بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

ردیابی اسپرم با استفاده از الگوریتم فیلترهای ذره‌ای

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک

جابر روحی

استاد راهنما
دکتر محمدرضا احمدزاده

۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق- الکترونیک آقای جابر روحی

تحت عنوان

ردیابی اسپرم‌ها با استفاده از الگوریتم فیلترهای ذره‌ای

در تاریخ ۲۵ / ۳/ ۱۳۸۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر محمدرضا احمدزاده

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر سعید صدری

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر سید محمود مدرس هاشمی

با سپاس فراوان از
اساتید ارجمند، **جناب آقای دکتر احمدزاده** و **جناب آقای دکتر صدری** که با راهنمایی‌های ارزشمند خود راه‌گشای اینجانب بوده‌اند.

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل یکم: مقدمه

۱-۱ بینایی ماشین در زندگی روزمره ۳

۱-۲ تکنیک‌های پردازش تصویر و مهندسی پزشکی ۳

۱-۲-۱ اهمیت ردیابی اسپرم ۵

۱-۲-۲ بخشهای پایان‌نامه ۹

فصل دوم: آشکار سازی

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ تاریخچه و روشهای مدل کردن زمینه ۱۳

۲-۳ مدل کردن زمینه ۱۶

۲-۳-۱ روش تفاضل ۱۷

۲-۳-۲ آستانه‌یابی وفقی در روش تفاضل بین فریم‌ها ۱۷

۲-۳-۳ روش اختلاف تجمعی فریم‌ها ۱۹

۲-۳-۴ تعیین تصویر مرجع ۲۱

۲-۳-۵ تخمین زمینه با مدل فیلتر کالمن ۲۱

۲-۳-۶ تخمین زمینه با مدل چند گوسی ۲۲

۲-۳-۷ تقطیع با شبکهٔ عصبی ۲۳

۲-۴ روش‌های آشکارسازی حرکت ۲۵

۲-۴-۱ شار نوری ۲۵

۲-۵ خلاصه فصل ۲۶

فصل سوم: الگوریتمهای ردیابی **۲۸**

۳-۱ مقدمه ۲۸

۳-۲ ردیابی بر مبنای ناحیه ۲۹

۳-۳ ردیابی بر مبنای مرزهای فعال ۲۹

۳-۳-۱ مارپیچ‌ها ۳۰

۳-۳-۲ مرزهای فعال ۳۰

۳-۴ ردیابی بر مبنای ویژگی ۳۱

۳-۴-۱ الگوریتم‌های مبتنی بر ویژگی‌های سراسری ۳۱

۳-۴-۲ الگوریتم‌های مبتنی بر ویژگی‌های محلی ۳۶

۳-۴-۳ الگوریتم‌های مبتنی بر گرافهای وابستگی ویژگی‌ها ۳۷

۳-۵ ردیابی بر مبنای مدل ۳۷

۳-۶ روشهای ترکیبی ۳۸
۳-۷ فیلتر کالمن ۳۹
۳-۸ الگوریتم فیلترهای ذره‌ای ۴۲
۳-۸-۱ نمونه‌برداری اهمیتی ۴۴
۳-۸-۲ نمونه‌برداری اهمیتی با نمونه‌برداری مجدد ۴۶
۳-۸-۳ نمونه‌برداری اهمیتی وفقی ۴۶
۳-۸-۴ روش‌های بیزی ترتیبی ۴۷
۳-۸-۵ مونت کارلوی ترتیبی ۴۸
۳-۸-۶ زوال الگوریتم ۵۰
۳-۸-۷ نمونه‌برداری مجدد ۵۱
۳-۸-۸ فیلتر بوت استرپ یا SIR ۵۴
۳-۸-۹ بررسی یک سیستم غیرخطی ۵۵
۳-۸-۱۰ ردیابی دسته جمعی اهداف ۵۸
۳-۹ خلاصه فصل ۵۹
فصل چهارم: روش پیشنهادی برای ردیابی اسپرم **۶۰**
۴-۱ مشخصات داده‌های ویدئویی ۶۰
۴-۲ ردیابی تک اسپرم ۶۲
۴-۲-۱ فضای حالت ۶۲
۴-۲-۲ پیاده سازی الگوریتم ۶۴
۴-۲-۳ نتایج ۶۶
۴-۱ ردیابی دسته جمعی اسپرم‌ها (بدون اثرگذاری روی هم) ۷۲
۴-۱-۱ آشکار سازی در فریم اول ۷۴
۴-۱-۲ آشکار سازی در فریم‌های بعدی ۷۶
۴-۲ ردیابی دسته جمعی اسپرم‌ها (با اثرگذاری روی هم) ۷۸
۴-۳ نتایج ردیابی دسته جمعی اسپرم‌ها ۸۰
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات **۸۵**
۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۵
۵-۲ پیشنهادات ۸۷
مراجع ۸۸

چکیده

سیستم‌های بینایی ماشین، رشد و پیشرفت چشم‌گیری در دهه‌های اخیر داشته‌اند و کاربردهای فراوانی را در جامعه به خود اختصاص داده‌اند که می‌توان به کاربرد آنها در سیستم‌های حفاظتی، کنترل ترافیک، سیستم‌های تشخیص هویت ، ردیابی اهداف و بسیاری از کاربردهای پزشکی اشاره کرد. در اکثر این کاربردها از تکنیک‌های پردازش تصویر مانند حذف نویز (که در مرحله پیش پردازش استفاده می‌شود)، تقطیع تصویر، استخراج ویژگی و آشکار سازی استفاده می‌شود. ردیابی اشیا از جمله زمینه‌های علمی کاربردی بسیار وسیع می‌باشد که بخاطر داشتن مشکلات فراوان، همچنان بسیاری از محققان این زمینه را به خود مشغول کرده است. الگوریتم‌های ردیابی اشیا دارای قسمت‌هایی چون حذف نویز، استخراج ویژگی، آشکارسازی و تخمین هستند. اکثر الگوریتم‌های ردیابی اشیا، که در آنها از روش‌هایی مانند کالمن فیلترها استفاده شده‌اند، دارای یک مرحله‌ی، تعیین محل اولیه هستند و سپس برای شیء مورد نظر، پارامترهایی چون مختصات، سرعت و شتاب محاسبه شده که در هر مرحله به صورت وفقی بروز می‌شوند بنابراین این روش‌ها نیازمند در بکارگیری روش‌های آشکار سازی قوی و پر سرعت (در کاربردهای آنلاین) هستند. در الگوریتم کالمن تابع توزیع پسین متغیرها به صورت گوسی در نظر گرفته شده و سیستم‌های خطی را با نویز گوسی، با حجم قابل توجهی از محاسبات تحلیل می‌کنند. در این پایان-نامه فیلترهای ذره‌ای معرفی شده و از آن برای ردیابی اسپرم‌ها استفاده خواهد شد. از جمله کاربردهای پزشکی الگوریتم‌های ردیابی اسپرم‌ها، تشخیص انواع حرکت آنها می‌باشد، که تحقیقات زیادی در این زمینه صورت نگرفته است. مقالات موجود فقط به تقطیع اسپرم‌ها بعد از کشتن و رنگ‌آمیزی آنها می‌پردازند و از روی نتایج آن اقدام به تشخیص بیماری و یا شمارش آنها می‌نمایند. در این پایان‌نامه سعی بر آن است که از الگوریتم فیلترهای ذره‌ای برای استخراج ویژگی حرکتی اسپرم‌ها استفاده کرده تا بتوان انواع حرکت-های اسپرم‌ها را تشخیص داد. پزشکان پس از مشخص شدن نوع حرکت اسپرم‌ها، به تشخیص بیماری ناباروری مردان می‌پردازند. در یک روش متداول از تصویر رنگ آمیزی شده اسپرم‌ها (پس از کشتن آنها) استفاده می‌شود. ویژگی‌های استخراج شده از تصویر رنگ آمیزی شده اسپرم‌های مرده، در تشخیص بیماری قابلیت زیادی ندارند و باعث از بین رفتن مورفولوژی اسپرم‌ها می‌شود. به همین خاطر متخصصان نیز برای تشخیص ناباروری اسپرم‌ها به نحوه حرکت آنها توجه می‌کنند که در روش قبل دسترسی به این ویژگی‌ها میسر نیست. در این روش، پس از آشکارسازی اسپرم‌ها با استفاده از روش هیستوگرام رنگی از الگوریتم فیلترهای ذره‌ای برای تخمین مکان بعدی اسپرم‌های آشکارسازی شده استفاده می‌شود. در ابتدا الگوریتم ردیابی اسپرم مبتنی بر فیلترهای ذره‌ای برای یک اسپرم تنها پیاده-سازی خواهد شد. به منظور کاهش اثرگذاری اسپرم‌ها روی یکدیگر، در زمانی که اسپرم‌ها به هم نزدیک می‌شوند، از الگوریتم C-Means استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند در ردیابی اسپرم‌ها به صورت همزمان استفاده شود. به منظور امکان اتوماتیک نمودن تمام مراحل آزمایش مردان، سامانه‌ای پیشنهاد می‌شودکه در آن آشکارسازی اسپرم‌ها نیز به صورت اتوماتیک صورت خواهد گرفت.

واژگان کلیدی: پردازش ویدئو، ردیابی دسته جمعی اسپرم‌ها، هیستوگرام رنگی، فیلترهای ذره‌ای، فیلتر کالمن، الگوریتم C-means.

فصل یکم
مقدمه

اگرچه تاریخچه سیستم‌های ردیاب به طراحی سیستم‌های رادار و مکان یاب باز می‌گردد، اما سیستم‌های ردیابی که مبتنی بر پردازش سیگنال‌های دوبعدی تصویر کارمی‌کنند قدمت زیادی ندارند. مطالعات زیادی در زمینه تشخیص و ردیابی انجام گرفته است و روش‌های زیادی برای آنها پیشنهاد شده است. این مطالعات هنوز ادامه دارند، زیرا تاکنون روش بی‌عیب و نقصی که در همه جا خوب کار کند و در ضمن مقاوم و سریع باشد به دست نیامده است. دلیل این امر وجود مسائلی است که کار تشخیص و ردیابی را مشکل می‌کنند که از جمله این مسائل می‌توان به تغییر روشنایی تصویر، تغییر شکل شیء مورد نظر، تغییر تعداد اهداف، نویزهای غیر گوسی و مسأله همپوشانی[1] اشاره کرد. الگوریتم‌های متعددی در این زمینه‌ی ردیابی ارائه شده است که هر یک، بسته به نقاط قوت و ضعف آنها، در کاربردهای متفاوتی از جمله کاربردهای پزشکی، نظامی و صنعتی بکار رفته‌اند. از جمله کاربردهای پردازش تصویر که تا به حال تلاش زیادی در آن زمینه انجام نشده است، ردیابی اسپرم‌ها می‌باشد. ردیابی اسپرم‌ها به منظور تشخیص قابلیت باروری آنها، از روی بررسی آماری نحوه حرکت آنها انجام می‌شود. الگوریتم‌های متعددی، از جمله الگوریتم فیلترهای ذره‌ای در زمینه ردیابی ارائه شده است. در این پایان‌نامه از این الگوریتم به همراه ویژگی هیستوگرام رنگی برای ردیابی اسپرم‌ها استفاده خواهیم کرد. برای ردیابی اسپرم‌ها به صورت دسته جمعی، دو فرض در نظر گرفته شد. در فرض اول به ردیابی اسپرم‌ها بدون اثرگذاری روی یکدیگر و در فرض دوم با در نظر گرفتن اثرگذاری اسپرم‌ها روی یکدیگر، به ردیابی اسپرم‌ها خواهیم پرداخت.

[1] Occlusion

۱-۱ بینایی ماشین در زندگی روزمره

از عوامل بسیار تاثیرگذار در روند گرایش به سمت الگوریتم‌های پردازشی و تکنیک‌های بینایی ماشین، ورود سیستم‌های هوشمند در زندگی روزمره انسان بود. بطوریکه تا همین امروز هم شاهد ورود روز افزون، روبات‌های مینیاب، روبات‌های فوتبالیست، روبات‌های هوشمند خانگی و سایر ماشین‌افزارهای هوشمند به حریم زندگی بشر هستیم؛ و این علاقه همیشگی بشر به داشتن روبات‌ها و ماشین‌هایی که روزی کارهای صنعتی، خانگی و غیره را برای وی با سرعت و دقت بالا انجام دهد، از جمله علت‌هایی بود که به رشد سریع سیستم‌های ردیابی تصاویر دیجیتال کمک کرد.

از مباحث پر کاربرد در بینایی ماشین، ردیابی اشیا[1] می‌باشد که دارای دو مرحله آشکارسازی و تخمین می-باشد. تا کنون برای هر مرحله روش‌های متنوعی ارائه شده است که دارای نقاط ضعف و قوت می‌باشند. با توجه به نتایج متنوعی که می‌توان از نتایج ردیابی استخراج کرد، در زمینه‌های مختلفی چون نظامی، حفاظتی و پزشکی بکار گرفته شده است. ردیابی اشیا مبتنی بر تصویر دارای مشکلات و پیچیدگی‌هایی نیز می‌باشد. حرکت یک شیء نسبت به دوربین باعث بزرگ شدن، کوچک شدن یا چرخش تصویر شیء می‌شود. تغییرات روشنایی محیط مانند ابری شدن هوا یا به وجود آمدن سایه در طول روز، باعث ایجاد تغییراتی در تصویر شیء می‌گردد. علی‌رغم وجود مشکلات فراوان در این کار، ردیابی اشیا کاربردهای فراوانی پیدا کرده است.

۱-۲ تکنیک‌های پردازش تصویر و مهندسی پزشکی

در اوایل قرن بیستم زمینه جدیدی در پزشکی بنام مهندسی پزشکی مطرح گردید. بر این اساس، ساختار بدن انسان به مثابه یک نظام بسیار هماهنگ مهندسی فرض و بیماری به عنوان عامل بی‌نظمی در این ساختار مطرح گردید. مهندسی پزشکی با تلفیقی از علوم مهندسی به طراحی، ساخت و نگهداری تجهیزات پزشکی مورد نیاز در زمینه‌های مختلف شامل پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها می‌پردازد.

در پردازش تصاویر پزشکی، اطلاعات جمع‌آوری شده در تغییرات پدیده‌های فیزیکی در بدن را با بهره‌گیری از تکنولوژی تحلیل پردازش الکتریکی و سرعت بالای آن تجزیه و تحلیل نموده و این تغییرات را به صورت یک تصویر در می‌آورند. اغلب این تصاویر را می‌توان با روش‌های غیر تهاجمی[2] بدست آورد به نحوی که

[1] Object Tracking
[2] Non-Invasive

هیچ اثر درد یا عارضه خطرناکی برای بیمار نداشته باشد. از زمینه‌های مورد مطالعه در این گرایش می‌توان به زمینه-های زیر اشاره کرد:

- تهیه تصویر از اجزاء ایستای بدن مانند استخوانها و بافت‌ها
- ادغام ویژگی‌های منحصر به فرد حالت‌های مختلف تصویربرداری مثل CT[1] و MRI[2] جهت تهیه تصاویر گویاتر مانند تصاویر سه‌بعدی
- ارائه الگوریتم‌های پردازشی برای مدل‌سازی بافت‌های سالم و ضایعات آنها جهت ارائه روش‌های تشخیصی دقیق‌تر و غیر تهاجمی
- بررسی فیزیولوژی و حرکت بافت‌های دینامیک در بدن مانند قلب و عروق از طریق تصویربرداری‌های خاص و تکنیک‌های برخط
- مدل‌سازی رفتارها در بافت‌های سالم و ناسالم، جهت تشخیص بهتر ناهنجاری‌ها و تصویربرداری مولکولی به منظور مطالعه موقعیت، ساختار و حرکت مولکول‌ها (مانند سلول‌های سرطانی)
- مطالعه و مدل‌سازی مکانیسم‌های مختلف حیات در سطح مولکولی به صورت غیرتهاجمی برای ارائه روش‌های درمانی دقیق‌تر مثل طراحی آنتی‌بادیها

در اکثر زمینه‌های پزشکی، به طور مثال بازشناسی و یا آشکارسازی تومورهای سرطانی در سینه، ریه، مغز ویا امثال آن، پزشک متخصص که وظیفه شناسایی محل و نوع تومور را دارد، با حجم زیادی از اطلاعات روبرو است و در بعضی موارد بر اثر خستگی و دیگر عوامل، میزان خطا در تشخیص افزایش می‌یابد. از سوی دیگر با تنوع نظرات متخصصان مختلف روبرو هستیم. با توجه به مشکلات موجود زمینه‌ی رشد سیستم‌های بینایی ماشین بیشتر فراهم شده، تا جاییکه در اکثر مراکز درمانی از نرم‌افزارهای هوشمند CAD[3] در کنار نظر متخصص نیز استفاده می-کنند. به طور مثال، در تشخیص تومورهای سرطانی ریه[4]، که اکثرا از روی تصاویر CT ریه انجام می‌شود، برای هر ریه بیش از ۱۰۰ عدد عکس از برش‌های افقی ریه باید بررسی شود، که بدیهی است تعداد زیاد تصاویر، تنوع نظرات و یا تشخیص‌های اشتباه را در پی خواهد داشت.

[1] Computerized Tomography
[2] Magnetic Resonance Imaging
[3] Computer Aided Design
[4] Lung Cancer

در برخی از زمینه‌ها نیز، تصاویر بدست آمده از بافت‌های سالم و ناسالم تفاوت چندانی ندارند و تشخیص بیماری همراه با خطای زیاد می‌باشد. بنابراین استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر برای تشخیص و یا پیش‌بینی بیماری قبل از گسترش آن راهی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به طور مثال، حدود ۲۰ درصد مبتلایان به سرطان سینه در عرض ۵ سال می‌میرند و تنها راه کاهش این تعداد، تشخیص زودهنگام می‌باشد. بهترین روش برای شناسایی زودهنگام این بیماری ماموگرافی[1] و اجرای برنامه غربالگری است، که اجرای وسیع و همگانی این برنامه‌ها فقط با CADامکان‌پذیر است[۱].

در برخی از کاربردها، پزشکان از روی نحوه حرکت سلول‌ها و یا ویروس‌ها، نتایج مورد نیاز خود را استخراج می‌کنند[۲]. از آنجایی که بررسی حرکت آنها توسط چشم، به صورت نسبی صورت می‌گیرد، معیار دقیقی برای دسته‌بندی نوع حرکت و یا بررسی سرعت و دیگر ویژگی‌های حرکتی وجود ندارد. بنابراین می‌توان از تکنیک‌های ردیابی اشیا که ویژگی‌های حرکتی بیشتری را برای استخراج نتایج فراهم می‌کنند، استفاده نمود. در این پایان‌نامه به بررسی روش‌های برتر ردیابی اشیا و در نهایت ردیابی اسپرم‌ها پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۱ اهمیت ردیابی اسپرم

برخی از بیماری ها بر روی قابلیت باروری[2] مرد اثر می گذارند. حدود۴۰ درصد نازایی‌ها از ناحیه مرد است، با این وجود همچنان بیشترین تأکید در بررسی علل ناباروری روی زن‌ها است. برای پی بردن به علت نازایی هر دو زن و مرد باید از نظر وجود عوامل احتمالی نازایی مورد بررسی قرار گیرند.

اگر بخواهیم یکی از کاربردهای ردیابی اسپرم را بررسی کنیم می‌توان به بررسی کیفیت اسپرم‌ها که برای تشخیص قدرت باروری لازم می‌باشد، پرداخت. در موسسه‌های پزشکی باروری (مانند موسسه‌ی رویان) برای تشخیص کیفیت اسپرم‌ها، اپراتور با میکروسکوپ اسپرم‌ها را در نقاط مختلف لام بررسی می‌کند و آنها را از نظر حرکتی به چهار دسته‌ی، بدون تحرک، درجا زن، کم سرعت و سرعت بالا تقسیم‌بندی می‌کند. او از یک شمارنده دستی برای شمارش استفاده می‌کند و حدود صد اسپرم را شمارش می‌کند، سپس پزشک متخصص از روی آن نظر خود را اعلام می‌کند.

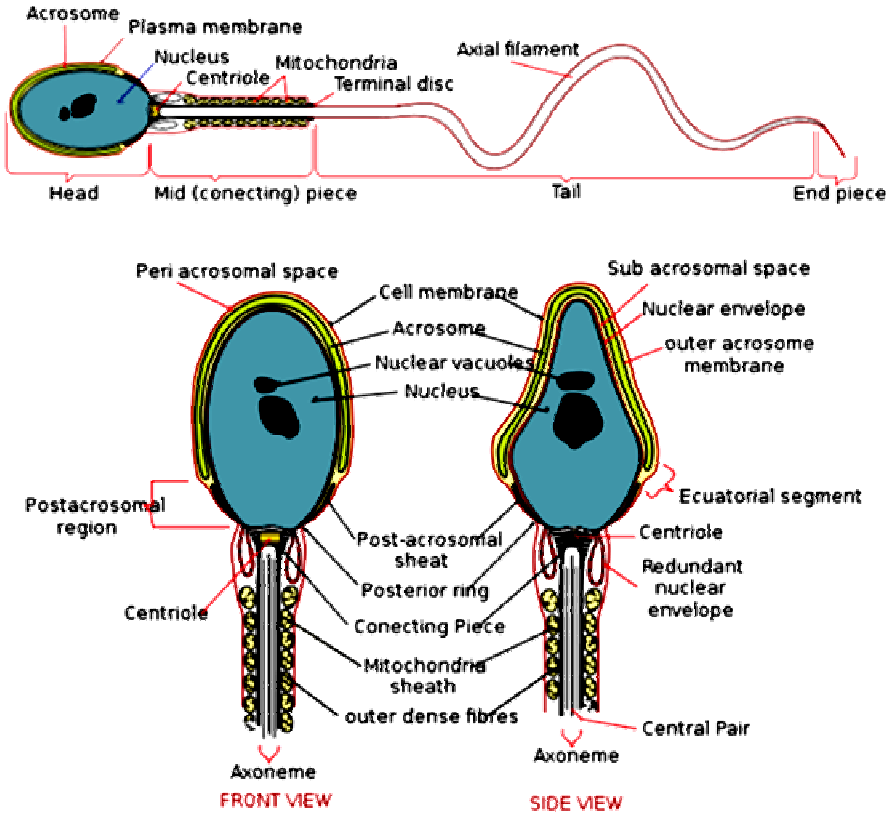
عوامل زیادی باعث ناباروری مردان می‌شود،که در ادامه به معرفی برخی از این عوامل می‌پردازیم.

---

[1] Mammography
[2] Fertility

واریکوسل[1]،انسداد و بیضه‌ی نزول نکرده از بیماری‌های رایج ناباروری در مردان می‌باشد. همچنین بیماری های دیگرمانند دیابت شیرین و دیگر اختلالات غدد درون ریز بیماری های غدۀ تیروئید و دیابت بی‌مزه می تواند در کنترل هورمونی تولید اسپرم مداخله کنند. عفونت های پروستات و اپی دیدیم می‌توانند باعث مداخله در تولید اسپرم یا انسداد مجرای خروج آن شوند. عفونت های دیگر مثل ارکیت (ورم بیضه) ناشی از اوریون[2]، می‌توانند باعث ناباوری همیشگی شوند[۳].

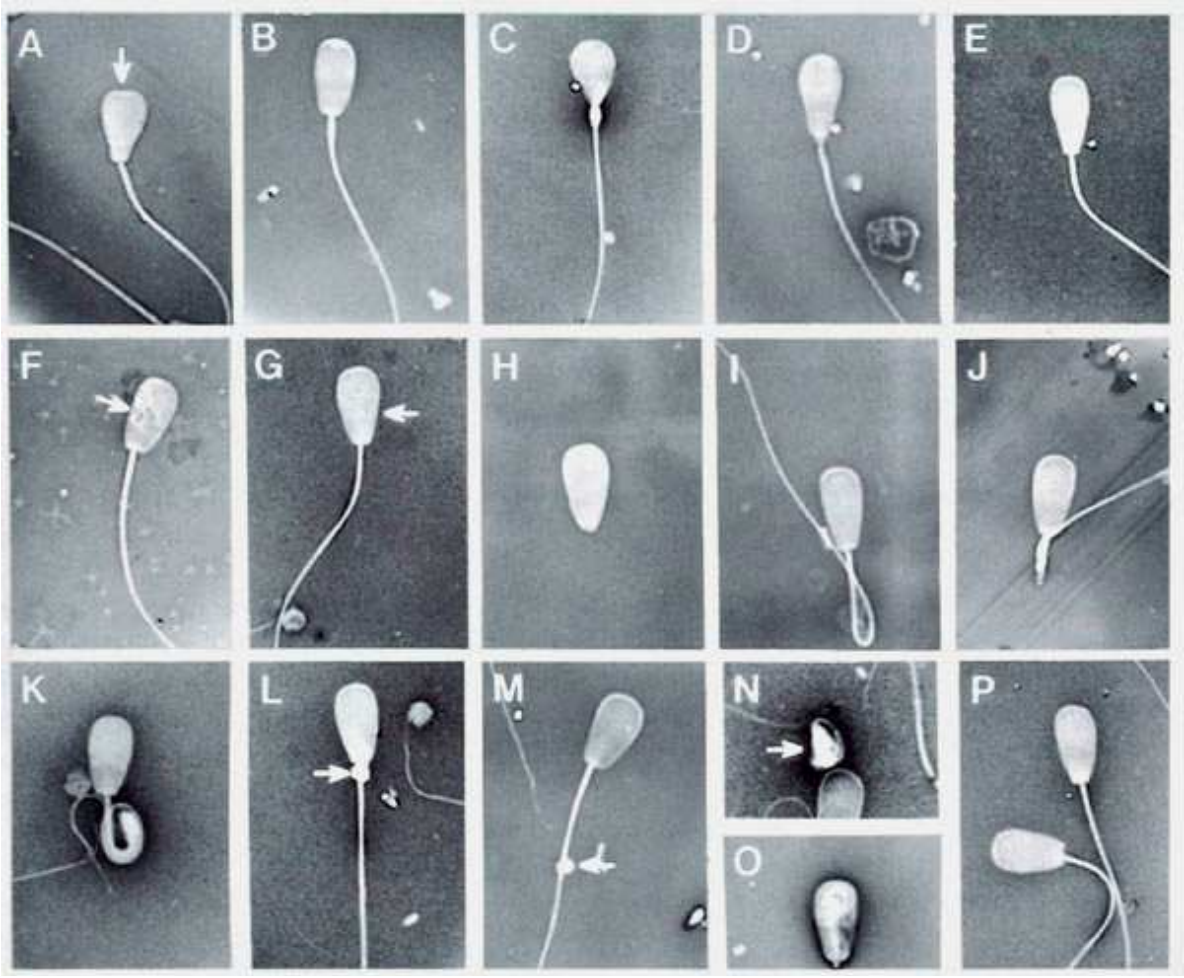
علاوه بر عوامل بالا، عاملی که در این پایان‌نامه نیز مورد توجه قرار می گیرد، اسپرم‌های غیر طبیعی می‌باشند. اسپرم‌ها نیز دارای بیماری‌های خاص خود می‌باشند که باعث ناباروری می‌شوند. این اختلالات در شکل ظاهری، سرعت و نحوه حرکت اسپرم‌ها اثر می گذارد و در نتیجه با بررسی حرکت اسپرم‌ها، می‌توان به بیماری آنها پی برد. نتایج آزمایشگاهی و تجربی نشان داده است که مردان با تعداد کم اسپرم ها همچنان می‌توانند بارور باشند، به شرط اینکه درصد اسپرم های طبیعی در آن ها بالا باشد. در شکل ۱-۱ نمونه‌ای از ساختار ظاهری یک اسپرم طبیعی نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱- نمایی از ساختار یک اسپرم طبیعی[٤]

[1] Varicocele
[2] Mumps

همه مردها اسپرم غیر طبیعی دارند. اگر درصد اسپرم‌های غیر طبیعی کم باشد، مشکلی ایجاد نمی‌کند. اسپرم‌های غیر طبیعی ممکن است دو سر داشته باشد یا اصلاً دم نداشته باشد. اگر تعداد اسپرم های غیر طبیعی در منی[1] مرد خیلی بالا باشد می تواند اثر منفی روی باروری داشته باشد. برخی از متخصصین عقیده دارند که اسپرم های غیر طبیعی در عبور از لولهٔ فالوپ[2] و نیز سوراخ کردن دیوارهٔ تخمک دچار مشکل می شوند. تعداد زیاد اسپرم ها می‌تواند احتمال باروری را افزایش دهد و نرمال بودن آنها نیز نقش حیاتی در باروری دارد. در شکل ۱-۲ انواعی از اسپرم‌های طبیعی و غیر طبیعی نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- نمونه‌هایی از اسپرم‌های غیر طبیعی [۵]

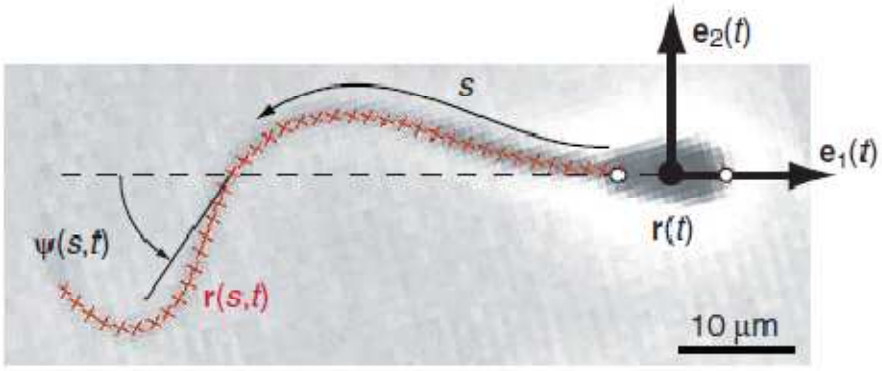
A, B: Knobbed acrosome- C, D, E: Pyriform head- F: Nuclear vacuoles. G: Diadem defects- H: Detached head. I: Distal reflex- J: Dag-like defect. K- Dag-like defect. L: Proximal droplet-M: Distal droplet- N: Teratoid- O: Teratoid- P: Normal spermatozoa

[1] Semen
[2] fallopian tube

تعدادی از مقالات موجود در ردیابی، به ردیابی اسپرم و ذرات میکروسکوپی نیز پرداخته‌اند. به طور مثال، در [٦] آی‌هور و همکارانش از فیلترهای ذره‌ای برای ردیابی ذرات میکروسکوپی با نویز زیاد استفاده کردند. معادله حالت استفاده شده در این مقاله، از پنج متغییر $x,y,\dot{x},\dot{y},I_t$ برای ردیابی استفاده کردند.

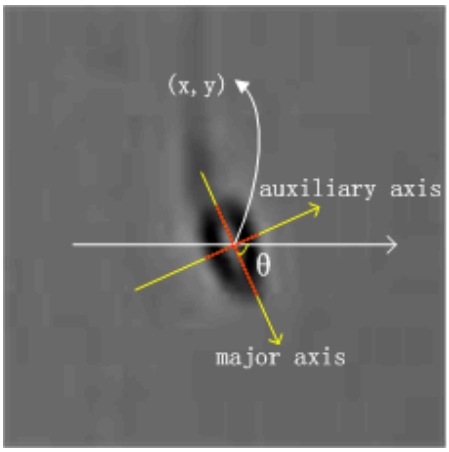
وپررز و همکارانش در [۷]، از هیستوگرام رنگی برای ردیابی توسط فیلترهای ذره‌ای استفاده کرد. در این کار، از تکنیک چند هیستوگرام به همراه فیلترهای ذره‌ای استفاده شد. در سال‌های اخیر انواع متنوعی فیلترهای ذره-ای معرفی شدند که نمونه‌ای از آنها توسط هگندورن و همکارانش، در [۸] معرفی شد.

در [۹] فریدریچ و همکارانش به بررسی ساختار حرکتی اسپرم پرداختند. آنها از روشی به نام تئوری نیرو برای این کار استفاده کردند. آنها سعی کردند تا با استفاده از زاویه دم با سر اسپرم و سرعت آن، به تخمین مکان بعدی آن اسپرم بپردازند. تصاویر مورد استفاده در این مقاله از یک دوربین با ۲۵۰ فریم در ثانیه استخراج شد. نمونه-ای از یک اسپرم مدل شده، در شکل ۱-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۳-مدل استخراج شده هر اسپرم برای بررسی حرکت [۹]

در [۱۰] از ترکیب فیلترهای ذره‌ای و الگوریتم Mean Shift برای ردیابی اسپرم استفاده کردند. در این کار، متغیرهای حالت استفاده شده x, y, θ بودند که در شکل ۱-٤ نمایش داده شده است. در این کار که به ردیابی تک اسپرم پرداختند از لنز ۲۰۰ برابر کننده و از دوربینی با مشخصات قدرت تفکیک ۳۲۰×۲۴۰ و ۲۵ فریم در ثانیه استفاده کردند.



شکل ۱-٤- نمایش متغیرهای حالت استفاده شده در برای ردیابی اسپرم در مرجع [۱۰]

مرجع [۱۰] که جدیدترین مقاله در بین مقالات محدود موجود در این زمینه(ردیابی اسپرم) می‌باشد، در هیچ بخشی از مقاله به ردیابی چند اسپرم با همدیگر اشاره‌ای نکرده است و در نتایج نشان داده شده آنها نیز فقط یک اسپرم ردیابی می‌شد.

[۱۱] که جزو اولین مقالات موجود در زمینه ردیابی اسپرم می‌باشد، به علت وضعیت بد تصاویر موجود بیشتر روی آشکارسازی تکیه می‌کند. در بخش ردیابی نیز از الگوریتم چند فرضیه‌ای[1] برای اتصال نقاط استخراج شده از آشکارسازی اسپرم‌ها استفاده شد.

۱-۲-۲ بخش‌های پایان‌نامه

در این پایان‌نامه بعد از مطالعه الگوریتم‌های ردیابی، به تحقیق در مورد ردیابی اسپرم می‌پردازیم. الگوریتم-های ردیابی اسپرم شامل دو مرحله آشکارسازی اسپرم و ردیابی آنها می‌باشد.

آشکارسازی

از آنجایی گام اول در سیستم‌های اتوماتیک بینایی ماشین آشکارسازی می‌باشد، آشکارسازی اشیا در محیط‌های مختلف از موضوعات و چالش‌های مهم در زمینه بینایی ماشین می‌باشد. خیلی از عوامل، مانند شرایط نوری، اندازه، وضعیت (سرعت و شتاب و...) روی نتایج آشکارسازی موثر هستند.

در فصل دوم، ابتدا به بررسی روش‌های حذف و مدل کردن زمینه می‌پردازیم. در این بخش الگوریتم‌های تفاضل ساده، تفاضل تجمعی و روش‌های مدل کردن زمینه مانند چند گوسی[1]، روش‌های وفقی و استفاده از شبکه-

[1] Multiple Hypothesis Tracking (MHT)

های عصبی برای مدل کردن زمینه بررسی خواهد شد. سپس به بررسی ویژگی‌ها برای تشخیص شیء می‌پردازد. در این قسمت، ویژگی‌های متفاوتی از جمله هیستوگرام رنگی[۲] بررسی خواهد شد.

از میان ویژگی‌های بررسی شده، در نهایت به بررسی هیستوگرام‌های رنگی به عنوان بهترین ویژگی برای آشکار سازی خواهیم پرداخت. هیستوگرام‌های رنگی علاوه بر ویژگی کم هزینه (محاسباتی) بودن، دارای قابلیت زیادی برای بیان ویژگی‌های شیء دارد که نسبت به دوران، بزرگی وکوچکی حساس نمی‌باشد.

ردیابی و تخمین

یکی از مسائل در حال توسعه در پردازش تصویر و بینایی ماشین، مسئله ردیابی اشیا است که هدف آن، نمایش تغییرات موقعیت یک شیء در یک دنباله تصاویر ویدئویی است. در بسیاری از کاربردهای ردیابی اشیا مسئله بلادرنگ بودن روش ردیابی اهمیت فراوانی دارد. در اکثر الگوریتم‌های مورد استفاده در بحث ردیابی فرضیاتی مانند نوع نویز، خطی و یا غیر خطی بودن سیستم و تغییر تعداد اهداف انجام می‌شود که محدودیت‌هایی روی کارآیی این الگوریتم‌ها ایجاد می‌کنند. از جمله الگوریتم‌های مطرح این زمینه، می‌توان به فیلترهای کالمن اشاره کرد که در فصل سوم به صورت مختصر و مفید به بررسی آنهاپرداخته می‌شود.

تحت چنین محدودیت‌هایی روش‌هایی چون مونت‌کارلو ترتیبی[۳]، که روش فیلترهای ذره‌ای[۴] نیزنامیده می‌شود ارائه شده است. این روش اصولا شامل انتشار غیرخطی یک مجموعه وزن‌دار از اجزاء که چگالی احتمال وضعیت را تخمین می‌زند، می‌باشد. وزن‌های اجزاء با استفاده از فرمول بیز به‌روز رسانی می‌شوند. فیلتر های ذره‌ای را می‌توان تحت فرضیه‌های خیلی کلی اعمال کرد که قادر است از پس وضعیت‌های خیلی شلوغ برآید و برای پیاده‌سازی هم خیلی ساده است. این الگوریتم متشکل از دو فاز می‌باشد: در فاز اول اجزائی که با استفاده از معادلات حالت پیشگویی شده‌اند، مشخص می‌شوند؛ سپس وزن‌های آنها با استفاده از احتمال مشاهده جدید که با وزنهای قبلی ترکیب شده‌اند محاسبه می‌شود. فاز دوم، نمونه‌سازی مجدد[۵] است که به سرعت اضافه می‌شود تا اجزاء با وزن‌های کمتر را کنار گذارد. راههای مختلفی برای انجام گام نمونه‌سازی مجدد ارائه شده‌اند که هدف نهایی آنها حرکت دادن اجزاء به سمت نواحی با بیشترین احتمال است. در این پایان‌نامه، از این الگوریتم برای ردیابی اسپرم‌ها استفاده خواهد شد.

---

[1] Mixture Of Gaussian
[2] Color Histogram
[3] Sequential Monte Carlo
[4] Particle Filtering
[5] Resampling

پیاده‌سازی و نتایج

در فصل چهارم به تشریح مراحل روش پیشنهادی برای ردیابی اسپرم پرداخته می‌شود. در این بخش از هیستوگرام‌های رنگی برای آشکارسازی اسپرم‌ها و از فیلترهای ذره‌ای برای تخمین مسیر اسپرم‌ها استفاده می‌شود و از نتایج آن برای به‌روز کردن پارامترهای فضای حالت استفاده خواهد شد. در نهایت، در فصل پنجم نیز به بررسی نتایج و ارائه پیشهادات می‌پردازیم.