

۳۷۱۷۲

از اطلاعات در این علم ایران
تعمیرات

۱۳۸۰ / ۱۸ / ۳۰



دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی برق

ردیابی چشمی اهداف مبتنی بر آنالیز سیگنال های چشمی (EOG) جهت ارتباط انسان با کامپیوتر

013789

علیرضا اخبارده

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی پزشکی، گرایش بیوالکتریک

استاد راهنما:

دکتر عباس عرفانیان امیدوار

اردیبهشت ۸۰

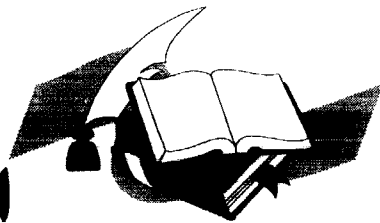
۳۷۱۷۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و با تشکر از راهنمائیهای استاد

ارجمند دکتر عباس

عرفانیان امیدوار



چکیده

ارتباط انسان با ماشین و بویژه با کامپیوتر، از دیرباز مطرح بوده و ابزار ارتباطی مختلفی مانند صفحه کلید، دسته بازی، موشواره و غیره برای این منظور طراحی و ساخته شده است. با توجه به اینکه افراد ناتوان قادر به استفاده از این ابزار نیستند، لذا نیاز به طراحی ابزار خاصی برای آنها می باشد. برای این منظور ابزارهای نوری و مکانیکی مختلفی طراحی و ساخته شده اند که به دلیل پیچیدگی و گرانی در عمل مورد استقبال قرار نگرفته اند. در سال های اخیر، استفاده از سیگنال های حیاتی به عنوان یک ابزار ارتباطی مطرح شده اند. یکی از این سیگنال ها، سیگنال چشمی است. در اطراف چشم می توان یک فعالیت الکتریکی را ثبت کرد که میزان تغییرات آن با اندازه حرکت چشم متناسب است. در حقیقت یک اختلاف پتانسیل مابین قرنیه و بخش خلفی چشم وجود دارد. این اختلاف پتانسیل باعث ایجاد میدان الکتریکی در اطراف چشم می شود که با استفاده از الکترودهای سطحی در اطراف چشم قابل ثبت است. چنین سیگنالی الکتروکلوگرام (EOG) نامیده می شود. مشخصات این سیگنال بستگی به میزان و جهت حرکت کره چشم دارد. امروزه تشخیص میزان و جهت حرکت کره چشم از روی این پتانسیل ها موضوع یکی از تحقیقات را در زمینه ارتباط انسان با ماشین تشکیل می دهد و با توجه ارزان قیمت بودن و ثبت آسان سیگنال الکتروکلوگرام، استفاده از آن مورد توجه قرار گرفته است.

در این پروژه برای اولین بار از شبکه های عصبی جهت تشخیص حرکات مختلف چشم از روی سیگنال الکتروکلوگرام استفاده شده است. برای این منظور از شبکه های عصبی پس انتشار خطا، شبکه مبتنی بر توابع شعاعی (RBF) و ساختارهای مختلف نظریه تشدید وقتی (ART) استفاده کرده ایم. تشخیص حرکت از سیگنال الکتروکلوگرام در حقیقت یک مساله طبقه بندی است. یکی از مسائل مهم در طبقه بندی، استخراج ویژگی های سیگنال است. در این پروژه از میانگین، پراش، تیزی، حداکثر، حداقل، نقاط منفرد و ضرایب پاره موج سیگنال الکتروکلوگرام به عنوان ویژگی های سیگنال الکتروکلوگرام استفاده شده است و نتایج بدست آمده از آنها با هم مقایسه شده اند. شبکه های عصبی در مقابل تغییرات و آرتیفکت ها مقاوم بوده و قادر به کلاسه بندی حرکات مختلف چشم با دقت بالایی هستند. برای آموزش و امتحان کارایی شبکه ها، آزمایشات مختلفی در شرایط کاملاً طبیعی بر روی انسان انجام گرفته است (چهار فرد: فرد اول چهار روز، فرد دوم دو روز، فرد سوم و چهارم هر کدام یک روز). به منظور اخذ سیگنال الکتروکلوگرام، یک ثبت کننده چهار کاناله در آزمایشگاه بیو الکتریک دانشگاه علم و صنعت طراحی و ساخته شده است. برای ثبت حرکات چشم، چهار الکتروود در چهار سمت چشم، یک الکتروود به عنوان مرجع در وسط پیشانی و یک الکتروود به عنوان زمین در لاله گوش سمت راست قرار داده می شوند.

در این پروژه به منظور بررسی نحوه عملکرد و کارایی شبکه های عصبی به هنگام حرکات مختلف چشم، چهار نوع هدف متحرک در نظر گرفته شده است که عبارتند از: حرکات متوالی مابین دو هدف، حرکات متوالی مابین چهار هدف، حرکات تصادفی مابین چهار هدف و حرکات تصادفی مابین شش هدف. نتایج بدست آمده نشان می دهد که شبکه های عصبی با دقت بالایی قادر به تشخیص این اهداف می باشد. به طور خلاصه نتایج زیر بدست آمده است:

حرکات چپ و راست چشم (۲ حالت حرکتی) را می توان از روی سیگنال EOG با دقت ۱۰۰٪ تشخیص داد.

حرکات چپ، راست، بالا و پائین چشم (۴ حالت حرکتی) را می توان از روی سیگنال EOG با دقت بالای ۹۸٪ تشخیص داد.

حرکات تصادفی چشم مابین ۴ هدف (۱۶ حالت حرکتی که در ۱۲ حالت همپوشانی وجود دارد) را به طور متوسط با دقت حدود ۸۰٪ تشخیص می دهد.

حرکات تصادفی چشم مابین ۶ هدف (۳۶ حالت حرکتی که در ۲۶ حالت همپوشانی وجود دارد) را به طور متوسط با دقت حدود ۶۵٪ تشخیص می دهد.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱ یک ردیاب چشمی واسط بین کامپیوتر و انسان ۱
- ۱-۲ موشواره چشمی برای بیماران ناتوان حرکتی ۴
- ۱-۳ موشواره چشمی به عنوان یک وسیله ارتباطی ۵
- ۱-۴ بسط یک اشاره گر چشمی ۷
- ۱-۵ هدف از انجام پروژه ۹

فصل دوم: سیگنال های چشمی و منشاء آنها

- ۲-۱ مقدمه ۱۱
- ۲-۲ تغییرات الکتریکی قابل ثبت در اطراف چشم- الکترورتینوگرام ۱۳
- ۲-۲-۱ تاریخچه توسعه الکترورتینوگرافی ۱۳
- ۲-۲-۲ منشأ الکترورتینوگرام ۱۵
- ۲-۲-۳ تحلیل پاسخ ۱۶
- ۲-۲-۴ پتانسیل نوسانی ۱۷
- ۲-۲-۵ پتانسیل زودرس گیرنده (ERG) ۱۸
- ۲-۲-۶ تغییرات در ERG طبیعی ۱۹
- ۲-۲-۷ انواع الکترورتینوگرام طبیعی ۱۹
- ۲-۳ الکترواکلوگرام (EOG) ۲۲
- ۲-۳-۱ تحریکات نوری و الکترواکلوگرام (رابطه الکترورتینوگرام و الکترواکلوگرام) ۲۴
- ۲-۳-۲ حرکات چشم و الکترواکلوگرام ۲۵
- ۲-۳-۳ آرتیفکت های مؤثر بر سیگنال EOG ۲۶

فصل سوم: روال آزمایش

- ۳-۱ مقدمه ۲۷
- ۳-۲ طراحی سیستم ثبت سیگنال EOG ۲۷
- ۳-۲-۱ طبقه رابط بین الکترودها و پوست صورت ۲۸
- ۳-۲-۲ طبقه پیش تقویت (Pre Amplifier Stage) ۲۹
- ۳-۲-۳ طبقه حذف مؤلفه های در محدوده فرکانس dc (High pass Filter) ۲۹
- ۳-۲-۴ طبقه حذف تداخلات برق شهر و تداخلات مغناطیسی ۳۰
- ۳-۲-۵ طبقه تقویت نهایی (Post amplifier stage) ۳۱
- ۳-۲-۶ طبقه ایزولاسیون (Isolation stage) ۳۱
- ۳-۲-۷ مبدل آنالوگ به دیجیتال ۳۲
- ۳-۲-۸ نرم افزار کامپیوتری اخذ سیگنال EOG ۳۳

۳۳	.....ارزیابی سیستم طراحی شدهٔ اخذ سیگنال‌های چشمی
۳۷	.....۳-۴ مشخصات سیستم اخذ سیگنال EOG
۳۷	.....۳-۵ بررسی سیگنال‌های EOG اخذ شده با سیستم ساخته شده
۳۹	.....۳-۶ حذف نویز و آرتیفکت‌های موجود بر روی سیگنال EOG ذخیره شده
۳۹	.....۳-۶-۱ عوامل موثر در ایجاد نویز و آرتیفکت‌ها
۴۰	.....۳-۶-۲ حذف آرتیفکت‌های DC از روی سیگنال EOG
۴۲	.....۳-۶-۳ حذف چشمک‌ها از روی سیگنال EOG
۴۴	.....۳-۷ روال آزمایش

فصل چهارم: مروری بر نظریه و مبانی تبدیل پاره موج

۵۱	.....۴-۱ مقدمه
۵۲	.....۴-۲ تبدیل پاره موج: یک آنالیز چند دقتی
۵۶	.....۴-۳ معیارهای انتخاب پاره موج
۵۷	.....۴-۳-۱ ممانهای محو شده
۵۷	.....۴-۳-۲ منظم بودن پاره موج
۵۸	.....۴-۳-۳ اندازهٔ تکیه‌گاه
۵۸	.....۴-۳-۴ رابطهٔ بین معیارهای انتخاب پایه‌های پاره موج
۵۹	.....۴-۴ پاره‌موج‌های Daubechies, Shannon, Meyer, Battle-Lemarie
۵۹	.....۴-۴-۱ پاره موج Shannon
۵۹	.....۴-۴-۲ پاره موج Meyer
۶۰	.....۴-۴-۳ پاره موج Haar
۶۱	.....۴-۴-۴ پاره‌موج‌های Battle-Lemarie
۶۲	.....۴-۴-۵ پاره‌موج‌های تکیه‌گاه فشردهٔ Daubechies
۶۳	.....۴-۵ پیاده سازی الگوریتم هرمی بر روی یک سیگنال نمونه: سیگنال چرب خطی
۶۴	.....۴-۶ نتیجه‌گیری

فصل پنجم: طبقه بندی سیگنال‌های چشمی با استفاده از شبکهٔ عصبی پس انتشار خطا

۶۹	.....۵-۱ مقدمه
۶۹	.....۵-۲ شبکه عصبی پس انتشار خطا
۶۹	.....۵-۲-۱ ساختار شبکه پس انتشار خطا
۷۱	.....۵-۲-۲ الگوریتم پس انتشار خطا
۷۲	.....۵-۳ استخراج ویژگیهای سیگنال EOG
۷۲	.....۵-۳-۱ میانگین - پراش - تیزی
۷۳	.....۵-۳-۲ مقادیر منفرد
۷۳	.....۵-۳-۳ حداکثر - حداقل - میانگین

- ۷۴ ۵-۳-۴ ضرایب پاره‌موج چند دقتی
- ۷۵ ۵-۴ طبقه‌بندی سیگنال‌های الکترواکلوگرام با استفاده از شبکه عصبی انتشار خطا
- ۷۵ ۵-۵ نتایج با شبکه عصبی پس‌انتشار خطا
- ۷۵ ۵-۵-۱ تشخیص حرکات متوالی ما بین دو گوشه بالای صفحه تصویر
- ۷۷ ۵-۵-۲ تشخیص حرکات‌های متوالی مابین چهار گوشه صفحه تصویر
- ۷۹ ۵-۵-۳ تشخیص حرکات تصادفی از ۴ هدف به یکدیگر
- ۸۶ ۵-۵-۴ تشخیص حرکات تصادفی از ۶ هدف به یکدیگر
- ۹۰ ۵-۵-۵ تشخیص حرکات چشم با استفاده از ضرایب پاره‌موج سیگنال EOG
- ۵-۵-۵-۱ بررسی تاثیر استفاده از پاره موج دوبیسس ۴ و ۲۰
- ۹۰ در تشخیص حرکات تصادفی ما بین ۴ هدف
- ۵-۵-۵-۲ بررسی تاثیر استفاده از پاره موج دوبیسس ۴ و ۲۰
- ۹۴ در تشخیص حرکات تصادفی ما بین ۶ هدف
- ۹۸ ۵-۶ بحث و نتیجه گیری

فصل هشتم: طبقه بندی سیگنال های چشمی با استفاده از شبکه عصبی RBF

- ۱۰۱ ۶-۱ مقدمه
- ۱۰۱ ۶-۲ شبکه عصبی RBF
- ۶-۲-۱ ساختار شبکه عصبی RBF
- ۶-۲-۲ روش یادگیری گرادیان تصادفی
- ۶-۳ طبقه‌بندی سیگنال EOG با استفاده از شبکه RBF
- ۶-۴ نتایج با شبکه عصبی RBF
- ۶-۴-۱ تشخیص حرکات متوالی ما بین دو هدف
- ۶-۴-۲ تشخیص حرکات‌های متوالی مابین چهار هدف
- ۶-۴-۳ تشخیص حرکات تصادفی ما بین ۴ هدف
- ۶-۴-۴ تشخیص حرکات تصادفی مابین ۶ هدف
- ۶-۵ بحث و نتیجه گیری

فصل نهم: طبقه بندی سیگنال های چشمی با استفاده از نظریه تشدید وفقی

- ۱۲۰ ۷-۱ مقدمه
- ۷-۲ شبکه عصبی ART
- ۷-۲-۱ معرفی ساختار عمومی شبکه های عصبی نوع ART
- ۷-۳ توصیف ساختار شبکه های ART مورد استفاده در این تحقیق
- ۷-۴ مقایسه کارایی دسته‌بندی شبکه های ART
- ۷-۴-۱ دسته‌بندی دوبعدی با ART فازی
- ۷-۴-۲ خوشه‌بندی دوبعدی با استفاده از شبکه‌های نوع ART-2A

- ۷-۵ رمز گذاری کلاس های تولید شده توسط شبکه های ART به کلاس های مطلوب.. ۱۳۵
- ۷-۶ طبقه بندی سیگنال های الکترواکلوگرام با استفاده از شبکه های ART ۱۳۶
- ۷-۶-۱ تشخیص حرکات تصادفی ما بین ۴ هدف..... ۱۳۶
- ۷-۶-۲ تشخیص حرکات تصادفی از ۶ هدف به یکدیگر..... ۱۴۱
- ۷-۷ بحث و نتیجه گیری..... ۱۴۷

فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۸-۱ مقدمه..... ۱۵۲
- ۸-۲ کارآیی شبکه های عصبی مختلف در تشخیص حرکات متوالی چشم..... ۱۵۳
- ۸-۳ کارآیی شبکه های عصبی مختلف در تشخیص حرکات تصادفی چشم..... ۱۵۴
- ۸-۴ مقایسه کارآیی شبکه های عصبی مختلف در تشخیص حرکات مختلف چشم..... ۱۵۷
- ۸-۵ پیشنهادات..... ۱۶۱

ضمائم

- واژه گان..... ۱۶۳
- مراجع..... ۱۶۷
- مقاله ارائه شده در کنفرانس بین المللی کامپیوتر ۱۳۷۹ (دانشگاه اصفهان)..... ۱۶۹
- شمای کلی سخت افزار..... ۱۷۷

فهرست اشکال

عنوان

صفحه

- شکل (۱-۱) منوهای ۲×۳ و نحوه حرکت نشانه جهت کالیبراسیون..... ۲
- شکل (۱-۲) نحوه نصب الکترودها..... ۲
- شکل (۱-۳) نمودار کارآیی برای حالت های حرکتی (۱) تا (۸)..... ۴
- شکل (۱-۴) ساختار سیستم..... ۵
- شکل (۱-۵) محل نصب الکترودهای دو قطبی..... ۶
- شکل (۱-۶) مسیر حرکت نشانگر و سیگنال EOG متناسب با آن..... ۷
- شکل (۱-۷) اشاره گر چشمی و نحوه تجزیه صفحه کامپیوتر به شش منوی افقی..... ۸
- شکل (۱-۸) سیگنال EOG و نحوه محاسبه رابطه آن با موقعیت مطلوب..... ۸
- شکل (۱-۹) نحوه کالیبراسیون دوره ای سیستم اشاره گر..... ۸
- شکل (۱-۱۰) دقت سیستم اشاره گر چشمی در حالت سر ثابت و حرکت سر آزاد..... ۹
- شکل (۲-۱) بافت های تشکیل دهنده کره چشم انسان..... ۱۳
- شکل (۲-۲) یک ERG دو فازه..... ۱۵
- شکل (۲-۳) مولفه های سازنده ERG..... ۱۵
- شکل (۲-۴) ERG تولید شده توسط یک بارقه نوری..... ۱۶
- شکل (۲-۵) مقایسه ERG چشم گربه و قورباغه..... ۱۸
- شکل (۲-۶) سیگنال الکترواکلوگرام در محیط تاریک و محیط روشن..... ۲۳
- شکل (۲-۷) نحوه نصب الکترودها برای ثبت سیگنال الکترواکلوگرام..... ۲۶
- شکل (۳-۱) نمودار سیستم ثبت سیگنال EOG..... ۲۸
- شکل (۳-۲) ساختار طبقه پیش تقویت سیگنال EOG..... ۳۰
- شکل (۳-۳) فیلتر بالاگذر پسیو با ثابت زمانی $RC = 0/15$ ۳۰
- شکل (۳-۴) فیلتر ناچ برق شهر با استفاده از MF10..... ۳۱
- شکل (۳-۵) ساختار طبقه تقویت نهائی با بهره متغیر..... ۳۲
- شکل (۳-۶) ساختار طبقه ایزولاسیون..... ۳۲
- شکل (۳-۷) پاسخ فرکانسی سیستم اخذ سیگنال EOG..... ۳۵
- شکل (۳-۸) رابطه بین ورودی و خروجی یک کانال تقویت سیستم اخذ سیگنال EOG..... ۳۶
- شکل (۳-۹) نویز معادل یک کانال تقویت سیستم اخذ سیگنال EOG..... ۳۶
- شکل (۳-۱۰) نحوه نصب الکترودها..... ۳۸
- شکل (۳-۱۱) دو نمونه سیگنال EOG (خام) ناشی از حرکات چپ و راست چشم..... ۳۸
- شکل (۳-۱۲) دو نمونه سیگنال EOG (خام) ناشی از حرکات چپ، راست، بالا و پائین چشم..... ۳۹
- شکل (۳-۱۳) سیگنال های EOG ناشی از حرکات چپ و راست چشم..... ۳۹
- شکل (۳-۱۴) سیگنال EOG به هنگام خیره شدن به یک نقطه و حرکت دادن سر به مقدار ناچیز... ۴۱

- شکل ۳-۱۵) سیگنال EOG به هنگام خیره شدن به یک نقطه و حرکت دادن سر به مقدار زیاد..... ۴۱
- شکل ۳-۱۶) سیگنال EOG به هنگام حرکت دادن سر به مقدار زیاد و در جهات مختلف..... ۴۲
- شکل ۳-۱۷) سیگنال EOG به هنگام حرکت های متوالی چپ و راست..... ۴۳
- شکل ۳-۱۸) سیگنال EOG حاوی چند چشمک..... ۴۳
- شکل ۳-۱۹) سیگنال EOG ناشی از حرکات متوالی مابین گوشه های چپ و راست صفحه تصویر..... ۴۳
- شکل ۳-۲۰) سیگنال EOG ناشی از حرکات متوالی مابین گوشه های چپ و راست صفحه تصویر..... ۴۵
- شکل ۳-۲۱) حالت های حرکتی و اهداف متحرک مورد استفاده در این تحقیق..... ۴۷
- شکل ۳-۲۲) سیگنال EOG به هنگام حرکت های چپ و راست چشم..... ۴۸
- شکل ۳-۲۳) سیگنال EOG به هنگام حرکت های چپ، راست، بالا و پائین چشم..... ۴۹
- شکل ۳-۲۴) سیگنال EOG به هنگام حرکت های تصادفی مابین چهار هدف..... ۴۹
- شکل ۳-۲۵) سیگنال EOG به هنگام حرکت های تصادفی مابین شش هدف..... ۴۹
- شکل (۴-۱) الگوریتم تولید سیگنال های درشت و جزئی (به ترتیب C_2f و D_2f)..... ۵۶
- شکل (۴-۲) پاره موج Shannon و طیف آن..... ۵۹
- شکل (۴-۳) پاره موج Meyer و طیف آن..... ۶۰
- شکل (۴-۴) اسپلاین کلاه مکزیکی و طیف آن..... ۶۱
- شکل (۴-۵) پاره موج Battle-Lemarie کلاه مکزیکی..... ۶۲
- شکل (۴-۶) پاره موج Battle-Lemarie خطی..... ۶۳
- شکل (۴-۷) پاره موج Daubechies برای $p=2,3,4$ ۶۴
- شکل (۴-۸) سیگنال چرب خطی..... ۶۴
- شکل (۴-۹) ضرایب ریز و درشت سیگنال چرب خطی..... ۶۵
- شکل (۴-۱۰) ضرایب ریز و درشت سیگنال چرب خطی در مقیاس های مختلف..... ۶۶
- شکل (۴-۱۱) ضرایب ریز و درشت سیگنال چرب خطی در مقیاس های مختلف..... ۶۷
- شکل (۵-۱) ساختار شبکه پس انتشار خطای چند لایه..... ۷۰
- شکل (۵-۲) الگوریتم تولید سیگنال های درشت و جزئی (به ترتیب C_2f و D_2f)..... ۷۴
- شکل (۵-۳) منحنی یادگیری شبکه پس انتشار خطا در هنگام آموزش دو حرکت چشم..... ۷۶
- شکل (۵-۴) منحنی یادگیری شبکه پس انتشار خطا در هنگام آموزش چهار حرکت..... ۷۸
- شکل (۵-۵) حالت های ممکنه در حرکات تصادفی مابین چهار هدف..... ۷۹
- شکل (۵-۶) نمودار ساختارهای مورد استفاده در این تحقیق جهت طبقه بندی سیگنال EOG..... ۸۰
- شکل (۵-۷) حالت های ممکنه در حرکات تصادفی مابین چهار هدف..... ۸۸
- شکل (۶-۱) ساختار شبکه RBF..... ۱۰۲
- شکل (۶-۲) منحنی یادگیری شبکه RBF در هنگام آموزش حرکت های چپ و راست چشم..... ۱۰۵
- شکل (۶-۳) منحنی یادگیری شبکه RBF در هنگام آموزش چهار حرکت چشم..... ۱۰۷
- شکل (۷-۱) پردازش الگو بوسیله شبکه ART..... ۱۲۱

- شکل (۷-۲) شبکه یادگیری رقابتی..... ۱۲۳
- شکل (۷-۳) بیان ساده شده شبکه شکل (۷-۲)..... ۱۲۳
- شکل (۷-۴) نمودار شبکه ART..... ۱۲۴
- شکل (۷-۵) در ART 2A میزان شباهت با استفاده از زاویه مابین بردار ورودی و بردار W_r اندازه گیری می شود..... ۱۲۴
- شکل (۷-۶) کارایی خوشه بندی دوبعدی شبکه ART فازی..... ۱۳۲
- شکل (۷-۷) مرز های خوشه بندی در ART 2A-E..... ۱۳۳
- شکل (۷-۸) مقایسه کارایی خوشه بندی دو بعدی نسخه های مختلف شبکه ART 2A..... ۱۳۴
- شکل (۸-۱) در صد تشخیص صحیح حرکات چشم، با استفاده از شبکه پس انتشار خطا..... ۱۵۷
- شکل (۸-۲) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه RBF..... ۱۵۸
- شکل (۸-۳) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه ART فازی..... ۱۵۹
- شکل (۸-۴) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه ART-2A..... ۱۵۹
- شکل (۸-۵) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه ART 2A-C..... ۱۶۰
- شکل (۸-۶) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه ART 2A-E..... ۱۶۰
- شکل (۸-۷) در صد تشخیص صحیح حرکات مختلف چشم، با استفاده از شبکه های عصبی..... ۱۶۱

فهرست جداول

عنوان

صفحه

جدول (۳-۱) مقدار مؤثر نويز معادل ورودی در محدود های فرکانسی مختلف.....	۳۶
جدول (۵-۱) در صد تشخیص صحیح دو حرکت چشم بوسیله شبکه پس انتشار خطا.....	۷۷
جدول (۵-۲) در صد تشخیص صحیح دو حرکت چشم.....	۷۷
جدول (۵-۳) در صد تشخیص صحیح چهار حرکت چشم بوسیله شبکه پس انتشار خطا.....	۷۹
جدول (۵-۴) در صد تشخیص صحیح حرکات چپ، راست، بالا و پائین چشم.....	۷۹
جدول (۵-۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد اول روز اول.....	۸۳
جدول (۵-۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد اول روز دوم.....	۸۳
جدول (۵-۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد اول روز سوم.....	۸۴
جدول (۵-۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد اول روز چهارم.....	۸۵
جدول (۵-۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد دوم.....	۸۶
جدول (۵-۱۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی: فرد سوم و چهارم.....	۸۶
جدول (۵-۱۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با ساختار شکل (۶-۵-ج).....	۸۷
جدول (۵-۱۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی فرد اول.....	۸۹
جدول (۵-۱۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی فرد دوم.....	۸۹
جدول (۵-۱۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی فرد سوم و چهارم.....	۸۹
جدول (۵-۱۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی با ساختار شکل (۶-۵-ج).....	۹۰
جدول (۵-۱۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با دوبیسیس ۴.....	۹۱
جدول (۵-۱۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با حداکثر-حداقل-میانگین دوبیسیس ۴.....	۹۲
جدول (۵-۱۸) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با دوبیسیس ۲۰.....	۹۳
جدول (۵-۱۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با حداکثر-حداقل-میانگین دوبیسیس ۲۰.....	۹۵
جدول (۵-۲۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با دوبیسیس ۴.....	۹۶
جدول (۵-۲۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با حداکثر-حداقل-میانگین دوبیسیس ۲۰.....	۹۶
جدول (۵-۲۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با دوبیسیس ۴.....	۹۷
جدول (۵-۲۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با حداکثر-حداقل-میانگین دوبیسیس ۲۰.....	۹۷
جدول (۵-۲۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی چهار فرد.....	۹۹
جدول (۵-۲۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی چهار فرد.....	۱۰۰
جدول (۶-۱) در صد تشخیص صحیح حرکات چپ و راست چشم با استفاده از شبکه RBF.....	۱۰۵

- جدول ۶-۲) در صد تشخیص صحیح دو حرکت چشم بوسیله ساختارهای متفاوت شبکه RBF.... ۱۰۵
- جدول ۶-۳) در صد تشخیص صحیح حرکات چپ، راست، بالا و پائین چشم با استفاده از شبکه RBF..... ۱۰۷
- جدول ۶-۴) در صد تشخیص صحیح حرکات چپ، راست، بالا و پائین چشم بوسیله ساختارهای متفاوت شبکه RBF..... ۱۰۷
- جدول ۶-۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF فرد اول..... ۱۰۹
- جدول ۶-۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF فرد دوم..... ۱۱۰
- جدول ۶-۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی با شبکه RBF فرد سوم و چهارم..... ۱۱۰
- جدول ۶-۸) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد اول..... ۱۱۰
- جدول ۶-۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد دوم..... ۱۱۱
- جدول ۶-۱۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد سوم و چهارم..... ۱۱۱
- جدول ۶-۱۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد اول..... ۱۱۲
- جدول ۶-۱۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد دوم..... ۱۱۲
- جدول ۶-۱۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد سوم و چهارم..... ۱۱۲
- جدول ۶-۱۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۱۵ نرون در لایه مخفی فرد اول..... ۱۱۴
- جدول ۶-۱۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۱۵ نرون در لایه مخفی فرد دوم..... ۱۱۵
- جدول ۶-۱۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۱۵ نرون در لایه مخفی فرد سوم و چهارم..... ۱۱۵

- جدول (۶-۱۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد اول ۱۱۵
- جدول (۶-۱۸) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد دوم ۱۱۶
- جدول (۶-۱۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۳۰ نرون در لایه مخفی فرد سوم و چهارم ۱۱۶
- جدول (۶-۲۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد اول ۱۱۶
- جدول (۶-۲۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد دوم ۱۱۷
- جدول (۶-۲۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF ۶۰ نرون در لایه مخفی فرد سوم و چهارم ۱۱۷
- جدول (۶-۲۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه RBF و چهار فرد ۱۱۸
- جدول (۶-۲۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه RBF و چهار فرد ۱۱۹
- جدول (۷-۱) خلاصه الگوریتم های ART استفاده شده در این تحقیق ۱۳۱
- جدول (۷-۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART فازی فرد اول ۱۳۸
-
- جدول (۷-۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART فازی فرد دوم ۱۳۸
- جدول (۷-۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART فازی فرد سوم و چهارم ۱۳۸
- جدول (۷-۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A فرد اول ۱۳۹
- جدول (۷-۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A فرد دوم ۱۳۹
- جدول (۷-۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A فرد سوم و چهارم ۱۳۹
- جدول (۷-۸) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد اول ۱۴۰

- جدول ۷-۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد
 ۱۴۰ دوم
- جدول ۷-۱۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد
 ۱۴۰ سوم و چهارم
- جدول ۷-۱۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-e فرد
 ۱۴۱ اول
- جدول ۷-۱۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-e فرد
 ۱۴۱ دوم
- جدول ۷-۱۳) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۴ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-e فرد
 ۱۴۱ سوم و چهارم
- جدول ۷-۱۴) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART فازي فرد
 ۱۴۳ اول
- جدول ۷-۱۵) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART فازي فرد
 ۱۴۳ دوم
- جدول ۷-۱۶) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART فازي فرد
 ۱۴۳ سوم و چهارم
- جدول ۷-۱۷) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد اول
 ۱۴۴ اول
- جدول ۷-۱۸) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد دوم
 ۱۴۴ دوم
- جدول ۷-۱۹) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد سوم
 ۱۴۴ و چهارم
- جدول ۷-۲۰) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد
 ۱۴۵ اول
- جدول ۷-۲۱) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد
 ۱۴۵ دوم
- جدول ۷-۲۲) در صد تشخیص صحیح حرکات تصادفی ۶ هدفی بوسیله شبکه ART 2A-c فرد
 ۱۴۵ سوم و چهارم