دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه برق-الکترونیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : مهندسی الکترونیک

عنوان :

بررسی تغییرات مردمک و عنبیه چشم در تصویر با استفاده از الگوریتم های ردگیری چشم و کاربرد آن در تشخیص صحت گفتار

استاد راهنما :

کاوه کنگرلو

استاد مشاور :

فرداد فرخی

پژوهشگر :

مرتضی صدری

تابستان ۱۳۹۱

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب مرتضی صدری دانش اموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی۸۷۰۸۵۱۳٦٤۰۰ در رشته برق – الکترونیک که در تاریخ ۹۱/۰٤/۱۹ از پایان نامه خود تحت عنوان: بررسی تغییرات مردمک و عنبیه چشم در تصویر با استفاده از الگوریتم های ردگیری چشم و کاربرد آن در تشخیص صحت گفتار با کسب نمره ۱۹/۷۵ ودرجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق وپژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده ودر مواردی که از دستاوردهای علمی وپژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود ،نام منبع مورد استفاده وسایر مشخصات آن را در فهرست ذکر ودرج کرده ام .

۲- این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) درسایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده وهرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ....از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .

٤- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط ومقررات رفتار نموده ودر صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام ونام خانوادگی :

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ ۱۳۹۱/۰٤/۱۹

دانشجـوی کارشناسـی ارشـد آقای / خانم مرتضی صدری از پایـان نامـه خود دفـاع نمـوده و بـا نمـره ۱۹/۷۵ بحـروف نوزده و هفتاد و پنج صدم و بـا درجـه عالی مورد تصویـب قـرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱
کلیات..... ۱

۱-۲ تعریف ردگیری چشم..... ۲

۱-۳ انگیزه و اهداف..... ۲

۱-٤ تاریخچه ردگیری چشم..... ۳

۱-۵ حوزه کاربرد ردگیری چشم..... ٤

۱-٦ کاربردهای تجاری ردگیری چشم..... ۵

۱-۷ روش های ردگیری چشم..... ۷

۱-۸ ردگیری چشم بر پایه ویدئو..... ۹

۱-۹ چشم و حرکات آن ۱۳

۱-۱۰ تغییرات چشم و دروغگویی..... ۱۹

۱-۱۱ نتیجه گیری..... ۲۰

فصل دوم : پیشینه تحقیق

مقدمه..... ۲۱

۲- ۱آشکارسازی ۲۲

۲-۲ ردگیری ۲۳

۲-۳ مروری بر روش های ردگیری..... ۲۵

۲-٤ کارهای مشابه..... ۳۱

۲-۵ خلاصه ۳٤

فصل سوم : فیلترهای پیشگو

مقدمه..... ۳۵

۳-۱توابع متغیر ۳٦

۳-۲مدل های همراه با نویز..... ۳۷

۳-۳مدل های فضای حالت..... ۳۸

۳-٤ فیلتر کالمن..... ٤۰

۳-۵ فیلتر کالمن مبسوط..... ٤۳

۳-٦ فیلتر کالمن خنثی..... ٤۷

۳-۷ فیلتر ذره..... ۵۰

۳-۸ مدل های چندگانه..... ۵۲

۳-۹ ملاحظات کلی روش های ردگیری..... ۵٤

۳-۱۰ نتیجه گیری..... ۵۸

فصل چهارم : ردگیری مردمک

مقدمه..... ٦۰

٤-۱آشکارسازی مردمک..... ٦۳

٤-۲ مدل سازی مردمک..... ٦٦

٤-٣ ردگیری مردمک.....٦٨

٤-٤ نتیجه گیری.....٧١

فصل پنجم : تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق

٥-١ نمای کلی سیستم.....٧٢

٥-١-٢ دریافت تصویر.....٧٣

٥-١-٣ رابط کامپیوتری.....٧٤

٥-١-٤ آشکارسازی و ردگیری مردمک.....٧٤

٥-٢ داده های مورد آزمایش.....٧٤

٥-٣ نتایج آزمایشات.....٧٥

٥-٤ تحلیل علل خطا ٨٢

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

مقدمه

٦-١ بررسی نتایج ٨٦

٦-٢ اعتبار سنجی پژوهش.....٨٧

فهرست منابع و ماخذ.....٨٩

چکیده انگلیسی.....٩٧

فهرست جدول ها

عنوان

صفحه

۳-۱ مقایسه فیلترهای رایج در ردگیری ۵۸

۵-۱ مشخصات کلی تصاویر CASIA V3.0 ..... ۷۵

۵-۲ نتایج بدست آمده از تغییر نرخ نمونه براری از تصویر ۷۶

۵-۳ نتایج بدست آمده از تغییر ذرات مورد استفاده برای آشکارسازی مردمک..... ۷۶

۵-٤ نتایج بدست آمده از تغییر تعداد تکرار الگوریتم مار..... ۷۷

۵-۵ نتایج بدست آمده از تغییر تعداد ذرات فیلتر ذره ۷۸

فهرست شکل ها

عنوان

صفحه

۱-۱ ساختمان چشم انسان..... ۲

۱-۲ نمونه ای از الگوی حرکتی چشم ها روی متن(تصویر برگرفته از سایت ویکیپدیا)..... ۳

۱-۳ استفاده از ردگیری چشم در سوپر مارکت ٦

۱-٤ نمونه ای از تعامل انسان و کامپیوتر ۷

۱-۵ تصویر (۱) نمونه ای از سیستم شبیه ساز پرواز و تصویر (۲)و(۳)نمونه ای از سیستم تشخیص هوشیاری راننده..... ۷

۱-٦ سیم پیچ جستجوی صلبیه ای ارائه شده توسط Chronos Vision ۷

۱-۷ سنسورهایی که به پوست اصراف چشم متصل شده اند..... ۸

۱-۸ اصول ایجاد مردمک درخشان و تیره..... ۱۰

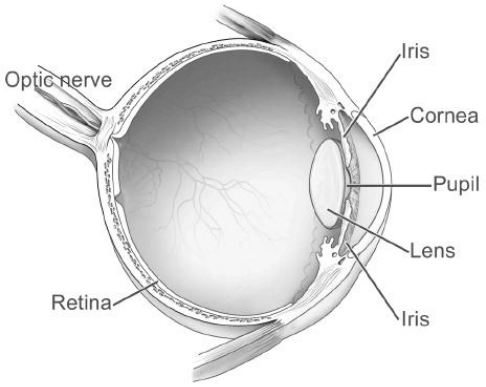
۱-۹ نمونه ای از مردمک درخشان(b)و مردمک تیره(a)را نشان می دهد..... ۱۰
۱-۱۰ A مردمک تیره B مردمک درخشان C بازتاب قرنیه ای..... ۱۱
۱-۱۱ نمونه ای از ردیاب های تجاری چشم..... ۱۲
۱-۱۲ محل شکل گیری تصاویرPurkinje ۱۳
۱-۱۳ ساختمان داخلی چشم..... ۱۵
۱-۱٤ قرنیه چشم انسان..... ۱٦
۱-۱۵ عنبیه و مردمک چشم انسان..... ۱۷
۱-۱٦ عضلات چشم انسان..... ۱۹
۲-۱ دیاگرام بلوکی کلی ردگیری چشم..... ۲۲
۳-۱ منحنی تابع توزیع نرمال..... ۳٦
۳-٤ مدل ترسیمی فضای حالت کلی ۳۹
۳-۵ پروسه کامل فیلتر کالمن ٤۲
۳-٦ توصیف کامل عملکرد فیلتر کالمن مبسوط..... ٤٤
۳-۷ پروسه کامل فیلتر کالمن مبسوط و مقایسه آن با فیلتر کالمن ٤۵
۳-۸ چگونگی خطی سازی فیلتر کالمن مبسوط..... ٤٦
۳-۹ بلوک دیاگرام کامل الگوریتم مدل های چند گانه ۵٤
۳-۱۰ نمایی از فیلتر ذره کلی با نمونه برداری نقاط مهم و نمونه برداری مجدد..... ٦۱
٤-۱ بلوک دیاگرام روش استفاده شده در این تحقیق ٦۲
٤-۲ بلوک دیاگرام آشکارسازی مردمک ٦٤
٤-۳ نمایی از کروی بودن..... ٦۵
٤-٤ مدل مشاهده..... ٦۸
٤-٦ فلوچارت فیلتر ذره استفاده شده در این پژوهش..... ۷۱

۵-۱ دوربین مورد استفاده در پایان نامه ۷۳
۵-۲ ثابت سر استفاده شده ۷۳
۵-۳ الف) دوربین، ب) تابشگر مادون قرمز، ج ود) دوربین نصب شده روی ثابت سر..... ۷٤
۵-٤ نتایج حاصل از ردگیری موقعیت مکانی مردمک در راستای افقی..... ۷۸
۵-۵ نتایج حاصل از ردگیری قطر اصلی مردمک ۷۸
۵-٦ نتایج حاصل از ردگیری موقعیت مکانی مردمک در راستای عمودی..... ۷۹
۵-۷ نتایج حاصل از ردگیریزاویه قطر اصلی مردمک..... ۷۹
۵-۸ نتایج حاصل از ردگیری قطر فرعی مردمک..... ۸۰
۵-۹ نتایج مربوط به آشکارسازی مردمک..... ۸۱
۵-۱۰ تغییر موقعیت بازتاب قرنیه ای با توجه به حرکات سر..... ۸۲
۵-۱۱ خطای شدید الگوریتم مار به دلیل نوردهی نا مناسب مردمک..... ۸۳
۵-۱۲ نحوه چیدمان LED - ها به منظور رسیدن به حداکثر بازده نوری ۸٤

فصل اول : کلیات

همه روزه در زندگی اکثر افراد برای یاد گرفتن ، درک کردن ، خواندن ، دیدن ، حرکت کردن و غیره استفاده زیادی از چشمانشان می کنند. بر خلاف آنچه به نظر می آید که مشاهده دنیای اطراف ما ساده است، درک دیداری[1] یک فرآیند واقعاً پیچیده است. ساختار نوری که توسط چشم دیده می شود به طور پیوسته نمونه برداری می شود که باعث می شود چشم حرکت کند و ساختار نوری مهم دیگری را نمونه برداری کند. مغز تلاش می کند تا اطلاعات بدست آمده را بفهمد. از این طریق ما می توانیم صحنه را مشاهده کنیم.

مفاهیمی که در پس ردگیری چشم قرار دارد ، ردگیری حرکات چشم و تشخیص جهت خیرگی[2](زل زدن) است. اما رسیدن به این هدف مشکل و به تحلیل های سطح بالا نیاز است.



شکل ۱-۱ : ساختمان چشم انسان

[1] Visual Perception
[2] Gaze

حرکات چشم در زمان خواندن یا مشاهده تصاویر اطلاعات مفیدی درباره پردازش هایی که هر شخص انجام می دهد تا اطلاعات تصویری را درک کند و با دانش و حافظه خود یکی کند به ما می دهد. از ردگیری چشم می توان برای مطالعات روان شناسی کودک و بزرگسال ، رابط انسان و ماشین ، تشخیص هوشیاری راننده برای بهبود امنیت ترافیک و ... بهره ببریم.

پژوهش های بسیاری درمورد ردگیری چشم به انجام رسیده و منجر به ایجاد روش های مختلف و کاربردهای متفاوتی شده است.

۱-۲ : تعریف ردگیری چشم

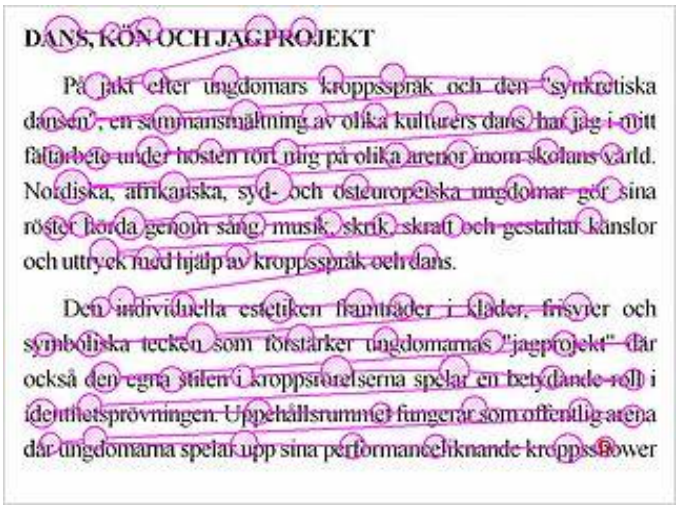
عبارت ردگیری چشم که در این پژوهش استفاده شده به معنی تخمین زدن جهت نگاه کردن شخص می باشد. در بیشتر موارد تشخیص جهت خیرگی به معنی تعیین شیئی است که نگاه شخص روی آن خیره شده است. به بیان دیگر ردگیری چشم فرآیند اندازه گیری نقطه خیره شدن یا حرکت یک چشم نسبت به سر می باشد که اطلاعات جمع آوری شده نظیر موقعیت چشم و حرکت چشم می تواند الگوی حرکتی چشم را به ما بدهد.

۱-۳ : انگیزه و اهداف

همانطور که می دانیم بدن انسان در حالت های احساسی مختلف، واکنش های متفاوتی از خود بروز می دهد. در زمان خوشحالی، ناراحتی، اضطراب و ... این تغییرات قابل مشاهده هستند. به عنوان مثال زمانی که فرد حقیقت را پنهان می کند، استرس افزایش می یابد و این سبب به وجود آمدن تغییراتی در رفتار شخص می شود. مانند لرزش صدا، عرق کردن، سرخ شدن، جا به جا شدن روی صندلی، خارش بینی و ... . اما دروغگوهای حرفه ای قادرند به راحتی این تغییرات را کنترل کنند و با آرامش حقیقت را پنهان کنند. اما هنوز هم راه هایی برای تشخیص دروغ وجود دارد که توسط فرد دروغگو قابل کنترل نیستند، مانند تغییرات در اندازه مرمک چشم یا تغییر الگوی حرکتی چشم. انگیزه اصلی تحقیق در مورد ردگیری چشم و تشخیص صحت گفتار این باور است که " چشمها هرگز دروغ نمی گویند" . بر این اساس با استفاده از ردگیری چشم و بررسی دقیق تغییرات چشم و علم به این حقیقت که زمانی که شخص دروغ می گوید تغییراتی غیر ارادی و اجتناب نا پذیر در بدن او از جمله چشم ها به وجود می آید، و در نظر گرفتن این نکته که مردمک چشم بنا به دلائل مختلفی که در ادامه خواهد آمد، یکی از بارزترین ویژگی های چشم برای ردگیری است، می توان صحت گفتار شخص را مورد بررسی قرار داد .

۱-٤ : تاریخچه ردگیری چشم

در دهه اول قرن هجدهم ، مطالعات روی حرکات چشم از طریق مشاهدات مستقیم انجام شد . در سال ۱۸۷۹ در پاریس ، لوئیس امیل ژاوال، مشاهده کرد که بر خلاف آنچه قبلاً تصور می شد در هنگام مطالعه متن ، چشم ها حرکات پیوسته نرم و هموار ندارند اما یک سری از وقفه های کوتاه [۳] و حرکات جهشی غیر ارادی[٤] دارند . این مشاهدات باعث به وجود آمدن پرسش های مهمی در مورد مطالعه شد، روی چه کلماتی چشم ها توقف می کنند ؟ برای چه مدت ؟ چه موقع به کلماتی که قبلاً دیده بر می گردد ؟


DANS, KÖN OCH JAG PROJEKT

På jakt efter ungdomars kroppsspråk och den "synkretiska dansen", en sammansmältning av olika kulturers dans, har jag i mitt fältarbete under hösten rört mig på olika arenor inom skolans värld. Nordiska, afrikanska, syd- och östeuropeiska ungdomar gör sina röster hörda genom sång, musik, skrik, skratt och gestaltar känslor och uttryck med hjälp av kroppsspråk och dans.

Den individuella estetiken framträder i kläder, frisyrer och symboliska tecken som förstärker ungdomarnas "jagprojekt" där också den egna stilen i kroppsrörelserna spelar en betydande roll i identitetsprövningen. Uppehållsrummet fungerar som offentlig arena där ungdomarna spelar upp sina performanceliknande kroppsflower

شکل۱-۲ : نمونه ای از الگوی حرکتی چشم ها روی متن (تصویر برگرفته از سایت ویکیپدیا)

ادموند هوی یک ردیاب چشم ابتدائی ساخت که ازگونه ای از لنزهای تماسی و یک سوراخ برای مردمک استفاده می کرد [۲۷]. لنزها به یک نشانگر آلومینیومی متصل شده بودند که با حرکت چشم ، حرکت می کرد. او نشان داد که چشم هنگام مطالعه روی بعضی کلمات تمرکز نمی کند. اولین ردیاب چشم غیرتهاجمی توسط توماس باسول در شیکاگو ساخته شد که پرتو های نور تابیده شده به داخل چشم ، منعکس شده و روی یک فیلم ذخیره می شد [۷]. باسول مطالعات منظمی روی خواندن و مشاهده تصویر انجام داد. در سال ۱۹۳۹ ژانگ حرکات افقی و عمودی چشم را به صورت همزمان توسط الکترودهایی که به پوست اطراف چشم وصل می شد اندازه گیری کرد. این روش که همان

[3] Fixation
[4] Saccade

EOG[5] است ، میدان الکتریکی مردمک چشم را که مانند یک دو قطبی عمل می کند ، اندازه گیری می کند. در سال ۱۹٤۷ پائول فیتس، که بعداً به خاطر قانون فیتس به شهرت رسید ، از دوربین های سینمایی برای ضبط حرکات چشم خلبانان جنگی هنگام فرود هواپیما استفاده کرد. این اولین استفاده از ردگیری چشم برای مطالعات بکاربری بود. در سال ۱۹٤۸ هارتریج و تامسون اولین ردیاب چشم نصب شده روی سر را به منظور حرکت آزادانه سر ابداع کردند. در سال ۱۹۵۰ آلفرد یاربوس تحقیقات مهمی روی ردگیری چشم انجام داد و کتابی که در سال ۱۹٦۷ نوشت یکی از پر مراجعه ترین انتشارات در زمینه ردگیری چشم بود [۷۷]. نمونه او نشان داد نوع فعالیت شخص تاثیر بسیار زیادی روی حرکات چشم او دارد . در سال ۱۹۷۰ تحقیقات ردگیری چشم سریعاً توسعه پیدا کرد ، به ویژه تحقیقات روی مطالعه . دراین مقطع زمانی مطالعات خوبی توسط راینر انجام شد [٦۲]. در سالهای ۱۹۸۰ ، مینی کامپیوتر ها به اندازه کافی قدرتمند شدند تا امکان ردگیری چشم بلادرنگ بر پایه ویدئو جهت تعامل انسان و کامپیوتر فراهم شود. این سالها همچنین اولین استفاده از ردگیری چشم برای اشخاص معلول بود.

از سال ۱۹۹۰ تا کنون ، شاهد افزایش مداومی در استفاده از ردیاب های چشم هستیم. کاهش قیمت سیستم های ردگیری سبب استفاده گسترده تر از ردگیری چشم به ویژه در تحقیقات بازاریابی و مطالعات بکاربری شده است. دانشمندان تحقیقات در مورد امکان بهره گیری از ردگیری چشم برای تعامل انسان و کامپیوتر را آغاز کرده اند.

۱-۵ : حوزه کاربرد ردگیری چشم

ردگیری چشم در بسیاری از رشته ها کاربرد داردکه شامل : علوم شناختی ، روان شناسی، تعامل انسان و کامپیوتر[٦] ، تحقیقات بازاریابی و تحقیقات دارویی . کاربردهای ویژه ردگیری حرکات چشم در خواندن زبان ، خواندن موسیقی ، تشخیص فعالیت انسان ، تبلیغات و ... شامل :

مطالعات شناختی، تحقیقات پزشکی، بکاربری کامپیوتر، شبیه سازی وسایل نقلیه، تحقیقات درون وسیله نقلیه، شبیه سازهای تمزین، حقیقت مجازی، تحقیقات ورزشی، ردگیری چشم تجاری (تبلیغات،بازاریابی،صنایع اتومبیل و...)، سیستم های ارتباطی برای معلولین، بهبود ارتباطات تصویری و ویدئویی، تشخیص فعالیت، fMRI / MEG / EEG می باشد.

[5] Electro Occulograghy
[6] Human computer interaction (HCI)

۱-٦ : کاربردهای تجاری ردگیری چشم

در سال های اخیر پیشرفت های چشمگیر و در دسترس بودن فناوری های ردگیری چشم ، توجه زیادی را در بخش تجاری به این فناوری جدید معطوف کرده است. این کاربردها شامل :

۱-٦-۱ : تحقیقات بازاریابی و بررسی تبلیغات

بیشترین استفاده از ردگیری چشم از نظر میزان درآمد ، در تحقیقات بازار می باشد. در زمان طراحی یک پوستر تبلیغاتی ، سوالاتی نظیر : آیا مشتری بالقوه آنها به محصول نگاه می کند ؟ چه زمانی برای مشاهده لوگوی تولید کننده صرف می شود و غیره. با استفاده از یک ردیاب چشم قابل حمل در سوپر مارکت ها می توان پی برد کدام محصول توجه خریدار را جلب می کند ، و ویژگی هایی مانند رنگ ، شکل ، چیدمان و غیره ، کدامیک تاثیر گذار تر است ؟ شکل ۳ نمونه ای از کاربرد ردیاب چشم در سوپر مارکت را نشان می دهد.

شکل ۱-۳ : استفاده از ردگیری چشم در سوپر مارکت

۱-٦-۲ : برآورد نگاه، ارزیابی سودمندی [۷]

یکی دیگر از کاربردهای جالب ردگیری چشم در بررسی قابلیت استفاده می باشد. اولین استفاده از ردگیری چشم قبلاً در بخش تاریخچه ردگیری چشم عنوان شد که در سال ۱۹٤۷ توسط نیروی هوایی ایالات متحده برای پیدا کردن بهترین حالت کنترل هواپیما استفاده شد.

با فراگیر شدن روز افزون اینترنت به عنوان یک بستر تبلیغات ، بکاربری صفحات وب به یک موضوع مهم تبدیل شده است. رابط کاربری که توسط صفحات اینترنتی ارائه می شود ، اغلب تنها تماس بین

[7] Usability Research

تولید کننده و مشتری می باشد و اگر تنها درصد کمی از مشتریان ناراضی باشند ، تولید کننده فروش خود را از دست خواهد داد. بنا براین با بررسی الگوی حرکتی چشم ها در زمان مشاهده صفحات وب، می توان نقاط توجه کاربر در صفحات را مشخص نموده و این امر به طراحی بهتر صفحات وب کمک می کند.

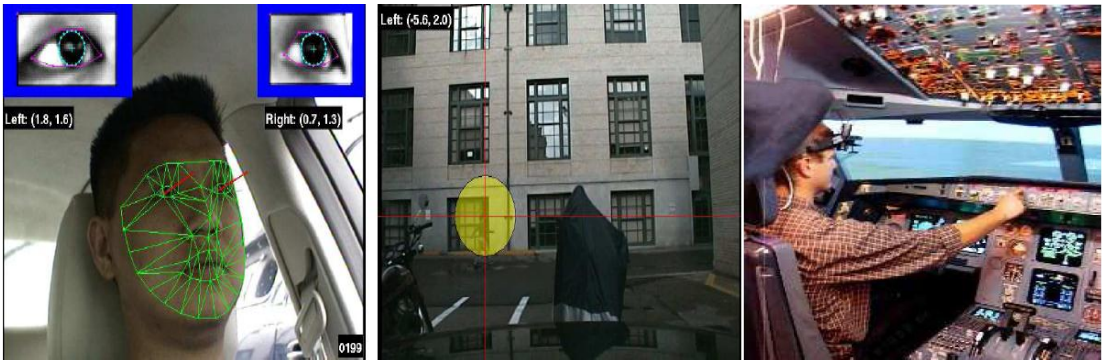
۱-٦-۳ : توانبخشی

یکی دیگر از کاربردهای ردگیری چشم ، توانبخشی می باشد. معلولان و بیمارانی که کنترل ماهیچه های خود را از دست داده اند ، از ردگیری چشم برای تعامل با جهان اطراف استفاده می کنند. چنین سیستم های ردگیری چشم ، رابط تایپ توسط چشم و تبدیل متن به گفتار را ارائه می کنند. بعنوان نمونه دیگر سیستم های متداول کنترل شونده با چشم نظیر : هدایت صندلی چرخ دار ، روشن و خاموش کردن تلویزیون و کنترل ماوس می باشند.

شکل ۱-٤ : نمونه ای از تعامل انسان و کامپیوتر

۱-٦-٤ : شبیه سازی

می توان از ردگیری چشم برای شبیه سازی پرواز استفاده کرد به این صورت که الگوی حرکتی چشم خلبانان تازه کار بدست می آید و مشخص می شود که در زمان پرواز و فرود و مواقع اظطراری به محل های درست نگاه می کنند یا نه ، و این الگوی حرکتی با الگوی حرکتی خلبانان با تجربه مقایسه می شود. مشابه این سامانه برای تشخیص هوشیاری راننده به کار می رود که در شکل نشان داده شده است .



(الف) (ب) (ج)

شکل ۱–۵ : (الف) نمونه ای از سیستم شبیه ساز پرواز ، (ب)و(ج) نمونه ای از سیستم تشخیص هوشیاری راننده

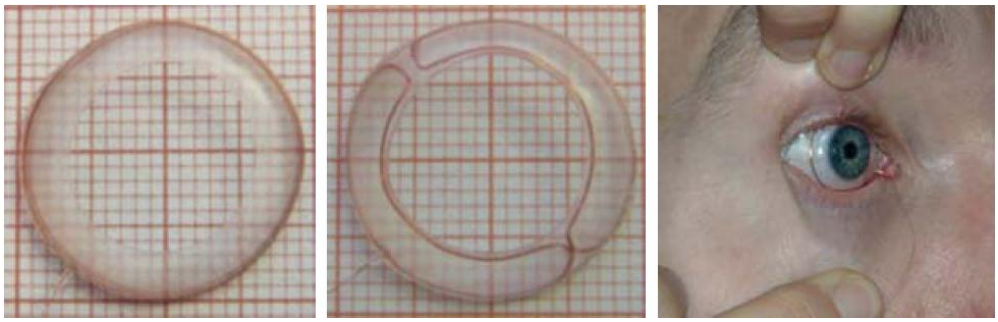
۱–٦–۵ : صنایع دفاعی

ردگیری چشم کاربردهای متفاوتی در صنایع دفاعی دارد. یکی از استفاده های اصلی کمک به خلبانان در کنترل اسلحه ها می باشد . به این صورت که به خلبان اجازه می دهد تا در زمان پرواز اهداف را توسط چشم مشاهده و انتخاب کند و توسط دست شلیک کند.

۱–۷ : روش های ردگیری چشم

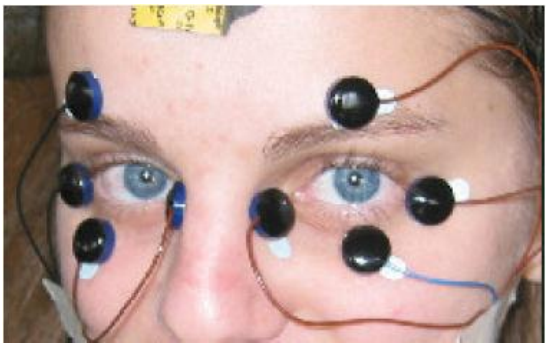
سه روش کلی برای ردگیری حرکات چشم وجود دارد :

مستقیم ترین روش ثابت کردن یک سنسور روی چشم است. ثابت کردن اهرم های کوچک روی مردمک به این روش مربوط می شود. اما پیشنهاد نمی شود چرا که احتمال صدمه خیلی بالاست. یک راه ایمن تر برای اعمال سنسور ها به چشم استفاده از لنزهای تماسی می باشد. یک آینه مجتمع شده داخل لنز تماسی امکان اندازه گیری نور بازتابیده شده را می دهد. همچنین یک سیم پیچ در لنز تماسی ، امکان تشخیص جهت سیم پیچ در میدان مغناطیسی را می دهد. سیم نازکی که سیم پیچ را به وسیله اندازه گیرنده متصل می کند ، برای شخص آزار دهنده است. مزیت بزرگ این روش دقت بالای آن است. به همین دلیل در تحقیقات پزشکی و روان شناسی از این روش استفاده می شود.



شکل ۱-٦ : سیم پیچ جستجوی صلبیه ای ارائه شده توسط Chronos Vision

روش دیگر الکترواوکلوگرافی[8] می باشد (EOG) می باشد که با استفاده از سنسورهایی که به پوست اطراف صورت متصل می شوند یک میدان الکتریکی را اندازه گیری می کند. در واقع بر این عقیده بودند که سنسورها پتانسیل الکتریکی ماهیچه های چشم را اندازه گیری می کنند. اما مشخص شد که این میدان الکتریکی چشم است که مانند یک دوقطبی الکتریکی عمل می کند. این روش به تداخل های الکترومغناطیسی حساس می باسد اما به خوبی کار می کند چرا که دارای فناوری پیشرفته ای می باشد. مزیت این روش توانایی تشخیص حرکات چشم حتی در حالت بسته است ، یعنی زمان خواب !.



شکل ۱-۷ : سنسورهایی که به پوست اطراف چشم متصل شده اند

هر دو روش اشاره شده در بالا روش های تهاجمی[9] هستندو برای استفاده ما مناسب نیستند. روش سوم و مطلوب ما برای ردگیری چشم ، استفاده از تصاویر ویدیوئی می باشد. قسمت مرکزی این روش یک دوربین ویدیوئی است که برای پردازش تصویر بلادرنگ[10] به یک کامپیوتر متصل شده است. پردازش تصویر ، تصاویر گرفته شده توسط دوربین را می گیرد و محل چشم و مردمک را

[8] Electrooculography
[9] Intrusive
[10] Real-time

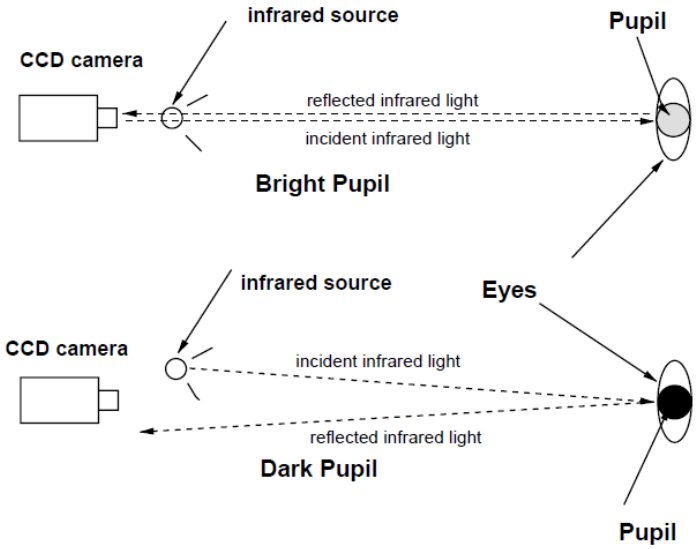
تشخیص می دهد. در قسمت بعدی روش های مختلف برای رسیدن به آن ارائه شده است. مزیت بزرگ ردگیری ویدئویی، غیر تهاجمی[11] بودن آن است. نتیجتاً در این تحقیق از ردیاب های چشم بر پایه ویدئو استفاده کردیم.

۱-۸ : ردگیری چشم بر پایه ویدئو

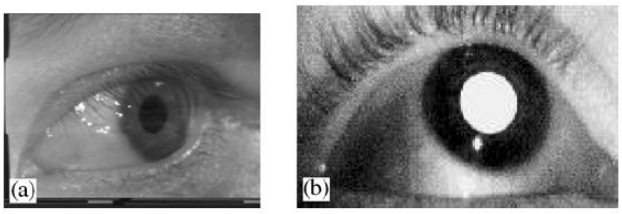
وظیفه ردیاب های چشم بر پایه ویدئو ، تشخیص جهت خیرگی از تصاویر گرفته شده توسط دوربین می باشد. یک روش ممکن تشخیص عنبیه با استفاده از تباین بالای میان عنبیه با صلبیه و مردمک می باشد. این روش در جهت افقی دارای دقت بالایی می باشد اما در جهت عمودی از آنجا که قسمت بالایی و پایینی عنبیه توسط پلک و مژه ها پوشیده می شود ، دقت مناسبی ندارد. به همین دلیل اکثر ردیاب های چشم بر پایه ویدئو ازتشخیص مردمک استفاده می کنند.

دو روش برای تشخیص مردمک وجود دارد : مردمک تیره و مردمک درخشان. در روش مردمک تیره با استفاده از پردازش تصویر مکان یک مردمک سیاه در تصویر مشخص می شود. اما زمانیکه با عنبیه قهوه ای تیره سرو کار داریم ، این روش با مشکل مواجه می شود چرا که تباین بین عنبیه قهوه ای و مردمک سیاه خیلی کم است. در روش مردمک درخشان از نور مادون قرمز برای ایجاد مردمک درخشان استفاده می شود . مردمک درخشان زمانی به وجود می آید که چشم ها در یک طول موج مشخص در طول محور نوری دوربین ، تحت تابش مادون قرمز نزدیک قرار بگیرند . در طول موج مادون قرمز نزدیک ، مردمک تقریباً تمام نور مادون قرمز که دریافت می کند را در همان مسیر به دوربین بر می گرداند و باعث ایجاد اثر مردمک درخشان می شود ، بسیار شبیه اثر قرمزی چشم در عکاسی .اگر نور مادون قرمز در همان مسیر به دوربین برنگردد باعث ایجاد مردمک تیره می شود . شکل ۷-۱ اصول ایجاد مردمک درخشان و تیره و شکل ۸-۱ نمونه ای از مردمک درخشان و مردمک تیره را نشان می دهد.

[11] Non-intrusive



شکل ۱–۸ : اصول ایجاد مردمک درخشان و تیره



(ب) (الف)

شکل ۱–۹ : الف و ب) به ترتیب نمونه ای از مردمک درخشان و مردمک تیره

۱–۸–۱ : روش بازتاب قرنیه ای

ردیاب های چشم بر پایه ویدئو علاوه بر مردمک از بازتاب قرنیه ای (تصویر اول پورکینژ[۱۲]) نیز بعنوان مشخصه مورد نظر برای ردگیری در طول زمان استفاده می کنند. گونه حساس تری از ردیاب های چشم از بازتاب های جلوی قرنیه (تصویر اول پورکینژ) و پشت عدسی (تصویر چهارم پورکینژ) برای ردگیری استفاده می کنند . روش های نوری به ویژه آنهایی که برپایه ضبط ویدئویی هستند به طور گسترده در ردگیری خیرگی چشم به کار می روند و در کاربردهای غیر تهاجمی و کم هزینه مورد استفاده قرار می گیرند. از مادون قرمز نزدیک برای ایجاد بازتاب قرنیه ای[۱۳] استفاده می شود . در شکل ۹–۱ بازتاب قرنیه ای مشاهده می شود.

[12] Purkinje
[13] Corneal Reflection (CR)