بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

ارتقاء قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای با استفاده از تبدیل موجک گسسته

نگارش:

فرهاد ملائی

اساتید راهنما:

دکتر امین روشندل کاهو

دکتر بهزاد تخم‌چی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا گودرزی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی نفت گرایش اکتشاف

شهریور ۹۲

تقدیم به

پدر و مادر و خانواده عزیزم

که همواره یار و پشتیبانم بوده‌اند

چکیده

روش‌های لرزه‌ای بازتابی یکی از روش‌های مطالعه ساختارهای زیرسطحی به منظور اکتشاف هیدروکربن است. پردازش داده‌های لرزه‌ای یکی از مهم‌ترین مراحل استخراج اطلاعات مورد نیاز در اکتشاف منابع هیدروکربوری است.

تاکنون روش‌های مختلفی برای افزایش و بهبود قدرت تفکیک زمانی داده‌های لرزه‌ای ارائه شده‌اند. روش‌های وارون‌سازی که از طریق نگاشت داده‌های لرزه‌ای به اسپایک، قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای را افزایش می‌دهند. روش دیگر روش چرخش طیفی[1]، برای افزایش قدرت تفکیک و گسترش پهنای باند فرکانسی داده‌های لرزه‌ای معرفی شده است. یکی دیگر از مراحل افزایش قدرت تفکیک که بصورت متداول در داده‌های لرزه‌ای انجام می‌شود، واهمامیخت پاسخ ضربه واحد[2] می‌باشد. در عمل، موجک چشمه لرزه‌ای به دلیل اثر لایه‌های زیر سطحی و میرایی موجک چشمه لرزه‌ای به صورت تابعی از زمان هم در راستای قائم و هم در جهت جانبی تغییر می‌کند. همچنین تخمین موجک با فرض سفید بودن طیف سری بازتاب زمین، ابهاماتی را در زمینه تخمین مشخصات مخزن ایجاد می‌کند. بنابراین ایجاد روشی که بتواند با در نظر گرفتن ناپایا بودن موجک چشمه و تخمین لحظه‌ای آن و اثرات زیر سطحی، پهنای باند فرکانسی داده‌های لرزه‌ای را افزایش داده و قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای را بالا ببرد، اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.

روشی که در این پایان نامه استفاده می‌شود، استفاده از تبدیل موجک و براساس برونیابی بر پایه تبدیل هیلبرت است، بدین گونه که پوش هیلبرت ردلرزه ورودی محاسبه می‌شود و این پوش با یک پنجرهٔ هموار کنندهٔ مثلثی[3] هامیخت می‌شود. ردلرزه ورودی به پوش های هموار شده تقسیم می‌شود و نهایتا با یک نرمالایز می گردند. از روی این پوش مقادیر جایگزینی که صفر هستند

[1] Spectral Rotation
[2] Spiking Deconvolution
[3] triangular smoother

تخمین زده شده و در مکان مد نظر، قرار می‌گیرد. و در نهایت همه این ضرایب با وارون تبدیل موجک گسسته، باز گردانده می‌شوند. این الگوریتم باعث افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای می‌گردد.

تقدیر و تشکر

پویندگان راه علم همواره نورمشعل پیشکسوتانی هستند که ظلمات جهل و نداشتن را تبدیل به نورانیتی می‌نمایند که به طلوع آفتاب در دل شب می‌ماند.

اکنون که به لطف خداوند موفق به دفاع از پایان‌نامه خویش شده‌ام، برخود لازم می‌دانم تا بدین‌وسیله از اساتید محترم جناب آقای دکتر امین روشندل کاهو و جناب آقای دکتر بهزاد تخم‌چی که زحمت راهنمایی و جناب آقای دکتر علیرضا گودرزی زحمت مشاوره اینجانب در پایان‌نامه را برعهده داشتند و نکات ارزنده بسیاری را در طول دوره تحصیلی از این اساتید بزرگوار آموختم تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از خانواده‌ام و همه دوستان عزیزی که در تمام دوران تحصیل، همواره همراه و کمک بنده بوده‌اند، کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

فصل اول:مقدمه ۱

۱-۱ تعریف مساله ۲

۱-۲ مروری بر روش‌های انجام شده جهت افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای ۳

۱-۳ بیان روش تحقیق ۵

۱-۴ معرفی فصل‌های پایان نامه ۶

فصل دوم:روش تحقیق ۷

۲-۱ سیگنال و پردازش آن ۸

۲-۱-۱ زمان- فرکانس ۹

۲-۲ تبدیل فوریه زمان کوتاه ۱۵

۲-۳ تبدیل موجک ۲۳

۲-۳-۱ تعریف موجک ۲۴

۲-۳-۲ مقیاس و فرکانس ۲۶

۲-۳-۳ موجک حقیقی ۲۸

۲-۳-۴ موجک تحلیلی ۳۰

۲-۳-۵ تبدیل موجک پیوسته ۳۳

۲-۳-۶ تبدیل موجک گسسته ۳۶

۲-۳-۷ تبدیل موجک پایا ۴۰

۲-۴ تبدیل هیلبرت ۴۲

۲-۴-۱ نظریه تبدیل هیلبرت ۴۳

فصل سوم: داده‌های تحقیق ۴۵

۳-۱ مقدمه ۴۶

۳-۲ داده مصنوعی ۴۶

۳-۳ زمین‌شناسی میدان منصوری ۴۷

۳-۳-۱ سازند پابده ۴۷

۳-۳-۲ سازند گورپی ۴۷

۳-۳-۳ سازند ایلام ۴۸

۳-۳-۴ سازند سروک ۴۸

۳-۳-۵ سازند آسماری ۵۰

۳-۳-۵-۱ بخش اهواز ۵۱

۳-۳-۵-۲ بخش کلهر ۵۲

۳-۳-۶ سازند گچساران ۵۲

۳-۳-۷ میدان نفتی عظیم منصوری ۵۴

فصل چهارم:نتایج تحقیق ۵۶

۴-۱ مقدمه ۵۷

۴-۲ روش تحقیق ۵۸

۴-۳ اعمال روش روی دادهٔ مصنوعی ۶۱

۴-۴ اعمال روش روی دادهٔ واقعی ۷۶

فصل پنجم:نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۸

۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۹

۵-۲ پیشنهادات ۹۰

منابع ۹۱

فهرست اشکال

شکل۲-۱، جعبه هایزنبرگ (مالات، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹) ۱۲

شکل ۲-۲، نمایش سیگنال g_1 در حوزه (الف) زمان، (ب) فرکانس و (ج) زمان – فرکانس ۱۴

شکل۲-۳، تبدیل فوریه زمان کوتاه ۱۵

شکل ۲-۴، جعبه هایزنبرگ برای تبدیل فوریه زمان کوتاه ۱۷

شکل ۲-۵، گسترش انرژی g که با پنهای باند $\Delta\omega$ و بیشینه دامنه A لب‌های کناری در فرکانس $\omega=\pm\omega_0$ اندازه گیری می‌شود ۱۹

شکل ۲-۶، شکل توابع پنجره (الف) گوسی، (ب) همینگ، (ج) بلکمن و (د) هنینگ مطالق روابط جدول ۱-۲ ۲۱

شکل ۲-۷، نمایش تبدیل موجک ۲۲

شکل ۲-۸، مقایسه بین حوزه‌های و تبدیل‌های مختلف سیگنال ۲۲

شکل ۲-۹، سمت چپ نمای یک سینوسی و سمت راست نمای یک موجک است ۲۴

شکل۲-۱۰، جعبه هایزنبرگ برای تبدیل موجک ۳۲

شکل ۲-۱۱، تجزیه سیگنال به مؤلفه‌های سینوسی سازنده آن ۳۳

شکل ۲-۱۲، تجزیه سیگنال به موجک‌های سازنده آن ۳۴

شکل ۲-۱۳، تحلیل داده با شیفت دادن موجک در مقیاس‌های مختلف روی تمام سیگنال ۳۶

شکل ۲-۱۴، تبدیل موجک گسسته استاندار روی شبکه مقیاس-زمان دو دویی ۳۷

شکل ۲-۱۵، فرآیند فیلتر نمون در ابتدایی‌ترین سطح ۳۸

شکل ۲-۱۶، تحلیل فیلتر بانکی دو کاناله تا سطح سوم برای تبدیل موجک گسسته ۳۹
شکل۲-۱۷، طرح کلی از روند محاسبات در تبدیل موجک گسسته ۴۱
شکل ۳-۱، شماتیکی از میدان نفتی منصوری ۵۵
شکل ۴-۱، نمایش الگوریتم افزایش قدرت تفکیک‌پذیری با استفاده از تبدیل موجک گسسته ۵۸
شکل ۴-۲، الف) موجک. ب) سری بازتاب. ج) ردلرزه ۶۲
شکل ۴-۳، مشاهده هفت مرحله تجزیه ردلرزه ورودی با تبدیل موجک گسسته پایا از چپ به راست: الف) ردلرزه ورودی. ب) مرحله اول تجزیه ردلرزه ورودی. ج) مرحله دوم تجزیه ردلرزه ورودی. د) مرحله سوم تجزیه ردلرزه ورودی. ر) مرحله چهارم تجزیه ردلرزه ورودی. س) مرحله پنجم تجزیه ردلرزه ورودی. م) مرحله ششم تجزیه ردلرزه ورودی. ه) مرحله هفتم تجزیه ردلرزه ورودی ۶۳
شکل ۴-۴، تداخل سه بازتابنده با یکدیگر(ردلرزه ورودی سیاه رنگ و ردلرزه خروجی قرمز رنگ) ۶۵
شکل ۴-۵ ، طیف دامنه که در این طیف ارتقای فرکانسی را نشان می دهد(طیف دامنه ورودی قرمز رنگ و طیف دامنه خروجی قرمز رنگ) ۶۵
شکل۴-۶، مشاهده هفت مرحله تجزیه ردلرزه ورودی شکل ۴-۲، بعد از اعمال الگوریتم از چپ به راست: الف) ردلرزه ورودی. ب) مرحله اول تجزیه ردلرزه ورودی. ج) مرحله دوم تجزیه ردلرزه ورودی. د) مرحله سوم تجزیه ردلرزه ورودی. ر) مرحله چهارم تجزیه ردلرزه ورودی. س) مرحله پنجم تجزیه ردلرزه ورودی. م) مرحله ششم تجزیه ردلرزه ورودی. ه) مرحله هفتم تجزیه ردلرزه ورودی ۶۶
شکل ۴-۷، تبدیل فوریه ردلرزه: الف) ردلرزه ورودی. ب) ردلرزه خروجی. ج) مقایسه بین ردلرزه ورودی و خروجی ۶۷
شکل ۴-۸، مقطع لرزه‌ای داده مصنوعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۶۸
شکل ۴-۹، بزرگ نمایی ردلرزه شکل ۴-۸: الف) بزرگ‌نمایی مقطع ورودی. ب) بزرگ نمایی مقطع خروجی ۶۹

شکل ۴-۱۰، مقطع لرزه‌ای داده مصنوعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۲
شکل ۴-۱۱، مقطع لرزه‌ای داده مصنوعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۳
شکل ۴-۱۲، بزرگ‌نمایی مقطع لرزه‌ای مصنوعی شکل ۴-۱۱: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۴
شکل ۴-۱۳، طیف دامنه مقطع داده مصنوعی در مدل گوه‌ای: الف) طیف دامنه ورودی. ب) طیف دامنه خروجی. ج) مقایسه بین طیف دامنه ورودی و خروجی ۷۵
شکل ۴-۱۴، افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای روی داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۷
شکل ۴-۱۵، مقطع رنگی افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای روی داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۸
شکل ۴-۱۶، مقطع لرزه‌ای افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۷۹
شکل ۴-۱۷، بزرگ‌نمایی مقطع لرزه‌ای شکل ۴-۱۴: الف) مقطع ورودی. ب) مقطع خروجی ۸۰
شکل۴-۱۸، طیف دامنه داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) طیف دامنه ورودی. ب) طیف دامنه خروجی. ج) مقایسه طیف دامنه ورودی و خروجی. رنگ سیاه طیف دامنه داده‌های ورودی و رنگ قرمز طیف دامنه خروجی ۸۱
شکل ۴-۱۹، افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۸۳
شکل ۴-۲۰، مقطع رنگی افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۸۴

شکل ۴-۲۱، مقطع لرزه‌ای افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای واقعی: الف) مقطع لرزه‌ای ورودی. ب) مقطع لرزه‌ای خروجی ۸۵

شکل ۴-۲۲، بزرگ نمایی ردلرزه‌ها در مقطع لرزه‌ای در شکل ۴-۲۱: الف) مقطع ورودی. ب) مقطع خروجی ۸۶

فهرست جداول

جدول ۲-۱، نام، رابطه و مشخصات توابع پنجره متدوال ۲۰

جدول ۴-۱، نمونه و مقدارهای سری بازتاب جهت ساخت ردلرزه ۶۱

علائم اختصاری

تبدیل فوریه زمان کوتاه	STFT(Short Time Fourier Transform)
تبدیل زمان- فرکانس	TRF
تبدیل فوریه پنجره‌دار	WFT(Window Fourier Transform)
تبدیل موجک پیوسته	CWT(Continues Wavelet Transform)
تبدیل موجک گسسته	DWT(Discrete Wavelet Transform)
تبدیل موجک پایا	SWT(Stationary Wavelet Transform)
معکوس تبدیل موجک پایا	ISWT(Inverse Stationary Wavelet Transform)

فصل اول

مقدمه

۱-۱ تعریف مساله

ایدهٔ نمایش یک تابع برحسب مجموعه‌ی کاملی از توابع، اولین بار توسط ژوزف فوریه[1](۱۸۲۲)، ریاضیدان و فیزیکدان فرانسوی طی رساله‌ای در آکادمی علوم راجع به انتشار حرارت، برای نمایش توابع بکار گرفته شد. در واقع برای آنکه یک تابع $f(x)$ به شیوه‌ای ساده و فشرده نمایش داده شود، فوریه اساسا ثابت کرد که می‌توان از محورهایی استفاده کرد که به کمک مجموعه‌ایی نامتناهی از توابع سینوسی ساخته می‌شوند. به‌عبارت دیگر فوریه نشان داد که یک تابع $f(x)$ را می‌توان بوسیلهٔ حاصل جمع بی‌نهایت تابع سینوسی و کسینوسی نمایش داد. پایه‌های فوریه به‌صورت ابزارهایی اساسی، با کاربردهای فوق‌العاده متواتر در علوم، در آمده‌اند، زیرا برای نمایش انواع متعددی از توابع و در نتیجه کمین‌های فیزیکی فراوان به‌کار می‌روند. با گذشت زمان ضعف پایه‌های فوریه نمایان شد مثلا دانشمندان پی بردند پایه‌های فوریه و نمایش توابع سینوس‌وار در مورد سیگنال‌های پیچیده نظری تصاویر، نه تنها ایده‌آل نیستند بلکه از شرایط مطلوب دورند، به‌عنوان مثال به شکل کارآمدی قادر به نمایش ساختارهای گذرا نظیر مرزهای موجود در تصاویر نیستند. همچنین آنها متوجه شدند تبدیل فوریه فقط برای توابع پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای توابع غیر پایه کار آمد نیست. (البته در سال ۱۹۴۶ با استفاده از توابع پنجره‌ای (گابور)[2]، که منجر به تبدیل فوریهٔ پنجره‌ای شد این مشکل حل شد).

در سال ۱۹۰۹ هار[3] اولین کسی بود که به موجک ها اشاره کرد. در سال‌های ۱۹۳۰ ریاضیدانان به قصد تحلیل ساختارهای تکین موضوعی به فکر اصلاح پایه‌های فوریه افتادند. و بعد از آن در سال ۱۹۷۰ یک ژئوفیزیکدان فرانسوی به نام ژان مورله[4] متوجه شد که پایه‌های فوریه بهترین ابزار ممکن

[1] Joseph fourier
[2] Gabor
[3] Haar
[4] Morle

در اکتشافات زیر زمین نیستند، این موضوع در آزمایشگاهی متعلق به الف آکیلن[1] منجر به یکی از اکتشافات تبدیل به موجک ها گردید.

در سال ۱۹۸۰ میر ریاضیدان فرانسوی، نخستین پایه‌های موجکی متعامد را کشف کرد (تعامد نوعی از ویژگی‌ها را بیان می‌کند که موجب تسهیلات فراوانی در استدلال و محاسبه می‌شود، پایه‌های فوریه نیز متعامدند). در همین سال‌ها مورله مفهوم موجک و تبدیل موجک را به‌عنوان یک ابزار برای آنالیز سیگنال زمین لرزه وارد کرد و گراسمن فیزیکدان نظری فرانسه نیز فرمول وارونی را برای تبدیل موجک بدست آورد.

در سال ۱۹۸۷ میر و مالات[2] از پایه‌های موجک متعامد توانستند آنالیز چند تفکیکی را بسازند و مالات تجزیه موجک‌ها و الگوریتم‌های بازسازی را با به‌کار بردن آنالیز چند تفکیکی بوجود آورد. در سال ۱۹۹۰ مورنزی همراه با آنتوان موجک‌ها را به دو بعد و سپس به فضاهایی با ابعاد دیگر گسترش دادند و بدین ترتیب بود که آنالیز موجکی پایه‌گذاری گردید.

۱-۲ مروری بر روش‌های انجام شده جهت افزایش قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای

امروزه بکارگیری داده‌های لرزه‌ای بازتابی با قدرت تفکیک زمانی بالا در مطالعه و تفسیر ساختارهای چینه‌شناسی کوچک مقیاس نظیر گسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و تغییرات مرز و لبه‌های کانال‌ها، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. به راحتی می‌توان نشان داد که مشخصات مخزن هیدروکربوری را با دقت بالا و ابهامات کمتری می‌توان از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای با قدرت تفکیک بالا بدست آورد (دوی[3] و شوآب[4]، ۲۰۰۹).

[1] Alph Alkin
[2] Mallat & Mayer
[3] Devi
[4] Schwab

تاکنون روش‌های مختلفی برای افزایش و بهبود قدرت تفکیک زمانی داده‌های لرزه‌ای ارائه شده‌اند. روش‌های وارون‌سازی (پورتیناگوین[1] و کستگنا[2]، ۲۰۰۴) که از طریق نگاشت داده‌های لرزه‌ای به اسپایک، قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای را افزایش می‌دهند، نیاز به اطلاعاتی در مورد موجک چشمه لرزه‌ای دارند. این اطلاعات یا از طریق نگارهای چاه بدست می‌آیند که در اینصورت فرض می‌شود موجک پایا است و در صورت عدم دسترسی به نگارهای چاه، از واهمامیخت داده‌های لرزه‌ای محاسبه می‌شوند، که در این حالت سری بازتاب، یک سری اتفاقی یا طیف سفید فرض می‌شود. در روش چرخش طیفی[3] (کوانتیس[4]، ۲۰۰۲)، که برای افزایش قدرت تفکیک و گسترش پهنای باند فرکانسی داده‌های لرزه‌ای معرفی شده است، فرضیاتی همانند روش قبل مطرح می‌شود. یکی دیگر از مراحل افزایش قدرت تفکیک که بصورت متداول در داده‌های لرزه‌ای انجام می‌شود، واهمامیخت پاسخ ضربه واحد[5] می‌باشد. اما کارایی این روش به عوامل زیادی از جمله میزان نوفه داده، نوع موجک چشمه لرزه‌ای از نظر تاخیر فاز و غیره می‌باشد و در اکثر موارد نتیجه مطلوبی را ایجاد نمی‌نماید (ایلماز[6]، ۲۰۰۱). یکی از روش‌های موجود در این زمینه استفاده از تبدیل فوریه است (ژو[7]، ۲۰۰۴). این روش نه تنها قادر به شناسایی سیگنال ناپایا نیست بلکه، هنگامی که پهنای باند سیگنال افزایش می‌یابد نوفه چندان کاهش پیدا نمی‌کند. یکی از روش‌های دیگری که روی داده‌های لرزه‌ای برای به دست آوردن داده‌های با کیفیت بهتر و افزایش قدرت تفکیک آنها انجام می‌گیرد و خاصیت ناپایا بودن داده‌ها را در نظر می‌گیرد، تبدیل موجک است (مالات، ۲۰۰۹).

در عمل، موجک چشمه لرزه‌ای به دلیل اثر لایه‌های زیر سطحی و میرایی (کارلوت[6]، ۲۰۰۵) به صورت تابعی از زمان هم در راستای قائم و هم در جهت جانبی تغییر می‌کند. همچنین تخمین موجک با فرض سفید بودن طیف سری بازتاب زمین، ابهاماتی را در زمینه تخمین مشخصات مخزن

[1]Portynagovin
[2]Kostenga
[3] Spectral Rotation
[4]Koantis
[5]Spiking Deconvolution
[6]Yilmaz
[7]Zhou
[6]Karlot

ایجاد می‌کند. بنابراین ایجاد روش‌هایی که بتوانند با در نظر گرفتن ناپایا بودن موجک چشمه و تخمین لحظه‌ای آن و اثرات زیر سطحی، پهنای باند فرکانسی داده‌های لرزه‌ای را افزایش داده و قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای را بالا ببرد، اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.

امروزه تبدیل‌های زمان – فرکانس و زمان – مقیاس به ابزاری بسیار قدرتمند و کارآمد برای مطالعه و آنالیز سیگنال‌های ناپایا تبدیل شده‌اند و در پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند (ماتوس[1] و همکاران، ۲۰۰۵؛ کستگنا و همکاران؛ ۲۰۰۳؛ سینها[2] و همکاران؛ ۲۰۰۵؛ لیته[3] و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۳ بیان روش تحقیق

یکی از روش‌هایی که روی داده‌های لرزه‌ای برای به دست آوردن داده‌های با کیفیت بهتر و افزایش قدرت تفکیک آنها انجام می‌گیرد و خاصیت ناپایا بودن داده‌ها را در نظر می‌گیرد، تبدیل موجک است (مالات، ۲۰۰۹). در این پایان‌نامه هدف ارتقاء قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای با استفاده از تبدیل موجک گسسته پایا براساس برونیابی برپایه تبدیل هیلبرت است.

در این روش فقط از داده‌های لرزه‌ای با قدرت تفکیک پایین استفاده شده است.

[1] Mateuos
[2] Sinha
[3] Liteh