



دانشگاه ارومیه
دانشکده فنی و مهندسی
گروه الکترونیک

بایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

طبقه بندی سیگنال های ECG توسط شبکه های عصبی بلوکی (BbNN) با روش تعلیم مبتنی بر
الگوریتم ژنتیک و پیاده سازی شبکه تعلیم یافته توسط تکنولوژی CMOS

استاد راهنمای اول: دکتر بهبود مشعوفی
استاد راهنمای دوم: پروفسور عبدالله خویی

تنظیم و نگارش:
امین نیک نام

شماره دانشجویی:
۸۸۰۵۳۱۰۱۴

تابستان ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پایان نامه امین نیک‌نام به تاریخ ----- شماره ----- مورد پذیرش هیئت محترم داوران با رتبه -- و -- قرار گرفت.

استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران:

استاد راهنمای دوم:

داور خارجی:

داور داخلی:

نماینده تحصیلات تکمیلی:

تقدیم ہے:

پروماڈ عزیزم

تقدیر و تشکر

خداوند جلیل و کریم را سپاس می‌گوییم که به این بنده ناتوان خویش این توانایی را بخشید تا این پژوهش را به اتمام برساند و آن را پیشکش صاحب‌نظران گرداند.

پژوهش حاضر، تحقیقی است که در سال ۱۳۹۱ در دانشگاه ارومیه انجام پذیرفت. در انجام این مهم از هدایت و رهنمودهای فضلاله استادان دانشمند و بی‌همتایی برخوردار بودم. اگر عنایت ایشان نبود، این توفیق نگارنده را رفیق نمی‌شد و این کار سرانجام نمی‌یافت. در اینجا سپاس و قدردانی از آنان را بر خود فریضه می‌دانم.

نخست استاد فرزانه جناب آقای دکتر بهبود مشعوفی که از چشمه دانش و الطاف بی‌کرانه‌شان بهره‌ها بردم و همه نوشته‌هایم با زیور نگاه ناقدش آراسته شد.

و اساتید ارجمند جناب آقای پروفسور عبدالله خوبی و جناب آقای پروفسور خیرالله حدیدی که مرا در انجام این مهم یاری داده‌اند و من سخنی درخور برای اخلاص قلبی و ارادت خود نسبت به ایشان نمی‌یابم و طول عمری همراه با عزت برای ایشان آرزو می‌کنم.

این نوشته‌ها از برکت تلمذ و شاگردی در محضر آن بزرگواران است و کاستی و نادرستی‌های آن متوجه بی‌بضاعتی این شاگرد کوچک.

سرانجام سخن را با قدردانی از مادرم و دوستان گرانقدرم به پایان می‌برم. امیدوارم نیت خیر همه‌ی این عزیزان در درگاه حق مقبول افتد.

چکیده

امروزه نظارت پیوسته بر ضربان قلب راهی موثر برای جلوگیری از حملات ناگهانی قلب می‌باشد. الکتروکاردیوگرام (ECG)، یکی از تکنیک‌های مفید برای نظارت بر قلب می‌باشد که از طریق آنالیز ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های ECG می‌توان به انواع نارسایی‌های قلبی پی‌برد. در این پایان‌نامه از شبکه عصبی (BbNN) برای طبقه‌بندی دو نوع سیگنال ST و VT استفاده شده است که سیگنال اول، بی-نظمی نرمال یا بی‌خطر و سیگنال دوم، سیگنال غیر نرمال یا نشان‌دهنده نارسایی قلبی می‌باشد. برای این کار ابتدا ساختار داخلی و کلی شبکه توسط الگوریتم تکاملی جدید بهینه‌سازی شده و در نهایت شبکه تعلیم یافته پیاده‌سازی مدار شده است. از آنجائیکه تاکنون پیاده‌سازی سخت افزاری این نوع شبکه تنها توسط FPGA صورت گرفته است که مساحت اشغالی و توان مصرفی بالایی دارند، در این پایان‌نامه سعی بر طراحی مداراتی در تکنولوژی CMOS شده است که نسبت به FPGA ها، هم توان مصرفی کمتر دارند و هم فضای کمتری را اشغال می‌کنند. تمامی مدارات طراحی شده در پروسه $0.35\mu\text{m}$ توسط نرم افزار CADENCE، Layout شده و توسط نرم افزار HSPICE شبیه‌سازی شده‌اند. کل توان مصرفی سیستم ارائه شده 5mw بوده و کل مساحت اشغال شده بر روی چیپ کمتر از 0.5mm^2 می‌باشد.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی BbNN، الگوریتم ژنتیک، سیگنال ECG، سیگنال ST، سیگنال VT،

CMOS, FPGA

فهرست مطالب

| | |
|---|----|
| فصل اول : سیگنال های ECG، شبکه های عصبی BBNN و الگوریتم ژنتیک..... | ۱ |
| ۱-۱. مقدمه..... | ۲ |
| ۲-۱. سیگنال های الکتروکاردیوگرام (ECG)..... | ۲ |
| ۳-۱. شبکه های عصبی (NEURAL NETWORKS)..... | ۳ |
| ۱-۳-۱. شبکه های عصبی بلوکی (BbNN)..... | ۵ |
| ۲-۳-۱. استخراج ویژگی..... | ۸ |
| ۴-۱. الگوریتم ژنتیک (GENETIC ALGORITHM)..... | ۸ |
| ۵-۱. نتیجه گیری..... | ۸ |
| فصل دوم: مروری بر پیشینه کار..... | ۹ |
| ۱-۲. مقدمه..... | ۱۰ |
| ۲-۲. مروری بر پیشینه کار..... | ۱۰ |
| فصل سوم: ارائه یک الگوریتم تکاملی جدید مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای تعلیم شبکه عصبی BBNN..... | ۱۴ |
| ۱-۳. مقدمه..... | ۱۵ |
| ۲-۳. بهینه سازی تکاملی شبکه عصبی بلوکی (BBNN EVOLUTIONARY OPTIMIZATION)..... | ۱۵ |
| ۱-۲-۳. مقدار دهی اولیه (initialization)..... | ۱۶ |
| ۲-۲-۳. انتخاب (selection)..... | ۱۸ |
| ۳-۲-۳. عمل ژنتیک (Genetic Operation)..... | ۱۹ |
| ۴-۲-۳. محاسبه شایستگی (fitness estimation)..... | ۲۹ |
| ۵-۲-۳. جانشینی (replacement)..... | ۳۰ |
| ۳-۳. تست الگوریتم پیشنهادی..... | ۳۰ |
| ۴-۳. بکارگیری الگوریتم پیشنهادی برای طبقه بندی سیگنال ECG..... | ۳۵ |
| ۵-۳. نتیجه گیری..... | ۳۸ |
| فصل چهارم: پیاده سازی سخت افزاری شبکه BBNN تعلیم یافته..... | ۳۹ |
| ۱-۴. مقدمه..... | ۴۰ |
| ۲-۴. طراحی مدار نمونه گیر(SAMPLE&HOLD)..... | ۴۰ |
| ۳-۴. طراحی مدار سیناپس..... | ۴۳ |
| ۴-۴. طراحی مدار تابع فعال سازی (ACTIVATION FUNCTION)..... | ۴۳ |
| ۵-۴. نتیجه گیری..... | ۴۴ |
| فصل پنجم: شبیه سازی و LAYOUT..... | ۴۵ |
| ۱-۵. مقدمه..... | ۴۶ |
| ۲-۵. شبیه سازی مدار نمونه گیر مرجع [۱]..... | ۴۶ |

| | | |
|---------|---|------|
| ۴۶..... | شبيه سازى مدار نمونه گير طراحي شده در اين پايان نامه..... | ۳-۵ |
| ۴۸..... | شبيه سازى مدار كاهنده ولتاژ..... | ۴-۵ |
| ۴۹..... | شبيه سازى مدار تبديل ولتاژ به جريان..... | ۵-۵ |
| ۴۹..... | شبيه سازى براى نمونه گيرى جريانى..... | ۶-۵ |
| ۵۰..... | شبيه سازى مدار سيناپس..... | ۷-۵ |
| ۵۱..... | شبيه سازى مدار تابع فعال سازى..... | ۸-۵ |
| ۵۲..... | شبيه سازى كل سيستم..... | ۹-۵ |
| ۵۳..... | مقايسه..... | ۱۰-۵ |
| ۵۴..... | LAYOUT مدار نمونه گير..... | ۱۱-۵ |
| ۵۴..... | LAYOUT مدار سيناپس..... | ۱۲-۵ |
| ۵۵..... | LAYOUT مدار تابع فعال سازى..... | ۱۳-۵ |
| ۵۶..... | LAYOUT كل سيستم..... | ۱۴-۵ |
| ۵۷..... | فصل ششم: جمع بندى، نتيجه گيرى و پيشنهادات..... | |
| ۵۹..... | فهرست منابع..... | |
| ۶۲..... | ABSTRACT | |

فهرست جداول

- جدول ۱-۳. مقادیر پارامترهای الگوریتم برای تعلیم مسئله سینوس..... ۳۳
- جدول ۲-۳. مقایسه الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم مرجع [۱۳]..... ۳۶
- جدول ۳-۳. دقت شبکه BBNN تعلیم یافته توسط الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم مرجع [۱۳] در طبقه بندی سیگنال های VEB و NON-VEB..... ۳۶
- جدول ۱-۵. مقایسه ۵۳
- جدول ۱-۶. نتایج حاصل از پایان نامه ارائه شده..... ۵۸

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱. نمودار ویژگی های ریخت شناسی دو سیگنال ST و VT ۳
- شکل ۲-۱. نمایش یک نرون N-ورودی ۴
- شکل ۳-۱. توابع فعال سازی متداول ۵
- شکل ۴-۱. ساختار شبکه M×N BBNN ۶
- شکل ۵-۱. چهار نوع پیکربندی داخلی ممکن برای بلوک های شبکه عصبی BBNN ۷
- شکل ۱-۲. شبکه BBNN تعلیم یافته مرجع [۱۱] ۱۰
- شکل ۲-۲. شبکه BBNN تعلیم یافته مرجع [۱۲] ۱۱
- شکل ۳-۲. مدل شبکه عصبی BP ۱۲
- شکل ۴-۲. ساختار سیستم مرجع [۱۶] ۱۲
- شکل ۱-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای جمعیت = ۱۰ ۱۶
- شکل ۲-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای جمعیت = ۵۰ ۱۷
- شکل ۳-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای جمعیت = ۲۰۰ ۱۷
- شکل ۴-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای سائز انتخاب = ۲ ۱۸
- شکل ۵-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای سائز انتخاب = ۵ ۱۹
- شکل ۶-۳. نمودار روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای سائز انتخاب = ۱۰ ۱۹
- شکل ۷-۳. مثالی از عمل CROSSOVER بروی دو BBNN 3×3 ۲۰
- شکل ۸-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی با اعمال UNIFORM CROSSOVER ۲۲
- شکل ۹-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی با اعمال RANDOM CROSSOVER ۲۲
- شکل ۱۰-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای CROSSOVER RATE=0.1 ۲۳
- شکل ۱۱-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای CROSSOVER RATE=0.5 ۲۳
- شکل ۱۲-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای CROSSOVER RATE=0.9 ۲۴
- شکل ۱۳-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای STRUCTURAL MUTATION RATE=0.1 ۲۵
- شکل ۱۴-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای STRUCTURAL MUTATION RATE=0.5 ۲۵
- شکل ۱۵-۳. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای STRUCTURAL MUTATION RATE=0.9 ۲۶

- شکل ۳-۱۶. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای $STRUCTURAL\ MUTATION\ RATE=1$ ۲۶
- شکل ۳-۱۷. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای $WEIGHT-BIAS\ MUTATION\ RATE=0.1$ ۲۷
- شکل ۳-۱۸. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای $WEIGHT-BIAS\ MUTATION\ RATE=0.5$ ۲۸
- شکل ۳-۱۹. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای $WEIGHT-BIAS\ MUTATION\ RATE=0.9$ ۲۸
- شکل ۳-۲۰. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای $WEIGHT-BIAS\ MUTATION\ RATE=1$ ۲۹
- شکل ۳-۲۱. شبکه خروجی مسئله XOR مرجع [۱۴] ۳۱
- شکل ۳-۲۲. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای مسئله XOR ۳۱
- شکل ۳-۲۳. شبکه BBNN تعلیم یافته حاصل از الگوریتم پیشنهادی برای مسئله XOR ۳۲
- شکل ۳-۲۴. شبکه BBNN تعلیم یافته برای مسئله سینوس ۳۳
- شکل ۳-۲۵. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای مسئله سینوس ۳۴
- شکل ۳-۲۶. نمودار مقایسه خروجی شبکه با تابع سینوس ۳۴
- شکل ۳-۲۷. شبکه BBNN تعلیم یافته مرجع [۱۳] برای طبقه بندی دو نوع سیگنال VEB و NON-VEB ۳۵
- شکل ۳-۲۸. شبکه BBNN تعلیم یافته توسط الگوریتم پیشنهادی برای طبقه بندی دو سیگنال VEB و NON-VEB ۳۶
- شکل ۳-۲۹. شبکه BBNN تعلیم یافته برای مسئله طبقه بندی سیگنال های ST و VT ۳۷
- شکل ۳-۳۰. روند تغییرات مقدار تابع شایستگی برای مسئله طبقه بندی سیگنال های ST و VT ۳۸
- شکل ۴-۱. بلوک دیاگرام کل سیستم ۴۰
- شکل ۴-۲. مدار نمونه گیر مرجع [۱] ۴۰
- شکل ۴-۳. مدار نمونه گیر طراحی شده در این پایان نامه ۴۱
- شکل ۴-۴. پالس های اعمالی به مدار نمونه گیر ۴۱
- شکل ۴-۵. مدار کاهنده ولتاژ ۴۲
- شکل ۴-۶. مدار تبدیل ولتاژ به جریان ۴۲
- شکل ۴-۷. مدار سیناپس ۴۳
- شکل ۴-۸. مدار تابع علامت (SIGN) ۴۴
- شکل ۵-۱. نتایج شبیه سازی مدار نمونه گیر مرجع [۱] ۴۶
- شکل ۵-۲. نتایج شبیه سازی مدار شکل ۳-۳ ۴۷
- شکل ۵-۳. اعمال سیگنال ST بعنوان ورودی به مدار نمونه گیر ۴۷

- شکل ۴-۵. اعمال سیگنال VT بعنوان ورودی به مدار نمونه گیر..... ۴۸
- شکل ۵-۵. نتایج شبیه سازی مدار کاهنده ولتاژ..... ۴۸
- شکل ۶-۵. نتایج شبیه سازی مدار تبدیل ولتاژ به جریان..... ۴۹
- شکل ۷-۵. نمونه های جریانی استخراج شده از سیگنال ST..... ۴۹
- شکل ۸-۵. نتایج شبیه سازی مدار سیناپس (برای حالت ۴ برابر شدن جریان ورودی)..... ۵۰
- شکل ۹-۵. نتایج شبیه سازی مدار سیناپس (برای حالت ۷ برابر شدن جریان ورودی)..... ۵۰
- شکل ۱۰-۵. نتایج شبیه سازی مدار سیناپس (برای حالت ۱۰ برابر شدن جریان ورودی)..... ۵۱
- شکل ۱۱-۵. نتایج شبیه سازی مدار تابع علامت (SIGN FUNCTION)..... ۵۱
- شکل ۱۲-۵. خروجی شبکه (IOUT) برای نمونه سیگنال VT بعنوان ورودی (VIN)..... ۵۲
- شکل ۱۳-۵. خروجی شبکه (IOUT) برای نمونه سیگنال ST بعنوان ورودی (VIN)..... ۵۲
- شکل ۱۴-۵. LAYOUT مدار نمونه گیر..... ۵۴
- شکل ۱۵-۵. LAYOUT مدار سیناپس..... ۵۴
- شکل ۱۶-۵. LAYOUT مدار تابع فعال سازی..... ۵۵
- شکل ۱۷-۵. LAYOUT کل سیستم..... ۵۶

مقدمه

امروزه نظارت پیوسته بر ضربان قلب راهی موثر برای جلوگیری از حملات ناگهانی قلب بشر می‌باشد. الکتروکاردیوگرام (ECG)، یکی از ابزارهای ساده و مهم در علم پزشکی می‌باشد که توسط آن به سرعت می‌توان با بکارگیری سیستم‌های طبقه‌بندی (Classification)، هرگونه بی‌نظمی (بیماری) قلبی را مشخص کرد. از آنجائیکه اکثر سیستم‌های طبقه‌بندی موجود، از پردازنده‌هایی نظیر FPGA برای پیاده‌سازی سخت‌افزاری استفاده می‌کنند که هم فضای زیادی اشغال کرده و هم توان مصرفی بالایی دارند، در این پایان‌نامه سعی شده است تا با طراحی مداراتی در تکنولوژی CMOS، سیستم نهایی طبقه‌بندی، توان کمتری مصرف نماید و همچنین مساحت کمتری را اشغال نماید.

سازماندهی پایان‌نامه

پایان‌نامه ارائه شده مشتمل بر ۶ فصل می‌باشد که

در فصل اول تعاریف و مفاهیم پایه بیان می‌شود.

در فصل دوم مروری بر کارهای گذشته صورت گرفته در مورد طبقه‌بندی سیگنال‌های ECG آورده


شده است.

در فصل سوم به ارائه الگوریتم جدید برای تعلیم شبکه پرداخته شده است.

در فصل چهارم پیاده‌سازی مداری شبکه عصبی تعلیم یافته صورت گرفته است.

در فصل پنجم شبیه‌سازی و LAYOUT مدارها آورده شده است.

در فصل ششم نتیجه‌گیری برای کارهای انجام شده صورت گرفته است.

The page features a minimalist design with two blue circles of varying sizes and two thin blue lines. One circle is positioned in the upper right quadrant, and a larger one is in the lower right quadrant. Two lines originate from the top left and bottom right corners, meeting at the center of the page to form a large 'V' shape that frames the text.

**فصل اول : سیگنال های ECG،
شبکه های عصبی BbNN و
الگوریتم ژنتیک**

۱-۱. مقدمه

امروزه نظارت پیوسته بر ضربان قلب راهی موثر برای جلوگیری از حملات ناگهانی قلب بشر می باشد. الکتروکاردیوگرام (ECG^۱)، یکی از تکنیک های مفید در راستای نظارت بر قلب افراد را فراهم می کند که از طریق آنالیز ویژگی های استخراج شده از سیگنال های ECG می توان به انواع نارسایی های قلبی پی برد. یکی از مسائل متداول در این زمینه، سیستم هایی برای طبقه بندی (Classification) این سیگنال ها می باشد. که در این پایان نامه از شبکه عصبی برای این منظور استفاده شده است. در این فصل مفاهیم پایه در مورد سیگنال های ECG و شبکه های عصبی و شبکه عصبی BbNN^۲ و استخراج ویژگی از سیگنال و الگوریتم ژنتیک آورده شده است.

۲-۱. سیگنال های الکتروکاردیوگرام (ECG)

از سیگنال های الکتروکاردیوگرام (ECG) برای ارزیابی فعالیت های قلبی بشر در علم پزشکی استفاده می شود. پیشرفت تجهیزات پزشکی کمک فراوانی برای پیشگیری از بیماری های قلبی کرده است. امروزه کاشت ها (implant) توسط شبیه سازی الکتریکی بر ضربان قلب نظارت می کنند. واضح است که این implant ها بدلیل قرارگیری در بدن باید قابل اطمینان بوده و کوچک باشند. همچنین بدلیل عدم دسترسی به آنها، تا آنجا که ممکن است باید توان مصرفشان پایین باشد.

شبکه های عصبی آنالوگ VLSI بدلیل توان مصرفی پایین و سایز کوچکشان گزینه مناسبی برای این کار می باشند و یکی از کاربردهایشان در (ICD^۳) می باشد.

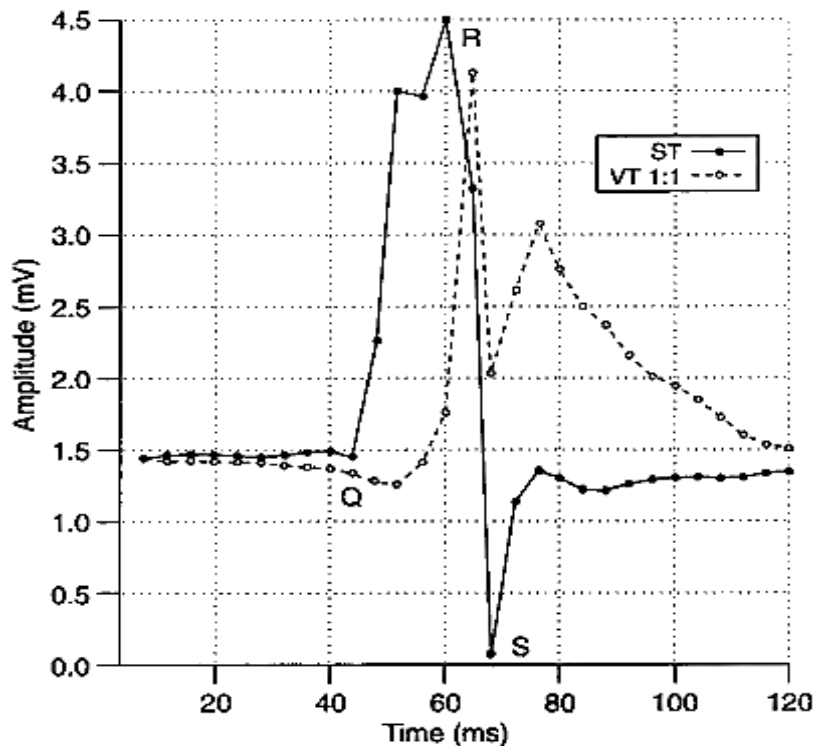
در اکثر ICDها تنها از اطلاعات زمانی (Timing information) برای دسته بندی (classification) سیگنال های قلبی استفاده شده است و این بدان معنی است که آنها نمی توانند بعضی سیگنال های قلبی خطرناک را از سیگنال های نرمال تشخیص دهند. برای نمونه می توان به تشخیص دو سیگنال (Sinus Tachycardia) یا ST و (Ventricular Tachycardia) یا VT اشاره کرد، که ST یک آریتمیا (Arrhythmia) نرمال می باشد که در اثر تحرک شدید رخ می دهد که ضربان قلب در این حالت 120 ضربه در هر دقیقه می باشد و در حالیکه VT نیز با همین ضربان در دقیقه، نشان دهنده آریتمیا قلبی کشنده می باشد [۱] و [۲].

شکل ۱-۱ تفاوت های ریخت شناسی (morphology) این دو سیگنال را نشان می دهد:

¹ Electrocardiogram

² Block-based Neural Network

³ Implantable Cardioverter Defibrillators



شکل ۱-۱. نمودار ویژگی های ریخت شناسی دو سیگنال ST و VT

برای سال های متمادی، محققان بر روی طرح های تطبیق الگو برای تشخیص این تفاوت های ریخت-شناسی (Morphology Changes) مطالعه کرده اند، تکنیک هایی از قبیل آنالیز شکل موج (Waveform Analysis) [۲]، تکنیک های موفق بوده اند اما بدلیل نیاز به محاسبات پیچیده و سنگین پیاده سازی شان نیاز به توان مصرفی بالا داشته که برای این کار مناسب نمی باشند.

یک شبکه عصبی VLSI آنالوگ می تواند یک چنین تغییرات ریخت شناسی را به خوبی تشخیص دهد و نیاز به توان مصرفی پایین و مساحت اشغالی کمی نیز داشته باشد.

ویژگی های زیادی را می توان از سیگنال های ECG استخراج کرد که ویژگی های ریخت شناسی (morphological) [۳]، فواصل زمانی [۴]، فرکانسی [۵] و ضرائب تبدیل [۶] از جمله آنها می باشند.

تکنیک های مختلفی نیز برای طبقه بندی (classification) سیگنال های ECG از قبیل: آنالیز تفکیک کننده خطی [۳]، استفاده از ماشین های برداری [۷] و شبکه های عصبی مصنوعی [۸] بکار گرفته شده است. که در این پایان نامه از شبکه های عصبی برای دسته بندی این سیگنال ها استفاده شده است.

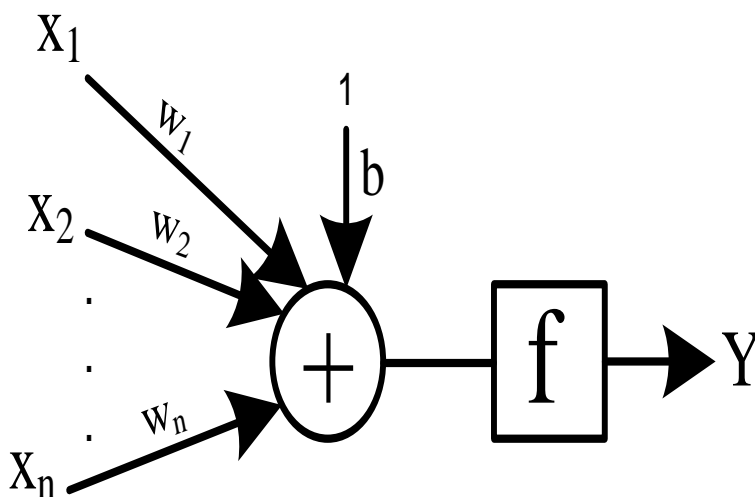
۳-۱. شبکه های عصبی (Neural Networks)

از لحاظ تاریخی، شبکه های عصبی بدلیل گرایش بشر برای تولید سیستم هایی که قادر به اجرای توابع پیچیده همانند مغز بشر باشند، به وجود آمدند [۹]. یک شبکه عصبی (NN) و یا یک شبکه عصبی مصنوعی

(ANN¹) مجموعه‌ای از گره‌ها یا عناصر پردازشی می‌باشند که توسط لینک‌هایی با وزن‌های عددی، مشخص می‌شوند. هر گره، عملیاتی را بر روی اطلاعات ورودی‌اش اجرا می‌کند و کل این گره‌ها با هم یک مسئله پیچیده را حل می‌کنند. بطور معمول، شبکه‌های عصبی توسط نمونه مثال‌ها، یعنی بصورت تجربی تعلیم می‌یابند و وزن‌ها و ساختارشان را تنظیم می‌کنند. با اطمینان می‌توان گفت که NN ها امروزه در حال تقلید توابع مغز بشر می‌باشند که هنوز برای کاربردهای گوناگونی که نیاز به داده های تعلیمی دارند و مسائلی که هیچ راه حل الگوریتمی ندارند، مفید می‌باشند. بعنوان نمونه ای از کاربرد های NN ها می توان به طبقه‌بندی الگو، تشخیص الگو، پردازش اطلاعات، کنترل اتوماتیک و ... اشاره کرد.

شبکه‌های عصبی توسط اتصال گره‌های پردازشی که نرون نامیده می‌شوند، ساخته می‌شوند.

یک نرون بطور معمول یک عنصر پردازشی n ورودی، یک خروجی می‌باشد که می‌توان آنرا مدل ساده-ای از نرون زیستی تصور کرد. شکل ۱-۲ یک نرون n-ورودی را نشان می‌دهد. در این شکل X_1 تا X_n ورودی، W_1 تا W_n وزن‌های متناظر هر ورودی، b مقدار آستانه یا بایاس، f تابع فعال سازی و Y خروجی نرون می‌باشد که خروجی نرون را می‌توان بصورت ریاضی مطابق رابطه ۱-۱ محاسبه کرد.

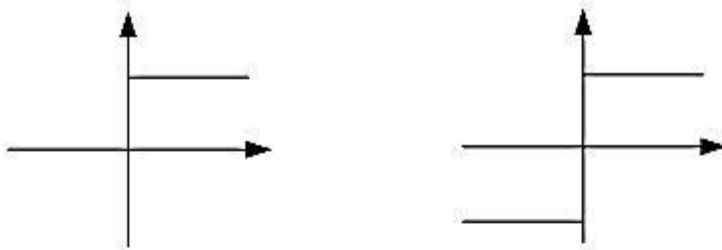


شکل ۱-۲. نمایش یک نرون n-ورودی

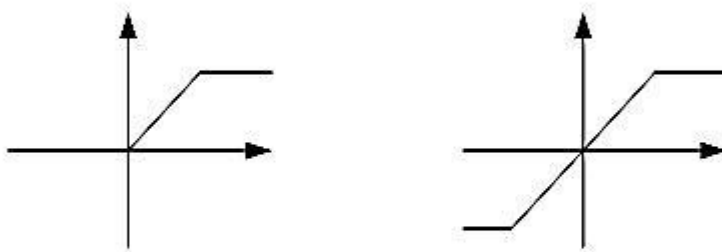
$$Y = f(X_1 W_1 + X_2 W_2 + \dots + X_n W_n + b) \quad (1-1)$$

¹ Artificial Neural Network

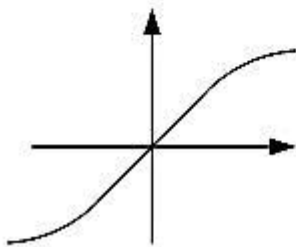
شکل ۱-۳ تعدادی از توابع فعال سازی مهم را نشان می دهد که شامل توابع فعال سازی اشباع دوقطبی و تک قطبی (۱-۳. الف) و اشباع خطی دوقطبی و تک قطبی (۱-۳. ب) و تابع سیگموئید (۱-۳. پ) می باشند.



(الف)



(ب)



(پ)

شکل ۱-۳. توابع فعال سازی متداول

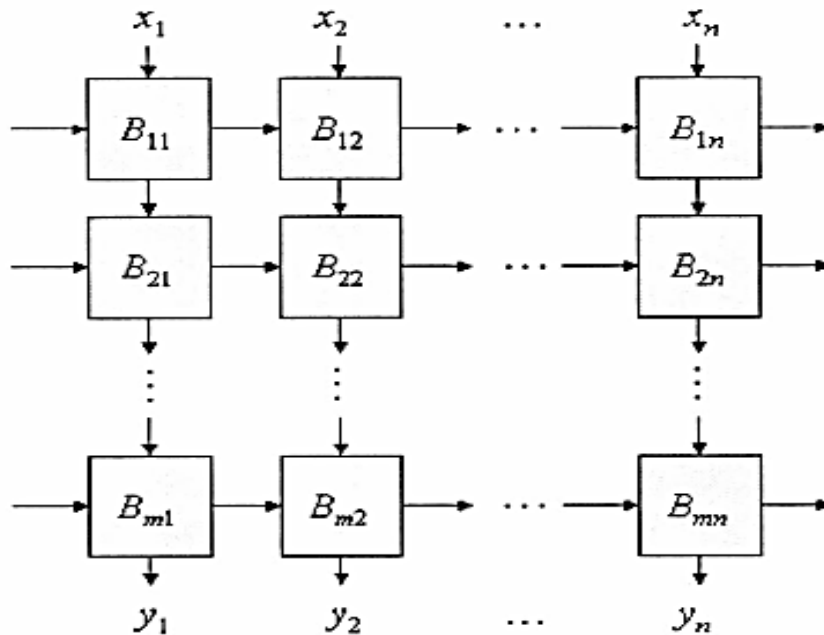
(الف) اشباع دوقطبی و تک قطبی و تک قطبی (ب) اشباع خطی دوقطبی و تک قطبی (پ) تابع سیگموئید

۱-۳-۱. شبکه های عصبی بلوکی (BbNN)

یک شبکه عصبی بلوکی (Block-based Neural Network) شامل آرایه های دو بعدی (2D) از بلوک-های شبکه عصبی پایه می باشد [۱۰]. هر بلوک در واقع یک عنصر پردازشی پایه می باشد که یک شبکه عصبی پیشخور (feed forward) را ایجاد می کند. هریک از این بلوکها دارای چهار گره ورودی / خروجی

می باشد و این بلوک ها می توانند توسط سیگنال فلوها به چهار بلوک همسایگی شان اتصال یابند. سیگنال فلوها ساختار کلی شبکه و ساختار داخلی بلوک ها را مشخص می کنند [۱۱].

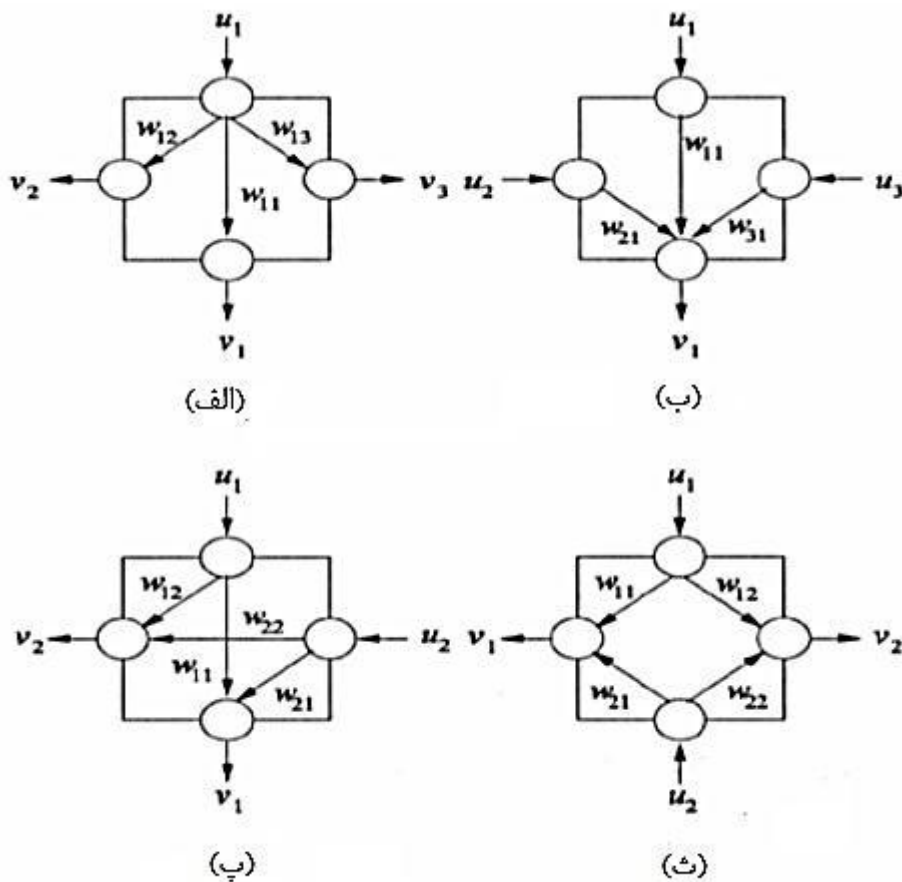
شکل ۴-۱ ساختار یک BbNN $m \times n$ را نشان می دهد که دارای m ردیف و n ستون می باشد و بلوک ها توسط B_{ij} نشان داده شده اند. در ردیف اول، بلوک های $B_{11}, B_{12}, \dots, B_{1n}$ طبقه ورودی را تشکیل می دهند و در ردیف آخر بلوک های $B_{m1}, B_{m2}, \dots, B_{mn}$ طبقه خروجی را تشکیل می دهند.



شکل ۴-۱. ساختار شبکه $m \times n$ BbNN

BbNN هایی که n ستون دارند قادرند حداکثر n ورودی و n خروجی داشته باشند [۱۱]. پیکربندی داخلی بلوک ها توسط گره های ورودی و خروجی مشخص می شود. یک گره می تواند متناظر با پیکربندی داخلی ای که توسط سیگنال فلو تعیین می شود ورودی یا خروجی باشد. پیکان وارد شونده به یک بلوک، گره را ورودی و پیکان خارج شونده از بلوک، گره را بصورت خروجی درمی آورد. یک بلوک می تواند توسط یکی از چهار نوع مختلف پیکربندی داخلی نشان داده شود. شکل ۱-۵. الف)، بلوک یک ورودی - سه خروجی (۱:۳) و شکل ۱-۵. ب)، بلوک سه ورودی - یک خروجی (۳:۱) و شکل های ۱-۵. پ) و ۱-۵. ث) دو نوع مختلف بلوک دو ورودی - دو خروجی (۲:۲) را نشان می دهند. واضح است که مواردی از قبیل اینکه همه گره ها ورودی باشند (۴:۰) یا اینکه همه گره ها خروجی باشند (۰:۴) غیر مجاز می باشند.

چهار گره داخل بلوک توسط وزن ها به هم متصل می شوند. سیگنال u_j ورودی و سیگنال v_k خروجی را مشخص می کند. وزن w_{jk} نشان دهنده اتصال بین گره j -ام ورودی یعنی u_j و گره k -ام یعنی v_k می باشد.



شکل ۱-۵. چهار نوع پیکربندی داخلی ممکن برای بلوک های شبکه عصبی BbNN

(الف) یک ورودی-سه خروجی (ب) سه ورودی-یک خروجی (پ) و (ث) دو نوع مختلف دو ورودی-دو خروجی

یک بلوک با احتساب بایاس ها می تواند حداکثر شش وزن ارتباطی داشته باشد یعنی برای حالت دو ورودی - دو خروجی (۲:۲) ، چهار وزن و دو بایاس و برای حالت یک ورودی - سه خروجی (۱:۳) ، سه وزن و سه بایاس و برای حالت سه ورودی - یک خروجی (۳:۱) ، سه وزن و یک بایاس وجود دارد. هر گره خروجی با بکارگیری یک تابع فعال سازی $g()$ ، خروجی v_k را تولید می کند. طبق فرمول زیر:

$$v_k = g (w_{0k} + \sum_{j=1}^J w_{jk} u_j), \quad k = 1, 2, \dots, k \quad (۲-۱)$$

که در رابطه بالا J و K به ترتیب تعداد گره های ورودی و خروجی بلوک می باشند یعنی برای بلوک پایه نوع (۳/۱) ، $J=1$ و $K=3$ و برای بلوک پایه نوع (۱/۳) ، $J=3$ و $K=1$ و برای بلوک پایه نوع (۲/۲) ، $J=2$ و $K=2$ می باشد. w_{0k} همان بایاس می باشد (یا وزن متناظر با ورودی ثابت $u_0 = 1$).