

کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و GIS در تخمین پارامترهای موثر در تعیین الگوی کشت (مطالعه موردی : شهرستان نهاوند)

حسین بانژاد^{۱*}

hossein_banejad@yahoo.com

حمید محب زاده^۲

احسان علیائی^۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱

چکیده

یکی از مهم ترین مسایل پیش روی کشاورزی فاریاب، تدوین الگوی کشت بهینه می باشد. در این راستا تخمین پارامترهای موثر بر کمیت و کیفیت آب قابل دسترس به عنوان یکی از مولفه های حایز اهمیت در اتخاذ تصمیمات مدیریتی در پیشرفت و توسعه کشاورزی پایدار امری ضروری است. در این مطالعه از تکنیک شبکه های عصبی مصنوعی برای تخمین سطح آب چاه های پیژومتری و همچنین عوامل موثر بر کیفیت آب (EC , SAR) مورد استفاده برای کشاورزی بهره گرفته شده است. بدین منظور از داده های ماهانه برداشت شده سطح آب چاه های پیژومتری در طی ۷ سال و داده های مربوط به کیفیت آب در طول ۴ سال در دشت نهاوند استفاده شد. همچنین تراز سطح آب زیر زمینی شهرستان نهاوند در سال ۸۶-۱۳۸۵ با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی ترسیم شد. کارایی مدل توسط معیارهای آماری شامل ضریب تعیین (R^2) ، ریشه مربع میانگین خطا (RMSE) و میانگین قدرمطلق خطا (MAE) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج برآمده نشان داد که ضریب R^2 برای تخمین سطح آب چاه های پیژومتری برابر ۰/۹۸ و برای SAR و EC به ترتیب برابر با ۰/۹۹۱ و ۰/۹۹۰ بودند. نتایج فوق بیانگر توانایی مناسب شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان تکنیکی برتر برای شبیه سازی پارامترهای کمی و کیفی موثر در تعیین الگوی کشت بود. همچنین نتایج حاصل از ترسیم مکانی سطح آب زیرزمینی توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی حاکی از کمبود منابع آب های زیر سطحی در این منطقه بود .

واژه های کلیدی: الگوی کشت، تخمین، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شبکه های عصبی مصنوعی، نهاوند.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان* (مسئول مکاتبات)

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان، ایران

مقدمه

افزایش جمعیت و پی‌آمد آن افزایش تقاضا برای مواد غذایی از یک سو و وقوع خشکسالی‌های مکرر از سویی دیگر، باعث عدم تعادل در بازار عرضه و تقاضای آب شده و مشکلاتی را به وجود آورده است که بحران کم آبی از جمله آن‌ها می‌باشد. با توجه به سهم بسیار بالای بخش کشاورزی در مصرف آب یکی از راهکارهای موثر در اصلاح الگوی مصرف آب، اصلاح الگوی کشت و تعیین الگوی بهینه می‌باشد. تعیین و تخمین الگوی مناسب کشت برای یک منطقه کشاورزی، همواره با مجهولات فراوانی همراه است. تنوع محصولات قابل کشت، درصد کشت، میزان آب مورد نیاز و کیفیت آن از مجموعه عواملی هستند که در تعیین الگوی کشت مناسب موثر می‌باشند. به سبب فراوانی و دسترسی آسان به منابع آب مطلوب، نگرانی در مورد کیفیت آب اغلب به دست فراموشی سپرده شده است. گرچه امروزه با افزایش روز افزون منابع آب محدودیت این منابع خدادادی نیز مسئله ساز شده است.

کیفیت آب از لحاظ مفهوم به مشخصات یک منبع آب اشاره دارد که بر مطلوبیت آن برای مصرفی خاص اثر می‌گذارد و با برخی مشخصات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی تعریف می‌شود (۱). در مورد کیفیت آب در کشاورزی با مسایل گوناگونی از قبیل شوری، سرعت نفوذ آب و سمیت یون‌های موجود در آب روبه‌رو هستیم. شوری باعث کاهش قابلیت استفاده گیاه از آب می‌شود و سرعت نفوذ آب تحت تأثیر کاتیون‌های سدیم و کلسیم می‌باشد به‌گونه‌ای که بالا بودن مقدار نسبی سدیم یا کمی مقدار کلسیم در آب باعث کاهش سرعت نفوذ آب در خاک شده و مانع تراوش آب کافی به داخل خاک برای رفع نیاز گیاه می‌شود. بعضی از یون‌ها مانند کلر و بر نیز در صورت وجود در آب کیفیت آن را کاهش می‌دهند (۲).

به طور کلی کیفیت آب آبیاری را می‌توان به وسیله خصوصیات شیمیایی از قبیل شوری یا غلظت کل نمک‌های محلول در آب (EC)، سدیمی بودن یا غلظت سدیم موجود در آب نسبت به سایر کاتیون‌ها (SAR)، ترکیبات آنیونی آب به

ویژه غلظت کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها و غلظت دیگر عناصر که ممکن است برای رشد گیاه سمی باشد، مورد بررسی و ارزیابی قرار داد (۳).

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی برای تهیه آب شرب و کشاورزی می‌باشد. به طوری که بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مستلزم شناخت کمیت و به‌ویژه کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان‌ها است. با تعیین کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی می‌توان برآوردی از وضعیت منابع آبی به‌دست آورد و با استفاده از نتایج حاصل، کیفیت آب مورد استفاده از لحاظ شرب و همچنین از لحاظ کشاورزی مشخص می‌گردد (۴). SAR و EC، از جمله مهم‌ترین پارامترهای کیفی آب کشاورزی هستند که اطلاع از آن‌ها به‌دلیل نقش غیر قابل انکارشان در بازدهی محصولات کشاورزی امری ضروری است. همچنین اتخاذ تدبیری برای تخمین و اطلاع از وضعیت کمی آبخوان، کمک شایانی به مدیریت این نعمت خدادادی خواهد کرد. در تحقیق حاضر، بنا گذاری یک ساختار شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی شاخص‌های کمی و کیفی آب و تشریح کاربرد آن برای داده‌های پیچیده کیفیت آب مورد نظر بوده است. همچنین سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS^۱ به عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای نمایش نسبت پارامترهای مختلف کیفی و نیز تغییرات سطح آب زیر زمینی مورد استفاده قرار گرفت.

در زمینه استفاده از شبکه‌های عصبی در تخمین پارامترهای کمی و کیفی آب می‌توان به کار آناگو و همکاران در تخمین جذب فلزات سنگین در آلمان اشاره کرد (۵). پالانی و همکاران نیز بر کارایی بالای شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین پارامترهای کیفی آب در سواحل سنگاپور تاکید کرده اند (۶). همچنین گارسیا و شیگیدی کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی را در تخمین پارامترهای کمی و کیفی آب زیر زمینی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند (۷).

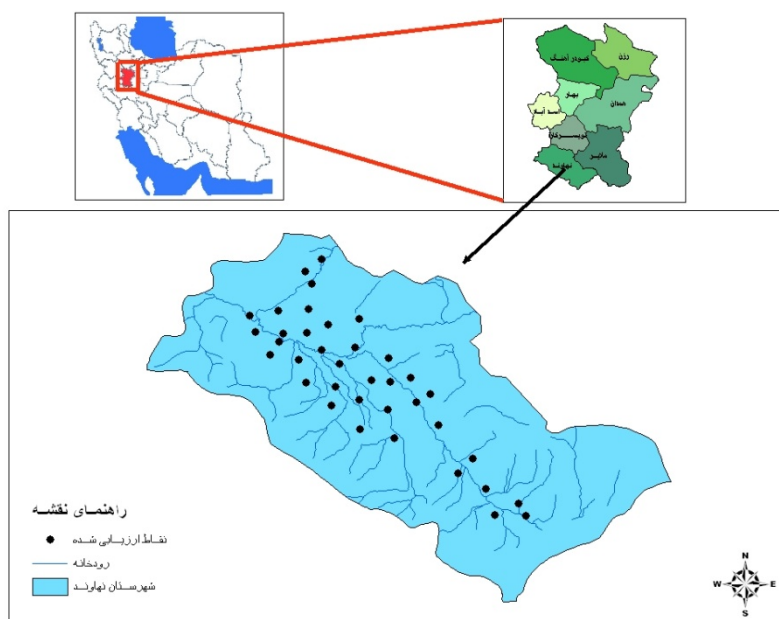
نهادند از شمال به شهرهای تویسرکان و همدان و از شرق به ملایر، از غرب به کرمانشاه و از جنوب به استان لرستان محدود است. شهرستان نهاوند با وسعتی قریب به ۱۴۶۱ کیلومترمربع در جنوب استان همدان و در امتداد رشته کوههای زاگراس و مسیر دشت دلتایی نهاوند واقع شده است و به علت وجود رشته کوههای زاگرس در منطقه و منابع سرشار آب های زیر زمینی دارای آب و هوای مدیترانه‌ای می باشد. چشمه‌سارها و سراب‌های کم‌نظیری چون سراب گاماسیاب، گیان، فارسبان، ملوسان، گنبد کبود، کنگاور کهنه، گردکانه، بنفشه و رازانه تمامی منطقه را سیراب و به یک قطب بزرگ کشاورزی بدل می‌سازد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان نهاوند را ارایه می‌نماید.

تاکنون در زمینه استفاده از GIS در نمایش شاخص های کیفی و کمی آب کارهای متفاوتی صورت گرفته است از جمله این کارها می توان به مطالعه پتانسیل آب زیر زمینی حوضه آبریز موسین توسط گاناپورام و همکاران اشاره نمود (۸). بیلگهان و برکتای نیز از GIS در نشان دادن آلودگی آب زیر زمینی در ترکیه استفاده نمودند (۹).

هدف از این تحقیق استفاده از ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و GIS در تخمین پارامترهای موثر در تعیین الگوی کشت (سطح آب چاه های پیژومتری و عناصر موجود در آب های زیرزمینی) می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان نهاوند در موقعیت ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی و ۲۳ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد.

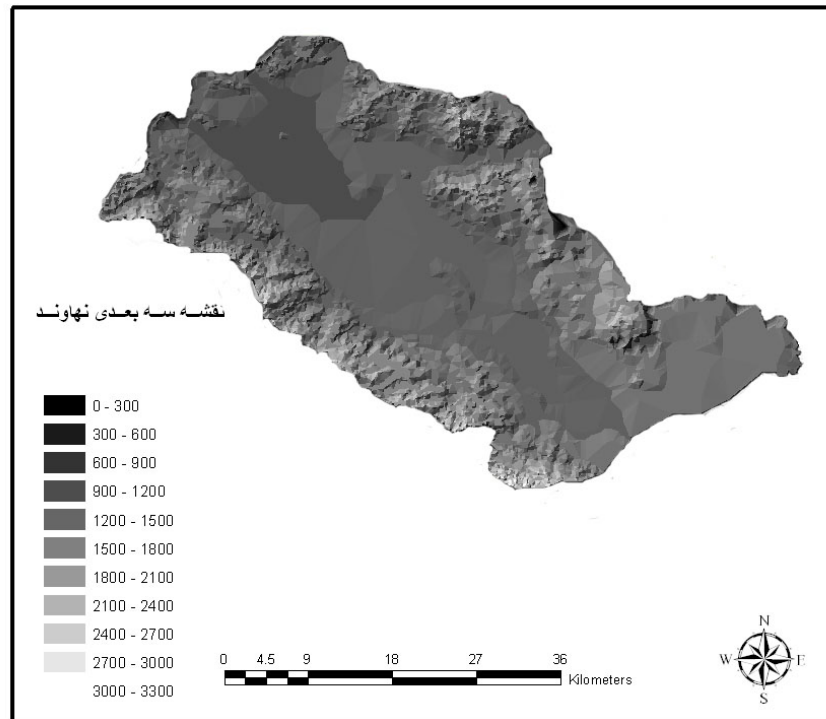


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شهرستان نهاوند

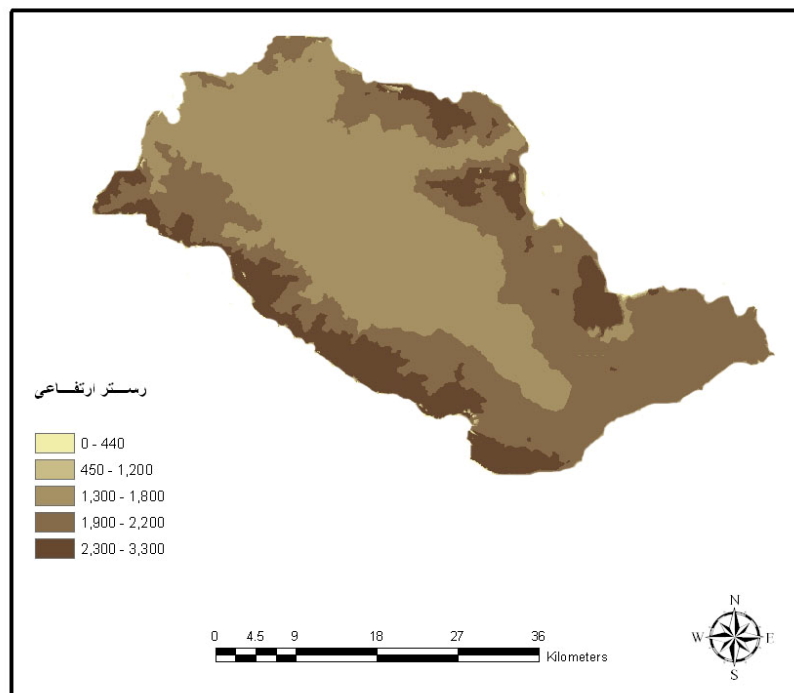
محدوده می باشد.

شکل ۲ نقشه سه بعدی محدوده مورد مطالعه نیاوند

را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۳ نمایانگر رستر ارتفاعی این



شکل ۲- نقشه سه بعدی محدوده مورد مطالعه نیاوند



شکل ۳- نقشه رستر ارتفاعی محدوده مورد مطالعه نیاوند

مواد و روش ها

سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS

استفاده از GIS اولین بار در سال ۱۹۶۰ برای تولید نقشه و همچنین به عنوان ابزاری برای مدیریت مناطق مختلف زمین مورد استفاده قرار گرفت. GIS ابزاری برای مرتب کردن، ذخیره کردن و بازیابی اطلاعات و ایجاد خروجی های فضایی می باشد. این نرم افزار دارای کارایی قوی برای ایجاد پایگاه داده و بررسی اطلاعات فضایی^۱ به کمک هوش مصنوعی می باشد و می تواند از طریق یکپارچه کردن اطلاعات مرجع به عنوان یک ابزار برای کمک به تصمیم گیری در مسایل طبیعی مورد استفاده قرار گیرد (۱۰). به عبارت دیگر، GIS یک سیستم حامی تصمیم گیری است که به صورت وسیع در زمینه بهینه سازی فعالیت ها و فرآیندهای مختلف، مورد استفاده قرار می گیرد. اهمیت مدیریت سیستم ها و منابع آبی، مدیریت حوضه های آبریز، تخصیص منابع آبی، برنامه ریزی و مدیریت توزیع آب، مدیریت هیدرولوژیکی و هیدرولیک، بهبود کیفیت آب، مدیریت منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی آن ها، نیاز روز افزون به GIS را به عنوان یک ابزار مدیریتی مناسب برای توسعه پایدار صنعت آب موجب شده است.

تهیه داده های اولیه و ورود آن ها به سیستم اطلاعات

مکانی

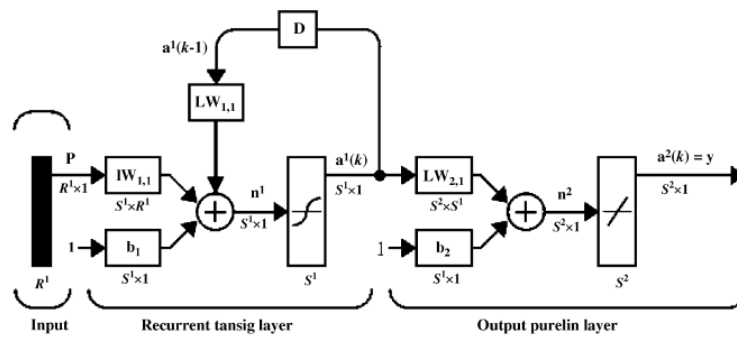
در این مطالعه، ابتدا داده های اولیه شامل نقشه منطقه به همراه نقشه توپوگرافی، اطلاعات مربوط به سطح آب چاه های پیژومتری و اطلاعات مربوط به عناصر موجود در آب زیرزمینی جمع آوری شد و سپس با وارد کردن جداول و نقشه ها در نرم افزار ArcGIS 9.2 و تبدیل نقشه ها و اطلاعات به فرمت این نرم افزار، نقشه سه بعدی منطقه به همراه رستر ارتفاعی آن و همچنین نقشه تراز سطح آب زیر زمینی ترسیم شد و نیز نقشه مقایسه ای کیفی آنیون ها و کاتیون های آب زیر زمینی منطقه در طول ۴ سال به عنوان مهم ترین نمایه های تدوین الگوی بهینه کشت ارایه گردید.

شبکه های عصبی مصنوعی

یک شبکه عصبی مصنوعی ایده ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز انسان به پردازش اطلاعات می پردازد. در یک سیستم عصبی، نرون ها (سلول های عصبی) به عنوان اصلی ترین عنصر پردازش شناخته شده اند که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می کنند. ANNs^۲ نظیر انسان ها با مثال یاد می گیرند و با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کنند. به همین دلیل به این سیستم ها هوشمند گفته می شود چرا که بر اساس محاسبات روی داده های عددی یا مثال ها، قوانین کلی را یاد می گیرند. همان گونه که گفته شد، شبکه های عصبی مصنوعی از تعدادی نرون تشکیل شده اند که به صورت لایه ای در کنار یکدیگر قرار می گیرند. هر شبکه حداقل از دو لایه تشکیل می شود، یک لایه ورودی و یک لایه خروجی. در عین حال می تواند چندین لایه مخفی بین لایه های ورودی و خروجی قرار گیرد. معمولاً یک نرون با ورودی های زیاد، به تنهایی برای حل مسائل فنی - مهندسی کافی نیست. مثلاً برای مدل سازی نگاشت هایی که دو خروجی دارند ما احتیاج به دو نرون داریم که به صورت موازی عمل کنند. بنابراین یک لایه خواهیم داشت که از اجتماع چند نرون تشکیل شده است. به همین دلیل از شبکه هایی که از چند لایه تشکیل شده اند استفاده می کنیم، این شبکه ها دارای توانایی بیشتری هستند. شبکه ای که بدین صورت طراحی می شود در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است و به شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه^۳ معروف است. شکل ۴ نمونه ای از ساختار یک شبکه پرسپترون سه لایه را ارایه می نماید. این ساختار شامل یک لایه ورودی، یک لایه مخفی و نهایتاً یک لایه خروجی خواهد بود.

2- Artificial Neural Networks
3- Multi-layer Perceptron

1- Spatial Data



شکل ۴ - نمونه‌ای از ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون سه لایه (۱۱)

یکی از معروف‌ترین الگوریتم‌های آموزشی، الگوریتم پس انتشار خطا^۱ می‌باشد. همچنین به منظور بررسی دقت شبکه آموزش یافته، عمل آزمون یا صحت‌یابی شبکه با ارایه داده‌های مجموعه صحت‌یابی به شبکه انجام می‌گیرد.

$$s = \sum_{n=1}^N w_n \cdot x_n = W^T \cdot X \quad (1)$$

که در آن $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ بردار وزن

نرون‌ها است. کمیت s سپس وارد یک تابع غیر خطی f می‌شود تا خروجی را نتیجه دهد:

$$y = f(s) \quad (2)$$

تابع غیر خطی انتقال معمولاً به فرم یک تابع حلقوی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f(s) = (1 + \exp(-s))^{-1} \quad (3)$$

خروجی y می‌تواند نتیجه مدل و یا ورودی لایه بعدی در شبکه‌های چند لایه باشد. الگوریتم‌های مختلفی جهت محاسبه وزن‌های بهینه ارایه شده است که در این میان الگوریتم پس انتشار خطا پرکاربردترین آن‌هاست. شبکه‌هایی که در این تحقیق به منظور تخمین سطح آب چاه‌های پیژومتری و پارامترهای موثر در کیفیت آب استفاده شده‌اند، از نوع شبکه‌های پرسپترون چند لایه (MLP) هستند. این شبکه‌ها به صورت پیشرو عمل نموده و در ساختار تمامی آن‌ها سعی شده تا حتی‌الامکان طراحی بهینه با یک لایه میانی

در تحقیق حاضر، یک مدل پرسپترون سه لایه برای مدل سازی شاخص‌های کمی و کیفی آب‌های زیرسطحی مؤثر برای تعیین الگوی بهینه کشت منطقه نهانند به کار گرفته شده است. عناصر اصلی یک شبکه عصبی، عصب‌ها یا نرون‌های مصنوعی هستند. الگوی ورودی به یک گره شبیه دندریت یک سلول بیولوژیک است که می‌توان آن را با برداری با n متغیر یا نرون به صورت $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ نشان داد. مجموع حاصل ضرب ورودی‌ها در وزن‌های نظیرشان را نیز می‌توان با کمیت اسکالر s نمایش داد.

در بسیاری از مسایل پیچیده ریاضی که به حل معادلات بفرنج غیر خطی منجر می‌شود، یک شبکه پرسپترون چند لایه می‌تواند به سادگی با تعریف اوزان و توابع مناسب مورد استفاده قرار گیرد. توابع فعالیت مختلفی به فراخور اسلوب مسئله در نرون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه ورودی جهت اعمال ورودی‌های مسئله یک لایه پنهان و یک لایه خروجی که نهایتاً پاسخ‌های مسئله را ارایه می‌نمایند، استفاده می‌شود. در این شبکه‌ها وزن‌های داده شده به نرون به نحوی تنظیم می‌شود که نزدیک‌ترین مقدار خروجی را نسبت به مقدار مشاهده‌ای تولید کند. این کار آموزش شبکه نام دارد. الگوریتم‌های آموزش، روندهایی هستند که توسط آن‌ها وزن‌های شبکه تنظیم می‌گردد. هدف از آموزش شبکه این است که شبکه قانون کار را یاد بگیرد و پس از آموزش به ازای هر ورودی، خروجی مناسب را ارایه دهد. تا کنون بیش از ۱۰۰ نوع الگوریتم یادگیری به وجود آمده است.

های آموزش و ۳۰٪ داده‌ها به‌عنوان داده های صحت‌یابی در نظر گرفته شده اند.

کلیه محاسبات شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز با استفاده از نرم افزار کامپیوتری Qnet 2000 انجام شد.

معیارهای ارزیابی مدل

به منظور سنجش عملکرد هر یک از مدل‌های شبکه انتخاب شده، سه شاخص معیاری متفاوت شامل ضریب همبستگی (R^2)، ریشه مربع میانگین خطا (RMSE) و میانگین قدرمطلق خطا (MAE) مورد استفاده قرار گرفت. که به ترتیب از روابط زیر قابل محاسبه هستند:

$$R^2 = \frac{\left[\frac{N \sum_{i=1}^N O_i y_{pi} - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right) \left(\sum_{i=1}^N y_{pi} \right)}{\sqrt{\left[N \sum_{i=1}^N O_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right)^2 \right] \times \left[N \sum_{i=1}^N y_{pi}^2 - \left(\sum_{i=1}^N y_{pi} \right)^2 \right]}} \right]^2 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(y_{pi} - O_i)^2}{N}} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_{pi} - O_i| \quad (6)$$

و همچنین ۱۲ پارامتر کیفی برداشت شده در طول ۴ سال که در برگیرنده عناصر موجود در آب‌های زیرزمینی می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت. این پارامترها شامل کل جامدات محلول^۱، pH آب، بی کربنات، کلر، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سختی کل، هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم^۲ می باشند. جدول ۱ مشخصات آماری پارامترهای کیفی آب های زیر زمینی منطقه نهاوند را نشان می‌دهد.

صورت پذیرد. آموزش شبکه‌های MLP با استفاده از الگوریتم آموزش پس انتشار خطا انجام می‌شود. فرآیند عملکرد این شبکه‌ها بدین نحو است که لایه ورودی، نسبت به پذیرش داده‌ها اقدام نموده و لایه (لایه‌های) میانی عمل فرآوری داده‌ها را انجام می‌دهند.

در نهایت، لایه خروجی نیز به نمایش خروجی‌های حاصل از کاربرد مدل اقدام می‌نماید. در طی مرحله مدل‌سازی، ضرایب مربوط به خطای موجود در گره‌ها به صورت سعی و خطا تصحیح می‌شود که در اغلب موارد از شاخص خطای متوسط داده‌ها بهره برده می‌شود. این امر از طریق مقایسه خروجی‌های مدل با داده‌های ورودی مشاهداتی انجام می‌پذیرد. در این تحقیق داده ها برای آموزش و آزمون (صحت یابی) به دو دسته تقسیم شده اند، به طوری که ۷۰٪ داده‌ها به‌عنوان داده

در این روابط O_i و y_{pi} به ترتیب مقادیر محاسبه شده توسط مدل و مقادیر اندازه گیری شده متغیرها است. همچنین N بیانگر تعداد مشاهدات است. طبیعتاً کم بودن میزان خطا (RMSE و MAE) و بالا بودن ضریب R^2 بیانگر دقت قابل قبول مدل و ملاک برتری آن خواهد بود.

اطلاعات ورودی

در این تحقیق به منظور مدل سازی شاخص های کمی و کیفی تعیین الگوی کشت در منطقه نهاوند از اطلاعات و داده های شامل سطح آب چاه های پیرومتری در طول ۷ سال

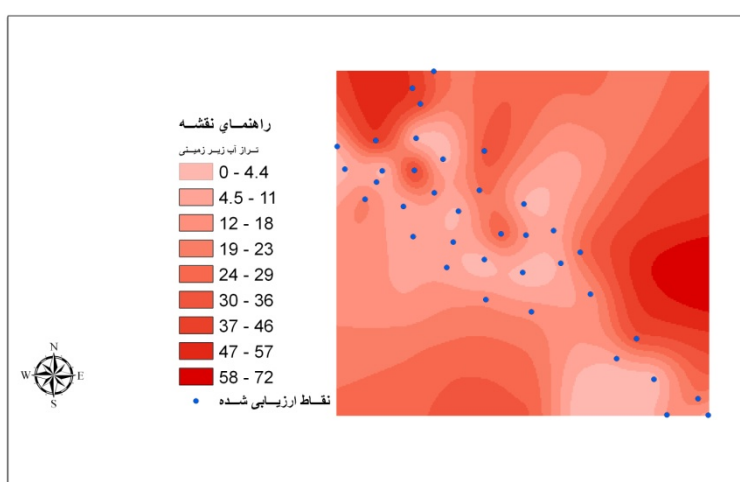
1- Total Dissolved Solids
2- Sodium Adsorption Ratio

جدول ۱- مشخصات آماری پارامترهای کیفی آب های زیر زمینی منطقه نهاوند.

پارامترهای کیفی آب	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف استاندارد
کل جامدات معلق	میلی اکی والان بر لیتر	۱۳۷/۹۷	۶۶۷/۵	۳۶۳/۳۳	۱۰۶/۷۲
pH	-	۷/۳	۸/۳	۷/۸۴	۰/۱۸
بی کربنات	میلی اکی والان بر لیتر	۲/۱	۶/۵	۴/۴۵	۱/۰۰
کلر	میلی اکی والان بر لیتر	۰/۱	۲/۳	۰/۶۳	۰/۴۱
سولفات	میلی اکی والان بر لیتر	۰/۰۸	۳/۲	۰/۵۹	۰/۵۴
کلسیم	میلی اکی والان بر لیتر	۱/۴	۴/۶	۲/۶۵	۰/۶۳
منیزیم	میلی اکی والان بر لیتر	۰/۲	۴/۲	۱/۹۶	۰/۸۴
سدیم	میلی اکی والان بر لیتر	۰/۰۲	۳/۱۵	۱/۰۶	۰/۷۶
پتاسیم	میلی اکی والان بر لیتر	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
سختی کل	میلی اکی والان بر لیتر	۸۰	۳۸۰	۲۳۰/۷۷	۶۲/۵۳
هدایت الکتریکی	میکروزیمنس بر سانتی متر	۲۱۹	۱۰۱۴	۵۶۶/۴۱	۱۶۲/۵۱
نسبت جذبی سدیم	-	۰/۰۲	۳/۰۵	۰/۷۱	۰/۵۶

نتایج

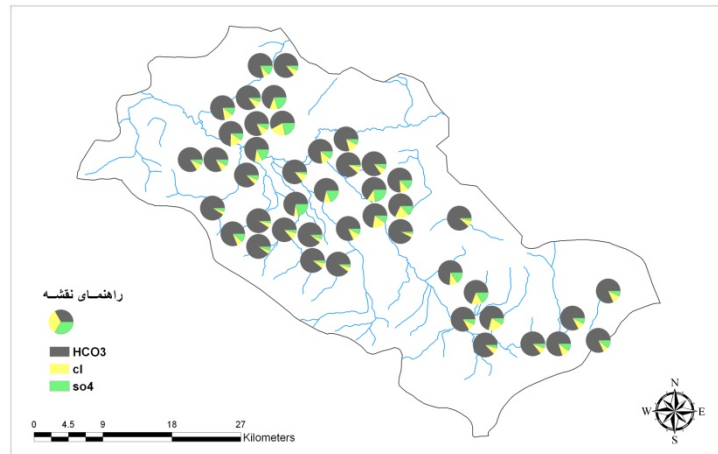
نقشه ترسیم شده تراز سطح آب زیرزمینی در سال ۸۶-۸۵ با استفاده از نرم افزار GIS نشان دهنده کمبود منابع آب زیر سطحی در این منطقه می باشد (شکل ۵ و ۶).



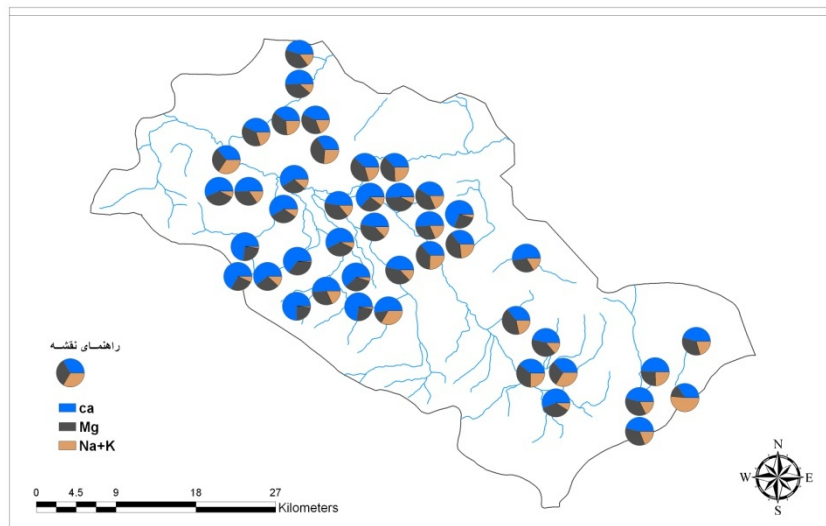
شکل ۵- خطوط تراز آب های زیر زمینی در سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶

همچنین میانگین کاتیون های اصلی در بین ۴۵ نمونه برحسب میلی اکی والان برای یون سدیم ۰/۱۷/۲۸٪، برای یون پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب ۰/۳۳، ۴۸/۱۳ و ۳۲/۲۵٪ می باشد.

میانگین آنیون های اصلی در بین ۴۵ نمونه برحسب میلی اکی والان برای یون بی کربنات ۰/۷۹/۲۳٪، برای یون کراید ۱۰/۶۴٪ و برای یون سولفات ۱۰/۱۲٪ می باشد (شکل ۷).



شکل ۶- نقشه‌ی کیفی تعیین نسبت آنیون های اصلی



شکل ۷- نقشه‌ی کیفی تعیین نسبت کاتیون های اصلی

استفاده و تعداد ۷ گره در لایه مخفی به عنوان بهترین حالت برای معماری شبکه عصبی شناسایی شد. همچنین شبکه عصبی منتخب برای مدل سازی پارامترهای کیفی مورد نظر (EC) یک شبکه سه لایه شامل یک لایه ورودی با ۱۰ متغیر ورودی، یک لایه مخفی با ۱۶ گره و یک لایه خروجی با یک متغیر می باشد. در حالی که تعداد گره های مخفی در مورد تخمین پارامتر SAR متفاوت از شبکه قبلی و ۱۵ گره انتخاب شده است. این مدل ها ابتدا با وارد کردن داده های مجموعه

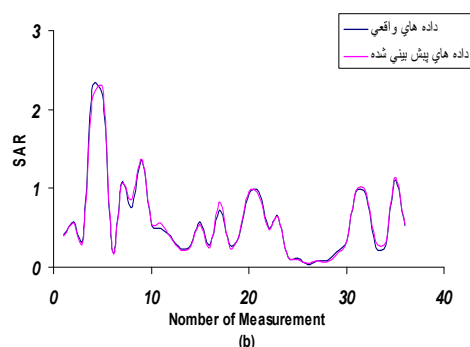
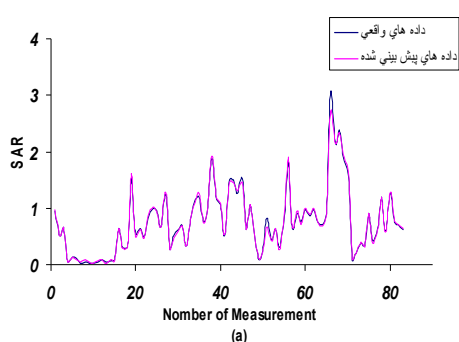
به منظور تخمین سطح آب چاه های پیژومتری به عنوان فاکتور کمی و تأثیر گذار در تعیین و تدوین الگوی بهینه کشت از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد و ساختار مناسب برای شبکه عصبی با تعیین تعداد گره ها در لایه های ورودی و لایه مخفی انتخاب شد. معمولاً برای تعیین تعداد بهینه گره در لایه مخفی از روش سعی و خطا استفاده می شود. بر این اساس از داده های ماهانه برداشت شده در طی ۷ سال سطح آب چاه های پیژومتری به عنوان ورودی های شبکه

صحت یابی را آرایه می‌نماید. همچنین نمودار ۳ مقایسه نتایج حاصل از مدل با مقادیر مشاهداتی EC و SAR در مرحله صحت یابی و نمودار ۴ مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده سطح آب چاه‌های پیژومتری و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل در مراحل فوق را نشان می‌دهد. مقادیر آرایه شده توانایی محسوسی از قدرت مدل‌سازی برای شبکه‌های عصبی مصنوعی را تبیین می‌نماید.

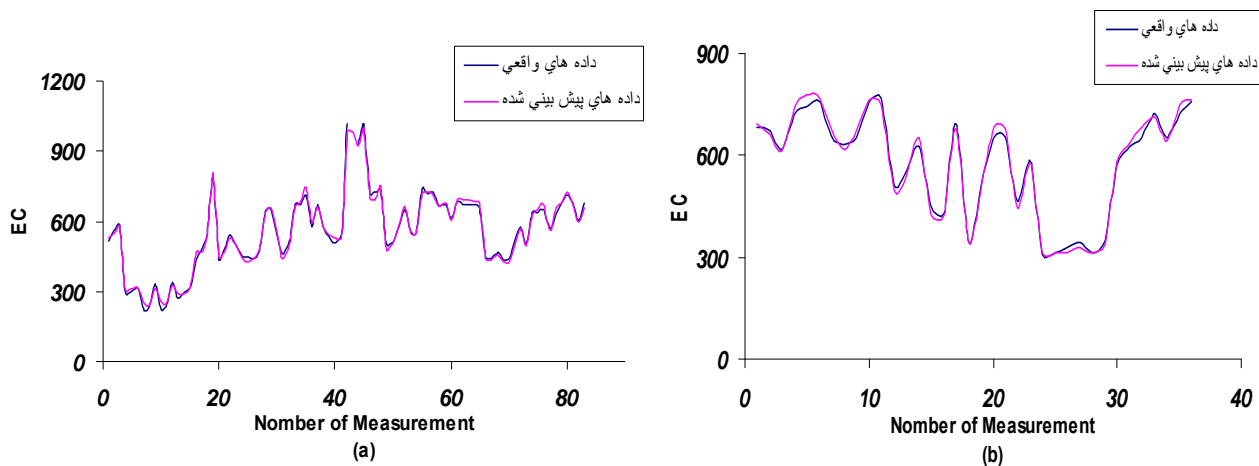
آموزش، آموزش دیده و سپس با آرایه داده‌های مجموعه آزمون مورد صحت سنجی قرار می‌گیرند. الگوریتم آموزشی برای هر دو مدل الگوریتم انتشار به عقب بوده و تابع انتقال نیز تابع غیر خطی سیگموئید است. به منظور سنجش دقت این مدل مقادیر $RMSE$ ، R^2 و MAE برای مراحل آموزش و صحت یابی محاسبه و در جدول ۲ درج گردیده است. نمودارهای ۱ و ۲ مقایسه بین مقادیر اندازه گیری شده SAR و EC و مقادیر پیش بینی شده آن‌ها توسط مدل در مراحل آموزش و

جدول ۲- نتایج حاصل از مدل های بهینه شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی پارامترهای SAR و EC

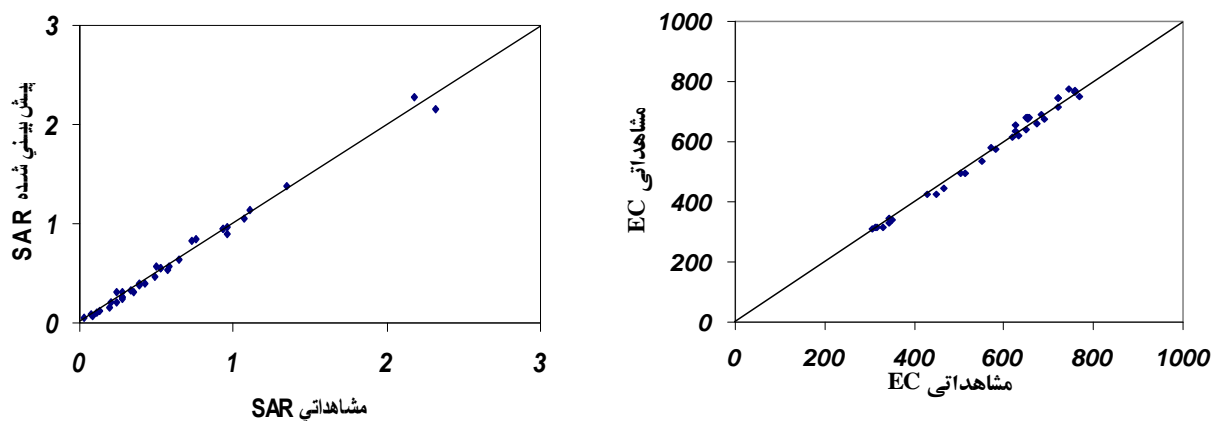
سطح آب چاه ها		SAR		EC		پارامترهای کیفی آب
۷-۷-۱		۱۰-۱۵-۱		۱۰-۱۶-۱		ساختار نرونی شبکه عصبی
Back propagation		Back propagation		Back propagation		الگوریتم آموزش
سیگموئید		سیگموئید		سیگموئید		تابع انتقال (محرک)
۰/۰۱		۰/۰۱		۰/۰۱		سرعت آموزش (ث)
۱۰۰۰۰		۱۰۰۰۰		۱۰۰۰۰		تعداد دور آموزش
مرحله		آموزش		تست		مرحله
RMSE		۱/۷۰۹	۰/۰۴۸	۱۶/۶۱۰	۱۰۸/۶۳۱	تست
MAE		۱/۱۱۰	۰/۰۳۴	۱۴/۱۰۸	۲۳/۸۸۴	آموزش
R^2		۰/۹۹۱	۰/۹۹۱	۰/۹۹۰	۰/۹۹۱	تست



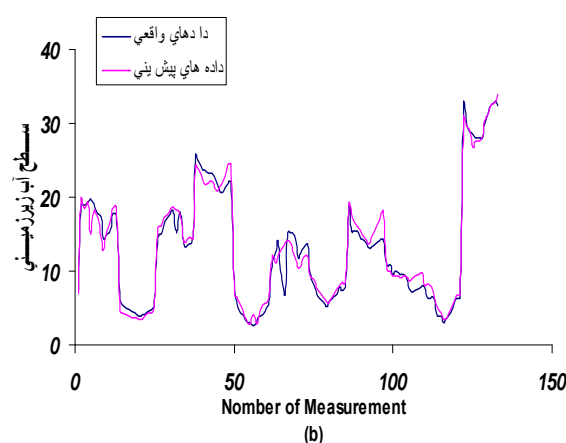
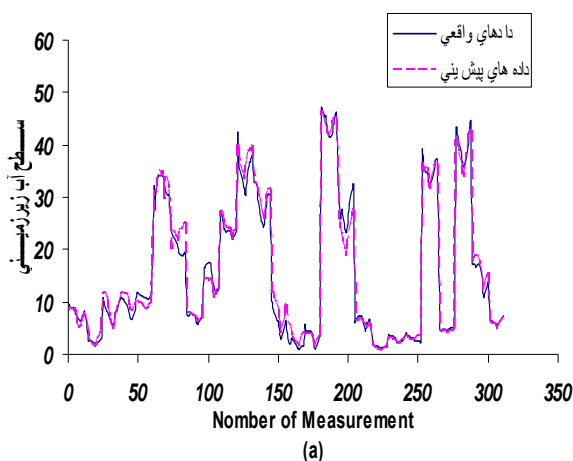
نمودار ۱- مقایسه نتایج حاصل از ANN با مقادیر مشاهداتی SAR در مرحله آموزش (a) و صحت یابی (b).



نمودار ۲- مقایسه نتایج حاصل از ANN با مقادیر مشاهداتی EC در مرحله آموزش (a) و صحت یابی (b).



نمودار ۳- مقایسه نتایج حاصل از ANN با مقادیر مشاهداتی SAR و EC در مرحله صحت یابی.



نمودار ۴- مقایسه نتایج حاصل از ANN با مقادیر مشاهداتی سطح آب چاه های
پیزومتری در مرحله آموزش (a) و صحت یابی (b).

منابع

1. R. S. Ayers, D. W. Westcot. Water Quality for agriculture. 1985, 3.
2. Mohammad N. Almasi, Jagath J. Kaluarachchi. Modular neural networks to predict the nitrate distribution in ground water using the on-ground nitrogen loading and recharge data. Environmental Modelling & Software 20(2005), 851-871.
3. Hore, A., Dutta, S., Datta, S., Bhattacharjee C., 2008. Application of an artificial neural network in wastewater quality monitoring: prediction of water quality index International. Journal of Nuclear Desalination 2008 - Vol. 3, No.2 pp. 160 - 174
4. Huiqun, M., Ling, L., 2008. Water Quality Assessment Using Artificial Neural Network, csse, vol. 1, pp.13-15, 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.
5. Ihuaku Anagu, Joachim Ingwersen, Jens Utermann, Thilo Strech. Estimation of heavy metal sorption in

تفسیر نتایج

در این تحقیق با توجه به اهمیت تخمین پارامترهای کمی و کیفی منابع آب در مسایل مدیریتی از جمله تعیین الگوی کشت، تخمین و مدل سازی شاخص های مؤثر بر اتخاذ تصمیمات مدیریتی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج برآمده از این تحقیق نشان دهنده کمبود منابع آب زیر سطحی در منطقه مورد مطالعه می باشد. در این راستا توانایی شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین شاخص های کیفی مؤثر بر تعیین الگوی کشت در یک منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل حاکی از برتری این مدل به عنوان تکنیکی جایگزین برای روش های مرسوم در تخمین متغیرهای مورد نیاز در اتخاذ تصمیمات مدیریتی در بخش کشاورزی می باشد. همچنین قابلیت سیستم های اطلاعات مکانی GIS در مدیریت حجم زیادی از داده های مکانی و نمایش تحلیلی از این اطلاعات نشان داده شد.

سپاس گذاری

بدینوسیله از کارشناسان محترم اداره کل آب منطقه ای استان همدان برای در اختیار گذاشتن برخی از داده های مورد نیاز تشکر و قدردانی می گردد

11. Thiery.F, Grieu.s, Traor'e.A. Integration of neural networks in a geographical information system for the monitoring of a catchment area. *Mathematics and Computers in Simulation* 76 (2008) 388–397
12. Ioannis N.Daliakopoulos, Paulin Coulibaly, Ioannis K.Tsanis. Groundwater level forecasting using artificial neural networks. *Journal of Hydrology* 309(2005), 229-240.
13. Yi-Ming kuo, Chen-Wuing Liu, Kao-Hung Lin. Evaluation of the ability of an artificial neural network model to assess the variation of groundwater quality in an area of blackfoot disease in Taiwan. *Water Research* 38(2004), 148-158.
14. B.F.Alemaw, E.M Shemang, T.R. Chaoka. Assessment of groundwater pollution vulnerability and modeling of the kanya wellfield in SE Botswana – a GIS approach. *Physics and Chemistry of the Earth* 29(2004), 1125-1128.
6. Sunddarambal palani, Shie-Yui Liong, Pavel Tkalich. An ANN application for water quality forecasting. *Marine Pollution Bulletin* 56(2008), 1586-1597.
7. Luis A.Garcia, Abdalla Shigidi. Using neural networks for parameter estimation in ground water. *Journal of Hydrology* 318(2006), 215-231.
8. Sreedhar Ganapuram, G.T Vijaya Kumar, I.V Murali Krishna, Ercan Kahya, M.cuneyd Demirel. Mapping of groundwater Potential zones in the Musi basin using remote sensing data and GIS. *Advance in Engineering Software* 40(2009), 506-518.
9. Bilgehan Nas, Ali Berktaş. Groundwater Contamination by nitrates in the city of konya, (Turkey): A GIS perspective. *Journal of Environmental Management* 79(2006), 30-37.
10. Y.Yang, M.S.Rosenbaum. Artificial neural networks linked to GIS for determining sedimentology in harbours. *Journal of petroleum Science and Engineering* 29(2001), 213-220.