

Görüntü İşlemede Aktif Kontur ve YSA Kullanarak Atık Sularda Protozoa Belirlenmesi

Detection of Protozoa in Wastewater Using YSA and Active Contour in Image Processing

Halime BOZTOPRAK¹

Yüksel ÖZBAY²

^{1,2}Elektronik- Elektronik Müh. Bölümü, Selçuk Üniversitesi

halimeboz@yahoo.com ybay@selcuk.edu.tr

Özet

Protozoalar, atık suyun arıtımı için önemli mikroorganizma grubudur. Bu çalışmada protozoaların yerini otomatik olarak bulunması amaçlanmıştır. İlk olarak görüntüler ön işleme aşamasından geçirilmiş sonra protozoa olabilecek bölgeler belirlenmiştir. Bunun için kenar çıkarıcı ve yapay sinir ağlarından faydalanılmıştır. Protozoaların genel özellikleri dikkate alınarak yedi görüntü parametresi ile YSA sınıflandırılmıştır. Bir kısmı veya parça parça elde edilen protozoaların bir bütün olarak elde edilmesi için morfolojik işlemler uygulanarak birleştirme işlemleri yapılmıştır. Daha sonra elde edilen bölgelerin protozoa olup olmadıklarına karar veren bir sistem geliştirilmiştir. Elips veya dairesel olarak belirlenemeyen bölgeler, kendi bölgelerin özelliklerine göre genişletilir ve genişletme yönü bölgenin yönelimine göre seçilmiştir. Buna göre başlangıç noktasının değiştirilip değiştirilmeyeceği belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen bu bölgeye aktif kontur yöntemi uygulanmıştır. Doğru nesnenin sınırlarını belirleyebilmek için ilk başta doğru maske seçmek önemlidir. Bunun için görüntünün konveks alanı kullanılmıştır. Böylece yöntemin kullandığı başlangıç maskesinin ilk yeri otomatik olarak belirlenmiştir. Sonrasında tekrar karar aşamasında değerlendirilerek bölgenin protozoa olup olamayacağı belirlenmiştir.

Abstract

Protozoa, a group of microorganisms is important for treatment of waste water. This study aimed to automatically detect the location of protozoa. First, preprocessing was applied to images. Edge extractor and neural networks are used. ANN is classified with seven parameters that general characteristics of protozoa. A part or parts of protozoa have been obtained. Morphological operations applied in order to obtain as a whole. A system has been developed to detect protozoa. Non-circular ellipse or regions, is extended according to the characteristics of the region. Expansion direction is determined by the orientation of the region. Accordingly, the starting point is replaced. Then the active contour algorithm is applied. In order to determine the correct boundaries of the object is important to choose correctly the first mask place. To do this, the convex area of the image is used. In addition, the initial mask is determined

automatically. Then, the results obtained are evaluated again at the decision stage and protozoas are detected.

1. Giriş

Atık sular fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç grupta ele alınabilir. Her bir özellik aslında bir kirlilik parametresi olarak da düşünülebilir. Atık suyun, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesi, atık suyun toplanmasının, arıtılmasının ve deşarj edilmesinin planlanmasında ve yönetiminde çok önemlidir [1].

Evsel atık sularda bulunan belirgin organizma grupları; bitkiler, hayvanlar, fungi, protozoa, virüsler, bakteriler ve algler gibi mikroorganizmalardır. Birçok mikroorganizma (bakteri, protozoa) biyolojik arıtma proseslerinde atık suyun arıtımı için yararlıdır. Bunun yanında atık suda bazı patojenik bakterilerin, mantarların, protozoaların ve virüslerin desteklenmesi temel sorunlardandır. Koliform bakterileri insan atıklarından kaynaklanan kirlenmenin bir göstergesi olmaktadır. Aktif çamur prosesine dayalı biyolojik arıtmalarda yetişen mikroorganizmalar tipik olarak, % 95 bakteri ve %5 ise yüksek mertebeli canlılardan (protozoa, rotifer, vb.) meydana gelir. Atık suyun arıtımı esnasında organik maddeler mikroorganizmalar aracılığıyla parçalanmaktadır [1,3].

Aktif çamur arıtma prosesi, evsel ve endüstriyel atık suların arıtımında günümüzde en yaygın kullanılan biyolojik arıtma prosesidir. Basit bir aktif çamur sistemi havalandırma tankı, son çöktürme tankı, çamur geri döngüsünden oluşmaktadır. Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atık su ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımından oluşmaktadır. Mikroorganizmalar havalandırma tankında organik atıkları parçalayıp yumak (flok) oluştururlar, daha sonra son çöktürme tankında arıtılmış sudan ayrılırlar. Aktif çamur prosesiyle atık su arıtımında çıkış suyu kalitesi yüksek oranda aktif çamurun özelliğine bağlı olarak çökeltme işleminin verimine bağlıdır.

Aktif çamur sistemlerinde normal şartlarda işletildiğinde bakterilerden sonra en önemli mikroorganizma grubu Protozoalardır. Protozoalar bakterilerle beslenirler. Bu durum arıtma verimi açısından, sistemde bulunmaları ise arıtma teknolojisi açısından çok önemlidir. Aynı zamanda protozoaların bulunduğu yumaklar daha iyi çökeltme özelliği gösterirler. Bu durum, Protozoaların bakterilere nazaran 10 kat daha büyük olmalarından kaynaklanmaktadır. Çökeltmenin

hızlı ve iyi olması arıtma veriminin de iyi olması demektir [13]. Aktif çamur sistemlerinin mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi, her haliyle sistemin işletilmesi ve istenen verim parametrelerinin sağlanması ile doğrudan bağlantılıdır. Aktif çamur sürecinde belirli sayıda protozoanın bulunması, sürecin iyi çalıştığının ve kararlı durumda olduğunun bir göstergesidir.

Aktif kontur yöntemi iterasyon ile enerji fonksiyonunu minimize etmektir. Aktif kontur için kenar tabanlı ve bölge tabanlı olmak üzere yöntemler kullanılır. Bu çalışmada Caselles ve ark. [11] önerdiği geodesic aktif kontur metodu kullanılmış.

Literatürde görüntü işleme tekniğinin aktif çamur sisteminde kullanılması ile ilgili yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Flok ve filamentli bakterilerin ayrıştırılması ve miktarlarının belirlenmesi (çapı ve parça boyutları, filament uzunluğu görüntü işleme ile simüle edilmesi) [4,5], Çamur kabarmasının tahmini [6], Protozoa tanıma [7], Metazo tanıma [8], Aktif Çamur Hacim İndeksinin tahmin edilmesinde [9,10] görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmıştır.

Yapılan çalışmalarda görüntüde protozoayı içeren bölgenin seçilmesi suretiyle tanımlama işlemleri yapılmış veya sadece ilgili bölge dikkate alınmıştır [7,8,16].

Bu çalışmada protozaların yerini otomatik olarak bulmak amaçlanmıştır. İlk olarak görüntüden floklar çıkarılmış, protozoa olabilecek bölgeler belirlenmiştir. Bunun için kenar çıkarıcı ve yapay sinir ağlarından faydalanılmıştır. YSA işleminden sonra morfolojik işlem uygulanarak bölgelerin protozoa olup olmadıklarına karar veren bir sistem geliştirilmiştir. Sonrasında elde edilen görüntülerden tam olarak yeri belirlenemeyen bölgelere aktif kontur yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin kullandığı başlangıç maskesinin ilk yeri otomatik olarak belirlenmiştir. Önerilen yöntemle kullanıcıdan herhangi bir seçim yapmadan otomatik olarak çıkarılması sağlanmıştır. Önerilen yöntemin dezavantajı filamentli yapının dikkate alınmamasıdır. Bunun nedeni alınan görüntülerde ipliksi yapının fazla belli olmaması veya flok yapılarla iç içe olduğundan belli belirsiz olmasıdır.

2. Materyal ve Metot

Görüntüler, Konya Atıksu Arıtma Tesisi'nin aktif çamur sisteminin havalandırma tankından, Motic AE21 Moticam, 1.3Mp dijital renkli kamera ile 1024x1280 çözünürlükte, 40x objektifte alınmıştır. Bu çalışmada sınıflandırmada yapay sinir ağları, son aşamada sınırlarının belirlenmesinde aktif kontur yönteminden faydalanılmıştır. Yapılan çalışmada Matlab programı kullanılmıştır.

2.1. Yapay Sinir Ağları

Bu çalışmada üç katmanlı ileri beslemeli ağı modeli kullanılmıştır. YSA mimarisi 7:10:1 olarak alınmıştır. Burada 7 giriş düğümü, 10 gizli düğüm, 1 çıkış düğümünü temsil etmektedir. Aktivasyon fonksiyonu olarak da sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Öğrenme kuralı hata geri yayılımıdır. Hata hesabı olarak hataların karelerinin ortalaması metodu kullanılmıştır. YSA giriş parametreleri görüntüden elde edilen; standart sapma, ortalama, entropi değeri, alan, solidity (alanın, cismi çevreleyen konveks alanına oranı), extent (alanın, cismi çevreleyen en küçük dikdörtgen alanına oranı), çevre/alan verileridir. Bu veriler bir vektör haline dönüştürülerek YSA'ya giriş olarak uygulanmıştır. Çıkış olarak protozoa veya değil olarak sınıflandırılmıştır.

2.2. Aktif Kontur Model

Aktif kontur model (snake), bozulabilir modellerin (Deformable Models) özel bir durumudur. Bu yöntem Kass, Witkin, Terzopoulos tarafından 1988'de sunulduktan sonra pek çok uygulamada kullanılır hale gelmiş ve konuya farklı yaklaşımlar yapılmıştır [14]. Orijinal Aktif Kontur Modeller algoritmasında, snake geometrik olarak, görüntü düzleminde $(x,y) \in \mathbb{R}^2$ 'de yerleşik, x ve y koordinat değerleriyle gösterilen bir parametrik konturdur. İki boyutlu bir kontur ifadesi; $s \in [1,0]$ (parametrik tanım kümesi elemanı) ve zamana bağımlı olmak üzere, $v(s)=(x(s), y(s))^T$ şeklinde ifade edilir. Bir görüntüde $I(x,y)$, kontur özne şeklinin fonksiyonel olarak yazılımı aşağıda verildiği gibidir [15].

$$E(v) = S(v) + P(v) \quad (1)$$

Fonksiyon kontur enerjisinin bir gösterimi olarak incelenir. Verilen fonksiyonun ilk terimi, iç deformasyon enerjisini, ikinci terim de görüntüye ait özellikleri ifade eder. Algoritmada, bu enerjilerin dengelenmesi için uğraşılır.

$$S(v) = \int w_1(s) \left| \frac{\partial v}{\partial s} \right|^2 + w_2(s) \left| \frac{\partial^2 v}{\partial^2 s} \right|^2 ds \quad (2)$$

İç enerji olarak adlandırılan $S(v)$ konturun gerginlik ve esneklik bozulmalarıyla karakterize edilir. Kontur gerginliğini $w_1(s)$, katılığını da $w_2(s)$ kontrol eder.

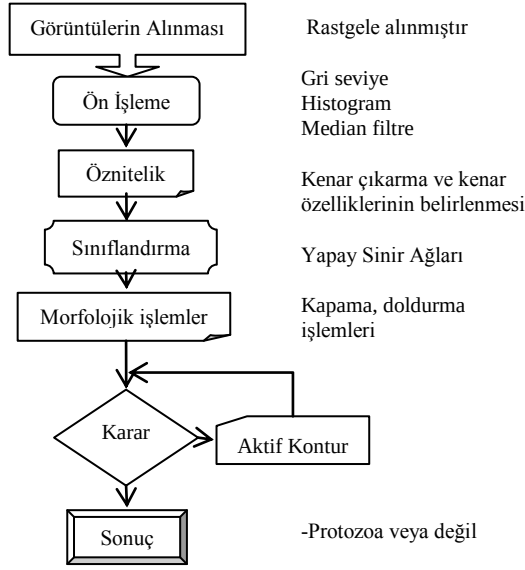
$$P(v) = \int_0^1 P(v(s)) ds \quad (3)$$

Bu terim ise, görüntü ile ilgilidir ve görüntü tarafından kontrol edilir. Algoritmayı çizgi ve kenarlar gibi görüntü detaylarına yönlendirir. Görüntüde, snake uygulanırken, bir dış kuvvet olarak düzenlenir. Örneğin, bir görüntüde $I(x,y)$, kontur seçilen kuvvet $P(x,y) = -c|\nabla[G_\sigma * I(x,y)]|$ tarafından,

kenar yoğunluklarına doğru çekilecektir. Burada, c kuvvetin büyüklüğü, ∇ gradyent operatörü ve $G_\sigma * I$ düzleştirme filtresi uygulandığını belirtir ve σ düzenlenen P 'nin yerel minimasının uzamsal büyüklüğü ile tanımlanır. Uygulanan dış kuvvet, algoritmayı ilgilenilen bölgedeki en yakın yerel minimuma yönlendirir. Değişimlerin hesaplarla uyuşması yani kontur enerjisinin azaltılması Euler-Lagrange eşitliği ile çözümlenebilir. Aktif Kontur Model algoritmasında bu enerji minimizasyon probleminin çözümü, problemin de çözümü demektir. Aktif kontur için kenar tabanlı ve bölge tabanlı olmak üzere yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada geodesic aktif kontur metodu kullanılmıştır [12].

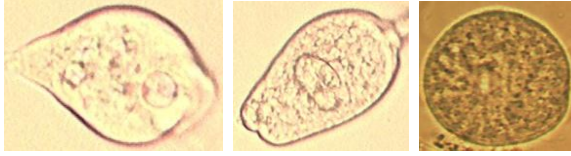
2.3. Önerilen Metot

Görüntülere uygulanan işlemlerin akış şeması Şekil.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Uygulanan adımlar

Alınan görüntüler farklı renk tonlarında olabilmektedir. Atık su arıtma tesisinden rastlanan bazı protozoa görüntüleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Atık su arıtma tesisinden rastlanan bazı protozoa görüntüleri.

Bazı protozoalar filamentli yapıya sahiptir (Şekil 3-a,b). Ama atık sudan aldığımız görüntülerde iplikçi yapısının fazla belli olmadığı ve flock yapının içinde kaybolduğu gözlemlendi. Dolayısıyla ayrıştırılmalarda iplikçi yapı dikkate alınmamıştır. Görüntü üzerinde tanımlamayı zorlaştıran sorunların (gürültü, kontrast düşüklüğü vb) ortadan kaldırmak için gri seviyeye dönüştürülen görüntü, histogram eşitleme ile iyileştirilir ve ortalama filtresi kullanılarak bazı gürültüler elimine edilmesi sağlanır.

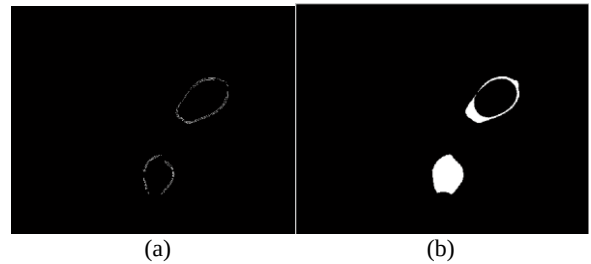
Daha sonra elde edilen görüntüye Prewitt kenar çıkarıcısı uygulanır (Şekil 5). Protozoaların genel olarak atıksudaki görüntülerinde tüm kenarları belirgin değildir. Paralele yakın iki kenarı genellikle çok belirginken orta ve kısa kenarları belirsizdir. Bu yüzden sadece kenar bilgisi kullanılarak bütün olarak protozoalar otomatik olarak elde edilememektedir. Genelde ufak noktalar ve boşluklardan oluşan bu bölgelerin birleştirilerek bir bütün halinde elde edilmesi için kapama işlemi uygulanabilir. Bu seferde protozoaların flocklarla birleşmesine neden olacaktır. Zaten bazı görüntülerde protozoaların flocklarla iç içe yer alması söz konusudur (Şekil 2). Dolayısıyla protozoaları morfolojik işlemle direk ayrıştırma pek mümkün olamamaktadır. Bu yüzden elde edilen kenarlara birleştirme işlemi uygulanmamıştır. Bu durumda da protozoaların ayrı ayrı elde edilmesi söz konusu olmaktadır. Bu sorunu çözmek için kenar bilgisinden protozoa olma

özellikleri içerenler ysa ile ayırt edilmiş, birleştirme işlemi bundan sonra uygulanmıştır.

Prewitt kenar çıkarıcısı uygulanan görüntüden çok ufak ve gürültü olabilecek küçük alanlar silinmiştir. Kalan bölgelerin bağlantılı bileşen analizi uygulanarak her bölge ayrı ayrı belirlenir. Bu bölgelerin özelliklerini çıkararak ysa'nın girişine uygulanır.

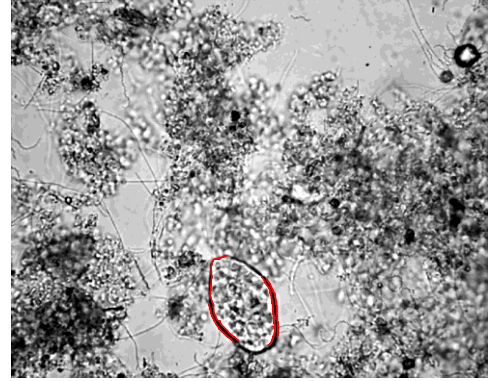
Protozoaların genel özellikleri dikkate alınarak, protozoaların belirlenmesinde; standart sapma, ortalama, entropi değeri, alan, solidity, extent, çevre/alan olmak üzere yedi görüntü parametresi kullanılmıştır. Entropi değeri, görüntünün içerdiği bilginin ortalama miktarını ölçmek için hesaplanmıştır. Konveks alanı, objeyi içine alabilen en küçük konveks poligonun alanıdır. Bu özniteliklerin her biri tüm bölgeler için hesaplanmıştır ve Yapay Sinir Ağları kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Yapay sinir ağlarına kullanarak elde edilen aday protozoa bölgeleri tek bir görüntüde toplanır. (Şekil 3-a)



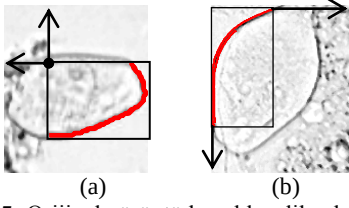
Şekil 3: (a) Aday bölgelerin tek bir görüntüde gösterilmesi, (b) birleştirilmesi

Protozoaların sayılarında otomatik olarak saptanabilmesi için bir kısmı veya parça parça elde edilen protozoaların bir bütün olarak elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için morfolojik işlemler uygulanarak birleştirme ve doldurma işlemleri yapılmıştır (Şekil 3-b).



Şekil 4: Eksik belirlenen protozoanın gösterilmesi

Elde edilen bölgelerin konveks alanları dikkate alınarak bir karar mekanizması oluşturulmuştur. Elips veya dairesel olarak belirlenemeyen bölgelere (Şekil 3), kendi bölgelerin özelliklerine göre bölge genişletilir. Bölgenin boyu, eni, maksimum eksen uzunluğu ve minimum eksen uzunluğu bilgileri kullanılarak belirlenen oranda görüntü genişletilir. Genişletme yönü bölgenin yönelimine göre seçilir ve başlangıç noktasının değiştirilip değiştirilmeyeceği belirlenir. Bu işlemlerin uygulandığını örnek görüntüler Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: Orijinal görüntüden elde edilen bölgelerin genişletilmesi



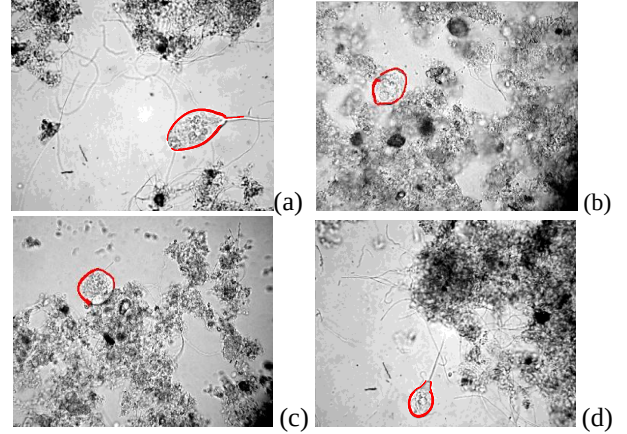
Şekil 6: Orijinal görüntüden elde edilen bölgelerin konveks alanları

Daha sonra elde edilen görüntülere aktif kontur yöntemi uygulanmadan önce filtreleme işlemi uygulanır. Görüntünün yumuşatılmasında ve önemsiz detayların kaldırılmasında gauss kernel filtresi kullanılır ki bu aktif kontur modeller Algoritmasının daha düşük görüntü enerjili konumlara hareketini önlemekte ve daha belirgin detaylara yönelmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada ortalama ve gauss filtresi kullanıldı.

Şekil 5'deki görüntü elde edildikten sonra aktif kontur için başlangıç maskesi belirlenir. Bu yöntemin temel fikri kapalı eğrinin, yani kontörün, ilk maske (yuvarlak, kare vb bir şekil) ile başlaması ve daha sonra görüntünün kısıtlamalarına göre genişleme ya da küçülme yaparak sonuca ulaşmasıdır. Aktif Kontur Model yöntemlerinin uygulanmasındaki ana tanımlamalar, çizginin başlangıcı ve bundan sonraki çözümün doğru yakınsanmasına bağlıdır. Doğru nesnenin sınırlarını belirleyebilmek için ilk başta doğru maske seçmek önemlidir. Bunun için görüntünün konveks alanı kullanılmıştır (Şekil 6). Dolayısıyla başlangıç maskesinin yeri otomatik olarak belirlenmiştir.

3. Sonuçlar

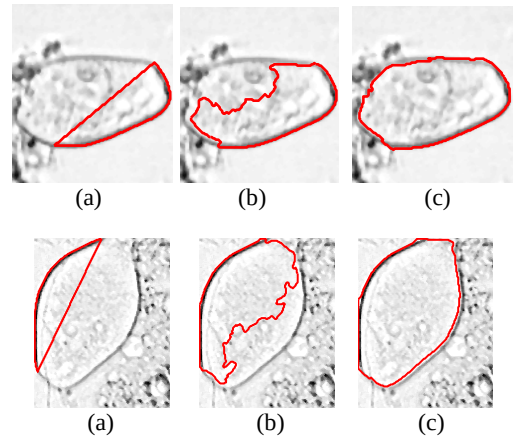
Aktif çamur sürecinde belirli sayıda protozoanın bulunması, sürecin iyi çalıştığının ve kararlı durumda olduğunun bir göstergesidir. Atık sudan aldığımız görüntülerde ipliksi yapıların bazı görüntülerde fazla belli olmadığı veya flok yapının içinde kaybolduğu gözlemlendi. Dolayısıyla ayırtırmalarda ipliksi yapı dikkate alınmamıştır. Protozoaların bazı türlerinde alınan görüntülerde tüm kenarları belirgin değildir ve floklarla iç içe yer alması söz konusudur. Floklarla kenar özellikleri hariç birbirine çok benzerlerdir. Bu yüzden floklarla birleşmesi durumunda ayırt edilmeleri oldukça zordur. Protozoaların genel özellikleri dikkate alınarak yedi görüntü parametresi ile ysa sınıflandırılmıştır. Ysa ile elde edilen bölgelere morfolojik işlem uygulanarak protozoa olup olmadıklarına karar veren bir sistem geliştirilmiştir. İlk aşama için elde edilen sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7: İlk aşama için elde edilen sonuçlar

Bazı durumlarda protozoaların sadece bir kenarı elde edilebilmektedir. Böyle elde edilen görüntülere, karar aşamasında, ikinci bir işlem uygulanmaktadır.

Elde edilen bölgelerin konveks alanları dikkate alınarak bir karar mekanizması oluşturulmuştur. Burada konveks alanları elips veya dairesel olarak belirlenemeyen bölgelere, kendi bölgelerin özelliklerine göre bölgeler genişletilir. Daha sonra elde edilen görüntülere aktif kontur yöntemi uygulanır. Aktif kontur uygulanmadan önce filtreleme işlemi uygulanır. Başlangıç maskesi olarak görüntünün konveks alanı kullanılmıştır. Şekil 8'de başlangıç durumu, 300 ve 600 iterasyon sonucu elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 8: (a) Başlangıç durumu, (b) 300 iterasyon çalıştırılarak elde edilen görüntü, (c) 600 iterasyon çalıştırılarak elde edilen görüntü



Şekil 9: Bölütlenmiş görüntüler

Şekil 9'da 600 iterasyon çalıştırılarak elde edilen bölütlenmiş görüntüler gösterilmiştir. Bir kısmı veya parça parça elde

edilen protozoaların bir bütün olarak elde edilmesi sağlanmıştır.

Çizelge 1: Sonuçların değerlendirilmesi

Görüntülerden elde edilen bölge sayısı	YSA		Karar		Aktif Kontur	
	Pr. olmayan	Aday bölgeler	Protozoa olan	Aktif Kont. gön	Pr. olan	Protozoa olmayan
200	148	52	19	12	10	1

Pr: protozoa

Sistemin başarısının değerlendirmek için aşağıdaki Çizelge 1 oluşturulmuştur. Çizelgede yaklaşık 30 görüntü ele alınmıştır. Sistemin çalışmasının aşama aşama değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sistem görüntülerden yaklaşık 200 bölge elde etmiş ve bunların 148 adeti YSA'da protozoa olamayacağından elenmiştir. Karar aşamasında bunlar ayırt edilmiş ve kalanların hangilerinin aktif kontura gönderileceği belirlenmiştir. Aktif kontur ile bir bölge hariç diğer bölgelerin sınırları başarıyla belirlenmiştir. Aktif kontur işlemi sonrasında karar aşamasında tekrar değerlendirilmiş ve bir bölge protozoa olamayacağından elenmiştir. Görüntülerde 27 adet protozoa olmasına rağmen sistemde 29 protozoa saptanmıştır. Bunun nedeni protozoaların floklarla çok benzer yapı gösterir ve iç içe yer aldıklarından dolayı ayırt edilmeleri oldukça zordur. Böyle bir yöntem denenerek ayırt edilmeye çalışılmıştır. Saptanamayan protozoa yerine fazla protozoa saptandığı gözlenmiştir. Bu fazla saptanan protozoaların tanıma aşasında eleneceği düşünülebilir.

Bu çalışmada, protozoaların otomatik olarak saptanması için bir görüntü işleme uygulaması geliştirilmiştir. Daha önceden yapılan çalışmalarda protozoaların saptanmasında kullanıcı tarafından bazı özelliklerin belirlenmesi istenmiş veya sadece ilgili bölge alınarak işlemleri yapılmıştır. Önerilen yöntemde, hiçbir ilgili bölge seçimi yapmadan tüm görüntü üzerinde işlemler gerçekleştirilmiştir. Dezavantajı ise protozoaların ipliksi yapılarının dikkate alınmamasıdır. Bunun nedeni alınan görüntülerde ipliksi yapının fazla belli olmaması veya flock yapılarla iç içe olduğundan belli belirsiz olmasıdır. İleriki aşamalarda atık su arıtma tesisinde tanıma işlemlerin otomatik yapılmasında, ön bir görüntü işleme uygulaması olması açısından önemlidir. Mikroorganizmaların miktarı hakkında da bilgi sahibi olunabilecektir. Aktif çamur sisteminin mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi, her haliyle sistemin işletilmesi ve istenen verim parametrelerinin sağlanması ile doğrudan bağlantılıdır.

water samples using an image processing system” Harmful Algae 5 281–289, 2006.

- [5] E.Liowska-B. “Application of image analysis techniques in activated sludge wastewater treatment processes”, Biotechnology Letters 27: 1427–1433, 2005
- [6] Rika J., Ephraim N. B., Ilse S., Jeroen D., and Jan V.I. “Detection of Filamentous Bulking Problems: Developing an Image Analysis System for Sludge Composition Monitoring”, Microscopy and Microanalysis, 13, 36–41, 2007.
- [7] A. L. Amaral & Y. P. Ginoris & A. Nicolau M. A. Z. Coelho & E. C. Ferreira “Stalked protozoa identification by image analysis and multivariable statistical techniques” Anal Bioanal Chem 391:1321–1325, 2008.
- [8] Y.P. Ginoris, A.L. Amaral, CC, “Development of an image analysis procedure for identifying protozoa and metazoa typical of activated sludge system”, Water Research 41 2581– 2589, 2007.
- [9] M. Motta, L.P. Amaral, C. “Characterisation Of Activated Sludge By Automated Image Analysis : Validation On Full-Scale Plants”, IFAC Computer Applications in Biotechnology, Québec City, Canada, 2001.
- [10] D. P. Mesquita, O. Dias, A. L. Amaral, E. C. Ferreira “Monitoring of activated sludge settling ability through image analysis: validation on full-scale wastewater treatment plants”, Bioprocess Biosyst Eng 32:361–367, 2009.
- [11] V. Caselles, R. Kimmel, and G. Sapiro. “Geodesic active contours”. International Journal of Computer Vision, volume 22, pp. 61-79, 1997.
- [12] <http://www.creatis.insa-lyon.fr/~bernard/creaseg>
- [13] S.Şakar, Çevre Mikrobiyolojisi-II, ders notları, İstanbul, 2009.
- [14] M.Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, “Snakes: Active contour models”, International Journal of Computer Vision, 1(4):321–331. (1988).
- [15] N. KORKMAZ, “Omurga Şekil Bozukluğu Analiz Ve Teşhisine Yönelik Yazılım Geliştirme”, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [16] Ching-Hao Lai a,1 , Shyr-Shen Yu a,2 , Hsiao-Yun Tseng a,1 , Meng-Hsiun Tsai b,*, “A protozoan parasite extraction scheme for digital microscopic images”, Computerized Medical Imaging and Graphics 34, 122–130, 2010.

4. Kaynaklar

- [1] Lin, S.D., Lee, C. “Water and Wastewater Calculations Manual”, McGraw-Hill Inc., ISBN: 0-071-371958-0, USA, 2001.
- [2] Hammer, M.J. “Water and Waste-water Technology”, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 0-471-34726-4, Canada, 1975.
- [3] Dağ, C.M. Çevre Mühendisliği Uygulamaları, pp:63-74, Çevre Mühendisleri Odası, ISBN: 975-395-562-6, Ankara, 2002.
- [4] B. Ernst, S. Naser, E. O’Brien, S.J. Hoeger, D.I. R.Dietrich, “Determination of the filamentous cyanobacteria Planktothrix rubescens in environmental