دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در مهندسی برق گرایش مخابرات

عنوان:

بهبود روش‌های جداسازی سیگنال الکتروکاردیوگرام جنین از مادر مبتنی بر روش آنالیز اجزا مستقل

تهیه کننده:

نفیسه کریمی

اساتید راهنما

دکتر رسول امیرفتاحی

دکتر بهزاد نظری

زمستان ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق-مخابرات

تحت عنوان

بهبود روش‌های جداسازی سیگنال الکتروکاردیوگرام جنین از مادر مبتنی بر روش آنالیز اجزا مستقل

در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۳ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتررسول امیرفتاحی
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر بهزاد نظری
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر محمدرضا یزدچی
۳- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر صفورا روح الامین
۴- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکترمسعود عمومی

تشکرو قدردانی

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

و با سپاس از سه وجود مقدس:

پدران

مادران

اساتید

از زحمات اساتید ارجمند جناب آقای دکتر امیر فتاحی و آقای دکتر نظری که به عنوان اساتید راهنما در تمامی مراحل تحقیق با دقت نظر خود مرا بهره مند ساختند و همچنین از جناب آقای دکتر یزدچی و خانم دکتر روح‌الامین که با مشاوره و پیشنهادات ارزنده خود مرا همراهی نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

و تقدیم به همسر عزیزم

که همواره موجب دلگرمی و فراغ خاطر من بوده است

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

۱-فصل اول : مقدمه

۱-۱ مقدمه ۴

۱-۲ تاریخچه ۵

۱-۳ مروری بر روش‌های غیر تهاجمی استخراج فعالیت الکتریکی قلب جنین ۶

۱-۳-۱ روش های جداسازی خطی ۷

۱-۳-۱ روش های جداسازی غیرخطی ۹

1-3-2 فیلترهای وفقی ۱۰

۱-۴ هدف پروژه ۱۱

۱-۵ جمع بندی ۱۱

۲-فصل دوم: روش های پایش فعالیت الکتریکی قلب جنین

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ مراحل رشد جنین ۱۲

۲-۲-۱ لایه های اطراف جنین ۱۳

۲-۲-۲ وضعیت جنین ۱۴

۲-۳ فعالیت الکتریکی قلب جنین ۱۵

۲-۳-۱ انتقال پتانسیل عمل در قلب ۱۵

۲-۳-۲ سیگنال الکتروکاردیوگرام ۱۶

۲-۴ روش های پایش جنین ۱۷

۲-۴-۱ روش های پایش قلب جنین به صورت غیرتهاجمی ۱۸

۲-۵ نویزهای سیگنال FECG ۲۱

۲-۶ جمع بندی ۲۲

۳-فصل سوم: تکنیک های پردازشی مورد استفاده در جداسازی فعالیت الکتریکی قلب جنین از مادر

۳-۱ مقدمه ۲۳

۳-۲ آنالیز اجزا مستقل ۲۴

۳-۳ مدل ریاضی ۲۴

۳-۴ مفهوم ICA ۲۷

۳-۵ پیش پردازش های ICA ۲۹

۳-۵-۱ صفر کردن میانگین ۲۹

۳-۵-۲ سیفدسازی ۲۹

۳-۶ روش های جداسازی ترکیب خطی ۳۰
۳-۶-۱ مینیمم کردن خاصیت گوسی ۳۰
۳-۶-۲ مینیمم کردن اطلاعات متقابل ۳۳
۳-۶-۳ تخمین بیشترین همانندی ۳۴
۳-۷ تحلیل مولفه های مستقل مبتنی بر شبکه عصبی ۳۵
۳-۷-۱ سفید سازی ۳۷
۳-۷-۲ جداسازی: ۳۸
۳-۷-۳ تخمین ماتریس ترکیب ۴۲
۳-۸ تبدیل موجک ۴۲
۳-۸-۱ آنالیز چنددقتی و تابع مقیاس ۴۳
۳-۹ جمع بندی ۴۶
۴-فصل چهارم: روش پیشنهادی برای جداسازی سیگنال جنین از مادر
۴-۱ مقدمه ۴۷
۴-۲ داده ۴۷
۴-۲-۱ پایگاه داده های موجود ۴۸
۴-۲-۲ داده های شبیه سازی شده ۴۹
۴-۲-۳ داده طبیعی ۵۳
۴-۳ روش های کمی مقایسه ۵۵
۴-۴ پیش پردازش ۵۷
۴-۵ جداسازی ۶۲
۴-۶ جداسازی با استفاده از ICA ۶۲
۴-۶-۱ نویززدایی توسط ICA ۶۵
۴-۶-۲ تولید داده مصنوعی ۶۷
۴-۷ مقایسه با روش‌های دیگر ۷۷
۴-۸ جداسازی برخط ۸۴
۴-۹ جمع بندی ۹۲
۵-فصل پنجم:نتیجه گیری و پیشنهادات
۵-۱ مقدمه ۹۴
۵-۲ جمع بندی و نتیجه گیری ۹۴
۵-۳ پیشنهادات ۹۵

پیوست ۹۷

مراجع ۹۹

چکیده

نارسایی های قلبی از رایج ترین آسیب هایی است که باعث مرگ نوزدان می‌شود. پایش قلب جنین می‌تواند با تشخیص زودرس این آسیب ها از برخی مرگ ومیرها و یا نقصان هایی که ممکن است در اثر تشخیص دیرهنگام بیماری ایجاد شود، جلوگیری کند. در حال حاضر روش های مختلفی برای پایش قلب جنین وجود دارد ولی این روش‌ها در تشخیص بسیاری از بیماری ها ضعیف عمل می‌کنند و یا به دلیل خطراتی که در استفاده از آنها وجود دارد به کار گرفته نمی‌شوند. در این میان دستیابی به سیگنال الکتروکاردیوگرام جنین که حاوی فعالیت الکتریکی قلب جنین است از اهمیت زیادی برخوردار است. البته این سیگنال به نویزها و اغتشاشات زیادی آلوده است که مهم ترینشان سیگنال الکتروکاردیوگرام مادر است. وجود نویزهای دیگری نظیر فعالیت های عضلانی، تنفس مادر و .... دستیابی به این سیگنال را با مشکلاتی مواجه ساخته است. در این پایان نامه روش جدید و کارآمدی برای دستیابی به سیگنال قلب جنین ارائه شده است. هدف این روش ابتدا دستیابی به نرخ ضربان قلب جنین است و در مرحله دوم دستیابی به اطلاعاتی در زمینه مورفولوژی سیگنال قلب جنبن مورد توجه است. در این روش با نویززدایی سیگنال قلب به روش‌های مختلف و انتخاب بهترین روش نویززدایی سعی می‌شود حتی الامکان میزان نویز و آرتیفکت را در سیگنال ضبط شده به کمترین میزان برسانیم و در مرحله بعد با ارائه روشی در جداسازی، سیگنال جنین را با کیفیت مناسبی استخراج کنیم. در این روش امکان بهبود روش‌های دیگر مبتنی بر روش آنالیز اجزا مستقل را هم فراهم می‌آوریم. امکان جداسازی با کاهش تعداد الکترودها از مزایای دیگر این روش است. از رویکردهای دیگر در این پایان‌نامه جداسازی سیگنال جنین به صورت برخط است. درصد حساسیت و نرخ تشخیص صحیح برای جداسازی برون خط به روش پیشنهادی به ترتیب برابر ۹۸.۲ و ۹۸.۶ درصد و برای جداسازی برخط برابر ۹۸ و ۹۷.۳۳ درصد به دست آمده است.

فصل اول
مقدمه

۱-۱مقدمه

نارسایی های قلبی از رایج ترین آسیب های هنگام تولد نوزادان است که با عث مرگ آن ها می‌شود. سالانه ۱۲۵ نوزاد با نقص های قلبی مادرزادی متولد می‌شوند[۱]. حتی بعضی از این بیماری ها در ابتدا تشخیص داده نشده و باعث بسیاری از مرده زایی ها و یا آسیب‌های قلبی در دوران نوجوانی و جوانی می گردد.

در حال حاضر از متداول ترین روش های موجود برای پایش قلب جنین سیستم های اولتراسوند[۱] می‌باشد که تنها قابلیت نشان دادن ضربان قلب جنین و برخی از بیماری های قلبی را دارند[۲]. سیگنال ECG [۲] (الکترکاردیوگرام) که نشان دهنده ی فعالیت الکتریکی قلب است به علت رابطه ای که بین نحوه انقباض عضله قلبی، آریتمی های قلبی و سیستم عصبی قلب وجود دارد، حاوی اطلاعات زیادی خواهد بود. به همین علت پایش سیگنال الکتروکاردیوگرام قلب بسیار مفید بوده و به لحاظ کلینیکی می‌تواند جایگزین و یا مکملی برای سیستمهای اولتراسوند فعلی باشد.

چنانچه اطلاعاتی که از FECG [۳] بدست می آیند در کنار مشاهدات کلینیکی قرار گیرند، می‌توان اطلاعاتی در مورد آسیب شناختی هنگام بارداری یا زمان وضع حمل مانند کمبود اکسیژن درون رحمی، پیچش بند ناف و غیره

---

[1] Ultrasound
[2] electrocardiogram
[3] Fetal ECG

بدست آورد. در این صورت با اتخاذ اقدامات پیشگیرانه می‌توان از بیماری های نوزادان و یا مرگ و میر آنها جلوگیری نمود و در این صورت تأثیر معالجه بیشتر خواهد بود.

برای ضبط سیگنال ECG از دو روش تهاجمی و غیر تهاجمی استفاده می‌شود. در روش تهاجمی از الکترود هایی که با جمجمه جنین در تماس است استفاده می‌شود که روش خطرناک و منحصر به زمان زایمان است.در روش غیر تهاجمی از الکترود هایی که روی بدن مادر قرار می گیرد استفاده می‌شود. ولی اشکال عمده ی این روش در توان کم FECG است که به اغتشاشاتی نظیر ECG مادرانه، EMG [1]، نویز های حرکتی، فعالیت عضلانی، نویز الکتریکی و نویز ۵۰هرتز خطوط آلوده شده است.

در ادامه نحوه ثبت سیگنال FECG از گذشته تا کنون را بیان می کنیم. سپس به مروری بر مطالعات انجام شده برای دستیابی به FECG می‌پردازیم. قابل توجه است که این تحقیقات اکثرا برای دستیابی به نرخ ضربان قلب انجام گرفته وهدف دستیابی به موج های ECG تنها در تعداد اندکی از مطالعات مورد بررسی واقع شده است. هدف از انجام پروژه و بررسی اجمالی روند کار در قسمت آخر توضیح داده می‌شود.

۱-۲ تاریخچه

سیگنال الکتروکاردیوگرام جنین، اولین بار توسط M.cramer در سال ۱۹۰۶ اندازه گیری شد[۳]. با توجه به دامنه کوچک سیگنال الکتروکاردیوگرام جنین، گالوانومترهایی که برای ضبط FECG مورد استفاده قرار می‌گرفتند نمی توانستند ECG جنین را با دقت خوبی در اختیار پزشکان قرار دهند. بدیهی است با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از تقویت کننده ها، دانشمندان بیش از پیش به چنین ابزاری توجه نشان می دادند. با این وجود به علت تداخل سیگنال قلب مادر در سیگنال قلب جنین، مشکلات زیادی در دستیابی به FECG وجود داشت. در این هنگام استفاده از الکترودهای داخل رحمی تا حدودی توان کم FECG را بهبود داد، ولی این الکترودها بین دیواره رحم و پرده جنین قرار می گرفت که این امر ممکن بود باعث پارگی پرده جنین شود[٤]. بنابراین استفاده از این روش چندان رواج نیافت. هان [2] در همان سال الکترودهایی را معرفی کرد که مستقیما ECG را از جنین ضبط می کردند. این الکترودها در گردنه رحم قرار می گرفتند و پس از پارگی پرده جنین بر روی قسمتی از جنین (جمجمه جنین) نصب می شدند[۵]، ولی این روش منحصرا مختص به زمان زایمان بود هم اکنون نیز برای پایش مستقیم جنین از همین الکترودها استفاده می‌شود. این کار توسط دستگاهی با نام STAN [3] انجام می پذیرد.

---

[1] electromyogram
[2] Han
[3] ST Segment Analysis

استفاده از الکترودهایی که فقط در حین زایمان بر روی جمجمه جنین قرار می گیرند، عدم اطلاع از کل فعالیت قلب به علت تصویر تک بعدی STAN و حرکت جنین که محاسبات دستگاه را مخدوش می کند از عوامل ضعف STAN است. با پیشرفت روش‌های پردازش سیگنال، محققان بر آن شدند تا بدون نیاز به استفاده از الکترودهای داخل رحمی و تنها با استفاده از الکترودهایی که روی پوست مادر نصب می شدند به FECG دست پیدا کنند. به این ترتیب مشکل انحصاری بودن روش های قبلی به زمان زایمان، تهاجمی و تک الکترودی بودن آن ها را برطرف کرده و امکان پایش‌های طولانی مدت را نیز مهیا کنند. در قسمت بعد به مروری بر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌پردازیم.

۱-۳ مروری بر روش‌های غیر تهاجمی استخراج فعالیت الکتریکی قلب جنین

برای دستیابی به FECG در کل می توان به دو رویکرد اشاره کرد:

۱) درنظر گرفتن ECG مادر به عنوان نویز و نویز زدایی سیگنال ECG ضبط شده از پوست مادر.

۲) جداسازی FECG و ECG مادر بطور مستقیم از یکدیگر.

درهریک از دو روش نویز همراه با FECG باقی می ماند که باید توسط پس فیلترها حذف شود تا FECG مطلوبی بدست بیاید.

روش های پردازشی با دو هدف بر روی سیگنال AECG[1] اعمال می شوند. اول برای دستیابی به FHR [2] و دوم دستیابی به مورفولوژی سیگنال FECG. با توجه به اینکه FECG می تواند روش تشخیص موثری برای بررسی وضعیت کلی جنین در زمان زایمان باشد علیرغم تاثیر جزئی ای که FECG برروی AECG دارد، استفاده از روش‌های متعدد برای دستیابی به FHR و FECG قابل توجیه خواهد بود.

علاوه بر آشکارسازی FECG، استخراج FECG برای پزشکان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بررسی وضعیت جنین، تشخیص نارسایی ها، مرده یا زنده بودن جنین، اطمینان از سلامت جنین و ... مواردی هستند که از نظر بالینی برای پزشکان اهمیت دارد. در کل می توان سه شاخصه برای FECG درنظر گرفت.

۱) FHR

۲) دامنه موج های مختلف

۳) طول زمان موج های مختلف

روش هایی که برای دستیابی به FECG استفاده شده است را می توان به موارد زیر تقسیم بندی کرد:

---

[1] Abdominal ECG
[2] Fetal Heart rate

۱) روش های خطی ۲) روش های غیرخطی ۳) روش های وفقی

۱-۳-۱ روش های جداسازی خطی

در روش های خطی، سیگنال توسط توابعی که مرتبط به حوزه فرکانس، زمان و دیگر ویژگی های سیگنال است به اجزایی تقسیم می شود. در این میان می توان به روش هایی نظیر تبدیل موجک[1]، ICA، Bss و ... اشاره نمود. در ادامه به توضیحاتی درباره این روش‌ها می پردازیم.

۱) تبدیل موجک

در سال ۱۹۹٦، J.c. Echeverria و همکارانش روشی را مبتنی بر تبدیل موجک و انطباق الگو(WA-PM) ارائه دادند. روش از دومرحله تشکیل می شد. ابتدا با استفاده از تبدیل موجک نویزهای فرکانس بالا و پایین از بین می‌رود و در مرحله دوم با استفاده از انطباق الگو، QRS مادر شناسایی و از سیگنال کم می شود. سپس با روش‌های ساده ای QRS جنین آشکارسازی می شود[٦].

در همان سال، Papadimitriou و همکارانش، سعی کردند نویز سیگنال FHR را توسط تبدیل موجک از بین ببرند. در واقع آنها سعی کردند سیگنال را بدون حذف اطلاعات فرکانس بالایش، نویززدایی کنند. آن‌ها سیگنال را در حوزه تبدیل موجک نویززدایی کرده و سپس آن را به حوزه اصلی برگردانند[۷].

در سال ۲۰۰۲، F. Mochimaru و Y. Fujimoto از MRA[2] برای حذف نوسانات و نویز استفاده کردند. آن‌ها سیگنال را توسط Doubchies 20 تا ۱۲ سطح تجزیه کردند و سپس هر سطح را با استفاده از آستانه گذاری های نرم و سخت و با استفاده از وزن دهی انحراف معیار نویز زدایی کردند[۸]. در سال ۲۰۰٤، Karvounis و همکارانش برای تشخیص QRS جنین از CCWT و تئوری ماژول های ماکسیما استفاده کردند[۹].

از مزایای تبدیل موجک، امکان پیاده سازی آن توسط فیلتر بانک ها است و اینکه می توان تنها با داشتن یک الکترود و استفاده از این تبدیل به FECG دست یافت. ولی استفاده از روش هایی که سیگنال را در حوزه فرکانس و زمان بررسی می کنند می‌تواند باعث حذف پیک های QRS جنین، زمانی که در QRS مادر نهفته است شود؛ که در اینصورت باید در مرحله ای این پیک ها را آشکار کرد. مانند کاری که karvonis در سال ۲۰۰۷ انجام داده است. او در یک مرحله QRS مادر را توسط تبدیل ویگنرویل حذف کرده، سپس پیک های جنین را توسط تبدیل موجک پیوسته تعیین و در مرحله سوم سعی کرده پیک های R جنین که در MQRS مادر قرار داشته اند را آشکارسازی کند. او در این مقاله به نتایج خوبی دست پیدا کرده و توانسته با دقت خوبی نرخ ضربان قلب جنین را به دست آورد[۱۰].

---

[1] Wavlete Transform
[2] multiresolution analysis

از دیگر روش‌های جداسازی خطی که بسیار استفاده شده است، ICAو BSS است.

۲)جداسازی کور منابع[1]

در سال ۲۰۰۰، Lieven De Lathauwer و همکارانش، برای جداسازی سیگنال ECG جنین از مادر روشی را پیشنهاد دادند که با استفاده از ICA و چند الکترود می‌توانستند به سیگنال FECG دست پیدا کنند[۱۱].

در سال ۲۰۰۳، D.E. Marossero وهمکارانش الگوریتمی را ابداع کردند که بر مبنای کمینه کردن اطلاعات متقابل Renyi's طراحی شده بود. این الگوریتم که از خانواده ICA است و به نام Mermaid شناخته می شود[۱۲]. Ping Gao و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۳ روشی را ارائه دادند که بر مبنای ترکیب روش های SVD و ICA کار می‌کرد[۱۳]. در همان زمان Vigneron نیز روشی را براساس ترکیب ICA و تبدیل موجک ارائه داده که ابتدا سیگنال توسط ICA جداسازی و سپس توسط تبدیل موجک پردازش می شود[۱٤].

در سال ۲۰۰۷، Michiyoshi Sato، الگوریتمی را ارائه داده که در آن علاوه بر نویززدایی توسط تصویرسازی سیگنال‌ها، از BSS همراه با مرجع استفاده شده است. او سیگنال مرجع را سیگنال بدست آمده از امواج آلتراسوند داپلر فرض کرده است. این مرجع منطبق با ضربان قلب جنین می‌باشد.در واقع او به جای معیار استقلال و یا تعامد، از معیار شباهت با مرجع برای رسیدن به FECG مطلوب استفاده کرده است. وی با استفاده از این روش توانسته به نتایج خوبی در دستیابی به FHR و تا حدودی مورفولوژی سیگنال FECG برسد[۱۵].

در سال ۲۰۰۸ رضا ثامنی الگوریتم πICA را برای جداسازی، بر اساس پریودیسیتی ارائه می دهد. او در این روش سیگنال ها را بر مبنای میزان شباهت پریودیستی آن‌ها با سیگنال مرجعی که از مادر به دست می آورد جدا می‌کند. این سیگنال مرجع می تواند متعلق به جنین نیز باشد[۱٦]. ثامنی در سال ۲۰۱۰ روشی برای تکمیل روش قبلی خود بیان می کند که در آن پس از تجزیه سیگنال توسط πICA وتعیین مولفه های[2] مربوط به مادر، قسمت های مربوط به مادر ازاین سیگنال ها را توسط فیلتر کالمن حذف می‌کند. سپس سیگنال های نویززدایی شده توسط فیلتر کالمن را با مابقی اجزا به دست آمده از روش πICA را به فضای اصلی بر می‌گرداند. او توسط این روش نتایج خوبی در دستیابی به FHR و تا حدودی مورفولوژی سیگنال FECG رسیده است[۱۷].

در سال ۲۰۱۰، Changli Li با ارائه الگوریتم ICAR، بر اساس شباهت با سیگنال مرجع سعی در جداسازی سیگنال جنین از مادر می‌کند[۱۸].

در اکثر این روش ها الگوریتم تاحدودی توانسته FHR را تشخیص دهد ولی دستیابی به مورفولوژی سیگنال FECG کار دشواری است که محققان علاوه بر بهبود دقت FHR، در تلاش اند به این هدف نائل شوند.

---

[1] Blind source sepration
[2] Components

۱-۳-۱ روش های جداسازی غیرخطی

نکته قابل توجه در مورد روش های خطی این است که این روش‌ها همواره نمی توانند سیگنال و نویز را از یکدیگر جدا کنند. بهترین راه حل برای اینگونه موارد استفاده از روش های غیرخطی است. از روش های غیرخطی که بسیار در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته است، روش های هوشمند می باشد.

در سال ۲۰۰۱، Camps از روش شبکه عصبی FIR، برای استخراج FECG استفاده کرده است. در واقع شمای کلی طرح همان adaptive filler است که سیگنال مطلوب، سیگنال قلب مادر و سیگنال مخدوش، AECG می‌باشد. در این روش برای بروزرسانی وزن ها، از یک شبکه به صورت شبکه عصبی چندلایه پرسپترون استفاده شده است؛ هریک از ورودی ها در این شبکه از یک FIR فیلتر عبور می کند[۱۹]. در سال ۲۰۰٤، Mamun [۲۰]و در سال ۲۰۱۰، Wenjuan از شبکه عصبی خطی وفقی[1] برای استخراج FECG استفاده کرده است[۲۱]. این روش نیز یک روش adaptive filter است که در آن بروزرسانی وزن ها توسط قوانین شبکه عصبی انجام می‌شود. Wenjuan از شبکه چندلایه نیز برای اینکار استفاده کرده که نسبت به شبکه های تک لایه نتایج بهتری را دربر داشته است.

در سال ۲۰۰۷، khaled از شبکه استنتاج فازی و شبکه عصبی برای استخراج FECG استفاده کرده است. Anfis ابزار قدرتمندی در تخمین تبدیل های غیرخطی می باشد. او از این ابزار برای نزدیک تر شدن هرچه بیشتر AECG به استفاده کرده که در اینصورت خطای الگوریتم همان FECG خواهد بود. اواین در مقاله نشان داده است که Anfis، از شبکه عصبی بهتر عمل می کند[۲۲].

از مزایای این روش ها این است که حتی به صورت تک کاناله قابل پیاده سازی هستند مانند روش های مبتنی بر تبدیل موجک و برخلاف روش های ICA، Bass و ... که در آن‌ها هرچه تعداد ورودی ها بیشتر باشند نتایج بهتری خواهیم داشت. البته پیچیدگی پیاده سازی روش های غیرخطی از عوامل ضعف آنها است.

همچنین از مزایای شبکه عصبی و نروفازی سرعت بالای آن‌ها و عدم نیاز به حضور انسان می باشد. این روش‌ها کاملا اتوماتیک هستند، در حالیکه روش های تبدیل موجک گاها برای افزایش دقت الگوریتم، نیاز به تایید و یا تشخیص انسان دارند. البته در روش های ICA و Bss نیز می توان تاثیر انسان را کاملا حذف نمود. روش های ICA، Bss شبکه عصبی و نروفازی به صورت برخط و زمان واقعی[2] قابل پیاده سازی می باشند. از دیگر مزایای ICA، Bss این است که به هیچگونه اطلاعاتی در مورد منابع تولید کننده سیگنال ها نیاز ندارند و به علت اینکه در

---

[1] adaptive Linear Neural Network
[2] real time

این پروژه، نویزو FECG در تمام زمینه های پردازش سیگنال تداخل دارند استفاده از این دست روش ها مناسب تر خواهد بود.

۱-۳-۲ فیلترهای وفقی

فیلترهای وفقی از اولین روش هایی است که برای استخراج FECG بکار گرفته شده است. در این میان می توان به Widrow اشاره نمود[۲۳]. او در سال ۱۹۷۵ برای استخراج سیگنال روش adaptive noise Cancelling را ارائه داده است. برای این کار وی از پنج الکترود که چهارتای آن روی قفسه سینه و یک الکترود که بر روی شکم مادر قرار داشت، استفاده کرد.

Kam و cohn در سال ۱۹۹۹ دو روش برای آشکارسازی FECG ارائه دادند. یکی مبنی بر فیلترهای وفقی IIR و الگوریتم ژنتیک و دیگری مبتنی بر الگوریتم ژنتیک بدون استفاده از فیلترهای وفقی. زمانی که از الگوریتم ژنتیک به همراه فیلتر وفقی استفاده شود، الگوریتم ژنتیک باعث می شود فیلتر وفقی زمانی که احتمال به مینیمم محلی وجود دارد، به این هدف برسد و استفاده همزمان از الگوریتم ژنتیک و فیلتر وفقی بهتر از استفاده به تنهایی از الگوریتم ژنتیک است، مخصوصا زمان انقباضات رحمی[۲٤].

در سال ۲۰۰۱، Zarzoso از روش فیلتر وفقی با سه کانال برای دستیابی به FECG استفاده کرد که به علت وجود نویز زیاد از قبیل نویزهای ماهیچه ای نتوانست به نتایج مطلوبی دست یابد. وی نشان داد روش ICA نسبت به فیلتر وفقی بهتر عمل می کند[۲۵].

در سال ۲۰۰٤، Shao از Partition- based weighted sum filter [۲٦] و در سال ۲۰۰۷، Martens از Least square fitting را برای دستیابی به FHR استفاده کرده است[۲۷].

این نکته قابل ذکر است که در این دست مقالات به علت تعدد پایگاه داده های مورد استفاده، چه داده های شبیه‌سازی شده و چه داده های طبیعی، غالبا نتایج مقالات قابل مقایسه نیستند. پایگاه داده های مورد استفاده معتبر، پایگاه هایی هستند که در فصل پنجم بیان خواهد شد؛ ولی نویسندگان به کرات ازپایگاه داده هایی استفاده نموده اند که توسط خودشان اخذ شده است. از طرفی در تعداد زیادی از مقالات نتایج به صورت چشمی مورد تایید قرار گرفته و معیار کمی مناسبی به علت نبود سیگنال مرجع (در داده های طبیعی) ارائه نشده است. معیار مورد استفاده در این پایان نامه در فصل بعدی بیان می شود.

۱-۴ هدف پروژه

دراین پروژه سعی می شود، سیگنال FECG با کیفیت بهتری نسبت به روش های قبلی بدست بیاید. کیفیت FECG استخراج شده از سیگنال ضبط شده از پوست مادر، به عوامل مختلفی بستگی دارد. میزان نویز، زمان بارداری، وضعیت جنین و .... عوامل مختلفی هستند که می‌توانند استخراج FECG را بامشکل مواجه کنند.
دراین پروژه سعی بر آن است تا FECG با وجود نویز زیاد استخراج شود. علاوه برنرخ ضربان قلب جنین، اطلاعات دیگری نظیر طول قطعه یST در سیگنال قلب جنین از اهمیت ویژه ای در تشخیص بیماری ها برخوردار است. بنابراین در این پروژه حتی لامکان ازروش هایی استفاده می شود که کمترین تخریب را روی سیگنال FECG داشته باشند.
مسئله ی دیگری که دراین پایان نامه به آن پرداخته خواهد شد، جداسازی سیگنال جنین به صورت بر خط است. برای جداسازی بر خط تاکنون تلاش های اندکی در زمینه FECG صورت گرفته است که شاید علت آن، ناتوانی الگوریتم ها در جداسازی کامل سیگنال جنین از مادر است. اهمیت جداسازی بر خط علاوه بر پیاده‌سازی، در پایش های طولانی مدت، آشکار است.
بنابراین در فصل دوم به بررسی روش های مختلف پایش قلب جنین، فعالیت الکتریکی قلب جنین و عوامل تاثیرگذار در آن می پردازیم. در فصل سوم روش های استفاده شده دراین پایان نامه برای جداسازی را FECG بیان خواهیم کرد. درفصل پنجم به جداسازی FECG به روش پیشنهادی به ترتیب به صورت برون خط و بر خط می پردازیم. درفصل آخرنیز مطالب گفته شده را جمع بندی خواهیم کرد.

۱-۵ جمع بندی

در این فصل ابتدا مسئله تشریح شد و پس از آن به طور خلاصه به بررسی روش های جداسازی سیگنال ECG جنین از مادر پرداختیم. مقالاتی که در این زمینه ارائه شده است را نیز بطور خلاصه مورد بررسی قرار دادیم. همانطور که ملاحظه شد این مسئله حدود ٤٠ سال پیش مطرح شده است و هنوز تحقیقات در این زمینه ادامه دارد. بعضی از روش های ارائه شده به علت عدم کارایی در سال‌های اخیر مورد توجه محققان نبوده است. در فصل های آینده به پیاده سازی روش هایی می پردازیم که کاملا جدید بوده و یا به علت کارایی آنها هنوز مورد توجه محققان است.

فصل دوم
روش های پایش فعالیت الکتریکی قلب جنین

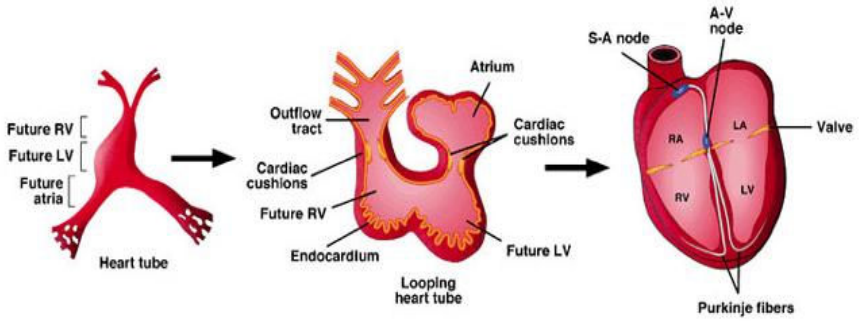
۲-۱مقدمه

این فصل ابتدا به تشریح فیزیولوژی رشد جنین می پردازیم و عواملی که در دستیابی به FECG مطلوب اثرمی‌گذارند و روش های مختلف پایش وضعیت جنین را بیان می کنیم.

۲-۲ مراحل رشد جنین

قلب از اولین ارگان هایی است که در جنین شکل می گیرد و بحرانی ترین زمان رشد آن از ۳ تا ۷ هفتگی جنین است. دستگاه قلب وگردش خون رویان (قبل از ۹ هفتگی حاملگی) از اواسط هفته سوم رویانی (حدود هفته اول حاملگی)، از تکثیر لایه میانی جنینی (مزودرم) پدیدار می‌شود. در ابتدای پیدایش، دستگاه گردش خون رویان به صورت دو رگ در راستای محور طولی رویان می‌باشدکه به تدریج از سمت داخلی به هم متصل شده ونهایتا لوله مشترکی را تشکیل می‌دهند که همان قلب اولیه است. در این زمان رویان ۲۲ روزه است و هنوز حفرات چهارگانه قلب بوجود نیامده‌اند. از این زمان قوس قلبی، که نقش اصلی را در ایجاد حفرات قلب بر عهده دارد، شروع به تشکیل می‌کند و در یک رویان ۳۰ روزه، قوس قلبی کامل شده است. همانطور که می‌دانیم پس از تولد قلب از ٤ حفره تشکیل شده، دهلیزهای چپ و راست در بالا و بطنهای چپ و راست در پایین و دهلیز راست با بطن

راست از طریق دریچه میترال و دهلیز و بطن چپ ازطریق دریچه سه لتی در ارتباط هستند و میان دهلیزها باهم و بطنها باهم دیوارهای قرار دارد. در زمان قبل از تولد دهلیزها باهم از طریق سوراخ بیضی[1] بصورت طبیعی در ارتباطند که برای حیات جنین، لازم است.



(الف) (ب) (ج)

شکل ۲-۱ مراحل رشد قلب جنین[۲۸] (الف) دستگاه گردش خون رویان در ابتدای پیدایش قلب جنبن که به صورت دو رگ در راستای محور طولی رویان می‌باشد (ب) قلب اولیه جنین (ج) قلب جنین پس از تکمیل قوس قلبی و ایجاد دهلیزها

در واقع، قلب از ۳ هفتگی شروع به پمپ خون در دستگاه گردش خون جنین می کند. مدت کوتاهی پس از شکل گیری چشم، گوش و تنفس، می‌توان قلب جنین را در ۷ تا ۹ هفتگی توسط دستگاه تصویر برداری اولتراسوند پایش کرد که البته تصویری مبهم خواهد بود[۲۹]. در ٦ هفتگی فعالیت مغزی نیز شروع می‌شود. در ۱۲-۱٤ هفتگی ماهیچه ها شروع به شکل گرفتن می کنند. در ۲۰ هفتگی، جنین، ضربان قلبی در حدود ۱۲۰ تا ۱٦۰ بیت در هر دقیقه دارد که قابل شنیدن است. سیگنال های ECG , MCG که حاوی اطلاعات زیادی از مورفولوژی سیگنال قلب جنین هستند؛می‌توانند در ۱۸ تا ۲۰ هفتگی ضبط شوند[۳۰]. چنانچه جنین در ۲٤-۲۳ هفتگی نیز متولد شود، با وجود تکمیل دستگاه تنفسی اش در ۲٦ هفتگی، امکان زندگی کردن دارد. زمان متداول برای تولد جنین تا ٤۰ هفتگی است[۳۱].

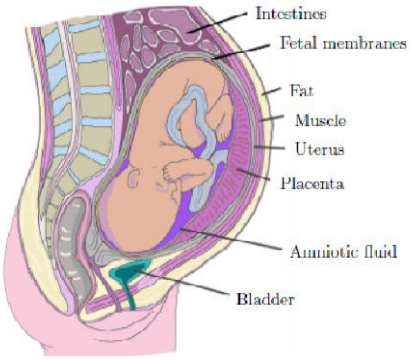
۲-۲-۱ لایه های اطراف جنین

جنین توسط لایه های مختلفی در شکم مادر احاطه شده است. این لایه ها هدایت الکتریکی متفاوتی دارند. بیشترین و کمترین هدایت مربوط به ماده آمونیاتیک[1] و ورنیکس کازئوزا[2] است. ورنیکس کازئوزا لایه عایق پنیری شکلی است که در اواخر دوران بارداری برای محافظت پوست ظریف جنین از آلودگی‌های محیط و تسهیل تولد او

[1] Foramen Ovale

شکل می گیرد. البته چربی های زیرپوستی نیز هدایت الکتریکی کمی دارند. هدایت الکتریکی نسج ماهیچه ای تقریبا ۱۰ برابر چربی های زیرپوستی است[۳۲]. به تمامی این لایه ها "حجم هدایت کننده" [۳] گفته می‌شود. هدایت الکتریکی حجم هدایت کننده در طول زمان بارداری تغییر می کند. به خصوص در ۲۰ هفته دوم بارداری، به علت شکل گیری لایه ورنیکس کازئوزا از هفته ۲۸ تا ۳۲ و هدایت الکتریکی کم این لایه، ضبط MCGوECG که در همین زمان ممکن است با مشکل مواجه خواهد بود[۳۳]. این لایه در هفته ۳۷ تا ۳۸ به آرامی از بین می‌رود.

شکل(۲-۲) لایه های مختلف را نشان می‌دهد.این لایه ها اصلی ترین لایه هایی هستند که می‌توانند پتانسیل مربوط به قلب جنین که از سطح بدن اندازه گیری می‌شود را تحت تاثیرقرار دهند.



شکل۲-۲ لایه های مختلف اطراف جنین. لایه ورنیکس کازئوزا روی پوست جنین ایجاد می‌شود.[۳٤]

۲-۲-۲ وضعیت جنین

در دومین دوره سه ماهه بارداری جنین وضعیت خاصی ندارد. ولی در اواسط دوره سوم وضعیت جنین به صورت سرپایین[٤] است. البته وضعیت‌های دیگری نیز برای جنین قابل تصور است (۵ حالت). وضعیت جنین بر سیگنال های ضبط شده از الکترود تاثیر می گذارد[۳٤]، شکل(۲-۳) بیانگر حالات مختلف قرارگیری جنین است.

[1] Amniotic fluid
[2] vernix caseosa
[3] volume conductor
[4] vertex presentation