

«یادداشت فنی»

آشکارسازی استرس با استفاده از سیگنال دمای میانگین ناحیه

دور چشم

امین درخشان^{۱*}، محمدعلی خلیل زاده^۲، امین محمدیان^۳

۱- مربی، دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی

۳- دانشجوی دکترا، پژوهشکده پردازش هوشمند علائم، تهران

aderakhshan@imamreza.ac.ir

(دریافت مقاله: دی ۱۳۸۹، پذیرش مقاله: اسفند ۱۳۸۹)

چکیده- در هنگام استرس، جریان خون در ناحیه دور چشم افزایش یافته و موجب افزایش دمای این ناحیه می شود. دلیل این پدیده آن است که چشم باید در چنین مواقعی آمادگی انجام حرکت‌های متنوع و سریع را داشته باشد و این خون و انرژی بیشتری را می طلبد. این تغییر دما، در سطح پوست و تشعشع حرارتی آن مشهود است. این حرارت، نور مادون قرمز را در محدوده طول موج ۳ تا ۱۲ میکرومتر منتشر می کند. بنابراین باید بتوان با تصویربرداری مادون قرمز دوبعدی از تغییرات حرارت در سطح چهره، به وجود و میزان استرس پی برد. با تحلیل این تغییرات ناشی از استرس، سیگنال دمایی استخراج و تحلیل می شود. در این پژوهش با ثبت همزمان سیگنال‌های پلی گرافی سطحی و تصاویر حرارتی چهره، امکان برچسب‌زنی صحیح تصاویر حرارتی فراهم شده و همچنین تغییرات سیگنال‌های مختلف فیزیولوژیکی بدن در هنگام وقوع استرس مقایسه شده است. در این تحقیق استرس در دو سطح کم و زیاد مورد توجه بوده است. ثبت داده برای شش نفر و برای هر یک چهار بار، به مدت دو دقیقه انجام شده است. دادگان پس از طی مراحل پیش‌پردازش و استخراج ویژگی، به سیستم شناخت وارد می شود. در سیستم شناخت از دو روش جداسازی خطی و شبکه عصبی استفاده شده است. نتایج به دست آمده از روش شبکه عصبی MLP نسبت به روش LDA به اندازه‌ای جزیی بهتر است.

کلیدواژگان: استرس، تصویربرداری حرارتی، پلی گرافی، شبکه عصبی MLP.

۱- مقدمه

رویارویی با خطرها یا مشکلات جدی، با ترشح هورمون هایی خود را برای رویارویی آماده می کند. ارائه روشی به منظور سنجش استرس فرد می تواند در کاربردهای

استرس به عنوان بخشی از زندگی انسان عبارت است از حالت اضطراب و فشار درونی که در آن انسان برای

روانشناختی و همچنین سایر کاربردها مانند حقوقی- قضایی، نظامی و غربالگری مورد توجه قرار گیرد.

در هنگام استرس با فعال شدن پاسخ "جنگ یا گریز" در بدن، ضربان قلب، حجم خون و فشار خون بالا رفته و فرد شروع به تعریق می‌کند. خون از تمامی نقاط بدن و از سیستم گوارش جمع شده و به طرف ماهیچه‌هایی می‌رود که می‌تواند برای جنگ یا گریز فرد کمک کند. دستها و پاها سرد می‌شود دیافراگم و ماهیچه نشیمن قفل می‌شود، مردمک چشم برای خیره شدن بینایی باز می‌شود، شنوایی حساس می‌شود، غدد آدرنال شروع به ترشح مواد کورتیزول (آدرنالین، اپی نفرین، نوراپی نفرین) می‌کند. همچنین در این حالت خون‌رسانی به چشم بیشتر شده و موجب افزایش دمای آن می‌شود. دلیل این مسأله آن است که چشم در چنین مواقعی به حرکت سریع و لحظه‌ای نیاز دارد و این حرکت خون و انرژی بیشتری را می‌طلبد. یکی از بارزترین ویژگی پاسخ "جنگ یا گریز"، سرعت و شدت در عملکردها است.

دستگاههای پلی‌گراف (دروغ سنجی) نیز بر اساس همین تغییرات بسیار سریع احساسات درونی فرد را بررسی می‌کنند. پلی‌گرافی روشی است که واکنش‌های روانی-فیزیولوژیکی مربوط به حالت‌های عصبی مانند شدت تنفس، تغییر نرخ ضربان قلب (HRV)، فشار خون (BP)، مقاومت الکتریکی پوست (GSR) و فوتو پلتیسموگراف (PPG) را ثبت می‌کند. از این روش در تشخیص استرس و دروغ‌سنجی استفاده می‌شود. [۱]

تغییرات دمایی ایجاد شده را نیز می‌توان با استفاده از گرمانگاری مادون قرمز چهره - که توسط سیستم‌های تصویر بردار حرارتی قابل دریافت است - به ثبت رساند. گرمانگاری مادون قرمز بر اساس این پدیده

فیزیکی است که هر جسم گرمی در دمای بالاتر از صفر درجه کلوین از خود تشعشع الکترومغناطیسی ساطع می‌کند. همبستگی بسیار زیادی بین سطح جسم و شدت و طیف تشعشع وجود دارد. با اندازه‌گیری شدت امواج ساطع شده می‌توان به دمای جسم مورد نظر بدون برقراری تماسی با آن پی برد. این روش با توجه به مزایای غیر تماسی بودن، امروز مورد توجه قرار گرفته است.

سیستمهای تصویر بردار حرارتی، سیستمهایی غیر فعال است که در ناحیه مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی کار می‌کنند. این سیستمها از تابشی که از اجسام ساطع می‌شود برای تصویربرداری استفاده می‌کنند. مادون قرمز بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که طول موجی در محدوده $760\text{ nm} - 1\text{ mm}$ دارد. معمولاً مادون قرمز را به سه قسمت نزدیک (Near Infrared)، میانی (Mid Infrared) و دور (Far Infrared) تقسیم می‌کند. [۱]

تاکنون تحقیقات متعددی در حوزه روان‌شناختی با استفاده از تصویربرداری حرارتی انجام شده و نتایج، نشانگر کارایی نسبی این روش است. آزمایشگاه فیزیولوژی محاسباتی دانشگاه هوستون زیر نظر دکتر پاولیدیس، مهم‌ترین مرکز تحقیقاتی در این زمینه است. یکی از تحقیقات [۸] تلفیق این روش با روش سنتی دروغ سنجی (پلی‌گرافی) را گزارش کرده و مدعی شده که جواب قابل قبولی (درستی ۸۴ درصد) بر روی ۱۸ تن داشته است. این تحقیق با استفاده از سناریوی جرم ساختگی و روش ZCT انجام شده است. مهمترین و جدیدترین تحقیق تاکنون که توسط گروهی از محققان در چند مرکز ارائه شده [۷]، کارایی تشخیص افراد دروغگو از غیردروغگو را $87/2\%$ برای ۳۹ نمونه بیان

پاولیدیس در تنها کاری که با موضوع استرس در سال ۲۰۰۶ انجام داده [۶]، ضمن استفاده از همان امکانات و با استفاده از پروتکل stroop test و اندازه‌گیری فشار خون به صورت تهاجمی، درصد صحت مشخصی را ارائه نمی‌کند بلکه به گزارش کردن چند نمودار و ارائه یک مقدار همبستگی بسنده می‌کند. با توجه به نکات بالا، این اولین فعالیت علمی درباره این موضوع و با این شرایط و شیوه ثبت سیگنال و نوع آزمون است که در جهان انجام می‌شود و لذا با کارهای مشابه از نظر درصد صحت به دست آمده قابل مقایسه نیست.

با توجه به پیشینه تحقیقاتی، در این مقاله در پی تحقق اهداف ذیل هستیم:

شناسایی امکانات موجود در تصویر حرارتی چهره انسان در تشخیص فعالیت‌های روانی.

اثبات امکان پذیر بودن دریافت دمای چهره از راه دور و پردازش و تحلیل آن به منظور کشف رابطه بین آن و فعالیت‌های روانی فرد.

توجیه فیزیولوژی برای الگوهای حرارتی مشاهده شده که می‌تواند باعث تقویت اعتبار و درستی روش شود.

بررسی میزان شباهت سیگنال حاصل از تصاویر حرارتی و سایر سیگنال‌های سایکوفیزیولوژیک مرسوم مانند فشار خون، مقاومت الکتریکی پوست و پلتیسموگراف.

در این پژوهش، با انجام آزمون اوج تنش بر روی شش فرد از سیگنال‌های پلسی‌گرافی و حرارتی، ویژگی‌های لازم استخراج و در دو سطح با استرس و بدون استرس طبقه‌بندی شده است. در بخش ۲ روش کار به صورت کامل ارائه می‌شود. در بخش ۳ نمودارها

کرده است. در این تحقیق داده‌ها به دو دسته دروغ و غیردروغ تقسیم می‌شود. الگوریتم شناسایی الگو نیز از الگوریتم طبقه‌بندی باینری استفاده می‌کند. شیب تغییرات از قبل از پرسیدن سؤال تا پس از دریافت پاسخ استخراج شده و با محاسبه حد آستانه، چنانچه این شیب از آستانه تعیین شده بیشتر باشد شخص به عنوان دروغگو و اگر کمتر باشد راستگو طبقه‌بندی می‌شود. گفته شده که برای محاسبه آستانه از الگوریتم آستانه گذاری اوتسو [۸] استفاده شده است.

همچنین پاولیدیس و همکاران کار خود را بر تشخیص استرس با هدف استفاده در سیستم‌های تعامل انسان و کامپیوتر (HCI) و بیوفیدبک متمرکز کرده‌اند [۱۴] و [۱۹]. در کار آنان، فرد بدون قرار گرفتن در حالت خاص روحی - روانی و به صورت پیوسته مورد آزمون استرس‌سنجی قرار گیرد و در لحظاتی که استرس او افزایش می‌یابد، مطلع می‌شود.

تحقیق حاضر از چند جنبه با [۷] تفاوت دارد که در ادامه تشریح می‌شود.

تصویربرداری حرارتی استفاده شده توسط پاولیدیس دارای رزولوشن دمایی ۰/۰۱ درجه سانتیگراد است، در حالی که رزولوشن دمایی تصویربرداری مورد استفاده در این تحقیق ۰/۱ درجه بود. افزایش تفکیک پذیری دمایی تصویر بردار حرارتی، بر صحت آشکار سازی استرس تأثیر به‌سزایی می‌گذارد.

پروتکل ثبت ایشان پروتکل دروغ‌سنجی بوده که با طراحی بسیار دقیق این پروتکل بیشترین شرایط استرس‌زا را برای سوژه‌های دروغ‌گو فراهم کرده است. تاکید پژوهش حاضر بر استرس‌سنجی بوده و لذا دستیابی به درصد بالا در دروغ‌سنجی میسرتر است، زیرا نتیجه‌گیری بر اساس مجموعه‌ای از داده‌ها است.

و جدول‌ها و نتایج پردازش‌ها ارائه می‌شود. در بخش ۴ به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و مقایسه این روش با سایر روشهای مرسوم در استرس‌سنجی خواهیم پرداخت.

۲- روش کار

۱-۲- پروتکل ثبت

به‌منظور ثبت دادگان مورد نیاز در این پروژه از دو دستگاه مجزا استفاده شده است. دستگاه اول ثبت سیگنال پلی‌گرافی را انجام می‌دهد (دستگاه CPS) که شامل تنفس شکمی و سینه‌ای و مقاومت الکتریکی پوست (GSR) و PPG و فشار خون و حرکت است. همچنین نرم‌افزار جانبی این دستگاه قابلیت پردازش سیگنال‌های دریافتی را به‌منظور تشخیص استرس دارد. سیستم دوم، تصویربردار حرارتی TP8 از شرکت چینی Guide است. این سیستم نوعی تصویربردار حرارتی غیر سرد شونده با کاربرهای صنعتی است. مهمترین ویژگی‌های TP8 می‌توان به تفکیک‌پذیری 384×288 ، نرخ نمونه برداری ۳۰ هرتز، میدان دید 22×16 ، حساسیت دمایی (NEDT) $0/1$ درجه سانتی‌گراد و بازه طیفی ۸-۱۴ میکرومتر است. نرم‌افزار جانبی این دستگاه دارای قابلیت‌های خوبی است که در قسمت ۲-۲ به آن اشاره شده.

آزمون ثبت دادگان این پروژه، آزمون اوج تنش (POT) است که در آن، افراد از بین پنج شیء قیمتی (انگشتر، چک پول، النگو، سکه و ساعت) به‌طور تصادفی یکی را انتخاب کرده و باید در زمان آزمون به تمامی سؤالهایی که از آنها پرسیده می‌شود، پاسخ منفی ارائه دهند. این سؤالها درباره دیدن یا ندیدن شیء است. در نتیجه در پاسخ به یکی از سؤالها که همان شیء دیده شده است، دروغ می‌گویند. سؤال اول معمولاً سؤالی خنثا است. به‌منظور قرار گرفتن فرد در حالت عادی، بین هر سؤال و سؤال بعدی ۱۰ ثانیه زمان در نظر گرفته می‌شود. انتظار داریم با افزایش استرس فرد، دمای نواحی اطراف چشم و پیشانی افزایش داشته باشد. دلیل این پدیده نیز همان‌طور که در مقدمه توضیح داده شد، عملکرد سیستم اعصاب خودکار (سمپاتیک) است. دمای ثابت نزدیک به ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت ۳۰ درصد، نور و فاصله فرد از تصویر در روز اول ثبت برابر یک متر و در روزهای دوم و سوم ثبت برابر یک و نیم متر تنظیم شد. همچنین فرد به مدت پنج تا ده دقیقه نسبت به فرایند ثبت و چگونگی قرارگیری در مقابل سیستم توجه شده و فرم مشخصات فردی را که در آن به مشخصات فیزیکی و روانی اشاره شده بود تکمیل می‌کرد.



شکل ۱ روند نمای پردازش‌ها

۲-۲- تبدیل تصاویر حرارتی به سیگنال دما

نرم افزار سیستم تصویر بردار حرارتی، ویژگی هایی دارد که در ادامه به بخشی از آنها اشاره می شود:

- دریافت و ذخیره سازی فیلم و تصاویر حرارتی
- انتقال اطلاعات به PC با استفاده از USB2.0
- تحلیل همزمان تصاویر حرارتی: تنها اطلاعاتی که به صورت همزمان در اختیار کاربر قرار می گیرد، دمای کمینه، میانگین و بیشینه هر ناحیه از تصویر است. این نواحی را می توان به تعداد دلخواه انتخاب کرد.

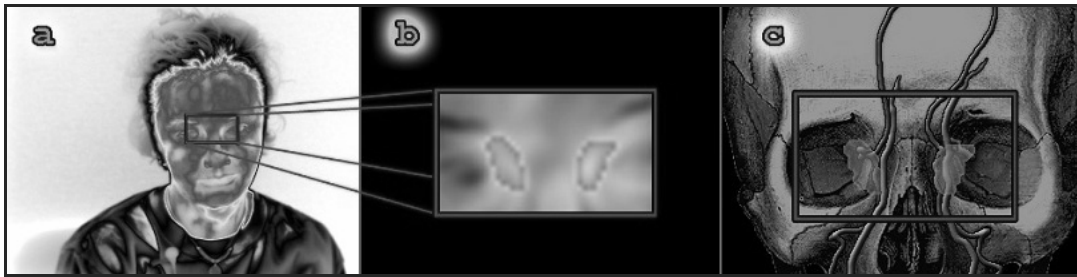
تبدیل تصویر به ماتریس دمایی: این قابلیت سیستم اگرچه در کاربردهای مهندسی پزشکی مطلوب است اما به دلیل زمان زیاد لازم برای انجام این تبدیل، در عمل غیر قابل استفاده است. البته برای کاربردهایی که به تحلیل پیوسته نیاز اطلاعات نداریم، مانند تشخیص سرطان سینه که بسیار نیز مورد توجه قرار گرفته، این قابلیت می تواند مفید واقع شود.

امکان گزارش دهی در قالب نرم افزار Word از مراحل تحلیل تصاویر حرارتی

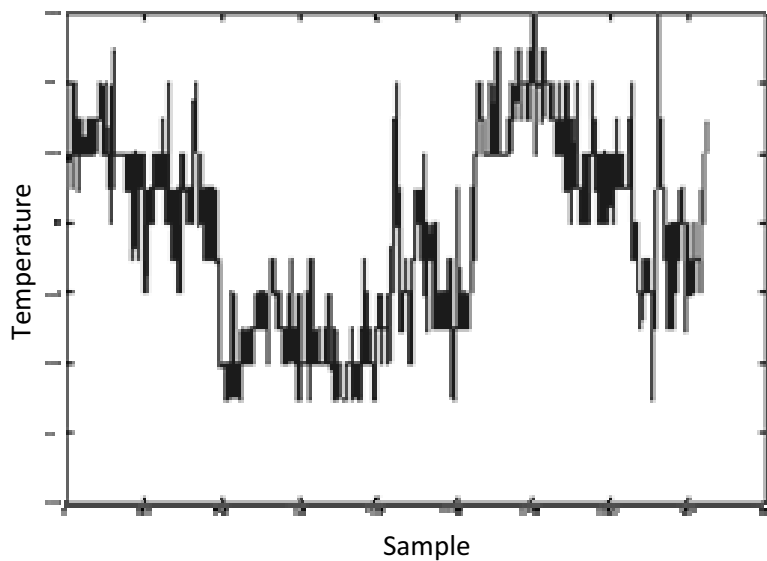
لذا با توجه به محدودیت نرم افزار در تحلیل همزمان ویدئوی حرارتی، تنها سیگنالهایی که از تصویر قابل استخراج است، با توجه به موضوع پروژه، کمینه، میانگین و بیشینه دمای ناحیه دور چشم از تمامی افراد مورد مطالعه است که استخراج شده.

برای هر قاب، دمای میانگین از ۱۰٪ گرمترین نقطه ها از ناحیه دور چشم به دست می آید. به صورت تجربی اثبات شده که این دما همان دمای نقطه گوشه چشم است. (شکل ۴) ناحیه دور چشم، بالاترین نرخ جریان خون و کمترین تأثیرپذیری را نسبت به پلک زدن در حالت عادی دارد. بنابراین اگر فرض کنیم که ردیابی به طور صحیح انجام می شود، این سیگنال دمایی نشان دهنده جریان خون در ماهیچه های دور چشم است.

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده، دادگان حرارتی پس از مرتب سازی و تبدیل فیلم حرارتی به سیگنال دما (بیشینه، میانگین و کمینه ناحیه دور چشم) به مرحله پیش پردازش و استخراج ویژگی وارد می شوند. طبقه بندی داده ها به دو سطح با استرس و بدون استرس با استفاده از داده های پلی گرافی صورت می گیرد؛ به این صورت که هر جا که در سیگنال های پلی گرافی تشخیص استرس داده می شود، انتظار داریم در سیگنال دمایی نیز تغییراتی مشاهده شود. از سیگنال های پلی گرافی که بیشتر اعتبار و درستی آنها در تشخیص استرس تأیید شده، برای تعلیم سیگنال های حرارتی استفاده می شود. همان طور که دیده می شود، سیگنال ها پس از نمره گذاری عددی، توسط کارشناس پلی گرافی ارزیابی و تحلیل می شوند و نظر کارشناس و نظر نرم افزار نتیجه نهایی خواهد شد. در مواردی که تطابق بین نظر کارشناس و نظر سیستم وجود ندارد، نظر کارشناس برتری دارد.



شکل ۲ (a) قاب حرارتی چهره فرد (b) مشخص شدن ناحیه پر اهمیت دور چشم به منظور استخراج سیگنال دمایی که همان ناحیه گوشه چشم است. (c) تصویر آناتومیکی رگها در ناحیه گوشه چشم [۲].



شکل ۳ سیگنال دمایی میانگین ناحیه دور چشم قبل از حذف نویز

۲-۳- پیش پردازش دادگان حرارتی

در مرحله پیش پردازش سه مرحله حذف دادگان غیر معتبر، حذف نویز و نرمال سازی دادگان را پیش رو داریم. ارزیابی دادگان به منظور تشخیص صحت ثبت و رعایت تمامی شرایط ثبت و سالم بودن سیگنالها توسط متخصص پلی گرافی انجام شده و دادگان به جز یک نفر که مربوط به اتصال نادرست سنسورهای پلی گرافی به بدن وی است، مورد تأیید قرار گرفت.

در دادگان حرارتی، از هر قاب مقادیر میانگین، بیشینه و کمینه نقطه های ناحیه مورد نظر در دور چشم محاسبه شد. این دما بیشتر مربوط به ناحیه گوشه دو چشم است که محل اجتماع رگها خونی است. از این رو تغییرات دمایی ایجاد شده، ناشی از تغییرات جریان خون در آن ناحیه قلمداد می شود و کمتر مربوط به پلک زدن فرد است. سیگنال به دست آمده شامل بخش های مختلفی است که در ادامه آورده می شود.

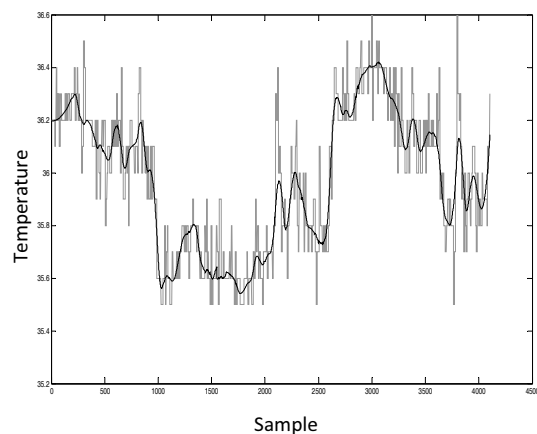
استفاده از الگوریتم‌های آماری، ویژگی بهینه انتخاب می‌شود.

با آشکارسازی استرس بدون توجه به اینکه کدام سؤال دروغ پرسیده شده، از نتایج طبقه‌بندی دادگان پلی‌گرافی به‌منظور ارزیابی تغییرات سیگنال حرارتی استفاده می‌شود.

به‌منظور برچسب‌گذاری دادگان، حالت‌های مختلفی را می‌توان مورد توجه قرار داد. زمان‌هایی که در دسترس قرار دارد، زمان شروع پرسش، پایان پرسش و پایان پاسخ است. انتخاب زمان مناسب اهمیت دارد. در جریان تحقیقات این نتیجه حاصل شد که زمان اول و سوم مناسب‌تر است. همچنین روش آماری مورد نظر نیز می‌تواند حالت‌های متفاوتی را به‌وجود آورد. به این منظور دو روش میانگین و بیشینه آماری انتخاب شد. مشاهده دقیق‌تر سیگنال دمایی دور چشمی نشان می‌دهد که در یک بار پرسش و پاسخ، دو مرحله در پاسخ فیزیولوژیکی وجود دارد. همچنین مشاهده می‌شود که در هنگام پاسخ دادن به پرسش، منحنی دمایی چشم بعضی از افراد با شیب متعادلی افزایش می‌یابد اما در بعضی دیگر از افراد با شیب تندتری افزایش می‌یابد. مطابق تحقیقات [۸] این شیب سطح استرس فرد است. بنابراین شیب تند در منحنی چشمی نشان‌دهنده دروغ گفتن است. بدین منظور شیب خط تغییرات دمایی از ابتدای شروع پرسش تا ابتدای شروع پرسش بعدی اندازه‌گیری و محاسبه شده و به‌عنوان ویژگی دهم به مجموعه ویژگی‌های انتخابی اضافه شده است. در نهایت ده ویژگی از

بخش با تغییرات آهسته (فرکانس پایین)، ناشی از تغییرات بلند مدت جریان خون در بدن که حائز اهمیت است. بخشی با فرکانس متوسط، ناشی از اجرای پروتکل پرسش و پاسخ بر روی سوژه که این بخش نیز بسیار مهم است. بخش فرکانس بالا که ناشی از نویزهای سیستمی است. بخش ضربه که ناشی از خطاهای ردیابی است.

برای بهبود سیگنال از میان روش‌های مختلف هموارسازی، از روش هموارسازی موجود در متلب با پنجره ۲۰۰ استفاده شد. نتایج این روش در شکل ۴ قابل مشاهده است. به نظر می‌رسد که فیلتر مورد نظر تا حد قابل قبولی توانسته سیگنال را نرم و برای مرحله طبقه‌بندی قابل استفاده کند.



شکل ۴ سیگنال دمایی ناحیه دور چشم پس از حذف نویز ضربه و نرم‌سازی با پنجره ۲۰۰

۲-۴- استخراج و انتخاب ویژگی

ویژگی‌های متعددی از دادگان موجود (سیگنال‌های دمایی میانگین، بیشینه و کمینه) استخراج و سپس با

تصاویر حرارتی چهره انتخاب و استخراج شد. این ده ویژگی در جدول ۱ قابل مشاهده است

جدول ۱ ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر حرارتی ثبت شده

ویژگی‌ها	میانگین	بیشینه	کمینه
اختلاف متوسط ۴۰ نمونه قبل از شروع سوال و ۳۰۰ نمونه پس از پایان پاسخ	✓	✓	✓
اختلاف ۱۰۰ متوسط نمونه قبل از شروع سوال و ۲۰۰ نمونه پس از پایان	✓	✓	✓
اختلاف ۳۰۰ نمونه قبل از شروع سوال و ۱۵۰ نمونه پس از پایان پاسخ	✓	✓	✓
شیب خط برازش در هر سوال		✓	

جدول ۲ درصد تفکیک سطوح استرس قبل از پیش‌پردازش برای ویژگی‌های بیشینه

		label	Predicted Group Membership		Total
			۰	۱	
Original	Count	۰	۱۸۳	۱۳۲	۳۱۵
		۱	۱۴۳	۱۷۴	۳۱۷
Original	%	۰	۵۸.۱	۴۱.۹	۱۰۰.۰
		۱	۴۵.۱	۵۴.۹	۱۰۰.۰

۲-۵- طبقه‌بندی

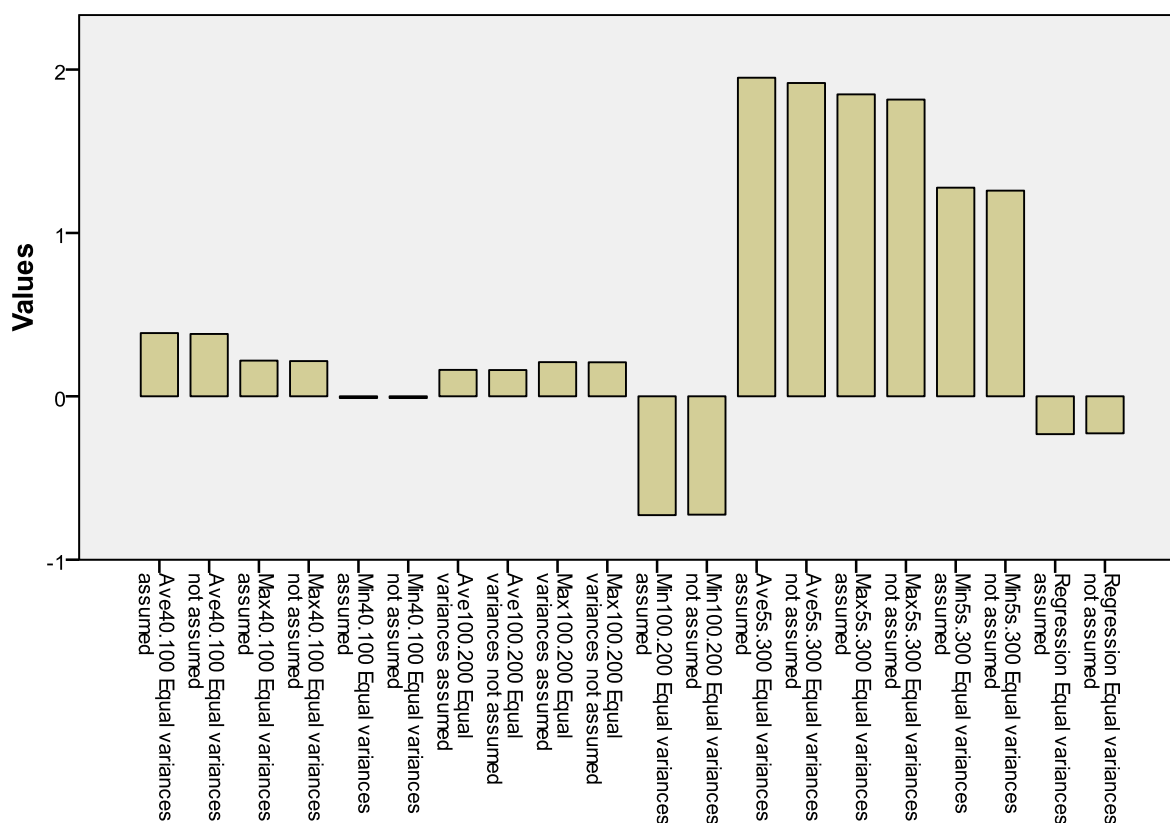
به منظور ارزیابی اطلاعات موجود و ویژگی‌های استخراج شده و تحلیل آنها از نرم‌افزار spss17 استفاده شد. در مرحله اول با استفاده از آزمون آماری T-Test میزان تفکیک پذیری ویژگی‌های انتخابی به دست می‌آید. این روش کمک می‌کند که ویژگی یا ویژگی‌های بهینه را بتوان از مجموعه ویژگی‌ها جدا کرده و برای طبقه‌بندی استفاده کرد.

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، وضعیت تفکیک‌پذیری دادگان با معیار مبتنی بر استرس چندان مطلوب نیست و حداکثر مقدار t برای سیگنال‌های بیشینه و میانگین به دو می‌رسد که عدد پایینی محسوب می‌شود.

ویژگی‌های منتخب از تمامی سؤالهای افراد وارد بخش طبقه‌بندی کننده شده و با استفاده از دو روش LDA و شبکه‌های عصبی MLP و RBF ارزیابی و تحلیل می‌شوند. به عنوان مثال از هر سوژه چهار چارت و در هر چارت شش سؤال مطرح شده و هر یک از این سؤالها با استفاده از دو ویژگی منتخب میانگین و بیشینه آماری دمای دور چشم ارزیابی می‌شوند. این عملیات برای شش فرد منتخب انجام شده است.

همان‌طور که می‌دانیم LDA روشی کاملاً خطی است و با تعیین تابع خطی متشکل از ویژگی‌ها، تفکیک بین دسته‌های مختلف را انجام می‌دهد. جدول ۲ نتایج طبقه‌بندی با استفاده از این روش را برای ویژگی‌های سیگنال بیشینه حرارتی در حالت قبل از پیش‌پردازش نشان می‌دهد.

Independent Samples Test



شکل ۵ مقایسه ویژگیهای سیگنال حرارتی میانگین، بیشینه و کمینه با معیار t برای تمامی افراد پس از پیش پردازش

همچنین به منظور افزایش درصد صحت، تعداد شش نفر از افراد که شرایط ثبت مطلوبی داشتند انتخاب شده و به سیستم شناخت (شبکه عصبی MLP) وارد شدند. درصد صحت به دست آمده در این حالت برابر ۷۴.۷ درصد بود که مقدار قابل قبولی محسوب می شود (جدول ۳) و درستی روش را اثبات می کند. به منظور کاربردی کردن پروژه لازم است با دقت بر روی پیشنهادهایی که در بخش بحث و نتیجه گیری اشاره خواهد شد نسبت به تصحیح و افزایش این درصد اقدام کرد.

نتایج، نشان دهنده موفقیت ۶۰ درصد برای تشخیص صحیح استرس در حالت پس از پیش پردازش با استفاده از شبکه عصبی MLP و ۵۷.۴ درصد با استفاده از شبکه عصبی RBF است. همچنین نتایج روش LDA نشانگر آن است که این روش با صحت ۵۷.۹ درصد پس از پیش پردازش توانسته استرس را آشکار سازد. در صورت ورود اطلاعات حرارتی به سیستم شناخت بدون پیش پردازش، صحت به دست آمده با اختلاف نسبتاً زیادی کمتر از مقادیر بالا است.

جدول ۳ درصد تفکیک سطوح استرس پس از پیش‌پردازش

برای تعداد ۱۴۴ داده با استفاده از MLP

Sample		Predicted		
		۰	۱	Percent
Trainin g	۰	۳۲	۴۷	۵۵/۲٪
	۱	۱۴	۹۴	۹۴/۳٪
		۵۴/۲٪	۹۰/۸٪	۷۰/۶٪
Testing	۰	۶۰	۵۴	۶۰/۲٪
	۱	۱۲	۹۷	۹۳/۸٪
		۵۸/۱٪	۹۱/۹٪	۷۴/۷٪

دما از تصویر حرارتی ناحیه دور چشم به آشکارسازی استرس پرداخته شد. با توجه به محدودیت‌های موجود در ثبت دادگان این پروژه که بخشی از آن در مقدمه گفته شد، درصد صحت ۷۴.۷ با استفاده از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی MLP برای تفکیک دادگان با استرس از دادگان بدون استرس به دست آمد.

نتیجه مهمی دیگری که از تحقیق [۱] به دست می‌آید آن است که این روش با سیگنال‌های سایکوفیزیولوژیک همبستگی دارد. ضمن اینکه اطلاعات ارزشمند دیگری را نیز در خود دارد که می‌تواند در کاربردهای دیگر استفاده شود. درستی این روش از نظر فیزیولوژیک، هم در این تحقیق و هم در مقالات پاولیدیس نشان داده شده و با ایجاد تغییراتی در پروتکل، شرایط ثبت و پردازش‌ها می‌توان به افزایش صحت طبقه‌بندی نهایی امیدوار بود.

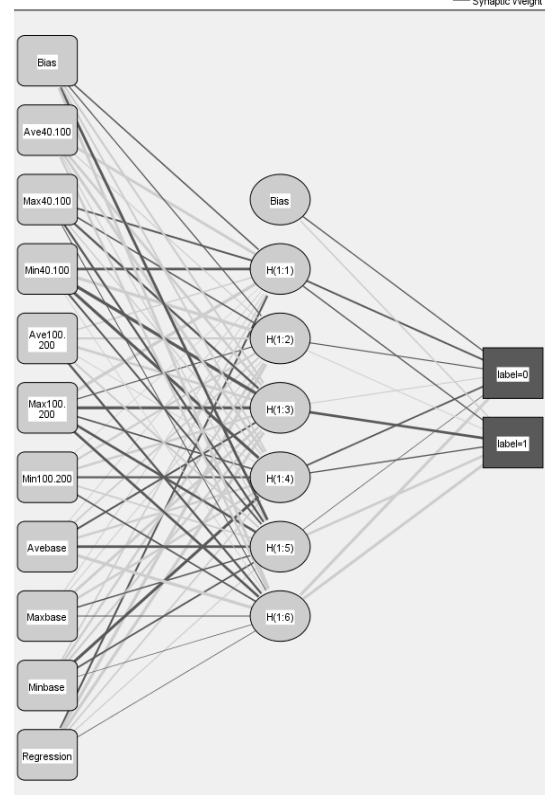
این روش علی‌رغم ویژگی‌های بسیار خوبی که دارد، مشکلاتی نیز دارد. برای مثال، فرد باید در زمان اجرای آزمون، عینک به چشم داشته باشد. عینک مانند فیلتری برای طول موج مادون قرمز از رسیدن موج به تصویر بردار جلوگیری می‌کند. همچنین مشکلاتی در تهیه تصویر بردار و قیمت بالای آن نیز وجود دارد.

به منظور افزایش درصد صحت آشکارسازی استرس و همچنین کاهش خطاهای گفته شده، پیشنهادهایی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

با استفاده از الگوریتم‌های ردیابی حرکت سر، دمای ناحیه دور چشم به طور صحیح اندازه‌گیری شود تا به این ترتیب مانع از خطای حرکت فرد شویم [۲۲].

با استفاده از تصویر بردار حرارتی با مشخصات بهتر می‌توان، درصد صحت را افزایش و نویز اندازه‌گیری را کاهش داد [۹].

Synaptic Weight →
← Synaptic Weight



شکل ۶ شبکه عصبی MLP پس از پیش‌پردازش-صحت

به دست آمده برابر ۷۴.۷ درصد

۳- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله برای تشخیص استرس، به روش جدیدی که تا کنون در داخل کشور استفاده نشده، با استخراج

- [2] Amin Derakhshan, MohamadaliKhalilzadeh, MahdiAzarnoosh, Amin Mohammadian, Ali Sharifi, Amin Ramazanifar, "evaluation of human stress level changes using facial thermal imaging", 16th National Conference on Biomedical Engineering, Tehran 2009
- [3] Amin Derakhshan, MohamadaliKhalilzadeh, "Bioheat Transfer Modeling in Facial thermogram for Extraction of Blood Flow", 16th National Conference on Biomedical Engineering, Tehran 2009
- [4] Amin Derakhshan, MohamadaliKhalilzadeh, MahdiAzarnoosh, Amin Mohammadian, Ali Sharifi, Amin Ramazanifar, "Stress Detection using facial thermal imaging", 15th National Conference of Computer Society, Tehran 2010
- [5] Mahdi Azarnoosh, "Analysis of Psychophysiologic Signals and its application in Deception Detection", Msc Thesis of Biomedical Engineering, Islamic Azad University, the Mashhad Branch, 2006
- [6] Reza ArefiShirvan, "Quantifying Stress Level using Psychophysiologic Signals", Msc Thesis of Biomedical Engineering, Islamic Azad University, the Mashhad Branch, 2008
- [7] P.Tsiamystzis, Dowdall, D.Shastrri and I.T. Pavlidis, M.G. Frank, P.Ekman. "Imaging Facial Physiology for

به منظور استخراج ویژگی‌های جدید دیگر، می‌توان از تصویر حرارتی به جای سیگنال دمای استخراجی از تصویر استفاده کرد.

پروتکل ثبت فعلی مبتنی بر رخداد است، به این معنا که پاسخ فرد به تحریک مشخص، ثبت و مقایسه می‌شود. به این روش انتقادهایی وارد است که می‌توان با تغییر پروتکل به روش مبتنی بر فعالیت ذهنی، آن را بهبود داد [۱۳].

تصویر چهره، نقاط با اهمیت دیگری نیز دارد مانند گونه‌ها و بینی و پیشانی که می‌تواند در تحقیقات آینده، مورد توجه قرار گیرد [۲۳] و [۱۸].

با توجه به اینکه در زمان بروز استرس، منشأ تغییر حرارت در سطح پوست، تغییر جریان خون در بافت آن ناحیه است، می‌توان با مدل‌سازی دمای سطح پوست به سیگنال جریان خون آن ناحیه دست یافت. این مسأله می‌تواند به بهبود صحت طبقه‌بندی کمک کند [۸] و [۱۷] و [۲۱].

قدردانی

از مدیریت محترم و محققان گروه پردازش علائم حیاتی پژوهشکده پردازش هوشمند علایم که کمک شایانی در مسیر اجرای این تحقیق نمودند سپاسگذاری می‌شود.

۴- منابع

- [1] Amin Derakhshan "evaluation of human stress level changes using facial thermal imaging", Msc Thesis of Biomedical Engineering, Islamic Azad University, the Mashhad Branch, 2010

- Measurement of Users' Emotional States through Thermal Imaging", CHI 2005, 2005
- [14] I. Pavlidis, J. Dowdall, N. Sun, C. Puri, J. Fei, M. Garbey. "Interacting with human physiology", computer Vision and Image Understanding, 2007
- [15] Guyton & Hall, "Textbook of Medical Physiology", 11th edition, 2005, Elsevier
- [16] IoannisPavlidis. "Continuous Physiological Monitoring", Proceedings of the 25' Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2003
- [17] Dean A. Pollina, Andrew H. Ryan. "The Relationship between Facial Skin Surface Temperature Reactivity and Traditional Polygraph Measures Used in the Psychophysiological Detection of Deception: A Preliminary Investigation", DoD Polygraph Institue, 2002
- [18] IoannisPavlidis, James Levine, Paulette Baukol." Thermal Image Analysis For Anxiety Detection", Proceeding of IEEE Conference 2001
- [19] IoannisPavlidis."Continuous Physiological Monitoring", Proceedings of the 25' Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2003
- theDetection of Deceit", International Journal of Computer Vision, Springer Science, 197-214, 2007
- [8] IoannisPavlidis and James Levine. "Thermal Image Analysis for Polygraph Testing", IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY, November/December 2002
- [9] P. Buddharaju, J. Dowdall, P. Tsiamyrtzis, D. Shastri, I.Pavlidis M.G. Frank. "Automatic Thermal Monitoring System (ATHEMOS) for Deception Detection", Proceeding of IEEE Conference 2003
- [10] IoannisPavlidis and James Levine. "Thermal Facial Screening for Deception Detection", Proceeding of IEEE Conference, 2002
- [11] IoannisPavlidis, James Levine. "Seeing through the face of deception", NATURE, VOL 415002
- [12] P. Tsiamyrtzis, J. Dowdall, D. Shastri, I. Pavlidis, M.G. Frank , P. Ekman "Lie Detection - Recovery of the Periorbital Signal through Tandem Tracking and Noise Suppression in Thermal Facial Video", 2006
- [13] Colin Puri, Leslie Olson, IoannisPavlidis, James Levine, Justin Starren. "StressCam: Non-contact

- tracking”, Computer Vision and Image Understanding, 2007
- [23] Zhu Zhen, Ioannis T. Pavlidis, PanagiotisTsiamyrtzis. “Forehead Thermal Signature Extraction in Lie detection” IEEE EMBS Annual International Conference, Aug 2007
- [20] Ioannis T. Pavlidis. “System and method Using Thermal Image Analysis for Polygraphy Testing”, Patent no.6854879, 2005
- [21] Shi-Quian Wu, “Infrared Face Recognition by Using Blood Perfusion Data”, Sprinegr-Verlag Berlin Heidelberg, AVBPA 2005
- [22] Jonathan Dowdall, Ioannis T. Pavlidis, PanagiotisTsiamyrtzis. “Coalitional