

## تخمین ضرایب الاستیک در مخزن نفت با استفاده از اطلاعات نگارهای چاه به کمک شبکه های عصبی مصنوعی

<sup>2</sup>محمد سبزه پرور<sup>1</sup> دکترمجید نبی بید هندی

### چکیده

تخمین ضرایب الاستیک یکی از مهمترین مراحل در توسعه چاه ها و میادین نفتی در حال تولید است. ضرایب الاستیک یکی از خصوصیات فیزیکی سنگ بوده، بنابراین با دانستن آنها می توان به برخی از پارامترهای متغیر در مخزن نظیر فشار پی برد، چرا که در اثر استخراج، فشار مخزن بصورت غیر منظم افت پیدا می کند. بنابراین در اثر به تعادل رسیدن شرایط فیزیکی در مخزن می توان با دانستن ضرایب الاستیک تغییرات فشار در داخل مخزن و نهایتاً وضعیت حرکت و مهاجرت سیال داخل مخزن را بررسی نمود. برای بدست آوردن ضرایب الاستیک باید سرعت موج تراکمی، موج برشی و چگالی را داشت، و از آنجا که اندازه گیری موج برشی در چاه هزینه بالایی دارد و تخمین آن توسط روابط موجود از روی سرعت موج تراکمی و تخلخل، دقت بالایی ندارد، بنابراین در این مطالعه از شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان ابزار مناسبی جهت تخمین موج برشی استفاده شد.

شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در این مطالعه ضریب همبستگی خوبی در مرحله آزمایش از خود نشان داد ( $R = 0.91$ ). از پارامترهای سرعت موج تراکمی، چگالی، پرتو گاما و تخلخل مربوط به چاه (شماره ۳) میدان نفتی آزادگان به عنوان ورودی و از پارامتر سرعت موج برشی به عنوان هدف استفاده شد، تا شبکه آموزش داده شود که برای هر چاه از روی داده های ورودی، سرعت موج برشی را تخمین بزند. سپس سرعت موج برشی برای چاه (شماره ۱) یک میدان نفتی آزادگان تخمین زده شد، با استفاده از نگارهای سرعت موج تراکمی و چگالی اندازه گیری شده از چاه (شماره ۱) و سرعت موج برشی تخمین زده شده، ضرایب الاستیک در مخزن (محدوده چاه شماره یک) را بدست آمد. تخمین موج برشی علاوه بر محاسبه ضرایب الاستیک، در مطالعات لرزه ای و شناسایی میادین هیدروکربوری از اهمیت بسزایی برخوردار است.

واژه های کلیدی: ضرایب الاستیک، شبکه های عصبی مصنوعی، نگار های چاه

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئوفیزیک ( لرزه شناسی ) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیئت علمی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

## Estimation of Elastic Parameters in Oil Reservoir with Using Well log Information and Neural network

Mohammad Sabzehparvar and Dr. Majid Nabi-Bidhendi

### Abstract

Prediction of elastic parameters has an important role in the development of oil field. Elastic parameters are important properties, so by knowing them, we can find some variable parameters in reservoir, like pressure, to find the location of oil. In addition, elastic parameters have an important part in the study of isotropy and anisotropy in the earth. Moreover, elastic parameters are a basic way in computing geomechanics parameters in reservoir. For calculation of elastic parameters, we should know compressional wave velocity, shear wave velocity and total density. However, measuring shear wave is difficult and expensive.

Therefore in this study we used artificial neural networks for better result. The neural network, which we used, is a feed forward back propagation with three layers and it is made of four neurons in input layer, twelve neurons in hidden layer and one neuron in output layer. With appropriate correlation coefficient in validation process ( $R = 0.91$ ).

We used compressional wave velocity, gamma ray, porosity and density for input and shear wave velocity as output, till our network is trained. Then, we can use every well data for input for estimating shear wave velocity and finally elastic parameters.

**Keywords:** Elastic Parameters, Artificial neural networks, Well log

### مقدمه:

موج تراکمی، سرعت موج برشی و چگالی در مخزن لازم است، و اطلاع از سرعت موج برشی نیاز به دستگاه های مدرن با هزینه بالایی دارد و همچنین استفاده از آنها در تمام چاه ها امکان پذیر نیست. لذا در این مطالعه نگارهای پتروفیزیکی صوتی (سرعت موج تراکمی)، چگالی، پرتو گاما و نگار نوترون معلومات ما هستند و توسط آنها سرعت موج برشی را تخمین می زنیم. برای تخمین سرعت موج برشی، ابتدا از تعدادی روابط موجود مانند کاستاگنا (Castagna, 1993)، دومینیکو (Domenico, 1984) و پیکت (Pickett, 1963) استفاده شد، و سرعت های تخمین زده شده توسط این روابط با سرعت موج برشی اندازه گیری شده در مخزن توسط ابزار دایپل مقایسه شدند.

برای دقت بیشتر و صرف وقت کمتر در این مطالعه از شبکه های عصبی مصنوعی پس انتشار برای تخمین سرعت موج برشی استفاده شد. شبکه های پس انتشار به

با توسعه و پیشرفت روز افزون روش ها و تکنیک های استفاده از نگارهای چاه پیمایی، مطالعات هر چه بیشتر و دقیقتر بر روی مخازن هیدروکربوری انجام می شود. ارزیابی مخازن هیدروکربوری با استفاده از روش های لرزه نگاری و همچنین مشاهده و کنترل بازیافت ثانویه و افزایش میزان تولید نفت و جزئیات نگار صوتی با هم ترکیب و سعی می شود تا با استفاده مشترک از تمامی آنها به شناخت صحیح و دقیقی از محدوده مورد مطالعه دست یافت.

در این میان تخمین ضرایب الاستیک نقش بسزایی دارد. با دانستن آنها می توان به برخی از پارامترهای متغیر در مخزن نظیر فشار پی برد، همچنین با محاسبه ضرایب الاستیک وضعیت همسانگردی و ناهمسانگردی را می توان مطالعه نمود. بعلاوه، دانستن ضرایب الاستیک از اصول اولیه محاسبات ژئومکانیک است. از آنجا که برای بدست آوردن ضرایب الاستیک سنگها، دانستن سرعت

اطلاعات را در قالب یک مجموعه از شاخص هایی که الگو را شکل می دهند، از محیط دریافت کرده، آنها را به لایه یا لایه های میانی انتقال می دهند. لایه میانی، کار پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات را انجام می دهد. به همین طریق، لایه میانی نیز به لایه خروجی مرتبط است. لایه خروجی، نتیجه تجزیه و تحلیل اطلاعات را دریافت کرده و آنرا به یک تفسیر با معنی برای ابلاغ و برگشت دادن به محیط تبدیل می کند (Hagan et al, 1996). شکل (۱-۲)، شمای کلی یک شبکه عصبی سه لایه را نشان می دهد.

#### - بررسی مدل های تخمین موج برشی

بیشتر مطالعاتی که برای تخمین سرعت موج برشی از سرعت موج تراکمی و یا تخلخل و حجم شیل انجام شده است مربوط به ماسه سنگها می باشد، به عنوان مثال (Castagna et al., 1985) و (Xu & White, 1966). در مورد تخمین سرعت موج برشی در کربناتها تحقیق کمتری صورت گرفته است، در این مطالعه مخزن مورد نظر از نوع رسوبات کربناته است. در این قسمت از برخی روابط تخمین موج برشی روی سنگهای آهکی و کربناته استفاده شد و سرعت موج برشی اندازه گیری شده توسط ابزار دایپل (Dipole) و تخمین زده شده توسط این روابط مقایسه شدند.

#### - روابط پیکت (Pickett)

پیکت مطالعات آزمایشگاهی متعددی بر روی سنگهای مختلف انجام داده و نتیجه گرفته است که سرعت امواج برشی در سنگهای مختلف ضریب ثابتی از  $V_p/V_s$  را برای سنگ آهک، دولومیت، و ماسه سنگ به ترتیب  $1/9$ ،  $1/8$  و  $1/6$  بدست آورد. روابط پیکت زمانی اعتبار دارند

که  $V_p$  بزرگتر از ۳ کیلومتر بر ثانیه باشد. در این مطالعه برای بدست آوردن سرعت امواج برشی در کربناتها، سرعت امواج تراکمی بدست آمده از نگار صوتی

دلیل کارایی بهتر و آموزش آسانتر از جمله شبکه های عصبی مصنوعی هستند که برای مقاصدی نظیر پیش بینی و تخمین مورد استفاده قرار می گیرند.

در شبکه مورد نظر از پارامترهای سرعت موج تراکمی، پرتو گاما، چگالی و تخلخل به عنوان ورودی و از پارامتر سرعت موج برشی به عنوان هدف استفاده شد، تا شبکه آموزش ببیند (Train)، وقتی شبکه به اندازه کافی آموزش دید، می توان با وارد کردن ورودی ها به شبکه سرعت موج برشی را تخمین زد.

حال می توان برای هر چاهی در منطقه سرعت موج برشی را تخمین زد و با وجود سرعت موج

تراکمی و نگار چگالی، توسط روابط موجود، ضرایب الاستیک را بدست آورد. تخمین ضرایب الاستیک بعضاً در چاه ها از طریق آزمایشات تست فشار صورت می گیرد که این اندازه گیری بصورت نقطه ای و محدود است.

از طریق شبکه های عصبی مصنوعی می توان تغییرات الاستیک سنگ مخزن را نقطه به نقطه و با تغییرات عمق و مکان بدست آورد.

هدف در این مطالعه بدست آوردن ضرایب الاستیک توسط تخمین موج برشی است، حال آنکه داشتن سرعت موج برشی کاربرد های زیادی در مطالعات و تعبیر و تفسیر مخازن دارد.

#### روش

##### - مکانیسم شبکه های عصبی مصنوعی

نرونهاي مورد استفاده در شبکه های عصبی مصنوعی شکل بسیار بسیار ساده ای از نرونهاي بیولوژیکی می باشند، که می توان آنها را به عنوان عناصری از یک برنامه کامپیوتری یا شاید تراشه های نیمه هادی در نظر گرفت. این نرونها از طریق اتصالات ساده ای با یکدیگر در ارتباط اند. نرونها در قالب لایه ها سازماندهی می شوند. هر لایه مسئول یک کار خاصی است، بطور کلی در یک شبکه سه نوع لایه وجود دارد. لایه ورودی،

$$\frac{1}{V} = A + B\phi \quad (1-2)$$

در رابطه فوق  $\phi$  تخلخل کل بصورت اعشاری و  $V$  سرعت بر حسب متر بر میکروثانیه است. مقادیر  $A$  و  $B$  بر طبق جدول دومینیکو (Domenico, 1984) برای چهار حالت سرعت امواج برشی و تراکمی، در سنگ آهک و ماسه سنگ در فشارهای مؤثر مختلف ارائه شده است.

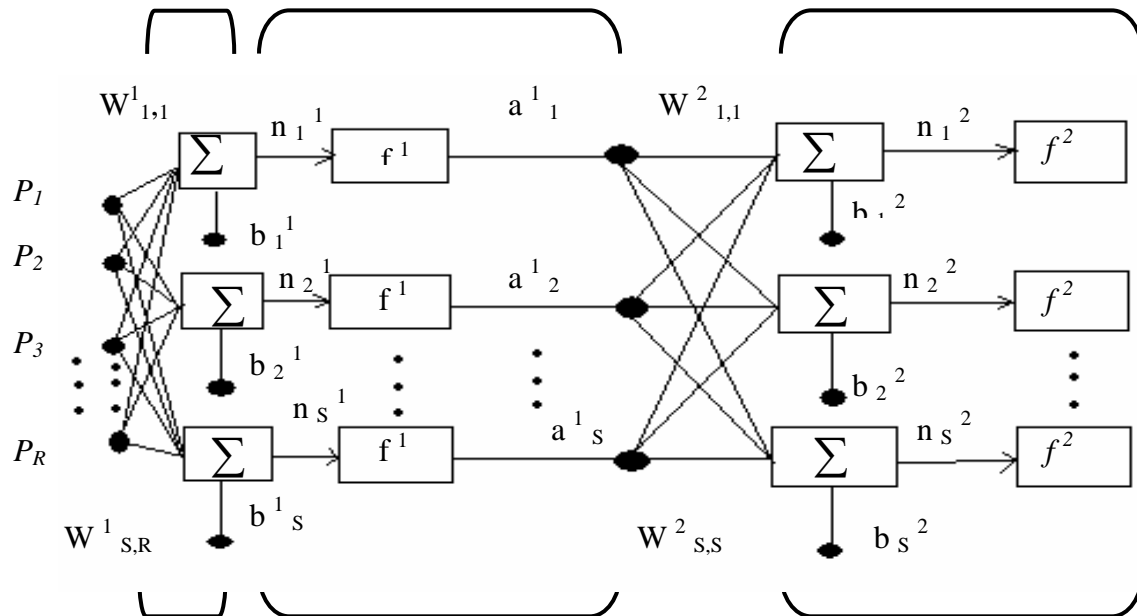
در شکل (۳-۲) سرعت موج برشی محاسبه شده از این رابطه با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه و نشان داده شده است.

بر ۱/۹ تقسیم شد.

در شکل (۲-۲) سرعت موج برشی تخمین زده شده توسط رابطه پیکت (برای سنگ آهک) در مقابل مقادیر سرعت موج برشی اندازه گیری شده توسط ابزار داپلر در مخزن ترسیم شده است، همانطور که دیده می شود همبستگی خوبی ( $R = 0.91$ ) بین آنها وجود دارد.

#### - معادله دومینیکو (Domenico)

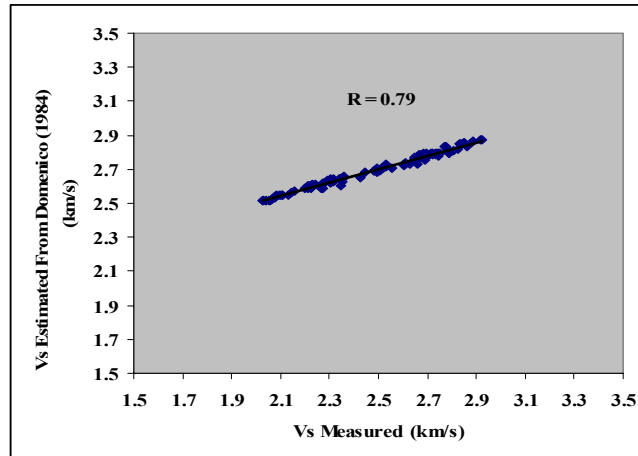
دومینیکو مطالعاتی بر روی داده های پیکت انجام داد و معادله زیر را برای برآورد سرعت امواج برشی و تراکمی با استفاده از تخلخل در فشارهای مختلف ارائه داد:



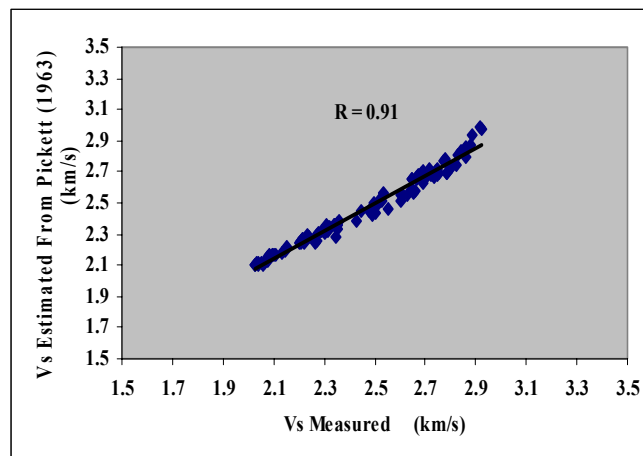
$$\underline{a}^1 = f^1(W^1 \underline{p} + \underline{b}^1)$$

$$\underline{a}^2 = f^2(W^2 \underline{a}^1 + \underline{b}^2) = f^2(W^2(f^1(W^1 \underline{p} + \underline{b}^1)) + \underline{b}^2)$$

شکل (۱-۲) شبکه عصبی سه لایه با احتساب لایه ورودی (Hagan et al., 1996)



شکل (۳-۲) سرعت موج اندازه گیری شده (از چاه ۳ توسط ابزار داپیل) در مقابل سرعت موج برشی تخمین زده شده از رابطه دومینکو



شکل (۲-۲) سرعت موج برشی اندازه گیری شده (از چاه ۳ توسط ابزار داپیل) در مقابل سرعت موج برشی تخمین زده شده از معادله پیکت

محاسبه سرعت امواج برشی در لیتولوژیهای مختلف استفاده کردند و روابط زیر را ارائه دادند:

(۲-۲) برای سنگ آهک

$$V_s = -0.05509V_p^2 + 1.0168V_p - 1.0305$$

(۳-۲) برای ماسه سنگ

$$V_s = 0.8042V_p - 0.8559$$

(۴-۲) برای دولومیت

$$V_s = 0.583V_p - 0.07776$$

$$V_s = 0.7700V_p - 0.8674$$

همانطور که در شکل مشاهده می شود، علیرغم همبستگی نسبی مقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه گیری شده ( $R = 0.79$ )، مقادیر تخمین زده شده توسط این مدل بزرگتر از مقادیر اندازه گیری شده هستند.

- روابط کاستاگنا (Castagna)

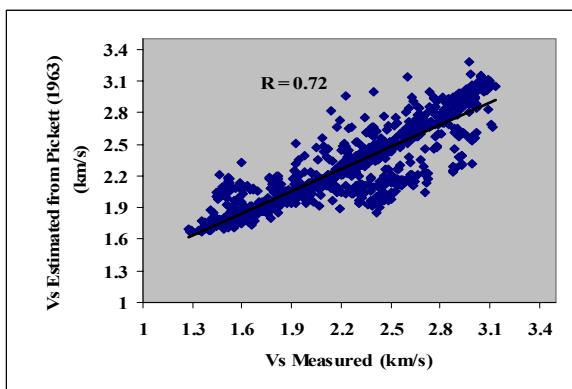
کاستاگنا و همکاران (Castagna et al., 1993) برای تخمین سرعت امواج برشی با استفاده از پارامترهای دیگر مطالعات متعددی انجام دادند. آنها همچنین از داده های محققین دیگر برای بدست آوردن رابطه مناسب برای

(۶-۲) برای لیتولوژی های مختلف

$$\sum X_i V_i = \sum X_i (A_i \phi + B_i \log p + C_i), \sum X_i = 1$$

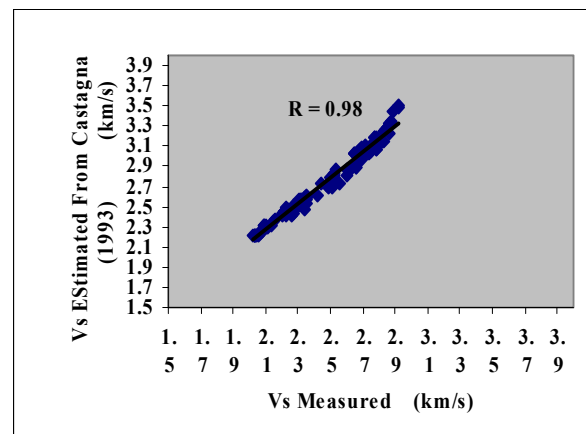
امواج لرزه ای تغییرات زیادی نداشتند. اما وقتی از این معادله ها به عنوان مثال رابطه های (۲-۲) و پیکت ( برای سنگ آهک) برای کل مخزن استفاده کنیم، همبستگی ضعیفی بین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده بدست می آید. که دلیل این موضوع تغییر پارامترهای تأثیر گذار روی سرعت موج برشی در مخزن است. شکل های (۲-۲) و (۵-۲) نتیجه مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده توسط روابط (۲-۲) و پیکت (برای سنگ آهک) را برای کل مخزن نشان میدهند. همبستگی بین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده توسط رابطه کاستاگنا مقدار (R = ۰/۷۰) و برای رابطه پیکت مقدار (R = ۰/۷۲) بدست آمد. در این موقعیت پیدا کردن مدل یا رابطه ای که بتواند بدون اطلاعات آزمایشگاهی و بدون اطلاع از لیتولوژی، میزان تخلخل، حجم شیل، نوع تخلخل و دیگر عوامل تأثیر گذار روی سرعت لرزه ای، تخمین خوبی از سرعت امواج برشی بزند، سودمند است.

روشی که در این مطالعه پیشنهاد می شود، استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی به منظور برقراری ارتباط دقیق تری میان سرعت امواج برشی و پارامترهای اصلی مؤثر در سرعت موج برشی است. در ادامه راجع به استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین سرعت موج برشی و بدست آوردن ضرایب الاستیک بحث می شود.



شکل (۵-۲) سرعت موج برشی اندازه گیری شده (از چاه ۳ توسط ابزار دایپل) در مقابل سرعت موج برشی تخمین زده شده از معادله پیکت برای کل مخزن

در روابط فوق سرعت امواج بر حسب کیلومتر بر ثانیه می باشد. در رابطه (۶-۲)، مقدار هر جزء لیتولوژی شامل کلسیت، کوارتز و رس به صورت اعشاری می باشد و  $\phi$  مقدار تخلخل کل بصورت اعشاری است که میانگین تخلخل های بدست آمده از نگارهای نوترون و چگالی است. P فشار مؤثر سازند بر حسب بار می باشد. آنها مقادیر  $A_i, B_i, C_i$  را برای چهار جزء کلسیت، دولومیت، کوارتز و رس برای دو حالت موج برشی و تراکمی ارائه داده اند. که در جدول (Castagna et al., 1993) موجود می باشد. در این مطالعه از رابطه (۲-۲) برای تخمین سرعت موج برشی در کربناتها استفاده شده است. در شکل (۴-۲) سرعت موج برشی تخمین زده شده با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه شد اند که نشان می دهد همبستگی خوبی (R = ۰/۹۸) بین آنها وجود دارد.

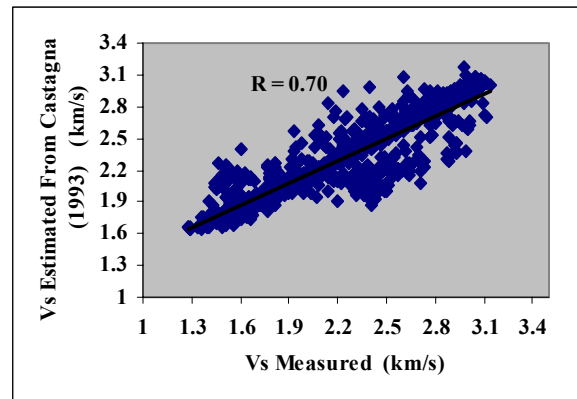


شکل (۴-۲) سرعت موج برشی اندازه گیری شده (از چاه ۳ توسط ابزار دایپل) در مقابل سرعت موج برشی تخمین زده شده از رابطه کاستاگنا برای سنگ آهک

نتایجی که از رابطه های پیکت، دومینکو و کاستاگنا بدست آمد فقط برای قسمت کوچکی از مخزن (بیست متر) محاسبه شدند، که در میان آنها رابطه های کاستاگنا (۲-۲) و پیکت همبستگی نسبتاً خوبی از خود نشان دادند. زیرا در این بیست متر از مخزن، عوامل مؤثر بر سرعت

پاسخ می دهند. بنابراین لازم است که شبکه را در معرض مثال های کافی قرار داد تا بتواند ارتباط موجود بین اطلاعات را فراگیرد. این مثالها یعنی الگوها یا مجموعه آموزشی، شامل ورودی ها و خروجی های مطلوب مربوط به آنها می باشند. از ۸۰٪ داده های چاه (شماره ۳) برای آموزش (Train) شبکه استفاده شد. و از ۲۰٪ باقی مانده برای آزمایش (Validation). شبکه مورد نظر در مرحله آموزش همبستگی خوبی ( $R = 0.97$ ) از خود نشان داد همچنین در مرحله آزمایش ( $R = 0.91$ )، که بترتیب در شکل های (۲-۷) و (۲-۸) نشان داده شده اند. در پروسه یادگیری، از اطلاعات موجود در الگوهای آموزشی جهت فهم و استنتاج نداشت مورد نظر و پیاده سازی تقریبی آن استفاده می شود (White et al., 1995).

ووقتی شبکه عصبی ضریب همبستگی خوبی در مرحله آزمایش از خود نشان داد، می توان از آن برای بدست آوردن محصول استفاده کرد. از نگار های سرعت موج تراکمی، چگالی، نوترون و پرتوگاما مربوط به چاه شماره یک آزادگان به عنوان ورودی استفاده شد، و در خروجی شبکه سرعت موج برشی تخمین زده شد، که در حقیقت محصول شبکه است، بدست آمد. از نگار سرعت موج تراکمی، نگار چگالی و نگار سرعت موج برشی تخمین زده شده، برای بدست آوردن ضرایب لاستیک در مخزن استفاده شد. ضرایب لاستیک برای قسمتی از مخزن در جدول (۲-۱) مشاهده می شوند.

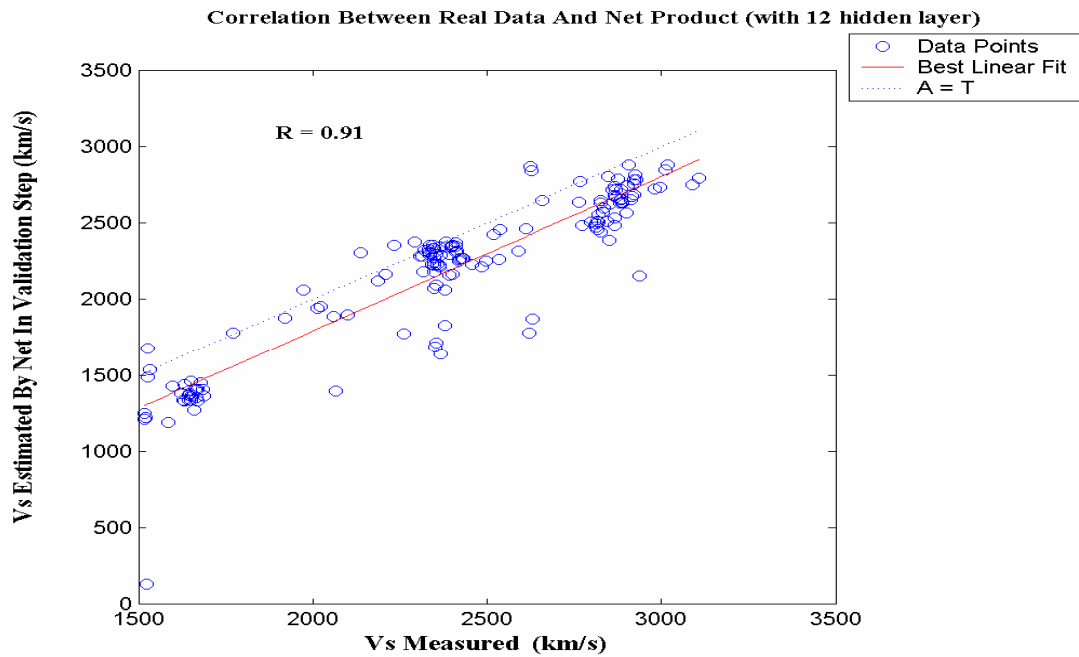


شکل (۲-۶) سرعت موج برشی اندازه گیری شده (از چاه ۳ توسط ابزار دایپل) در مقابل سرعت موج برشی تخمین زده شده از معادله کاستاگنا برای کل مخزن

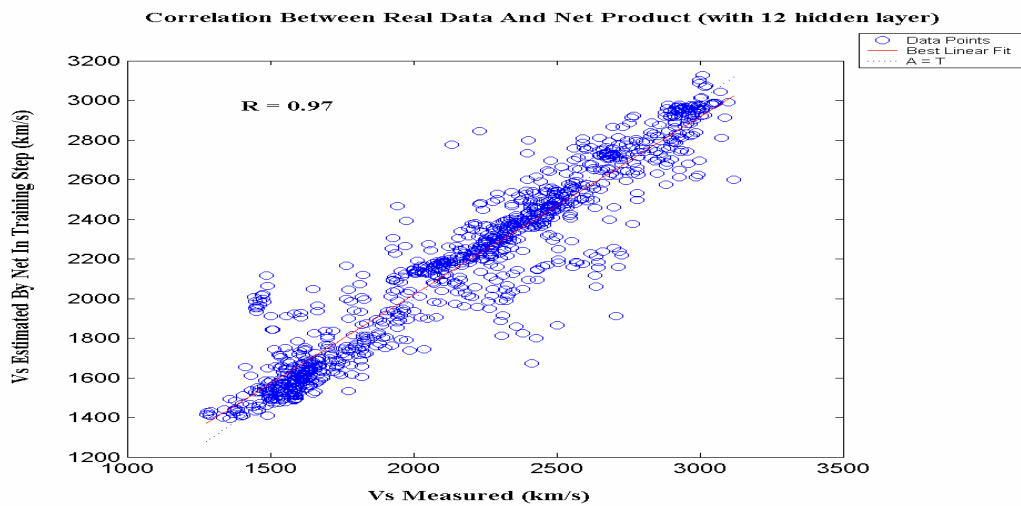
#### - طراحی شبکه عصبی مصنوعی

در این مطالعه از شبکه عصبی مصنوعی پیشخور سه لایه، دارای یک لایه ورودی با چهار نرون، یک لایه میانی با دوازده نرون و یک لایه خروجی با یک نرون که با الگوریتم پس انتشار خطا آموزش داده شده، استفاده شد. به دلیل اینکه این نوع شبکه ها می تواند هر تابع استاتیک را با دقت دلخواه را تقریب بزنند. بطور کلی چهار مرحله در طراحی شبکه های پیشخور چند لایه وجود دارد:

- آماده کردن داده های آموزشی
  - ایجاد شبکه مناسب (انتخاب صحیح تعداد نرونهای لایه میانی)
  - آموزش شبکه
  - بررسی قدرت تعمیم پذیری شبکه (چگونگی پاسخ شبکه به ورودیهای جدید)
- شبکه های عصبی از الگوریتم ثابتی استفاده نمی کنند، آنها تنها به چیزهایی که از طریق تجربه یاد گرفته اند،



شکل (۷-۲) همبستگی بین سرعت موج برشی اندازه گیری شده (در چاه ۳ توسط ابزار دایپل) با سرعت موج برشی تخمین زده شده توسط شبکه در مرحله آموزش



شکل (۸-۲) همبستگی بین سرعت موج برشی اندازه گیری شده (در چاه ۳ توسط ابزار دایپل) با سرعت موج برشی تخمین زده شده توسط شبکه در مرحله آزمایش



جدول (۱-۲) ضرایب الاستیک بدست آمده از محصول شبکه (موج برشی)،  
سرعت موج تراکمی و چگالی (برای قسمتی از مخزن مورد مطالعه).

Num.	$\mu$ (Gpa)	$K$ (Gpa)	$\lambda$ (Gpa)	$E$ (Gpa)	$\nu$
1	13.30	27.69	18.82	34.40	0.29
2	14.31	25.52	15.98	36.18	0.26
3	15.21	25.68	15.54	38.11	0.25
4	14.96	26.50	16.53	37.76	0.26
8	14.70	26.90	17.10	37.31	0.27
6	15.01	26.70	16.70	37.92	0.26
7	15.50	26.05	15.72	38.81	0.25
8	15.03	23.55	13.52	37.19	0.24
9	13.95	25.48	16.18	35.39	0.27
10	14.23	26.38	16.90	36.19	0.27
11	14.54	27.29	17.59	37.03	0.27
12	14.86	26.79	16.88	37.62	0.27
13	14.73	27.60	17.79	37.51	0.27
14	17.15	24.84	13.41	41.83	0.22
15	18.62	24.38	11.97	44.52	0.20
16	15.62	29.13	18.72	39.76	0.27
17	16.71	27.82	16.68	41.76	0.25
18	15.50	30.13	19.80	39.68	0.28
19	12.54	32.11	23.76	33.28	0.33
20	15.85	30.74	20.17	40.57	0.28
21	15.71	30.76	20.29	40.28	0.28
22	14.73	31.98	22.16	38.31	0.30
23	14.69	30.43	20.64	37.95	0.29

## بحث

در پایان موارد زیر را می توان به عنوان نتیجه گیری بیان نمود:

۱- صرف نظر از مدل شبکه های عصبی، تخمین سرعت موج برشی با استفاده از سرعت موج تراکمی نتایج دقیقتری نسبت به تخمین سرعت موج با استفاده از تخلخل ارائه می دهد. زیرا هر دو نوع موج الاستیک بطور یکسان تحت تأثیر عواملی از قبیل لیتولوژی، تخلخل و محتوی رس قرار می گیرند. ولی تأثیر تخلخل بر روی سرعت امواج و همچنین نسبت  $V_p/V_s$  بستگی به نوع تخلخل، شکل هندسی فضاهاى خالی و سیال داخل آنها دارد. از مقایسه نتیجه همبستگی بین روابط دومینکو و کاستاگنا، که ضریب همبستگی آنها بترتیب و  $(0.79) = R$  و  $(0.98) = R$  بدست آمد، به این مهم می توان پی برد (رابطه دومینکو بر پایه تخلخل و رابطه کاستاگنا بر پایه سرعت موج تراکمی است). علاوه بر این روابطی که از سرعت موج تراکمی استفاده می کنند، براحتی قابل محاسبه بوده و نیاز به داده های اولیه کمتری دارند و فقط به سرعت موج تراکمی نیاز دارند که از نگار صوتی (DT) قابل دستیابی هستند. ولی روابطی که نیاز به مقدار تخلخل، ترکیب شیمیایی، فشار مؤثر، محتوی رس و غیره دارند، علاوه بر اینکه با خطاهایی همراه هستند، معمولاً هزینه بر بوده و همیشه در دسترس نیستند. در این راستا استفاده از مدل های کاستاگنا و پیکت نتایج نسبتاً بهتری نسبت به دیگر روابط ارائه می دهند. ضریب همبستگی برای مدل های کاستاگنا و پیکت به ترتیب  $(R = 0.98)$  و  $(R = 0.91)$  بدست آمد.

۲- از بررسی مدلها و روابط مختلف مشخص شد که این روابط برای لیتولوژی های خاص، میزان تخلخل ثابت و دیگر عوامل تأثیر گذار مشخصی تعریف شده اند. به عنوان مثال رابطه کاستاگنا برای قسمت کوچکی از مخزن همبستگی خوبی نشان می دهد  $(R = 0.98)$  ولی همین رابطه برای کل مخزن، همبستگی نسبتاً ضعیفی از خود نشان داد  $(R = 0.70)$ . بدلیل تغییر در لیتولوژی، میزان

تخلخل و دیگر عوامل مؤثر بر سرعت امواج الاستیک.

۳- پس برای ارائه جواب بهتر از تخمین سرعت موج برشی در کل مخزن، بدون نیاز به دانش قبلی از لیتولوژی، درصد تخلخل، ماتریکس، نوع سیال و غیره...، استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای بالا بردن دقت و کم کردن هزینه ها لازم می باشد. زیرا برای محاسبه ضرایب الاستیک در مخزن به داده های سرعت موج برشی، تراکمی و چگالی با دقت بالا نیاز است.

۴- از آنجائیکه عملکرد شبکه های عصبی، یادگیری ارتباط موجود بین مجموعه ای از متغیرها است، عوامل زیر دقت شبکه را تحت تأثیر قرار می دهد:

- هر چه ورودی های شبکه (عوامل مؤثر بر سرعت موج برشی)، بیشتر باشد، خروجی شبکه به داده واقعی شباهت بیشتری دارد.
- تعیین نرون های لایه میانی نقش مهمی در طراحی شبکه عصبی دارند.
- آموزش شبکه نقش مهمی در تقریب تابع مناسب دارد. در این راستا سعی شد داده های آموزشی از جاهای مختلف چاه انتخاب شود تا شبکه با لیتولوژی های مختلف و سرعت های موج برشی و تراکمی مختلف آشنا شود. هر چه تعداد داده های آموزشی بیشتر و متنوع تر باشند، شبکه بهتر آموزش دیده و تخمین بهتری خواهد زد. ضریب همبستگی بین داده های تخمین زده شده و داده های اندازه گیری شده در مرحله آموزش مقدار  $(R = 0.97)$  بدست آمد.

## نتیجه گیری

۱- با در دست داشتن داده های نگار پتروفیزیکی برای تعداد بیشتری چاه از یک میدان، می توان ضرایب الاستیک را برای کل میدان تعمیم داده و توسط آنها معادلات ژئومکانیکی برای بدست آوردن رفتار دینامیکی مخزن و متعاقباً وضعیت فشار و حرکت سیال را در میدان

Converted wave surface seismic travel time using NMO equation, neural networks and regrinding inversion, Department Geology and Geophysics.

- Pickett, G.R., 1963, Acoustic character logs and their applications in formation evaluation, journal of petroleum technology, Is.P.650-667.
- White, A.C., Molnar, D., Aminian, N., Mohagheghs., Ameri, S., and Esposito, P., 1995, The Application of ANN for Zone. Identification in complex reservoir. Society of petroleum Engineers, SPE, 30977.
- XU, S. and White, R.E., 1996, A physical model for shear wave velocity predication, Geophysical prospecting, Vol. 44, p. 687-717.

نفتی مطالعه کرد.

۲- اگر از ورودی های مربوط به چاه های بیشتری در میدان برای آموزش شبکه استفاده شود، شبکه دارای دقت فوق العاده ای شده و برای میدان های دیگر نیز قابل استفاده خواهد بود

## منابع

- محمد نیا، م.، و رضایی، م.، ۱۳۸۲، تعیین سرعت امواج برشی با استفاده از نمودار های پتروفیزیکی و تطابق آن با نتایج آزمایشگاهی، در یکی از مخازن کربناته ایران، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد بیست و نهم شماره ۱ ص ۱۶۱ تا ۱۸۶
- منهایج، م.، ۱۳۸۴، مبانی شبکه های عصبی مصنوعی، مرکز نشر پرفسور حسایی، جلد اول
- Callan, R., 1999, The Essence of Neural networks, Southampton Institute, p. 33. 232
- Castagna, J.P., Batzle, M.L. and Kan, T.K., 1993, Rock Physics- The link between Rock properties and Avo Response, SEG, P., 124-157.
- Castagna, J.P., Batzle, M.L. and Eastwood. R.L., 1985 Relationships between compressional wave and shear wave velocities in silicate rocks, Geophysics, Vol.50, p. 571-581.
- Domenico, S.N., 1984, Rock lithology and porosity determination from shear and compressional wave velocity, Geophysics, 49, p. 1188-1195.
- Hagan, M.T., Demut, H., B .and. Beale. M., 1996, Neural network design, PWS publishing company.
- Kelter, A.C., 2005, Estimation of Thomsen's Anisotropy parameters from compressional and data.