

مدل سازی مکانی اکتشافات مناطق نفتی با الگوریتم‌های هوشمند در GIS

نورالدین میثاق^{*}، نجمه نسانی سامانی، عطاله عبدالهی کارودی، سید کاظم علوی پناه، عباس بحرودی، دانشگاه تهران •
 علی غفوری، مدیریت اکتشاف

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۵/۱۲/۱۳

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۴/۲۴

چکیده

فرایند اکتشاف منابع هیدروکربنی به‌عنوان فرایندی بسیار پیچیده و پرهزینه می‌باشد. در این فرایند فاکتورهای متعدد زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک تهیه و باهم تلفیق می‌شوند. هدف این تحقیق شناسایی مناطق محتمل نفت و گاز در بر گره ۱:۲۵۰۰۰۰ اهواز با ۲۰ میدان نفتی با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند روش‌های شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) و سیستم استنتاج تطبیقی عصبی-فازی (ANFIS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. بدین منظور ۱۷ نقشه فاکتور توسط توابع GIS ایجاد شدند. نتایج اعتبارسنجی بر روی مدل‌ها نشان داد که شبکه عصبی $17 \times 10 \times 5$ با $R=0/8948$ ، $RMSE=0/0267$ و کاپا برابر $0/9079$ توانسته است بهتر از سایر مدل‌ها از جمله ANFIS، آموزش دیده و مناطق پتانسیل نفتی را پیش‌بینی نماید. می‌توان گفت که وجود نگرشی بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی، می‌تواند در فراهم آوردن اطلاعات ارزشمند از داده‌های اولیه، به‌منظور مدل‌سازی پهنه‌های نفتی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه مدل‌های هوشمند به کار رفته در این تحقیق می‌تواند برای پیش‌بینی مناطقی که شرایط منطقه وجود منابع نفتی را تأیید می‌کنند و نیز برای کارهای اکتشافی بیشتر با استفاده از مناطق پیش‌بینی شده به‌عنوان راهنمای اکتشاف مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی:

الگوریتم‌های هوشمند، مدل‌سازی، GIS، نقشه‌های فاکتور و اهواز

مقدمه

اکتشافی، آنچه به یک چاه خشک برخورد کند، وجود دارد [۲]. بنابراین طراحی بهترین مسیر برای برداشت داده‌های لرزه‌ای که آن نیز با هزینه بسیار زیاد انجام می‌شود و همچنین تعیین بهترین محل برای حفر چاه‌های اکتشافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا نتیجه نادرست یا بی‌دقت این مکان‌ها می‌تواند هزینه‌های زیادی را اعمال کند و حتی پروژه اکتشاف را با مشکلات اساسی مواجه سازد. بنابراین مسئله اصلی چگونگی تعیین مناطق محتمل نفت و گاز حوضه‌ی مورد مطالعه در زمان کم و کاهش هزینه اکتشاف و تولید می‌باشد. در فرایند اکتشاف یا توسعه میدانی نفتی، فاکتورهای متعدد زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک تهیه و باهم تلفیق می‌شوند. پتانسیل‌یابی موارد هیدروکربنی معمولاً در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شود. کاربردهای GIS تقریباً در دنیای اکتشاف نفت، جدید است. موضوع علم سیستم اطلاعات جغرافیایی، اخذ، ذخیره‌سازی، بازیابی، مدیریت، پردازش و نمایش داده‌های مکانی و توصیفی جهت پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های پایه‌گذاری شده براساس داده‌های مکانی می‌باشد [۳] و عملکرد اساسی آن به‌دست آوردن اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف از جمله الگوریتم‌های هوشمند و با دیدگاه‌های گوناگون به‌دست می‌آیند (شکل-۱). در تحقیقاتی که توسط، لیو و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای با

اگرچه شناسایی و تعیین محل فاکتورهای از قبیل سنگ‌مولد، سنگ مخزن و تله‌نفتی اساس کار اکتشاف را تشکیل می‌دهد ولی هنوز بسیاری از مسائل در زمینه‌های مختلف بدون پاسخ مانده است که علت عمده آن عدم دسترسی مستقیم به ذخایر نفتی در اعماق زمین است. تعیین فاکتورهای چون مشخصات فیزیکی و شیمیایی نفت، مقدار ذخایر قابل برداشت، فشار درون مخزن و از همه مهمتر وجود یا عدم وجود نفت در مخزن زیرزمینی از جمله مسائلی است که از سطح زمین نمی‌توان در مورد آنها اظهار نظر نمود [۱]. بنابراین صرف شناسایی و مشخص نمودن عوامل و شرایط زمین‌شناسی مناسب، دلیل بر وجود نفت و ذخایر هیدروکربوری در زیر زمین نیست. تطبیق واقعیات زمین‌شناسی در سطح زمین با آنچه که در زیر زمین وجود دارد، همیشه مقدور نیست. به این معنی که در اکثر مواقع هماهنگی زمین‌شناسی طبقات سطحی با بخش‌های عمیق زمین، به دلایل مختلف، برهم خورده است. به همین جهت بعد از آنکه مسائل مربوط به تشکیل و تجمع نفت از روی رویدادها و نشانه‌های زمین‌شناسی در سطح زمین مسجل گردید، اقدام به حفاری چاه‌های اکتشافی خواهد شد. به عبارتی از آنجایی که منابع نفت در اعماق زمین یافت می‌شود، به‌طور قطع نمی‌توان محل تجمع آنها را در یک منطقه تعیین کرد. در نتیجه این موضوع که با صرف هزینه‌ای بالغ بر ۱۰۰ میلیون دلار برای حفر یک چاه

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (nmmisagh@gmail.com)

طراحی شده گفتنی است که از نرم افزارهای ArcGIS 10، برای آماده سازی، پردازش های نقشه های فاکتور و نمایش نقشه ها، IDRISI SELVA به منظور اعتبارسنجی مدل ها و ایجاد شاخص کاپا و از نرم افزارهای Excel، MATLAB 2013 برای مدل سازی و محاسبات مربوطه استفاده می شود.

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

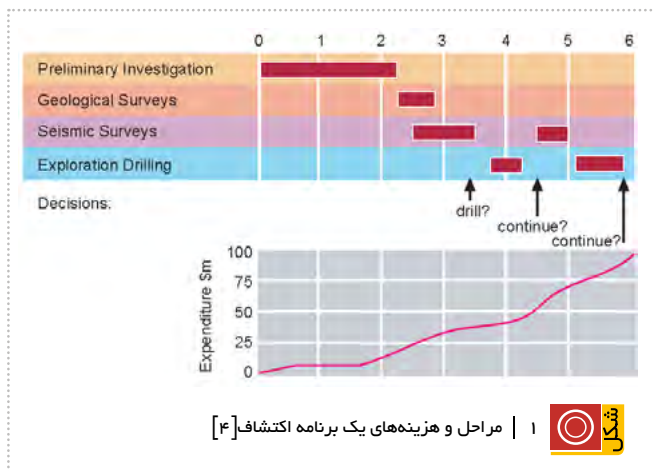
منطقه مورد مطالعه، بر گه ۱:۲۵۰۰۰۰ اهواز در جنوب غربی ایران می باشد که از نظر ساختاری غالب منطقه در فروافتادگی دزفول شمالی واقع شده است. این منطقه به همراه میادین نفتی کشف شده در شکل-۲، نشان داده شده است که حدود ۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت داشته و ۸ درصد مخازن نفت و ۱۵ درصد از مخازن گاز جهان را داراست [۹]. سنگ منشاء اصلی این منطقه، سازند کزدمی است که در محیط رسوبی دریایی بی هوازی تشکیل شده و در مناطق دزفول و فارس نسبت به لرستان دارای گسترش بیشتری است. این سازند با درصد بالای کربن آلی یکی از مهمترین سنگ های منشاء زاگرس به شمار می رود که واجد پتانسیل نفتی بسیار خوبی بوده است، به طوری که نفت های مخازن آسماری و سروک را در بیشتر میادین نفتی فروافتادگی دزفول تولید کرده است. گفتنی است که حوضه رسوبی زاگرس یکی از مهم ترین حوضه های نفتی دنیاست و یکی از اهداف اصلی نفتی در ایران است که حدود یک صد سال فعالیت های نفتی در انجام شده است [۱۰].

۱-۳- آماده سازی متغیرهای ورودی و ایجاد پایگاه داده

لایه های اطلاعاتی مورد نیاز مدل سازی پهنه های نفتی به چهار گروه کلی زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و لرزه ای تقسیم شدند که توسط توابع GIS مورد پردازش قرار گرفتند.

۱-۳-۱- تحلیل های مکانی داده های ژئوشیمی

شاخص هایی که به منظور بررسی کمیت و کیفیت سنگ منشاء استفاده می شوند، شامل شاخص غنای کل کربن (TOC)، شاخص بازده



شکل ۴ | ۱ مراحل و هزینه های یک برنامه اکتشاف [۴]

عنوان مدل سازی مسیره های مهاجرت ثانویه بر پایه GIS در حوضه Songliao چین، ارائه گردید، آنان توانستند با استفاده از یک مدل رقمی ارتفاعی و ساختارهای زمین شناسی، مسیره های مهاجرت ثانویه که هیدروکربن ها را به مخزن های نفتی وصل می کند، شناسایی کنند [۵]. زرگانی و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از GIS و وزن های نشانگر، مناطق با پتانسیل بالای نفت را در کشور لیبی بررسی کردند. در این مطالعه احتمال اولیه وجود هیدروکربن از اکتشافات قبلی تخمین زده شد و توسط ترکیب فاکتورهای زمین شناسی که وجود هیدروکربن را تأیید می کند، به روز رسانی شد [۶]. خانم لیزا بینقام در پایان نامه ارشد خود با عنوان یک اکتشاف نفت، بر اساس تحلیل های منطق فازی بر پایه GIS با در نظر گرفتن فاکتورهای زمین شناسی، لرزه نگاری و اقتصادی و با استفاده از روش منطق فازی اقدام به تهیه نقشه راه برای اکتشاف منابع نفتی کردند. وی پس از انجام اعتبارسنجی با میدان های نفتی موجود در منطقه رسوبی شمال آمریکای جنوبی، پیشنهاد داد که در سایر مناطق جهان نیز از این مدل برای تهیه نقشه پتانسیل نفتی استفاده کنند [۷]. آتیلا در ترکیه، با استفاده از داده های گرانی، نقشه سه بعدی زیرسطحی را تهیه کرد و سپس به همراه شاخص های ژئوشیمی پیک های S1، S2 و کل کربن آلی و Tmax تفسیری از هیدروکربن های زیرسطحی در حوضه دریاچه نمک "توزگولو" ترکیه به دست آورد [۸].

هدف اصلی این تحقیق طراحی و به کارگیری یک مدل GIS پایه با استفاده از الگوریتم های هوشمند شبکه عصبی و مدل ترکیبی عصبی فازی برای تشخیص مناطق با پتانسیل بالای هیدروکربن برای کارهای اکتشافی بیشتر، شامل لرزه نگاری و حفاری های اکتشافی است.

۱- مواد و روش تحقیق

۱-۱- تحقیق

مراحل انجام تحقیق را به صورت خلاصه می توان چنین بیان کرد:

۱- شناسایی معیارهای لازم و جمع آوری داده های موثر در اکتشاف مناطق نفت خیز شامل انواع نقشه های زمین شناسی، مغناطیسی، گران سنجی، لرزه نگاری

۲- ایجاد لایه های جدید و نقشه های فاکتور پهنه های نفتی با استفاده از داده های خام و ایجاد پایگاه داده مورد نظر

۳- ایجاد نقشه میادین نفتی منطقه مورد مطالعه به عنوان داده های هدف به منظور آموزش در تلفیق لایه های اطلاعاتی

۴- تبدیل نقشه های فاکتور به فرمت ASCII و وارد کردن آنها به نرم افزار متلب

۵- تلفیق لایه های اطلاعاتی با استفاده از الگوریتم های هوشمند

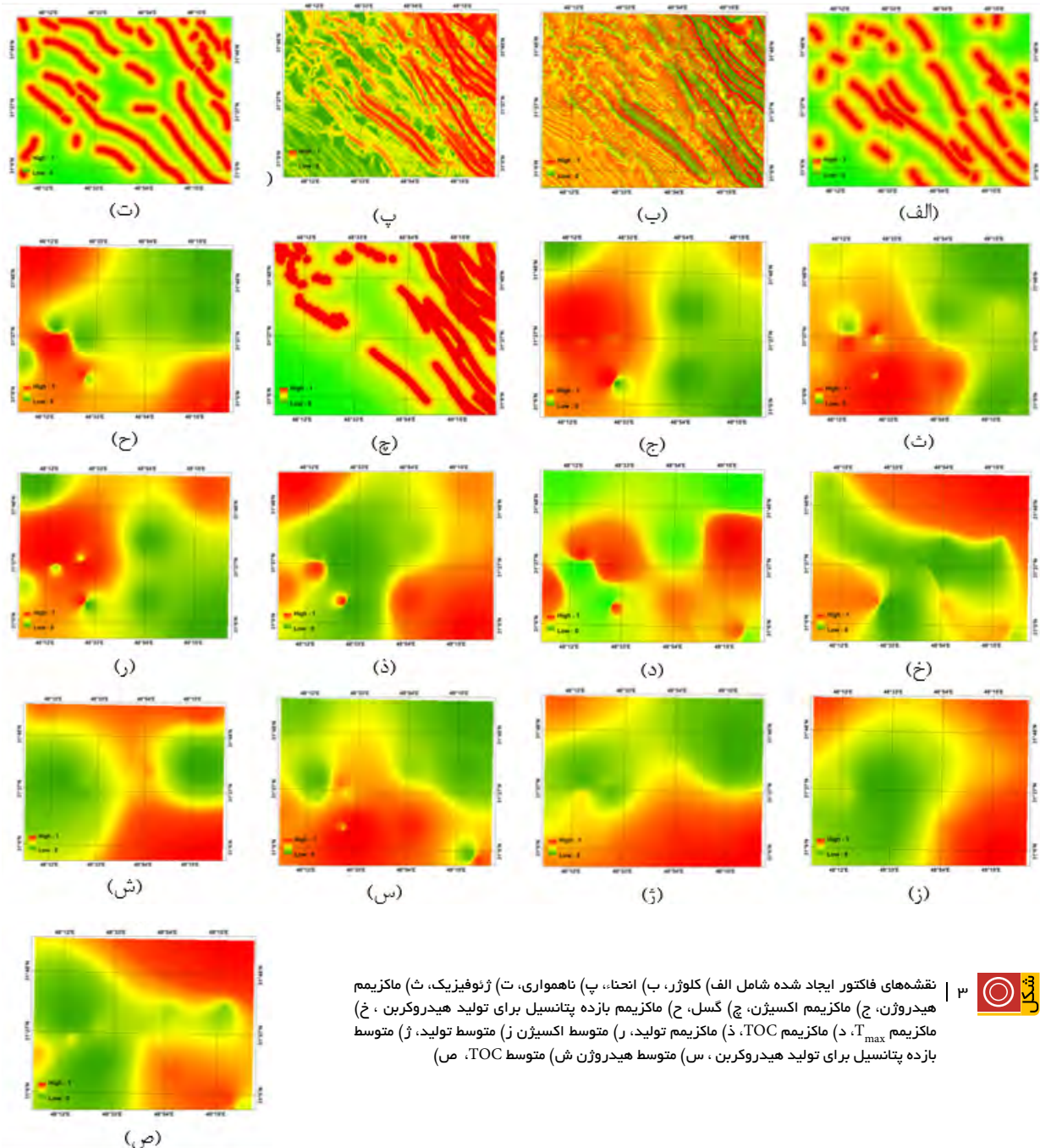
۶- تعیین مناسب ترین مدل با استفاده از شاخص های اعتبارسنجی به منظور اکتشاف مناطق پتانسیل نفتی

۷- ایجاد نقشه پتانسیل نفتی برای منطقه مورد مطالعه با مدل های

۱-۳-۴- تحلیل‌های مکانی داده‌های لرزه‌ای

دهد علاوه بر ناهمواری نیاز به نقشه انحناء می‌باشد. انحناء مشتق دوم ارتفاع سطح بوده و جهت حداکثر شیب را نشان می‌دهد. معیار انحناء به تشخیص شکستگی‌های شیب و پتانسیل ناهمواری کمک می‌کند [۱۴]. می‌توان انحناء را بدین صورت تصور کرد که یک منحنی بر روی سطح طاق‌دیس اعمال شده است. با محاسبه مشتق دوم این سطح، نقطه عطف این تابع نشان‌دهنده مقداری است که بالاتر از آن، طاق‌دیس و کمتر از آن، ناودیس محسوب می‌شود. برای محاسبه انحناء، یک تابع چند جمله‌ای درجه ۴ را بر مدل رقومی ارتفاعی برازش می‌دهند و با استفاده

منحنی‌های تراز ساختاری به دست آمده از عملیات لرزه‌ای، مشابه منحنی‌های توپوگرافی هستند اما نشانگر یک سطح زیرزمینی مثل طاق‌دیس یا مرز یک سازند مشخص هستند. نقشه‌هایی از قبیل نقشه کلوزر، ناهمواری و انحناء را می‌توان از طریق منحنی‌های تراز ساختاری به دست آورد و با آنها می‌توان موقعیت و شکل سطوح زیرزمینی را نشان داد. اغلب تله‌های ساختمانی مانند طاق‌دیس‌ها به‌طور محذب می‌باشند. برای تهیه یک نقشه که پتانسیل تله در یک منطقه را نشان



دوباره در هنگام ورود داده‌های جدید، انعطاف‌پذیری بالایی دارند. این شبکه‌ها قادرند با مدیریت حجم عظیم داده‌های ورودی و پردازش آنها، تحلیل درستی از ارتباط میان آنها و شواهد زمینی استخراج کنند و الگوها را تشخیص دهند. همچنین روش‌های آماری و کمی پتانسیل یابی مکانی مرسوم در کنار نارسایی دانش میدانی، نتایج و وزن متغیرها را به صورت فزاینده‌ای تحت تأثیر قرار داده و محدود می‌کند. روش‌های کمی زمانی که داده‌ها ناکامل باشند در جهت عدم قطعیت میل می‌کنند. احتیاجات داده برای مدل‌های قطعی و جبری غیرقابل انکار است و اغلب غیرممکن است که داده ورودی لازم جهت استفاده در یک مدل به طور موثری اخذ گردد. استفاده از سیستم استنتاج فازی می‌تواند عدم قطعیت ناشی از کمبود داده‌ها و مسائل دیگر را برطرف کند، بنابراین شبکه‌های عصبی و مدل ترکیب آن با استنتاج فازی با قابلیت‌های یاد شده، می‌توانند به عنوان روشی قابل اعتماد در تعیین مناطق پتانسیل نفت مورد استفاده قرار گیرند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌های پردازش اطلاعات توزیعی و موازی هستند که قادرند الگوهای خیلی پیچیده واقع در داخل اطلاعات موجود را تشخیص دهند [۱۸]. یکی از ساده‌ترین و در عین حال کارآمدترین چیدمان‌هایی که برای استفاده در مدل‌سازی عصب واقعی پیشنهاد شده است، مدل پرسپترون چندلایه یا به اختصار MLP می‌باشد که از یک ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده است. عناصر اصلی شبکه عصبی نرون‌های و نیروهای اتصال آنها (وزن‌ها)

از یک پنجره 3×3 از همان تصویر، مجهولات تابع را به دست آورده و در نهایت، مشتق دوم گرفته می‌شود. نقشه انحنا نیز توسط تابع Car-vature در GIS تولید شد و با استفاده از تابع عضویت Large فازی، مناطقی که مقدار بیشتری داشتند، تعلق بالاتری به آنها اختصاص یافت (شکل ۳-ب).

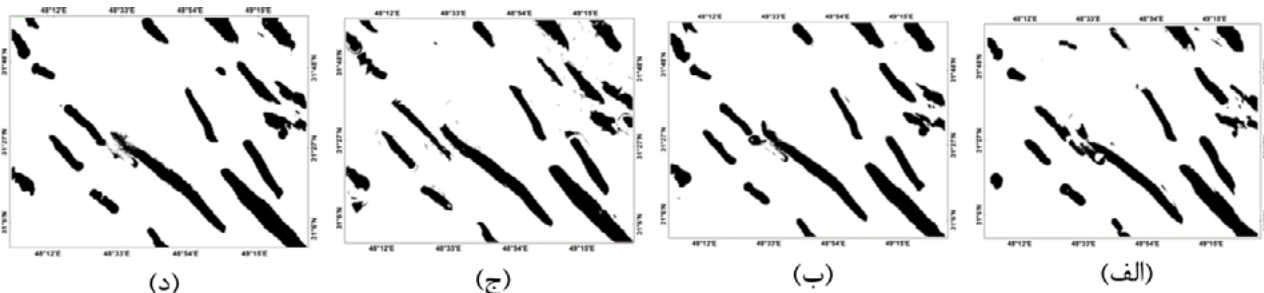
در هر چین طاق‌دیس، محفظه بسته‌ای به نام کلوژر وجود دارد که در مقطع افقی با منحنی‌های بسته نمایش داده می‌شود. کلوژر هر ساختمان آنتی کلینال، عبارت است از فاصله‌ی قائم بلندترین نقطه آن تا عمیق‌ترین منحنی بسته‌ی آن است که مقدار آن از چندین متر تا چندین هزار متر تغییر می‌کند. مساحت کلوژر به همراه موارد دیگر، حجم مخزن نفتی را نشان می‌دهند [۱۵]. نقشه کلوژر در واقع آخرین منحنی تراز است که طاق‌دیس توسط آن بسته می‌شود و به آن کلوژر گفته می‌شود که اگر وسعت آن زیاد باشد نشان‌دهنده‌ی ارزش اقتصادی بالای میدان نفتی احتمالی در آن است. برای تولید نقشه‌های کلوژر ابتدا به صورت بصری، هر یک از منحنی‌های تراز ساختمانی مربوط به سازند آسماری در منطقه، مورد پایش قرار می‌گیرد. کلوژرها در قسمت‌هایی که مقدار منحنی‌ها از کم به زیاد افزایش می‌یابند، وجود دارند. بنابراین در محل طاق‌دیس‌ها، آخرین منحنی که طاق‌دیس‌ها را به صورت یک پلیگون بسته نشان می‌دهد، به عنوان کلوژر آن طاق‌دیس در نظر گرفته می‌شود. مشابه روند نقشه آنومالی ثقل بوگه، محور پلیگون‌ها توسط افزونه ARC Scan رسم گردید و نقشه فازی نرمال شده کلوژر تهیه شد (شکل ۳-الف).

۱-۴- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با الگوریتم‌های هوشمند

برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی موثر در فرایند اکتشاف، روش‌های مختلفی وجود دارد که به طور کلی به دو گروه داده مبنای و دانش مبنای تقسیم می‌شوند [۱۶]. از جمله روش‌های داده مبنای، الگوریتم‌های هوشمند شبکه‌های عصبی و ترکیب عصبی فازی به نام ANFIS می‌باشد. شبکه‌های عصبی توانایی بالایی در استخراج الگوها از میان داده‌ها و همچنین حل مسائل پیچیده با ماهیت طبیعی دارند [۱۷]. دقت اجرای این شبکه‌ها در حالت وابستگی متغیرهای ورودی و حتی وجود نوفه در داده‌ها مناسب بوده و با امکان آموزش‌پذیری

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مورد نظر

	RMSE	R	Kappa
شبکه عصبی 10×4	۰/۷۵۴۰	۰/۸۱۰۸۷	۰/۲۳۱۸
شبکه عصبی 17×15	۰/۷۱۴۰	۰/۸۳۰۲۸	۰/۸۳۷۷
شبکه عصبی $17 \times 10 \times 5$	۰/۷۶۲۰	۰/۸۹۴۸	۰/۹۰۷۹
SIFNA	۰/۹۹۳۰	۰/۸۳۹۱۲	۰/۸۵۹۳



۴ | نقشه‌ی شبیه‌سازی میادین نفتی، (الف) شبکه عصبی 10×4 ، (ب) شبکه عصبی 17×15 ، (ج) شبکه عصبی $17 \times 10 \times 5$ ، (د) مدل عصبی فازی ANFIS

قانون فازی برای شبکه طراحی شد. بنابراین ابتدا پارامترهای توابع عضویت هر متغیر ورودی با استفاده از خوشه‌بندی فازی مشخص و از ترکیب توابع عضویت متناظر متغیرهای ورودی و ارتباط آنها با متغیر خروجی توسط یک رابطه خطی، قوانین تعریف گردیدند. از روش ضرب برای عملگر اشتراک، روش حداکثر برای عملگر اجتماع، روش‌های ضرب و حداکثر به ترتیب برای استنباط و گردآوری و برای غیرفازی‌سازی نیز از روش متوسط وزن‌دار استفاده گردید. پس از آن پارامترهای مدل (ضرائب رابطه خطی خروجی هر قانون و پارامترهای توابع عضویت) با قرار گرفتن سیستم استنتاج سوگنو در بطن یک شبکه تطبیقی بهینه شدند. تعداد تکرار الگوریتم ترکیبی پس‌انتشار خطا و حداقل مربعات برای تصحیح پارامترهای مدل برابر ۳۰۰ و خطای هدف برابر ۰/۰۰۵ قرار داده شد (شکل-۴).

۲-۲- اعتبارسنجی مدل‌ها

برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، از شاخص‌های همبستگی (R)، مجذور میانگین مربعات خطاها (RMSE) و شاخص کاپا استفاده گردید. برای محاسبه شاخص کاپا از جدول توافق و عدم توافق در نرم‌افزار ادریسی استفاده گردید. بدین صورت که با قطع دادن هر یک از نقشه‌های به دست آمده از مدل‌های مورد نظر با نقشه میدانی نفتی واقعی در منطقه و تشکیل ماتریس خطا، ضریب کاپا محاسبه شد. در جدول ۳- هر یک از مدل‌های توسعه داده شده نسبت به یکدیگر مقایسه شدند که به وضوح مشخص می‌گردد که شبکه عصبی $5 \times 10 \times 17$ با شاخص کاپای ۰/۹۰۷۹، همبستگی ۰/۸۹۴۸ و RMSE برابر با ۰/۰۲۶۷ توانسته است بهتر از مدل‌های دیگر و عصبی فازی، خروجی‌ها را تولید کند. باید توجه داشت که هرچه در مرحله آزمون مقدار R و کاپا، به عدد یک و مقدار RMSE به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، عملکرد مدل بهتر است [۲۱].

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این تحقیق طراحی و به‌کارگیری یک مدل GIS پایه با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند برای تشخیص مناطق با پتانسیل بالای هیدروکربنی برای کارهای اکتشافی بیشتر، شامل لرزه‌نگاری و حفاری‌های اکتشافی است. همچنین این مدل و چارچوب فضایی ترکیب داده در منطقه مورد مطالعه، نه فقط برای صرفه‌جویی در وقت و زمان، بلکه می‌تواند برای شناسایی ساده‌تر و انتخاب مناطق هدف برای اکتساب داده‌های لرزه‌نگاری و حفاری چاه‌های اکتشافی مورد استفاده قرار گیرد. یک GIS کارا می‌تواند به ارزیابی پتانسیل برای نفت در مکان‌های مستعد کمک کند. یکی از بزرگ‌ترین مزایای برنامه‌های GIS قابلیت آنها در انجام آنالیزهای مکانی-توصیفی می‌باشد. یک GIS با به‌کارگیری مجموعه بازارهای تحلیل موجود در آن، می‌تواند این داده‌ها را با روش‌های مختلف از جمله الگوریتم‌های هوشمند با هم تلفیق کرده و امکان همپوشانی و تغییر داده‌ها را به شکل یک نقشه

می‌باشند. در فاز آموزش مدل، ورودی‌ها به شبکه داده می‌شوند و خروجی‌های مطابق با به‌حداقل رساندن خطای مدل، محاسبه می‌شوند. این خطا برابر با کل اختلاف بین خروجی‌های محاسبه شده و سیگنال‌های ورودی می‌باشد. سیستم ANFIS حاصل تلفیق شبکه‌های عصبی تطبیقی و سیستم استنتاج فازی است که توسط یانگ (۱۹۹۳، ۱۹۹۰) بسط داده شد. این مدل همانند مدل فازی از دانش تجربی بهره گرفته و نیز همانند مدل شبکه عصبی می‌تواند آموزش ببیند. با به‌کارگیری فرآیند یادگیری هابیرد، می‌توان پارامترهای آن را برای مدل‌سازی سیستم‌ها براساس داده‌های ورودی و خروجی موجود تنظیم کرد [۲۰]. در مجموع سیستم ANFIS متشکل از ساختاری پنج‌لایه با تعدادی متغیر ورودی است که هر ورودی دو یا چند تابع عضویت دارد.

۲- نتایج تحقیق

۲-۱- پیاده‌سازی مدل‌ها

لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت و این داده‌ها، بعد از پیش‌پردازش لازم و برش وارد محیط GIS شدند. در تلفیق با الگوریتم‌های مورد نظر نیاز است تا نقشه میدانی شناخته شده نیز به عنوان خروجی‌های مورد انتظار، به پایگاه داده GIS وارد گردند. گفنتی است سیستم مختصات تمامی لایه‌های ورودی به صورت سیستم مختصات UTM (دیتوم WGS1984) استفاده گردید.

جهت ایجاد شبکه عصبی و ANFIS از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد که این کار از طریق نوشتن برنامه‌ای در محیط این نرم‌افزار (M-فایل‌ها) صورت گرفت. در این نرم‌افزار ابتدا لایه‌هایی که توسط نرم‌افزار GIS تولید شده بودند را با فرمت ASCII وارد فضای کاری MATLAB کرده و برنامه نوشته شده طی دستوراتی، ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه را تعیین و این اطلاعات را به سه دسته آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تقسیم‌بندی نمود. در نهایت شبکه آموزش داده شده و خروجی‌های تولید شده و میزان دقت یا خطا بررسی گردید. برای آموزش شبکه‌های عصبی، از روش پس‌انتشار خطا موسوم به لونبرگ-مارکوارت استفاده گردید که یک جزء آموزش‌های باناظر می‌باشد. تابع انتقال لایه‌های مخفی از نوع سیگموئید و لایه خروجی از نوع تابع خطی انتخاب شد. حداقل مطلوب آستانه خطا برابر با ۰/۰۰۵ تعیین گردید و وزن‌های نرون‌ها در حداقل میزان خطای داده‌های تست به عنوان وزن‌های نهایی انتخاب شدند.

شبکه عصبی فازی طراحی شده، سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) از نوع سوگنو بوده و ساختار این شبکه از نوع پیش‌خور است. در این تحقیق، ۱۷ متغیر ورودی و یک متغیر خروجی وجود دارد در صورتی که ۳ متغیر زبانی برای توصیف هر متغیر ورودی از نوع مثلثی در نظر بگیریم آنگاه ۵۴ تابع عضویت و ۳۱۷ قانون فازی خواهیم داشت اما به منظور رفع پیچیدگی و خطاهای ناشی از آن، از خوشه‌بندی فازی از نوع کاهشی استفاده گردید. در نتیجه ۱۸ متغیر و به‌ازای هر متغیر از ۱۸ تابع عضویت از نوع گاوسی و ۱۸

منحنی‌های تراز ساختاری مربوط به سازندهای دیگر نیز وارد مدل گردد.

- پیشنهاد می‌شود از روش‌های دانش مبنای تصمیم‌گیری از قبیل FAHP، FANP و یا ترکیبی از دانش مبنا و داده مبنا استفاده شده و نتایج با روش‌های تحقیق زیر مقایسه گردد.

- می‌توان مدل‌های بررسی شده در این تحقیق را در چندین منطقه نفت‌خیز نیز مورد آزمون قرار داد.

- تاکنون از GIS در صنعت نفت بسیار کمتر از بخش معدن استفاده شده است. نتایج این تحقیق به‌نوعی بیانگر لزوم استفاده بیشتر از GIS در حوزه اکتشاف نفت و تأثیر آن می‌باشد.

برای آنالیز پتانسیل‌یابی یا توسعه میادین موجود فراهم سازد که این امر در کاهش زمان و کم کردن هزینه‌های اکتشاف نفت موثر می‌باشد. با توجه به تجربه شرکت‌های بزرگ نفتی از قبیل SHELL، در استفاده از قابلیت‌های GIS، تحقیق زیر می‌تواند سرآغازی برای تحقیقات بیشتر باشد و توانایی‌های تکنولوژی GIS را در حل مباحث نفتی اثبات کند. با توجه به مطالب گفته شده، در پایان، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- با توجه به این که منابع نفتی در اعماق مختلف زمین و در لایه‌های چینه‌ای مختلف یافت می‌شوند، در نتیجه در یک مکان ممکن است در چندین افق میادین نفتی وجود داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در فرایند مدل‌سازی، لایه‌های اطلاعاتی به‌خصوص

منابع

- [1] Hyne, Norman J. "Geology for petroleum exploration, drilling and production." (1984).
- [2] Bott, R, & Carson, DM. (2007). Canada's Evolving Offshore Oil and Gas Industry: Canadian Centre for Energy Innovation.
- [3] Longley, P.A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems. John Wiley & Sons.
- [4] Jahn, F., Cook, M., & Graham, M. (2008). Hydrocarbon Exploration & Production (Vol. 55). Elsevier.
- [5] Liu, Xuefeng, et al. "GIS-based modeling of secondary hydrocarbon migration pathways and its application in the northern Songliao Basin, northeast China." Computers & Geosciences 34.9 (2008): 1115-1126.
- [6] Zargani, S. S., R. A. Vaughan, and A. A. Missallati. "Spatial integration of geological datasets for predictive hydrocarbon studies in Murzuq basin, SW Libya." Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International. Vol. 2. IEEE, 2003.
- [7] Bingham, L., Zurita-Milla, R., & Escalona, A. (2012). Geographic information system-based fuzzy-logic analysis for petroleum exploration with a case study of northern South America. AAPG bulletin, 96(11), 2121-2142.
- [8] Aydemir, Attila. "Hydrocarbon potential of the Tuzgolü (Salt Lake) Basin, Central Anatolia, Turkey: a comparison of geophysical investigation results with the geochemical data." Journal of Petroleum Science and Engineering 61.1 (2008): 33-47.
- [9] Sherkati, S., & Letouzey, J. (2004). Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. Marine and petroleum geology, 21(5), 535-554.
- [۱۰] اشکان سیدعلی محمد، ۱۳۸۳. "اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشاء هیدروکربوری و نفت‌ها با نگرش ویژه به حوضه‌ی رسوبی زاگرس". انتشارات روابط عمومی شرکت نفت
- [11] Waples, Douglas W. Geochemistry in petroleum exploration. Springer Science & Business Media, 2013.
- [12] Hunt, John M., R. Paul Philp, and Keith A. Kvenvolden. "Early developments in petroleum geochemistry." Organic Geochemistry 33.9 (2002): 1025-1052.
- [13] Pan, Y. S. (1968). Interpretation and Seismic Coordination of the Bouguer Gravity Anomalies Obtained in Southwestern Taiwan.
- [14] Riley, Shawn J, DeGloria, Stephen D, & Elliot, Robert. (1999). A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. intermountain Journal of sciences, 5(1-4), 23-27.
- [15] Grohmann, Carlos Henrique, Smith, Mike J, & Riccomini, Claudio. (2011). Multiscale analysis of topographic surface roughness in the Midland Valley, Scotland. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 49(4), 1200-1213.
- [16] Hodick, D., & Sievers, A. (1989). On the mechanism of trap closure of Venus flytrap (*Dionaea muscipula* Ellis). Planta, 179(1), 32-42.
- [17] Nikraves, Masoud, Lotfi Asker Zadeh, and Fred Aminzadeh, eds. Soft computing and intelligent data analysis in oil exploration. Vol. 51. Elsevier, 2003.
- [18] Mohaghegh, Shahab, et al. "Petroleum reservoir characterization with the aid of artificial neural networks." Journal of Petroleum Science and Engineering 16.4 (1996): 263-274.
- [19] Jang, Jyh-Shing Roger, Chuen-Tsai Sun, and Eiji Mizutani. "Neuro-fuzzy and soft computing; a computational approach to learning and machine intelligence." (1997).
- [20] Del Frate, Fabio, and Luca Salvatori. "Oil spill detection by means of neural networks algorithms: a sensitivity analysis." Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS'04. Proceedings. 2004 IEEE International. Vol. 2. IEEE, 2004
- [21] Jensen, Pia, et al. "Observer variability in the assessment of type and dysplasia of colorectal adenomas, analyzed using kappa statistics." Diseases of the colon & rectum 38.2 (1995): 195-198.