دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : الکترونیک

عنوان

پردازش سیگنال صدای قلب جنین جهت استخراج تغییر نرخ ضربان قلب

نگارش

نسیم بیات ۸۸۴۴۲۲۰۹

رویا محمدی ۸۸۴۴۲۲۴۸

استاد راهنما

خانم دکتر سپیده جباری

بهار۱۳۹۴

چکیده

وضعیت خونرسانی و ضربان قلب جنین شاخص بالینی مهمی در تشخیص بسیاری از نارسایی های جنینی است. شناخت الگوهای قلب جنین از قبیل فعالیت پایه ای قلب، تغییر ضربان به ضربان و غیره در تشخیص وجود ناهنجاری قلبی نوزاد کمک کننده است. یکی از روشهای بررسی فعالیت قلبی جنین، استفاده از سیگنال فونوکاردیوگرافی یا بعبارتی سیگنال صدای قلب است. در این روش صدای قلب جنین که ناشی از حرکات مکانیکی مجموعه اجزای متحرک آن است، مستقیما با گوشی پزشکی (استتوسکوپ) یا میکروفن (همراه با آمپلی فایر صوتی) از سطح بدن مادر اخذ می شود. سیگنال بدست آمده حساسیت زیادی به نویز و اصوات مزاحم خارج بدن و داخل شکم مادر دارد و هنگام انقباض های رحمی امکان دریافت صدای قلب جنین به این روش وجود ندارد. در صورت توفیق در اخذ سیگنال صوتی خوب و شنیدن صداهای اصلی قلب یعنی S1 و S2، بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب توسط این سیگنال امکان پذیر خواهد بود. اینکار با استفاده از روشهای پردازش سیگنال و با توجه به همزمانی موجود میان سیگنال صدای قلب و سیگنال الکتریکی قلب صورت می گیرد. در این پروژه خصوصیات فرکانسی سیگنال فونوکاردیوگرافی اخذ شده از سطح شکم مادر را مورد بررسی قرار داده ایم. بدین منظور، از روش‌های مختلف تخمین طیف جهت آشکارسازی ویژگی‌های فرکانسی صداهای اصلی و نیز صداهای اضافی قلب برای دو سیگنال فونوکاردیوگرام با نسبت سیگنال به نویز مختلف استفاده کرده و تفاوتها را مورد بررسی قرار می دهیم تا روش مناسب برای استخراج طیف سیگنال صدای قلب جنین مشخص شود.

کلمات کلیدی- سیگنال صدای قلب جنین، فونوکاردیوگرافی، تخمین طیف، ویژگی‌های فرکانسی.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات ۲
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- طیف توان تغییرات ضربان قلب جنین ۶
۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۷
۱-۴- ساختار نوشتاری گزارش ۷
فصل دوم: قلب و بررسی عملکرد آن ۸
۲-۱- ساختار قلب ۹
۲-۲- پایه و اساس صداهای اصلی و مرمرهای قلب ۱۱
۲-۳- سیگنال صدای قلب جنین ۱۲
۲-۴- مدل کردن صدای دریچه ها ۱۴
۲-۵- دریافت سیگنالPCG ۱۵
۲-۶- محاسبه FHR و تغییرپذیری آن ۱۶
۲-۷- آشکارسازی رخدادهای فرعی و ارزش تشخیصی آنها ۱۷
۲-۷-۱- مرمرهای قلبی ۱۷
۲-۷-۲- عقب ماندگی های رشد داخل رحمی ۱۹
۲-۷-۳- تنفس جنین ۱۹
۲-۷-۴-ارزش تشخیصی خصوصیات اضافه صدای قلب ۲۰
۲-۸- مانیتورینگ جنین از منزل ۲۰
۲-۸-۱- اتوکرولیشن ۲۱
فصل سوم: روش های برآورد طیفی سیگنال فونوکاردیوگرام ۲۴
۳-۱- پیش نیاز تئوری ۲۵
۳-۲- روش های برآورد طیفی ۲۷
۳-۲-۱- روش غیرپارامتری ۲۸
۳-۲-۲- روش های پارامتری ۲۸
۳-۲-۳- روش زیر فضا ۳۳
نتایج تجربی ۴۱
نتیجه گیری: ۴۵
فصل چهارم: پیاده سازی روشها و ارائه نتایج **۴۷**
فهرست منابع ۶۶

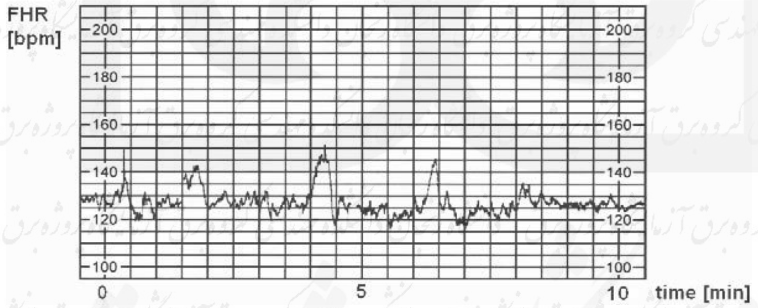
فصل اول: مقدمه و کلیات

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
پایان نامه کارشناسی
آزمایشگاه پروژه برق

۱-۱- مقدمه

بررسی‌های جنینی شاخه مهمی از مراقبت‌های سلامتی محسوب می‌شود، اگر چه به دلیل موقعیت پنهان جنین مشکلات اندازه گیری خاصی دارند. بخشی از این بررسی ها مربوط به بیماری‌های مادرزادی قلب است که از دوره جنینی وجود دارد. به عنوان مثال، نارسائی دریچه سمت راست قلب (تریکوسپید) جنین می‌تواند باعث نارسائی قلب و در نهایت تجمع مایع در قسمت‌های مختلف بدن جنین گردد (هیدروپس فیتالیس). درحالی که اکثر بیماری‌های مادرزادی قلب درجنین علامتی ایجاد نمی‌کنند، ولی برحسب نوع بیماری ممکن است علائم آنها در دوران ابتدایی پس از تولد و یا ماهها یا سالها بعد از تولد ایجاد شود. اکوکاردیوگرافی[۱] جنینی به روش فراصوت، روشی غیر تهاجمی است که اطلاعات قابل اطمینانی را درباره ریخت شناسی قلب و همچنین انحرافات آن ارایه می دهد.

کاردیوتوکوگرافی[۲](CTG) روشی است که تمرکزش روی اندازه‌گیری نرخ ضربان قلب جنین[۳](FHR) است و همچنین روی همزمانی‌های دال بر انقباضات رحمی تمرکز می‌کند. این آزمایش که در سه ماهه سوم بارداری انجام می‌شود، برخی پارامترهای پایه ای را که بیانگر وضعیت واقعی جنین است مشخص می‌کند. در این ازمایش طی 20 دقیقه ضبط پارامترها استخراج شده و نمودار FHR زیر حاصل می‌شود.



[۱] Ecocardiography

[۲] CTG: Cardiotocography

[۳] FHR: Fetal Heart Rate

شکل ۱-۱: نمودار FHR در یک ضبط ده دقیقه ای

یکی از ویژگی‌های مهم و اصلی این روش این است که نوسانات ضربان قلب به صورت مناسب به نحو بصری قابل رویت است. یک ویژگی دیگر نمودار نوساناتی است که برای محاسبه تغییرات استفاده می شوند. این تغییرات وابسته به اکسیژنی است که در هر لحظه از طریق بند ناف دریافت می‌شود. سومین مولفه، مقدار اصلی یا خط مبنای نرخ ضربان است که به عنوان معدل و میانگین محاسبه شده است. کاهش FHR موقعیتی غیرعادی را در بارداری نشان می‌دهد، خصوصا زمانی که این مولفه با انقباضات رحمی با تاخیر همراه شوند .

در استفاده های معمولی و غالبا در بارداری های عادی، نمودار FHR به صورت بصری توسط ماما یا فردی که وضعیت را مشاهده می‌کند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (افزایش سرعت و تغییر پذیری ها را ارزیابی می‌کنند). در بررسی‌های دقیق‌تر، خصوصا در مواردی که بارداری خطرناک است پارامترهای دیگری مانند شاخص‌هایی که از تابع زمانی تغییرات زمان ضربان به ضربان[۱] (T_{bb}) محاسبه می‌شوند و یا از طیف فرکانسی FHR بدست می‌آیند نیز استخراج می‌شوند. مشخص است که این نوع ارزیابی ها نیاز به دقت بیشتری در اندازه‌گیری نسبت به روش اول دارد. چهار روش فراصوت داپلر، الکتروکاردیوگرافی (ECG)، مگنتوکاردیوگرافی (MCG) و فونوکاردیوگرافی (PCG) برای انجام دادن اندازه گیری CTG وجود دارد.

۱- **روش فراصوت داپلر**: امروزه روش های غیر تهاجمی به صورت گسترده برای CTG استفاده می‌شوند. روش فراصوت داپلر هم روشی غیر تهاجمی است که اطلاعات بسیاری را درباره ریخت شناسی قلب و همچنین انحرافات آن ارائه می‌دهد و نسبت به آزمون‌هایی مانند سونوگرافی و آنژیوگرافی نیز سریع تر و ارزان تر می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، این روش اطلاعاتی را هم درباره سرعت جریان خون ارایه می‌کند.

[۱] beat-to-beatt time

اشکال این آزمایش این است که ابزار آن بسیار گران بوده و نیاز به کارشناسی دارد که داده ها را بدست آورده و ارزیابی نماید. روش فراصوت داپلر که محاسباتش روی قاعده کلی داپلر بنا شده است وابسته به حرکت دیواره قلب می‌باشد و ناشی از انعکاس اشعه ماوراصوت و تغییرات فرکانسی ایجاد شده ناشی از آن می‌باشد. اگرچه گرفتن آزمایش فوق در شکم مادر بسیار مشکل نیست ولی تنها اطلاعاتی را از حرکت لایه بیرونی قلب در اختیار ما قرار می‌دهد و اطلاعات مفید و کارآمدی را درباره لایه های داخلی‌تر قلب فراهم نمی‌کند، مثلا اطلاعاتی راجع به عملکرد واقعی دریچه ها و آشفتگی های احتمالی و .... را در اختیار ما قرار نمی‌دهد. علاوه بر این، اگر هر رفلکس و بازتابی در حرکت دریچه‌ها وجود داشته باشد سبب وقوع خطا در هدایت نادرست FHR و تغییرپذیری ارزش ها می‌شود. بخاطر پرتو افکنی های روش فراصوت داپلر، این روش در اندازه گیری های CTG برای مانیتورینگ از منزل ترجیح داده نمی‌شود. مشکل آزمایش داپلر این است که در ادامه روند آزمایش و برای آزمایشات دیگر از Tbb بدست امده از داپلر که دقت غیرکافی دارد استفاده می‌کنند و این بی دقتی تا آخر ادامه دارد. سونوگرافی داپلر را می توان با خیال راحت در طی دوران بارداری انجام داد، زیرا تا کنون تحقیقات مختلف نشان داده است که هیچ گونه آسیبی به جنین وارد نمی شود.

2- روش الکتروکاردیوگرافی ECG: اندازه گیری‌های CTG همچنین با روش ECG نیز انجام می‌شود، اما در این روش دسترسی به جنین سخت می‌باشد. در اندازه گیری که درون شکم مادر انجام می‌شود، سیگنال جنین شدت بسیار کمتری نسبت به مادرش دارد پس نیاز به پردازش ریاضی شدیدتری برای جداکردن آن دو سیگنال از هم وجود دارد. استفاده از این پردازش سخت بر روی سیگنال ذخیره شده، ویژگی های مهمی از فعالیت های قبلی را هم می‌تواند در اختیار ما قرار دهد. جاگذاری الکترود ها در عمل، از استفاده از این روش به عنوان مانیتورنیگ در منزل جلوگیری می‌کند. از این روش می‌توان در طولانی مدت برای مطالعه FHRهای متنوع استفاده نمود.

3- روش مگنتوکاردیوگرافی MCG: این روش نیز روشی غیرتهاجمی برای اندازه گیری CTG محسوب می‌شود. مشکل این روش بسیار شبیه ECG می‌باشد، اگرچه زمان R-R بدست آمده و مقدار FHR مربوط به آن بسیار دقیق است با این حال برای بدست آوردن پارامترهای مشابه بسیار مناسب است. به عنوان مثال، در فرکانس های پایین تغییرات طیف چگالی و عملکرد واقعی R-R و رابطه آن با دوره بارداری را امتحان کرده و هدفشان از این کار یافتن رابطه پارامترها با تکامل جنین می‌باشد.

سه روش ذکر شده قبلی برای اندازه گیری CTG محدودیت هایی دارند و نمی‌توانند به طور جامع مورد استفاده قرار بگیرند. این روش‌ها برای اندازه گیری طولانی مدت در تست غربالگری بارداری بانوان قابلیت ارزیابی بعضی پیشرفت ها و پیشبرد ها را در برخی وضعیت ها مثل ضربان را ندارند. برای دریافت اطلاعات صحیح درباره وضعیت جنین (با وجود اندازه گیری ها برای مدت طولانی در برخی روش‌ها) این نکته باید ذکر شود که 20 دقیقه اندازه گیری نسبتا کوتاه است به علاوه مقادیر بدست آمده ممکن است توسط خود مادر هم تحت تاثیر قرار بگیرد (با این 20 دقیقه اطلاعات به صورت صحیح ثبت می‌شوند). روش فوق مطمئن و راحت است و تنها مانع بسیار پیچیده بودن محاسبه در آن می‌باشد.

4- فونوکاردیوگرافی PCG: راه معمول برای تفسیر اطلاعات این است که پزشک از طریق گوشی پزشکی خود به صدای قلب جنین گوش کرده و عقاید ذهنی خود را شرح داده و یادداشت نماید. راه دقیقتر برای این تفسیر، ضبط صدا و پردازش‌های الکترونیکی است که فونوکاردیوگرافی جنینی (FPCG) نامیده می‌شود. این روش اطلاعات بالینی مفیدی را ارائه می‌دهد که با روش‌های دیگر مانند سونوگرافی و کاردیوتوگرافی قابل حصول نمی‌باشد. علاوه بر این FPCG بسیار مقرون به صرفه بوده و بسیاری از پارامترهای بیوفیزیکی دیگر نیز مانند FHR، تنفس و حرکات جنین با استفاده از این روش قابل اندازه گیری است. هرچند در عمل به دلیل محدودیت‌هایی از قبیل مشکل اخذ صدا با کیفیت بالا و ... موارد بالا تخمین زده می‌شود.

۱-۲- طیف توان تغییرات ضربان قلب جنین

یکی از مشکلات عمده علم مامایی در رابطه با مانیتورینگ جنین، فقدان امکان استخراج اطلاعات از جنین برای تشخیص وضعیت است. ضربان قلب جنین یکی از معدود سیگنال هایی است که به صورت غیرتهاجمی قابل ثبت است و در موارد زیادی در آزمایش‌های کلینیکی تنها منبع اطلاعات قابل دسترسی می‌باشد. یکی از این منابع اطلاعات می تواند طیف توان ناشی از تغییرات ضربان قلب جنین باشد. نظر به اینکه ضربان قلب تحت تاثیر سیستم‌های عصبی سمپاتیک و پارا سمپاتیک نوسان می‌کند و فعالیت این سیستم‌ها واکنشی به تغییرات شرایط فیزیولوژیکی است، طیف توان FHR می‌تواند شامل اطلاعات تازه‌ای باشد. استفاده از این روش پیش از این برای آنالیز نوسانات ضربان قلب و مقدار فشار خون (فشار خون سیستولی) نوزاد در واحد مراقبت‌های ویژه بیمارستان با موفقیت روبرو شده است. در ضمن بررسی تغییرات ضربان قلب جنین از روی سیگنال ECG نیز قابل محاسبه است. چنین روشی می تواند به طور مستقیم بر روی سیگنال ECG جنین که توسط الکترود پوستی به دست آمده، اعمال شود. طیف توان نوسانات ضربان قلب و مقدار فشار خون تنها زمانی اطلاعات مفیدی به همراه دارد که ضربان قلب یا مقدار فشار خون را بتوان به صورت بیت به بیت ذخیره کرد. تشخیص بیت به بیت ضربان قلب جنین با استفاده از سیگنال‌های اولتراسوند داپلر از زمان معرفی کاردیوتوکوگرافی اولتراسوند داپلر با مشکلات زیادی همراه بوده است. مانیتورهای نسل اولیه ضربان قلب را به صورت مجموع سیگنال‌های اولتراسوند داپلر و از طریق آشکار ساز سطح که روش دقیقی برای تشخیص ضربان قلب نیست بدست می‌آوردند. اما با معرفی تکنینک اتوکریلیشن در مانیتورهای نسل دوم این مشکلات کاهش یافت. البته به دلیل اینکه پردازش اتوکریلیشن شکل موج داپلر گیرنده با توجه به تعداد شکل موج های قبلی محاسبه می شود، تشخیص ضربان قلب هنوز به صورت بیت به بیت انجام نمی‌شود. به همین دلیل دستیابی به سیگنال اولتراسوند داپلر به عنوان داده خام از طریق دستگاه کاردیوتوکوگرافی در تحلیل های پیشرفته غیر ممکن است. پیشرفت های اخیر در تکنولوژی کامپیوتر، توان محاسباتی را تا حد زیادی افزایش داده است.

۱-۳- هدف از انجام تحقیق

مانیتورینگ FPCG و تحلیل دقیق آن در طول زایمان و بارداری، می تواند اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت جنین فراهم کند. بنابراین، هدف تامین بیشترین اطلاعات ممکن درباره FPCG است. در این پروژه خصوصیات فرکانسی سیگنال فونوکاردیوگرافی اخذ شده از سطح شکم مادر را مورد بررسی قرار داده ایم. بدین منظور، از روش‌های مختلف تخمین طیف جهت آشکارسازی ویژگیهای فرکانسی صداهای اصلی و نیز صداهای اضافی قلب برای دو سیگنال فونوکاردیوگرام با نسبت سیگنال به نویز مختلف استفاده کرده و تفاوت‌ها را مورد بررسی قرار می دهیم تا روش مناسب برای استخراج طیف سیگنال صدای قلب جنین مشخص شود.

۱-۴- ساختار نوشتاری گزارش

گزارش تنظیمی شامل چهار فصل است. درفصل دوم، بررسی فیزیولوژی قلب جنین، مراحل رشد قلب جنین، ساختار محفظه فتومترنال، آناتومی قلب جنین، فعالیت الکتریکی قلب جنین، نرخ ضربان قلب جنین و تغییرات آن به همراه معرفی مجموعه دادگان که در تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته، مطرح شده است. روش‌های تخمین طیف پارامتری و غیرپارامتری و نتایج حاصل از اعمال آنها بر سیگنال صدای قلب اخذ شده از بدن مادر در فصل سوم ارائه شده است. نهایتاً در فصل چهارم، جمع بندی مباحث آورده شده است.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به <u>کتابخانه دانشکده مهندسی</u> و یا <u>آزمایشگاه پروژه گروه برق</u> مراجعه فرمایید.

فهرست منابع

[1] J. Xu, L. Durand, P. Pibarot, Extraction of the aortic and pulmonary components of the second heart sound using a nonlinear transient chirp signal model, IEEE Trans. Biomed. Eng. 48 (2001) 277–283

[2] F. Kovács, M. Török, I. Habermajer, A rule-based phonocardiographic method for long-term fetal heart rate monitoring, IEEE Trans. Biomed. Eng. 47 (2000) 124–13

[3] F. Kovács, N. Kersner, K. Kádár, G. Hosszú, Computer method for perinatal screening of cardiac murmur using fetal phonocardiography, Comput. Biol. Med. 39 (2009) 1130–1136.

[4] M. Tavel, Cardiac auscultation: a glorious past – and it does have a future!, Circulation 113 (2006) 1255–1259.

[5] M. Frommelt, Differential diagnosis and approach to a heart murmur in term infants, Pediatr. Clin. North Am. 51 (2004)1023–1032.

[6] M. Signorini, G. Magenes, S. Cerutti, D. Arduini, Linear and nonlinear parameters for the analysis of fetal heart rate signal from cardiotocographic recordings, IEEE Trans. Biomed. Eng. 50 (2003) 365–374.

[7] U. Schneider, E. Schleussner, A. Fiedler, S. Jaekel, M. Liehr, J. Haueisen, D. Hoyer, Fetal heart rate variability reveals differential dynamics in the intrauterine development of the sympathetic and parasympathetic branches of the autonomic nervous system, Physiol. Meas. 30 (2009) 215–226.

[8] O. Barel, Z. Vaknin, N. Smorgick, O. Reish, S. Mendlovic, A. Herman, R. Maymon, Fetal abnormalities leading to third trimester abortion: nine-year experience from a single medical center, Prenat. Diagn. 29 (2009) 223–228.

[9] C.L. Drummond, D.M. Gomes, M.V. Senat, F. Audibert, A. Dorion, Y. Ville, Fetal karyotyping after 28 weeks of gestation for late ultrasound findings in a low risk population, Prenat. Diagn. 23 (2003) 1068–1072.

[10] G. Georgoulas, C. Stylios, P. Groumpos, Predicting the risk of metabolic acidosis for newborns based on fetal heart rate signal classification using support vector machines, IEEE Trans. Biomed. Eng. 53 (2006) 875–884.

[11] Prokis, J.G. and Manolakis, D.G. (2000) *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, pp.896–920.

[12] Matlab Signal Processing Toolbox User's Guide, Mathwork Incorporation Simulink, Simulation and Model Based Design User's Guide, Mathwork incorporation;
www.mathworks.com

[13] Nigam, V. and Primer, R. (2004) 'Cardiac sound separation', *Proceedings of the IEEE International Conference on – Computers in Cardiology*, Chicago, 19–22 August, pp.497–50

[14] Mittra, A.K., Choudhari, N.K. and Zadgaonkar, A. (2007d) 'Development of an artificial womb for acoustical simulation of mother's abdomen', *Inderscience International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, Vol. 1 (2008), No. 3, pp.315–328.

[15] Mittra, A.K., Choudhari, N.K. and Zadgaonkar, A. (2008a) 'Adaptive noise cancellation for advanced fetal phonocardiography', *Proceedings of the International Conference on Emerging Technologies and Applications in Engineering, Technology and Science*, 13–14 January,Saurashtra University, Rajkot, Gujarat, pp.88–91.

[16] Mittra, A.K., Choudhari, N.K. and Zadgaonkar, A. (2008b) 'Development of adaptive noise reducer for fetal heart sound signal conditioning', *i-manager's Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 2, November 2007–January 2008, pp.28–34.

[17] Varady, P., Wildt, L., Benyo, Z. and Hein, A. (2003) 'An advanced method in fetal phonocardiography', *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 71, pp.283–296.

[18] Voss, A., Mix, A. and Hubner, T. (2005) 'Diagnosing aortic valve stenosis by parameter extraction of heart sound signals', *Annals of Biomedical Engineering*, Vol. 33, No. 9, September, pp.1167–1174.

[19] Varady, P. (2001) 'Wavelet based adaptive denoising of phonocardiographic records', *Proceedings of the IEEE 23rd Annual EMBS International Conference*, 25–28 October, Istanbul, Turkey, pp.18