

تولید شتابنگاشتهای مصنوعی مرتبط با ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی

خسرو برگی

دانشیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

کارولوکس

استاد گروه مهندسی برق - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

حسین رحامی

فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد زلزله - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۷۹/۷/۱۲، تاریخ تصویب ۸۱/۴/۱)

چکیده

در این مقاله به معرفی یک روش جدید در تولید شتابنگاشتهای مصنوعی سازگار با طیف هدف پرداخته می‌شود. این شبکه برای داده‌های مربوط به ایران آموزش و تست شده است. روش مزبور در ادامه کار آقایان قابوسی ولین [۲،۱] انجام شده است، که بر این مبنا اقدام به تولید رکوردهای مصنوعی برای منطقه آمریکا نموده‌اند. از ویژگیهای شبکه به کار گرفته شده توسط این دو مدت زمان بسیار زیاد آموزش شبکه می‌باشد که در حدود یک هفته به طول انجامیده است. ضمن اینکه رکوردهای به کار گرفته شده عموماً ثبتهای مختلف مربوط به یک زلزله می‌باشند و بدیهی است تربیت چنین شبکه‌ای با سهولت بیشتری امکان پذیر است.

اما داده‌های به گرفته شده در این مقاله که مربوط به ایران می‌باشند، هر یک مختص به یک زلزله بوده و بدین جهت طیف وسیعی از رکوردهای ایران را پوشش می‌دهد. در این روش در یک مدت زمان بسیار کم شبکه عصبی مورد نظر که یک شبکه با قابلیت بازگشت فراگیر می‌باشد آموزش و صحت آن با تست کلید سربها سنجیده شده است. ضمن آنکه در اینجا از تبدیل کسینوسی فوری به جای تبدیل فوری سود جستیم.

واژه‌های کلیدی: شتابنگاشت مصنوعی، طیف پاسخ، طیف هدف، تبدیل کسینوسی فوری، شبکه عصبی

مقدمه

تولید شتابنگاشتهای مصنوعی^۱ مناسب، با توجه به کمبود نگاشت های ثبت شده زلزله و همچنین محدودیت و اشکالات موجود در آنها از یک سو و استفاده روزافزون از آنالیز دینامیکی تاریخچه زمانی جهت محاسبه پاسخ سیستمها از طرف دیگر، امروزه امری ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به اینکه نگاشتهای مختلف ثبت شده شرایط لرزه خیزی همان منطقه را داشته، احتمال تکرار چنین نگاشتی در مناطق دیگر بسیار پایین می‌باشد، بهترین راه عملی استفاده از نگاشتهای مصنوعی مرتبط با شرایط ژئوفیزیکی منطقه مورد نظر می‌باشد که به روشهای مختلفی ایجاد می‌شوند.

این نگاشت های جدا از هر روشی که تولید شوند، طیف پاسخ حاصل از آن معیار کنترلی برای صحت نسبی شتابنگاشت می‌باشد. در این شرایط، نگاشت به گونه‌ای اصلاح می‌شود که طیف حاصل از آن بر طیف طرح یا هدف منطبق باشد. ررسیهای مختلف نشان داده است که نگاشت های مختلف ثبت

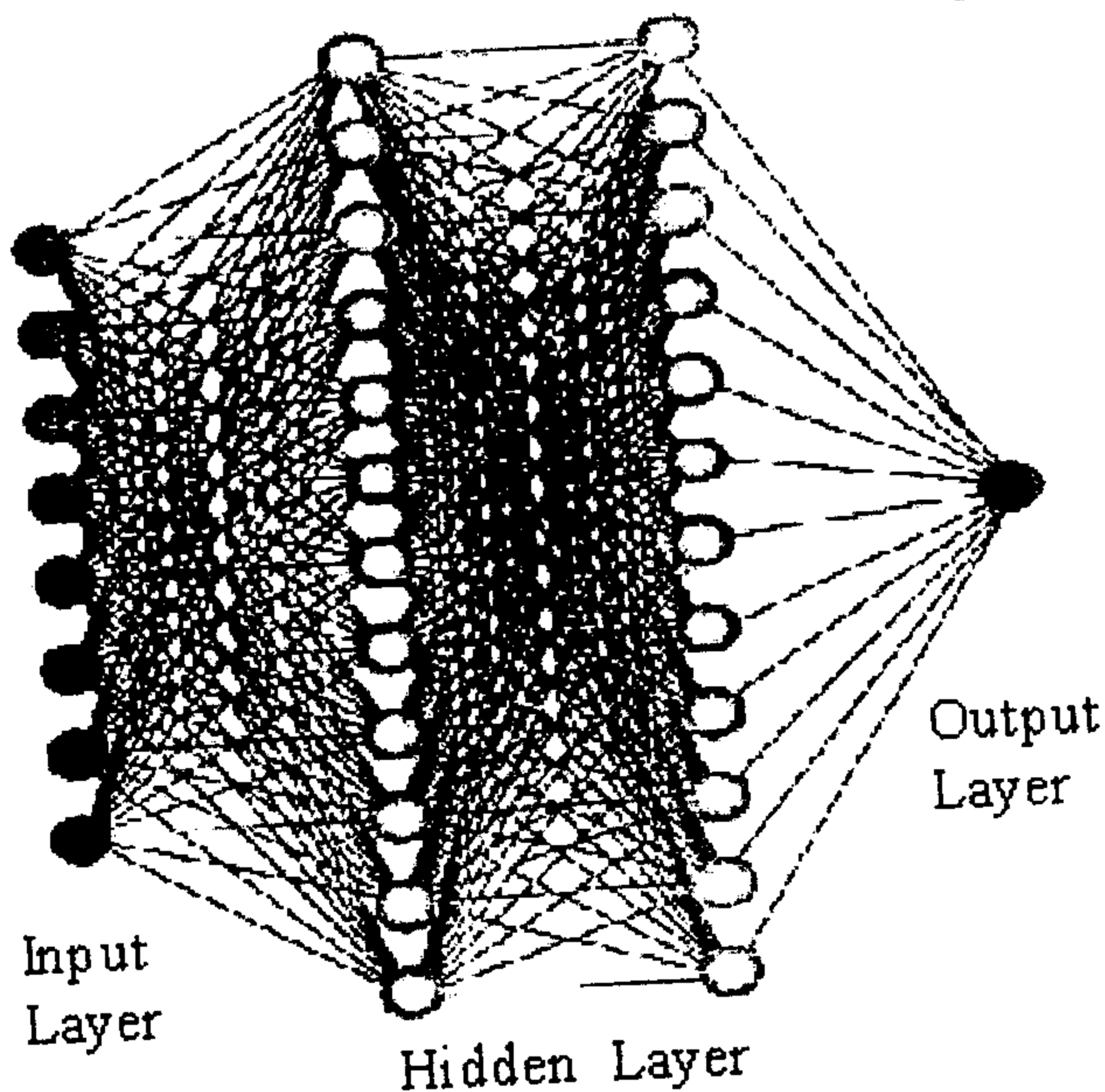
شده در یک منطقه اگر چه به لحاظ شکلی ماهیت متفاوتی دارند، اما طیفهای حاصل از آنها انطباق نسبتاً خوبی با یکدیگر دارند. در واقع علت پیشنهاد طیف طرح نیز بر گرفته از چنین ویژگی می‌باشد.

اگر به محاسبه طیف پاسخ مربوط به یک شتابنگاشت بعنوان یک مسأله مستقیم توجه شود، تعیین شتابنگاشت با توجه به طیف در واقع معکوس مسأله بالا می‌باشد. این عمل با توجه به عدم یک به یک بودن رابطه نگاشت و طیف به لحاظ ریاضی غیر ممکن است، یعنی نمی‌توان رابطه‌ای برای این منظور ارائه نمود. لذا مسأله‌ای که با آن روبرو هستیم، یافتن الگویی است برای انتقال از فضای مربوط به طیفهای پاسخ به شتابنگاشت متناظر؛ چرا که امروزه می‌توان با داشتن خصوصیات ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی یک منطقه، طیف طرح مناسب برای آنرا پیشنهاد نمود. چنین طیفی را طیف هدف نیز خواهیم خواند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۲ که برگرفته از شبکه عصبی

باشد به ازای یک بردار ورودی که با آن آموزش ندیده است، خروجی مرتبط با آن ارائه نماید.

به طور کلی در آموزش، به دنبال آن هستیم تا شبکه قابلیت درونیابی برای کلیه سریهای آموزشی را بدست آورد. شبکه‌ها عموماً از قدرت برونیابی خوبی برخوردار نیستند. به همین دلیل در انتخاب سریهای آموزشی بایستی این نکته را مد نظر قرار داد. به همین جهت در ابتدا کلیه الگوها را به دو سری آموزشی^۸ (Tr) و سری تست‌شونده^۹ (Ts) تقسیم می‌نماییم. سریهای آموزشی بایستی تا حد امکان کل فضای ممکنه را پوشش دهند. بدیهی است تعداد بیشتر سریهای آموزشی قابلیت تعمیم شبکه را بالا می‌برد.



شکل ۱: ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی.

آموزش یک شبکه فرآیندی است که ممکن است در یک مدت زمان طولانی انجام پذیرد. اما پس از تعلیم به سرعت قادر است تا به ازای هر ورودی، خروجی متناظر را ارائه نماید.

به طور کلی آموزش شبکه‌های عصبی به دو طریق صورت می‌گیرد. یکی آموزش تحت سرپرستی^{۱۰} (با معلم)، که در آن خروجی معینی به هر ورودی نسبت داده می‌شود و دیگری آموزش بدون سرپرستی^{۱۱} (بدون معلم) که دارای هیچ خروجی از قبل مشخصی نمی‌باشد.

آنچه عنوان شد یک نمای کلی از یک شبکه عصبی معمولی همانند شبکه‌های عصبی پیشرو چند لایه (MLFF)^{۱۲} می‌باشد. تا کنون انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی با قابلیت‌های مختلف

بیولوژیکی می‌باشند. می‌توانند به استخراج چنین الگوهایی کمک نمایند. این شبکه‌ها که از مؤلفه‌های سیستمهای هوشمند به شمار می‌آیند، اکنون با ساختارهای متنوع وسیعی در بیشتر علوم توسعه یافته‌اند. به طور کلی می‌توان گفت در هر مسأله‌ای چنانچه نیاز به یادگیری یک نگاشت خطی یا غیر خطی مابین دو فضای خاص باشد، این شبکه‌ها می‌توانند به خوبی این تبدیل را به انجام رسانند. در این مقاله، هدف آن است تا از یک شبکه با ورودی طیف و خروجی شتابنگاشت جهت درک ارتباط مزبور استفاده شود.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

یک شبکه عصبی مصنوعی معمولی از چند لایه و هر لایه از تعدادی اجزاء کوچک داده‌پرداز بنام نرون^۳، سلول، واحد یا گره تشکیل شده است. ساختار یک شبکه، شامل لایه‌های مختلف به همراه تعداد نرونهاي مربوطه می‌باشد. اولین لایه هر شبکه را لایه ورودی، لایه آخر را خروجی و لایه‌های میانی را اصطلاحاً لایه پنهان^۴ نامگذاری می‌کنند. بطور معمول نرونهاي هر لایه به کلیه نرونهاي لایه‌های مجاور از طریق یک رابطه جهت دار متصل می‌باشد. در شکل (۱) نمونه‌ای از ساختار فوق نشان داده شده است. اطلاعات بین نرونها از طریق این اتصالات منتقل می‌شود. هر یک از این اتصالات دارای مشخصه‌ای (وزن)^۵ مختص به خود هستند که در اطلاعات انتقال یافته از یک نرون به نرون دیگر ضرب می‌گردد. هر یک از نرونها نیز برای محاسبه خروجی خود، یک تابع تحریک^۶ را که معمولاً غیر خطی است به ورودیهایش (جمع اطلاعات وزن دار شده) اعمال می‌نمایند. آنچه به عنوان آموزش^۷ در شبکه‌ها عنوان می‌شود، چیزی جز محاسبه وزن اتصالات مختلف آن نمی‌باشد. برای آموزش یک شبکه از تعدادی سری آموزشی که هر سری شامل یک بردار ورودی و یک بردار خروجی متناظر می‌باشد، استفاده می‌شود. تعداد نرونهاي لایه ورودی و خروجی به ترتیب برابر با بعد بردارهای ورودی و خروجی می‌باشد. از آنجا که رابطه خاصی برای محاسبه تعداد لایه‌های پنهان و نرونهاي مربوطه موجود نمی‌باشد، به همین جهت چاره‌ای جز امتحان ساختارهای متفاوت نمی‌باشد.

در آموزش شبکه، وزن اتصالات مختلف به گونه‌ای محاسبه می‌شوند که با اعمال هر بردار ورودی از سری آموزشی، شبکه بتواند خروجی متناظر آنرا با میزان خطای مشخص تولید نماید. آنچه در آموزش یک شبکه مهم می‌باشد آن است که شبکه قادر

$$y(k) = \sum_{l=1}^k w(l)x(l) \cos \frac{\pi(2l-1)(k-1)}{2N}, k=1, \dots, N$$

که در آن :

$$w(l) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & l=1 \\ \frac{2}{\sqrt{N}}, & 2 \leq l \leq N \end{cases} \quad (1)$$

این تبدیل نزدیکی زیادی با تبدیل فوریه گسسته دارد. DFT در واقع یک گام از محاسبات مربوط به DCT محسوب می‌شود و از ویژگیهای بارز آن این است که دارای خاصیت تراکم انرژی می‌باشد، به گونه‌ای که فقط تعداد کمی از ضرایب این تبدیل، عمده محتوای انرژی سیگنال را در بر خواهد داشت. این باعث می‌شود تا این تبدیل در کاربردهایی نظیر انتقال داده‌ها، بسیار مفید باشد. معکوس این تبدیل با داشتن کل و یا تعدادی از ضرایب، بصورت زیر، سیگنال اولیه یا تقریب بالای آنرا باز سازی می‌نماید :

$$x(l) = \sum_{k=1}^N w(k)y(k) \cos \frac{\pi(2l-1)(k-1)}{2N}, l=1, \dots, N$$

که در آن :

$$w(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & k=1 \\ \frac{2}{\sqrt{N}}, & 2 \leq k \leq N \end{cases} \quad (2)$$

بعنوان نمونه برای یک سیگنال فرضی ممکن است با معکوس گرفتن از تنها ۵ درصد ضرایب DCT، سیگنالی بدست آورد که حدود ۸۰ درصد انرژی سیگنال اولیه را داشته باشد.

ویژگی شتابنگاشتهای انتخاب شده

برای آموزش شبکه‌های عصبی مورد نظر، در مجموع ۴۰ نگاشت زلزله با ویژگیهای متمایز از مناطق مختلف ایران انتخاب شده‌اند. خصوصیات بارز این نگاشتها در جدول (۱) ارائه شده است. این نگاشت‌ها در فواصل زمانی ۰/۰۲ ثانیه گسسته سازی شده و همگی دارای خصوصیات و ویژگیهای مختلف از جمله بزرگی، شتاب حداکثر، مدت تداوم و... می‌باشند. جهت سهولت آموزش ابتدا کلیه نگاشت‌ها را به شتاب حداکثر ۱g/۰۱ نرمالیزه

ارائه شده است. روشهای متنوعی نیز جهت آموزش آنها پیشنهاد گردیده که هرکدام از یک مبنای ریاضی خاص نشأت گرفته است. علاوه بر شبکه مزبور می‌توان به شبکه‌های با تابع پایه شعاعی (RBF)^{۱۳} اشاره نمود. این شبکه‌ها گونه‌ای از شبکه‌های عصبی پیشرو هستند که در لایه مخفی آنها به طور معمول از تابع غیر خطی گوسی استفاده شده است. برخلاف شبکه‌های پیشرو دیگر که از توابعی نظیر زیگموئید استفاده می‌کنند و تمام نقاط فضای ورودی را یکسان در نظر می‌گیرند، شبکه‌های RBF فقط محدوده‌هایی از فضای ورودی را در مقادردهی به خروجی دخیل می‌کنند که در آن محدوده‌ها تجمع وجود داشته باشد.

شبکه فوق دارای سه لایه می‌باشد و ارتباط بین نروهای لایه ورودی و مخفی به سادگی شبکه MLFF نمی‌باشد. نرونهای لایه مخفی واحدهای چند بعدی می‌باشند و بعد این نرونها برابر تعداد ورودیهای شبکه منظور می‌شود. این شبکه‌ها می‌توانند تقریب زننده خوبی برای توابع چند متغیره پیوسته باشند، منوط به آنکه تعداد توابع شعاعی کافی در آنها به کار گرفته شود.

در مسأله مورد نظر ما شبکه RBF پاسخ به مراتب بهتری نسبت به شبکه MLFF داده است، لذا احتمال آنکه شبکه‌های متناظر با RBF بتوانند نتایج بهتری بدهند، وجود خواهد داشت. در بین این شبکه‌ها، شبکه با قابلیت بازگشت فراگیر یا فرا بازگشتی (GRNN)^{۱۴} که عموماً برای تقریب تابعی به کار می‌رود، بهترین پاسخ را ارائه داده است. ساختار این شبکه مشابه RBF بوده و تنها اندکی در لایه دوم تفاوت وجود دارد. از قابلیت‌های ویژه GRNN آن است که تأثیرپذیری خروجی نسبت به خروجیهای آموزشی نسبت به سایر شبکه‌ها بیشتر می‌باشد. بدین ترتیب خروجی را می‌توان به نحوی ترکیبی از چند ورودی متناظر در سری داده‌های آموزشی دانست که دارای ورودیهای نزدیک به ورودی مورد نظر می‌باشند. این باعث می‌شود تا در تولید نگاشت‌های مصنوعی، خروجیها چندان ماهیت تصادفی (در مقابل ماهیت طبیعی بودن زلزله) نداشته و برگرفته از چند الگوی واقعی انتخاب شوند که در آنها اصلاحاتی صورت گرفته است. جزئیات کاملتر مربوط به شبکه‌های عصبی را می‌توان در مرجع [۳] دنبال نمود.

تبدیل کسینوسی فوریه (DCT)^{۱۵}

تبدیل کسینوسی فوریه یک سیگنال همانند $x(l)$ بصورت زیر محاسبه می‌شود:

GRNN می‌باشد که به سرعت آموزش می‌بیند. ورودی چنین شبکه‌ای طیف پاسخ شبه سرعت و خروجی آن تبدیل کسینوسی فوریه هر نگاشت می‌باشد. می‌توان به جای این تبدیل از تبدیل فوریه نیز سود جست، اما به سبب ویژگی‌هایی که برای تبدیل DCT اشاره شد، در اینجا از آن استفاده شده است. این تبدیلهای بدان جهت اعمال می‌شوند تا ورودی و خروجی هر دو در یک فضای فرکانسی قرار بگیرند تا استخراج ارتباط ایندو برای شبکه آسانتر گردد. در محاسبه طیف پاسخ، از روش نیگام و جنینگز با درصد میرائی ۵٪ استفاده شده است. محدوده فرکانسی مورد نظر از ۱٪ تا ۱۰۰ هرتز می‌باشد که در ۱۰۰ نقطه فرکانسی محاسبه گردیده است. لذا ورودی شبکه شامل ۱۰۰ نرون و خروجی مشتمل بر ۲۰۴۸ سلول خواهد بود.

شبکه فوق در مدت زمان ۱۳۶ ثانیه آموزش دیده است. پس از آموزش، به ازای هر ورودی، چنانچه از پاسخ شبکه، تبدیل معکوس کسینوسی فوریه گرفته شود، به یک شتابنگاشت خواهیم رسید که دارای طیف نزدیک به طیف ورودی می‌باشد. شکل (۲) تست شبکه را برای یکی از سریهای آموزشی نشان می‌دهد. این نگاشت، همان زلزله طیس می‌باشد، به طوریکه ملاحظه می‌شود پاسخ شبکه چه از لحاظ شکل نگاشت و چه از نظر طیف، انطباق کاملی با نگاشت طیف اصلی دارد.

شبکه برای کلیه نگاشت های آموزشی، چنین نتیجه قابل قبولی با همین دقت خواهد داد. اما نکته مهم جواب مناسبی است که شبکه برای الگوهای تست شونده ارائه دهد. اشکال (۳) تا (۵) نتیجه شبکه را برای سه سری از نگاشت های تست شونده نشان داده است. همانگونه که دیده می‌شود، هر چند شتابنگاشت های تولیدی شباهت زیادی به نگاشت های اولیه ندارند، اما طیف حاصل از آنها همپوشی مناسبی با طیف هدف خواهد داشت. به همین دلیل از شبکه های عصبی می‌توان به عنوان یک پایگاه حافظه استفاده نمود. این هدفی است که از ابتدا دنبال می‌شد، چرا که با توجه به تصادفی بودن ماهیت زلزله و اینکه نگاشت های مختلفی با طیف های پاسخ یکسان وجود دارند، توقع آنکه بتوان به نگاشت ی که از لحاظ شکل با شتابنگاشت اولیه انطباق داشته باشد، نخواهد بود. بدین ترتیب مشاهده شد که با آموزش یک شبکه در مدت زمان نسبتاً کوتاهی، می‌توان به ازای هر طیف ورودی، نگاشتی دارای طیف پاسخ نزدیک به طیف ورودی را با سرعت ایجاد نمود. این شتابنگاشت، با اقتباس نگاشت های آموزشی به گونه ای تولید شده است که دارای چنین ویژگی

نموده، سپس برای یکسان شدن طول نگاشت ها جهت آموزش عدد $N=2^{11}=2048$ را به عنوان مینا انتخاب کرده، نگاشت های کوتاهتر را با اضافه کردن صفر و نگاشتهای بلندتر را با محاسبه طول مدت تداوم قوی به این تعداد می‌رسانیم. از میان الگوها، ۳۰ نگاشت بعنوان الگوی آموزشی (Tr) و مابقی تحت عنوان الگوی تست شونده (Ts) انتخاب شده‌اند، علت این تقسیم بندی بدان جهت است که شبکه‌ها عموماً داده‌های آموزشی را با دقت بالایی فرا می‌گیرند، اما هنگامی می‌توان شبکه‌ای را کارا تلقی کرد که نسبت به الگویی که آموزش ندیده است، قادر به ارائه خروجی مناسب باشد.

جدول ۱: داده های پایه شتابنگاشتهای مورد استفاده در آموزش و تست شبکه.

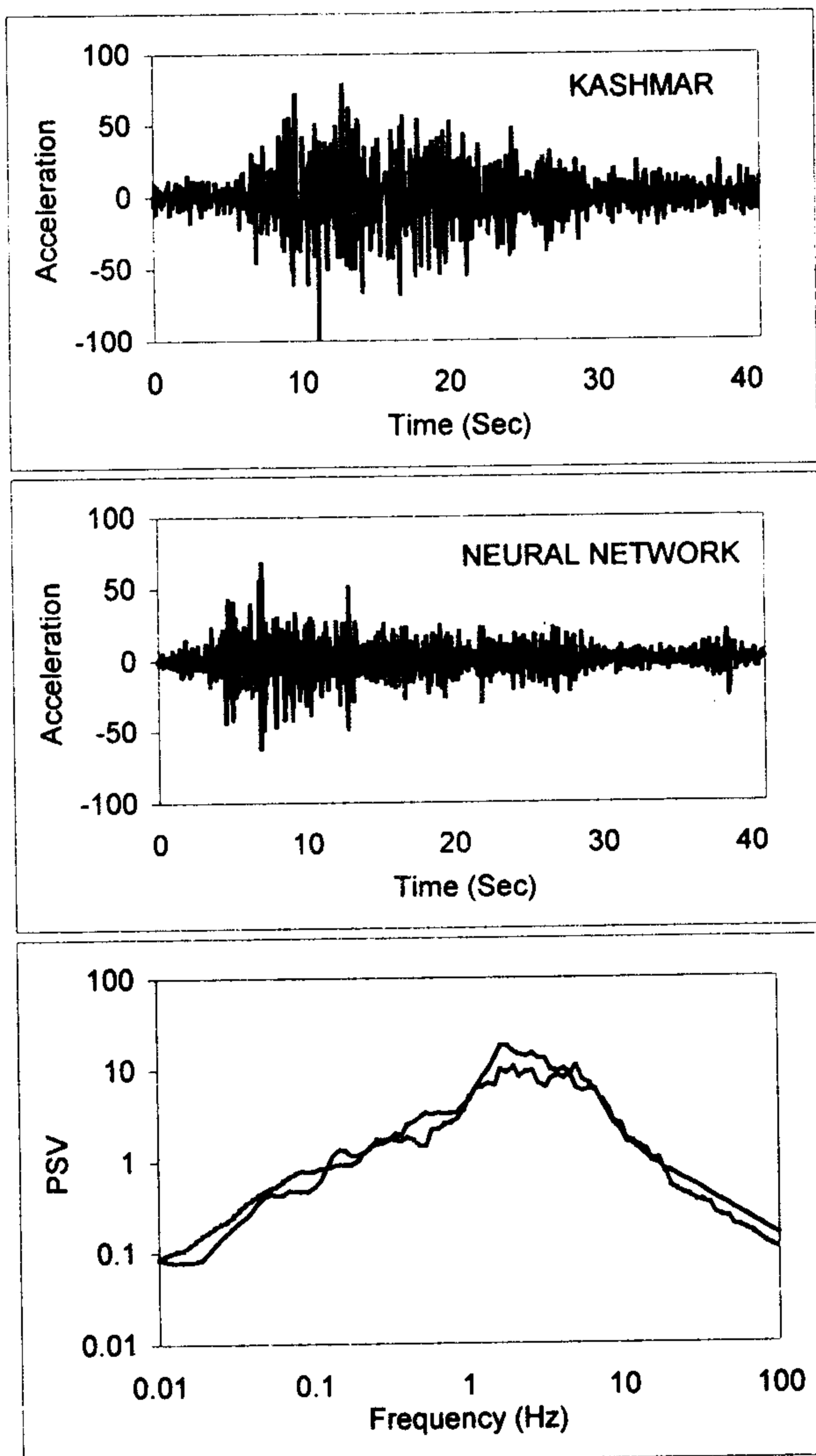
ردیف	زمان تلوم	شرایط زمین شناختی ساختگاه	حماکتز شتاب تصحیح شده	بزرگی زمینلرزه	نام جغرافیایی ایستگاه	تاریخ رویداد
۱	۱۹/۵۴		۱۱۵	۶/۴	قائن	1976.11.07
۲	۴۵/۲۱	IV-B	۹۰	۶/۹	بندرعباس-۲	1977.03.21
۳	۲۰/۹۶	I-A	۷۰۰	۶/۱	ناغان-۱	1977.40.06
۴	۵۸/۳۸	I-A	۲۷۲	۶/۷	دیپوک	1978.09.16
۵	۴۹	II-A	۸۳۲	۷/۳	طیس	1978.09.16
۶	۳۹/۵۸	III-B	۷۸	۷/۳	بیجستان	1978.09.16
۷	۱۸/۹۶		۱۷۱	۶/۲	هشتیر	1978.11.04
۸	۳۲/۴۲	III-B	۶۹	۶/۸	خاف	1979.01.16
۹	۵۳/۰۲	IV-B	۷۶	۷/۳	فردوس	1978.09.16
۱۰	۶۷/۴۲	III-C	۷۰	۷/۱	کاشمر	1979.11.27
۱۱	۳۲/۰	III-B	۱۰۴	۷/۱	بیجستان	1979.11.27
۱۲	۳۰/۱۶		۱۸۶	۷/۱	قائن	1979.11.27
۱۳	۶۰	III-B	۷۵	۷/۱	تایباد	1979.11.27
۱۴	۵۰/۵۲	IV-B	۶۹	۷/۱	گناباد	1979.11.27
۱۵	۵۸/۰۴	III-B	۱۲۷	۷/۱	خاف	1979.11.27
۱۶	۵۹/۳۲	III-A	۲۱۷	۷	کلیف	1981.07.28
۱۷	۱۸/۶۶	III-C	۲۹۹	۵	شلمزار	1984.06.01
۱۸	۱۵/۳۴	I-A	۲۹۰	۵/۳	قیر	1985.02.02
۱۹	۱۷/۲۸	III-C	۸۵	۵/۶	نورآباد ممسنی	1988.12.06
۲۰	۲۹/۴۸		۱۲۷	۷/۷	ابهر	1990.06.20
۲۱	۵۳/۱۰	IV-A	۹۱	۷/۷	رودسر	1990.06.20
۲۲	۶۰/۵۴	IV-A	۱۱۱	۷/۷	لامیجان	1990.06.20
۲۳	۳۵/۹۴	IV-A	۱۳۰	۷/۷	تنکابن	1990.06.20
۲۴	۴۹/۴۸		۶۳	۷/۷	گچسار	1990.06.20
۲۵	۵۹/۷۸	III-B	۱۲۵	۷/۷	زنجان	1990.06.20
۲۶	۱۲/۵۸	III-B	۶۴	۷/۷	رباط کریم	1990.06.20
۲۷	۴۵/۷۸		۷۱	۷/۷	اشتهارد	1990.06.20
۲۸	۱۹/۹۴	I-A	۲۶۸	۵/۷	رودبار-۱	1991.11.28
۲۹	۲۷/۱۴		۳۹۴	۶/۱	میمند	1994.06.20
۳۰	۳۲/۲۴	I-A	۱۹۶	۵/۵	زرات	1994.03.20
۳۱	۴۳/۵۰	I-A	۲۸۹	۵/۹	زرات	1994.06.20
۳۲	۳۸/۳۶	II-A	۲۳۵	۵/۹	فیروزآباد-۱	1994.06.20
۳۳	۶۳/۱۸	II-A	۸۴۱	۵/۹	زنجران	1994.06.20
۳۴	۳۱/۹۶		۴۳۳	۴/۹	فین	1994.01.24
۳۵	۲۸/۰۶	I-A	۸۶	۷/۳	ماکو	1976.11.24
۳۶	۴۱/۰۲	IV-B	۹۸	۶/۹	بندرعباس-۱	1977.03.21
۳۷	۳۹/۲۰	III-B	۷۴	۶/۸	خاف	1979.11.14
۳۸	۲۹/۷۴	II-A	۱۵۰	۵/۸	طیس	1980.01.12
۳۹	۳۵/۹۸	IV-C	۹۴	۷/۱	خضری	1979.11.27
۴۰	۳۸/۰۴		۹۸	۷	کرمان	1981.07.28

تولید رکوردهای مصنوعی با استفاده از شبکه GRNN

شبکه عصبی به کار گرفته شده، همانگونه که ذکر شد شبکه

انطباقی به جهت طیف گردد. این نگاشت، یک نگاشت مصنوعی دارای طیف پاسخ سازگار با طیف هدف و قابل استفاده جهت آنالیز دینامیکی سازه در منطقه مورد نظر می‌باشد.

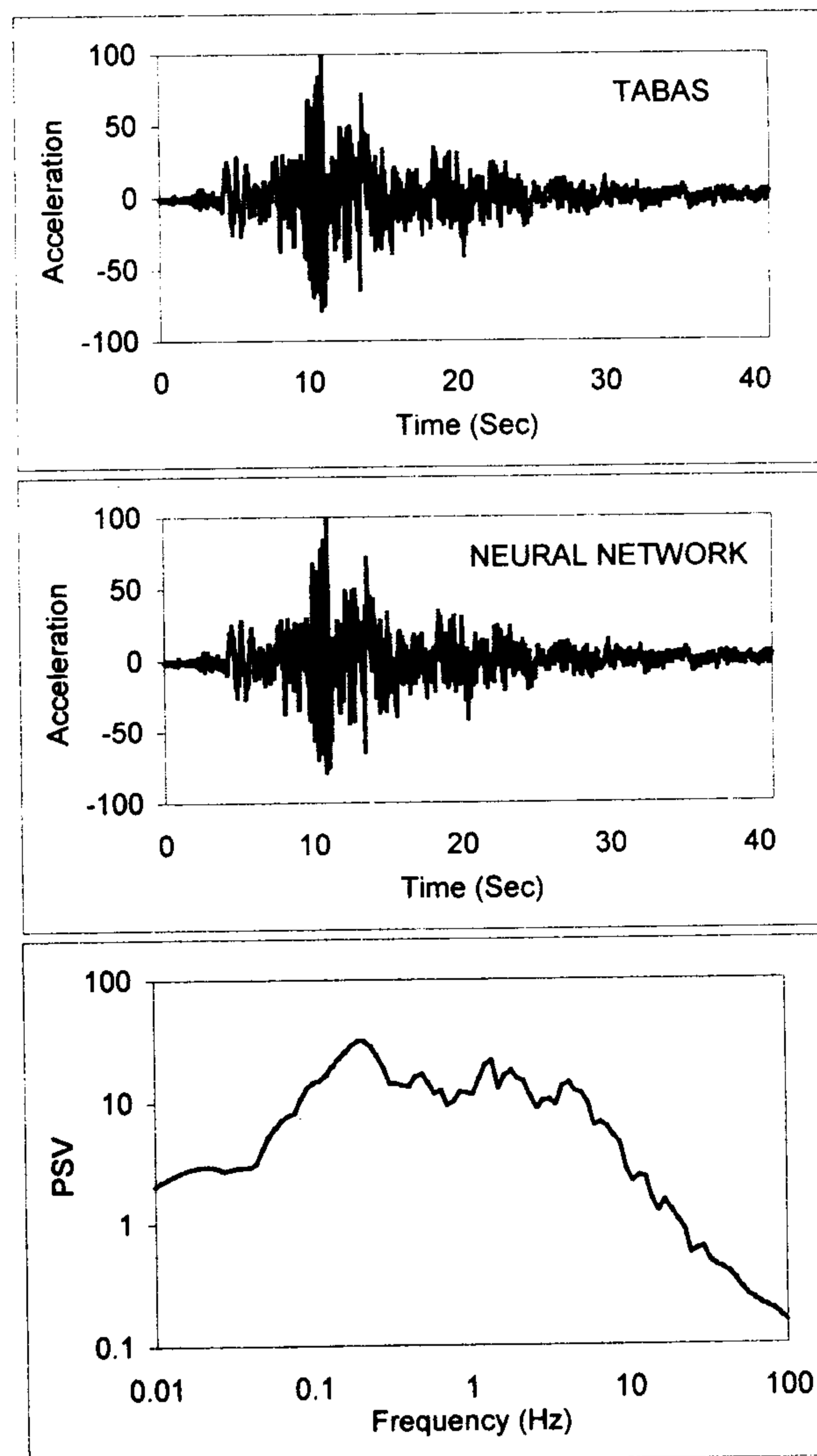
داشت.



شکل ۳: تست شبکه برای یک داده از مجموعه سریهای تست‌شونده (شتابنگاشت کاشمر).

شبکه مورد استفاده برای این انتقال با توجه به کمبود الگوهای آموزشی شبکه با قابلیت بازگشت فراگیر یا فراپازگشتی (GRNN) انتخاب شده است و از ویژگیهای بارز آن این است که پاسخ مربوط به هر ورودی را می‌توان بر گرفته از دو یا چند الگوی آموزشی در نظر گرفت. چنین شبکه‌هایی مشابه یک استنتاجگر فازی عمل کرده، لذا در ارائه پاسخ مورد نظر، که یک نگاشت مصنوعی می‌باشد، نتیجه بسیار مناسبی ارائه خواهد داد.

بدین ترتیب با ارائه هر طیف ورودی وابسته به هر منطقه ایران می‌توان نگاشتهای مصنوعی با طیف پاسخ سازگار با طیف هدف

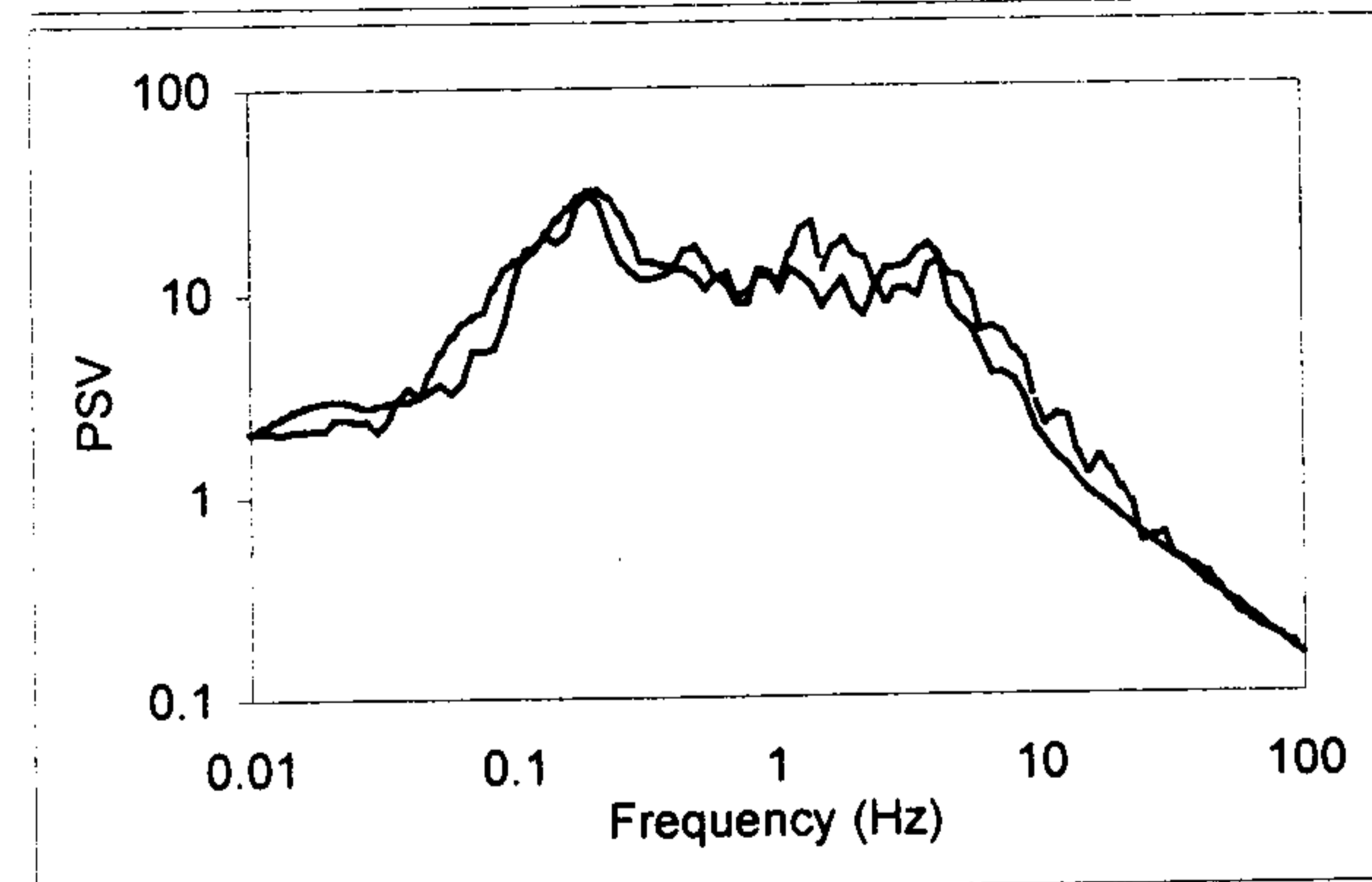
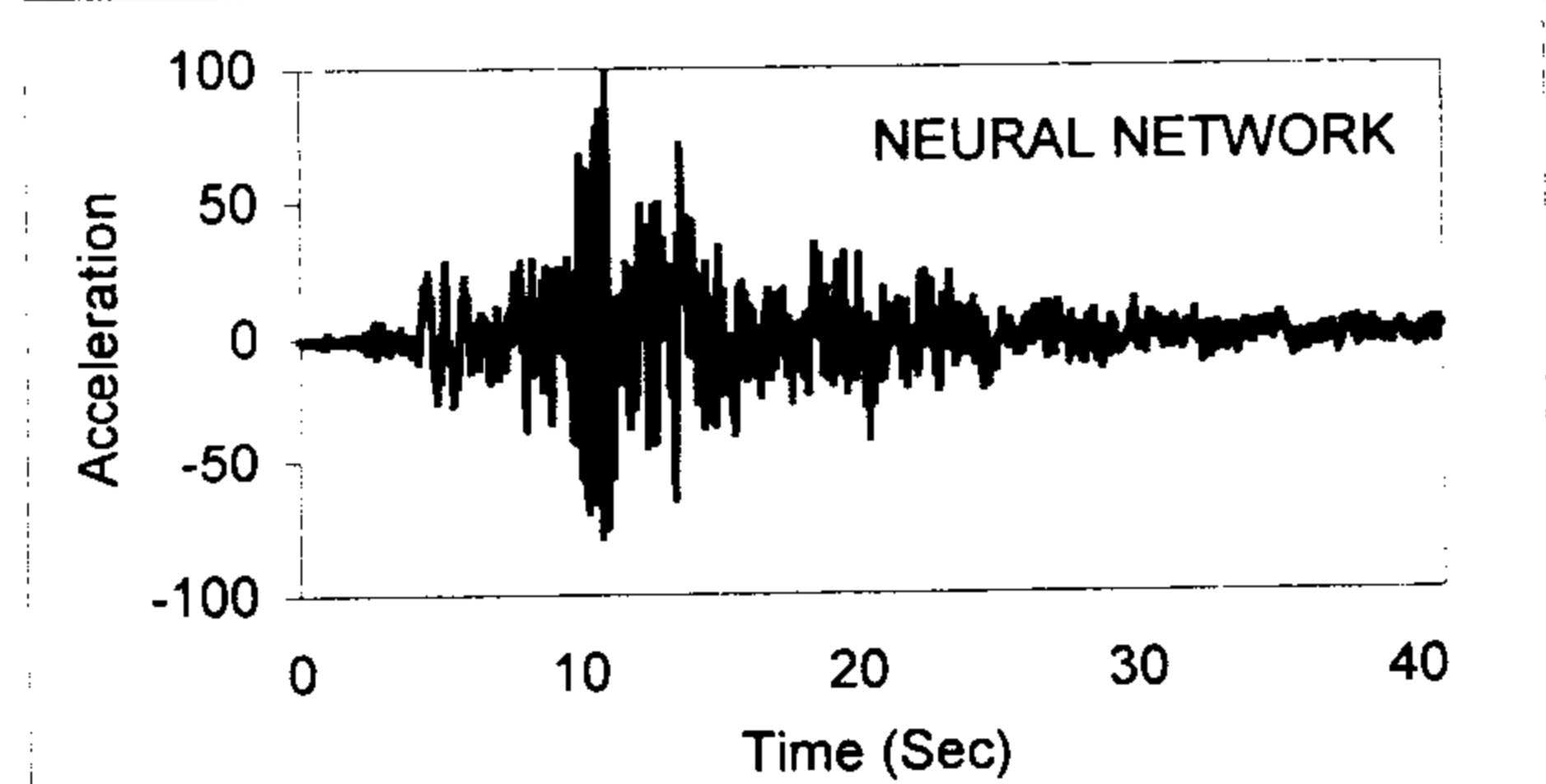
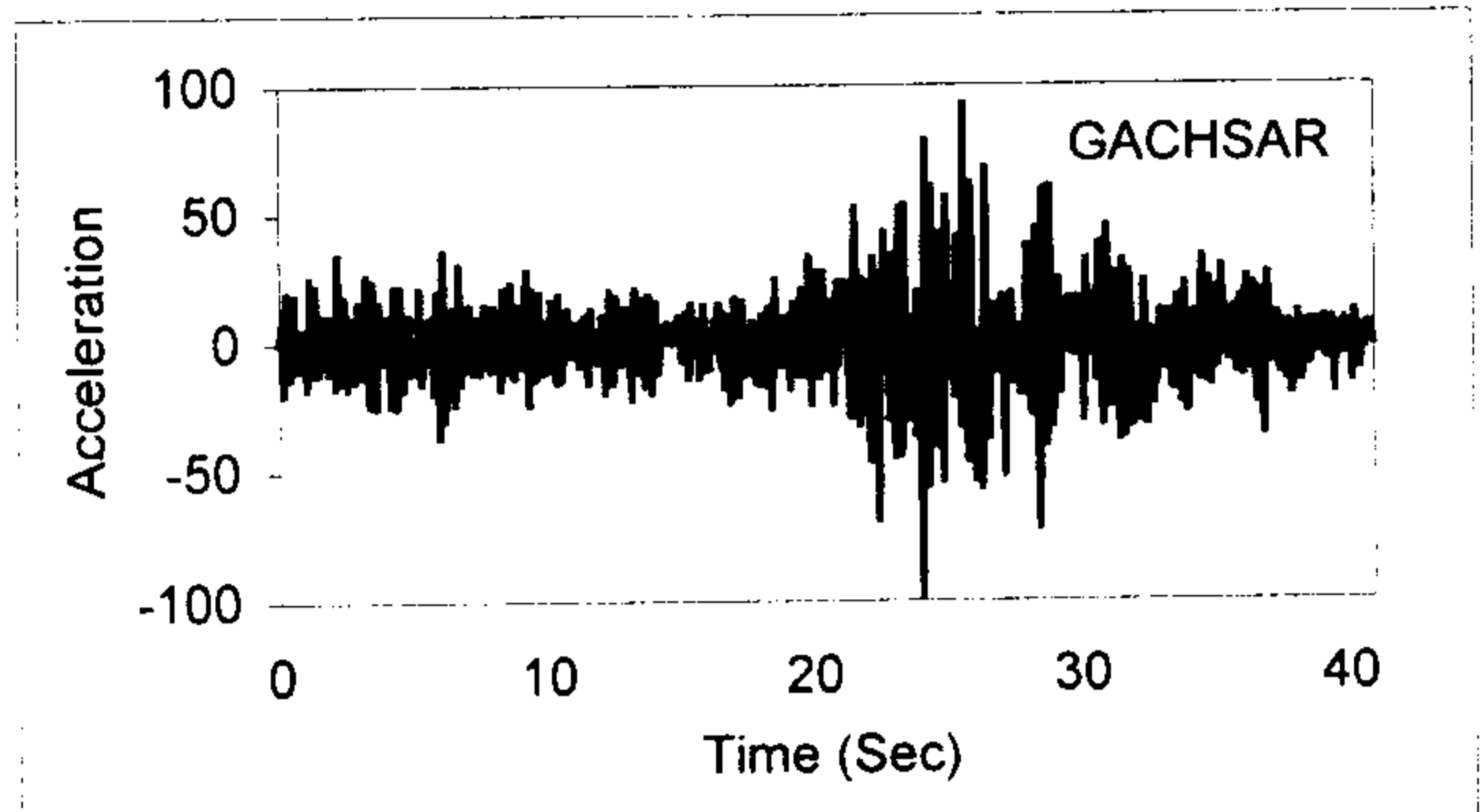


شکل ۲: تست شبکه برای یک داده از مجموعه سریهای آموزشی (شتابنگاشت طبس).

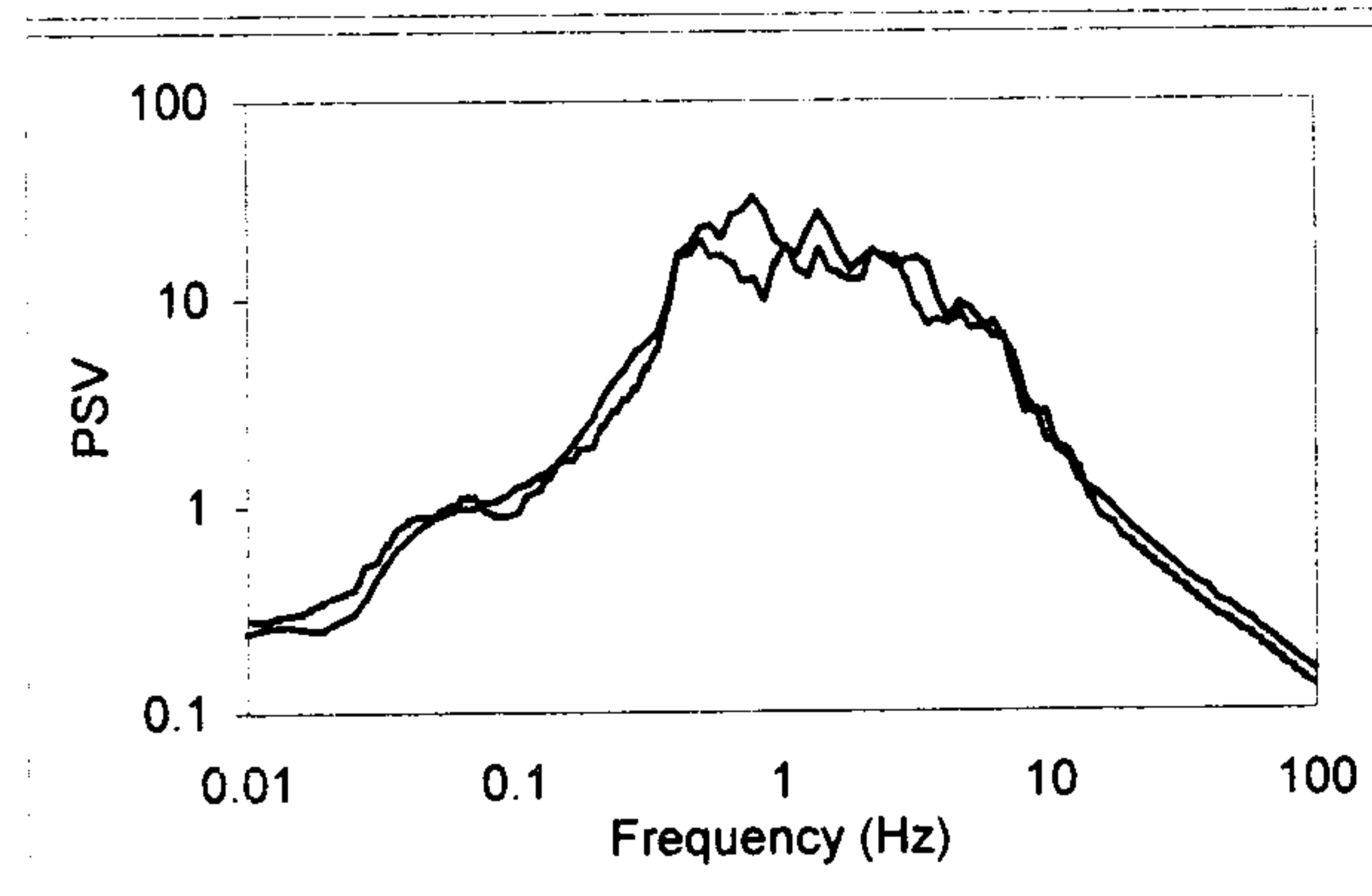
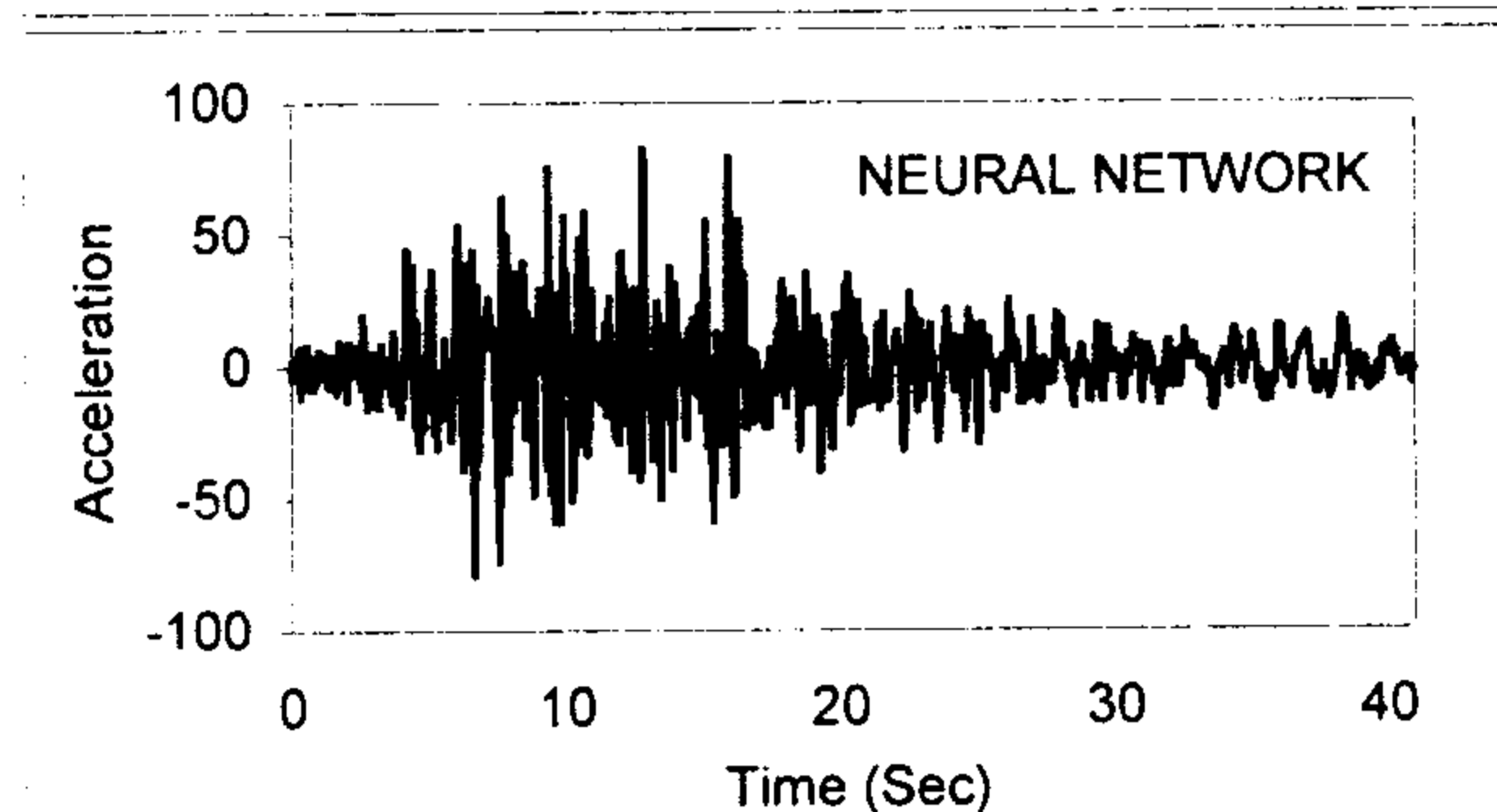
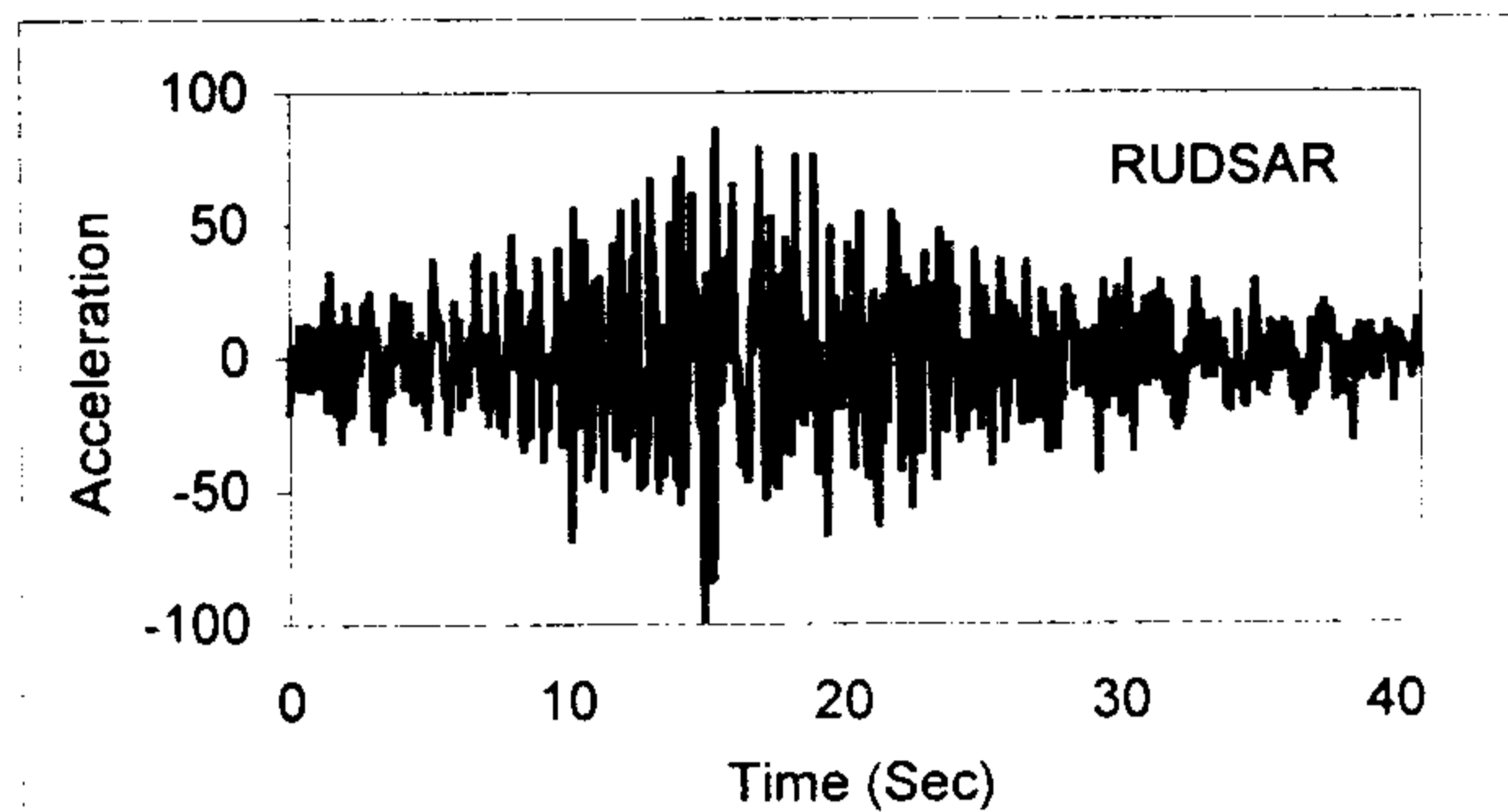
نتیجه‌گیری

در این مقاله نحوه به کارگیری یک شبکه عصبی برای تولید نگاشتهای مصنوعی زلزله بیان شده است. این شبکه برای داده‌های مربوط به ایران آموزش و تست شده است. در آموزش ن از طیف پاسخ به عنوان ورودی و تبدیل کسینوسی فوریه نوان خروجی استفاده شده است. همانگونه که ملاحظه شده، شبکه داده‌های آموزشی را با دقت بالایی فرا گرفته و در ارائه سخ نسبت به الگوهای تست‌شونده نیز دقت مناسبی خواهد

منطقه، تقسیم بندی نموده و برای هر بخش شبکه‌ای مجزا در نظر گرفت. همچنین مناسب است که کلیه نگاشت‌ها را به گونه‌ای در طول محور زمان انتقال دهیم که کلیه حداکثرها در یک نقطه خاص رخ دهند. پس از آموزش هر بخش، با توجه به طیف مربوط به هر تپ خاک، شبکه مربوط به آنرا برای ارائه یک شتابنگاشت مصنوعی مناسب منطقه به کار برد.



شکل ۵: تست شبکه برای یک داده از مجموعه سریهای تست‌شونده (شتابنگاشت گچسر).



شکل ۴: تست شبکه برای یک داده از مجموعه سریهای تست‌شونده (شتابنگاشت رودسر).

ایجاد نمود.

بدیهی است قابلیت چنین شبکه‌ای را با اضافه کردن سریهای آموزشی می‌توان بالاتر برد. در چنین حالتی بهتر آن است که در ابتدا کلیه نگاشت‌ها را بر حسب طول مدت تداوم و تپ خاک

مراجع

- Ghaboussi, J. and Lin, C. J. (1998). "New method of generating spectrum compatible accelerograms using neural networks." *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, Vol. 27, PP. 377-396.
- Lin, C. J. and Ghaboussi, (2000). "Recent progress on neural network based methodology for generating

Artificial earthquake accelerograms." *Proc. 12 WCEE*, No. 0497.

3 - Haykin, S. (1994). *Neural Networks*. Macmillan College Publishing Co., New York.

4 - *MATLAB Reference Guide* (1999). The Math Works, Inc.

۵ - فدائیان، ر. "تولید شتابنگاشت‌های مصنوعی با استفاده از شبکه عصبی." پژوهشنامه مؤسسه زلزله شناسی، آبان ماه (۱۳۷۵).

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Artificial Accelerograms
- 2- Artificial Neural Networks (ANNs)
- 3- Neuron
- 4- Hidden Layer
- 5- Weight
- 6- Activation Function
- 7- Training
- 8- Training Data Set
- 9- Testing Data Set
- 10- Supervised
- 11- Unsupervised
- 12- Multi Layer Feedforward (MLFF)
- 13- Radial Basis Function (RBF)
- 14- Generalized Regression N.N. (GRNN)
- 15- Discrete Cosine Transform(DCT)

