



## نوشتن حروف فارسی به صورت خط شکسته از طریق تعقیب هموار حرکات چشم انسان

احسان شهنازی<sup>۱\*</sup>، محمود محلوچی بیدگلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی ارشد، گروه مکترونیک، واحد کاشان، دانشگاه آزاد اسلامی، کاشان، ایران، Eshahnazi@Gmail.Com

<sup>۲</sup>استادیار، گروه مخابرات، واحد کاشان، دانشگاه آزاد اسلامی، کاشان، ایران، Mmahlouji@Yahoo.Com

چکیده - طراحی سیستم کم هزینه ای که بتواند به معلولان کمک کند تا راحتتر با اطراف ارتباط برقرار کنند هدف اصلی این مقاله است. معلولانی که مشکل تکلم دارند و نمی توانند از دستشان استفاده کنند جامعه هدف این مقاله می باشند. روش پیشنهادی در این مقاله به این صورت می باشد که ابتدا محدوده چشم مشخص می شود. سپس با کنترل روشنایی و تعیین محدوده رنگی تا حدودی مردمک از سایر قسمت های صورت متمایز می شود. برای شناسایی هر چه بهتر مردمک از سایر قسمت ها در مرحله آخر از توالی فیلترهای ریخت شناسی استفاده می شود. سپس موقعیت مردمک در هر فریم از طریق محاسبه مرکز ثقل آن بدست می آید. در نهایت حرکات مردمک (مختصات مرکز ثقل مردمک در هر فریم) روی تصویری با پس زمینه مشکی رسم می شود. با تنظیم قاب محدوده چشمی و تنظیم کردن فیلترها و با ثابت بودن سر صحت کارکرد روش پیشنهادی برای حروف تک قسمتی بسیار عالی (حدود ۹۵ درصد) است. برای حروف دو قسمتی (مثلاً نقطه دار) چنانچه فاصله زمانی بین پلک زدن های کوتاه مدت (نشان دهنده نقطه گذاری) و بلند مدت (نشان دهنده پاک کردن تخته سیاه) ثابت باشد در این مورد نیز روش پیشنهادی دقت خوبی (۹۰ درصد) خواهد داشت.

کلید واژه- چشم نویس، رهگیری مردمک، مردمک یابی، پردازش تصویر

### ۱-مقدمه

ALS که معمولاً بین دو تا پنج سال از شروع علائم به عمر بیمار پایان می دهد، اکثر عصب های حرکتی از دست رفته اند. اما بسیاری از بیماران، حتی در مراحل نهایی، هنوز می توانند چشم های خود را حرکت دهند. [۵]

### ۲-اهداف مشخص مقاله

در این مقاله قصد بر این است که با استفاده از روش های مبتنی بر بینایی ماشین، توسط یک دوربین (و اجزا سخت افزاری دیگر) حرکات مردمک چشم رهگیری شود و با استفاده از الگوریتم های مناسب (که در قالب یک نرم افزار روی رایانه قابل اجرا است) مسیر حرکت مردمک برای نوشتن حروف و اشکال روی مانیتور نمایش داده شود. برای مثال؛ فرد چشمان خود را مطابق حرف «ی» حرکت می دهد، دوربین این حرکت را ضبط می کند و به رایانه ارسال می کند. رایانه نیز با استفاده از نرم افزار طراحی شده حرکات مردمک را استخراج، و سپس مسیر حرکت آن را که به شکل حرف «ی» بوده، در مانیتور نمایش داده می شود. در نهایت امکان ذخیره سازی حرف «ی» در رایانه برای

یکی از نیازمندی های اساسی بشر توانایی برقراری ارتباط با دیگران است. فردی که این قدرت را نداشته باشد زندگی سختی را در پیشرو خواهد داشت. حال اگر این فرد قدرت حرکت کردن را نیز نداشته باشد مطمئناً انگیزه ای زیادی هم برای ادامه زندگی نخواهد داشت و زمانی که بیمار امیدش را از دست بدهد برگرداندن او به زندگی و شاد سپری کردن مدت باقیمانده از عمرش سخت است. معمولاً همچنین حالتی برای بیماران ALS و دیگر بیماران نوروپاتی حرکتی رخ می دهد. ALS یک بیماری بدخیم است در سلسله اعصاب رابط بین مغز و ماهیچه ها که سلول های این عصب ها را به تدریج از کار می اندازد و علائم مغزی را به ماهیچه ها نمی رسانند. بدین ترتیب ماهیچه ها که ایجاد کننده حرکت در بدن می باشند، به تدریج لاغر تر و کم قدرت تر می شوند؛ کارآئی شان پیوسته کمتر و کمتر گشته و سرانجام به کلی از بین می رود. معمولاً ابتدا کنترل دست ها و پاها از دست می رود و سپس سایر ماهیچه ها نظیر ماهیچه های مورد نیاز برای نفس کشیدن و غذا خوردن ضعیف می شوند. در آخرین مراحل



استفاده بعدی به کاربر داده می‌شود. [۱]

دنبال کردند.

در ۱۹۶۸ یاربوس مطالعات زیادی در مورد کاربرد های این سیستم ها انجام داد و کتابی در این زمینه تالیف کرد که هنوز از مطالب آن استفاده های زیادی می شود. تحقیقات یاربوس انگیزه مجددی شد برای ساخت سیستم های دقیقتر. [۲]

### ۳-تحقیقات انجام شده

در دهه ۱۸۸۰ با استفاده از مشاهدات مستقیم بررسی هایی در مورد حرکت چشم انجام شد. «لویس امیل ژاوال» در سال ۱۸۷۹ در پاریس مشاهده کرد که مطابق انتظار، خواندن شامل رفت و برگشت آرام چشم ها در طول متن نیستند بلکه مجموعه ای از توقف های کوتاه (که تثبیت یا مکث نامیده می شوند) و پرش های سریع چشم هستند. لویس امیل ژاوال به این نکته اشاره کرد که در مطالعه یک متن، در چشم بجای حرکت نرم، یک سری حرکات پرشی سریع و نقاط مکث دیده می شود.

در همان سالها بود که شخصی به نام هیوی با استفاده از روشی کاملاً تهاجمی و با کمک یک لنز تماسی آزمایشاتی جهت اندازه گیری حرکات چشم انجام داد. در وسط این لنز سوراخی برای مردمک وجود داشت و یک اشاره گر آلومینیومی به آن متصل بود که با حرکت کره چشم این اشاره گر نیز حرکت می کرد. او با این لنز ها به نتایج جالبی رسید، از قبیل اینکه چشم در هنگام خواندن یک جمله بر روی برخی کلمات مکث می کند.

البته در همین دوره بود که ظاهراً اولین ردیاب غیرتهاجمی توسط جورج بوسول در شیکاگو ساخته شد. او از تاباندن نور به چشم و ضبط بازتاب آن از چشم روی یک فیلم عکسبرداری کمک می گرفت و با این روش مطالعات اصولی در مورد خواندن و نگریستن به یک عکس انجام داد. با ادامه تحقیقات در قرن بیستم میلادی در سال ۱۹۰۵ سه دانشمند دیگر به نام Judd و Mc Allister و Steel از بازتاب نور قرنیه و استفاده از تصاویر متحرک استفاده کرده و حرکات عمودی چشم را هم ردیابی میکردند.

در ۱۹۴۷ میلادی پاول فیتز مطالعات جالبی با کمک دوربین های آن زمان بر روی حرکات چشم خلبانان در کابین انجام داد که شاید شروعی برای کاربردهای امروزی ردیاب های چشم در صنایع هوانوردی به حساب آید.

Thompson و Hartridge در سال ۱۹۴۸ استفاده از سیستمهای غیر نوری که بر روی سر نصب می شدند را

### ۴-الگوریتم پیشنهادی

مراحل زیر برای شناسایی و رهگیری مردمک و در نهایت رسم مسیر حرکت مردمک (نگارش حرف) در تصویر با زمینه مشکی (تخته سیاه) طی شد.

۴-۱-۱- تبدیل فضای رنگی به HSV

با تبدیل فضای رنگی RGB به HSV مراحل آشکار سازی مردمک ساده تر می شود. فضای HSV دارای خاصیت یکنواختی ادراکی است، به همین دلیل از آن در سیستم های بازیابی تصویر به طور معمول استفاده می شود. ابعاد تشکیل دهنده ی این فضای رنگ را براساس رده یا طول موج (H) درجه اشباع رنگ (S) و درجه روشنایی آن (V) تعریف می کنند. [۳]

۴-۱-۲- افزایش روشنایی و آستانه گذاری

با افزایش روشنایی و سپس آستانه گذاری تا حدودی مردمک از سایر قسمت ها متمایز می شود. با توجه به این که ویدیو به فضای رنگی HSV منتقل شده است، افزایش روشنایی کمک زیادی به حذف پس زمینه می کند.

محدود کردن دامنه آستانه گذاری (۲۵۰-۲۵۵) هم عاملی دیگر برای حذف قسمت های زاید تصویر است.

مقادیر روشنایی و آستانه برای ویدیوهای مختلفی که برای نگارش حروف استفاده شد ثابت بودند چراکه مکان و نور محیط فیلم برداری ثابت و یکسان بود.

شکل ۱ تاثیر افزایش روشنایی و آستانه گذاری در متمایز سازی مردمک از سایر قسمت های صورت را نشان می دهد.



الف) سایش (ب) گسترش (ج) آستانه گذاری  
 د) گسترش (ه) سایش  
 مقادیر هر یک از فیلترهای ذکر شده برای ویدیوهای مختلف  
 مقداری تفاوت دارد. برای رفع این مشکل از دکمه های  
 لغزنده برای کنترل مقادیر هر یک از فیلترها مطابق شکل ۳  
 استفاده شده است.  
 بدین ترتیب متناسب با هر ویدیو به راحتی می توان مقادیر  
 فیلترها را تنظیم کرد.



شکل ۱- تاثیر افزایش روشنایی و آستانه گذاری در متمایز سازی مردمک

#### ۴-۱-۳- مشخص کردن محدوده رنگ مردمک

در مرحله بعدی باید حداقل و حداکثر میزان مجاز هر یک از  
 کمیت های رنگ (Hue) درجه اشباع شدن (Saturation) و  
 درجه روشنایی (Value) تعیین شود. می توان گفت در این  
 مرحله یک فیلتر رنگی برای تشخیص مردمک ایجاد می  
 شود.

با توجه به فیلترهای افزایش روشنایی و آستانه گذاری که  
 در مرحله قبل روی ویدیو اعمال شد تقریباً تصویر حاصل به  
 صورت سیاه و سفید در می آید. بنابراین کار تعیین محدوده  
 رنگی مردمک انچنان مشکل نیست و با مقداری تمرین و  
 تکرار محدوده رنگ مردمک به دست می آید.

تصویر خروجی این مرحله در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۳- فیلترهای ریخت شناسی

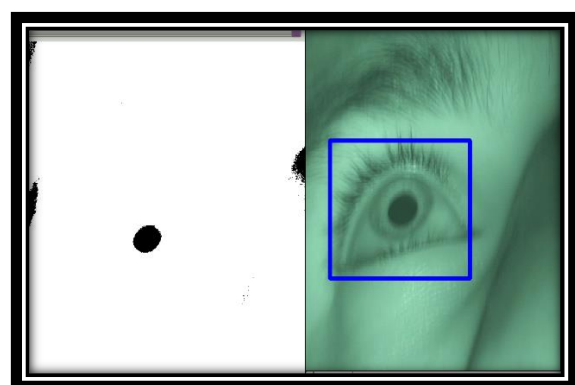
#### ۴-۱-۵- برش محدوده چشم

با طی کردن دو مرحله قبلی مردمک به اندازه کافی متمایز  
 شده است و در این مرحله محدوده قاب چشم (به عبارت  
 دیگر محدوده حرکت مردمک) برش داده می شود.  
 در واقع رهگیری مردمک صرفاً در این محدوده برش خورده  
 انجام می شود.

#### ۴-۱-۶- تعویض رنگ پس زمینه (سفید) با پیش زمینه (سیاه)

برای اینکه در مرحله بعدی رهگیری مردمک انجام شود باید  
 رنگ مردمک سفید باشد. به همین جهت رنگ پس زمینه  
 (سفید) با پیش زمینه یا همان مردمک (سیاه) تعویض می  
 شود.

شکل ۴ برش محدوده حرکت چشم و تعویض رنگ مردمک  
 را نشان می دهد.



شکل ۲- تعیین محدوده رنگی

#### ۴-۱-۴- شناسایی (متمایزسازی) مردمک با استفاده از

فیلترهای ریخت شناسی

در روش پیشنهادی، توالی فیلترهای سایش و گسترش به  
 صورت زیر استفاده می شود.



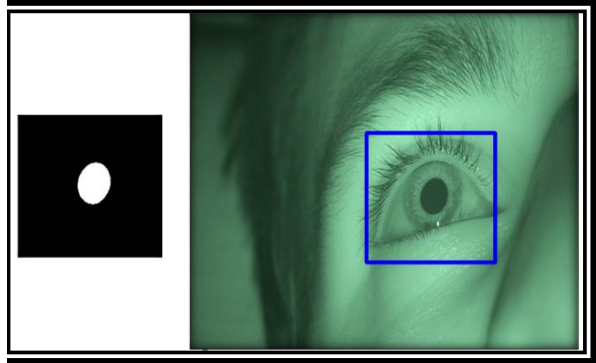


شکل ۵- حرف «م» چشم نویسی شده

برای افزایش کارایی نرم افزار لازم بود امکاناتی اضافه در نظر گرفته شود؛ مثلاً برای پاک کردن حرف نوشته شده و یا تشخیص نقطه، از هیستوگرام استفاده شده است. با توجه به روش پیشنهادی در این مقاله، علاوه بر حروف میتوان اشکال و اعداد و هر چیز دیگری را با استفاده از حرکات مردمک رسم کرد.

#### ۲-۴- حالت فیلم برداری

تمامی ویدیوها در یک اتاق  $3 \times 3 \times 3$  متری با نور کم (تاریک) گرفته شد. برای هر حرف یک ویدیوی ۳ الی ۵ دقیقه ای ضبط شد که به طور متوسط هر حرف ۱۵ الی ۲۰ بار در هر ویدیو تکرار شده است. فیلم برداری در حالت مادون قرمز و فقط از صورت انجام شد. وضعیت فرد در هنگام فیلم برداری در شکل ۶ قابل مشاهده است. همانطور که مشخص است، فرد خوابیده و سرش روی بالشی با ارتفاع ۲۵ سانتی متر است. ضمناً زاویه دوربین نسبت به راستای بینی تقریباً ۱۵ تا ۲۰ درجه پایین تر است.



شکل ۴- برش محدوده حرکت چشم و تعویض رنگ مردمک

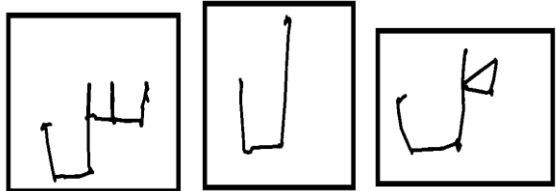
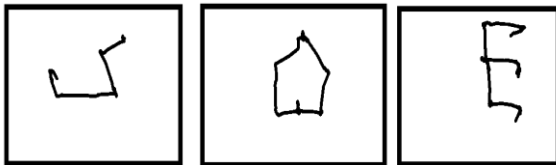
۷-۱-۴- رهگیری مردمک از طریق محاسبه مرکز ثقل آن در این مرحله برای بدست آوردن مرکز ثقل مردمک از central moment مرتبه اول در جهت  $x$  و  $y$  استفاده می شود.  $M00$  یک مساحت از شی مورد نظر (در اینجا مردمک) در تصویر است و  $m10/m00$  و  $m01/m00$  به عنوان مرکز ثقل یا centroid تصویر تعریف می شود. [۴]

#### ۸-۱-۴- نگارش حرف

در این مرحله کار اصلی پروژه یعنی نگارش حروف (به عبارتی دیگر رسم مسیر حرکت مردمک) انجام می شود. مختصات مرکز مردمک که در مرحله قبلی بدست آمد به منزله نوک مداد است که کار نگارش را انجام می دهد. برای تنظیم مکان نمایش و ابعاد حرف چشم نویسی شده ابزارهایی ایجاد شد. این ابزارکها این امکان را به کاربر می دهند که حرف چشم نویسی شده را دقیقاً در وسط صفحه قرار دهد. شکل ۵ حرف «م» که چشم نویسی شده است را نشان می دهد.

مراحل ۸ گانه فوق جز مراحل اصلی روش پیشنهادی مقاله می باشد. برای پیاده سازی روش پیشنهادی، نرم افزاری با استفاده از کتابخانه OpenCv به زبان ++C تحت سیستم عامل لینوکس (توزیع اوبونتو) طراحی و کدنویسی شد.

۵-۲- ضمنا چشم نویسی اعداد، اشکال و حتی حروف انگلیسی نیز به خوبی انجام شد. در شکل ۸ نتیجه چشم نویسی حروف فارسی «ک»، «ص»، «ل»، «س»، حرف انگلیسی «E» و عدد ۵ را مشاهده می کنید.

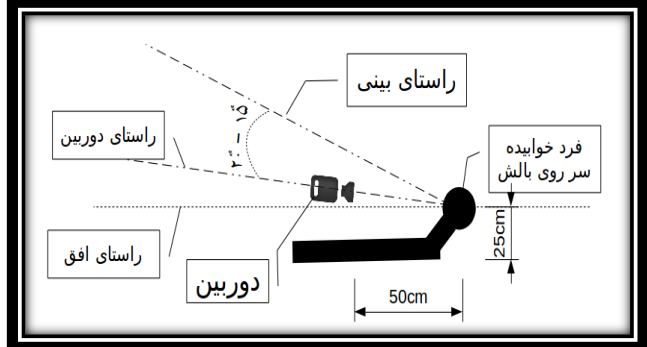


شکل ۸- حروف فارسی، انگلیسی و اعداد چشم نویسی شده

۵-۳- به طور کلی در رابطه با کارکرد روش پیشنهادی می توان این گونه گفت که با تنظیم قاب محدوده چشمی و تنظیم کردن صحیح فیلترها و با ثابت بودن سر، صحت کارکرد نرم افزار برای حروف تک قسمتی تقریباً ۹۰ درصد است. برای حروف دو قسمتی (مثلاً نقطه دار) چنانچه فاصله زمانی بین پلک زدن های کوتاه مدت (نشان دهنده نقطه گذاری) و بلند مدت (نشان دهنده پاک کردن تخته سیاه) ثابت باشد (مثلاً برای نقطه گذاری، پلک ها ۲ ثانیه بسته باشند و برای پاک کردن صفحه، پلک ها ۵ ثانیه بسته باشند) در این مورد نیز نرم افزار دقتی در حدود ۹۰ درصد خواهد داشت.

۵-۴- با استفاده از روش پیشنهادی این مقاله می توان به شناسایی و رهگیری اجسام گوناگونی پرداخت. علاوه بر رهگیری مردمک که هدف اصلی این مقاله بود؛ رهگیری توپ و یک شی مستطیل شکل نیز به صورت عملی تست شد که روش پیشنهادی عملکرد خوبی در این موارد نیز داشت.

شکل ۸ فرایند رهگیری توپ را در ۴ عکس نمایش می دهد. نکته قابل ذکر این است که مسیر رهگیری توپ علاوه بر



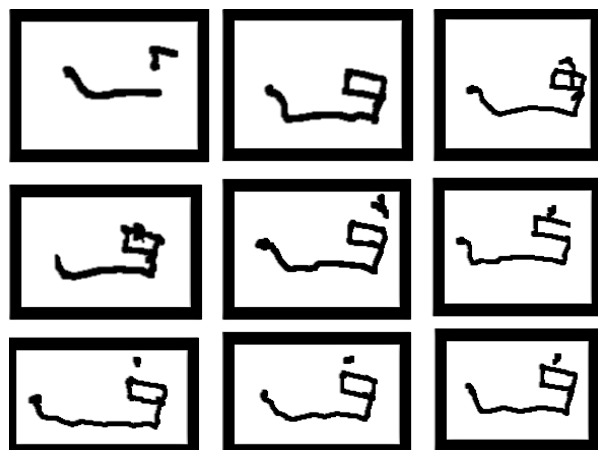
شکل ۶- حالت فیلم برداری

## ۵-نتایج

۵-۱- شناسایی و رهگیری مردمک با استفاده از روش پیشنهادی به خوبی انجام پذیرفت. به گونه ای که با مقداری تمرین حروف فارسی را به زیبایی میتوان چشم نویسی کرد. شکل ۷ فرایند بهبود نگارش حرف «ف» را با چندین بار تکرار نشان می دهد.

عکس گوشه بالا سمت چپ شروع فرایند نگارش حرف و عکس گوشه پایین سمت راست آخرین تصویر چشم نویسی شده را نشان می دهد. واضح است که هر چه تکرار بیشتر شود حروف زیباتر و خواناتر نوشته می شوند.

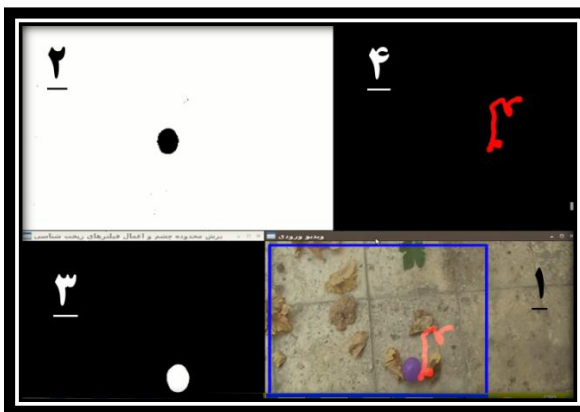
به عبارت دیگر تکرار چندباره چشم نویسی حرف «ف» منجر به زیباتر شدن نگارش آن در انتها می شود. با توجه به تست های انجام شده کاربر بعد از ۱۵ بار تمرین چشم نویسی یک حرف، میتواند آن حرف را به زیبایی چشم نویسی کند.



شکل ۷- بهبود نگارش با تکرار و تمرین



پنجره ۴ روی خود تصویر ورودی (پنجره شماره ۱) نیز رسم می شود.



شکل ۸- فرایند رهگیری توپ

## ۶-مراجع

- [۱] شهنازی، احسان، "نوشتن حروف فارسی به صورت خط شکسته از طریق تعقیب هموار حرکات چشم انسان"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد کاشان، ۱۳۹۵.
  - [۲] سمیرا افضلی و مهدی عباسی، بررسی و مقایسه روشهای تشخیص و ردیابی چشم مبتنی بر بینایی ماشین، همایش ملی پژوهش های مهندسی رایانه، ۱۳۹۳
  - [۳] فرشاد محمودرضا و همکاران، ۱۳۹۱، تشخیص چهره انسان براساس مدل رنگ پوست و تصویر باینری با استفاده از فضای رنگ RGB و HSV، چهارمین کنفرانس برق و الکترونیک ایران
  - [۴] مناجاتی و همکاران: طراحی و پیاده سازی دو ساختار خط لوله‌ای برای محاسبه بیدرنگ گشتاورهای مرتبه بالا در تصاویر خاکستری، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، پاییز ۱۳۸۷، دوره ۶، شماره ۳
- [5] <http://www.alsiran.com>