Bu sonuçlar, ileri aşamalarda elde edilecek MESH modeli gibi ürünlerin kalitesinin de düşük olmasına sebep olabilir. OSM-Bundler yazılımı daha az gürültü ve daha yüksek kalitede fotoğraf-dokusu sağlar, ancak nokta bulutu düzgün dağılımlı değildir ve bir çok küçük boşluk içerir. Yeterince yoğun nokta bulutu, VisualSfM yazılımı sonucu elde edilebilmektedir. Bu yöntemle elde edilen nokta bulutu düzgün dağılımlıdır ve çok az boşluk içermektedir. Photosynth Toolkit ve Autodesk 123D Catch internet servisleri düşük gürültü ile yeterince yoğunlukta ve boşluksuz nokta bulutu üretmektedir.



Şekil 4. Seçilen anıtın farklı yazılımların kullanılması sonucunda oluşturulan nokta bulutu örnekleri (Bartos, 2013)

Bir başka çalışmada (Katoch, 2013), nokta bulutu modellemesi için iki açık kaynak kodlu fotogrametri yazılımı ile profesyonel bir yazılımı doğruluk yönünden karşılaştırmıştır. Bu yazılımlar, profesyonel bir yazılım olan PhotoModeler ve açık kaynak kodlu yazılımlar PMVS ve Autodesk 123D'dir.

### e) PMVS yazılımı

Kamera parametreleri ve çoklu görüntüler yardımı ile 3 Boyutlu obje oluşturulması için kullanılmaktadır. OSM-Bundler

yazılımın da anahtar parçalarından birisidir. Sadece katı cisimler modellenmektedir. Yazılım, MESH model yerine yönlendirilmiş nokta bulutu üretmektedir. Model, Furukawa, 2010 tarafından üretilmiş ve geliştirilmektedir. Model, Industrial Light & Magic, Weta Digital, ve Google Inc. tarafından kullanılmaktadır. (PMVS, 2015) Yazılım ile üretilen model Şekil 5’de sunulmaktadır.

(Katoch, 2013) araştırmasında, nokta tabanlı modellerin yüzey düzlemselliği için aynı görüntüleri kullanılarak amprik doğrulukları (iç/dış) karşılaştırılmıştır. Görüntüler amatör kameralar ile çekilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, açık kaynak kodlu yazılımların amprik doğrulukları, profesyonel yazılımdan daha fazladır.



Şekil 5. PMVS yazılımı ile üretilmiş 3B model

### 3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Açık kaynak kodlu yaklaşımın özellikle yakın resim fotogrametrisi ve kültürel mirasın korunması alanında yüksek potansiyeli olduğu son yıllarda yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Geliştirilen yazılımlar, bağımsız ve/veya bir arada çalışabilmekte, böylece daha yenilikçi çözümler geliştirilebilmektedir. Açık kaynak kodlu yaklaşım, maliyetlerin azaltılması ile birlikte fotogrametrinin daha geniş kitleler tarafından kullanılmasını sağlayabilir. Bu avantajlarının yanı sıra, özellikle fotogrametri konusundaki uzmanlaşma ve mühendislik yeteneklerinin geliştirilebilmesi için eğitim alanında kullanılması önerilmektedir. (Coelho, 2004; Kalisperakis, 2006; Yurtseven, 2008) Bu şekilde daha yenilikçi çözümler geliştirilecek ve fotogrametri konusundaki araştırma-geliştirme faaliyetleri hız kazanacaktır.

Görüntü işleme dayalı bireysel süreçler ve işlemler temelde veri işleme insan kaynaklarının tasarruf edilmesine yardımcı olur ancak doğruluk ve verinin güvenilirliğini sağlamayı garanti etmez. Bu nedenle, üretilen modellerin özellikle doğrulukları ve güvenilirlikleri dikkatle değerlendirilmelidir. Ücretli profesyonel yazılımlar, kolay arayüzler ve çoklu format desteği gibi özellikler ile öne çıksa da, açık kaynak kodlu yazılımların yakın gelecekte bu ve benzer destekleri sunabileceği tahmin edilmektedir.

Açık kaynak kodlu yazılımlar, yeterli doğrulukta tüm proje adımlarını gerçekleştirecek şekilde kullanımı tasarlanmadığından, yeterli doğrulukta belgeleme üretiminde kullanılamaz, fakat farklı yazılımlarda ki ara işlemlerde kullanılabilir. Sürekli gelişen bir yapı olduğundan, bazı kısımlar gelişmemiş ve eksik kalabilmektedir. Açık kaynak kodlu yazılımlarda işlem adımları sadeleştirilmelidir.

Açık kaynak yaklaşımını benimseyen çalışmaların, yetersiz maddi kaynaklar, bağımsız geliştiriciler gibi nedenlerden dolayı sürdürülebilirlik riski bulunmaktadır. Servislerin yayından

kalkması, yeni sürümlerin desteklenmemesi veya ücretli hale dönüştürülmesi başlıca karşılaşılan problemlerdir. Böylesi projelerin hayata geçirilebilmesi ve sürekliliğinin sağlanması için projeyi yürütecek ekiplerin varlığı ve destekleyen kuruluşlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye’de fotogrametri alanında açık kaynak yaklaşımı henüz gelişmemiştir. Bu ilk aşamada, bu konu ile ilgilenen kişiler biraraya gelerek ve birlikte çalışarak sanal araştırma ortamları oluşturulabilir. Yurtdışında bu yaklaşımı benimseyen ortak platformlar ve örnek projeler (Photocity, Volunteered Geographic Information (VGI) bulunmaktadır. (Tuite vd., 2011; Uden ve Zipf, 2012) Bu yapının içerisinde farklı disiplinlerin, özellikle bilişim sektörünün, bulunması açık kaynak kodlu yaklaşım ile fotogrametrik araştırma, geliştirme ve üretimine hız kazandıracaktır.

### KAYNAKLAR

AEGIS, 2012. <http://www.aegis-project.eu/> (05 Nisan 2015).

Akçay, O., Yılmaztürk, F., 2005. Açık Kaynak kodlu yazılımlar ile Web tabanlı CBS Tasarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan, Ankara

Autodesk 123D, 2015. <http://www.123dapp.com/Gallery/page/4/content/all> (04 Nisan 2015).

Bartos, K., Pukanska, K., Sabova, J. 2014. Overview of Available Open-Source Photogrammetric Software, its Use and Analysis, International Journal for Innovation Education and Research, International Educative Research Foundation and Publisher, Vol. 2-04, pg. 62

Bartoš, K., 2013. The use of open-source photogrammetric software for the needs of documentation of cultural heritage, its analysis and accuracy, PhD thesis, The Technical university of Košice, Faculty of mining, ecology, process control and geotechnology. 2013. 132 p.

BELBİS, Türkiye Belediyeler Birliği (TBB) Belediye Bilgi Sistemi (BELBİS) Projesi, 2013. Türkiye Belediyeler Birliği, İller ve Belediyeler Dergisi, Temmuz-Ağustos, syf. 783-784, ISBN: 1308-6707

Beyhan, B., Belge, B., Zorlu, F., 2010. Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Masaüstü CBS Yazılımları Üzerine: Karşılaştırmalı ve Sistemli bir Değerlendirme, Harita Dergisi, Ocak, Sayı 143, sf.45-61

Bocher, E., Neteler, M., 2012. Geospatial Free and Open Source Software in the 21<sup>st</sup> Century, Springer Verlag Berlin, ISBN: 978-3-642-10594-4

Christl, A., 2014. 35 years of Open Geospatial: A Brief History, <http://metaspatial.net/conferences/open-geospatialhistory.html#/> (04 Nisan 2015).

Coelho, L., 2004. The development of a digital photogrammetric softcopy kit for educational purposes, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 35(B6):95-100.

Coşkun, F., Anday, C., 2011. Açık Kaynak Kodlu Grass CBS Yazılımının Pardus İşletim Sistemi Üzerinde Çalışması,

- TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011, 31 Ekim - 4 Kasım, ANTALYA
- CREATIVECOMMONS, 2014. <http://www.creativecommons.org> (05 Nisan 2015).
- Ekin, E., Çabuk, A. 2011, OGC olanakları ile CBS Tabanlı Hizmet Yönetimi: Akıllı Altyapı, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey
- Emem, O. 2007, Modern CBS Yaklaşımlarında ve Ulusal Mekansal Veri Altyapılarında Web Servislerinin Yeri ve OGC Mekansal Web Servisleri Kullanımının İncelenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim -02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- FSF, 2014. <http://www.fsf.org> (05 Nisan 2015).
- Furukawa, Y., Curless, B., Seitz, S., Szeliski, R. 2010a, Towards Internet-scale Multi-view Stereo. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. USA, San Francisco, 2010. p. 1434-1441, <http://grail.cs.washington.edu/pub/papers/furukawa2010tim.pdf> (05 Nisan 2015).
- Furukawa, Y. Ponce, J. 2010b, Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis. IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence. August 2010, Volume 32, Issue 8, p. 1362-1376, <http://www.di.ens.fr/sierra/pdfs/cvpr07a.pdf> (08 Nisan 2015).
- GEOforALL, 2015. [http://wiki.osgeo.org/wiki/GeoForAll\\_UrbanScience\\_CityAnalytics](http://wiki.osgeo.org/wiki/GeoForAll_UrbanScience_CityAnalytics) (05 Nisan 2015).
- JMO, TMMOB Jeoloji mühendisleri odası, 2015. Açık kaynak kodlu QGIS coğrafi bilgi sistemleri (CBS) eğitimi ve uygulamaları, [http://www.jmo.org.tr/etkinlikler/etkinlik\\_detay.php?kod=7499](http://www.jmo.org.tr/etkinlikler/etkinlik_detay.php?kod=7499) (05 Nisan 2015).
- Hall, G.B., Lehy, M.G. (eds), 2008. Open source Approaches in Spatial Data Handling, Advances in Geographic Information Science 2, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- Kalisperakis, I., Grammatikopoulos, L., Petsa, E. 2006, An open-source educational software for basic photogrammetric tasks, Proceedings of the FIG ISPRS-ICA International Symposium on "Modern Technologies, Education & Professional Practice in Geodesy & Related Fields", syf. 581-586
- Katoch, C., 2013. Close Range Photogrammetric Applications for 3-D realistic reconstruction of objects using still images, MsC Thesis, Faculty of Geo-information Science and Earth Observation of the University of Twente (ITC), Indian Institute of Remote Sensing
- Kelleci, E., 2007, Açık Kaynak Kodlu ve Özgür Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları, EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, Özel Ek "Özgür Yazılım", 2007/4, [http://www.emo.org.tr/ekler/3ac2d01e41ff949\\_ek.pdf?dergi=466](http://www.emo.org.tr/ekler/3ac2d01e41ff949_ek.pdf?dergi=466) (05 Nisan 2015).
- Mitchell, T. 2005. Open Source Geo Tools, O'Reilly Where Where 2.0 Conference, San Francisco, 29-30 June 2005.
- OGC, 2014. <http://www.opengeospatial.org/> (05 Nisan 2015).
- OPENSOURCE, 2014. <http://opensource.org/osd> (05 Nisan 2015).
- PMVS, 2015. <http://www.di.ens.fr/pmvs/> (05 Nisan 2015).
- Pollefeys, M., Frahm, J.-M., Fraundorfer, F., Zach, C., Wu, C., Clipp, B., Gallup, D., 2010. Challenges in wide-area structure-from-motion, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol.2, pp.105-120
- Remondino, F., Pizzo, S., Kersten, T., Troisi, S., 2012, Low-cost and open-source solutions for automated image orientation-a critical overview, in Progress in Cultural Heritage Preservation, 4th International Conference, EuroMed 2012, Limassol, Cyprus, October 29 – November 3, Proceedings, Springer Verlag, sf. 40-54
- Remondino, F., Fraser, C., 2006. Digital Camera Calibration Methods: Considerations and Comparisons. IAPRS&SIS, Vol. 36(5), pp. 266-272, Dresden, Germany
- Sherman, G.E., 2008. Desktop GIS, Mapping the Planet with Open source Tools, The Pragmatic Bookshelf, 2008, ISBN-10: 1-934356-06-9, ISBN-13: 978-1-934356-06-7.
- Snavely, N. Steiz, S., Szelinski, R., 2006, Photo Tourism: Exploring photo collections in 3D. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings). [online] July, 2006, Volume 25 Issue 3. p. 835-846 [http://phototour.cs.washington.edu/Photo\\_Tourism.pdf](http://phototour.cs.washington.edu/Photo_Tourism.pdf) (05 Nisan 2015).
- SOURCEFORGE, 2014. <http://sourceforge.net/> (05 Nisan 2015).
- Snavely, N, 2008. Scene Reconstruction and Visualization from Internet Photo Collections, Doctoral thesis, University of Washington
- Snavely, N., 2012. Bundler, Available at <http://phototour.cs.washington.edu/bundler/#S3>
- Stefanakis, E., and Prastacos, P., 2008. Development of an Open Source Based Spatial Data Infrastructure, Applied GIS Journal, ISSN 1832-5505, Vol. 4, No. 4, pp. 1-26.
- Steiniger, S.Bocher, E. 2008, An Overview on Current Free and Open Source Desktop GIS Developments, International Journal of Geographical Information Science, 1. Rev., [http://www.geo.unizh.ch/publications/degen/sstein\\_foss\\_desktop\\_gis\\_overview.pdf](http://www.geo.unizh.ch/publications/degen/sstein_foss_desktop_gis_overview.pdf) (05 Nisan 2015).
- Tuite, K., Tabing, N., Hsiao, D., Snavely, N., Popović, Z. 2011, PhotoCity: training experts at large scale image acquisition through a competitive game. Proc. ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems
- Trakya Kalkınma Ajansı, 2014. Faaliyet Raporu, Ocak-Haziran 2014, <http://www.trakyaka.org.tr/uploads/docs/09122014cQ0L19.pdf> (05 Nisan 2015).
- Uçaner, E., Akyol, E., Gökyokuş, S., Kırmızıgül, M., Sarıççek, İ. 2014, Açık kaynak kodlu CBS yazılımları ile belediye kent rehberi uygulaması, UZALCBS Sempozyumu, <http://www.uzalCBS2014.sempozyumu.net/bildiriler.php> (08 Nisan 2015).
- Uden, M., Zipf, A. 2012, OpenBuildingModels - Towards a platform for crowdsourcing virtual 3D cities. 7th 3D GeoInfo Conference. Quebec City, QC, Canada
- UHEM, 2014. <http://training.uhem.itu.edu.tr/index.php?tid=27>

(02 Nisan 2015).

VSFM, 2015. <http://ccwu.me/vsfm/> (05 Nisan 2015).

Weber, S. 2004, The Success of Open Source, Harvard University Press, ISBN 0-674-01858-3

Yılmaz, O.Y., 2006, Coğrafi Bilgi Teknolojilerinde Özgür Yazılım, HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 95, 36-44.

Yurtseven, H., 2008, Eğitim Amaçlı Özgür Fotogrametri Yazılımı E-Foto, 2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu 2008, 155-160.