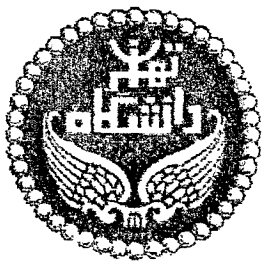
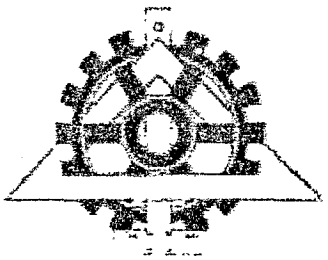
بسم الله الرحمن الرحيم

٥٨٣٢٣





دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

نمایه شد
نمایه‌ساز:
تاریخ:

عنوان:

کاربرد نظریه ترکیب اطلاعات در طراحی سیستم مقاوم تشخیص فرامین حیاتی و صوتی

توسط:

رضا رنجی

استاد راهنما:

دکتر بهزاد مشیری

استاد مشاور:

دکتر سید محمد فیروزآبادی

از اطلاعات و ارتباطات آزاد علمی ایران
مرکز آرک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد ـ رشته مهندسی برق ـ کنترل

۵۸۳۲۳

۱۳۸۲ /۱۰/ ۳۰

به نام خدا
دانشگاه تهران

دانشکده فنی دانشگاه تهران
تحصیلات تکمیلی

دانشکده فنی
گروه آموزشی مهندسی برق و کامپیوتر

گواهی دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

۱۳۸۲ /۱۰/ ۳۰

هیات داوران پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای رضا رنجی رشته مهندسی برق و کامپیوتر گرایش کنترل با عنوان «کاربرد نظریه ترکیب اطلاعات در طراحی سیستم مقاوم تشخیص فرامین حیاتی و صوتی» را در تاریخ ۸۲/۷/۱۴

نمره نهایی پایان‌نامه :	به عدد	به حروف
	۱۶	شانزده

و درجه : بسیار خوب ارزیابی نمود.

ردیف	مشخصات هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد):	دکتر بهزاد مشیری	دانشیار	تهران	
۲	استاد مشاور :	دکترسیدمحمد فیروزآبادی	دانشیار	تربیت مدرس	
۳	استاد مدعو :(یا استاد مشاور دوم)	دکترکمال‌الدین‌ستاره‌دان	استادیار	تهران	
۴	استاد مدعو (خارجی) :	دکترمحمدباقر شمس‌الهی	استادیار	شریف	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی :	دکتر کارو لوکس	استاد	تهران	

تذکر : این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران در نخستین صفحه پایان‌نامه درج می‌گردد.

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

کاربرد نظریه ترکیب اطلاعات در طراحی سیستم مقاوم تشخیص فرامین حیاتی و صوتی

توسط:

رضا رنجی

۳۳۲۳ /۸۰/ ۳ ۰۱

پایان‌نامه کارشناسی ارشد ـ رشته مهندسی برق ـ کنترل

از این پایان‌تامه در تاریخ ۸۲/۷/۱۴ در مقابل هیئت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.

معاونت تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی: دکتر جواد فیض

مدیر گروه آموزشی: دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی

سرپرست تحصیلات تکمیلی: دکتر حمید رضا جمالی

استاد راهنما: دکتر بهزاد مشیری

استاد مشاور: دکتر سید محمد فیروزآبادی

عضو هیئت داوران: دکتر کمال‌الدین ستاره‌دان

عضو هیئت داوران: دکتر محمد باقر شمس‌الهی

عضو هیئت داوران: دکتر کارو لوکس

از اطلاعات و آرشیو مرکزی دانشگاه تهران

تقدیر و تشکر

با تشکر از دو شمع فروزان، **پدر و مادرم** که همواره مشوقی در زندگی‌ام بوده و از هیچ تلاشی در رسیدنم به موفقیت دریغ نکرده‌اند. همچنین از زحمات استاد گرامی‌ام جناب **دکتر بهزاد مشیری** بعنوان استاد راهنما و جناب **دکتر سید محمد فیروزآبادی** بعنوان مشاور که سهم عمده‌ای در انجام این پروژه ایفا نمودند کمال تشکر را دارم.

چکیده

در سال‌های اخیر فراهم نمودن ابزارهای مؤثر دقیق و محاسباتی برای طبقه‌بندی سیگنال الکترمایوگرام سطحی هدف بسیاری از فعالیت‌های تحقیقاتی بوده است. در این پایان‌نامه با بکارگیری روش ترکیب اطلاعات و استفاده از سیگنال‌های الکترومایوگرام و صحبت از فرد مورد آزمایش، سعی شده است تا تشخیص صحیحی از نوع حرکت دست کاربر بدست آید. تاکنون برای این منظور از روش‌های رایج در شناسایی سیگنال‌ها استفاده شده است، اما هر یک از این روش‌ها مشکلات و معایبی را فراهم می‌سازند، ازجمله موجب محدود شدن حرکت دست کاربر شده و یا نرخ خطای تشخیص این روش‌ها بالا می‌باشد. لذا در کمتر مواردی آن هم در شرایط آزمایشگاهی موفق به تشخیص حرکت دست با حداقل خطا شده‌اند.

اعمال نظریه ترکیب اطلاعات بر سیگنال‌های الکترومایوگرام و صحبت موجب کاهش خطای تشخیص حرکت دست می‌شود. به این ترتیب که کاربر با حرکت دست، همزمان نام حرکت یا کلمه‌ای متناظر با آن حرکت را تلفظ می‌کند، در این زمان سیستم با استفاده از اطلاعات کسب شده از هر دو سیگنال و روش‌های ترکیب اطلاعات، نوع حرکت انجام شده را تشخیص می‌دهد.

در مباحث مطرح شده ابتدا با سیگنال الکترومایوگرام، کیفیت و رابطه میان این سیگنال و حرکت عضله آشنا می‌شویم. سپس روش‌های آنالیز و استخراج ویژگی‌های سیگنال الکترومایگرام معرفی شده و در ادامه سیگنال صحبت و روش‌های مرسوم استخراج ویژگی‌های این سیگنال مورد بررسی قرار گرفته است. در انتها مفهوم ترکیب اطلاعات، سطوح ترکیب و مزایای این مفهوم معرفی شده است. نتایج عملی با اعمال مراحل پردازشی بر روی هر دو سیگنال الکترومایوگرام و صحبت ارائه شده است. به این ترتیب که از سه روش میانگین قدرمطلق انتگرال(IAV)، تبدیل فوریه سریع(FFT) و تبدیل موجک(WT)، ویژگی‌های سیگنال الکترومایوگرام استخراج شده و از روش ضرائب پیش‌بینی خطی(LPC) برای استخراج ویژگی سیگنال صحبت استفاده شده است. با استفاده از شبکه عصبی ویژگی‌های حاصل از مراحل قبل به ورودی این شبکه اعمال شده و تصمیم‌گیری نهایی در لایه خروجی صورت می‌گیرد و به این ترتیب نوع حرکت دست تشخیص داده می‌شود.

در روش دیگر برای ترکیب اطلاعات، با طبقه‌بندی مجزای هریک از دو سیگنال الکترومایوگرام و صحبت با توجه به ویژگی‌های استخراج شده و استفاده از روش بیزین در ترکیب نتایج این طبقه‌بندی، نوع حرکت دست تشخیص داده شده و نمایش داده می‌شود. با مقایسه نتایج روش‌های مرسوم و نتایج روش ترکیب اطلاعات ملاحظه خواهیم کرد که میزان صحت در تشخیص حرکت دست افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: سیگنال الکترومایوگرام، سیگنال صحبت، استخراج ویژگی، میانگین مطلق انتگرال، تبدیل فوریه سریع، تبدیل موجک، ضرائب پیش‌بینی خطی، ترکیب اطلاعات، ترکیب ویژگی، ترکیب تصمیم، شبکه‌عصبی، ترکیب بیزین.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- آشنایی با سیگنال الکترومایوگرام ۴
۲-۱- معرفی عضله و نحوه عملکرد آن ۶
۲-۲- انواع سیگنال الکترومایوگرام ۷
۲-۳- پردازش سیگنال ۹
۳-۲-۱- مقدمه ۹
۲-۴- نمونه‌برداری از سیگنال الکترومایوگرام ۱۴
۲-۵- جایابی الکترودها بر روی عضله ۱۴
۲-۶- عوامل مؤثر بر دامنه سیگنال EMG ۱۵
۲-۷- خلاصه فصل ۱۶

۳- پردازش و کلاسبندی سیگنال الکترومایوگرام ۱۸
۳-۱- تاریخچه‌ای از پردازش سیگنالEMG ۱۹
۳-۲- روش‌های کلاسبندی ۲۰
۳-۳- موارد کاربرد سیگنال الکترومایوگرام ۲۱
۳-۴- پیش‌پردازش سیگنالEMG ۲۳
۳-۴-۱- تشخیص ابتدا و انتهای سیگنال ۲۵
۳-۴-۲- حذف فرکانس‌های بالا ۲۶
۳-۴-۳- نرمالیزاسیون توان ۲۸
۳-۵- پردازش سیگنال EMG ۲۹
۳-۵-۱- روش‌های پردازش سیگنال الکترومایوگرام ۲۹
۳-۵-۲- روش‌های استخراج ویژگی ۳۱
۳-۵-۳- استخراج ویژگی‌ها و کلاسبندی ۳۳
۳-۶- میانگین انتگرال ۳۴
۳-۷- تبدیل فوریه ۳۵
۳-۸- آنالیز موجک ۳۸

۳-۸-۱- تاریخچه روش موجک ۳۸
۳-۸-۲- تبدیل موجک ۳۹
۳-۸-۳- تبدیل موجک گسسته ۴۰
۳-۸-۴- تجزیه چند سطحی موجک ۴۲
۳-۸-۵- تعداد سطوح تجزیه چند سطحی ۴۳
۳-۸-۶- استخراج ویژگی توسط تبدیل موجک ۴۳
۳-۹- استفاده از روش ترکیب ویژگی‌ها ۴۵
۳-۱۰- خلاصه فصل ۴۷

۴- سیگنال صوتی ۴۹
۴-۱- صوت ۵۰
۴-۲- تاریخچه پردازش گفتار ۵۱
۴-۳- پیش‌پردازش‌های سیگنال صوتی ۵۳
۴-۳-۱- یافتن ابتدا و انتهای کلمه ۵۳
۴-۳-۲- نرمالیزه کردن صدا ۵۵
۴-۳-۳- پنجره‌بندی ۵۶
۴-۴- روش‌های آنالیز گفتار ۵۶
۴-۴-۱- بانک فیلترها ۵۷
۴-۵- استخراج ویژگی‌ها توسط آنالیز LPC ۶۱
۴-۶- چندی‌کردن برداری ۶۷
۴-۶-۱- مزایای چندی کننده برداری ۶۸
۴-۶-۲- معایب چندی کننده برداری ۶۸
۴-۶-۳- روش آنالیز صدا با چندی‌کننده برداری ۶۹
۴-۶-۴- یافتن شباهت یا فاصله بین بردارها ۷۰
۴-۶-۵- خوشه‌بندی بردارهای آموزش ۷۰
۴-۶-۶- فرآیند کلاسبندی برداری ۷۰
۴-۷- روش‌های تشخیص گفتار ۷۱
۴-۸- نتایج تشخیص سیگنال صوتی ۷۲
۴-۹- خلاصه فصل ۷۳

۵- ترکیب اطلاعات ۷۴
۵-۱- سطوح مختلف ترکیب اطلاعات ۷۵

۵-۱-۱- سطح ترکیب سیگنال ۷۵
۵-۱-۲- سطح ترکیب ویژگی‌ها ۷۷
۵-۱-۳- سطح ترکیب تصمیمات ۷۷
۵-۲- مزایای ترکیب اطلاعات ۸۰
۵-۳- کاربرد ترکیب اطلاعات ۸۲
۵-۴- روش‌های ترکیب اطلاعات ۸۴
۵-۴-۱- روش‌های کلاسیک ۸۴
۵-۴-۲- روش‌های هوشمند ۸۵
۵-۴-۳- روش بیزین ۸۵
۵-۴-۴- روش دمستر- شفر ۸۸
۵-۵- خصوصیات ورودی-خروجی فرآیند ترکیب اطلاعات ۸۹
۵-۶- خلاصه فصل ۹۰

۶- انجام مراحل پردازش و نتایج ترکیب اطلاعات ۹۱
۶-۱- خلاصه مطالب ارائه شده در فصول قبل ۹۲
۶-۲- اطلاعاتی در مورد ثبت سیگنال‌ها ۹۳
۶-۳- مشخصات سیستم دریافت و ثبت سیگنال الکترومایوگرام و صوتی ۹۳
۶-۴- اطلاعاتی مربوط به ثبت سیگنال ۹۵
۶-۵- تشخیص ابتدا و انتهای سیگنال ۹۵
۶-۶- استفاده از فیلتر پائین‌گذر ۹۸
۶-۷- نرمالیزه نمودن سیگنال ۹۸
۶-۸- پنجره‌بندی سیگنال صحبت ۱۰۰
۶-۹- استخراج ویژگی‌های سیگنال EMG ۱۰۰
۶-۱۰- استخراج ویژگی سیگنال صوتی ۱۰۲
۶-۱۱- ترکیب ویژگی‌ها با استفاده از شبکه عصبی ۱۰۴
۶-۱۲- ترکیب تصمیمات با استفاده از روش بیزین ۱۰۸
۶-۱۳- خلاصه فصل ۱۱۰

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۲
۸- مراجع ۱۱۴
ضمیمه ۱۱۸

فصل اول

(مقدمه)

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱. مقدمه

همزمان با پیشرفت علوم و تکنولوژی در ساخت ماشین‌های تحت کنترل انسان، در برخی از برنامه‌های تحقیقاتی تلاش شده است تا با بکارگیری علوم جدید در زمینه پردازش سیگنال‌های حیاتی، میزان دخالت مستقیم انسان در فعالیت‌های فیزیکی کاهش یابد [۱] و [۲].

موضوع هدایت و کنترل سیستم های مختلف توسط سیستم مغز و اعصاب، تحت نام علم سیبرنتیک، سر منشاء تحقیقات و مطالعات جدیدی گردید. از جمله مباحث قابل طرح در این باب، طراحی و ساخت دست سایبرنتیک می‌باشد. بطور تاریخی، قدیمی‌ترین فن‌آوری برای هدایت بازوی ربات استفاده از جواستیک[۱] می‌باشد که بوسیله آن می‌توان بازوی ربات را کنترل کرد.

مهمترین اشکال این روش عدم فراهم نمودن ارتباطی مستقیم با حرکات کاربر می‌باشد، بنابر این برای استفاده از آن لازم است که کاربر مهارت خود را افزایش دهد. اخیرا برای رفع این مشکل بیشتر از روش‌های ارتباطی دیگری از جمله، دستکش‌های اطلاعاتی[۲] [۱۴] و زاویه‌یاب دست [۱۵] استفاده می‌شود. البته لازمه این روش‌ها پوشش زیادی از تجهیزات می‌باشد که خود از حرکت عادی کاربر جلوگیری می‌کنند، بعبارتی در این حالت حرکات واقعی دست تحت تاثیر تجهیزات مورد نیاز قرار می‌گیرند که در کنترل بازوی ربات مناسب نمی‌باشد. از روش‌های دیگر، استفاده از مشاهده و رؤیت بر اساس یادگیری ربات است که شامل پردازش اطلاعات ویدیوئی می‌شود [۱۶] و نیز دریافت سیگنال حیاتی از جمله، سیگنال‌های الکترومایوگرام[۳] و سیگنال "صحبت" که نیازمند پردازش سیگنال می‌باشند.

---

[۱] Joystick

[۲] Data Gloves

[۳] ElecroMyoGram

در این پایان‌نامه دو سیگنال حیاتی "الکترومایوگرام" و "صحبت" برای تشخیص نوع حرکت انجام شده توسط بازوی فرد و نوع فرمان متناظر با همان حرکت بازو از طریق صحبت کردن مورد توجه بوده و تحت بررسی قرار خواهند گرفت. البته تا کنون تحقیقات بسیاری در مورد هر یک از این سیگنال‌ها صورت گرفته و روش‌های مختلفی جهت پردازش آنها ارائه شده است، اما نکته‌ای که کمتر مورد توجه بوده و تحقیقات گسترده‌ای در مورد آن صورت نگرفته، استفاده از ترکیب اطلاعات در مورد این دو سیگنال می‌باشد. لذا می‌بایست برای دستیابی به نتایج نهایی و نشان دادن قابلیت روش ترکیب اطلاعات و مقایسه با نتایج قبلی که از این روش استفاده نشده است، هر یک از این دو سیگنال را بطور جداگانه مورد بررسی و پردازش قرار داده و نتایج نمایش داده شود.

در فصل سوم برای پردازش و استخراج ویژگی سیگنال الکترومایوگرام از سه روش انتگرال‌گیری، و تبدیل فوریه و تبدیل موجک استفاده شده، که هریک بر اساس قدرت پردازشی خود دارای نتایج متفاوتی می‌باشند. مشاهده خواهیم کرد که با استفاده از این این روش‌ها برای استخراج ویژگی سیگنال الکترومایوگرام میزان خطا در تشخیص نوع حرکت دست بسیار بالا می‌باشد. در مورد سیگنال صحبت نیز همانند سیگنال الکترومایوگرام در فصل چهارم مراحل فوق دنبال می‌شود.

سپس با معرفی تکنیک ترکیب اطلاعات در فصل پنجم و روش‌های مرسوم برای اجرای آن، در فصل ششم تلاش می‌شود تا به دو روش شبکه عصبی در سطح ویژگی و تئوری بیزین در سطح تصمیم، دو سیگنال حیاتی را ترکیب نموده و نتایج تشخیص فرامین کاربر را بهبود بخشیم. نتایج تشخیص فرامین از طریق ترکیب اطلاعات در فصل ششم ارائه شده است.

فصل دوم

(آشنایی با سیگنال الکترومایوگرام)

۲. آشنایی با سیگنال الکترومایوگرام

الکترومایوگرامی[۱] عبارت است از روشی که در آن فعالیت الکتریکی عضلات بدن مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ثبت الکترومایوگرام (EMG) به این صورت انجام می‌شود که، یک الکترود در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با "عضله اسکلتی" قرار داده شده و بدین ترتیب تغییرات پتانسیل الکتریکی عضله در حالات مختلف حرکتی عضله از جمله در حین استراحت کامل و یا در فعالیت‌های ارادی درجه‌بندی شده، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سیگنال الکترومایوگرام یک داده سری زمانی می‌باشد، که از پالس‌های متعدد تشکیل گردیده و منشاء این پالس‌ها، واحدهای حرکتی درون عضله می‌باشند [۱۹]. به همین علت استخراج و یا استنباط نوع حرکت و رفتار عضلات از یک سیگنال خام و پردازش نشده به آسانی صورت پذیر نمی‌باشد.

بعلت وجود تفاوت در فرم و نحوه آرایش و تعداد واحدهای حرکتی عضلات در افراد و دیگر شرایط مؤثر در ثبت سیگنال الکترومایوگرام این سیگنال حتی در شرایط یکسان دارای ویژگی‌های متفاوتی در افراد مختلف خواهد بود. لذا برای سیگنال الکترومایوگرام از یک عضله معین در یک حرکت خاص در افراد مختلف، نمی‌توان از روابط نگاشت خطی جهت تفکیک آنها استفاده نمود، لذا بایست روابط غیرخطی را در این مورد بکاربرد. از جمله روش‌های تطبیقی پیشنهادی توسط کارهای انجام شده در مقالات مختلف عبارت است از "شبکه عصبی[۲]" و "منطق فازی".

از سیگنال الکترومایوگرام در کاربردها مختلفی از جمله پزشکی برای تشخیص امراض عصبی عضلانی و مهندسی پزشکی استفاده شده است. یکی از معمولترین کاربردهای سیگنال مایوالکتریک، استفاده در کنترل دست مصنوعی می‌باشد، که برای اولین بار توسط اسکات و پارکر[۳] در سال ۱۹۸۸ صورت گرفت. سیستم های متعددی ساخته شده است که با استفاده از سیگنال

---

[۱] ElectroMyoGraphy

[۲] Neural Network

[۳] Scott & Parker

الکترومایوگرام دست و آرنج و مچ قابل کنترل می‌باشند. هر سیگنال الکترومایوگرام ایجاد شده در فعالیتی متفاوت، دارای خصوصیات منحصر بفردی بوده، و شامل اطلاعاتی از نوع و سرعت حرکت می‌باشد. با پردازش این سیگنال می‌توان حرکت صورت گرفته را با تشخیص دقیق حرکت، برای کنترل عضو مصنوعی استفاده کرد. سیگنال الکترومایوگرام دارای ماهیت تک بعدی می‌باشد، بنابر این می‌توان از روش‌های تحلیلی تک بعدی برای کلاسبندی و تشخیص آن استفاده نمود.

۲-۱- معرفی عضله و نحوه عملکرد آن

ساختمان عضله از سلول‌های با غشاء (پوسته) تحریک پذیر تشکیل شده است. پوسته این سلول‌ها مانند غشاء سلول‌های عصبی[۴] می‌باشد. وظیفه این غشاء، انتقال اطلاعات نیست، بلکه با دریافت فرمان از سلول‌های عصبی منقبض یا منبسط می‌شوند. عضله از چندین رشته[۵] جدا از هم تشکیل شده است. این رشته‌ها بر دو نوع رشته پروتئین مشتمل می‌گردند، آکتین و میوسین[۶]. این رشته‌ها در لایه‌های موازی در هم تنیده شده قرار داشته و می‌توانند در داخل یکدیگر حرکت کنند، به همین علت موجب کوتاه شدن طول عضله می‌شوند. زمانی توسط عضله، حرکت یا نیرو ایجاد می‌شود که پوسته رشته عضلانی تحریک شود. یک فعالیت پتانسیلی صورت گرفته و سپس در طول غشاء سطحی رشته انتشار می یابد و واکنش شیمیایی شروع می‌شود.

هنگام صدور فرمان از مغز به عضلات بدن (توسط رشته‌های عصبی) برای حرکت و انجام فعالیت‌های خاص، با ایجاد واکنش‌های شیمیایی به واسطه فرامین ارسالی از طرف مغز انسان و انتقال این فرامین توسط شبکه اعصاب به نقاط مختلف بدن و اعمال آن به عضلات و ماهیچه‌ها، در این زمان انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی تبدیل گشته و تحت این واکنش اختلاف پتانسیلی در دو سر رشته های ماهیچه‌ای ایجاد می‌گردد.

---

[۴] Neuron

[۵] Fiber

[۶] Myosin & Actin