بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک

پیاده‌سازی یک واسط انسان و ماشین با استفاده از حرکت چشم و پلک زدن

نگارنده: صفورا قاسمیان

استاد راهنما

دکتر حسین خسروی

دی ۱۳۹۷

شماره: ۱۵۴/۲۹۷/دم
تاریخ: ۹۷/۱۱/۱۳

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره(۳)صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم: **صفورا قاسمیان** با شماره دانشجویی: **۹۵۱۱۵۸٤**، رشته: **مهندسی مکاترونیک**، گرایش: **مکاترونیک**، تحت عنوان: **پیاده‌سازی یک واسط انسان و ماشین با استفاده از حرکت چشم و پلک زدن**، که در تاریخ :۱۳۹۷/۱۰/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه: ...خوب.....) ☑ **مردود** ☐

نوع تحقیق: **نظری** ■ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر حسین خسروی	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	ـــــ	ـــــ	ـــــ
۳- استاد مشاور	ـــــ	ـــــ	ـــــ
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدی بامداد	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر علیرضا احمدی‌فرد	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر سعیده فردوسی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: محمد محسن شاه مردان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

شاه مردان

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم و همسر گرانقدرم

که همواره یاوری دلسوز و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده اند.

تقدیر و تشکر:

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي تَحَبَّبَ إِلَيَّ وَ هُوَ غَنِيٌّ عَنِّي وَ الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي يَحْلُمُ عَنِّي حَتَّى كَأَنِّي لا ذَنْبَ لِي فَرَبِّي أَحْمَدُ شَيْءٍ عِنْدِي وَ أَحَقُّ بِحَمْدِي.

سپاس خدای را که با من دوستی ورزید، درحالی که از من بی نیاز است، و سپاس خدای را که بر من بردباری می کند تا آنجا که گویی مرا گناهی نیست!

پروردگارم ستوده ترین موجود نزد من بوده و به ستایش من سزاوارترین است.

و با تقدیر و تشکر از استاد عزیز و گرامی جناب آقای دکتر حسین خسروی که با دانش کم‌نظیرشان، مرا در طول دوره‌ی تـــحصیل در دوره‌ی کارشناسی ارشد و نیز طی مراحل مختلف این تحقیق، یاری نمودند. بدون راهنماییهای ایشان تأمین این پایان نامه ناممکن می‌نمود. از پروردگار بزرگ برای ایشان توفیق روزافزون خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب صفورا قاسمیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکاترونیک دانشکده مکانیک و مکاترونیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه پیاده‌سازی یک واسط انسان و ماشین با استفاده از حرکت چشم و پلک زدن تحت راهنمائی دکتر حسین خسروی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University Of Technology**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

در این پژوهش، طرحی پیشنهاد شده است که با استفاده از آن، افرادی که دچار معلولیت شدید هستند و کسانی که قدرت تکلم ندارند، بتوانند با دنیای پیرامون خود، ارتباط برقرار نمایند. در این پژوهش، یک واسط انسان و کامپیوتر طراحی شده است که شامل نیازهای مهم کاربر است. کاربر با استفاده از حرکت چشم، می‌تواند به دکمه‌های مختلف رابط کاربری دسترسی داشته باشد؛ در واقع، حرکات چشم کاربر را می‌توان به حرکات ماوس کامپیوتر در رابط کاربری تشبیه کرد. در این برنامه، در گام اول چشم کاربر با استفاده از الگوریتم طبقه‌بند آبشاری هار، تشخیص داده می‌شود. سپس، مردمک چشم وی، با توجه به شکل دایره‌ای آن، با استفاده از تبدیل هاف دایره‌ای، شناسایی می‌شود. آن‌گاه سه مقدار آستانه برای هر جهت بالا، راست و چپ، با انجام آزمایش‌های متعدد انتخاب شده و سپس در هر لحظه، با توجه به موقعیت قرارگیری مرکز دایره‌ی هاف در محدوده‌ی هر آستانه، جهت نگاه کاربر تشخیص داده می‌شود. سپس، پلک زدن‌های اختیاری فرد، به وسیله‌ی عدم شناسایی دایره‌ی هاف در ۲۰ فریم متوالی تشخیص داده شده و کاربر با استفاده از پلک زدن، بر روی دکمه‌ی مد نظر خود در رابط کاربری، کلیک می‌کند و به عبارتی، نیاز خود را اعلام می‌کند. سیستم طوری طراحی شده است که پلک زدن ارادی و غیرارادی را تشخیص می‌دهد، و متناسب با پلک زدن ارادی، نسبت به انتخاب دکمه اقدام می‌نماید. در نهایت ۳۰ کاربر به عنوان نمونه مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و نشان داده شده است که سیستم از کارایی مطلوبی برخوردار است.

کلمات کلیدی: واسط انسان و کامپیوتر- ردیابی چشم- تشخیص پلک زدن- تبدیل هاف دایره‌ای

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-کاربرد پردازش تصویر ۲

۱-۲-۱- اتوماسیون صنعتی ۳

۱-۲-۲- کالیبراسیون و ابزار دقیق ۳

۱-۲-۳- حمل و نقل ۳

۱-۲-۴- کاربردهای پزشکی پردازش تصویر ٤

۱-۲-۴-۱- استفاده از پردازش تصویر در تشخیص و درمان بیماریها ٤

۱-۲-۴-۲- استفاده از پردازش تصویر در جهت کمک به معلولین ٦

۱-۳- هدف از این پژوهش ۹

فصل دوم: پیش‌نیی پژوهش ۱۱

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲-کاربرد پردازش تصویر در پزشکی و توانبخشی ۱۲

۲-۳- ردیابی حرکت چشم ۱۳

۲-۴- ردیابی چشم به منظور تشخیص دیدگاه ۱۴

۲-۴-۱-ردیابی حرکت چشم در تبلیغات ١٤

۲-۴-۲-ردیابی حرکت چشم در میزان هوشیاری رانندگان ١٥

۲-۴-۳-ردیابی حرکت چشم به منظور غلبه به ترس کودکان ١٦

۲-۴-۴-ردیابی حرکت چشم به منظور تشخیص بیماری ١٦

۲-۵- ردیابی چشم به منظور ارتباط و کنترل ۱۷

۲-۵-۱- ردیابی حرکت چشم به منظورکنترل حرکت صندلی چرخدار هوشمند ١٨

۲-۵-۲- ردیابی حرکت چشم به منظور برقراری ارتباط با کامپیوتر (ماوس چشمی) ٢٠

۲-۶- انواع روش‌های ردیابی حرکت چشم ۲۲

۲-۶-۱- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر تاباندن پرتو نوری ٢٢

۲-۶-۲- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی برپردازش سیگنال الکترواکلوگرام ٢٤

۲-۶-۳- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش تصویر ٢٥

۲-۷- روش تشخیص پلک زدن ۳۲

۲-۸- نتیجه‌گیری ۳۳

فصل سوم: روش پیشنهادی **..... ۳۵**

۳-۱-مقدمه ۳۶

۳-۲- روش پیشنهادی ۳۷

۳-۳-معرفی روش برنامه‌نویسی ۴۰

۳-۴- روند پیاده‌سازی برنامه ۴۱

۳-۴-۱- الگوریتم پیدا کردن چشم ٤١

۳-۴-۲-الگوریتم پیدا کردن مردمک چشم..... ٤٥

۳-۴-۳- الگوریتم پیاده سازی جهت نگاه کاربر ٤٧

۳-۵- پیاده سازی عملی ۴۹

۳-۵-۱- ردیابی حرکت چشم..... ٤٩

۳-۵-۱-۱-پیدا کردن نواحی اطراف چشم..... ٤٩

۳-۵-۱-۲-شناسایی مردمک چشم ٥٠

۳-۵-۱-۳-تعیین موقعیت مردمک چشم و تشخیص زاویه‌ی دید..... ٥٢

۳-۵-۲- تشخیص پلک زدن و تفکیک پلک زدن‌های اختیاری ٥٣

۳-۶- طراحی رابط کاربری ۵۵

۳-۷- ادغام دو بخش پردازش تصویری و گرافیکی ۵۶

۳-۸- ملزومات پروژه ۶۰

فصل چهارم: مشاهدات و نتایج تجربی **..... ۶۱**

۴-۱- مقدمه ۶۲

۴-۲- تشخیص نواحی اطراف چشم ۶۲

۴-۳- تشخیص مردمک چشم ۶۳

۴-۴- تشخیص جهت نگاه کاربر ۶۵

۴-۵- زمان انجام کلیدزنی ۶۷

۴-۶- مقایسه‌ی الگوریتم پیشنهادی با مرجع [۴۲] ۶۷
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۹
۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۰
۵-۲- پیشنهادها ۷۱
مراجع ۷۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱- هدست هورس برای کمک به نابینایان [۱۲] ۷

شکل ۲- ۱- برنامه‌ی کاربردی گوشی همراه برای تشخیص بیماری اوتیسم [۲۷] ۱۷
شکل ۲- ۲- صندلی چرخدار کنترل‌شونده با حرکت چشم [۲۸] ۲۰
شکل ۲- ۳- سیستم ردیاب چشم نصب شده بر روی سر [۳۲] ۲۱
شکل ۲- ۴- گلینت و مردمک چشم [۳۴] ۲۲
شکل ۲- ۵- ردیابی حرکت چشم با استفاده از سیگنال مغز [۴۰] ۲۵
شکل ۲- ۶- ردیابی چشم با استفاده از دوربین ویدئویی و میکرولنز [۴۱] ۲۶
شکل ۲- ۷- الگوریتم تشخیص مناطق چشم [۴۳] ۲۷
شکل ۲- ۸- ماوس چشمی هدایت شونده با حرکت چشم [۴۷] ۲۸
شکل ۲- ۹- سخت افزار ماوس چشمی [۳۹] ۳۰
شکل ۲- ۱۰- صفحه کلید مبتنی بر حرکت چشم برای معلولین [۳۵] ۳۱
شکل ۲- ۱۱- کاربرد هر یک از کلیدهای صفحه کلید طراحی شده [۳۵] ۳۲
شکل ۲- ۱۲- تفکیک پلک زدن‌ها اختیاری [۴۹] ۳۳

شکل ۳- ۱- ویژگی هار. الف) تشخیص ویژگی‌های لبه. ب) تشخیص ویژگی‌های خط. ج) تشخیص ویژگی‌های مرکز و خطوط مورب [۵۰] ۴۲
شکل۳- ۲- تشخیص جهت نگاه کاربر ۴۸
شکل۳- ۳- شناسایی نواحی اطراف چشم ۵۰
شکل۳- ۴- نمایش تصویر نواحی اطراف چشم برای انجام ادامه‌ی پردازش‌ها در مقیاس خاکستری ۵۰
شکل۳- ۵- شناسایی مردمک با استفاده از تبدیل هاف ۵۱
شکل۳- ۶- چاپ مختصات مرکز و شعاع مردمک در فریم‌های متوالی ۵۱
شکل۳- ۷- تعیین جهت نگاه کاربر با استفاده از محل قرار گیری مردمک الف) نگاه به روبه‌رو. ب) نگاه به چپ. ج) نگاه به بالا. د) نگاه به راست ۵۳
شکل۳- ۸- پلک زدن و عدم نمایش دایره‌ی هاف ۵۴
شکل۳- ۹- رابط کاربری ۵۶
شکل۳- ۱۰- نمایش پیغام پس از نگاه به راست و پلک زدن ۵۷
شکل۳- ۱۱- نمایش پیغام پس از نگاه به چپ و پلک زدن ۵۸
شکل۳- ۱۲- نمایش پیغام پس از نگاه به بالا و پلک زدن ۵۸

شکل۴- ۱- تشخیص نواحی اطراف چشم در نمونه‌های مختلف ۶۳
شکل۴- ۲- تشخیص مردمک چشم در نمونه‌های مختلف ۶۴

فهرست فلوچارت‌ها

فلوچارت ۳- ۱- طراحی رابط انسان و کامپیوتر ۳۷
فلوچارت ۳- ۲- الگوریتم پیاده‌سازی برنامه ۳۹
فلوچارت ۳- ۳- طبقه بند آبشاری [۵۱] ۴۴
فلوچارت ۳- ۴- الگوریتم پیاده‌سازی برنامه ۵۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۳- ۱- تعیین تشخیص جهت نگاه کاربر ۴۸
جدول ۳- ۲- پارامترهای انتخاب شده برای استفاده از تبدیل هاف ۵۱
جدول ۴- ۱- نتایج برنامه بر روی افراد مختلف در روشنایی متوسط ۶۶
جدول ۴- ۲- زمان کلید زنی در هر جهت ۶۷
جدول ۴- ۳- مقایسه‌ی ردیابی حرکت چشم در افراد بدون عینک در این پژوهش و مرجع ۶۸

مقدمه: فصل اول

۱-۱- مقدمه

رشد روزافزون تکنولوژی و پیشرفت قدرت پردازشی رایانه‌ها در سال‌های اخیر، باعث تحول عظیمی در زندگی انسان‌ها شده است. یکی از حیطه‌هایی که در سال‌های اخیر، و به تبع پیشرفت رایانه‌ها، بیش از پیش به تسهیل زندگی انسان‌ها کمک کرده است، حوزه‌ی پردازش تصویر بوده است.

پردازش تصاویر دارای دو شاخه‌ی عمده‌ی بهبود تصاویر و بینایی ماشین است. بهبود تصاویر، دربرگیرنده‌ی روش‌هایی چون استفاده از فیلتر محوکننده و افزایش تضاد برای بهتر کردن کیفیت دیداری تصاویر و اطمینان از نمایش درست آن‌ها در محیط مقصد (مانند چاپگر یا نمایشگر رایانه) است [۱]، در حالی که بینایی ماشین به روش‌هایی می‌پردازد که به کمک آن‌ها می‌توان معنی و محتوای تصاویر را درک کرد تا از آن‌ها در کاربردهایی چون تحلیل صحنه توسط یک روبات استفاده شود [۲].

به‌طور کلی، پردازش تصویر عبارت است از هر نوع پردازش سیگنال که ورودی آن یک عکس یا صحنه‌ای از فیلم است. خروجی پردازشگر تصویر می‌تواند یک تصویر یا یک مجموعه از نشانه‌های ویژه یا متغیرهای مربوط به تصویر باشد [۳].

استفاده از پردازش تصویر امروزه کاربردهای فراوانی پیدا کرده است که در ادامه بررسی خواهیم کرد.

۱-۲-کاربرد پردازش تصویر

امروزه استفاده از تکنولوژی ماشین بینایی و تکنیک‌های پردازش تصویر کاربرد گسترده‌ای در صنعت پیدا کرده است و کاربرد آن به ویژه در کنترل کیفیت محصولات تولیدی، هدایت روبات و مکانیزم‌های خودکار روز به روز گسترده‌تر می‌شود [۴]. در این بخش، به طور خلاصه، به کاربردهایی از پردازش تصویر اشاره می‌کنیم.

۱-۲-۱- اتوماسیون صنعتی

با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توان دگرگونی اساسی در خطوط تولید ایجاد کرد. بسیاری از فرآیندهای صنعتی که تا چند دهه‌ی پیش پیاده‌سازیشان دور از انتظار بود، هم اکنون با بهره‌گیری از پردازش هوشمند تصاویر به مرحله‌ی عمل رسیده‌اند. از جمله فواید کاربرد پردازش تصویر به موارد زیر می‌توان اشاره کرد [۵].

۱) افزایش سرعت و کیفیت تولید

۲) کاهش ضایعات

۳) اصلاح روند تولید

۴) گسترش کنترل کیفیت

۱-۲-۲- کالیبراسیون و ابزار دقیق

اندازه‌گیری دقیق و سنجش فواصل کوچک یکی از دغدغه‌های اصلی در صنایع حساس است. دوربین‌های با کیفیت، امکان کالیبراسیون با دقت بسیار بالا در حد میکرون را فراهم آورده‌اند. به کمک سیستم‌های مبتنی بر پردازش تصویر می‌توان اشکال پیچیده‌ی صنعتی را با سرعت و دقت بالا اندازگیری کرد [۶].

۱-۲-۳- حمل و نقل

امروزه حمل و نقل، یکی از اجزاء مهم اقتصاد محسوب می‌گردد و به دلیل داشتن نقش زیربنایی تأثیر فراوانی بر فرآیند رشد اقتصادی کشور دارد. این بخش دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است که به شکلی گسترده در تمامی زمینه‌های تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات، جریان داشته و در مجموعه فعالیت

های اقتصادی نقش غیرقابل انکاری برعهده دارد. یکی از کاربردهای مهم پردازش تصویر، بهبود و ایمن سازی فرایند حمل و نقل است؛ از نمونه‌ی این کاربردها می‌توان به سامانه‌ی تشخیص خواب‌آلودگی راننده اشاره کرد [۷].

یکی از کاربردهای مهم پردازش تصویر در حمل و نقل، دوربین‌های ثبت تخلفات رانندگی هستند. رشد استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند سرعت و ثبت تخلف در سال‌های اخیر مشهود بوده‌است [۸].

۱-۲-۴- کاربردهای پزشکی پردازش تصویر

از پردازش تصویر، می‌توان در جهت تشخیص و درمان بیماری‌ها، یا کمک به معلولین استفاده کرد. در این بخش به بررسی کاربردهای مختلف پزشکی پردازش تصویر می‌پردازیم.

۱-۲-۴-۱- استفاده از پردازش تصویر در تشخیص و درمان بیماری‌ها

در سال‌های اخیر مکانیزم‌های پردازش تصویر به‌طور وسیعی در حوزه‌های مختلف پزشکی به منظور بهبود و تسریع در شناسایی به‌موقع و درمان بیماری‌ها، به کار گرفته می‌شود [۹].

تشخیص پزشکی، آشکارسازی و تشخیص خودکار تومورها، تحلیل تصاویر متحرک پزشکی، بازسازی سه‌بعدی اندام‌ها، استخراج اطلاعات کارکردی اندام‌ها و مخابره‌ی تصاویر پزشکی انواع مختلفی از کاربردهای پردازش تصویر در پزشکی هستند [۹].

به طور کلی تصاویر پزشکی با توجه به آن که وضعیت بدن را به صورت دو بعدی و حتی سه بعدی (به‌وسیله‌ی رایانه) نشان می‌دهند، یکی از مهم‌ترین وسایل تشخیص برای پزشکان هستند که همواره بخش عظیمی از تحقیقات را به خود اختصاص داده‌اند. سیستم‌های تصویربرداری را می‌توان به گروه‌هایی همچون روش‌های اشعه ایکس، رادیوگرافی، فلوئورسکوپی، سی تی اسکن، روش مغناطیسی یا ام آر آی، پزشکی هسته‌ای و روش‌های فراصوت تقسیم کرد. تصاویر حاصله در روش‌های فوق به صورت خام قابل

استفاده نیستند، لذا پردازش‌های وسیع و گسترده‌ای روی آن‌ها صورت می‌گیرد که عموماً شامل پردازش تصاویر و استخراج اطلاعات مؤثر در تشخیص و یافتن مواضع مورد توجه، بازسازی تصاویر در کامپیوتر به صورت سه بعدی و درون‌یابی اطلاعات جهت تولید برش‌های لازم از ارگان تحت تصویربرداری، حذف نویز، اختصاص رنگ و در کل ارتقاء کیفیت تصویر است [۹].

در این‌جا پنج نمونه از کاربردهای اخیر سیستم‌های پیشرفته‌ی تصویربرداری پزشکی که در تلاش برای بهبود مراقبت از بیمار، دارو و نمونه‌های مرتبط با بهداشت و درمان است، بررسی شده است:

۱ . سیستم جراحی داوینچی یک سیستم جراحی روباتیک است که جراحان را قادر به انجام جراحی-های پیچیده می‌سازد. چهار سیستم بازوی روباتیک فرمان‌ها را از یک سیستم بینایی سه بعدی HD می گیرند. سیستم بینایی از یک آندوسکوپ سه بعدی و تجهیزاتی برای پردازش تصاویر آناتومی بیمار در حین عمل جراحی، تشکیل شده است [۱۰].

۲ . محققان در دانشگاه واندربیلت در حال توسعه‌ی یک سیستم روباتیک هستند که با استفاده از تکنولوژی تصویربرداری به مغز نفوذ کرده و با حداقل آسیب لخته‌های خونی کشنده را حذف کنند. موقعیت لخته‌ی خون به وسیله‌ی سی تی اسکن تعیین می‌شود و با استفاده از آن، لوله‌های تو در تو مسیر خود را برای رسیدن به لخته پیدا می‌کنند.. آن‌گاه یک پمپ مکش اقدام به حذف لخته خون می‌کند. تیم واندربیلت، میزان موفقیت را هنگام استفاده از لخته خون شبیه‌سازی شده در مدل مطالعات امکان سنجی ۹۲٪ گزارش کرده‌اند [۱۱].

۳ . دانشمندان از دانشگاه کاردیف[1] با استفاده از اسکنر سه بعدی از 3DMD به جمع‌آوری داده‌ها از چهره‌ی بیمار و ایجاد مدل‌های سه بعدی پرداختند. این مدل سبب افزایش توانایی جراح را برای انجام

[1] Cardiff University

عمل جراحی می‌شود. این تیم در حال حاضر با استفاده از این تکنولوژی امیدوار است که بتواند به جراح در درمان افرادی که نیاز به عمل جراحی دارند کمک کند [۱۱].

۴ . گروه انفوولی[1] در مالزی، یک سیستم توسعه‌یافته با بهره‌گیری از نرم‌افزار تصویربرداری 3D iGene شرکت خود و اسکنر پزشکی برای انجام کالبدشکافی‌های دیجیتال ساخته‌اند. این تیم با استفاده از یک اسکنر شرکت‌هایی مانند زیمنس[2]، جنرال الکتریک[3]، توشیبا[4] و فیلیپس[5] و نرم‌افزار تصویربرداری خود توانسته است بازرسی مجازی از یک جسد را به صورت سه بعدی انجام دهد و به این طریق نیاز به بازرسی فیزیکی را از بین می‌برد و اجازه می‌دهد کارشناسان به‌راحتی شکستگی‌ها، اشیا خارجی و زخم را شناسایی کنند [۱۱].

۱-۲-۴-۲- استفاده از پردازش تصویر در جهت کمک به معلولین

از آن‌جا که پردازش تصویر در راستای بهبود زندگی بشر پیش می‌رود از این فناوری مهم می‌توان برای بهبود شرایط زندگی افرادی که دارای معلولیت هستند نیز استفاده کرد و به آن‌ها کمک کرد تا زندگی مستقل‌تری داشته باشند.

به عنوان مثال، یک شرکت سوییسی، یک نوع ابزارک[6] پوشیدنی به نام هورس[7] ساخته که به نابینایان کمک می‌کند تا ببینند. در حال حاضر نابینایان می‌توانند از هورس برای خواندن متن، تشخیص اشیا یا چهره‌ی فردی که با آن صحبت می‌کنند، استفاده کنند [۱۲].

---

[1] Infovalley
[2] Siemens
[3] General Electric
[4] Toshiba
[5] Philips
[6] Gadget
[7] Horus

برای استفاده از این هدست[1] سه گزینه وجود دارد که از طریق دکمه‌های موجود بر روی جعبه می‌توان آن را انتخاب کرد. برای سهولت استفاده‌ی نابینایان، هر دکمه شکل متفاوتی دارد. به عنوان مثال، وقتی فرد قصد خواندن کتاب را دارد، گزینه‌ی مربوط را انتخاب می‌کند. سپس کار دوربین به طور خودکار شروع می‌شود. پس از یک وقفه‌ی کوتاه، برای پردازش اطلاعات، دستگاه با یک صدای مصنوعی شروع به خواندن کتاب می‌کنداین دستگاه به اندازه‌ای هوشمند است که می‌تواند به خواندن هر کتاب، مجله یا روزنامه‌ای، در صورت خوانا بودن فونت آن، کمک کند [۱۲]. شکل (۱-۱)، استفاده از هدست هورس، به منظور مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل ۱- ۱- هدست هورس برای کمک به نابینایان [۱۲]

آیپولی ویژن[2]، نام برنامه‌ای است که قرار است با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، تمام اشیائی که در مقابل دوربین گوشی قرار می‌گیرد را برای کاربران نابینا شناسایی کند. با باز کردن صفحه‌ی اصلی برنامه، ۹ دکمه در پایین صفحه ظاهر می‌شود که شما با انتخاب هر کدام، دسته‌بندی خاصی را برای برنامه مشخص می‌کنید. به طور مثال، این برنامه می‌تواند حیوانات، رنگ ها، مواد غذایی، ظروف و ... را شناسایی

[1] Headset
[2] Aipoly Vision

کند. کافی است شما دسته‌بندی مورد نیازتان را از میان این ۹ دسته، انتخاب کنید تا بعد از آن، به محض این که دوربین گوشی شما شیئی متعلق به آن دسته را مشاهده کرد، نام آن را برایتان اعلام کند [۱۳].

از جمله مواردی که بینایی ماشین در راستای بهبود زندگی معلولین قدم برداشته است ویلچرهای هوشمند هستند؛ محققان دانشگاه FEEC برزیل ویلچری طراحی کرده‌اند که می‌تواند با حرکت سر، صورت یا قرنیه‌ی چشم، کنترل شود. این ویلچر هوشمند در واقع برای کسانی که دچار فلج مغزی، ام اس و سکته‌ی مغزی هستند و نمی‌توانند ویلچر را با دست به درستی کنترل کنند طراحی شده است. این ویلچر دارای یک موتور است و در دستگیره‌های آن حسگرهایی تعبیه شده که می‌توانند فاصله بین دیوارها و اجسام را محاسبه و بلافاصله فرمان توسط کامپیوتری که روی آن نصب شده به دوربین سه بعدی ویلچر از طریق حرکت صورت، سر یا قرنیه برای تغییر مسیر ارسال می‌شود. دوربین سه بعدی ویلچر هوشمند، قادر به تشخیص ۷۰ نقطه در صورت برای گرفتن فرمان است. این ویلچر می‌تواند به اینترنت هم متصل شود تا از راه دور توسط شخص دیگری هدایت شود [۱۴].

این روزها گوشی‌های همراه نیاز عادی هر فرد و به ویژه افراد معلول به حساب می‌آیند اما گوشی‌های عادی نمی‌توانند برای افرادی که محدودیت حرکتی دارند چندان موثر و مفید باشند. بر همین اساس گوشی سِسیم[1] که نیازی به لمس کردن ندارد، برای افراد معلول ساخته شده است. این گوشی به گونه‌ای طراحی شده که با حرکات سر و با کمک دوربین جلوی خود، کار می‌کند. بر این اساس فرد معلول بدون این که از انگشت خود استفاده کند، فقط با حرکات سر، کارهای معمول در گوشی همچون تماس گرفتن و پخش موسیقی را انجام می‌دهد. هم‌چنین کنترل صوتی نیز در آن وجود دارد که فرد، دیگر هیچ نیازی به استفاده از انگشتانش نداشته باشد [۱۵].

[1] Sesame

۱-۳- هدف از این پژوهش

در این پژوهش، قصد داریم یک رابط انسان و کامپیوتر طراحی کنیم به طوری‌که، فرد معلول، با استفاده از باز کردن و بستن پلک‌ها، بتواند با افراد پیرامونش، ارتباط برقرار کرده و آن‌ها را از نیازهای خود آگاه نماید. این سامانه بر اساس پلک زدن معلول طراحی شده است تا تصویر شخص معلول را در یک بازه-ی زمانی، آنالیز کرده و با توجه به پلک زدن‌های اختیاری او، بتواند مفاهیم مدنظر این معلول را به دیگران منتقل کند و این سامانه به نحوی طراحی شده است که بتواند از پلک زدن‌های غیرارادی صرف‌نظر کرده و پلک زدن‌های کاربر را به جملاتی دارای مفهوم، برای اطرافیان ترجمه کند.

کاربرد اصلی سامانه‌ی مورد نظر، برای بیمارانی با معلولیت شدید و قطع نخاع است که امکان استفاده از حرکت دست و پا برای ارتباط با دیگران را ندارند. می‌توان یک مانیتور هم مقابل کاربر نصب کرد تا در انتقال مفاهیم به او کمک کند.

در این پژوهش، پس از مطالعه‌ی پژوهش‌های پیشین که در فصل دوم به تفصیل درباره‌ی آن بحث خواهد شد، به تشخیص چشم‌ها و ردیابی حرکت چشم و تشخیص پلک زدن پرداخته شده است. سپس سعی بر آن است تا پلک زدن‌های غیرارادی از ارادی تفکیک شود. آن‌گاه یک رابط کاربری آسان و کاربرپسند طراحی خواهد شد، که فرد معلول بتواند نیازهای اساسی خود را از این طریق به سایرین منتقل نماید.

فصل دوم: پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱- مقدمه

پردازش تصویر، امروزه نقش به سزایی در زندگی بشر ایفا می‌کند و در شاخه‌های مختلف علوم، از جمله در صنعت، روباتیک، تبلیغات، روانشناسی، پزشکی و ... وارد شده است. پردازش تصویر در بسیاری موارد به مکانیزه شدن سیستم کمک می‌کند و در موارد دیگر به تشخیص هر چه دقیق‌تر یک پارامتر می-پردازد و در بسیاری از مواد سرعت انجام یک فرآیند را افزایش می‌دهد. از این رو زندگی بشر را تسهیل می‌بخشد. در این پژوهش به یکی از کاربردهای پردازش تصویر در توان‌بخشی می‌پردازیم و بررسی می-کنیم چگونه پردازش تصویر سبب بهبود زندگی افرادی که از معلولیت شدید رنج می‌برند، شده است.

۲-۲-کاربرد پردازش تصویر در پزشکی و توان‌بخشی

در سال‌های اخیر مکانیزم‌های پردازش تصویر به‌طور وسیعی در حوزه‌های مختلف پزشکی به منظور بهبود و تسریع در شناسایی به‌موقع و درمان بیماری‌ها به کار گرفته می‌شود. تشخیص پزشکی، آشکارسازی و تشخیص خودکار تومورها، تحلیل تصاویر متحرک پزشکی، بازسازی سه‌بعدی اندام‌ها، استخراج اطلاعات کارکردی اندام‌ها و مخابره‌ی تصاویر پزشکی انواع مختلفی از کاربردهای پردازش تصویر در پزشکی است [۹].

از طرفی پردازش تصویر در توان‌بخشی، در جهت بهبود زندگی افرادی که گرفتار نوعی معلولیت هستند، تلاش می‌کند. برای مثال به افراد نابینا کمک می‌کند تا بتوانند مطالعه کنند [۱۶] و یا برای کسانی که توانایی راه رفتن ندارند به کمک پردازش تصویر یک صندلی چرخ‌دار مکانیزه طراحی شده است [۱۷].

یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که پیش‌روی بیمارانی که مبتلا به معلولیت بسیار شدید هستند و همچنین از قدرت تکلّم نیز محروم‌اند، عدم توانایی در ایجاد رابطه با دیگران است.

از آن‌جا که چشم بیمار جز آخرین اعضای بدن بیمار است که از کار می‌افتد، می‌توان برای برقراری رابطه‌ی آن‌ها با سایرین از حرکت چشم استفاده کرد. در نتیجه برای کمک به تسهیل زندگی چنین بیمارانی، طراحی یک سیستم که حرکت چشم و پلک زدن را به جملاتی قابل فهم برای سایرین ترجمه کند، بسیار ضروری است.

۲-۳- ردیابی حرکت چشم[1]

ردیابی چشم شامل فرآیند محاسبه‌ی نقطه‌ای که چشم به آن خیره شده و هم‌چنین محاسبه‌ی حرکات چشم و به زبان ساده‌تر، فرآیند اندازه‌گیری فعالیت‌های چشم است. محققان پس از سال‌ها تحقیق دریافتند که حرکات ظریف و سریع چشم، به عنوان پنجره‌ای رو به مغز، عملکرد ذهنی ما را مشخص می‌نمایند [۱۸].

این فرآیند با استفاده از سیستم ردیاب چشم[2] ممکن می‌شود. بدین ترتیب که دستگاه قادر است مشخص کند که تمرکز چشم شما دقیقاً روی کدام نقطه است یا چه میزان چشم شما از نقطه‌ای به نقطه ی دیگر حرکت می‌کند. این دانسته‌ها می‌تواند هوشیاری، میزان توجه، تمرکز، خواب آلودگی و بسیاری دیگر از حالات ذهنی را مشخص کند [۱۷].

ردیابی حرکت چشم در زمینه‌های مختلف مانند روانشناسی، جامعه شناسی [۱۸]، آموزش و پرورش، ارزیابی توانایی [۱۹]، طراحی تبلیغات [۲۰] و بازی‌های رایانه‌ای و نرم‌افزارهای تلفن‌های همراه مؤثر است. به کمک داده‌های ردیابی چشم، می‌توان به‌طور مثال، بینش بهتری نسبت به رفتار مشتریان از طریق میزان توجه آن‌ها به اقلام مختلف به‌دست آورد یا در طراحی واسط‌های کاربری از این داده‌ها کمک گرفت [۲۱]. همچنین، این فناوری می‌تواند ابزار کارآمدی فراهم آورد تا افراد با محدودیت‌های جسمی و ذهنی

[1] Eye Tracking
[2] Eye Tracker

تعامل آسان‌تری با محیط داشته باشند [۲۲]. از این رو چگونگی ردیابی حرکت چشم، موضوع مورد علاقه-ی بسیاری از محققان است.

در حالت کلی ردیابی حرکت چشم به دو منظور انجام می‌گردد:

۱) تشخیص وضعیت[1]

۲) ارتباط و کنترل[2]

حال به تفصیل، درباره هر یک از آن‌ها بحث کرده و کاربردهای مختلف هر یک بیان می‌کنیم.

۲-۴- ردیابی چشم به منظور تشخیص دیدگاه

ردیابی تشخیصی چشم، روشی برای تشخیص وضعیت روحی یا جسمی و یا برای ضبط دیدگاه‌های افراد است. روانشناسان برای انجام آزمایش‌هایی مبنی بر شناخت رفتار و ویژگی‌های انسان در شرایط مختلف از حرکت چشم بهره برده‌اند. تکنولوژی ردیابی چشم یک ابزار مؤثر است که در تحقیقات عصب-شناسی و روانشناسی، به ویژه در کودکان مبتلا به اوتیسم و سایر شرایط مرتبط با بیماری‌های عصبی استفاده شده است [۲۳].

۲-۴-۱-ردیابی حرکت چشم در تبلیغات

یکی از مهم‌ترین کاربردهای ردیابی حرکت چشم به‌دست آوردن آمار دقیق رفتار کاربران یک وب سایت و یا محصول و برطرف کردن نقاط ضعف و به‌دست آوردن نقاط قوت آن است. با تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌توان دریافت که چه تبلیغاتی در چه زمان و در چه موقعیتی بیشتر مورد توجه افراد قرار

[1] Diagnostic
[2] Interactive

می‌گیرد. یک مثال پرکاربرد دنبال کردن چشم انسان در طراحی سایت و پیدا کردن مکان مناسب برای قرار دادن تبلیغات است [۲۳].

ردیابی حرکات چشم، رفتار بصری بینندگان را ریشه‌یابی می‌کند و نشان می‌دهد که کدام محتوا توجه چشم را به خود جلب می‌کند و کدام محتوا قادر به این کار نیست. تمامی ابعاد یک آگهی تبلیغاتی، از تصاویر گرفته تا آرم[1] ، نام برند و اطلاعات تماس، در بیان محتوای مدنظر بازاریابان اهمیت خاص دارد. از طریق این فناوری، دست‌اندرکاران تبلیغات و بازاریابی متوجه می‌شوند که هر کدام از ویژگی‌ها و ابعاد آگهی با چه احتمالی توجه بیننده را به خود جلب می‌کنند [۲۰, ۲۱, ۲۴]

۲-۴-۲-ردیابی حرکت چشم در میزان هوشیاری رانندگان

همان‌طورکه در فصل یک نیز اشاره شد، با استفاده از ردیابی حرکت چشم رانندگان در هنگام رانندگی، می‌توان میزان خواب آلودگی راننده را برای جلوگیری از تصادفات جاده‌ای، که درصد قابل توجهی از آن‌ها بر اثر خواب‌آلودگی راننده اتفاق می‌افتد، تشخیص داد. این کاربرد مهم برای ردیابی حرکت چشم موجب نجات جان بسیاری از انسان‌ها می‌گردد.

از آن‌جایی که عامل بسیاری از تصادفات، خستگی و خواب آلودگی راننده بوده و باعث مرگ هزاران نفر در سال می‌شود، تحقیقات فراوانی در زمینه‌ی تشخیص خستگی و خواب آلودگی با استفاده از پردازش تصویر انجام شده است. با در نظر گرفتن حرکات چشم و ابرو، خستگی راننده را در شرایط بسته بودن چشم‌ها و خمیازه کشیدن و یا در صورت وجود هر یک از این دو شرط، تشخیص می‌دهد و با هشدار دادن به راننده، او را از ادامه‌ی رانندگی باز می‌دارد. به طور مثال فرناندز[2] و همکارانش به بررسی روشی پرداختند که از طریق آن با استفاده از یک سیستم بینایی کامپیوتر که در خودرو تعبیه شده است، می-

[1] Logo
[2] Alberto Fernansez

توان میزان حواس‌پرتی راننده را در هنگام رانندگی تشخیص داد.در این سیستم با تشخیص چهره و سپس شناسایی موقعیت چشم و ردیابی حرکت آن، که با استفاده از الگوریتم ویلاجونز[1] انجام شده، میزان هوشیاری راننده، کنترل می‌شود [۱۷].

۲-۴-۳-ردیابی حرکت چشم به منظور غلبه به ترس کودکان

ترس و اضطراب کودکان از دندان‌پزشکی سبب می‌شود آن‌ها از مراجعه به دندان‌پزشک ممانعت کنند. ارائه‌ی راه کاری برای غلبه بر این ترس دغدغه‌ی بسیاری از روانشناسان بالینی شده است.

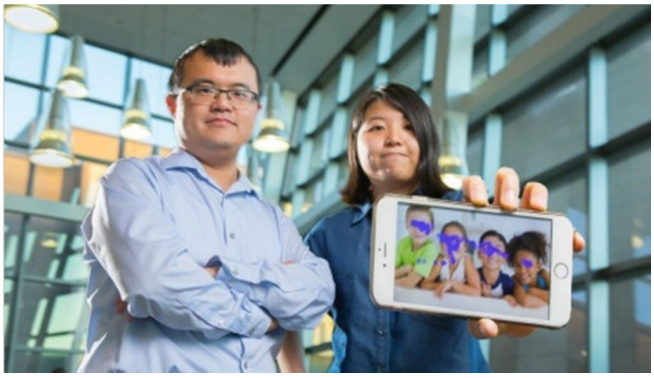
کوگان[2] به اتفاق همکارانش در سال ۲۰۱۸ به منظور غلبه بر ترس کودکان هنگام مراجعه به دندان پزشک، آزمایشی را بر روی ۴۱ کودک ۴ تا ۱۲ ساله انجام دادند. آن‌ها با بررسی حرکت چشم کودکان در هنگام مراجعه به دندان‌پزشک دریافتند که کودکان غالباً به صورت دندان‌پزشک نگاه می‌کنند تا به لباس آن‌ها. هم‌چنین کودکان اغلب به دهان و دندانِ پزشک بیشتر از چشمان او متمرکز می‌شوند [۱۸].

۲-۴-۴-ردیابی حرکت چشم به منظور تشخیص بیماری

اوتیسم یا درخودماندگی[3] نوعی اختلال رشدی (از نوع روابط اجتماعی) است که با رفتارهای ارتباطی و کلامی غیرطبیعی مشخص می‌شود. علائم این اختلال تا پیش از سه سالگی بروز کرده و علت اصلی آن ناشناخته است. در بیماری اوتیسم تشخیص زود هنگام از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و به‌طور چشم-گیری می‌تواند به بهبود کودک کمک کند. هرچند که هیچ‌گاه برای شروع به درمان دیر نیست اما تحقیقات نشان می‌دهد که تشخیص و درمان زودتر می‌تواند نتیجه‌ی بهتری داشته باشد [۲۵, ۲۶].

[1] Viola-Jones
[2] Alexander Kogan
[3] Autism

حرکت غیرطبیعی چشم در کودکان می‌تواند نشانه‌ی بارز ابتلا به اوتیسم باشد [۱۹]. محققان در دانشگاه بوفالو[1] موفق به توسعه‌ی یک برنامه‌ی کاربردی برای گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها و رایانه‌ها شدند که از طریق ردیابی حرکت چشم در کمتر از یک دقیقه می‌تواند نشانه‌هایی از اختلال اوتیسم را تشخیص دهد. این برنامه حرکات چشم یک کودک، در هنگام نگاه کردن به تصاویر صحنه‌های اجتماعی (برای مثال تصاویری که دارای چندین نفر است) را ردیابی می‌کند. حرکات چشم کودکانی که به اختلالات اوتیسم مبتلا هستند با افراد فاقد اوتیسم تفاوت دارد. این برنامه با موفقیت ۹۳/۹۶ درصدی توانست این اختلالات را در کودکان شناسایی کند. در حال حاضر این برنامه به صورت نمونه اولیه بوده و محققان در حال انجام کارهای بیشتر بر روی آن هستند. یکی از مزیت‌های بزرگ این برنامه، این است که والدین می‌توانند برای بررسی وضعیت کودکان خود در منزل به‌راحتی از آن استفاده کنند و در صورت وجود این اختلالات هرچه زودتر درمان کودک خود را آغاز کنند [۲۷].



شکل ۲- ۱- برنامه‌ی کاربردی گوشی همراه برای تشخیص بیماری اوتیسم [۲۷]

۲-۵- ردیابی چشم به منظور ارتباط و کنترل

ردیابی interactive چشم، روشی است که به وسیله‌ی حرکت چشم، کنترل یک ابزار هم‌چون رایانه، تلفن همراه، صندلی چرخ‌دار و ... توسط چشم انجام می‌گیرد. این ویژگی مهم سبب می‌شود که سیستم-

[1] Suny-Buffalo

های ردیابی چشم یک ابزار منحصر به فرد و موثر برای افراد معلولی که تنها با حرکت چشم می‌توانند با دیگران ارتباط برقرار کنند، باشند و به وسیله‌ی آن، بسیاری از نیازها و تعاملات خویش را براورده سازند و یا از رایانه و تلفن همراه استفاده نمایند [۲۸].

رایانه‌ها نقش اساسی در تغییر سبک زندگی انسان دارند. این تغییرات، مزایای فراوانی برای کل جامعه داشته است. با استفاده از کامپیوترها می‌توان شرایط و کیفیت زندگی افراد معلول را بهبود بخشید؛ البته بسیاری از معلولین، توانایی استفاده از کامپیوترها را ندارند و باید برای آن‌ها، سیستم‌های واسطی تهیه کرد. سیستم‌های کمکی زیادی در این سال‌ها معرفی و تجاری‌سازی شده‌اند که به معلولین اجازه می‌دهند تا با حرکات محدود بدنشان، با خانواده و دوستان ارتباط برقرار کنند؛ و حتی بتوانند از تجهیزات منزل استفاده کنند. اما برخی از معلولین، کنترل اغلب عضلات خود را از دست می‌دهند و برای این معلولین، بهتر است تجهیزاتی ساخته شود که نیازی به استفاده از عضلات بدن برای کنترل آن‌ها وجود ندارد. یکی از این سیستم‌ها می‌تواند استفاده از حرکات چشم یا پلک‌ها به‌عنوان واسط کاربری باشد. این تجهیزات باید بتوانند بر اساس مفاهیمی مانند حرکات عنبیه‌ی چشم، یا پلک‌ها، منظور معلول را تفسیر کنند. در چنین حالت ارتباطی، نیازهای فرد معلول به درستی شناخته می‌شود [۲۸, ۲۹].

۲-۵-۱- ردیابی حرکت چشم به منظورکنترل حرکت صندلی چرخ‌دار هوشمند

استفاده از حرکات چشم به عنوان یک فرمان کنترلی، دارای حوزه‌ی کاربردی وسیعی، در تحقیقات توانبخشی و ارتباط بین انسان و کامپیوتر است. با استفاده از این روش، یک صندلی چرخ‌دار هوشمند می-تواند در جهت حرکت چشم‌ها حرکت نماید. چشم انسان دقیقا مشابه دسته‌ی کنترلی صندلی چرخ‌دار عمل نموده و با حرکت در چهار جهت و هم‌چنین پلک زدن، می‌توان حرکت صندلی چرخ‌دار را در چهار

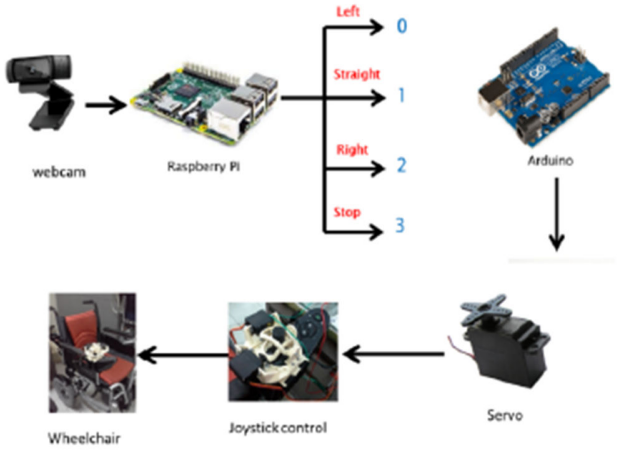
جهت کنترل نمود. استفاده از حرکات چشم به منظور هدایت ویلچر، دارای مزایایی هم‌چون سادگی، هزینه‌ی پایین، صرف انرژی کمتر، سرعت بالای چشم در فرمان‌های کنترلی و کاربرد آسان است [۱۴].

فرمان کنترلی صندلی چرخ‌دار شامل یک هدست است که از یک دوربین سه بعدی در بالا و دو دستگاه ردگیری چشم بهره می‌برد که رو به چشم کاربر قرار می‌گیرند تا حرکت آن را دنبال کنند. اطلاعات این هدست به یک رایانه ارسال می‌شود تا یک نقشه‌ی سه بعدی از محیط مقابل کاربر بر اساس اطلاعات دوربین سه بعدی تولید شود. سپس با ترکیب این اطلاعات با اطلاعات بدست آمده از ردیاب‌ها، نرم‌افزار نقطه‌ی نگاه کاربر را تشخیص می‌دهد و آن را درون نقشه‌ی سه بعدی می‌یابد. در نتیجه این سیستم از طریق ردیابی حرکات چشم کاربر می‌تواند وظایف مختلفی از جمله فعال و کنترل کردن صندلی چرخ‌دار برقی یا کنترل بازوی رباتیکی را انجام دهد [۱۴].

در سال ۲۰۱۴ جمیل[1] و همکارانش نمونه‌ای از صندلی چرخ‌دار فوق طراحی کردند. که با استفاده از یک وب‌کم، تصویر فرد معلول گرفته می‌شود و به کمک پردازش حرکت چشم، حرکت صندلی چرخ‌دار میسر می‌گردد. قدم اول برای پردازش حرکت چشم، تشخیص چهره است که با استفاده از روش آستانه سازی سازگار با تقسیم‌بندی رنگ پوست انجام می شود. مزیت روش آستانه‌ی سازگاری این است که آن را به صورت خودکار به رنگ پوست کاربر متصل می‌کند. پس از تشخیص چهره، چشم‌ها شناسایی و ردیابی شده‌اند. این مرحله با استفاده از الگوریتم تشخیص دایره‌ای هاف، برای تشخیص مردمک چشم استفاده می‌شود. سپس موقعیت مردمک با توجه به نقطه‌ی مرکزی کالیبراسیون با کمک یک شبکه مربعی مقایسه می‌شود تا با استفاده از الگوریتم، محاسبه‌ی سرعت و زاویه‌ی چرخ‌ها تعیین گردد [۲۹].

[1] Mohsin Jamil

در سال ۲۰۱۶ صندلی چرخ‌دار هوشمندی توسط وانلاک[1] و همکارش طراحی گردید که دارای چهار جز اصلی است که شامل سیستم پردازش تصویر، سیستم کنترل صندلی چرخ‌دار، سیستم ارسال و دریافت پیامک و سیستم کنترل دستگاه است. بخش پردازش تصویر سیستم حرکت چشم را تحلیل می‌کند که با استفاده از یک برد رزپری پای[2] به کنترل و جهت‌یابی حرکت صندلی چرخ‌دار می‌پردازد [۲۸]. در شکل (۲-۲)، فرآیند طراحی آن مشاهده می‌شود.



شکل ۲- ۲- صندلی چرخ‌دار کنترل‌شونده با حرکت چشم [۲۸]

۲-۵-۲- ردیابی حرکت چشم به منظور برقراری ارتباط با کامپیوتر (ماوس چشمی)

شرکت مایکروسافت با همکاری شرکت توبی[3]، که بهترین محصولات ردیابی چشم را برای بازی‌ها ارائه می‌کند، دست به اقداماتی برای بهبود شرایط معلولان زده‌اند. مایکروسافت برای دسترسی بیشتر معلولان به ویندوز به سمت تکنولوژی ردیابی چشم رفت. این تکنولوژی برای افرادی که دچار اختلال حرکتی هستند بسیار کارآمد خواهد بود چراکه به کمک چشم می‌توانند ماوس و کیبرد را هدایت کنند [۳۰].

[1] Nutthanan Wanluk
[2] Raspberry Pi
[3] Tobii

در سال ۲۰۰۹ یانگ پارک[1]، ایده‌ی یک ماوس چشمی را ارائه نمود که با حرکت سر کار می‌کرد. هر چند ایده‌ی پیاده شده در این سیستم به درستی عمل می‌کند اما برای افرادی که معلولیت بیشتری دارند و قادر به حرکت سر نیستند کارآمد نخواهد بود [۳۱].

در سال ۲۰۱۳ گابریل لپو[2] به اتفاق همکارانش سیستمی مشابه شکل (۲-۳) طراحی کردند که در آن حرکت چشم توسط یک وسیله که بر روی سر نصب شده تشخیص داده شده و در نتیجه، مکان نما بر روی صفحه نمایش داده شده و چنان‌چه بیمار بر روی یک المان برای مدت زمانی خاص نگاه کند کلیک انجام می‌شود [۳۲].

شکل ۲- ۳- سیستم ردیاب چشم نصب شده بر روی سر [۳۲]

در سال ۲۰۱۶ یک محقق هندی به نام دیو[3] به همراه همکارش با ترکیب سه الگوریتم ویلاجونز، کانادلوکاس[4] و توماسی[5] و ترکیب این‌ها با تبدیل هاف[6] به ردیابی چشم برای ایجاد یک ماوس چشمی پرداخت. آن‌چه این کار را با کارهای پیشین متفاوت می‌کند انجام کلیک و دابل کلیک است. او کلیک کردن را با یک بار چشمک زدن و دابل کلیک را با دوبار چشمک زدن متوالی طراحی کرد. این سیستم در شرایط خوب روشنایی و فاصله‌های مختلف از صفحه نمایش آزمایش شده و دقت ردیابی مردمک چشم

[1] Kang Ryoung Park
[2] Gabriel Lupu
[3] Aditya Dave
[4] KanadeLucas
[5] Tomasi
[6] Hough

نزدیک به ۹۶٪ به‌دست آمده است. این سیستم بلادرنگ و دارای دقت بالایی است. همچنین نویسندگان یک بسته‌ی نرم‌افزاری تولید کردند که به وسیله‌ی آن، کاربر درک بهتری از الگوریتم پیدا می‌کند [۳۳].

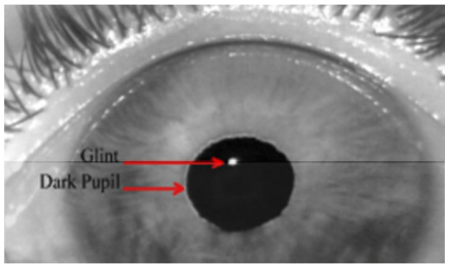
۲-۶- انواع روش‌های ردیابی حرکت چشم

حال که اهمیت و کاربردهای ردیابی حرکت چشم را شناختیم، باید گفت که روش‌های ردیابی به سه شیوه‌ی متفاوت انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از: ۱-روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر تاباندن پرتو نوری ۲-روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش سیگنال الکترواکلوگرام[1] ۳-روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش تصویر.

حال به تفصیل درباره‌ی هر یک از روش‌های گفته شده شرح می‌دهیم.

۲-۶-۱- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر تاباندن پرتو نوری

در این روش هنگامی که پرتو نور یک منبع روشنایی به چشم می‌تابد چندین نوع بازتاب نور در لایه-های مختلف چشم انجام می‌شود. بازتاب اول در تصویر به صورت نقطه نورانی بر سطح قرنیه ظاهر می‌شود همان‌طور که در تصویر (۲-۴) نشان داده شده، این نقطه‌ی نورانی گلینت[2]، نام دارد.



شکل ۲- ۴- گلینت و مردمک چشم [۳۴]

[1] Electrooculogram
[2] Glint

وضعیت مرکز مردمک نسبت به گلینت تعیین‌کننده‌ی نقطه‌ی دید ناظر است. زیرا وقتی سر حرکت کند تا زمانی که چشم به یک نقطه‌ی مشخص خیره شده باشد مکان گلینت و مردمک نسبت به یک‌دیگر ثابت خواهند بود. اما اگر شخص به نقطه‌ی دیگری خیره شود، موقعیت نقطه‌ی نورانی نسبت به مرکز مردمک تغییر می‌کند. بنابراین بردار واصل مرکز مردمک و مرکز گلینت، معیار اندازه‌گیری نقطه‌ی دید است [۳۴].

این روش در عین سادگی معایبی هم‌چون مشکل بودن پردازش، حساسیت به نور محیط، عدم کارایی در صورت استفاده‌ی شخص از عینک و ... دارد. اگر چه استفاده از تکنولوژی مادون قرمز مزایایی دارد، اما در نور آفتاب و به‌طورکلی در محیط‌هایی که منبع مادون قرمز خارجی وجود دارد، دقت این سیستم‌ها کاهش می‌یابد و این مهم‌ترین مشکل آن‌هاست. بهترین شرایط عملکردی این سیستم‌ها در نور فلورسنت و به دور از هر گونه منبع مادون قرمز دیگر است [۳۵].

در سال ۲۰۰۲ ژو[1] و همکاران با استفاده از فیلتر کالمن و جابجایی میانگین، مردمک چشم را به صورت بلادرنگ تحت تابش نور مادون قرمز ردیابی کردند. با قرار دادن تابشگر مادون قرمز در راستای محور نوری دوربین، مردمک به صورت یک نقطه‌ی سفید درآمد. سپس توسط فیلتر کالمن ردیابی شد و خطاهای احتمالی توسط جابجایی میانگین اصلاح شد [۳۶].

شنگ لین[2]، در سال ۲۰۰۵ با استفاده از منبع نور مادون قرمز به ردیابی چشم برای طراحی یک ماوس چشمی پرداخت. اما ساخت سیستمی با این تکنولوژی، نیاز به تجهیزات متعدد این سیستم را پرهزینه و ناکارآمد کرده است [۳۷].

[1] Zhiwei Zhu
[2] Chern Sheng Lin

همچنین در سال ۲۰۱۱، جیان نان[1] و همکاران، با استفاده از فیلتر ذره، موفق به ردیابی جهت حرکت چشم شدند. به این صورت که یک دوربین ثابت، با تابش مادون قرمز، برای ایجاد مردمک درخشان استفاده شد. سپس عملگر ریخت‌شناسی برای تعیین مکان دقیق مردمک اعمال گردید. در نهایت فیلتر ذره، پارامترهای مردمک را که توسط یک بیضی مدل شده بودند را ردیابی نمود [۳۸].

۲-۶-۲- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی برپردازش سیگنال الکترواکلوگرام

سیستم الکتروکولوگرافی[2] یا EOG، یک سیستم کارآمد و نیز روشی ساده و قوی برای تشخیص حرکت چشم است. EOG کاربردهای زیادی برای افزایش توانایی افراد معلول دارد. به‌طور مثال می‌توان به کنترل صندلی چرخ‌دار، کنترل لوازم منزل و جستجوی صفحات اینترنت اشاره کرد. سیستم الکتروکولوگرافی توانایی تشخیص حرکت چشم در جهات مختلف و تشخیص پلک زدن را دارد. در این روش، تشخیص حرکت چشم با اندازه‌گیری پتانسیل بین قرنیه و شبکیه انجام می‌شود. در واقع چشم‌ها منشأ یک میدان پتانسیل الکتریکی ثابت هستند که می‌توانند در تاریکی کامل و زمانی که چشم‌ها بسته هستند، تشخیص داده شوند. این میدان پتانسیل را می‌توان به وسیله‌ی یک دو قطبی که قطب مثبت آن در قرنیه و قطب منفی آن در شبکیه قرار می‌گیرد، ایجاد کرد. الکتروکولوگرافی را می‌توان با استفاده از دو جفت الکترود که بر روی پوست در اطراف یک چشم تماس دارند، اندازه‌گیری کرد. اگر چشم‌ها از موقعیت مرکز به سمت حاشیه حرکت کنند، شبکیه به یک الکترود نزدیک می‌شود در حالی که از الکترود دیگر دور می‌شود. این تغییر در جهت‌گیری باعث تغییر در سیگنال EOG می‌شود. در نتیجه، با تجزیه و تحلیل این تغییرات می‌توان حرکت چشم را ردیابی کرد [۳۹].

[1] Chi Jian-nan
[2] Electrooculography

مزیت بزرگ این روش نسبت به روش‌های دیگر این است که این سیستم تحت روشنایی‌های مختلف به درستی کار می‌کند و مستقل از نور محیط است. ضعف عمده EOG دقت نسبتاً پایین در مقایسه با یک ردیاب ویدئویی است [۳۹].

باریا[1] و همکارش، به منظور کنترل صندلی چرخ‌دار، با استفاده از این واقعیت که میدان الکترواستاتیک در اطراف چشم وجود دارد و با حرکت مردمک چشم تغییر می‌کند، مشابه شکل (۲-۵)، به شناسایی موقعیت مردمک چشم پرداختند. تفاوت‌های کوچک در میدان الکتروستاتیک که بر اثر تغییر موقعیت مردمک چشم ایجاد می‌شود، را می‌توان با استفاده از الکترودهای روی پوست در اطراف چشم ثبت کرد. هرچند وجود الکترودها هزینه‌ی پردازش را بالا می‌برد [۴۰].

شکل ۲- ۵- ردیابی حرکت چشم با استفاده از سیگنال مغز [۴۰]

۲-۶-۳- روش ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش تصویر

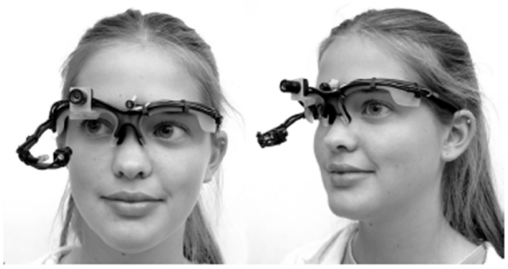
این فناوری نسبت به فناوری‌های گفته شده ارزان قیمت‌تر و غیرتهاجمی است. برای داشتن یک سیستم بلادرنگ، با نوشتن یک برنامه‌نویسی پیشرفته به آن دست پیدا می‌کنیم. همچنین این سیستم قابلیت دسترسی بهتری نسبت به فناوری های قبلی دارد.

[1] Rafael Barea

سیستم ردیابی حرکت چشم با استفاده از پردازش تصویر، شامل سه قسمت است: ۱- تشخیص محل چشم ۲- ردیابی موقعیت چشم ۳- تجزیه و تحلیل لحظه به لحظه حرکت چشم

مراجع مختلف از روش‌های مختلفی سه قسمت مختلف را پیاده‌سازی کرده‌اند؛ که در این بخش به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت.

در سال ۲۰۰۴، پلز[1] ردیابی چشم بر روی یک ویدیوی یکپارچه که توسط یک دوربین گرفته شده بررسی کردند. سیستم پیشنهادی که مشابه شکل (۲-۶) طراحی شده، با یک دوربین ویدئویی با میکرولنز کوچک نظارت می‌کند. با استفاده از الگوریتم تشخیص مردمک چشم که در نرم افزار اجرا می‌شود، می-توان به ردیابی چشم به صورت بلادرنگ دست یافت [۴۱].



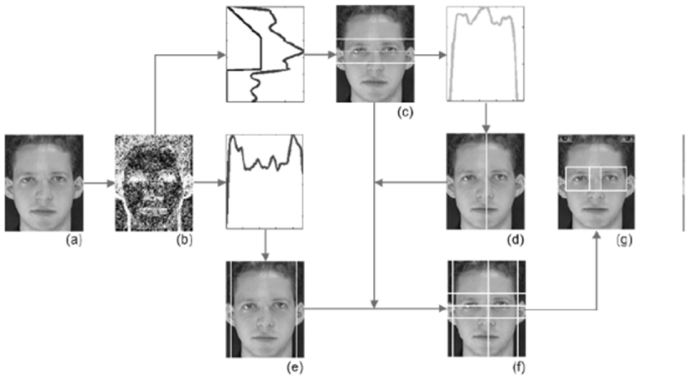
شکل ۲- ۶- ردیابی چشم با استفاده از دوربین ویدئویی و میکرولنز [۴۱]

هاریتها[2] و همکارانش در سال ۲۰۱۶ موفق به ایجاد ماوس کنترل‌شونده با چشم گردیدند. که در آن با استفاده از مفهوم ایزوفوت‌ها و گرادیان بردار مماس بر منحنی به تشخیص جهت حرکت چشم پرداخته-اند [۴۲].

پنگ[1] و همکاران در سال ۲۰۰۵ برای تشخیص حرکت چشم، مطابق با الگوریتم نشان داده شده در شکل (۲-۷)، ابتدا به تشخیص چهره و سپس با استفاده از روش‌های مبنتی بر ویژگی به تشخیص چشم‌ها

[1] Jeff B.Pelz
[2] Sasinas Alias Haritha Z A

پرداختند. موقعیت مردمک‌ها با استفاده از روشی مبتنی بر الگو و شدت روشنایی نقاط شناسایی گردید [۴۳].



شکل ۲- ۷- الگوریتم تشخیص مناطق چشم [۴۳]

در سال ۲۰۰۹، آزم[۲] و همکارانش یک سیستم رابط کامپیوتر و انسان طراحی کردند که در این سیستم، حرکت مردمک چشم، برای مدیریت رابط کاربری و تعیین موقعیت مکان نشانگر ماوس، به کار می‌رود. نویسندگان اظهار داشتند که چنین سیستمی می‌تواند با ارائه‌ی یک روش ورودی جایگزین، به منظور تسهیل رابط کاربر و رایانه برای بیماران مبتلا به اختلالات شدید، کمک کند [۴۴].

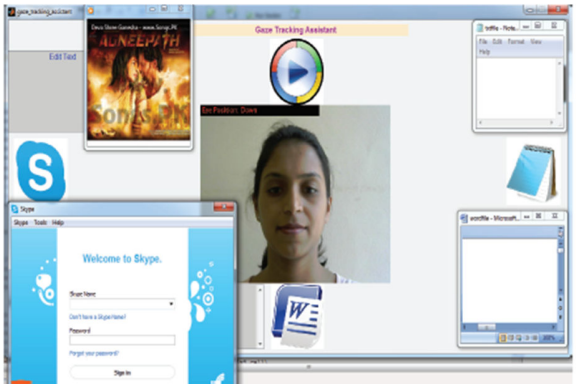
همچنین رجپیتاک[۳] به همراه همکارانش در سال ۲۰۰۹ یک روش جدید در پردازش تصویر معرفی کردند که در آن، پس از تشخیص پوست در فضای HSV، با استفاده از گرادیان ریخت شناسی صورت شخص شناسایی می‌گردد. سپس با استفاده از لبه‌یابی و آستانه‌گذاری و سپس اشتراک گرفتن از تصویر به‌دست آمده از تصویر اصلی، محل دقیق چشم‌ها مشخص می‌شود [۴۵].

---

[1] Kun Peng
[2] Shazia Azam
[3] Thanmay Rajpitak

در سال ۲۰۱۱، ورما[1] و همکاران در چارچوب پردازش تصویر یک سیستم سخت‌افزار و نرم‌افزار را برای یک سیستم کنترل بی‌سیم، مبتنی بر ردیابی حرکت چشم طراحی کردند. در این سیستم، حرکت چشم توسط یک دوربین USB شناسایی می‌شود. سیگنال‌های کنترل‌شده‌ای که پس از آن تولید می‌گردد به مقصد خود، بر روی کانال بی‌سیم منتقل می‌شوند. نویسندگان اظهار داشتند که سیستم توسعه یافته، یک دستگاه کنترل بسیار مفید برای فرد معلول فراهم می‌کند[۴۶].

در سال ۲۰۱۵ رامداسی[2] به منظور ایجاد یک رابط بین انسان و رایانه به طراحی یک ماوس کنترل‌شونده با چشم پرداخت. این ماوس چشمی در شکل (۲-۸)، نشان داده شده است. او با استفاده از الگوریتم ویلاجونز به تشخیص چهره، و با استفاده از تبدیل هاف به شناسایی مردمک‌ها پرداخت. هم‌چنین با استفاده از روش تطبیق الگو تشخیص چشمک زدن انجام گردید که به وسیله‌ی آن کاربر قادر به تایپ کردن خواهد بود. در نتیجه می‌تواند به دستگاه‌های متصل به رایانه مانند صفحه کلید دسترسی داشته باشد [۴۷].



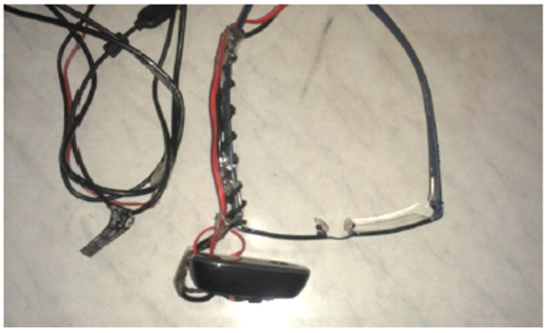
شکل ۲- ۸- ماوس چشمی هدایت شونده با حرکت چشم [۴۷]

[1] Suraj Verma
[2] Dipali Ramdasi

در سال ۲۰۱۵، کارامچندانی[1] و همکارانش به ارائه‌ی عواملی که مانع فروش سیستم‌های ردیابی موجود در بازار هستند، پرداختند. که این عوامل عبارتند از: استحکام کم، غیر قابل حمل بودن، هزینه و قابلیت دسترسی. سپس نویسندگان یک تکنولوژی ردیابی چشم اقتصادی جایگزین را ارائه دادند که می-تواند برای کودکانی که دچار اختلالات گفتاری و اختلالات حرکتی هستند، توانایی برقراری ارتباط را فراهم کند. سیستم معرفی شده از دوربین لپ‌تاپ و یا تبلت استفاده می‌کند و سخت افزار پیچیده‌ای برای عملیات ندارد. این سیستم به کاربر اجازه می دهد تا به ۱۶ گزینه در یک صفحه نمایش ۴ در ۴ اینچی دسترسی پیدا کند [۳۴].

پروفسور سالونه[2] در سال ۲۰۱۶، ایده‌ی جدیدی برای کنترل مکان‌نمای ماوس رایانه با استفاده از حرکت چشم انسان ارائه کرد. این پروژه عمدتاً از سه بخش اصلی شامل ضبط تصویر، پردازش تصویر و کنترل مکان‌نما تشکیل شده است. ابتدا تصویر از وب‌کم گرفته می‌شود. سپس شکل مردمک چشم با استفاده از تبدیل هاف شناسایی می‌گردد. مختصات مرکز دایره‌ی هاف کمک می‌کند تا نقطه دقیق روی صفحه نمایش تعیین شود. آن‌گاه مختصات مرکز دایره را به ماوس، جهت حرکت به مکانی خاص، منتقل می‌کند. این سیستم برای حل مشکلات ارتباط معلولان با دنیای بیرون بسیار مفید است. سخت افزار این سیستم مشابه شکل (۲-۹)، متشکل از دوربین، چراغ‌های مادون قرمز و لپ‌تاپ است [۳۹].

[1] Harshita Karamchandani
[2] Prashant Salunkhe

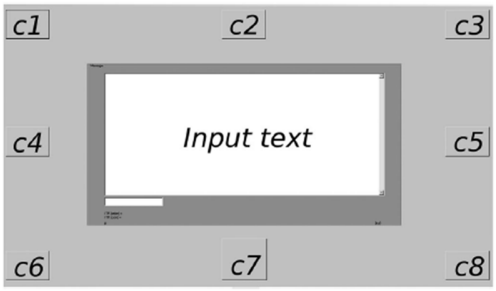


شکل ۲- ۹- سخت افزار ماوس چشمی [۳۹]

بوستنی[1] معتقد بود مراکز بهداشتی و درمانی دارای امکانات و تجهیزات لازم برای کمک به معلولین هستند؛ اما خدمات حرفه‌ای اختصاصی در خانه‌های بیمار به‌طور معمول ارائه نمی‌شود. از این رو در سال ۲۰۱۶ به طراحی و توسعه‌ی یک سیستم اتوماسیون خانه مبتنی بر حرکت چشم پرداخت. در این سیستم با استفاده از وب‌کم لپ‌تاپ، حرکت چشم، موقعیت، اندازه و سرعت حرکت مردمک چشم، شناسایی می-شود. دوربین به طریقی تنظیم می‌گردد تا به صورت افقی با چشم بیمار مقایسه شود. این الگوریتم سبب می‌شود که کاربر بتواند با حرکت چشم مکان‌نمای لپ تاپ را کنترل کند. هم‌چنین به عنوان یک رابط کاربری یک میکروکنترلر آردوینو[2]، دستورالعمل‌های دریافت شده را از کاربر تعریف می‌کند و یک خروجی را برای دستگاه مورد نظر فراهم می‌کند. وسایل کنترل‌شده توسط بیمار شامل درب‌ها، کرکره‌های پنجره، چراغ‌ها، کنترل تخت، تلویزیون، تهویه‌ی مطبوع است. این سیستم بر روی افراد مختلف آزمایش شد و نتایج اعتبارسنجی دقت بالای آن را نشان می‌دهد [۴۴].

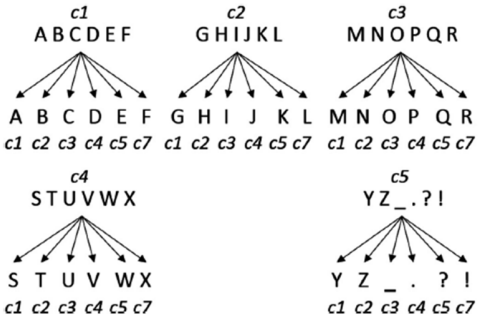
[1] Georges Boustany
[2] Arduino

در سال ۲۰۱۶، سکوتی[1] با استفاده از تحلیل حرکت چشم به طراحی یک صفحه کلید مبتنی بر ردیابی چشم برای معلولین پرداخت. این صفحه کلید یک منو با هشت دستور اصلی است که به کاربر اجازه می‌دهد که ۳۰ کاراکتر مختلف را انتخاب کند و اشتباهات را با یک کلید، حذف کند. همان‌طور که در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده، صفحه کلید از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: مرکز صفحه نمایش که متنی نمایش داده می‌شود و اطراف صفحه نمایش که شامل هشت کلید است و دستورات ممکن نمایش داده می‌شود. همان‌طور که در نمودار درختی شکل (۲-۱۱) می‌بینید کلیدهای c1 تا c5 برای انتخاب حروف اختصاص داده شده است. کلید c6 به‌عنوان "Undo" اجازه می‌دهد تا کاربر اقدامات قبلی خود را لغو کند. کلید c7 برای تکمیل کلمه استفاده می‌شود. و کلید c8 برای حذف یک کاراکتر تعبیه شده است [۳۵].



شکل ۲- ۱۰- صفحه کلید مبتنی بر حرکت چشم
برای معلولین [۳۵]

[1] Hubert Cecotti



شکل ۲- ۱۱- کاربرد هر یک از کلیدهای صفحه کلید طراحی شده [۳۵]

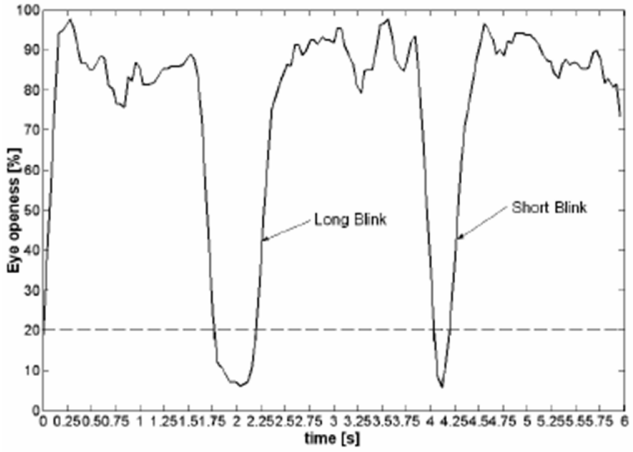
۲-۷- روش تشخیص پلک زدن

پلک زدن، یک عمل سریع به هم خوردن چشمان است. عمل پلک زدن از این جهت برای چشم ضروری است که باعث پخش شدن اشک در چشم و عبور آن از روی قرنیه و از بین بردن عفونت‌های احتمالی می‌شود. به‌صورت متوسط عمل پلک زدن حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشد. این سرعت تحت عواملی چون وارد شدن یک شی ریز خارجی، ضربات وارد شده به چشم، مصرف دارو و عفونت تغییر می‌کند. هر فرد تقریباً در هر ۲ تا ۱۰ ثانیه یک بار پلک می‌زند. البته این میزان تحت عواملی دیگر تغییر پیدا می‌کند [۴۸].

فرد معلول، با استفاده از باز و بسته شدن پلک‌ها، می‌تواند با افراد پیرامونش، ارتباط برقرار کرده و آن-ها را از نیازهای خود آگاه نماید. سیستم ارتباط معلول و کامپیوتر بر اساس پلک زدن معلول طراحی شده است. تا تصویر شخص معلول را در یک بازه‌ی زمانی خاص، آنالیز کرده و با توجه به پلک زدن‌های اختیاری او، بتواند مفاهیم مدنظر این معلول را به دیگران منتقل کند.

بنابر آن‌چه گفته شد این سیستم باید به نحوی طراحی شود که بتواند از پلک زدن‌های غیرارادی صرف نظر کرده و پلک زدن‌های ارادی کاربر را به جملاتی دارای مفهوم برای اطرافیان ترجمه کند و این کار با یک دوربین استاندارد و بدون استفاده از سخت‌افزار گران قیمت، قابل تشخیص است [۴۹].

معمولا برای تشخیص پلک زدن ارادی و غیر ارادی از یکدیگر یک بازه زمانی را در نظر می‌گیرند. مثلا در [۴۹] مطابق شکل (۲-۱۲)،پلک زدن‌های اختیاری دارای زمان‌های بیشتر از ۲۰۰ میلی ثانیه و پلک زدن‌های غیراختیاری برای زمان‌های کمتر از ۲۰۰ میلی ثانیه در نظر گرفته شده است.



شکل ۲- ۱۲- تفکیک پلک زدن‌ها اختیاری [۴۹]

۲-۸- نتیجه‌گیری

در این فصل، به معرفی ردیابی حرکت چشم و بیان کاربردهای آن پرداخته شد. مشاهده شد ردیابی حرکت چشم به دو منظور انجام می‌گردد که شامل تشخیص وضعیت و تشخیص به منظور ارتباط و کنترل است.

ردیابی تشخیص وضعیت، جهت تشخیص حالات روحی یا جسمی و یا برای ضبط دیدگاه افراد انجام می‌شود که از جمله کاربردهای آن، در طراحی تبلیغات، تعیین میزان هوشیاری رانندگان در هنگام رانندگی، غلبه بر ترس کودکان و تشخیص بیماری‌هایی از قبیل اوتیسم معرفی شد.

تشخیص حرکت چشم به منظور ارتباط و کنترل، که به وسیله‌ی این ردیابی، کنترل یک وسیله مثل صندلی چرخ‌دار هوشمند، کنترل بازی‌های کامپیوتری و کنترل ماوس رایانه از طریق حرکت چشم انجام می‌شود.

همچنین روش‌های مختلف ردیابی حرکت چشم را در مقالات متعدد بررسی گردید و مشاهده شد سه روش کلی برای آن وجود دارد که عبارت اند از: ردیابی حرکت چشم مبتنی بر تاباندن پرتو نوری، ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش سیگنال مغز و ردیابی حرکت چشم مبتنی بر پردازش تصویر

همان‌طور که مشاهده شد، روش مبتنی بر پردازش تصویر به خاطر ویژگی‌های ارزان بودن، قابلیت دسترسی آسان و بلادرنگ بودن آن روش مورد استفاده در این پژوهش قرار گرفت.

در ادامه، به معرفی روش پیشنهادی به منظور ردیابی حرکت چشم، شناسایی پلک زدن و تفکیک پلک زدن‌های اختیاری خواهد شد. سپس یک رابط کاربری طراحی خواهیم کرد که از طریق آن کاربر تنها با حرکت چشم بتواند با دیگران ارتباط برقرار کند.

فصل سوم: روش پیشنهادی

۳-۱-مقدمه

همان‌طور که در فصل دو بیان شد، امروزه ردیابی حرکت چشم کاربردهای زیادی در جهت کمک به معلولین، دارد. ایجاد یک رابط کاربری، که با حرکت چشم و پلک زدن عمل می‌کند، برای بیمارانی که دچار معلولیت بسیار شدید هستند، مانند بیماران مبتلا به ایسکلروز جانبی آمیوتروفیک[1] (ALS) ضروری است. زیرا یکی از مهم‌ترین موانع پیش‌رو این بیماران، عدم توانایی تکلّم و برقراری ارتباط با محیط بیرون است و از آن‌جا که چشم بیمار جز آخرین اعضای بدن بیمار است که از کار می‌افتد در نتیجه برای برقراری رابطه‌ی بیمار با سایرین استفاده از حرکت چشم توجیه منطقی دارد.

در گذشته از روش‌های ساده، مثل استفاده از یک جدول حروف، در جلوی تخت بیمار و گرفتن علامت چشم از او هنگام اشاره به حرف مورد نظر، استفاده می‌شد. سپس با توجه به تجربه، پرستار باید حدس بزند که بیمار چه می‌خواهد. محققین در سال‌های اخیر سیستم‌هایی پیشنهاد داده‌اند که با استفاده از پردازش تصویر، تعامل ساده‌تر کاربر با رایانه و در نتیجه با اطرافیان را فراهم می‌کند که در فصل دوم به تفصیل درباره‌ی این سیستم‌ها صحبت شد.

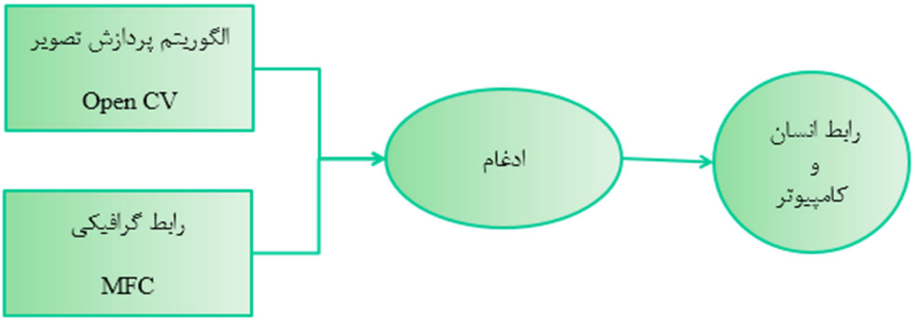
در این پژوهش، به منظور کمک به بیماران مبتلا به ALS و هم‌چنین بیمارانی که از توانایی حرکت و تکلّم محروم هستند، ابزاری ایجاد شده است که از طریق آن حرکت چشم کاربر، همچنین پلک زدن‌های اختیاری او شناسایی شود. سپس یک رابط کاربری طراحی شده است که کابر بتواند تنها با حرکت چشم خود، از آن استفاده نماید و بتواند با محیط پیرامون خود ارتباط برقرار کنند.

به عبارت دیگر، تحلیل حرکت چشم، و ترجمه‌ی آن به یک زبان قابل فهم برای سایرین، کاری است که در این پژوهش صورت گرفته است، تا به کمک آن، بیمار بتواند نیازهای اساسی خود را اعلام نماید.

[1] Amyotropic lateral sclerosis

۳-۲- روش پیشنهادی

روشی که در این پژوهش پیشنهاد شده است، شامل سه قسمت، ۱- قسمت پردازش تصویری، ۲- قسمت گرافیکی و ۳- ادغام دو بخش پردازش تصویری برنامه و بخش گرافیکی با یک‌دیگر است که در فلوچارت (۳-۱) نمایش داده شده است.



فلوچارت ۳- ۱- طراحی رابط انسان و کامپیوتر

در قسمت پردازش تصویری برنامه، تحلیل تصویر چشم، انجام می‌شود که خود شامل دو بخش است:

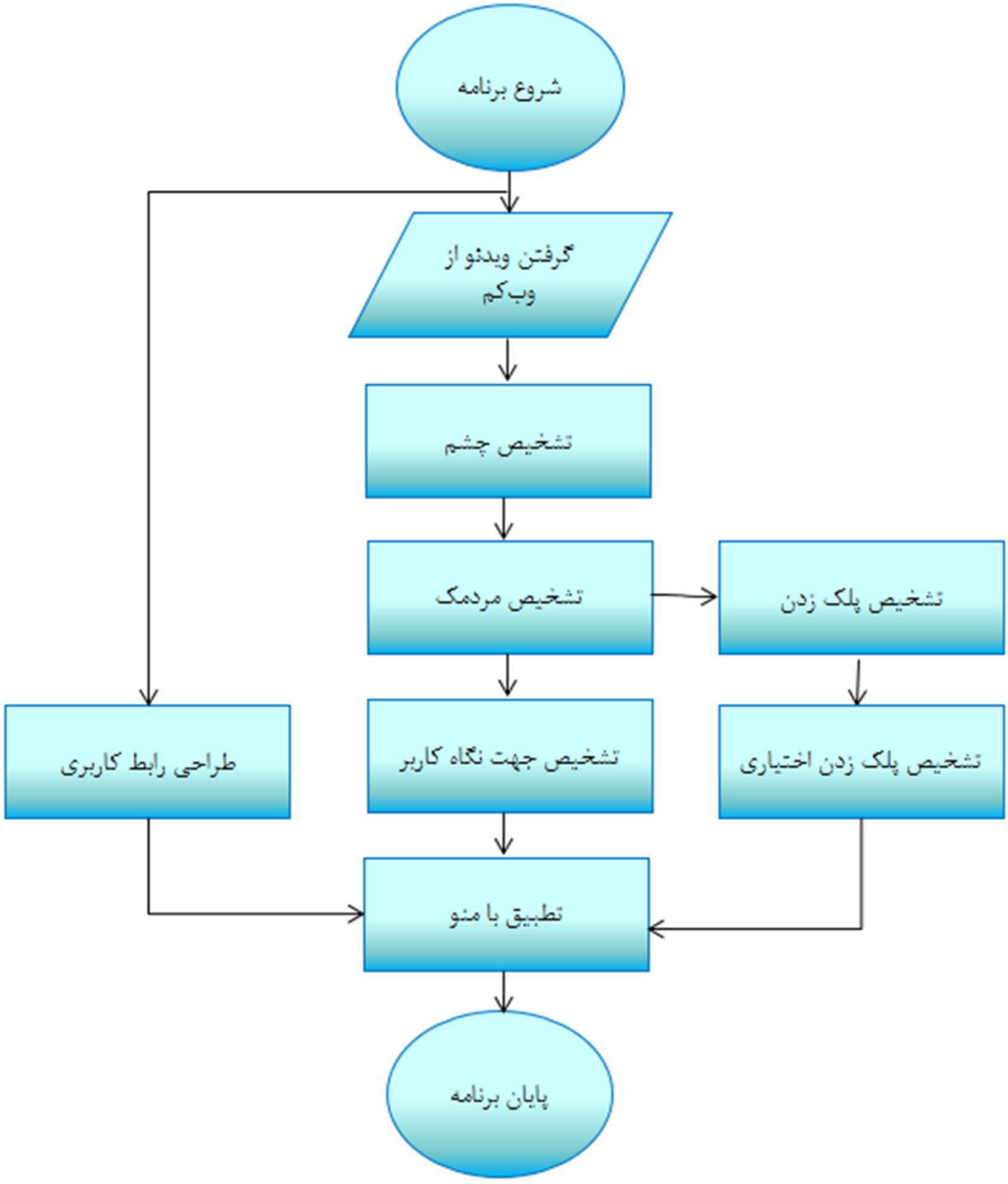
بخش اول ردیابی حرکت چشم است که پس از روشن شدن وب‌کم، و بارگیری ویدئو، به صورت آنلاین، چشم و نواحی اطراف آن تشخیص داده می‌شود. مرحله‌ی بعد تعیین جهت نگاه کاربر است که با استفاده از بررسی موقعیت مرکز مردمک، تشخیص داده می‌شود.

بخش دوم پردازش تصویر، مربوط به تشخیص پلک زدن است که پس از شناسایی مردمک چشم انجام می‌گیرد. عدم وجود مردمک در تصویر، نشانه‌ی بسته شدن چشم است. برای تشخیص پلک زدن‌های اختیاری، این ایده در چند فریم متوالی پیاده شده است. یعنی چنان‌چه مردمک در چند فریم متوالی، شناسایی نشد پلک زدن اختیاری تشخیص داده می‌شود.

قسمت گرافیکی برنامه، شامل سه کلید در سمت راست، چپ و در بالای یک صفحه است که کاربر با فشار دادن هر یک از این سه کلید یک پیغام به پرستار خود منتقل می‌کند.

قسمت سوم برنامه، ارتباط رابط کاربری با کد پردازش تصویری است. بدین صورت که برنامه با تشخیص جهت نگاه کاربر، کلید مورد نظر را انتخاب کرده و پس از آن اگر عمل پلک زدن تشخیص داده شود، کلیک بر روی آن کلید انجام می‌گردد.

الگوریتم گفته شده در این بخش را می‌توان در فلوچارت (۳-۲) مشاهده کرد.



فلوچارت ۳- ۲- الگوریتم پیاده‌سازی برنامه

۳-۳-معرفی روش برنامه‌نویسی

مهم‌ترین زبان‌های برنامه‌نویسی مورد استفاده برای پردازش تصویر، متلب، پایتون و سی پلاس پلاس هستند که به اختصار به معرفی هر یک می‌پردازیم.

متلب، یک محیط نرم‌افزاری برای انجام محاسبات عددی و یک زبان برنامه‌نویسی نسل چهارم است. واژه‌ی متلب هم به معنی محیط محاسبات رقمی و هم به معنی خود زبان برنامه‌نویسی مربوطه است که از ترکیب دو واژه‌ی ماتریس[1] و آزمایشگاه[2] ایجاد شده است. این نام حاکی از رویکرد ماتریس محور برنامه است.

کار کردن با ماتریس‌ها در متلب بسیار ساده است. در حقیقت در متلب تمام داده‌ها، حتی تصاویر به شکل یک ماتریس ذخیره می‌شوند.

در ابتدای انجام این پروژه، متلب به عنوان نرم‌افزار مورد استفاده برای پردازش تصویر انتخاب گردید اما از آن‌جا که برنامه‌ی نوشته شده دارای بار پردازشی سنگینی بود و در همه‌ی سیستم‌ها به صورت بلادرنگ[3] عمل نمی‌کرد در نتیجه از ادامه‌ی کار با این نرم‌افزار صرف‌نظر شد.

پایتون، یک زبان برنامه‌نویسی همه منظوره، سطح بالا، شئ‌گرا و متن باز است که یک کتابخانه‌ی استاندارد بزرگ دارد، که از آن به عنوان یکی از بزرگ‌ترین توانایی‌های پایتون یاد می‌شود.

اما از آن‌جا که سرعت پردازش، در این پروژه بسیار حائز اهمیت است، و پایتون به دلیل اسکریپتی بودن، در اجرای حلقه‌ها و دستورات شرطی، کند است، این زبان هم، به عنوان زبان برنامه‌ی پروژه به کار گرفته نشد.

---

[1] MATrix
[2] LABoratory
[3] Real Time

سی پلاس پلاس یک زبان قدرتمند و قدیمی است که به دلیل سرعت بالا، طرفداران زیادی دارد. ما سامانه مورد نظر این پایان‌نامه را با استفاده از این زبان و به کمک کتابخانه‌ی OpenCV[1]، توسعه دادیم. OpenCV یک کتابخانه متن باز است که شامل بیش از صدها الگوریتم بهینه‌سازی شده به زبان C و C++ برای تحلیل تصویر و ویدئو است که برای کاربردهای بلادرنگ مناسب هستند. در این پژوهش، از زبان C++ و کتابخانه‌ی OpenCV در محیط توسعه‌ی ویژوال استودیو[2] استفاده شده است.

همچنین برای طراحی گرافیکی پروژه از کتابخانه‌ی رابط کاربری MFC استفاده کرده‌ایم.

۳-۴- روند پیاده‌سازی برنامه

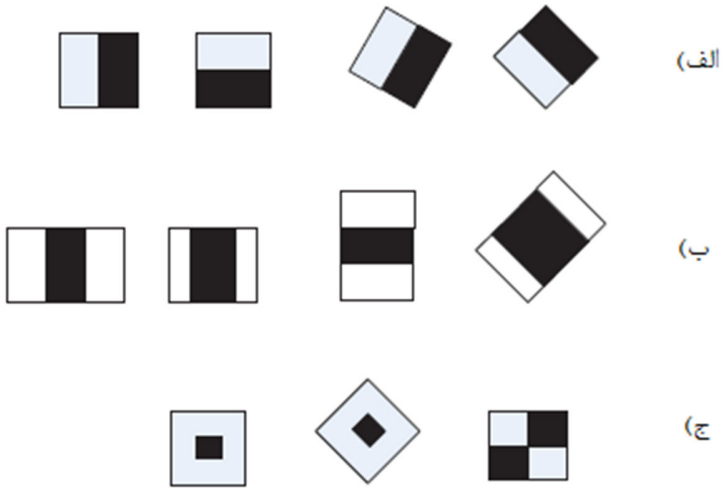
همان‌طور که اشاره شد، ردیابی چشم شامل سه بخش است که عبارت اند از: ۱- تشخیص نواحی اطراف چشم ۲- تشخیص مردمک چشم ۳- تشخیص موقعیت مردمک. الگوریتم‌های به کار گرفته شده در پیاده سازی برنامه به شرح زیر است:

۳-۴-۱- الگوریتم پیدا کردن چشم

روش ارائه شده بر روی تصاویر ثبت شده از کاربر با استفاده از یک الگوریتم، به نام طبقه‌بند آبشاری هار[3]، به صورت بلادرنگ عمل می‌کند. در ابتدا یک تصویر از کاربر از طریق دوربین وب‌کم گرفته شده، سپس موقعیت چشم‌ها به صورت بلادرنگ یافت می‌شود. برای داشتن الگوریتمی مناسب با دقت بالا برای تشخیص چشم‌ها، روش‌های مبتنی بر ویژگی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از بین روش‌های گوناگون مبتنی بر ویژگی برای تشخیص چشم‌ها، ویژگی‌های هار[4] نسبت به بقیه مؤثرتر نشان داده شده

[1] Open Computer Vision Library
[2] Visual Studio
[3] Haar cascade classifier
[4] Haar-Like Features

است. این ویژگی‌ها ضمن این که دقت بالایی در تشخیص چشم دارند، از سادگی و سرعت خوبی نیز برخوردارند و دارای خاصیت مستقل از رنگ چشم نیز هستند [۵۰]. ویژگی هار استفاده شده در این تحقیق برای تشخیص چشم در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل ۳- ۱- ویژگی هار. الف) تشخیص ویژگی‌های لبه. ب) تشخیص ویژگی‌های خط.
ج) تشخیص ویژگی‌های مرکز و خطوط مورب [۵۰]

این ویژگی‌ها، مشابه هسته‌های کانولوشن عمل می‌کنند. به بیان دیگر، ویژگی‌های هار، تعدادی فیلتر به صورت مستطیل‌های سیاه و سفید هستند. اگر مجموع پیکسل‌های زیر مستطیل سفید را از جمع پیکسل‌های زیر مستطیل سیاه کم کنیم، مقدار هر ویژگی به دست می‌آید.

$$V = R_1 - R_2 \qquad (۳-۱)$$

در رابطه‌ی (۳-۱)، R_1 مجموع پیکسل‌های زیر مستطیل سفید و R_2 مجموع پیکسل‌های زیر مستطیل سیاه و V مقدار هر ویژگی است. هنگامی‌که منطقه‌ی تشخیص داده شده در نزدکی چشم است، مقادیر هر ویژگی، تقریبا ثابت است [۵۰].

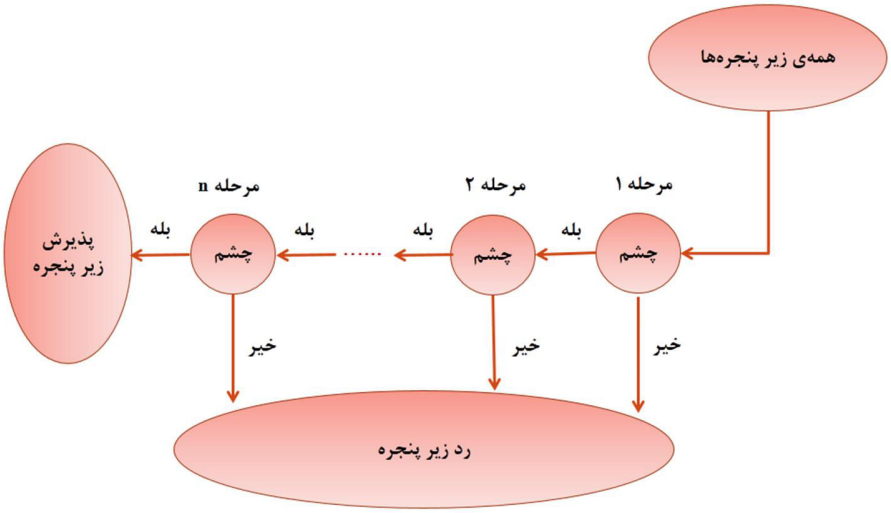
حال در این مرحله، تصاویر انتگرال معرفی شده‌اند. استفاده از این تصاویر محاسبه‌ی جمع پیکسل‌ها را ساده می‌کند و عملیات را بسیار سرعت می‌بخشد. زیرا به جای تعداد زیادی پیکسل در حالت عادی در این مستطیل‌های سیاه و سفید، با عملیاتی فقط شامل چهار عمل جمع و تفریق، پردازش انجام می‌شود [۵۱]. تصویر انتگرال آرایه‌ای است شامل جمع مقادیر شدت روشنایی پیکسل‌های قرار گرفته در سمت چپ و بالای یک پیکسل در موقعیت (x,y). در نتیجه اگر A[x,y] تصویر اصلی باشد، آن‌گاه تصویر انتگرالی I[x,y] به صورت رابطه‌ی (۳-۲) قابل محاسبه است.

$$I[x.y] = \sum_{x'<x\,.y'<y} A(x'.y') \qquad (۳-۲)$$

ویژگی‌های هار بر تمامی نمونه‌های مثبت و منفی که طبقه‌بند[1] را آموزش می‌دهند، محاسبه می‌شوند. در این‌جا منظور از نمونه‌های مثبت، چشم انسان و نمونه‌های منفی هر چیزی غیر از آن است. مطابق فلوچارت (۳-۳) در ساختار آبشاری، اگر زیرپنجره‌ای در هر مرحله از آبشار به عنوان غیرچشم شناخته شود، بلافاصله رد می‌شود. زیرپنجره‌ای به عنوان چشم شناسایی می‌شود که از همه‌ی مراحل آبشار با موفقیت عبور کند.

ویژگی‌های هار کارآمد بوده زیرا سیستم مبتنی بر ویژگی می‌تواند سریع‌تر از یک سیستم مبتنی بر پیکسل عمل کند [۵۰]. حال با داشتن ویژگی‌های هار تصاویر، می‌توان طبقه‌بند را آموزش داد.

[1] Classifier



فلوچارت ۳- ۳- طبقه بند آبشاری [۵۱]

طبقه‌بند انتخاب شده در این تحقیق، یک طبقه‌بند آدابوست[1] است. الگوریتم آدابوست یک الگوریتم یادگیری است که ویژگی‌های متعدد ضعیف برای کلاس‌بندی استفاده می‌کند تا یک طبقه‌بند قوی تشکیل دهد. در واقع آدابوست، مشابه رابطه‌ی (۳-۳) در طبقه‌بند قوی[2]، تعداد زیادی طبقه‌بند ضعیف[3] را با یکدیگر ترکیب می‌کند. این ویژگی‌های متعدد ضعیف، دوباره وزن‌دهی می‌شوند تا ویژگی‌های قبلی را اصلاح کنند[۵۰].

$$F(x) = \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 f_3(x) + \cdots \qquad (۳-۳)$$

در رابطه‌ی فوق، $f_1(x)$ طبقه‌بند ضعیف و $F(x)$ طبقه‌بند قوی است و α ها، وزن‌های طبقه‌بند هستند.

[1] Adaboost
[2] Strong classifier
[3] Weak classifier

۳-۴-۲-الگوریتم پیدا کردن مردمک چشم

برای پیدا کردن مردمک چشم بعد از یافتن نواحی اطراف چشم توسط الگوریتم طبقه‌بند آبشاری هار، این ناحیه از تصویر اصلی جدا کرده و به مقیاس خاکستری[1] می‌بریم. آن‌گاه تبدیل هاف دایره‌ای[2] با محدوده‌ی شعاع خاص را بر روی تصویر حاصل اعمال می‌کنیم.

الگوریتم تبدیل هاف، برای پیدا کردن خطوط، دایره، بیضی و یا هر شکل هندسی که دارای معادله‌ی مشخص است، تعریف می‌شود. هر چند پیچیدگی تبدیل هاف با افزایش تعداد پارامترهای مورد نیاز برای توصیف شکل مورد نظر افزایش می‌یابد، اما تبدیل عادی و عمومی هاف می‌تواند روی هر نوع شکلی که رابطه‌ی ریاضی داشته باشد، استفاده شود.

تبدیل هاف به عنوان تبدیل یک نقطه در صفحه x-y به فضای پارامتری توصیف می‌شود. فضای پارامتر بر اساس شکل شی مورد نظر تعریف می‌گردد. یک خط راست که از نقاط (x_1,y_1) و (x_2,y_2) عبور می‌کند در صفحه x-y با معادله‌ی (۳-۴) تعریف می‌شود:

$$y = ax + b \qquad (۳-۴)$$

این رابطه یک تساوی برای خط راست در یک سیستم مختصات کارتزین است که a و b پارامترهای خط هستند. اما تبدیل هاف برای خط از این رابطه استفاده نمی‌کند، زیرا خط عمود بر بردار x دارای مقدار a بی‌نهایت است که سبب می‌شود فضای پارامتری a و b حجم بی‌نهایت داشته باشد. به جای نمایش خط به صورت بالا، خط را در فضای قطبی به صورت رابطه‌ی (۳-۵) نمایش می‌دهند:

$$\rho = x\,cos\theta + y\,sin\theta \qquad (۳-۵)$$

[1] Gray Scale
[2] Circle Hough Transform

در این حالت فضای پارامتری شامل ρ و θ است که محدوده‌ی متناهی خواهد داشت.

دایره در مختصات کارتزین به صورت رابطه‌ی (۳-۶) بیان می‌شود:

$$r^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 \qquad (۶-۳)$$

در مقایسه با خط، دایره در فضای پارامتری راحت‌تر بیان می‌شود. زیرا پارامترهای دایره مستقیم می‌تواند به فضای پارامتری ارسال شود. در رابطه‌ی بالا a و b مختصات مرکز دایره در راستای محورهای xوy، و r نشان‌دهنده‌ی شعاع دایره است. نمایش پارامتری رابطه‌ی فوق به صورت روابط (۳-۷) و (۳-۸) خواهد بود [۵۲].

$$x = a + r\,cos\theta \qquad (۷-۳)$$

$$y = b + r\,sin\theta \qquad (۸-۳)$$

واضح است که فضای پارامتری مربوط به دایره، R^3 بوده در حالی‌که فضای پارامتری خط R^2 است. چون با افزایش پارامترهای مورد نیاز برای تعریف شی مورد نظر، ابعاد R فضای پارامتری افزایش می‌یابد، تبدیل هاف پیچیده‌تر خواهد شد. برای ساده‌سازی فضای پارامتری دایره، شعاع به صورت یک عدد ثابت در این فضا ثبت می‌شود.

فرآیند یافتن دایره در یک تصویر به کمک تبدیل هاف به این صورت است که ابتدا تمام لبه‌ها در تصویر مشخص می‌شوند. این بخش ارتباطی به تبدیل هاف ندارد و هر تکنیک تشخیص لبه دلخواه مثل سوبل[۱] یا کنی[۲] یا هر عمل ریخت‌شناسی[۳] دیگر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سپس در هر نقطه از لبه، یک دایره به مرکزیت همان نقطه با شعاع ثابت و مشخص ترسیم می‌شود. تعداد دایره‌ی های عبورکننده از هر نقطه، در درایه‌ی متناظر آن نقطه، در یک ماتریس که به آن ماتریس

[1] Sobel Edge Detection
[2] Canny Edge Detection
[3] Morphological Operations

ذخیره‌ساز یا انبازه می‌گوییم، قرار داده می‌شود. مکان درایه‌ای که بیشترین مقدار را دارد به عنوان مرکز دایره در تصویر اصلی انتخاب خواهد شد.

۳-۴-۳- الگوریتم پیاده سازی جهت نگاه کاربر

پس از شناسایی مردمک به وسیله‌ی تبدیل هاف، با توجه به محل قرارگیری آن و مختصات مرکز دایره‌ی هاف، جهت نگاه کاربر را به‌دست می‌آوریم. تغییرات موقعیت حرکت چشم در جهت افقی وعمودی بررسی می‌گردد.

با در نظر گرفتن مرکز مختصات در گوشه بالای سمت چپ تصویر، با انجام آزمایش‌های مختلف و تحلیل تغییرات اندازه‌ی مختصات مرکز دایره‌ی هاف، جهت تشخیص نگاه، در سه جهت بالا، راست و چپ، دریافتیم بازه‌ی تغییرات مؤلفه‌ی اول مرکز دایره که در راستای محور افق حرکت می‌کند، تقریباً بین ۷۰ تا ۱۲۰ پیکسل و تغییرات مؤلفه‌ی دوم آن، در راستای عمود بین ۷۰ تا ۱۰۰ پیکسل است.

هم‌چنین با بررسی آزمایش‌های انجام شده، می‌توان مقدار آستانه، برای موقعیت‌های مختلف قرارگیری مردمک، به دست آورد. دو مقدار آستانه برای مؤلفه‌ی اول x_1 و x_2 و یک مقدار آستانه برای مؤلفه‌ی دوم y_1 درنظر می‌گیریم.

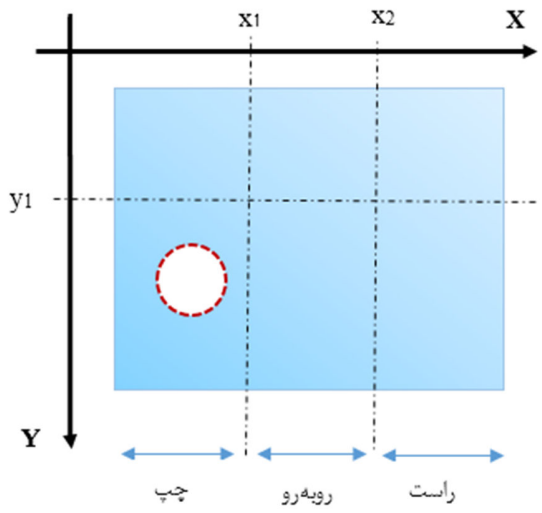
هنگامی که اندازه‌ی مؤلفه‌ی اول مرکز دایره‌ی هاف کم‌تر از مقدار آستانه‌ی اول در راستای محور افق (x_1) بود، کاربر به سمت چپ نگاه می‌کند و هنگامی که اندازه‌ی آن، مابین آستانه‌ی اول و دوم قرار گرفت، به روبه‌رو و هنگامی که بزرگ‌تر از مقدار آستانه‌ی دوم (x_2) بود، کاربر به سمت راست نگاه می‌کند. همچنین چنان‌چه مقدار مؤلفه‌ی دوم مرکز دایره‌ی هاف کمتر از مقدار آستانه در جهت محور عمود (y_1) بود، کاربر به سمت بالا نگاه می‌کند. مشابه جدول (۳-۱)، که در آن مختصات مرکز دایره هاف (x.center,y.center) است:

جدول ۳- ۱- تعیین تشخیص جهت نگاه کاربر

تشخیص نگاه به سمت چپ	$x.center<x_1$
تشخیص نگاه به سمت رو به رو	$x_1<x.center<x_2$
تشخیص نگاه به سمت راست	$x.center>x_2$
تشخیص نگاه به سمت بالا	$y.center<y_1$

برای درک بهتر مفاهیم فوق، می‌توان شکل (۳-۲) را در نظر گرفت.

.



شکل۳- ۲- تشخیص جهت نگاه کاربر

حال با استفاده از الگوریتم‌های معرفی شده، مراحل انجام شده، به شرح زیر است.

۳-۵- پیاده سازی عملی

در این فصل الگوریتم پیشنهادی در هر بخش، شرح داده شد. حال به صورت عملی، الگوریتم‌های مطرح شده را پیاده‌سازی کرده‌ایم؛ که در این بخش به بررسی نتایج پیاده‌سازی هر قسمت خواهیم پرداخت.

۳-۵-۱- ردیابی حرکت چشم

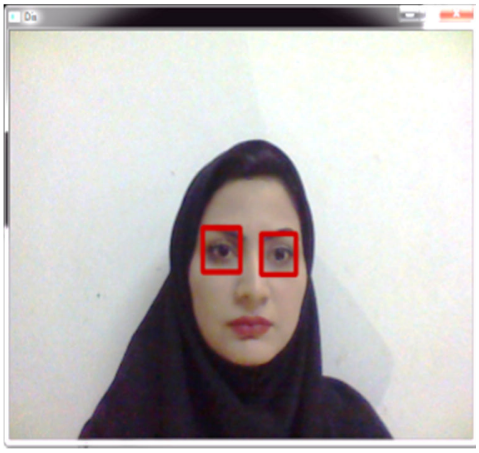
ردیابی چشم شامل فرآیند محاسبه‌ی نقطه‌ای که چشم به آن خیره شده و هم‌چنین محاسبه‌ی حرکات چشم است. به زبان ساده‌تر، فرآیند اندازه‌گیری فعالیت‌های چشم است.

در این پژوهش، تصویر توسط دوربین وب‌کم لپ‌تاپ، گرفته شده است. برای عملکرد بهتر برنامه، وجود یک چراغ‌قوه‌ی کوچک در محیطی که نور مناسب وجود ندارد، الزامی است. هم‌چنین تا حد ممکن پس‌زمینه‌ی تصویر کاربر ساده و روشن باشد تا تشخیص به خوبی انجام گیرد.

۳-۵-۱-۱-پیدا کردن نواحی اطراف چشم

تصویر، به عنوان ورودی از وب‌کم گرفته می‌شود و برای یافتن نواحی اطراف چشم به یک الگوریتم مبتنی بر ویژگی، به نام الگوریتم طبقه‌بند آبشاری هار، که در بخش قبل معرفی گردید، داده می‌شود.

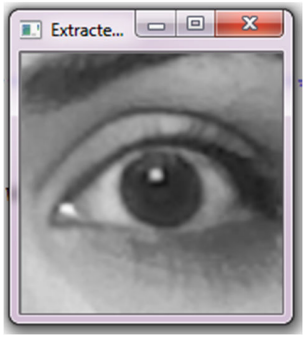
نتیجه‌ی اعمال این الگوریتم بر روی ویدئوی گرفته شده از وب‌کم لپ‌تاپ در شکل (۳-۳) مشاهده می‌شود. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی در شناسایی موقعیت اطراف چشم، کاملا موفق عمل می‌کند. با شناسایی نواحی اطراف چشم، گستره‌ی جستجوی برنامه را برای یافتن مردمک، کاهش می‌یابد.



شکل۳- ۳- شناسایی نواحی اطراف چشم

۳-۵-۱-۲-شناسایی مردمک چشم

در این مرحله، ورودی، تصویر نواحی اطراف چشم است که در مرحله‌ی قبل حاصل شد. این تصویر پس از انتقال به مقیاس خاکستری، مطابق شکل (۳-۴) در پنجره‌ی جداگانه نمایش داده می‌شود تا ادامه-ی پردازش‌ها بر روی این تصویر –و نه بر روی تصویر اولیه که از وب‌کم گرفته شد- انجام گیرد.



شکل۳- ۴- نمایش تصویر نواحی اطراف چشم
برای انجام ادامه‌ی پردازش‌ها در مقیاس خاکستری

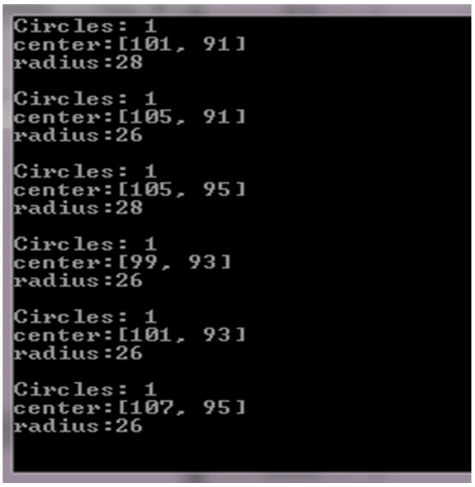
آن‌گاه الگوریتم تبدیل هاف دایره‌ای، به تصویر شکل (۳-۴) به عنوان ورودی این الگوریتم برای پیداکردن مردمک چشم، اعمال می‌شود.

برای استفاده از تبدیل هاف در این پروژه، مقادیر پارامترهای آن مشابه جدول (۳-۲) در نظر گرفته شده است.

جدول ۳- ۲- پارامترهای انتخاب شده برای استفاده از تبدیل هاف

پارامترهای تبدیل هاف	مقادیر
حداقل شعاع مجاز برای کشف دایره	۲۲
حداکثر شعاع مجاز برای کشف دایره	۳۰

شکل۳- ۵- شناسایی مردمک
با استفاده از تبدیل هاف



شکل۳- ۶- چاپ مختصات مرکز و شعاع مردمک
در فریم‌های متوالی

خروجی این الگوریتم، به غیر از تصویر شناسایی مردمک چشم که در شکل (۳-۵) مشاهده می‌شود، مطابق شکل (۳-۶)، تعداد دایره‌ی هاف تشخیص داده شده در هر فریم، مختصات مرکز دایره‌ی هاف (مردمک) و شعاع آن نیز هست

۳-۵-۱-۳-تعیین موقعیت مردمک چشم و تشخیص زاویه‌ی دید

در مرحله‌ی قبل، با استفاده از دایره‌ی هاف، مردمک، مختصات مرکز و شعاع مردمک شناسایی شد. حال در این بخش، با استفاده از مختصات مرکز دایره، محل قرارگیری مردمک را در چشم تشخیص می-دهیم.

مقادیر آستانه در جهت محور افق و عمود به صورت تجربی و با انجام ۳۰ بار تکرار آزمایش در هر جهت به‌دست آمده است. که این مقادیر در جهت محور افق برابر است با x_1=۸۵ و x_2=۱۰۲ و در جهت محور عمود برابر y_1=۸۰ است.

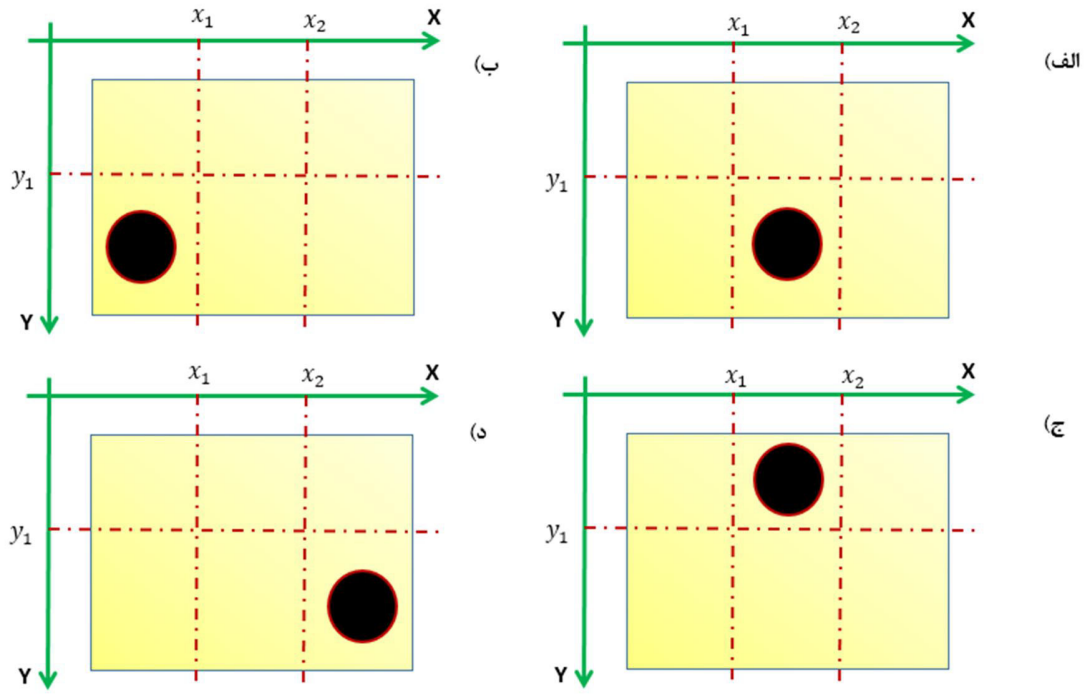
اگر مؤلفه‌ی دوم مرکز دایره، مقدار کمتر از ۸۰ داشته باشد، کاربر به بالا نگاه می‌کند. در غیر این-صورت:

اگر مؤلفه‌ی اول مرکز دایره، مقدار کمتر از ۸۵ داشته باشد، کاربر به سمت چپ نگاه می‌کند.

اگر مولفه‌ی اول مرکز دایره، مقداری بیشتر از ۸۵ و کمتر از ۱۰۲ داشته باشد، کاربر به روبه‌رو نگاه می‌کند.

اگر مؤلفه‌ی اول مرکز دایره، مقداری بیشتر از ۱۰۲ داشته باشد، کاربر به سمت راست نگاه می‌کند.

در نتیجه، مطابق شکل (۳-۷) جهت نگاه کاربر تعیین می‌گردد.

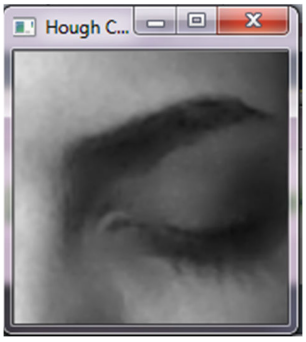


شکل۳- ۷- تعیین جهت نگاه کاربر با استفاده از محل قرار گیری مردمک
الف) نگاه به روبه‌رو. ب) نگاه به چپ. ج) نگاه به بالا. د) نگاه به راست

۳-۵-۲- تشخیص پلک زدن و تفکیک پلک زدن‌های اختیاری

به منظور تشخیص پلک زدن، از شکل (۳-۴) به عنوان ورودی استفاده می‌کنیم. همان‌طور که در شکل (۳-۶) مشاهده می‌کنید، برنامه به گونه‌ای طراحی شده است که تعداد دایره‌های یافت شده توسط تبدیل هاف، در هر فریم، چاپ می‌شود.

مطابق شکل (۳-۸)، هنگامی‌که چشم بسته باشد، مردمک در تصویر مشاهده نمی‌شود. در نتیجه تعداد دایره‌ای که در حالت بسته بودن چشم، نمایش داده می‌شود برابر با صفر است.



شکل۳- ۸- پلک زدن و عدم نمایش دایره‌ی هاف

از همین ایده، برای تشخیص پلک زدن استفاده شده است. این مطلب را این‌گونه بیان می‌کنیم که اگر در یک فریم، وجود مردمک تشخیص داده نشد (یعنی تعداد دایره‌ی هاف برابر صفر بود)، پلک زدن انجام شده است.

حال برای تفکیک پلک زدن‌های اختیاری از غیر اختیاری، یک شمارنده به نام m در نظر می‌گیریم. وظیفه‌ی m، شمارش تعداد فریم‌های متوالی‌ای است که مردمک در آن تشخیص داده نشده است.

به صورت قراردادی یک مدت زمان معقول، برای پلک زدن اختیاری که مترادف با m =۲۰ است، در نظر می‌گیریم. حال اگر تعداد فریم‌های متوالی، که در آن مردمک تشخیص داده نشد، برابر با ۲۰ بود، پلک زدن به صورت اختیاری انجام شده و چاپ می‌گردد.

حال دو پارامتر خروجی این بخش برنامه که عبارت‌اند از: جهت نگاه و پلک زدن اختیاری کاربر، در هر فریم برای اجرای فرمان به رابط کاربری داده می‌شود.

۳-۶- طراحی رابط کاربری

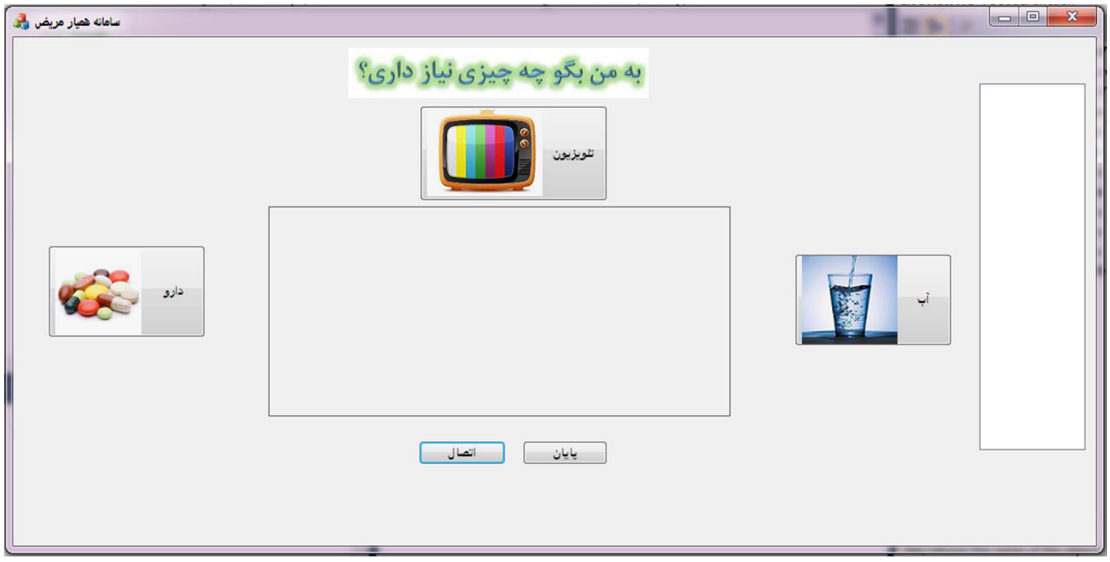
بخش گرافیکی، واسط بین کاربر و کامپیوتر است. در حقیقت، عملکرد برنامه با استفاده از یک دستورالعمل گرافیکی در این بخش نمایش داده می‌شود و آن‌چه کاربر از این پژوهش مشاهده می‌کند، بخش گرافیکی برنامه است.

این رابط کاربری شامل پنج کلید است. دو کلید، در پایین صفحه طراحی شده است که کلید اول، کلید اتصال است؛ با کلیک بر روی این کلید، وب‌کم لپ‌تاپ روشن شده و تصویر کاربر، به صورت آنلاین، در کادر وسط دستورالعمل نمایش داده خواهد شد. کلید دوم، کلید پایان نام دارد و با کلیک بر روی آن، برنامه متوقف و بسته می‌شود.

سه کلید دیگر، در سمت راست، چپ و بالای صفحه به نام‌های دارو، آب و تلویزیون قرار گرفته است. کاربر با فشار دادن هر یک از این سه کلید یک پیغام به پرستار خود منتقل می‌کند.

کلید سمت راست نیاز بیمار به آب و کلید سمت چپ نیاز او به دارو و کلید بالا تمایل کاربر به تماشای تلویزیون را اعلام می‌کند. با کلیک بر روی هر یک از کلیدها یک رویداد خاص نمایش داده می-شود که در آن نیاز فرد به پرستار منتقل می‌گردد.

هم‌چنین، همان‌طور که در شکل (۳-۹) مشاهده می‌شود، یک کادر سفید رنگ در سمت راست رابط کاربری قرار داد. با کلیک بر روی دکمه‌ی اتصال و نمایش تصویر کاربر در کادر وسط، جهت نگاه کاربر هم‌چنین پلک زدن اختیاری او، به‌صورت بلادرنگ، در آن چاپ می‌شود.

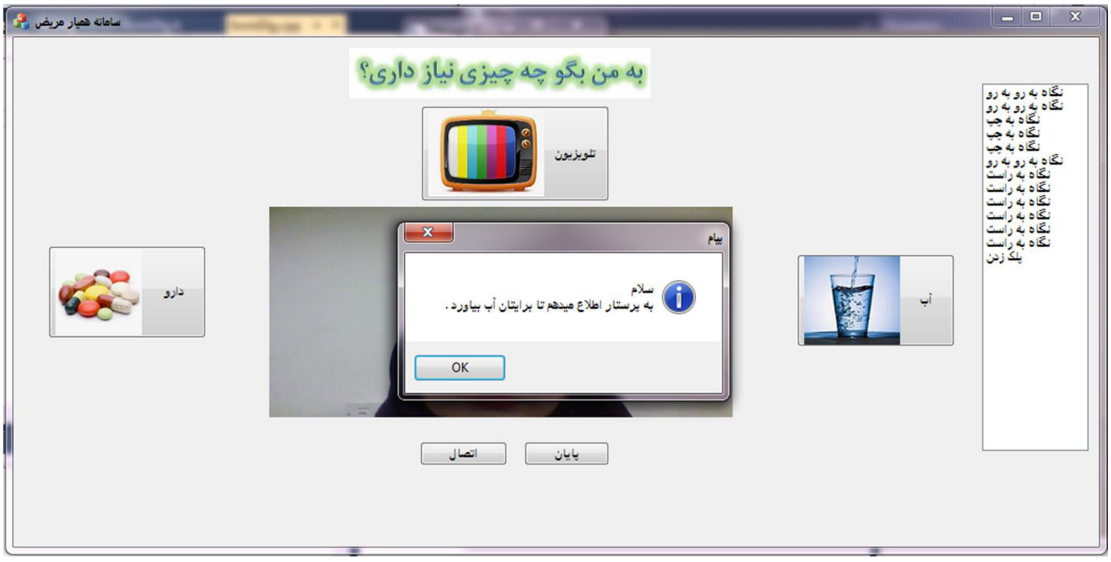


شکل۳- ۹- رابط کاربری

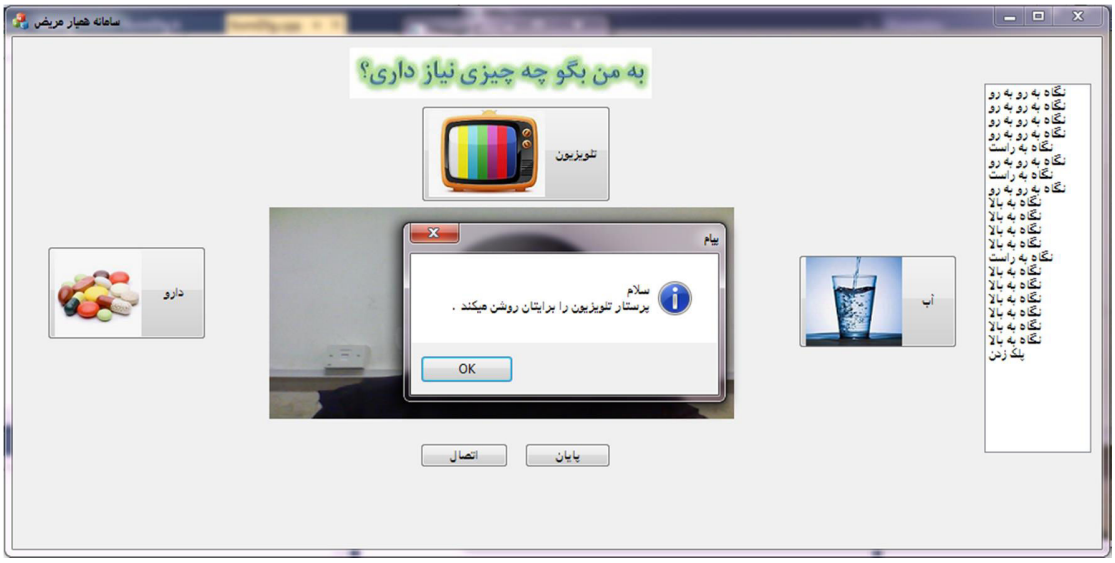
۳-۷- ادغام دو بخش پردازش تصویری و گرافیکی

قسمت سوم برنامه، تطبیق کد پردازش تصویری نوشته شده با رابط کاربری طراحی شده، است. بدین صورت که چنان‌چه برنامه تشخیص دهد کاربر به سمت راست نگاه می‌کند، کلید سمت راست موجود در رابط کاربری، انتخاب شده و پس از آن اگر عمل پلک زدن تشخیص داده شود، کلیک بر روی آن کلید انجام می‌گردد. هم‌چنین اگر برنامه تشخیص نگاه کردن کاربر را به سمت چپ بدهد، کلید سمت چپ را انتخاب و با تشخیص پلک زدن، کلیک بر روی کلید سمت چپ انجام می‌شود و اگر نگاه به بالا توسط برنامه تشخیص داده شود، کلید بالا انتخاب شده سپس با انجام عمل پلک زدن، کلیک بر روی آن انجام می‌گردد. که در هر یک از این کلیدزنی‌ها یک رویداد اتفاق می‌افتد که در شکل (۳-۱۰) رویداد کلید سمت راست و در شکل (۱۱-۳) رویداد کلید سمت چپ و در شکل (۳-۱۲) رویداد کلیدی که در بالا قرار گرفته است، مشاهده می‌گردد. نمایش هر یک از این سه رویداد، یک پل ارتباطی بین معلول با پرستارش ایجاد می‌کند.

شکل۳- ۱۰- نمایش پیغام پس از نگاه به راست و پلک زدن

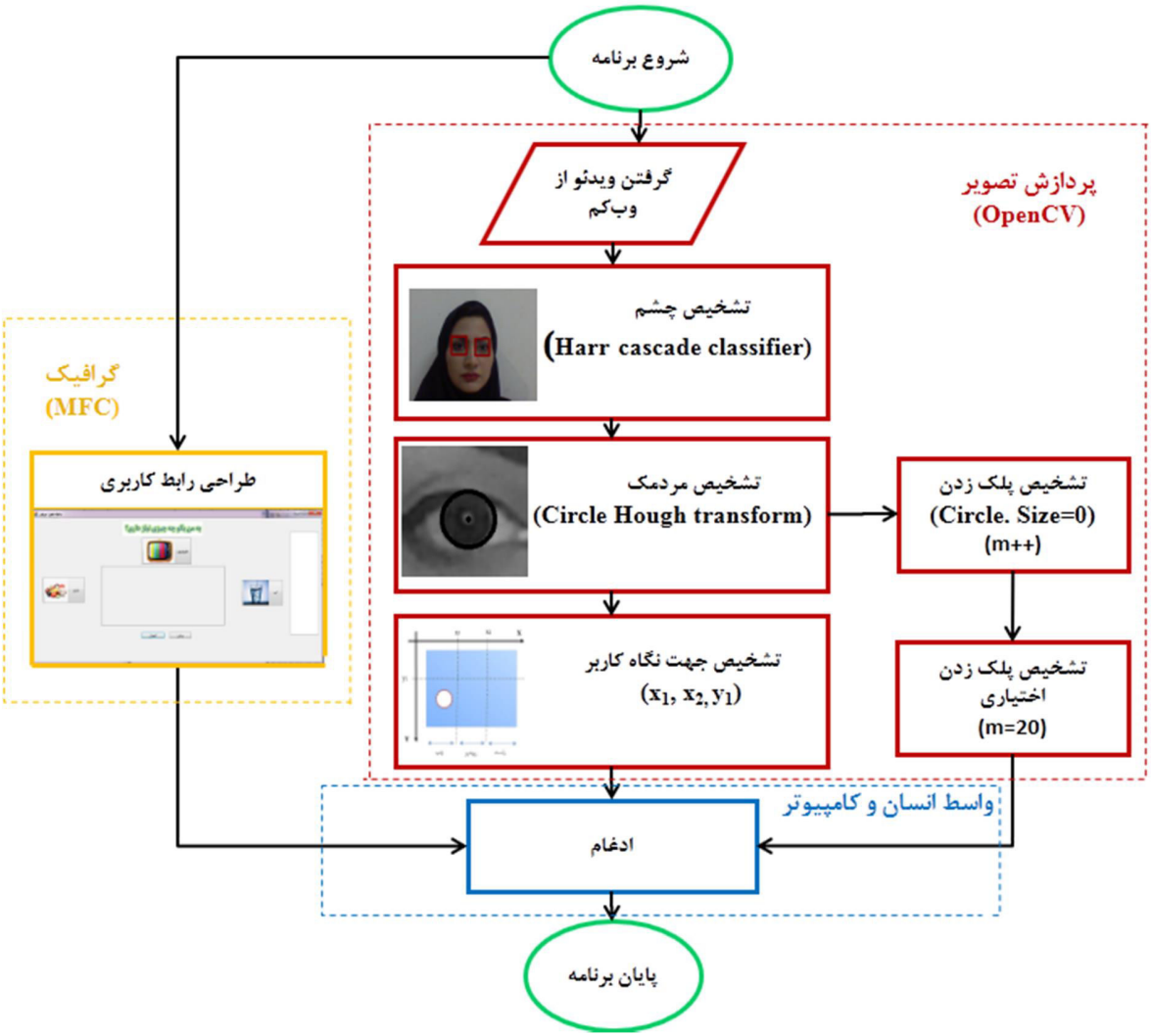


شکل۳- ۱۱-نمایش پیغام پس از نگاه به چپ و پلک زدن



شکل۳- ۱۲- نمایش پیغام پس از نگاه به بالا و پلک زدن

مراحل گفته شده را می‌توان در فلوچارت (۳-۴) در یک نگاه، مشاهده کرد.



فلوچارت ۳- ۴- الگوریتم پیاده‌سازی برنامه

۳-۸- ملزومات پروژه

در هر سیستم به منظور وقوع عملکرد بهینه، طراح، غالباً یک یا چند شرط برای پروژه در نظر می-گیرد و پیشنهاد می‌کند جهت برخورداری از حداکثر بازده‌ی سیستم، شرط‌های بیان شده رعایت گردد. حال در این پژوهش، برای عملکرد هر چه بهتر برنامه، چند نکته لازم به ذکر است. نخست این‌که هنگام کار با برنامه، روشنایی محیط باید در سطح مناسبی قرار داشته باشد. نکته‌ی دیگر این‌که، پیش‌زمینه‌ی کاربر باید ساده و به رنگ روشن باشد. هم‌چنین، فاصله‌ی کاربر از دوربین نباید از ۲۰ سانتی‌متر کمتر و از ۶۰ سانتی‌متر بیشتر باشد.

با رعایت شرط‌های فوق، می‌توانیم انتظار بهترین بازدهی را از سیستم داشته باشیم.

فصل چهارم: مشاهدات و نتایج تجربی

۴-۱- مقدمه

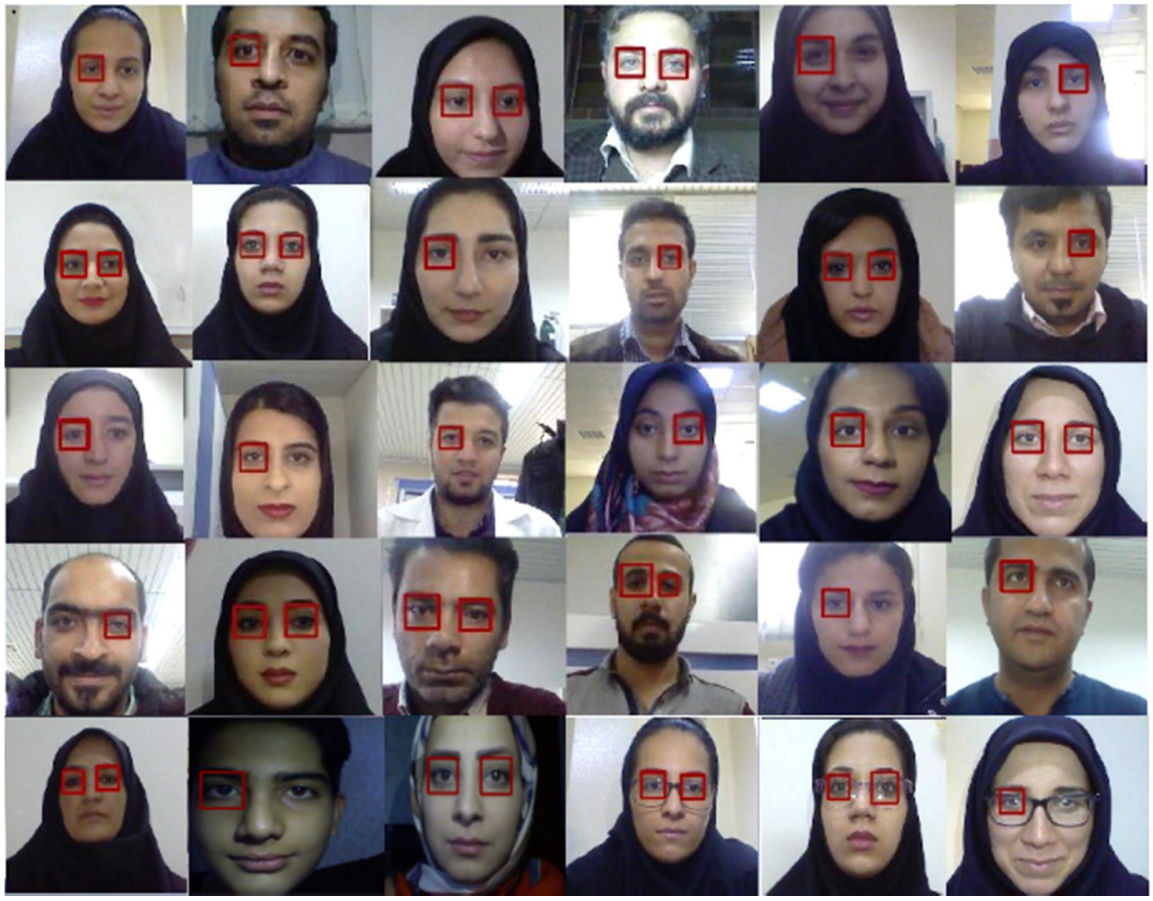
به منظور صحت‌سنجی عملکرد برنامه‌ی شرح داده شده در فصل سوم، آزمایش‌های متعددی انجام شد که شرح آن‌ها در این فصل آمده است.

مراحل مختلف این برنامه بر روی ۳۰ نمونه، آزمایش شده است. این ۳۰ نمونه، شامل ۲۰ نمونه زن و ۱۰ نمونه مرد است که از این تعداد ۳ نمونه دارای چشم‌های روشن، و ۳ نمونه دارای عینک بودند.

همه‌ی نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند و در آن‌ها افراد با رنگ پوست و رنگ چشم متفاوت همچنین سایز و مدل‌های مختلف چشم و ابرو مشاهده می‌شود.

۴-۲- تشخیص نواحی اطراف چشم

اولین آزمایش تشخیص نواحی اطراف چشم است. همان‌طور که در تصویر (۴-۱) مشاهده می‌شود، نواحی اطراف چشم در همه‌ی نمونه‌ها به خوبی تشخیص داده شده است. هرچند در برخی نمونه‌ها در بعضی از فریم‌ها تنها یک چشم شناسایی می‌شد اما از آن‌جا که برای انجام پردازش‌های بعدی شناسایی یک چشم کافی است در نتیجه این موضوع در روند انجام برنامه خللی وارد نمی‌کند. همچنین مشاهده می‌شود نواحی اطراف چشم برای افراد دارای عینک نیز به درستی شناسایی شده است.

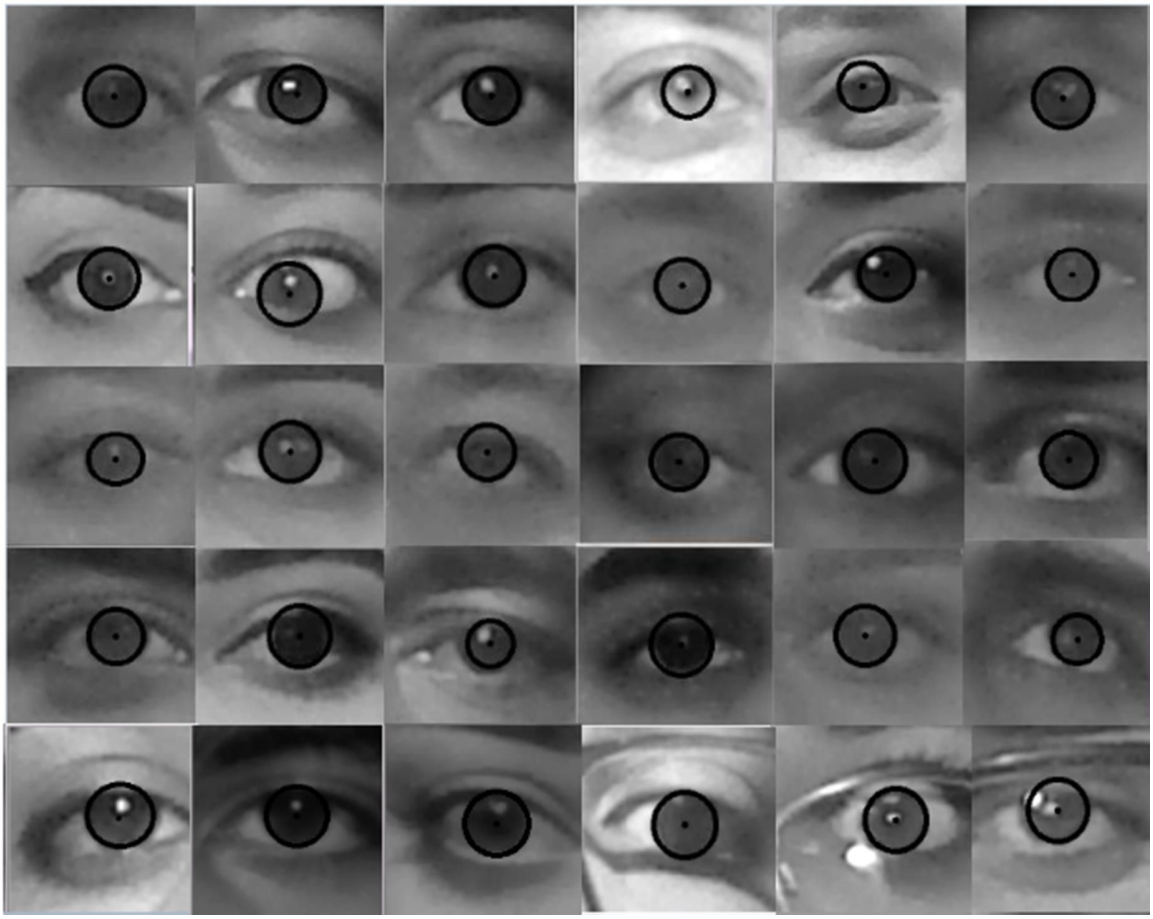


شکل۴- ۱- تشخیص نواحی اطراف چشم در نمونه‌های مختلف

۴-۳- تشخیص مردمک چشم

پس از تشخیص نواحی چشم، دومین آزمایش بر روی نمونه‌ها، تشخیص مردمک چشم است. در تصویر (۴-۲) تشخیص مردمک چشم انجام شده که هر یک از این تصاویر متناظر با تصاویر شکل (۴-۱) است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در تمامی موارد مردمک چشم به خوبی تشخیص داده شده است. هر چند در یک مورد از افراد دارای عینک، تشخیص مردمک چشم در برخی از فریم‌ها انجام نمی‌گرفت.

لازم به ذکر است با توجه به آن‌چه در فصل قبل گفته شد، درستی تشخیص مردمک، متناظر با تشخیص پلک زدن است و مطابق با مشاهده‌های انجام شده، نتیجه می‌گیریم تشخیص پلک زدن، در مواردی که مردمک به خوبی شناسایی می‌شود نیز به درستی انجام می‌گیرد.



شکل۴- ۲-تشخیص مردمک چشم در نمونه‌های مختلف

۴-۴- تشخیص جهت نگاه کاربر

پس از تشخیص مردمک چشم تشخیص جهت نگاه کاربر مورد آزمایش قرار گرفته است. این آزمایش، بر روی ۳۰ نمونه شامل ۲۴ نمونه با چشم‌های رنگ تیره و ۳ نمونه با چشمان رنگ روشن و ۳ نمونه با عینک انجام گرفته است.

با بررسی نتایج جدول (۴-۱)، مشاهده می‌شود این برنامه بر روی تمامی افراد بدون عینک به خوبی تشخیص انجام می‌گردد. و تنها در یک مورد با عینک تشخیص مردمک چشم، در نتیجه تشخیص نگاه و پلک زدن به درستی تشخیص داده نمی‌شود.

لازم به ذکر است نمونه‌ی یازده تا بیست و چهار در جدول (۴-۱) دارای چشمان تیره و نتایجی مشابه نمونه‌های یک تا ده داشته است.

جدول ۴- ۱- نتایج برنامه بر روی افراد مختلف در روشنایی متوسط

	نوع چشم	تشخیص چشم	تشخیص مردمک	تشخیص نگاه	تشخیص پلک زدن
شخص اول	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص دوم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص سوم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص پنجم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص ششم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص هفتم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص هشتم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص نهم	تیره	درست	درست	درست	درست
شخص دهم	تیره	درست	درست	درست	درست
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
شخص بیست و پنجم	روشن	درست	درست	درست	درست
شخص بیست و ششم	روشن	درست	درست	درست	درست
شخص بیست و هفتم	روشن	درست	درست	درست	درست
شخص بیست و هشتم	با عینک	درست	درست	درست	درست
شخص بیست و نهم	با عینک	درست	غلط	غلط	غلط
شخص سی‌ام	با عینک	درست	درست	درست	درست

۴-۵- زمان انجام کلیدزنی

همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، انتخاب کلید بعد از تشخیص نگاه کاربر در جهت راست، چپ و بالا انجام می‌شود و اگر پلک زدن بعد از آن شناسایی شود، کلیدزنی انجام می‌شود. مدت زمان پلک زدن اختیاری، ۲۰ فریم، قرارداد شده است.

حال برای هر جهت، مدت زمان تشخیص جهت نگاه تا عمل کلید زنی محاسبه شده است. در جدول (۴-۲) نتایج این آزمایش قابل مشاهده است.

جدول ۴- ۲- زمان کلید زنی در هر جهت

جهت نگاه کاربر	بالا	راست	چپ
زمان کلیدزنی در جهت نگاه	۷/۶۱	۸/۳۲	۸/۲۶

۴-۶- مقایسه‌ی الگوریتم پیشنهادی با مرجع [۴۲]

در مرجع شماره‌ی [۴۲] که در فصل دوم به آن اشاره شد، با استفاده از روش ایزوفوت‌ها، که روشی مبتنی بر منحنی‌هایی است که نقاط شدت برابر را با هم مرتبط می‌سازد، ردیابی حرکت چشم انجام شده است. حال در جدول (۴-۳) به مقایسه‌ی این روش با روش اعمالی در این پژوهش پرداخته‌ایم.

این مقایسه به منظور ردیابی حرکت چشم،مشابه مرجع [۴۲]، بر روی ۲۰ نمونه و در سه سطح روشنایی متفاوت انجام شده است.

جدول ۴- ۳- مقایسه‌ی ردیابی حرکت چشم در افراد بدون عینک در این پژوهش و مرجع [۴۲]

تعداد / روشنایی	**تعداد نمونه ها در این پژوهش**	**تعداد نمونه‌ها در مرجع [۴۲]**	**تعداد درست تشخیص در این پژوهش**	**تعداد درست تشخیص در مرجع [۴۲]**	**درصد تشخیص درست در این پژوهش**	**درصد تشخیص درست در مرجع [۴۲]**
زیاد	**۲۰**	**۲۰**	**۲۰**	**۱۸**	**٪۱۰۰**	**٪۹۰**
متوسط	**۲۰**	**۲۰**	**۲۰**	**۲۰**	**٪۱۰۰**	**٪۱۰۰**
کم	**۲۰**	**۲۰**	**۱۶**	**۱۷**	**٪۸۰**	**٪۸۵**

همان‌طور که مشاهده می‌شود، روش مورد استفاده در این پژوهش، نسبت به روش اعمالی در مرجع شماره‌ی [۴۲]، نسبت به نور مقاومت بیشتری دارد.

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، استفاده از پردازش تصویر در جهت بهبود و تسهیل زندگی معلولین بوده است و تلاش شد تا طرحی پیشنهاد شود که به کمک آن، بیمارانی که از معلولیت‌های بسیار شدید رنج می‌برند بتوانند مستقل‌تر زندگی کنند. هم‌چنین در حالی که بیمار، توانایی تکلّم خود را از دست داده است بتواند پیغام یا نیاز خود را به دیگران، انتقال دهد. در واقع یک کانال ارتباطی، برای بیمار ایجاد گردید.

با بررسی ویژگی‌های افرادی که به بیماری اسکلروز جانبی آمیوتروفیک، که از بدترین انواع معلولیت است، مبتلا هستند، دریافتیم این بیماری منجر به از دست رفتن تدریجی عملکرد عضلات بیمار می‌گردد و با تضعیف ماهیچه‌ها، به تدریج فرد به فلج عمومی مبتلا می‌شود. به‌طوری که توانایی هر گونه حرکت از شخص سلب خواهد شد. هم‌چنین دریافتیم چشم این بیماران، آخرین عضو از بدن آن‌هاست که عملکرد خود را از دست می‌دهد. در نتیجه چشم‌های بیمار، به عنوان فاکتور مورد پردازش در پروژه، انتخاب گردید.

بر اساس آن‌چه گفته شد در این طرح، ردیابی حرکت چشم، اولین قدم در جهت پیش‌برد پروژه است. برای ردیابی حرکت چشم، ابتدا نواحی اطراف چشم شناسایی و سپس مردمک چشم و پس از آن موقعیت قرارگیری مردمک، تشخیص داده شد. پس از ردیابی حرکت چشم، تشخیص پلک زدن و تفکیک پلک زدن‌های ارادی فرد انجام شد.

سپس یک رابط گرافیکی ساده و کاربرپسند به عنوان رابط کاربری به زبان فارسی پیشنهاد گردید که شامل سه کلید در سمت راست، چپ و بالای نمایش‌گر بوده که با استفاده از آن حرکت چشم و پلک زدن فرد را به متغیرهای زبانی پرکاربرد بیمار تبدیل می‌کرد و کاربر موفق به اعلام نیازهای اساسی خود به سایرین؛ تنها با حرکت چشم، شد.

این رابط بدون تأخیر زمانی و به‌صورت آنلاین عمل نموده است. هم‌چنین مستقل از رنگ پوست و رنگ چشم افراد پیاده‌سازی شده است .

این سیستم بر روی ۳۰ کاربر با رنگ چشم متفاوت بررسی گردید که در همه‌ی موارد عملکرد تشخیص نواحی اطراف چشم و شناسایی مردمک نتایج خوبی از خود نشان داد و بر روی ۳ نمونه‌ی دارای عینک آزمایش انجام شد که در این میان تشخیص بر روی دو نمونه به خوبی انجام گرفت در حالی‌که در یک نمونه‌ی دارای عینک تشخیص مردمک، به‌درستی انجام نشد.

همچنین در شرایط روشنایی مختلف، آزمایش‌های متعددی انجام گردید که نشان داد این سیستم نسبت به تغییرات روشنایی واکنش قابل قبولی دارد.

۵-۲- پیشنهادها

- به منظور ارتقای این طرح، ارائه‌ی راهکاری در جهت مقاومت هر چه بیشتر سیستم به تغییرات نور محیط، پیشنهاد می‌گردد. هر قدر سیستم نسبت به نور حساسیت کمتری داشته باشد، پرکاربردتر خواهد بود.
- ارائه‌ی روشی برای افراد دارای عینک، که نتایج بهتری نسبت به نتایج دیده شده در این پژوهش در بر داشته باشد.
- قابلیت دسترسی به اینترنت، مشاهده‌ی فیلم و امکان تایپ کردن با استفاده از یک صفحه کلید مجازی از جمله مواردی است که می‌تواند به سیستم اضافه شود.
- برای ارتقای بیشتر، پیاده‌سازی این طرح، بر روی گوشی تلفن همراه و دسترسی به اپلیکیشن‌های مختلف تلفن همراه توصیه می‌گردد.

مراجع

1. Maxwell, J.C., *Digital Image Processing Mathematical and Computational Methods*. 1868.
2. Davies, E.R., *Machine vision: theory, algorithms, practicalities*. 2004.
3. Tan, L. and J. Jiang, *Digital signal processing: fundamentals and applications*. 2018: Academic Press.
4. Davies, E.R., *Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning*. 2017: Academic Press.
5. Rukmani, P., G.K. Teja, and M.S. Vinay, *Industrial Monitoring Using Image Processing, IoT and Analyzing the Sensor Values Using Big Data.* Procedia computer science, 2018. **133**: p. 991-997.
6. Dai, Y. and K. Zhu, *A machine vision system for micro-milling tool condition monitoring.* Precision Engineering, 2018. **52**: p. 183-191.
7. Barua, S., et al., *Automatic driver sleepiness detection using EEG, EOG and contextual information.* Expert systems with applications, 2019. **115**: p. 121-135.
8. Li, H. and D.J. Graham, *Heterogeneous treatment effects of speed cameras on road safety.* Accident Analysis & Prevention, 2016. **97**: p. 153-161.
9. Criminisi, A., *Machine learning for medical images analysis*. 2016, Elsevier.
10. Intuitive. Da Vinci By Intutive. https://www.intuitive.com/en/products-and-services/da-vinci. Accessed 13 December 2018.
11. Imaging Source Technology Based On Standards. http://www. theimaging sourceiran. com/.Accessed 23 December 2018.
12. Horus. Horus The Invisible Made Audible. https://horus.tech/horus/?l=en_us. Accessed 17 December 2018.
13. Aipoly. Aipoly Vision. https://www.aipoly.com/. Accessed 23 December 2018.
14. Domingo. Brazilian company creates 1st wheelchair operated by facial expressions. https://reviewsgamespro.com/2018/12/05/brazilian-company-creates-1st-wheelchair-operated-by-facial-expressions/. Accessed 23 December 2018.
15. Sesame enable, touch Free Control. Sesame enable brings the word to you. https://sesame-enable.com/. Accessed 23 December 2018.
16. Scientific American. Eye-Tracking Software May Reveal Autism and other Brain Disorders. https://www.scientificamerican.com/article/eye-tracking- 80 software-may-reveal-autism-and-other-brain-disorders/. Accessed 8 December 2018.
17. Fernández, A., et al., *Driver distraction using visual-based sensors and algorithms*. Sensors, 2016. **16**(11): p. 1805.

18. Celine, G., et al., *Eye-tracking in dentistry: What do children notice in the dentist?* Journal of dentistry, 2018. **78**: p. 72-75.
19. Harezlak, K. and P. Kasprowski, *Application of eye tracking in medicine: A survey, research issues and challenges.* Computerized Medical Imaging and Graphics, 2018. **65**: p. 176-190.
20. Topolšek, D., I. Areh, and T. Cvahte, *Examination of driver detection of roadside traffic signs and advertisements using eye tracking.* Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 2016. **43**: p. 212-224.
21. Bergstrom, J.R. and A. Schall, *Eye tracking in user experience design*. 2014: Elsevier.
22. Bergstrom, J. R., & Schall, A. (Eds.). (2014). Eye tracking in user experience design.
23. Rashid, S., et al., *Preliminary usability testing with eye tracking and FCAT analysis on occupational safety and health websites.* Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013. **97**: p. 737-744.
24. Quirk's Marketing Research Media. Using Eye Tracking to Measure the Effectivness of TV commercials. https://www.quirks.com/articles/using-eye-tracking-to-measure-the-effectiveness-of-tv-commercials/. Accessed 9 December 2018.
25. Cuve, H.C., Y. Gao, and A. Fuse, *Is it avoidance or hypoarousal? A systematic review of emotion recognition, eye-tracking, and psychophysiological studies in young adults with autism spectrum conditions.* Research in Autism Spectrum Disorders, 2018. **55**: p. 1-13.
26. Webster, C.D., M.M. Konstantareas, and J. Oxman, *Autism: New directions in research and education*. Vol. 87. 2013: Elsevier.
27. State University of new York at Buffalo. Smartphone app for easly autism detection being developed by UB undergrad. http://www.buffalo. edu/news/releases/2016/11/022.html. Accessed 7 December 2018.
28. Wanluk, N., et al. *Smart wheelchair based on eye tracking*. in *Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 2016 9th*. 2016. IEEE.
29. Zia, M.A., et al. *Face and eye detection in images using skin color segmentation and circular Hough transform*. in *Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE), International Conference on*. 2014. IEEE.
30. Tobii, Tobii and Microsoft Collaborate to bring Eye Tracking Suppor in Windows 10. https://www.tobii.com/group/news-media/press-releases 81 /2017/8/tobii-and-microsoft-collaborate-to-bring-eye-tracking-support-in-windows-10/. Accessed 6 December 2018.
31. Lee, E.C. and K.R. Park, *A robust eye gaze tracking method based on a virtual eyeball model.* Machine Vision and Applications, 2009. **20**(5): p. 319-337.

32. Lupu, R.G., F. Ungureanu, and V. Siriteanu. *Eye tracking mouse for human computer interaction*. in *E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 2013*. 2013. IEEE.
33. Dave, A. and C.A. Lekshmi. *Eye-ball tracking system for motor-free control of mouse pointer*. in *Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), International Conference on*. 2017. IEEE.
34. Karamchandani, H., et al. *Development of a low-cost, portable, tablet-based eye tracking system for children with impairments*. in *Proceedings of the international Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology*. 2015. Singapore Therapeutic, Assistive & Rehabilitative Technologies (START) Centre.
35. Cecotti, H., *A multimodal gaze-controlled virtual keyboard.* IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2016. **46**(4): p. 601-606.
36. Zhu, Z., et al. *Combining Kalman filtering and mean shift for real time eye tracking under active IR illumination*. in *Pattern Recognition. Proceedings. 16th International Conference On*. 2002. IEEE.
37. Lin, C.-S., et al., *Polar coordinate mapping method for an improved infrared eye-tracking system.* Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications, 2005. **17**(03): p. 141-146.
38. Jian-nan, C., et al., *Pupil tracking method based on particle filtering in gaze tracking system.* International Journal of Physical Sciences, 2011. **6**(5): p. 1233-1243.
39. Salunkhe, P. and A.R. Patil. *A device controlled using eye movement*. in *Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), International Conference on*. 2016. IEEE.
40. Barea, R., et al., *System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography.* IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 2002. **10**(4): p. 209-218.
41. Babcock, J.S. and J.B. Pelz. *Building a lightweight eyetracking headgear*. in *Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications*. 2004. ACM.
42. Haritha, Z.S.A., et al. *Eye tracking system using isophote eye center detection with blink perception*. in *Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPES), International Conference on*. 2016. IEEE.
43. Peng, K., et al., *A robust agorithm for eye detection on gray intensity face without spectacles.* Journal of Computer Science & Technology, 2005. **5**.
44. Boustany, G., et al. *Design and development of a rehabilitative eye-tracking based home automation system*. in *Biomedical Engineering (MECBME), 3rd Middle East Conference on*. 2016. IEEE.
45. Rajpathak, T., R. Kumar, and E. Schwartz. *Eye detection using morphological and color image processing*. in *Florida Conference on Recent Advances in Robotics, FCRAR*. 2009.

46 Verma, S., P. Pillai, and Y.-F. Hu. *An Eye-Tracking Based Wireless Control System*. in *Proceedings of the 26th International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future, Kuala Lumpur, Malaysia*. 2011.

47. Sambrekar, U. and D. Ramdasi. *Human computer interaction for disabled using eye motion tracking*. in *Information Processing (ICIP), International Conference on*. 2015. IEEE.

48. Fogelton, A., & Benesova, W. (2018). Eye blink completeness detection. Computer Vision and Image Understanding, 176, 78-85.

49. Krolak, A. and P. Strumillo .*Vision-based eye blink monitoring system for human-computer interfacing*. in *Human System Interactions, Conference on. 2008. IEEE.*

50. Li, Y., *et a*l. *Eye-gaze tracking system by haar cascade classifier*. in *Industrial Electronics and Applications (ICIEA), IEEE 11th Conference on*. 2016. IEEE.

51. Viola, P. and M. Jones. *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features*. in *Computer Vision and Pattern Recognition. Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on. 2001. IEEE.*

52. Ansari, M., *List of Recently Published Quality Research Papers.* Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2017.

Abstract

In this research, a Human-Machine Interface has been designed which can turn people with severe disabilities able to communicate with the other people. This HMI can track and analyze the user's eye motions; by this, the users can access the HMI software different buttons and by selecting the buttons, they can express their needs. The user's eye motions can be likened to the computer mouse motions. In the mentioned HMI, at the first step, the user's eyes are detected by using a HAAR cascade classifier algorithm. As the eyes pupils are circles, at the second step, a Hough transform has been employed to detect the pupils. By performing several tests, three threshold values have been specified in three directions (Upward, right and left); The Hough circle center position is analyzed simultaneously and by using the mentioned thresholds and the Hough circle center position, the user's looking direction is detected. The user's optional blinking can be likened to the computer mouse left click and the user can select different buttons with optional blinking; in this regard, if the Hough circle cannot be detected in twenty continuous frames, the HMI interprets this action as the optional blinking. The HMI has been tested by thirty different users; the tests results show that the HMI is working properly.

KeyWords: Human Computer Interaction- Eye Tracking- Blinking Detection- Circular Hough Transform

Shahrood University of Technology

Faculty of Mechanical and Mechatronics Engineering

M.Sc. Thesis in Mechatronics Engineering

Implementation of a human and machine interface (HMI) using eye and blink motion

By: Safoura Ghasemian

Supervisors:
Dr. Hossein Khosravi

January 2019