بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
مؤسسه آموزش عالی سجاد

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مخابرات

Eye tracking

علی باقریان حقیقی

دکتر احدی اخلاقی

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم

به آن امامِ حاضرِ غایبیِ که

هر چه دارم و بدست خواهم آورد برای ایشان است و همسر و پدر و مادر عزیزم که درتمام مراحل زندگی ام همواره بزرگترین و دوست داشتنی ترین استادهایم بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

از پدر و مادر مهربانم که همواره بلند مرتبه ترین معلم من در طول زندگی‌ام بوده اند سپاسگزارم و همچنین از همسر عزیزم، که در طول این مدت با مهربانی و فداکاری و همکاری، مرا در به پایان رساندن پروژه‌ام، یاری رساندند، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر احدی اخلاقی که همواره با راهنمایی‌های خود مرا در انجام هرچه بهتر پروژه یاری کردند، کمال تشکر را دارم و امیدوارم که با تکمیل و گسترش این پروژه در آینده نچندان دور و پیاده‌سازی ایده‌هایم در این زمینه، بتوانم اندکی از زحمات ایشان را در طی انجام پروژه جبران نمایم.

علی باقریان حقیقی

کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات

زمستان ۱۳۹۲

چکیده

در این پژوهش، روش جدیدی جهت تشخیص و ردگیری مردمک چشم با استفاده از تبدیل هاف بهبود یافته و بکارگیری IR-EMD[1] ارائه شده است. روش پیشنهادی، بر پایه نسخه دایروی تبدیل هاف است که با اعمال تغییرات و اصلاحاتی در آن و استفاده از IR-EMD سرعت و دقت آن افزایش یافته است. با اعمال تبدیل هاف دایروی بهبود یافته بر روی تصویر بدست آمده از یک دوربین با کیفیت متوسط و پایین که مجهز به حلقه IR است و بر روی عینک نصب شده است، (IR-EMD)، مکان دقیق مردمک در تصویر آشکارسازی می‌شود. از مهمترین خصوصیات الگوریتم پیشنهادی می‌توان به سرعت و دقت بالا، عدم نیاز به دوربین با کیفیت بالا، مقاوم بودن در برابر نویز تصویر و همچنین مقاوم بودن در مقابل دیگر عوامل محیطی نظیر چرخش سر، آرایش چشمان و نور پس زمینه محیط و... اشاره کرد. نتایج بدست آمده از آزمایشات، که بر روی اشخاص مختلف صورت گرفته است، بیانگر دقت و کارایی بالای روش پیشنهادی می‌باشد.

کلید واژه‌ها :

تشخیص مردمک چشم، IR-EMD، ردگیری مردمک چشم، تبدیل هاف دایروی بهبود یافته.

[1] IR-Eye Mount Device

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: کاربردهای ردگیری چشم ۴

۲-۱- ردگیری چشم راننده جهت تشخیص خواب آلودگی ۴

۲-۲- طراحی موس کامپیوتری برگرفته از تکنولوژی ردگیری چشم ۸

۲-۳- ردگیری چشم در روانشناسی ۸

۲-۴- کاربرد ردگیری چشم در بازی‌های کامپیوتری و شبیه‌سازهای آن ۸

۲-۵ - طراحی کاربر پسندانه صفحات وب و مکان یابی محل مناسب تبلیغات در وب ۹

۲-۶-استفاده از ردگیری چشم در صنایع نظامی ۱۰

۲-۷- استفاده از ردگیری چشم درایجاد ارتباط بین معلولین و محیط اطراف ۱۱

۲-۸- نتیجه گیری ۱۱

فصل سوم: بررسی روش‌های ردگیری چشم ۱۲

۳-۱- استفاده از تبدیل هاف در تشخیص و ردگیری عنبیه یا مردمک چشم ۱۲

۳-۱-۱ - معرفی تبدیل هاف ۱۲

۳-۱-۲ - تشخیص عنبیه ۱۳

۳-۲- روش هاف بهبود یافته ۱۴

۳-۳- روش اختلاف تصویر با استفاده از دو دوربین ۱۵

۳-۴- روش اختلاف تصویر با استفاده از یک دوربین ۱۶

۳-۵ - روش لیزر ۱۹

۳-۶ - ردگیری چشم با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۲۱

۳-۷- جمع بندی ۲۲

فصل چهارم: تشخیص و ردگیری دقیق مردمک چشم با استفاده از تبدیل هاف دایروی بهبود یافته و IR-EMD ۲۴

۴-۱- نگاهی بر ساختمان چشم انسان و حرکات آن ۲۵

۴-۲- عملگرهای آشکارساز لبه ۲۵
۴-۳- لبه یاب Canny ۲۶
۴-۳-۱- تضعیف نویز ۲۷
۴-۳-۲- استخراج نقاط لبه ۲۷
۴-۳-۳- حذف..... ۲۷
۴-۴- تکنیک‌های حذف نویز از تصاویر ۲۸
۴-۵- IR-EMD ۲۹
۴-۶- تبدیل هاف دایروی بهبود یافته ۲۹
۴-۷- ردگیری مردمک چشم ۳۰
۴-۸- نتایج ۳۰
۴-۸-۱- بررسی سرعت و دقت روش پیشنهادی ۳۲
۴-۸-۲- بررسی اثر عوامل مخرب فریم ورودی بر الگوریتم پیشنهادی ۳۴
۴-۸-۳- بررسی تاثیر نویز فلفل نمکی بر روش پیشنهادی ۳۶
۴-۸-۴- بررسی تاثیر نویز گوسی بر روش پیشنهادی ۴۱
فصل پنجم : جمع بندی، نتیجه‌گیری ، پیشنهادات ۴۴
۵-۱- جمع بندی ونتیجه‌گیری ۴۴
۵-۲-پیشنهادات ۴۵
مراجع..... ۴۶

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- انواع EYE TRACKER [۲].....۳

شکل ۱-۲- کلاه تک چشم [۱].....۳

شکل ۱-۳- کلاه دو چشم [۱].....۳

شکل ۲-۱- ماشین مجهز به سیستم تشخیص خواب آلودگی [۶].....۴

شکل۲-۲- چهره سیاه سفید فرد مورد آزمایش [۶].....۵

شکل ۲-۳- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره (شکل۲-۲) [۶].....۵

شکل ۲-۴- چهره فرد در وضعیت‌های مختلف چشم [۶].....۶

شکل ۲-۵- چهره سیاه سفید فرد در وضعیت‌های مختلف چشم [۶].....۶

شکل۲-۶- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی یک در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶].....۶

شکل ۲-۷- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی دو در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶].....۷

شکل ۲-۸- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی سه در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶].....۷

شکل ۲-۹- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی چهار در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶].....۷

شکل ۲-۱۰- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی پنج در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶].....۸

شکل ۲-۱۱- صفحه اینترنتی، که میانگین میزان توجه کاربران به نقاط مختلف را نشان می‌دهد [۱۸]. ۹

شکل ۲-۱۲- شکل پیاده سازی صفحه کلید مجازی جهت ارتباط با معلولین [۱۹].....۱۰

شکل ۲-۱۳- شمای کلی سیستم [۱۹].....۱۰

شکل ۳-۱- شمای کلی مردمک چشم و عنبیه چشم ۱۳

شکل ۳-۲-تشخیص عنبیه چشم با تبدیل هاف [۲۱].....۱۴

شکل ۳-۳- تشخیص مردمک چشم با روش فوق [۲۶].....۱۵

شکل ۳-۴- تشخیص مردمک چشم با روش فوق [۲۶].....۱۵

شکل ۳-۵- پیاده سازی روش فوق با دو ردیف IR و دوربین مینیاتوری [۲۶].....۱۶
شکل ۳-۶- نحوه تشخیص مردمک چشم با بکارگیری از روش فوق [۲۶] ۱۷
شکل۳-۷- تشخیص مردمک چشم با بکارگیری از روش فوق [۲۸].....۱۷
شکل ۳-۸- تشخیص مردمک چشم با بکارگیری از روش فوق [۲۸].....۱۸
شکل ۳-۹- تشخیص چند مردمک به صورت همزمان در یک تصویر با بکارگیری از روش فوق[۲۸] ۱۸
شکل ۳- ۱۰- تشخیص مردمک چشم با بکارگیری از روش فوق[۲۸] ۱۸
شکل ۳-۱۱- نحوه تابش لیزر بر چشم [۲۹].....۱۹
شکل ۳-۱۲- بلاک دیاگرام سیستم Eye Tracker در روش فوق [۲۸].....۲۰
شکل ۳-۱۳- تشخیص مردمک چشم با روش GA [۳۰] ۲۱
شکل ۳-۱۴- تشخیص مردمک چشم با روش GA [۳۰] ۲۱
شکل ۳-۱۵- روندنما روش ردگیری چشم با استفاده از الگوریتم GA [۳۰] ۲۲
شکل ۴-۱- دوربین نصب شده روی سر ۲۴
شکل ۴-۲- نمای کلی قسمت‌های چشم **[۳۱]** ۲۵
شکل ۴-۳- تصویر چشم، ورودی الگوریتم لبه‌یاب ۲۶
شکل ۴-۴- لبه‌های تصویر چشم، خروجی الگوریتم لبه‌یاب ۲۶
شکل ۴-۵- نمای کلی قسمت‌های چشم ۲۷
شکل ۴-۶- نمای کلی قسمت‌های چشم ۲۸
شکل ۴-۷- نمای کلی IR-EMD ۲۹
شکل ۴-۸- روند نمای روش پیشنهادی.....۳۰
شکل ۴-۹- نمونه CASIA-Iris-Interval **[۳۸]**.....۳۱
شکل ۴-۱۰- نمونه CASIA-Iris- Lamp **[۳۸]**.....۳۱
شکل ۴-۱۱- نمونه CASIA-Iris- Twins **[۳۸]** ۳۱
شکل ۴-۱۲- دستگاهی که با آن مجموعه CASIA-Iris-Interval تهیه شده است **[۳۸]** ۳۱
شکل ۴-۱۳- نمونه‌ای از تصویر ورودی نحوه عملکرد الگوریتم ۳۲
شکل ۴-۱۴- نمونه ای از تشخیص صحیح مردمک چشم.....۳۳
شکل ۴-۱۵- نمونه از تشخیص اشتباه مردمک چشم ۳۳

شکل ۴-۱۶- نمونه از عدم تشخیص مردمک **چشم** ۳۳
شکل ۴-۱۷- نمونه‌ای از تصویر ورودی با نور پس زمینه غیر یکنواخت و نحوه عملکرد الگوریتم.....۳۴
شکل ۴-۱۸- نمونه‌ای از تصویر ورودی ناکامل بودن از مردمک و عنبیه چشم (افراد چشم تنگ) و نحوه عملکرد الگوریتم ۳۵
شکل ۴-۱۹- نمونه‌ای از تصویر ورودی با آرایش چشم و نحوه عملکرد الگوریتم ۳۵
شکل ۴-۲۰- نمونه‌ای از تصویر ورودی با عینک و نحوه عملکرد الگوریتم ۳۵
(الف) فریم ورودی (تصویر با عینک) ۳۵
(ب) فریم خروجی الگوریتم ۳۵
شکل ۴-۲۱- فریم ورودی قبل اعمال نویز ۳۶
شکل ۴-۲۲- نمونه‌ای از اعمال نویز فلفل نمک ۳۰ ٪ بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم ۳۶
شکل ۴-۲۳- نمونه‌ای از اعمال نویز فلفل نمک ۵۰ ٪ بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم۳۶
شکل ۴-۲۴- نمونه‌ای از اعمال نویز فلفل نمک ۸۰ ٪ بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم ۳۷
شکل ۴-۲۵- نمودار درصد دقت (صحت تشخیص) الگوریتم ۳۹
شکل ۴-۲۶- مدت زمان اجرای الگوریتم(بر حسب میلی ثانیه) ۳۹
شکل ۴-۲۷- درصد خطای الگوریتم در حضور نویز فلفل نمک با شدت ۸۰٪ ۴۰
شکل ۴-۲۸- درصد خطای الگوریتم در حضور نویز فلفل نمک با شدت ۵۰٪ ۴۰
شکل ۴-۲۹- درصد خطای الگوریتم در حضور نویز فلفل نمک با شدت ۳۰٪ ۴۰
شکل ۴-۳۰- فریم ورودی قبل اعمال نویز ۴۱
شکل ۴-۳۱- نمونه‌ای از اعمال نویز گوسی با واریانس ۰.۱ و میانگین صفر، بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم ۴۱
شکل ۴-۳۲- نمونه‌ای از اعمال نویز گوسی با واریانس ۰.۵ و میانگین صفر، بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم ۴۲
شکل ۴-۳۳- نمونه‌ای از اعمال نویز گوسی با واریانس ۱ و میانگین صفر، بر تصویر ورودی الگوریتم و نحوه عملکرد الگوریتم ۴۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱- جمع بندی و مقایسه روش های فصل سوم ۲۳

جدول ۴-۱- مقایسه زیر مجموعه‌های CASIA-Iris V.3 [۳۸] ۳۲

جدول ۴-۲- بررسی سرعت و دقت الگوریتم پیشنهادی ۳۴

جدول ۴-۳- بررسی تاثیر شدت نویز فلفل نمکی بر سرعت و دقت الگوریتم پیشنهادی برای فیلتر میانه با ابعاد ۲۵*۲۵ ..... ۳۷

جدول ۴-۴- بررسی تاثیر شدت نویز فلفل نمکی بر سرعت و دقت الگوریتم پیشنهادی برای فیلتر میانه با ابعاد ۱۵*۱۵ ..... ۳۷

جدول ۴-۵- بررسی تاثیر شدت نویز فلفل نمکی بر سرعت و دقت الگوریتم پیشنهادی برای فیلتر میانه با ابعاد ۵*۵ ..... ۳۸

جدول ۴-۶- بررسی دقیق درصد رخ داد انواع خطاها در حالت حذف نویز فلفل نمک با فیلتر میانه به ابعاد ۲۵* ۲۵ ..... ۳۸

جدول ۴-۷- بررسی دقیق درصد رخ داد انواع خطاها در حالت حذف نویز فلفل نمک با فیلتر میانه به ابعاد ۱۵*۱۵ ..... ۳۸

جدول ۴-۸- بررسی دقیق درصد رخ داد انواع خطاها در حالت حذف نویز فلفل نمک با فیلتر میانه به ابعاد ۵* ۵ ..... ۳۸

جدول ۴-۹- بررسی تاثیر شدت نویز گوسی با میانگین صفر بر سرعت و دقت الگوریتم پیشنهادی برای فیلتر wiener با ابعاد ۱۵*۱۵ ..... ۴۳

جدول ۴-۱۰- بررسی دقیق درصد رخ داد انواع خطاها در حالت حذف نویز گوسی با فیلتر wiener به ابعاد ۱۵* ۱۵ ..... ۴۳

فصل اول: مقدمه

ردگیری چشم[1]، به معنی تشخیص دقیق و لحظه به لحظه مردمک چشم در تصاویر می‌باشد. ردگیری مردمک چشم کاربردهای بسیاری در تعامل انسان با کامپیوتر، کاربردهای پزشکی، رفتار شناسی، بازاریابی و نظامی دارد. چشم انسان، اطلاعات مهمی در مورد آنچه او اراده کرده است در اختیار قرار می‌دهد به همین دلیل، تحقیقات فراوانی برای بدست آوردن جهت نگاه کاربر، که یکی از مهمترین ویژگی‌های چشم انسان می‌باشد، صورت گرفته است که می‌تواند برای کاربردهای اشاره شده در بالا مورد استفاده قرار گیرد.

روش های مختلف و گوناگونی برای تشخیص و ردگیری مردمک وجود دارد که میزان دقت و کارایی آنها متفاوت است، می‌توان این روش‌ها را به دو دسته کلی روش‌های مداخله جویانه(تهاجمی) و غیر مداخله جویانه(غیر تهاجمی) تقسیم کرد.

روش های مداخله جویانه با اتصال حسگرها یا الکترودهایی به چشم یا پوست اطراف آن، ردگیری را انجام می‌دهند. گرچه این روش‌ها بسیار دقیق می‌باشند اما به دو دلیل نمی‌توانند به طور وسیع مورد استفاده قرار بگیرند. اولا، به دلیل استفاده از وسایل مخصوص، این روش‌ها اکثراً گران قیمت هستند و نمی‌توانند برای همهٔ افراد قابل تهیه باشند. دوماً، نصب تجهیزات مورد استفاده در این روشها سخت و زمان بر خواهد بود. از سوی دیگر، روش های غیر مداخله جویانه آسان، ارزان و انعطاف پذیر هستند. از آنجا که روش‌های غیر مداخله جویانه برپایه پردازش تصاویر گرفته شده از چشم هستند، بخش اصلی آنها یک دوربین می‌باشد [۱-۵].

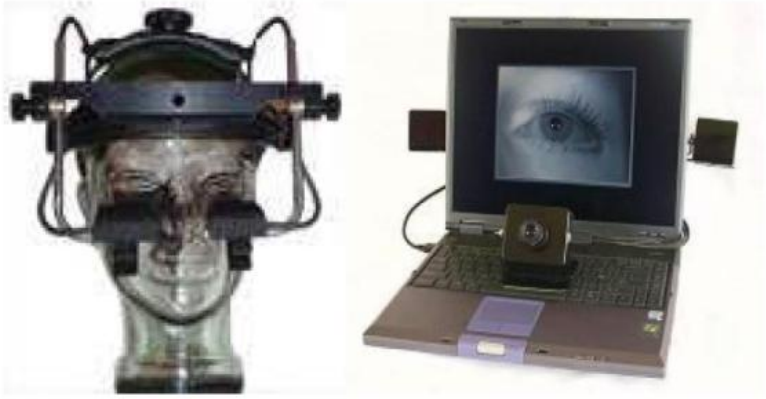
معیار سنجش الگوریتم‌های ارائه شده در این زمینه را می‌توان به دو دسته کلی مقاوم بودن الگوریتم (در مقابل نور پردازی‌های مختلف، انواع حرکات سر، تغییرات چهره و فرد و....) و زمان حقیقی بودن الگوریتم تقسیم کرد.

امروزه مقالات متعددی در زمینه ردگیری چشم در مورد پیاده سازی و کاربردهای ردگیری چشم و روش‌های جدید ردگیری چشم وجود دارد، که خود این روش‌ها را می‌توان از منظر زمان، به دو دسته‌ی کلی، ردگیری چشم به صورت زمان واقعی و ردگیری چشم به صورت غیر زمان واقعی تقسیم بندی کرد. بیشتر توجه محققین در مورد روش‌های زمان واقعی است. از کاربردهای این دسته از روش‌ها می‌توان به تشخیص خواب آلودگی رانندگان و انواع شبیه سازهای نظامی و غیر نظامی اشاره نمود.

با توجه به مطالعات انجام شده ردگیری چشم‌ها را می‌توان از لحاظ نحوه پیاده سازی به دو دسته تقسیم کرد:

- Intrusive eye tracker
- Non-Intrusive eye tracker

[1] Eye tracking



(a) Intrusive (b) Non-Intrusive

شکل ۱ – ۱–انواع EYE TRACKER [۲]

دسته اول (Intrusive eye tracker) که در شکل ۱–۱، سمت چپ قرار گرفته است، آن دسته از ردگیرهای چشم هستند که بر روی کلاه نصب می‌شوند که شامل دو دسته‌ی: کلاه با دوربین یا حسگر به صورت تک چشمی و کلاه با دوربین یا حسگر دو چشمی هستند که نمونه‌های آن به ترتیب در شکل‌های ۱–۲ و ۱–۳ وجود دارد[۲–۱].

شکل ۱–۲–کلاه تک چشم [۱]

شکل ۱–۳– کلاه دو چشم [۱]

در ادامه به بررسی کاربرد های مهم و جدید ردگیری چشم و همچنین روش های مختلف آن پرداخته می‌شود و در پایان روش پیشنهادی و نتایج حاصل از آن به طور کامل بررسی خواهد شد.

فصل دوم: کاربردهای ردگیری چشم

در این بخش به بیان کاربردهای مختلف ردگیری چشم می‌پردازیم و بیشتر کاربردهای جدید و مهم آن را که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند را بررسی می‌کنیم.

۲-۱- ردگیری چشم راننده جهت تشخیص خواب آلودگی

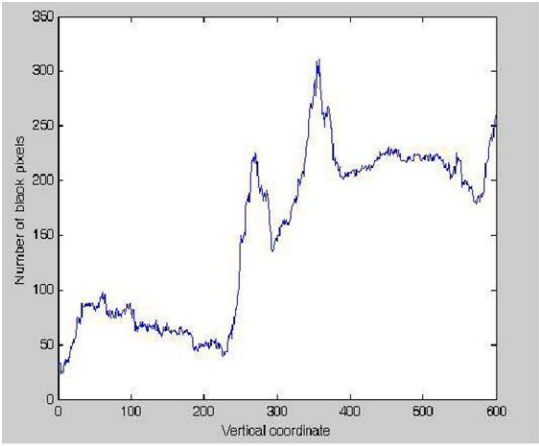
خواب آلودگی راننده یکی از مهمترین عوامل تصادفات رانندگی محسوب می‌شود. لذا شرکت‌های سازنده اتومبیل در کنار دیگر سازمان‌های مرتبط، برآن شدند تا این عامل مهم تصادفات جاده‌ای را بررسی کنند و راه حلی را ارائه دهند تا بتواند بطور زمان واقعی، خواب آلودگی راننده را تشخیص و به شخص راننده هشدار دهد. راه حلی که پیشنهاد شد، استفاده از ردگیری چشم است، به این شکل که ابتدا محدوده چهره شخص راننده مشخص می‌شود البته بهتر است الگوریتمی برای تعیین محدوده صورت استفاده شود که در مقابل حرکات سر و تغییرات آن و همچنین وضعیت‌های نور مختلف و موهای مختلف و داشتن یا نداشتن عینک و... مقاوم باشد. خواب آلودگی راننده وقتی تشخیص داده می‌شود که چشم‌های راننده بیش از چند ثانیه بسته بمانند و این خواب آلودگی با ایجاد آلارم خاصی که می‌تواند لرزشی و یا صوتی باشد و راننده را هوشیار می‌کند [۸-۶]. در شکل ۲-۱ شماتیک یک نمونه ماشین مجهز به این سیستم نمایش داده شده است.

شکل ۲-۱- ماشین مجهز به سیستم تشخیص خواب آلودگی [۶]

یکی از روش‌های تشخیص به این صورت می‌باشد که ابتدا صورت راننده توسط یک دوربین مینیاتوری مورد رصد قرار می‌گیرد و بعد از مشخص شدن محدوده چهره فرد، براساس میزان پیکسل سیاه و سفید، خواب آلودگی

راننده تشخیص داده می‌شود. روش مورد استفاده براساس میزان پیکسل‌های سیاه در تصویر سیاه سفید[1] راننده می‌باشد که به صورت افقی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شکل۲-۲ چهره راننده به بصورت سیاه سفید نشان می‌دهد و در شکل ۲-۳ نمودار تعداد پیکسل‌های سیاه رنگ هر ردیف از عکس رسم شده است که با تحلیل آن می توان خواب آلودگی راننده را تشخیص داد.

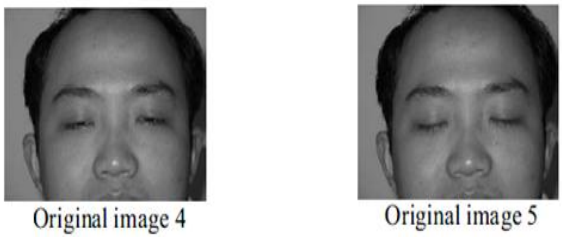
شکل۲-۲- چهره سیاه سفید فرد مورد آزمایش [۶]



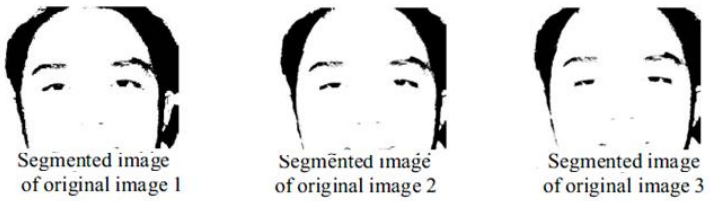
شکل ۲-۳- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره (شکل۲-۲) [۶]

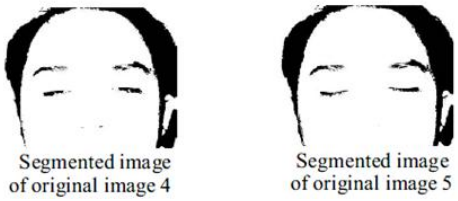
به عنوان مثال برای فرد راننده به این صورت عمل می‌کنیم که ابتدا از فرد راننده عکس‌هایی در حالات مختلف چشم گرفته می‌شود که در شکل‌های ۲-۴ و ۲-۵ نشان داده شده است. در هر عکس نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی رسم می‌شود که در شکل‌های ۲-۶ و ۲-۷ و ۲-۸ و ۲-۹ و ۲-۱۰ نشان داده شده است و به عنوان الگو قرار می‌گیرد و سپس با بررسی و مقایسه عکس و حالات مختلف چشم راننده، یک حد آستانه مشخص می‌شود که با آن می‌توان خواب بودن راننده را تشخیص داد. هنگامی که چشمان راننده روی هم قرار می‌گیرد نسبت به حالتی که چشمان او باز است تعداد پیکسل‌های روی ردیف افقی محدوده چشم بطور متوسط کاهش میابد لذا با توجه به آن حد آستانه از پیش تعیین شده به راحتی خواب بودن راننده تشخیص داده می‌شود [۶].

1 binary

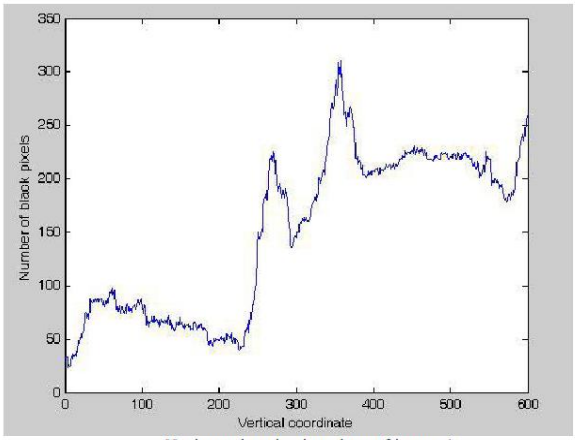


شکل ۲-۴- چهره فرد در وضعیت‌های مختلف چشم [۶]



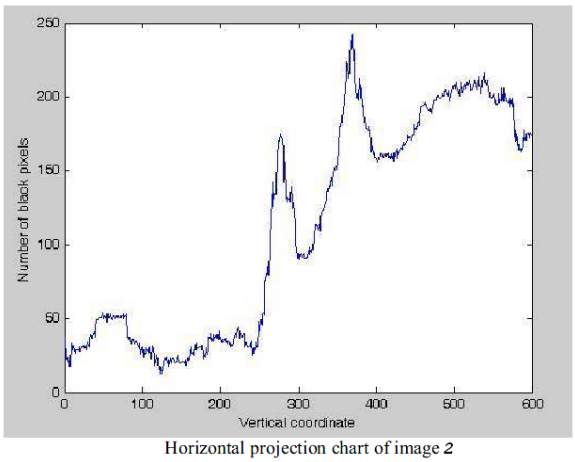


شکل ۲-۵- چهره سیاه سفید فرد در وضعیت‌های مختلف چشم [۶]



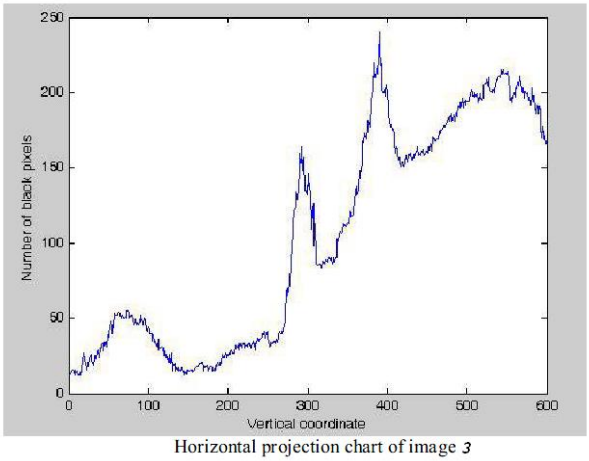
Horizontal projection chart of image 1

شکل۲-۶- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی یک در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶]



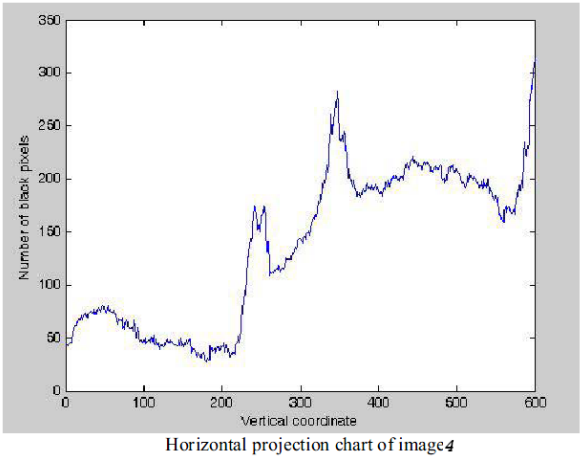
Horizontal projection chart of image *2*

شکل ۲-۷- نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی دو در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶]



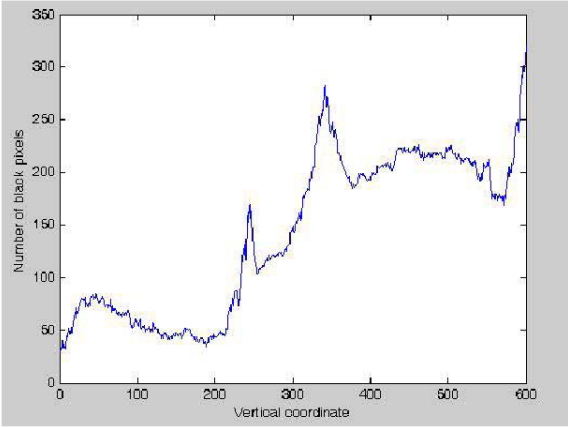
Horizontal projection chart of image *3*

شکل ۲-۸-نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی سه در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶]



Horizontal projection chart of image*4*

شکل ۲-۹-نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی چهار در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶]



Horizontal projection chart of image 5

شکل ۲-۱۰-نمودار پیکسل‌های مشکی در راستای افقی برای چهره اصلی پنج در تشخیص خواب آلودگی راننده [۶]

لازم به ذکر است که الگوریتم در مقابل نویز، تغییرات نور و تغییر زاویه سر راننده، مقاوم نیست و به درستی عمل نمی‌کند.

۲-۲- طراحی موس کامپیوتری برگرفته از تکنولوژی ردگیری چشم

طراحی موس کامپیوتری برگرفته از تکنولوژی ردگیری چشم به این صورت عمل می‌کند که فرد تنها با نگاه کردن به هرقسمت صفحه نمایش می‌تواند از این موس کامپیوتری بهره ببرد. در ابتدا این ایده مورد توجه بسیاری از شرکت‌ها قرار گرفت ولی به تدریج به علت کاربر پسندانه نبودن، تقریبا کنار گذاشته شد. در حال حاضر کاربرها استفاده از صفحه نمایش‌های لمسی را به این تکنولوژی ترجیح می‌دهند [۹].

۲-۳- ردگیری چشم در روانشناسی

ردگیری چشم می‌تواند درعلم روانشناسی و تشخیص بیماری‌های روانی می‌تواند کاربرد بسزایی داشته باشد حتی می‌توان با تحلیل نمونه‌های بدست آمده از نوع حرکات و اندازه مردمک چشم شخص به تحلیل روانی آن فرد نظیر تشخیص دروغ و استرس و... پرداخت[۱۱-۱۰].

۲-۴- کاربرد ردگیری چشم در بازی‌های کامپیوتری و شبیه‌سازهای آن

در بسیاری از بازی های کامپیوتری فردی وجود دارد که یا به عنوان جنگجو و یا به عنوان راننده و.... به جای کاربر ایفای نقش می‌کند. امروزه سنسورهای وجود دارد که بر روی بدن شخص بازی کننده نصب می‌شود که بتواند با تغییر حالات بدن و حتی با انجام حرکات دفاعی و رزمی بتواند به طور واقعی در بازی شرکت کند.

با بکارگیری از تکنولوژی ردگیری چشم، برای فرد بازی کننده می‌توانیم در کلاه شبیه ساز شخص، امکانی را برای شخص ایجاد کنیم که تنها با نگاه کردن به هر سمت، تصویر همان قسمت از بازی، جلو فرد بازی کننده نمایش داده می‌شود و به راحتی فرد خود را در بازی احساس می‌کند [۱۲-۱۱].

۲-۵ - طراحی کاربر پسندانه صفحات وب و مکان یابی محل مناسب تبلیغات در وب

ردگیری چشم و یا ردگیری چشم یک ابزار مفید و سودمند است که می‌تواند طراحان صفحات اینترنتی را در طراحی مناسب و کاربر پسندانه کمک کند. طراحان می‌توانند با بررسی نتایج حاصل از بازخورد کاربران سایت، محل مناسب تبلیغاتی را که بیشتر مورد توجه کاربران قرار گرفته شده را تشخیص دهند. در این نظریه، ایده‌های اقتصادی خوبی وجود دارد. می‌توان با قرار دادن یک دوربین کوچک بر روی مانیتور هر شخص کاربر و استفاده ازتکنولوژی ردگیری چشم، متوجه شد که کدام قسمت به طور میانگین، بیشتر مورد توجه کاربران قرار گرفته شده است. یک نمونه از نحوه کارکرد این تکنولوژی، در شکل ۲-۱۱ نشان داده شده که نقاط سفید رنگ کمترین توجه را از طرف کاربر داشته و نقاط قرمز رنگ بیشترین توجه را از طرف کاربر داشته است [۱۱و۱۳-۱۸].

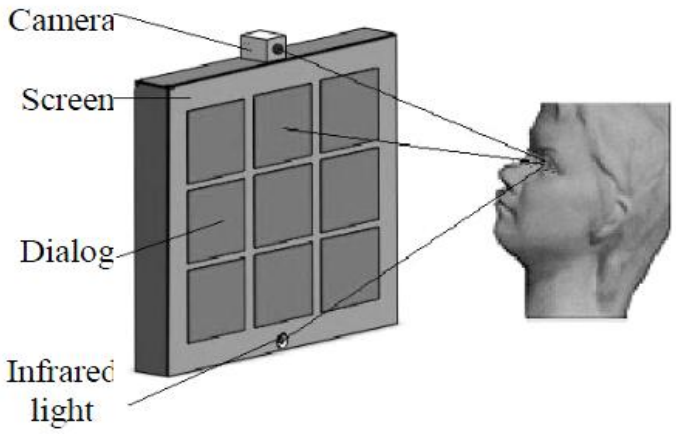
شکل ۲-۱۱-صفحه اینترنتی، که میانگین میزان توجه کاربران به نقاط مختلف را نشان می‌دهد [۱۸].

۲-۶-استفاده از ردگیری چشم در صنایع نظامی

از جمله کاربردهای بسیار مهم تکنولوژی ردگیری چشم می‌توان به طراحی دوربین‌های هوشمند نظامی، شبیه‌سازهای هواپیماهای نظامی، شبیه سازهای هواپیماها و خودروهای بدون سرنشین، شبیه سازهای شلیک موشک و شبیه‌سازهای هدف زنی انواع سلاح‌ها اشاره نمود [۳-۴].

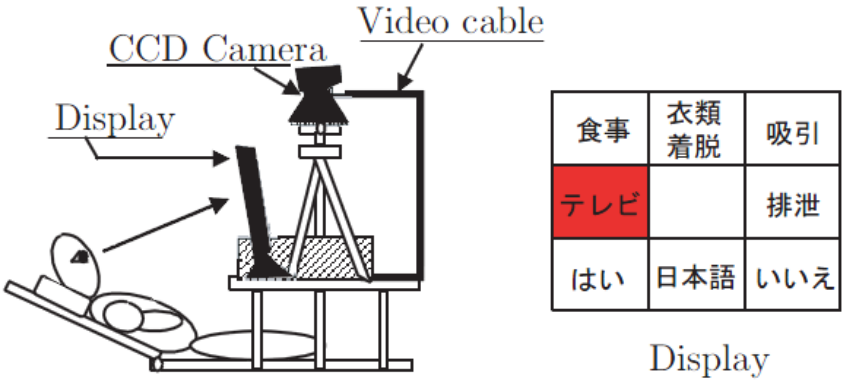
۲-۷- استفاده از ردگیری چشم درایجاد ارتباط بین معلولین و محیط اطراف

ردگیری چشم برای ایجاد ارتباط با معلولین از طریق صفحه کلید مجازی، کاربرد بسیار مهمی دارد. صفحه کلید مجازی یک صفحه مانیتور مجهز به دوربین کوچک است می‌تواند ردگیری دقیق چشم با بکارگیری از منبع نور مادون قرمز انجام دهد و محل نگاه کاربر را بطور دقیق تشخیص دهد.



شکل ۲-۱۲-شکل پیاده سازی صفحه کلید مجازی جهت ارتباط با معلولین [۱۹]

شکل ۲-۱۲، نمونه‌ای از صفحه کلید مجازی را نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود صفحه نمایش به صورت گرافیکی به چند قسمت مساوی تقسیم شده است که می‌تواند شامل حروف و عکس باشد. شخص معلول با نگاه کردن به هر قسمت از مانیتور، می‌تواند نیاز خود را به اطرافیان بفهماند و بدرستی با محیط اطراف ارتباط برقرار کند [۱۹].



شکل ۲-۱۳-شمای کلی سیستم [۱۹]