



Aktif Çevrit Modeliyle Tıbbi İmge Bölütme: İstemci-Sunucu İletişimine Bağlı Akıllı Telefon Uygulaması

Medical Image Segmentation with Active Contour Model: Smartphone Application Based on Client-Server Communication

Murat Has¹, Ahmet Burak Kaplan¹, Bekir Dizdaroğlu¹

¹ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi

murathas259237@hotmail.com, ahmetburakkaplan@gmail.com, bekir@ktu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada, tıbbi imgelerin etkili bir şekilde bölütlenmesi için istemci-sunucu iletişimine bağlı bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamadaki ilk adımda, seçilen bazı tıbbi imgeler sunucu bilgisayardan akıllı telefonun resim galerisine yüklenmektedir. İkinci adım olarak, bölütlenecek herhangi bir tıbbi imge resim galerisinden seçilmekte ve daha sonra http protokolü vasıtasıyla bazı girdi parametreleri ile sunucu bilgisayara gönderilmektedir. Son olarak, sunucu bilgisayarda bölge tabanlı bir bölütme yöntemi olan Chan-Vese yaklaşımına bağlı olarak Split-Bregman iteratif yöntemiyle hızlı bir şekilde sonuç elde edilmekte ve bölütlenmiş tıbbi imge akıllı telefona otomatik olarak gönderilmektedir. Yöntemin başarımı farklı tıbbi imgelerin bölütlenmesine bağlı olarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — tıbbi imge bölütme; aktif çevrit modeli; Split-Bregman yöntemi; akıllı telefon uygulaması; istemci-sunucu iletişimi.

Abstract

In this study, an application based on a client-server communication has been developed for efficiently segmentation of medical images. At the first step in the application, some selected medical images are uploaded from a server computer to the picture gallery of a smartphone. As a second step, a medical image to be segmented is selected from the picture gallery and then it is sent to the server computer by enclosed with some input parameters via the http protocol. At the last step, in the server computer a result is fast obtained by the Split-Bregman iterative method based on the Chan-Vese approach and then the segmented image is automatically sent to the smartphone. The performance of the method has been tested based on segmentation of different medical images.

Keywords — medical image segmentation; active contour model; Split-Bregman method; smartphone application; client-server communication.

1. Giriş

Son yıllarda aktif çevrit(yılan ve düzey küme) modeline bağlı olarak tıbbi imgelerin bölütlenmesi oldukça popülerlik kazanmıştır. Çünkü tıbbi imgelerin doku ve özellikle yapı bilgisinin fazla bir belirginlik içermemesi ve tıbbi imgelerin yeşinliklerinin de homojen bir dağılım göstermemesi klasik bölütme yaklaşımlarının başarısız sonuçlar üretmesine sebep olmaktadır. Öte yandan aktif çevrit modeli ise sonuca gitmede klasik bölütme yaklaşımlarına göre oldukça yavaş kalmaktadır. Son zamanlarda bu sakıncayı da ortadan kaldırmak için aktif çevrit modeline bağlı birçok yöntem geliştirilmiştir. Ayrıca yine son yıllarda teknolojinin gelişimine paralel olarak piyasaya, örneğin akıllı telefon gibi, birçok akıllı cihaz sürülmüştür. Masaüstü uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, daha yeni bir sektör olmasına rağmen, akıllı telefon uygulamalarının birçok üstünlükleri bulunmaktadır. Örneğin akıllı telefonlar, etkili bir haberleşme ve iletişim olanağı sunmaktadır. Günümüzde diğer alanlarda olduğu gibi, tıbbi bilişim alanında da artık akıllı telefon uygulamaları yavaş yavaş yerlerini almaya başlamıştır. Bu duruma, akıllı telefon uygulamalarından, hasta takip cep-paket programları en klasik örnek olarak verilebilir.

Pratik uygulamalar açısından, aktif çevrit modeli etkili bir şekilde imgeleri bölütlemesine rağmen, işlem karmaşıklığı fazla olduğundan, önceki yıllarda geliştirilen yöntemlerin sonucu üretmeleri biraz fazla zaman almaktaydı. Son yıllarda bu türden sakıncaları ortadan kaldırmak için dar bant tekniği [1], Split-Bregman yöntemi [2] ve genişletilmiş Lagrange yaklaşımı [3] gibi birçok metod geliştirilmiştir. Öte yandan akıllı telefonlar da tıbbi görüntü işleme çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Fakat tıbbi görüntüleme teknikleriyle elde edilen imgelerin boyutlarının çok büyük olması ve bunun sonucu olarak imge işleme yaklaşımlarının koşma zamanlarının uzun sürmesi akıllı telefon uygulamalarında bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlardan bir tanesi akıllı telefonlardaki bellek yetersizliği ve bir diğeri ise akıllı telefonlardaki ısınmadır. Bu durumda ister istemez istemci(akıllı telefon)-sunucu tabanlı yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada akıllı telefonlar aracılığı ile tıbbi imgelerin hızlı ve etkin bir şekilde bölütlenmesi için istemci-sunucu iletişimine bağlı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım şimdilik Android işletim sistemine sahip akıllı telefonlarda çalışmaktadır.

Tıbbi Görüntüleme 1

1. Gün / 15 Ekim 2015, Perşembe

2. Aktif Çevrit Modeli

İmge bölütleme yaklaşımlarında, sonucun üretilmesini hızlandırmak için kullanılan tekniklerden bir tanesi Split-Bregman yöntemidir. Ayrıca Split-Bregman yöntemi, sonuca gitme hızı açısından genişletilmiş Lagrange yaklaşımıyla aynı eşdeğerdedir [2]. Bu çalışmada da Split-Bregman yönteminin Chan-Vese yöntemine [4] nasıl uyarlanabileceğinden bahsedilecektir. $I: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$, $\Omega \rightarrow \mathbb{R}^2$ kapalı bölgesinde tanımlı sayısal imgeyi temsil etsin ve $\mathbf{x} = (x = ih, y = jh) \in \Omega$ sayısal imgenin koordinatlarını gösterebilir (Sayısal imge işleminde genelde $h = 1$ olarak alınır). Ayrıca $\phi: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ düzey küme fonksiyonu (DKF) olsun. DKF aşağıdaki şartları sağlar:

$$\begin{cases} \phi < 0, & \mathbf{x} \in \Omega \setminus \Omega_0 \\ \phi = 0, & \mathbf{x} \in \Gamma \\ \phi > 0, & \mathbf{x} \in \Omega_0 \end{cases}$$

Burada Ω_0 , başlangıçta kullanıcının bölütlenecek nesnenin sınırlarını kabaca işaretlediği Ω bölgesinde bir alt bölge ve Γ ise nesnenin sınırlarını gösteren kapalı bir eğridir. DKF'na ilk değer atamasında genelde işaretli bir uzaklık fonksiyonu kullanılır. Bu durumda, Chan-Vese yöntemine bağlı olarak aşağıda verilen enerji fonksiyonunun Neumann sınır şartlarına göre en küçüklenmesi gerekmektedir:

$$\min_{\phi, c_1, c_2} \{ E_{CV}(\phi, c_1, c_2) = \lambda_1 \int_{\Omega} (I - c_1)^2 H(\phi) d\mathbf{x} + \lambda_2 \int_{\Omega} (I - c_2)^2 (1 - H(\phi)) d\mathbf{x} + \vartheta \int_{\Omega} |\nabla H(\phi)| d\mathbf{x} \}$$

Burada ilk iki terimle, imgedeki arkaplan ve önplan bölgelerinin ortalama piksel yeğinliğine bağlı olarak enerji fonksiyonunun en küçüklenmesi işlemi gerçekleştirilir ve bu terimler alan terimi olarak adlandırılır. Son terim ise, sıfır düzey çevritinin, başka bir ifadeyle nesnenin sınırlarını gösteren kapalı bir eğrinin yumuşatılması işleminden sorumludur ve bu terim de uzunluk terimi olarak adlandırılır. Her bir bölgeye ait ortalama piksel yeğinlikleri ise aşağıdaki ifadelerle hesaplanır:

$$c_1 = \frac{\int_{\Omega} H(\phi) I d\mathbf{x}}{\int_{\Omega} H(\phi) d\mathbf{x}} \text{ ve } c_2 = \frac{\int_{\Omega} (1 - H(\phi)) I d\mathbf{x}}{\int_{\Omega} (1 - H(\phi)) d\mathbf{x}}$$

Denklemlerdeki $H(\cdot)$ birim basamak fonksiyonudur. [2]'deki çalışmada, yukarıda verilen ifadelerdeki DKF ϕ dikkate alınmaksızın, bir u fonksiyonuna bağlı olarak Split-Bregman yöntemiyle hızlı çözüm üreten bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu bağlamda, alan terimlerin ağırlık katsayıları $\lambda = \lambda_1 = \lambda_2$ olarak ve ayrıca yumuşatma teriminin katsayısı da $\vartheta = 1$ olarak alınmış ve enerji fonksiyoneli aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir:

$$\min_{u \in [0,1]} \left\{ E_{CV}(u) = \lambda \int_{\Omega} A_{12} u d\mathbf{x} + \int_{\Omega} |\nabla u| d\mathbf{x} \right\}$$

Yukarıdaki ifade $A_{12} = (I - c_1)^2 - (I - c_2)^2$ olarak alınmaktadır. Yaklaşımdaki I girdi imgesi normalize edilmiştir ve DKF ϕ 'nin yerine, normalize edilmiş u fonksiyonu kullanılmaktadır. Buna göre, $u = 0.5$ olduğu durum nesnenin sınırlarını göstermektedir. $u < 0.5$ ve $u > 0.5$ olduğu durumlarda sırasıyla arkaplan bölgesini ve önplan (nesne) bölgesini temsil etmektedir. Yukarıdaki denklem, $m = \nabla u$ kısıtına bağlı olarak yeniden düzenlenirse

$$\min_{u \in [0,1], m} \left\{ E_{CV}(u) = \lambda \int_{\Omega} A_{12} u d\mathbf{x} + \int_{\Omega} |m| d\mathbf{x} \right\} \quad (1)$$

ifadesi yazılabilir. Denklem (1), Split-Bregman iteratif yaklaşımına bağlı olarak kısıtsız bir şekilde aşağıdaki gibi çözülebilir:

$$\begin{cases} (u^{k+1}, m^{k+1}) = \arg \min_{0 \leq u \leq 1, m} \alpha \\ b^{k+1} = b^k + \nabla u^{k+1} - m^{k+1} \end{cases} \quad (2)$$

Burada $\alpha = \|m\|_{L^1} + \lambda A_{12} u + \frac{\beta}{2} \|m - \nabla u - b^k\|_{L^2}^2$ olarak alınmaktadır. Ayrıca $\|f\|_{L^1} = \sum_i \sum_j |f_{i,j}|$ ve $\|f\|_{L^2}^2 = \sum_i \sum_j (f_{i,j})^2$ eşitlikleriyle hesaplanmaktadır. Denklem (2)'de, ilk değer ataması, $b^{k=0} = m^{k=0} = 0$ olarak yapılmaktadır. $u^{k=0}$ fonksiyonuna ilk değer ataması ise normalize edilmiş I imgesine göre yapılmaktadır. Bu bağlamda, u fonksiyonuna bağlı olarak en küçükleme işlemi için aşağıdaki ifade elde edilir:

$$\beta \Delta u = \lambda A_{12} + \beta \operatorname{div}(m^k - b^k) \quad (3)$$

Gauss Seidel iteratif yöntemine bağlı, $n \geq 0$ olmak şartıyla, Denklem (3) için yaklaşık bir çözüm aşağıdaki gibi verilir:

$$\gamma_{i,j} = m_{i-1,j}^{x,k} - m_{i,j}^{x,k} - b_{i-1,j}^{x,k} + b_{i,j}^{x,k} + m_{i,j-1}^{y,k} - m_{i,j}^{y,k} - b_{i,j-1}^{y,k} + b_{i,j}^{y,k} \quad (4)$$

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{4} (u_{i-1,j}^{k,n} + u_{i+1,j}^{k,n} + u_{i,j-1}^{k,n} + u_{i,j+1}^{k,n} - \lambda \beta^{-1} A_{12} + \gamma_{i,j}) \quad (5)$$

$$u_{i,j}^{k+1,n+1} = \max\{\min\{\mu_{i,j}, 1\}, 0\} \quad (6)$$

m değeri ise, esnek-dalgacık eşikleme yaklaşımıyla aşağıdaki gibi elde edilir:

$$m^{k+1} = \operatorname{sign}(\nabla u^{k+1} + b^k) \max(|\nabla u^{k+1} + b^k| - \lambda^{-1}, 0) \quad (7)$$

Burada $\operatorname{sign}(\cdot)$ işaret fonksiyonu ve $\max(\cdot)$ ise maksimum fonksiyonudur.

3. Akıllı Telefonlarda İstemci-Sunucu İletişimi

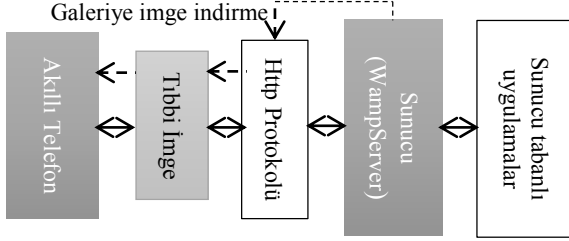
Daha önceden de söylendiği gibi, bu çalışmada sadece Android işletim sistemi ile çalışan akıllı telefonlarda istemci-sunucu iletişimine dayalı bir tıbbi imge bölütleme yaklaşımı geliştirilmiştir (Bakınız Şekil 1). Aslında yöntem, üç ana aşamadan oluşmaktadır: (i) Sunucu bilgisayara bağlanarak, gerekli olabilecek tıbbi imgeleri eşzamanlı olarak akıllı telefonun resim galerisine yükleme ve (ii) daha sonrada resim galerisinden seçilen bir tıbbi imgeyi bölütleme yönteminde kullanılacak bazı girdi parametreleri ile birlikte sunucu bilgisayara gönderme ve (iii) bölütlenmiş tıbbi imgeyi otomatik olarak tekrar akıllı telefona yükleme.

Geliştirilen uygulamanın çalışması için sunucu bilgisayarda PHP betik dilini destekleyen bir web sunucusunun kurulu olması gerekmektedir. Bunun için açık kaynak kodlu ve ücretsiz olan WampServer tercih edilebilir. Ayrıca Android uygulamalarına ait projelerin geliştirilebilmesi için Eclipse veya Android Studio gibi yazılım geliştirme paket programlarının masaüstü bir bilgisayarda kurulu olması gerekmektedir. Bu çalışmada Eclipse tercih edilmiştir. Akıllı

Tıbbi Görüntüleme 1

1. Gün / 15 Ekim 2015, Perşembe

telefonlarda istemci-sunucu iletişimi için daha ayrıntılı bilgiye [5]'deki kaynaktan erişilebilir. Akıllı telefon uygulaması için işlem adımları aşağıda kısaca açıklanmıştır.



Şekil 1: Akıllı telefonda istemci-sunucu iletişimi.

i. Sunucu tarafı:

PHP betik dilinde, sunucudaki diğer programlama dillerinde yazılmış herhangi bir çalıştırılabilir programı çağrılabilir olduğundan, bazı programlar Matlab betik dilinde ve bazı programlar da C programlama dilinde yazılabilmektedir. Ayrıca sunucu tarafında üretilen bölütlenmiş tıbbi imge PHP betik dilinde yazılmış bir fonksiyon aracılığıyla otomatik olarak akıllı telefona gönderilmektedir [5].

Aşağıda, geliştirilen uygulamada, istemciden gönderilen β parametresine ait girdi değeri için sunucudaki ilgili kod parçaları verilmiştir:

```

Parametre.php
//...
$beta = $_POST["beta"];
$dosyaAdi = "parametre.txt";
file_put_contents($dosyaAdi, $beta);
//...

Bolutle.php
//...
$dosya = fopen("parametre.txt","r");
$beta=trim(fread($dosya,
    filesize("parametre.txt")));
fclose($dosya);
//...
  
```

ii. İstemci tarafı:

Masaüstü bir bilgisayarda, Android Application Project tipinde yeni bir proje oluşturulmuştur ve proje derlenip koşulduktan sonra ".apk" uzantılı dosya akıllı telefona yüklenmiştir. Aşağıda, görsel bir kontrol aracından girdi değeri seçme ve bu değeri β parametresine aktarma işlemi için akıllı telefon uygulamasındaki kod parçaları verilmiştir:

```

AnaAktivite.java
//Bazı üye değişken tanımlamaları
private final String
mURL="http://<sunucu_adresi>/bolutleme/";
private String[] mSpin = {
"Seç", "7.0", "7.1", "7.2", "7.3", "7.4", "7.5", "7.6", "7.7", "7.8", "7.9", "8.0" };
private String mToMatlab;
//Sunucuda parametre gönderilen dosya
HttpPost mHttpPost = new HttpPost(mURL
+"parametre.php");
//Parametre listesi oluşturma ...
List<NameValuePair> adDegerCift = new
ArrayList<NameValuePair>(2);
//Spinner'dan değer alma ve parametre
//olarak aktarma ...
  
```

```

AnaAktivite.java (devam)
mToMatlab =
parent.getItemAtPosition(position).toString();
adDegerCift.add(new
BasicNameValuePair("beta",mToMatlab));
//...
  
```

Hızlı bir şekilde sunucu bilgisayardan tıbbi imgeleri indirme ve sunuya, bölütlenecek herhangi bir tıbbi imgeyi gönderme işlemleri için AsyncTask sınıfından yararlanılmıştır:

```

AnaAktivite.java (devam)
public class SunucuGorev extends
AsyncTask<String, Integer, Void> {
    HttpURLConnection
    ImgeGonderme (FileInputStream
    fileInputStream) {
        //...
    }
    @Override
    protected void onPostExecute(Void p) {
        //...
    }
}

Indir.java
private class ImgeIndir extends
AsyncTask<String, Void, View> {
    @Override
    public View doInBackground(String... urls) {
        return (BitmapSınıf.goster(urls[0],
        ImgeIndirAktivite.this));
    }
    @Override
    public void onPostExecute(View v) {
        mSonuc.addView(v);
    }
}
//...
  
```

Ayrıca uygulamaya ait kaynak kod dosyalarının adları ve açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir.

4. Deneysel Çalışmalar

Geliştirilen uygulama tıbbi imgeler üzerinde denenmiştir. Uygulamada kullanılan parametrelere ilk değer olarak $\beta = 7.4$, $\lambda = 8 \times \beta$ atanmıştır. Gauss Seidel iteratif yönteminde iterasyon sayısı $n = 50$ olarak alınmıştır.

Şekil 2.'de bir tıbbi imgenin bölütlemesine ait akıllı telefondaki ekran görüntüleri verilmiştir. Şekil 3.'de ise, MR görüntüleme tekniğiyle üretilmiş 210×210 boyutunda bir tıbbi imge ve ultrason görüntüleme tekniğiyle elde edilmiş 481×403 boyutunda başka bir tıbbi imge verilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi, tıbbi imgeler başarılı bir şekilde bölütlenebilmiştir.

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, istemci-sunucu iletişimine bağlı olarak tıbbi imgelerin otomatik olarak bölütlenmesi için bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamada bölütleme işlemi, Split-Bregman yaklaşımına bağlı olarak Chan-Vese yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Uygulama, şimdilik Android işletim sistemini kullanan akıllı telefonlarda çalışmaktadır ve uygulama ileriki çalışmalarda farklı işletim sistemlerini kullanan diğer akıllı telefonlara da uyarlanacaktır. Ayrıca, geliştirilen uygulamanın, tıbbi imgeleri sunucu bilgisayardan akıllı telefona indirmeden bölütleme işlemini yapılabilmesi için

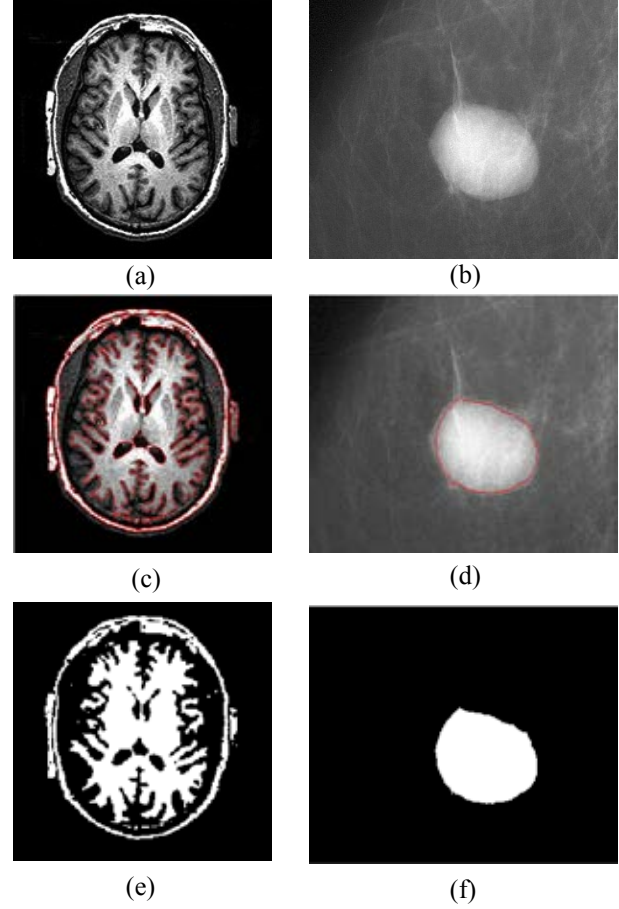
Tıbbi Görüntüleme 1

1. Gün / 15 Ekim 2015, Perşembe

uygulama üzerinde yeniden bir düzenleme yapılacaktır. İlaveten, bölütleme işlemi yapılırken, [6]'da önerilen yöntemde olduğu gibi, tıbbi imgedeki doku bilgisi de dikkate alınarak daha iyi bir sonuç üretilmesine çalışılacaktır.

Tablo 1: Uygulamada kullanılan bazı dosyalar ve işlevleri.

	Dosya	İşlevi
İstemci (Akıllı telefon)	<i>AnaAktivite.java</i>	Ana aktivite
	<i>Indir.java</i>	Akıllı telefona tıbbi imgeleri indirme
	<i>SonucImge.java</i>	Bölütlenmiş imgeyi akıllı telefonda gösterme
Sunucu	<i>Boluttle.php</i>	Bölütleme işlemi için ara işlemler
	<i>Parametre.php</i>	Bölütleme işlemi için parametre değerlerini ayarlama
	<i>AktifCevrit.c</i>	Split-Bregman yöntemine bağlı Chan-Vese yaklaşımıyla bölütleme işlemini gerçekleştirme
	<i>AktifCevrit.m</i>	C programlama dilinde yazılmış fonksiyonu çağırma ve diğer işlemler



Şekil 3: Tıbbi imgelerin bölütlenmesi: a) MRI imgesi, b) ultrason imgesi, c-d) bölütlenmiş tıbbi imgeler ve e-f) eşiklenmiş tıbbi imgeler.

6. Kaynakça

- [1] Li, C., Xu, C., Gui, C., and Fox, M. D., "Distance regularized level set evolution and its application to image segmentation". *IEEE Transactions on Image Processing*, 19(12), 3243-3254, 2010.
- [2] Goldstein, T., Bresson, X., and Osher, S., "Geometric applications of the Split Bregman method: segmentation and surface reconstruction". *Journal of Scientific Computing* 45.1-3, 272-293, 2010.
- [3] Liu, C., Dong, F., Zhu, S., Kong, D., and Liu, K., "New variational formulations for level set evolution without reinitialization with applications to image segmentation". *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 41(3), 194-209, 2011.
- [4] Chan, T. F., and Vese, L. A., "Active contours without edges". *IEEE Transactions on Image Processing*, 10(2), 266-277, 2001.
- [5] Tutorial on client-server communications, <http://web.stanford.edu/class/ee368/Android/>, Çevrimiçi erişim, Ağustos 2015.
- [6] Houhou, N., Thiran, J.-P., and Bresson, X., "Fast texture segmentation based on semi-local region descriptor and active contour". *Numerical Mathematics: Theory, Methods and Applications*. 2.EPFL-ARTICLE-140431, 445-468, 2009.



Şekil 2: Uygulamanın akıllı telefondaki ekran görüntüleri: a) İndirme işlemi ve b) bölütlenmiş tıbbi imge.