



Estimation of active sperm count in spermiogram using motion detection methods

Abdülkadir Gümüştü^{1*} , Mehmet Emin Tenekeci² 

¹Department of Electrical-Electronics Engineering, Harran University, Şanlıurfa, 63300, Turkey

²Department of Computer Engineering, Harran University, Şanlıurfa, 63300, Turkey

Highlights:

- Only active sperms are examined using motion detection methods.
- Test that made by experts in laboratories have been evaluated with a more objective approach.
- Sperms and other organisms were differentiated by circularity criterion.

Keywords:

- Semen analysis
- Foreground detection
- Classification
- Sperm segmentation

Article Info:

Research Article
Received: 28.12.2017
Accepted: 15.07.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460524

Acknowledgement:

We would like to sincerely thank the Isfahan Fertility and Infertility Center for sharing the semen video set.

Correspondence:

Author: Abdülkadir Gümüştü
e-mail:
agumuscu@harran.edu.tr
phone: +90 414 318 3000 - 1041

Graphical/Tabular Abstract

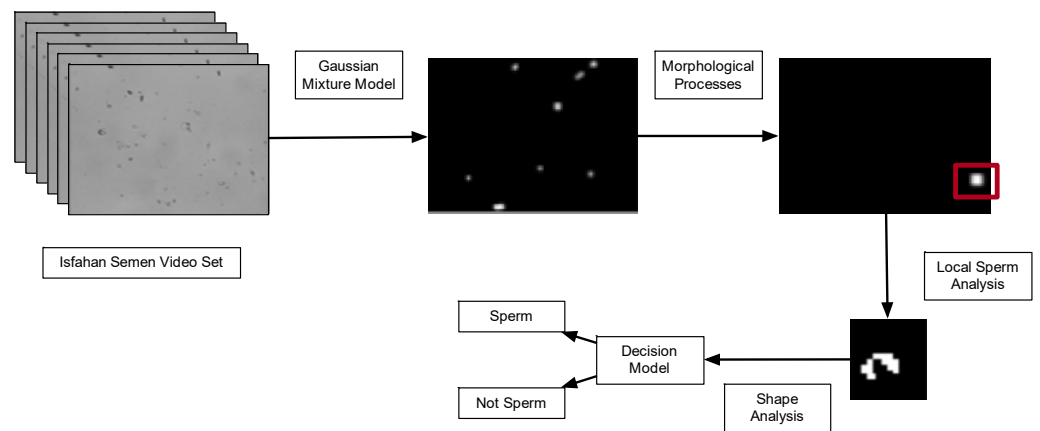


Figure A. The diagram of applied method

Purpose: Nowadays, infertility is a serious health problem. The most important parameters that cause infertility in males are sperm morphology, sperm motility and sperm density. For this reason, sperm motility, density and morphology are analyzed in semen analysis and these analyzes are done by experts in the laboratory. Analysis based on observation in the laboratory is easy to mistake, subjective application. Our study aims to eliminate the experts errors caused by manual segmentation.

Theory and Methods:

The Gaussian Mixture Model statistically compared the consecutive frames in the video sequence and determined the moving regions. The fast moving sperm is outside the area determined by the single frame difference and the noise occurs due to the movement of the fluid. Morphological processes are used to solve these problems. Then shape analysis is done on organelles in the foreground areas, which are improved by morphological processes. The video images used in the proposed study were monitored by experts and approved by them and their real values were determined in the determined areas. Then, the success rate of the classification was calculated by comparing the actual values with the results of our proposed method.

Results:

In this study, semen analysis was done by using image processing algorithms and it was aimed to detect active sperm on Isfahan semen video set. It is observed that the 81.81% accuracy rate is calculated on the Isfahan semen video set.

Conclusion:

When the obtained results are examined, it is seen that the proposed method performs very successful classification according to other studies in the literature.



Spermiogram görüntülerinden hareket belirleme yöntemleri ile aktif sperm sayısının tahmini

Abdülkadir Gümüşçü^{1*}, Mehmet Emin Tenekeci²

¹Harran Üniversitesi, Osmanbey Kampüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, 63000, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Osmanbey Kampüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, 63000, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Hareket belirleme yöntemleri kullanılarak sadece hareketli spermlerin incelenmesi sağlanmıştır
- Laboratuvarlarda uzmanlar tarafından yapılan testin daha objektif bir yaklaşımla değerlendirilmesi sağlanmıştır
- Sperm ve diğer organizmalar yuvarlaklık ölçütü ile farklılaştırılmıştır

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 28.12.2017

Kabul: 15.07.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460524

Anahtar Kelimeler:

Semen analizi,
ön plan belirleme,
sınıflandırma,
sperm bölütleme

ÖZET

Günümüzde kısırlık ciddi bir sağlık problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Erkeklerde kısırlığa sebep olan parametreler sperm morfolojisinin düzensizliği, sperm hareketliliğinin ve sperm yoğunluğunun yetersizliği şeklinde sıralanmaktadır. Bu sebeple sperm hareketliliği, yoğunluğu ve morfolojisi semen analizinde incelenmekte olup, bu analizler laboratuvar ortamında uzmanlar tarafından yapılmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan gözleme dayalı analiz, hataya açık ve subjektif bir uygulamadır. Bu çalışmada semen analizinde uzmanların etkisini en aza indirmek için bilgisayar destekli sperm sayısı tahmini yöntemi önerilmektedir. Bu çalışmada özellikle sperm hareketliliğine yoğunlaşmış olup, hareket belirleme yöntemleri kullanılarak semende hareketli sperm sayısının tahmini yapılmaktadır. Önerilen yöntemin testleri, Isfahan Doğurganlık ve Kısırlık merkezi (IFIC) tarafından hazırlanan veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar literatürde daha önceden önerilen yöntemler ile karşılaştırılmış olup önerilen yöntemin başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Estimation of active sperm count in spermiogram using motion detection methods

H I G H L I G H T S

- Only active sperms are examined using motion detection methods
- Test that made by experts in laboratories have been evaluated with a more objective approach
- Sperms and other organisms were differentiated by circularity criterion

Article Info

Research Article

Received: 28.12.2017

Accepted: 15.07.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460524

Keywords:

Semen analysis,
foreground detection,
classification,
sperm segmentation

ABSTRACT

Nowadays, infertility is a serious health problem. The most important parameters that cause infertility in males are sperm morphology, sperm motility and sperm density. For this reason, sperm motility, density and morphology are analyzed in semen analysis and these analyzes are done by experts in the laboratory. Analysis based on observation in the laboratory is easy to mistake, subjective application. In this study, computer aided sperm count estimation method is suggested to minimize the effect of experts in semen analysis. In this study, especially the sperm motility is focused and the number of active sperm in the semen is estimated by using motion detection methods. Tests of the proposed method were performed with the data set prepared by the Isfahan Fertility and Infertility Center (IFIC). The experimental results obtained are compared with the previously proposed methods in the literature and it is seen that the proposed method gives successful results.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: agumuscu@harran.edu.tr, tenekcim@harran.edu.tr / Tel: +90 414 318 3000 / 1041

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kısırlık Dünya nüfusunun %10'unu etkileyen ciddi bir sağlık problemidir [1]. Gebe kalmanın belirleyici faktörleri, ejakülattaki toplam sperm sayısı ve konsantrasyonu, gebeliğe kadar geçen süre [2] ve gebelik oranlarıyla ilişkilidir [3]. Yapılan araştırmalarda kısırlık, %40 oranında erkeklerden, %40 oranında kadınlardan ve %20 oranında her iki eşten kaynaklanmaktadır [4]. Dünya Sağlık Örgütü verileri, erkek bireyden kaynaklanan kısırlığı etkileyen en önemli parametrelerin sperm morfolojisi, sperm motilitesi ve sperm yoğunluğu olduğunu göstermektedir [5]. Erkeklerde doğurganlık semen kalitesine göre değişir. Bu nedenle sperm hareketliliği, yoğunluğu ve morfolojisi semen analizinde incelenir. Bu analiz laboratuvarında uzmanlar tarafından yapılmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan gözleme dayalı analiz hataya açık, subjektif bir uygulamadır. Bu nedenle, son yıllarda, sperm analizi için bilgisayar destekli semen analizi (Computer Assisted Semen Analysis - CASA) için çalışmalar artmıştır. Bu doğrultuda çalışmamızda, hareketli sperm sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece, semenin kalitesini belirleyen spermelerin hareketliliği ve yoğunluğu hakkında bilgi elde edilebilir.

Sperm analizinin en önemli adımı spermelerin belirlenmesidir. Bunun için görüntü işleme araçlarından bölütleme yoğun olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, bu konu için birçok yöntem önerilmiştir. Konu ile ilgili son araştırmaları üç gruba ayrılabiliriz. Bunlar, uzman destekli bölütleme, tek çerçeveli bölütleme ve video analizi bölütleme şeklinde sıralanabilir. Birinci gruba örnek olarak, Leung vd. uzman destekli sperm bölütlemeye odaklanmıştır [6]. Uzman destekli sperm bölütleme için, uzman tarafından sperm bölgeleri manuel olarak işaretlenmiştir. Leung ve ark. yaptıkları çalışmada belirlenen sperm kuyruk hareketleri takip edilerek semen analizleri gerçekleştirilmiştir. Manuel belirlenen spermelerin hareketi bilgisayar tarafından takip edilmektedir. Hareketlilik durumuna göre kalite belirlenmiştir. Çalışmamız uzmanın manuel bölütlemesinden kaynaklanan insan hatalarını ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Önerilen yöntemle daha hızlı ve daha nesnel bir bölütleme gerçekleştirilir. İkinci olarak, tek çerçeveli sperm bölütleme, görüntü dizisi içerisinde seçilen bir çerçeveden spermelerin otomatik bölütlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu grupta Ravanfar ve ark. düşük kontrastlı görüntülerde watershed algoritması kullanan sperm bölütleme önermiştir [7]. Bu araştırma spermelerin çarpışmalarını tespit etmeyi amaçlamıştır. Ancak sperm kalitesini belirleyen sperm hareketliliği, tek bir çerçeve kullanılarak belirlenemez. Son bölütleme grubu için [8-12] çalışmalar iyi örnek olabilir. Li ve ark., Abbiramy ve ark. ve Nurhadiyatna ve ark., semende hareket tespit edilerek canlı spermelerin saptanması önerilmektedir [8-10]. Arkaplan belirleme için Gauss Karışım Modeli (GKM) kullanılır. Bouwmans araştırmasında GKM modelinin dinamik arka planda video ön planını belirlemek için kullanılabilirliği belirtilmektedir [11]. Buna ek olarak [12-14] çalışmaları sperm tespitinde ön plan belirlenmesi için 2B dalgacık

dönüşümünü kullanmaktadır. Bu yaklaşım arka planı belirlemek için yeterince hızlı olmasına rağmen, görüntüye kolayca maruz kalır.

Yaptığımız çalışmada, sperm analizi için görüntü dizisinin tümü kullanılmaktadır. Canlı spermelerin sürekli hareketli olacağı kabul edilmektedir. Bu nedenle görüntü dizisinde hareketli bölgeler istatistiksel bir yöntem olan Gauss Karışım Modeli (GKM) ile tespit edilmiştir. Fakat semen sıvısının hareketinden dolayı sperm dışındaki yapılarında belirli oranda hareket ettiği görülmektedir. Bundan dolayı sadece hareket özelliği sperme has olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak tespit edilen hareketli alanlar ayrıca incelenmekte ve şekilsel analizlerle ilgili alanda sperm olup olmadığı doğrulanmaktadır.

Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2'de önerilen yöntemde kullanılan bütün algoritmalar özetlenmiştir. Bölüm 3'de ise önerilen yöntemin işlem adımları detaylıca ele alınmıştır. Bölüm 4'de Önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar verilmiş ve sonuçlar literatürde yapılmış diğer çalışmalar ile karşılaştırılarak çalışmanın performansı değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIALS AND METHOD)

2.1. Veri Seti (Data Set)

Çalışmada denemeler Isfahan Doğurganlık ve Kısırlık merkezi (IFIC) tarafından kullanıma sunulan veri seti ile gerçekleştirilmiştir [15]. Veri setinde 30 farklı hastadan semen numuneleri toplanmıştır. Görüntüler, x100 objektifli ve x10 oküler Olympus CX21 mikroskobu ile alınmıştır. Görüntüler x1000 oranında büyütülerek elde edilmiştir. Görüntü çözünürlüğü 240x320 piksel boyutundadır. Video çerçeve sayısı 15 fps dir. avi formatında olan görüntüler RGB renk uzayında kullanılmaktadır.

2.2. Hareketli Alanların Belirlenmesi (Determination of Motion)

Çalışmanın en önemli kısmı olan hareketli alanların belirlenmesi için Gaussian Mixture Model (GMM) kullanılacaktır. Bu yöntem görüntü işleme uygulamalarında arkaplan belirlemede kullanılmaktadır [16]. Çalışmamızda ise ön planı belirlemek için kullanılacaktır. Stauffer ve Grimson [17] önerdiği yöntem ile K adet görüntü çerçevesi kullanılarak arka plan modellenmektedir. Görüntü içerisindeki değişimlerin tespiti için her bir piksel değişimi için Gauss dağılım fonksiyonları hesaplanmaktadır. Eş. 1 eşitliğinde K, GKM deki Gauss model sayısını ifade ederken, x ise i. çerçevede (x, y) konumundaki pikseli ifade etmektedir.

$$\{X_1, \dots, X_K\} = \{I(x, y, i) : i \leq K\} \quad (1)$$

Herbir piksel için K adet Gauss Dağılım fonksiyonunun karışımı hesaplanmaktadır. K değeri görüntünün değişim

frekansına bağlı olarak 3 ile 5 arasında değişiklik gösterebilmektedir. Herhangi bir t çerçevesinde işleme alınan piksel için olasılık fonksiyonu Eş. 2’de verilen denklem ile hesaplanmaktadır.

$$P(X_t) = \sum_i^K \omega_{i,t} \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (2)$$

Eş. 2’de verilen denklemde, X_t piksele ait yoğunluk değeri, $\omega(i,t)$ t anında $\mu(i,t)$ ortalamalı i. Gauss dağılımına ait ağırlık, $\Sigma(i,t)$ kovaryans matrisini ve η Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonu ifade etmektedir.

$$\eta(X_t, \mu, \Sigma) = \frac{1}{2\pi^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu)\Sigma^{-1}(X_t - \mu)} \quad (3)$$

Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonu η , Eşitlik (Eş. 3)’deki gibi tanımlanmıştır. Gri renk tonu olmak üzere tek renk bandı üzerinde çalışma yapıldığı için n değeri 1 olarak alınmıştır. μ değeri piksel parlaklık değerini ifade ederken Σ değeri ise kullanıcı tarafından hesaplanan gauss modellerine ait kovaryans matrisini temsil etmektedir. Hesaplanan Gauss Dağılımı değerlerinden arka plan olarak piksellerin belirlenmesi Eş. 4’e göre yapılmaktadır. Belirlenen arkaplan alanları hareketin olmadığı sabit bölgeler olarak kabul edilmektedir.

$$B = \operatorname{argmin}_b (\sum_{i=1}^b w_i > T) \quad (4)$$

Hesaplama da T eşik değerini aşan b adet dağılıma sahip pikseller arkaplan olarak kabul edilmektedir. İlk arka plan belirlenmesinden sonra yeni gelen çerçeve için Gauss fonksiyonları hesaplanmaktadır. Bu hesaplanan değerler önceki hesaplanmış değer ile eşleşir ise eşleştiği değer durumuna göre arka plan veya ön plan olarak kabul edilecektir. Eşleşmemesi durumunda ön plan olarak kabul edilecektir. Eşleşme durumunda katsayılar güncellenecektir. Eşleşmediği durumda is yeni dağılımlar eskileri ile yer değiştirilerek en düşük katsayı değerleri ile setlenecektir. Bu şekilde her yeni görüntü çerçevesi ile arka plan güncellemesi gerçekleştirilmektedir.

2.3. Matematiksel Morfolojik İşlemler (Mathematical Morphological Operations)

Matematiksel Morfolojik İşlemler (MMİ) görüntü işlemede analiz öncesi ön işlem olarak bir çok uygulamada kullanılmaktadır [18]. Özellikle şekilsel analizlerde sınır belirleme, şekil iskeleti çıkarma, genişletme, inceltme, boşluk doldurma, gürültü temizleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Çalışmamızda özellikle hesaplanan hareketli alanların genişletilmesi ve alan içerisinde gürültülerin temizlenmesi için kullanılacaktır. MMİ genel olarak ikili görüntüler için kullanılabilen bir yöntemdir. Bundan dolayı uygulamalarda görüntüler ön işlem olarak ikili forma getirilmelidir. Çalışmamızda, MMİ hareketli alanların belirlendiği ikili görüntülerde kullanılacaktır.

MMİ üç temel işlemde oluşur. Bunlar; aşındırma (erosion), yayma(dilation), terslemedir(inverse). Diğer tüm işlemler

bunların kombinasyonları olarak gerçekleştirilir. Bu işlemler yapılırken orjinal görüntüdeki değişim şeklini ve miktarını belirleyen yapısal elemanın (structure element) şeklidir.

Z^2 uzayında verilen A görüntüsü ve B yapısal eleman için (Eş. 5) yayma işlemi, (Eş. 6) ise aşındırma işlemi tanımlanmaktadır.

$$A \oplus B = \{Z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (5)$$

$$A \ominus B = \{Z | (B)_z \subseteq A\} \quad (6)$$

A üzerinde işlem yapılacak iki boyutlu görüntüdür. B yapısal elemanı ifade ederken \hat{B} ise yapı elemanının tümleyenidir. \oplus yayma ve \ominus aşındırma operatörü olarak kullanılır. Yayma işlemi sonucu görüntüdeki yapıların boyutları yapısal elemanın şekline göre büyütülürken, aşındırma işleminde ise küçültülmektedir.

2.4. Bağlı Bileşen Etiketleme (Connected Component Labeling)

Bağlı bileşen etiketleme, bir görüntüyü içerisinde ayrıık nesnelerin belirlenmesi için kullanılan bir yöntemdir. İkili görüntüler üzerinde uygulanır. Görüntüdeki piksellerin komşuluklarının belirlenmesi ile bağlantısız piksel grupları ayrı nesnelere işaretlenir. Bağlantılı bölgelerin belirlenmesinde incelenecek komşuluk sayısı Şekil 1’de gösterildiği gibi 4 veya 8 olabilir.

	1	
2	*	4
	3	

2	1	8
3	*	7
4	5	6

Şekil 1. Komşuluk İlişkileri. (Neighbourhood Relationships)

Bağlı bir bileşendeki tüm pikseller benzer piksel yoğunluk değerlerini paylaşır. Şekil 2’de görüldüğü gibi görüntü içerisinde bulunan farklı tüm gruplar belirlendikten sonra, her piksel, atandığı bileşene göre bir değere etiketlenir.

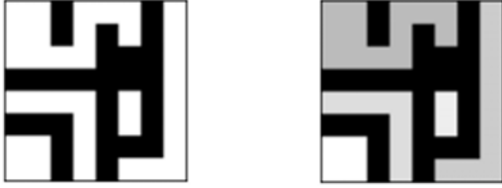
Çalışmamızda bir önceki aşamada belirlenen hareketli alanları ayrıık olarak incelemek için birbirinden ayırmamız gerekmektedir. Bundan dolayı bağlı bileşen etiketleme gerçekleştirilmiştir. Böylece elde edilen her bir alan kendi başına analiz edilebilecektir. Elde edilen her bir ayrıık bölgedeki gerçek görüntü analiz edilerek hareketli sperm içerip içermediği tespit edilmiştir.

1.1. Öznitelik Belirleme (Determination of Feature)

Tespit edilen hareketli bölgelerin sınıflandırılması için ayırt edici özniteliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Görüntülerde ayırt edilecek görüntünün geometrik özelliklerinden faydalanılacaktır. Elde edilen alanlarda Sperm, Lökosit veya ilgisiz cisimler bulunmaktadır. Çalışmamızda analiz edilen görüntü parçasının yuvarlaklık ölçütü ayırt edici bir özellik olarak kullanılacaktır.

1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1	1

1	1	0	1	1	1	0	2
1	1	0	1	0	1	0	2
1	1	1	1	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	2
3	3	3	3	0	4	0	2
0	0	0	3	0	4	0	2
5	5	0	3	0	0	0	2
5	5	0	3	0	2	2	2



Şekil 2. Örnek Bağlı Bileşen Etiketleme Uygulaması (Sample Connected Component Labeling Application)

$$P = \sum \sqrt{\sum \Delta b^2} \quad (7)$$

$$M = 4 * \pi * S / P^2; \quad (8)$$

Yuvarlaklık ölçütü Eş. 8'e göre hesaplanmaktadır. Eşitlik (Eş. 7) ile görüntüdeki cismin çevresi hesaplanmaktadır. b cismin sınır konum bilgisini ifade etmektedir. S ise cismin alanı olarak işleme katılır. Hesaplama sonucu görüntüdeki cismin yuvarlaklık ölçütü belirlenmektedir. Özellikle sperm ve lökositler farklı cisimler için yuvarlaklık değeri çok düşük çıkacağından kolaylıkla tespit edilecektir. Bununla birlikte spermlerin şekli elipse yakın ve lökositlerin tam yuvarlak şekilleri bu iki cisimi ayırt etmek için kullanılacaktır.

1.2. Performans Ölçütü (Performance Measure)

Çalışmada hareketli alanlardaki spermlerin tespit başarısını değerlendirmek için Eş. 9-12'de ifade edilen Duyarlılık (Sensitivity), Özgüllük (Specificity), Doğruluk (Accuracy) ve Hassasiyet (Precision) kullanılmaktadır. Bu ölçütlerin

hesaplanması için Doğru Pozitif (DP), doğru olarak tahmin edilen sperm sayısı; Yanlışlıkla sperm olarak saptanan geçersiz spermlerin veya diğer parçacıkların sayısı olarak Yanlış Pozitif (YP); Sperm olarak saptanmayan geçerli spermlerin sayısı ise Yanlış Negatif (YN); ve sperm olarak saptanmayan geçersiz sperm veya sperm olmayan parçacıkların sayısı olarak Doğru Negatif (DN).

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (9)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{TN}{FP+TN} \quad (10)$$

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (11)$$

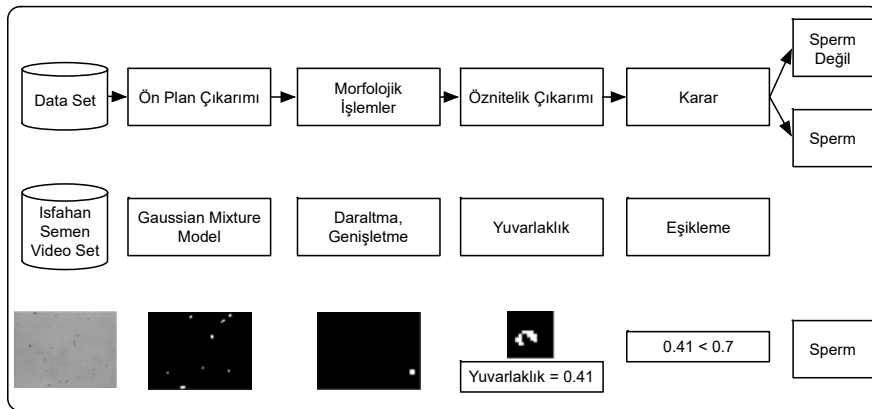
$$\text{Hassasiyet} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (12)$$

3. HAREKET BELİRLEME YÖNTEMLERİ İLE AKTİF SPERM SAYISININ TAHMİNİ (ESTIMATION OF ACTIVE SPERM COUNT USING MOTION DETECTION METHODS)

Bu bölümde sperm belirleme için kullanılan algoritma açıklanmaktadır.

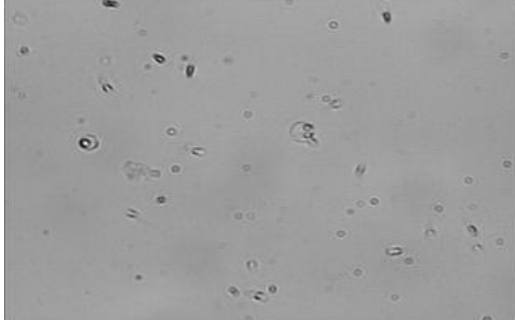
Şekil 3'de verilen akış şemasında örnek olarak Tablo 2'de gösterilen 13 nolu hareketli alan için gerçekleştirilen işlem adımları en alt sırada gösterilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü üzere 13 nolu hareketli alan için yuvarlaklık değeri 0.41 olarak hesaplanmış ve belirlenen eşik değerinin altında olduğu için sperm olarak etiketlenmiştir. Şekil 3'de belirtilen algoritmanın işlem adımlarından ilki verinin okunması olarak belirtilmiştir. Veri olarak Isfahan semen analiz video seti kullanılmıştır. Şekil 4'de video dizisinden herhangi bir çerçeve görüntüsü verilmiştir.

GKM algoritması hareketli bölgeleri belirleyen bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Kullanılan Gauss Karışım Modeli video dizisinde ard arda gelen çerçeveleri istatistiksel olarak karşılaştırmış ve hareketli bölgeler tespit edilmiştir. Bu işlemde ön plan belirleme ve güncelleme parametresi 3 çerçeve olarak belirlenmiştir. Uygulanan yöntem ile hareketli bölgeler belirlenmekte ve tüm görüntü



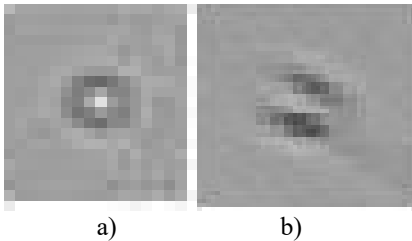
Şekil 3. Uygulanan Akış Şeması (Applied Flowchart)

çerçevesinden çıkarılmaktadır. Böylelikle ön plan ve arka plan ikilik görüntü formunda elde edilmektedir. Ön planlar "1", arka planlar ise "0" olarak kabul edilerek işleme alınmaktadır.



Şekil 4. Video Dizisinden Herhangi Bir Çerçeve Görüntüsü (Any Frame From Video Sequence)

Videodaki son çerçeve ve hesaplanan ön plan görüntüsü ile hareket eden organizmaların konumları belirlenmiştir. Ancak çok küçük ön plan alanları ve tek bir organizmaya ait alanların ayrı bir şekilde bulunmaktadır. Ayrıca çok hızlı hareket eden spermiler tek çerçeve farkı ile tespit edilen alanın dışında kalmaktadır. Bu problemleri gidermek amacıyla morfolojik ön işlemler kullanılmaktadır. Öncelikle görüntü niteliğinde olan çok küçük önplan alanlarını temizlemek için morfolojik aşındırma işlemi kullanılmıştır. İçi boş olan önplan alanları morfolojik kapama işlemi ile doldurulmuştur. Bunların yanında sperm hızı hareketinden kaynaklı belirlenen alanlarda sperm bulunmaması problemini aşmak için ön plan alanları morfolojik yayma işlemi ile genişletilmiştir. Morfolojik işlemlerle iyileştirilen ön plan alanlarında bulunan dokunun sperm olup olmadığını tespit etmek amacıyla bölgede bulunan görüntülerin şekilsel özellikleri çıkarılmaktadır. Özellik çıkarma işlemi ikili görüntüde gerçekleştirilecektir. Bu işlem için otsu algoritması kullanılarak gerçek görüntüde belirlenen alanlardaki görüntüler ikili forma getirilmektedir. Şekil 5a'da görüldüğü üzere genel olarak sperm morfolojik yapısı baş kısmı ovalimsi kuyruk kısmı ise kıvrımlı kabul edilmektedir. Bunun yanında Şekil 5b'de gösterildiği gibi semen içerisinde genellikle lökosit olarak kabul edilen yuvarlak organizmalar da bulunmaktadır.



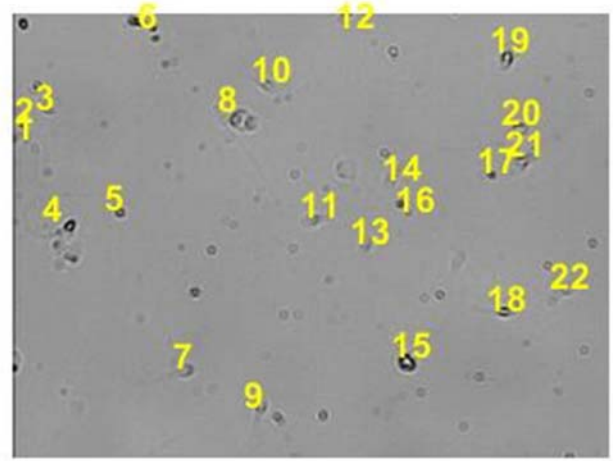
Şekil 5. Değişik Doku Örnekleri (Different Pattern Samples) 5a. Sperm (Sperm) 5b. Lökosit (Leukocyte)

Bu bilgiler ışığında hareketli bölgelerde bulunan dokuların yuvarlaklık bilgisi çıkarılmaktadır. GKM ve morfolojik işlemler ile belirlenen alanlarda bulunan organizmalar için

yuvarlaklık oranı hesaplanmakta ve daha sonra belirlenen eşik değerine göre eşikleme yapılmaktadır. Böylelikle ilgili alanda sperm mi var yoksa lökosit vb. Başka organizmalar mı var karar verilmektedir. Önerilen çalışmada kullanılan video görüntüleri uzman personellere izletilmiş ve onlar tarafından onaylanarak belirlenen alanlardaki gerçek değerleri belirlenmiştir. Daha sonra gerçek değerleri ile önerilen yöntemimizin sonuçları kıyaslanarak sınıflandırma başarı oranı hesaplanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada görüntü işleme algoritmaları kullanılarak semen analizi yapılmış ve Isfahan video setinde hareketli spermilerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 6'da farklı içerikteki görüntülerin nasıl etiketlendiği gösterilmektedir.



Şekil 6. Belirlenen Hareketli Bölgeler (Determined Active Areas)

Tablo 1'de de elde edilen karışıklık matrisi verilmiştir. Burada sadece hareketli alanlardaki sperm ve ya sperm değil kararları gözönünde bulundurulmuştur. Hareketsiz alanlardaki sperm göz önünde bulundurulmamaktadır.

Tablo 1. Karışıklık Matrisi (Confusion Matrix)

		Tahmin Değerleri	
		P	N
Gerçek Değerler	P	12	3
	N	1	6

Tablo 1'deki verilere göre doğruluk oranı 0,81, hassasiyet 0,92, özgüllük 0,14 ve duyarlılık 0,80 olarak hesaplanmıştır. Uygulanan yöntem ile Isfahan veri setinde %81,81 doğruluk oranı hesaplandığı görülmektedir. Tablo 2'de ise belirlenen hareketli bölgelerden alınan görüntüleri, görüntülerde bulunan organellere göre hesaplanan yuvarlaklık ölçülerini, hareketli bölgedeki organellerin gerçek değerleri (1 ise sperm 0 ise sperm değil) ve önerilen yöntemin hareketli bölge için hesaplanan tahminler verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Tablo 3'de literatürde önerilen üç farklı sperm

bölütleme yöntemi ile sınıflandırma başarı oranı ve işlem süreleri bakımından karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Hareketli Bölgelerin Analiz Sonuçları
(Analysis Results of Active Areas)

No	Hareketli Bölge Resmi	Yuvarlaklık Gerçek	Tahmin
1		0,27	1
2		0,25	1
3		1,21	0
4		1,15	1
5		1,36	0
6		1,26	0
7		0,37	1
8		0,56	0
9		0,44	1
10		0,31	1
11		0,50	1
12		1,01	1
13		0,41	1
14		0,45	1
15		1,03	0
16		1,32	0
17		1,62	0
18		0,84	1
19		0,46	1
20		0,28	1
21		0,34	1
22		0,29	1

Tablo 3. Sınıflandırma Başarı Oranları ve İşlem Süreleri Karşılaştırılması
(Comparison of Classification Success Rates and Processing Time)

Yöntem	Sınıflandırma Başarı Oranı	İşlem Süresi
[7] (Ravanfar ve Moradi 2011)	%57,69	28,31 sn
[8] (Abbiramy vd. 2010)	%62,50	27,22 sn
[10] (Nurhadiyatna vd. 2014)	%68,18	24,73 sn
Önerilen Çalışma	%81,81	32,39 sn

Tablo 3'deki sonuçlar ele alındığında önerilen yöntemin literatürde yapılan diğer çalışmalar göre oldukça başarılı sınıflandırma işlemi yaptığı görülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar ile karşılaştırma yapabilmek için üç farklı çalışma kodlanarak bu çalışmada ele alınan spermogram görüntülerindeki sınıflandırma başarı oranları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmanın diğer yöntemlere göre daha başarılı olmasında en önemli faktör, belirlenen hareketli bölgenin yuvarlaklık ölçütü ile tekrar ele alınıp bölgede hangi organelin olduğu analizinin yapılması olduğu öngörülmektedir. Bu analiz ile yapılmış çalışmalar ele

alındığında çalışmanın özgünlüğünü ortaya çıkarmaktadır. Yapılan çalışmalar ile önerilen çalışma işlem yükü açısından karşılaştırılacak olursa önerilen yöntemin diğer çalışmalara göre dezavantajlı olduğu görülmektedir. Önerilen yöntemde her çerçevede hareketli alanlarda hesaplama ve analiz yapıldığı için işlem yükünün diğer yöntemlere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Yapılan çalışmada cesaretlendirici sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında çalışmada RGB uzayında gerçekleştirilen işlemlerin HSV uzayında gerçekleştirilmesi ile daha etkin sonuçlar elde edilebilir. Böylelikle bölütleme işlemi daha etkin yapılabilir. Ayrıca elde edilen hareketli alanlar için öznelik sayısı artırılabilir. Nitelikler artırılabilirse sınıflandırıcı olarak da yapay zeka yöntemleri denenebilir. Ayrıca çalışmanın etkin sonuçları, daha geniş veri setleri hazırlanıp test edilerek görülebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Maduroand M.R., Lamb D.J., Understanding New Genetics of Male Infertility, J. Urol., 168 (5), 2197–2205, 2002.
2. Slama R., Eustache F., Ducot B., Jensen T.K., Jørgensen N., Horte A., Irvine S., Suominen J., Andersen A.G., Auger J., Vierula M., Toppari J., Andersen A.N., Keiding N., Skakkebaek N.E., Spira A., Jouannet P., Time to pregnancy and semen parameters: a cross-sectional study among fertile couples from four European cities., Hum Reprod., 17 (2), 503-15, 2002.
3. Bonde J.P., Ernst E., Jensen T.K., Hjollund N.H., Kolstad H., Henriksen T.B., Scheike T., Giwercman A., Olsen J., Skakkebaek N.E., Relation between semen quality and fertility: a population-based study of 430 first-pregnancy planners., Lancet., 352 (9135), 1172-1177, 1998.
4. Başarslan Ş., İçer S., Ekmekçioğlu O., Image Processing Assisted Sperm Analysis, Medical Technologies National Congress (TIPEKNO), Trabzon-Turkey, 167-171, 12-14 October 2017.
5. World Health Organization, WHO laboratory manual for the examination of human semen, Fifth Edition, 2010.
6. Leung C., Zhe L., Esfandiari N., Casper R.F., Sun Y., Detection and tracking of low contrast human sperm tail, Automation Science and Engineering (CASE), 263,268, 21-24 Aug. 2010.
7. Ravanfar M.R., Moradi M.H., Low contrast sperm detection and tracking by Watershed algorithm and Particle filter, Biomedical Engineering (ICBME), 260-263, 14-16 Dec. 2011.
8. Li Q., Chen X., Zhang H., Yin L., Chen S., Wang T., Lin S., Liu X., Zhang X., Zhang R., Automatic human spermatozoa detection in microscopic video streams based on OpenCV, 5th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 224-227, 2012.
9. Abbiramy V.S., Shanthi V., Allidurai C., Spermatozoa Detection, Counting and Tracking in Video Streams to

- Detect Asthenozoospermia, 2010 International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP), Chongqing-China, 224-227, 16-18 Oct. 2012.
10. Nurhadiyatna A., Latifah A.L., Fryantoni D., Wirahman T., Wijayanti R., Muttaqien F.H., Comparison and implementation of motion detection methods for sperm detection and tracking, International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS), Nagoya, Japan, 1-5, 10-12 Nov. 2014.
 11. Bouwmans T., Traditional and recent approaches in background modeling for foreground detection: An Overview, *Computer Science Review*, 11 (12), 31–66, 2014.
 12. Yi W., Park K., Paick J., Parameterized characterization of elliptic sperm heads using Fourier representation and wavelet transform, 20th Annual IEEE Int. Conf. Engineering in Medicine and Biology Society, Hong Kong, 974-977, 29 Oct-1 Nov. 1998.
 13. Liu J.C., Hwang W.L., Chen M.S., Tsai J.W., Lin C.H., Wavelet based active contour model for object tracking, Conf. on Image Processing, Thessaloniki – Greece, 206-209, 2001.
 14. Cui C., Per-pixel background estimation in video microscopy using frame grouping and wavelet based image fusion, 17th European IEEE Conf. on Signal Processing, Glasgow-Scotland, 1874-1877, 24-28 Aug. 2009.
 15. Isfahan Fertility and Infertility Center. Sperm Videos, <http://www.biosigdata.com>, Access date: October 01, 2017.
 16. Zivkovic Z., Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction, ICPR, Cambridge, 28-31, 2004.
 17. Yücesoy E., Nabiye V., Determination of a speaker's age and gender with an SVM classifier based on GMM supervectors, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (3), 501-509, 2016.
 18. Stauffer C., Grimson E., Learning Patterns of Activity Using Real-Time Tracking. *IEEE Trans. on PAMI*, 22 (8), 747–757, 2000.
 19. Maragos P., A Representation Theory for Morphological Image and Signal Processing, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11 (7), 586-599, July 1989.
 20. Kasım Ö., Kuzucuoğlu A.E., Detection and classification of leukocyte cells from smear image, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30 (1), 95-109, 2015.