

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت رامهرمز با استفاده از شبکه عصبی NARX

علیرضا شکیبا^{1*}، آتنا چشمی²

1- هیئت علمی، گروه سنجش از دور و GIS دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

2- کارشناس ارشد زمین شناسی - گرایش آبشناسی

پذیرش مقاله: 1391/9/15

تأیید نهایی مقاله: 1392/7/12

چکیده

پدیده تغییر اقلیم در سال‌های اخیر منجر به تغییرات قابل توجه در عناصر اقلیمی و در نتیجه وضعیت منابع سطحی و زیرزمینی تامین آب خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است، این مساله بعضاً باعث افت قابل توجه منابع آب زیرزمینی شده است. در این مقاله، اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت رامهرمز بررسی شده است. تأمین آب بخش‌های مختلف این منطقه به شدت به منابع زیرزمینی وابسته بوده و به همین دلیل بررسی تغییرات آب‌های زیرزمینی در دوره‌های آتی در توسعه این دشت و مدیریت منابع آب آن حائز اهمیت می‌باشد. به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) استفاده شده است. و سپس جهت انطباق مقیاس خروجی این مدل‌ها با مقیاس مورد نیاز مطالعات محلی تغییر اقلیم، داده‌های بارش و دما توسط مدل LARS-WG ریز مقیاس شده‌اند. از اطلاعات ریزمقیاس شده جهت تعیین مقادیر تغذیه و تخلیه آبخوان در دوره‌های آتی استفاده گردید. برای بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در مقاطع مختلف، مدل دینامیکی شبکه عصبی در محیط نرم‌افزار MATLAB توسعه داده شده است. همچنین می‌توان با استفاده از سایر سناریوها و مدلسازی ریاضی به بررسی و مقایسه دیگر نقاط هم پرداخت. نتایج مطالعه با فرض حفظ وضعیت موجود توسعه منطقه، حاکی از سیر نزولی حجم آبخوان با توجه به تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر منابع و مصارف محدوده مطالعاتی می‌باشد. همینطور نتایج، سناریو A2 را بحرانی‌ترین سناریو مربوط به تغییرات اقلیمی معرفی که بیشترین افت آبخوان را در مدل سازی شبکه عصبی هم نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، تغییر اقلیم، ریزمقیاس کردن، شبکه عصبی NARX

مقدمه

تغییر اقلیم تأثیر قابل توجهی بر منابع آب زیرزمینی و سطحی دارد. با توجه به اینکه تأثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی نسبت به منابع آب سطحی غیرمستقیم و آهسته‌تر می‌باشد. پایش وضعیت این منابع و حفظ پایداری آنها تحت تاثیر این تغییرات از اهمیت بالایی برخوردار است. در این زمینه مطالعات گوناگونی توسط (کوهن، 1986) بر روی آبهای سطحی بر تغذیه آبهای زیرزمینی (کائو-چین و همکاران، 2010) بر سطح آبهای زیرزمینی، (موستدرف و همکاران، 2008) بر حساسیت آبخوان ساحلی با استفاده از مدل‌های ریاضی و فیزیکی جهت ارزیابی اثرات تغییر اقلیم صورت گرفته است. همچنین کارآموز و همکاران (2010) و (کولی بالی و همکاران، 2001)، به مدل‌سازی بر آبهای زیرزمینی و ندیری (1386) به مدل‌سازی آبخوان با استفاده از مدل شبکه عصبی پرداخته است. که در ادامه به بررسی مطالعات انجام شده خواهیم پرداخت.

کوهن (1986) اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر بارش و دما و در نتیجه تغییرات تراز آب دریاچه های بزرگ آمریکای شمالی را بررسی نمود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ذخیره آب خالص دریاچه‌های بزرگ در واکنش به تغییرات اقلیمی کاهش می‌یابد. سیمینوف و باررو (1997) با استفاده از اطلاعات حاصل از ریز مقیاس کردن خروجی مدل‌های بزرگ مقیاس اقلیمی مطابق مطالعات انجام شده توسط ویلی و همکاران (2002)، بابائیان و همکاران (2004) و به کار بستن دو پارامتر بارش و تبخیر و قرار دادن این اطلاعات در یک مدل هیدرولوژیکی اثرات تغییر اقلیم را بر روی تغذیه آب زیرزمینی و رطوبت خاک بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تغییر اقلیم بر روی دو پارامتر بارش و

تبخیر اثر مستقیم دارد. کائو-چین و همکاران (2010) با استفاده از یک مدل هیدروژئولوژیکی که اساس آن اطلاعات زمین شناسی، هیدروژئولوژیکی و ژئوشیمی است و همچنین با بستن یک رگرسیون خطی مدل بارش برای 20 سال آینده نشان دادند که سطح آب زیرزمینی تحت تأثیر تغییر اقلیم به تدریج کاهش می‌یابد. موستدرف و همکاران (2008) با به کار بستن روش میانگین متحرک، اثر تغییر اقلیم را بر سیستم منابع آب زیرزمینی چا ایوا^۱ در کشور مراکش مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق با استفاده از مدل عددی نشان می‌دهد که آبخوان ساحلی نسبت به تغییرات بارش از حساسیت کمتری برخوردارند.

کارآموز و عراقی نژاد (2004) ترکیبی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از شبکه های عصبی و مدل‌سازی اقلیمی با استفاده از سیستم استنتاج فازی را برای پیش بلند مدت حجم رودخانه زاینده رود در محل ورودی به سد زاینده رود به کار بردند. در مطالعه ذکر شده مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی به صورت غیر مستقیم در یک ساختار پیش بینی بلند مدت به کار گرفته شد. همچنین این روند در مطالعات کوپولا و همکاران (2003) و کولی بالی و همکاران (2001) و سزیدرازوکی (2003) و کارآموز و همکاران (2010) نیز بررسی شده است. ندیری (1386) به ارزیابی توانایی های شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی آبخوان کمپلکس تبریز پرداخت. در این مطالعه از ساختار های مختلف شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی سطح ایستابی این آبخوان در پیژومتر مرکزی استفاده شده است. از میان ساختارهای مختلف مورد استفاده بهترین نتایج مربوط به شبکه های

رامهرمز به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) استفاده شده است. و سپس جهت انطباق مقیاس خروجی این مدل‌ها با مقیاس مورد نیاز مطالعات محلی تغییر اقلیم، داده‌های بارش و دما توسط مدل LARS-WG ریز مقیاس شده‌اند. از اطلاعات ریزمقیاس شده جهت تعیین مقادیر تغذیه و تخلیه آبخوان در دوره‌های آتی استفاده گردید (ابول پور، ۱۳۸۹). سپس به منظور پیش بینی افت سطح آب زیرزمینی با مدل شبکه عصبی مصنوعی از تعداد ۲۳ حلقه چاه پیژومتری فعال در دشت رامهرمز با اطلاعات برداشت شده با دوره ۲۰ ساله برای مدل سازی شبکه عصبی بهره گرفته شده است (کارآموز و همکاران، ۲۰۱۰). مدل دینامیکی شبکه عصبی NARX در محیط نرم‌افزار MATLAB توسعه داده شد و مقادیر مولفه‌های ورودی شبیه‌سازی شده تحت تاثیر تغییر اقلیم به مدل شبکه عصبی وارد و پیش بینی وضعیت آبخوان برای یک دوره ۷ ساله در آینده صورت گرفت. اثر تغییر اقلیم بر وضعیت آبخوان با فرض حفظ شرایط موجود توسعه منطقه ارزیابی می‌گردد. باید توجه داشت که پیش بینی های بلند مدت احتمال وقوع خطا را بیشتر کرده به همین دلیل هرچه بازه زمانی کوتاه تری انتخاب شود با خطای کمتری همراه است.

مطالعه موردی

مساحت محدوده مطالعاتی دشت رامهرمز با موقعیت جغرافیایی، طول جغرافیایی $49^{\circ}09'$ تا $49^{\circ}45'$ شرقی و عرض جغرافیایی $31^{\circ}04'$ تا $31^{\circ}40'$ شمالی دارای وسعت کل ۱۸۴۷ کیلومتر مربع که ۴۸۳ کیلومتر مربع آن شامل دشت رامهرمز و ۵۳۴ کیلومتر مربع دیگر مربوط به دشت هفتگل می باشد. در فاصله حدود ۹۰ کیلومتر

عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونیگ-مارکورت (FNN-LM) می باشد. در مرحله بعد، از این ساختار برای پیش بینی سطح ایستابی ۸ پیژومتر منتخب در منطقه استفاده شد. نتایج بدست آمده از ارائه مدلی واحد برای پیش بینی سطح ایستابی ۸ پیژومتر منتخب مطلوب به نظر نمی رسید به این منظور پیژومترهای منتخب به دو دسته تقسیم شده و برای هر دسته مدلی واحد ارائه شد. با افزایش تعداد نودهای خروجی هر مدل به تعداد پیژومترهای موجود در هر دسته، دو مدل با نتایج قابل قبولی بدست آمد. این نتایج توانست پیش بینی ماهیانه از سطح ایستابی آبهای زیر زمینی در پیژومترهای منتخب در بازه زمانی دو ساله را ارائه نماید.

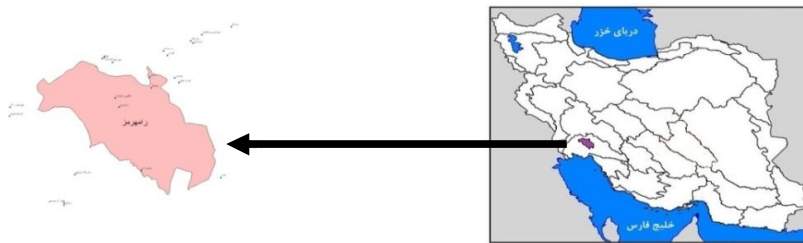
هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی وضعیت آب زیرزمینی دشت رامهرمز واقع در بخش غربی ایران که منطقه‌ای خشک تا نیمه خشک است، می‌باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از خروجی مدل GCM اطلاعات بارش و دما ریزمقیاس شده و برای سال‌های آتی تحت تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم شبیه‌سازی شده‌اند. مقادیر ارتفاع سطح پیژومتری آب زیرزمینی در دوره‌های آتی با فرض حفظ وضعیت موجود توسعه منطقه و با توجه به نتایج ریزمقیاس شده تعیین شده و وضعیت آبخوان در دوره‌های آتی شبیه‌سازی شده است. در ادامه توضیحاتی در مورد مطالعه موردی و روش انجام کار، بحث و بررسی روی نتایج و نتیجه‌گیری تحقیق ارائه شده است.

مواد و روشها

در این مقاله از اطلاعات هواشناسی مشاهداتی شامل بارش روزانه، حداقل و حداکثر دمای روزانه از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ ایستگاه سینوپتیک

همچنین مهمترین رودخانه مشروب کننده دشت رودخانه اعلا می باشد. شکل 1 موقعیت جغرافیایی این حوضه را نشان می دهد (آب منطقه ای استان خوزستان، 1384).

متری شرق اهواز مسیر ارتباطی اهواز- بهبهان و در فاصله حدود 57 کیلومتری شمال خاوری مسیر اهواز- باغملک واقع شده است، حداکثر ارتفاع از سطح دریا 235 متر در شرق دشت و حداقل ارتفاع 75 متر در غرب دشت می باشد.



شکل 1: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (دشت رامهرمز)

ماخذ: بازسازی شده از نقشه های GIS

تجربی بارش تولید گردید.

برای انجام آنالیز حساسیت الگوی ورودی از روش اعتبارسنجی آماری کلموگروف-اسمیرنوف (KS) و t تست استفاده و به این ترتیب مقادیر محاسبه شده با مشاهده شده مقایسه گردیده و مقادیر محاسبه شده ای که به مقادیر مشاهداتی نزدیکترند و خطای کمتر و اعتبار بیشتری دارند انتخاب شده اند.

مدل شبکه عصبی NARX

مدل شبکه عصبی NARX را می توان با رابطه 1 نشان داد.

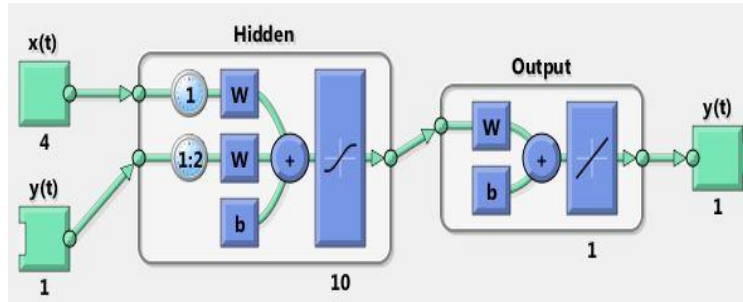
$$Y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-ny), u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-nu))$$

که مقدار خروجی وابسته $y(t)$ بر مبنای خروجی های مراحل قبل و مقادیر مستقل سیگنال ورودی خارجی می باشد. نمودار شبکه حاصل برای شبیه سازی در شکل 2 نشان داده شده است.

خروجی شبکه NARX از رابطه 2، به عنوان تخمینی از سیستم پویای غیر خطی در نظر می گیرند.

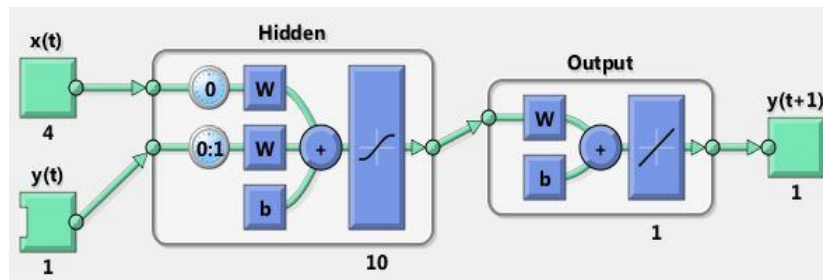
مدل LARS-WG

مدل LARS-WG می تواند اطلاعات یک ایستگاه هواشناسی را تحت شرایط اقلیمی کنونی و در آینده شبیه سازی کند. اطلاعات مورد نیاز مدل سری زمانی روزانه بارش (mm)، حداقل و حداکثر دما ($^{\circ}C$) و ساعات آفتابی ($MJ m^{-2} day^{-1}$) می باشد. در این مدل شبیه سازی اقلیمی برای سناریوهای انتشار SRES به نام های A2, A1B و B1 صورت گرفت که بحرانی ترین شرایط را سناریو A2 نشان می دهد. طی مراحل ریزمقیاس کردن بارش با استفاده از مدل LARS-WG، برای به دست آوردن خصوصیات آماری روزهای خشک و تر و میانگین بارش روزانه در هر ماه از سال در ایستگاه رامهرمز، سری زمانی بارش روزانه مشاهداتی به صورت ماهانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این اطلاعات به منظور توسعه توزیع نیمه تجربی مدت سری روزانه خشک و تر و مقدار بارش روزانه به کار رفته و با استفاده از این توزیع های نیمه تجربی، مقادیر تصادفی برای سری روزانه روزهای خشک و تر برای هر ماه تولید، همچنین مقدار بارش نیز از توزیع نیمه



شکل 2: نمایی از شبیه سازی شبکه عصبی NARX

رابطه (2) $Y(t+1) = \varphi_0 \{ w_b 0 + \sum w_h 0 \cdot \varphi_h(w_h 0 + \sum w_{ih} u(t-i) + \sum w_{ij} y(t-j)) \}$ مقدار سری زمانی پیش بینی شده $Y(t+1)$ (خروجی) نشان می دهد $U(t), u(t-1), \dots, u(t-d)$ که به عنوان سری زمانی داده های مشاهداتی گذشته (سیگنال های هواشناسی نظیر بارش و دما) و $y(t), y(t-1), \dots, y(t-d)$ عنوان داده های خروجی گذشته (تراز آب زیرزمینی) معرفی شده است. که شکل 3 نمایی از پیش بینی شبکه عصبی را نمایش می دهد.



شکل 3: نمایی از پیش بینی شبکه عصبی NARX

های شبیه سازی شده برای پیش بینی وارد مدل شبکه عصبی NARX شده و مدل تاخیر یک ماهه را حذف و بر اساس شرایط اولیه برای ماه آینده به پیش بینی می پردازد. با توجه به بازه زمانی که برای پیش بینی ارتفاع سطح پیژومتری در نظر گرفته شد مدل شبکه عصبی NARX مراحل ذکر شده را برای 74 ماه تکرار کرده است. در مدل شبکه عصبی NARX به علت ناهمسان بودن معیار سنجش ورودی ها از استاندارد سازی داده ها استفاده و از معیار ارزیابی خطا و ضریب همبستگی (R^2) (RMSE)، استفاده نموده و مقادیر محاسبه شده با مشاهده شده مقایسه گردید. برای کالیبراسیون آبخوان دشت رامهرمز از

با توجه به خصوصیات هیدروژئولوژیکی علاوه بر داده های ماهانه بارش، دما و ساعات آفتابی و ارتفاع سطح پیژومتری و داده های تولید شده با LARS-WG به طور ماهانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر و ساعات آفتابی به عنوان ورودی برای شبکه عصبی انتخاب شده و ابتدا داده های ماهانه بارش، دما و ساعات آفتابی و ارتفاع سطح پیژومتری برای شبیه سازی به مدل شبکه عصبی مصنوعی وارد و شبیه سازی انجام گرفته سپس مدل بین 4 ورودی و خروجی شبیه سازی شده (ارتفاع پیژومتر) ارتباط برقرار کرده و آنها را دوباره به عنوان ورودی گرفته و میزان افت را برای یک ماه آینده شبیه سازی کرده، سپس داده

مقادیر محاسبه شده را نشان می دهد. کمترین مقدار RMSE بالاترین صحت پیشگویی را نشان می دهد. همچنین R^2 که نشانگر میزان بازده شبکه می باشد (رابطه 4). بهینه ترین جواب برای مدل هنگامی ایجاد خواهد شد که RMSE به سمت صفر و R^2 به سمت یک میل کند.

$$R = 1 - \frac{\sum(\dots)}{\sum(\dots)} \quad \text{رابطه 4}$$

اطلاعات بیلان آب سال 1988-2010 استفاده شده است. پارامترهای کالیبراسیون شامل بارش و دمای حداقل و حداکثر می باشد. خطای کالیبراسیون با استفاده از شاخص RMSE ارزیابی شده است (رابطه 3).

در رابطه فوق y_i نتایج مشاهداتی، \hat{y}_i نتایج محاسباتی و N تعداد کل مشاهدات است RMSE اختلاف مابین مقدار مشاهده شده و

$$RMSE = \frac{\sum(\dots)}{\dots} \quad \text{رابطه 3}$$

جدول برای این آزمون، می توان نتیجه گرفت که توزیع آماری داده های مناسب تر نسبت به توزیع آماری داده های مشاهداتی در محدوده قابل قبول قرار دارد (شکل 4).

نتایج

نتایج مدل LARS-WG

نتایج در جدول 1 نشان داده شده است. با مقایسه نتایج حاصل از آزمون با عدد استخراج شده از

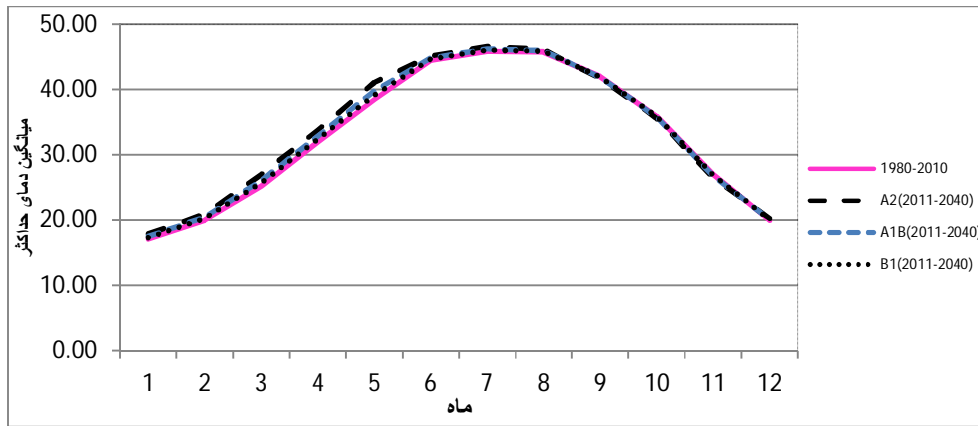
جدول 1: نتایج ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در شبیه سازی بارش دشت رامهرمز

ماه	بارش		دمای حداقل		دمای حداکثر	
	KS-test	t-test	KS-test	t-test	KS-test	t-test
ژانویه	0/08	0/69	0/11	0/11	0/16	0/01
فوریه	0/17	0/53	0/11	0/08	0/11	0/26
مارس	0/20	0/86	0/05	0/02	0/05	0/15
آوریل	0/10	0/27	0/11	0/63	0/11	0/20
می	0/28	0/90	0/05	0/38	0/05	0/53
ژوئن	0/36	0/67	0/11	0/29	0/16	0/06
جولای	0,2	0/87	0/11	0/97	0/10	0/64
اگوست	0,23	0/19	0/11	0/65	0/10	0/15
سپتامبر	0/42	0/30	0/05	0/89	0/11	0/90
اکتبر	0/31	0/98	0/11	0/06	0/08	0/32
نوامبر	0/20	0/12	0/05	0/84	0/10	0/82
دسامبر	0/03	1/00	0/05	0/30	0/05	0/51
KS-test: $D_{n,\alpha}=0.390$, ($\alpha=0.05$, $n=12$), t-test: $t_{\alpha,v} = 2.57$, ($\alpha=0.05$, $v=\infty$)						

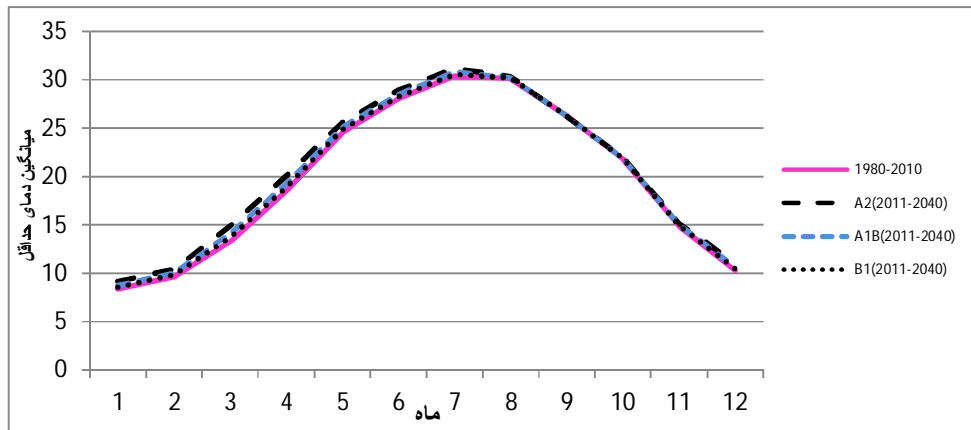
داشت. با توجه به اینکه جهت بررسی اثر تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی نیاز به اطلاعات شبیه سازی شده دما می باشد، بین مقادیر حداقل و حداکثر دمای پیش بینی شده میانگین گرفته شده است.

با توجه به شکل 4، چنانچه روند انتشار گازهای گلخانه ای طبق سناریوی A2 باشد، میانگین دمای حداکثر و حداقل به ترتیب در 30 سال آینده به میزان حداکثر 1/9 درجه افزایش خواهند

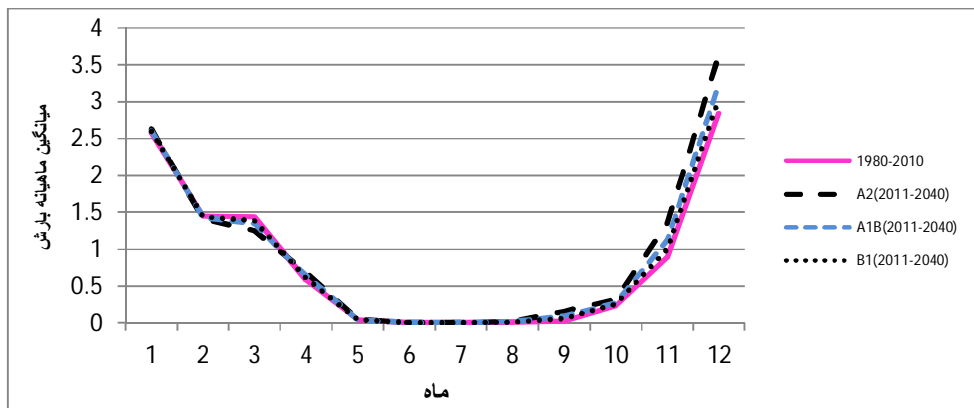
همچنین در (شکل 4-ج)، تغییر الگوی بارش (کاهش بارندگی) به خصوص در ماه‌های انتهایی پاییز و ابتدای زمستان مشاهده می‌شود.



الف: میانگین حداکثر دما



ب: میانگین حداقل دما



ج: میانگین ماهیانه بارش

شکل 4: مقایسه بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده مدل LARS-WG تحت سناریوهای A2, B1, A1B

نتایج مدل شبکه عصبی NARX

برای کالیبراسیون مدل شبکه عصبی NARX داده شده که مبنای آن بر کمترین خطا و میزان خطا و ضریب همبستگی در جدول 2 نشان بیشترین همبستگی می باشد. جدول 2: نتایج ارزیابی عملکرد مدل شبکه عصبی NARX بر مبنای خطای کمتر و همبستگی بیشتر

مقایسه نتایج و ارزیابی خطاها در انتخاب بهترین شبیه سازی				
خطا	ضریب همبستگی		نام چاه	
	R2	Nash_Sutcliffe	RMSE	MAE
0.160	0.25	0.89	0.93	8 چاه
1.530	2.7	0.76	0.78	15 چاه
1.730	3.18	0.85	0.91	میانگین چاه های نزدیک به رودخانه
0.148	0.2108	0.82	0.88	میانگین چاه های دور از رودخانه

نتایج تراز سطح آب شبیه سازی شده تحت سناریوهای B1, A2, A1B در بازه زمانی 2040-2011 بر اساس فاصله چاه های پیژومتری با رودخانه اعلاء (وسط دشت و نزدیک به ایستگاه سینوپتیک رامهرمز قرار دارد) سنجیده، که از مقایسه میزان تراز آب زیرزمینی با میزان بارش و تغذیه آب زیرزمینی که با مدل شبکه عصبی مصنوعی NARX محاسبه شده است. و سناریو A2 شرایط بحرانی تری را بر اساس شدت میزان افت آب در چاه های پیژومتری را نشان می دهد.

مهمترین پارامتر مؤثر بر تغذیه آب زیرزمینی بارش می باشد، بنابراین مؤلفه تغذیه آبخوان به صورت تابع خطی از بارش در سال مینا (بیلان سال 1988-2010) در نظر گرفته شده است. با توجه به نتایج مدل LARS-WG تحت سناریو - های تغییر اقلیم B1, A2, A1B مؤلفه های بیلان آبخوان در دوره زمانی 2011-2040 برای چند چاه پیژومتری که با وارد کردن نتایج مدل-LARS-WG در مدل شبکه عصبی و پیش بینی تراز آب زیرزمینی با فرض ثابت ماندن سطح توسعه منطقه در جداول 3 و 4 نشان داده شده است. که

جدول 3: مقایسه تراز آب مشاهداتی و شبیه سازی شده تحت سناریوهای A1B, B1, A2 در بازه زمانی 2040-2011 برای چند نمونه چاه پیژومتری دور از رودخانه

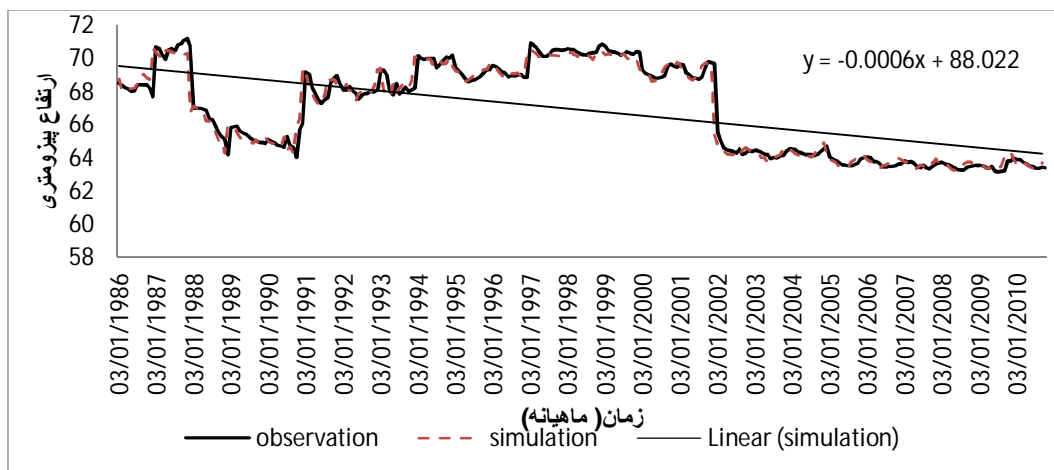
شماره پیژومترها	تراز آب زیر زمینی مشاهداتی (m)	تراز آب زیرزمینی محاسبه شده A2 (m)	تراز آب زیر زمینی محاسبه شده A1B (m)	تراز آب زیرزمینی محاسبه شده B1 (m)
3	68.51	62.0 2	63.01	63.41
4	82.51	70.65	70.80	71.0 5
5	76.71	66.34	66.80	66.93
8	75.85	68.3	68.53	68.86
27	70.51	63.01	63.64	63.91

جدول 4: مقایسه تراز آب مشاهداتی و شبیه سازی شده تحت سناریوهای A1B, B1, A2 در بازه زمانی 2011-2040 برای چند نمونه چاه پیژومتری نزدیک به رودخانه

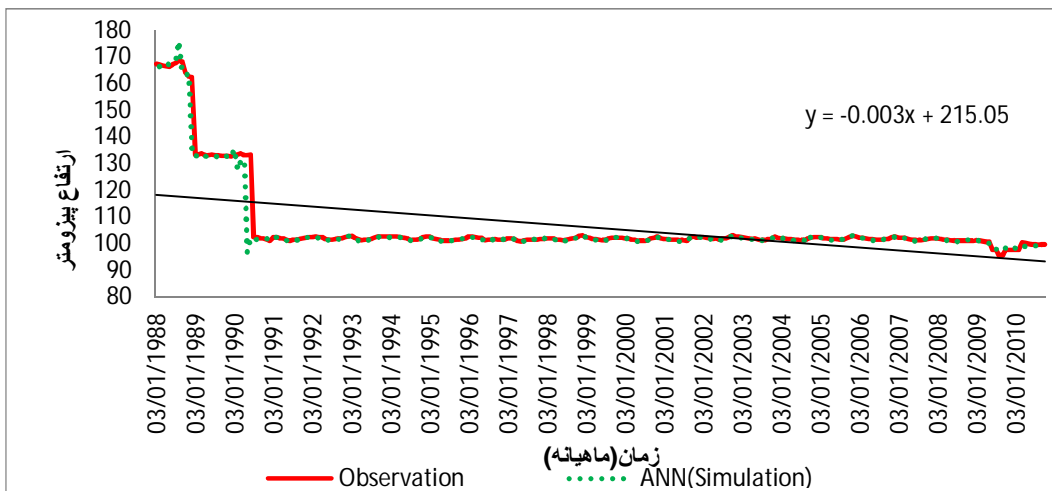
شماره پیژومترها	تراز آب زیر زمینی مشاهداتی (m)	تراز آب زیر زمینی محاسبه شده A2 (m)	تراز آب زیر زمینی محاسبه شده A1B (m)	تراز آب زیر زمینی محاسبه شده B1 (m)
۱	123.65	119.01	120.11	121.23
11	103.52	99.67	100.77	101.33
15	182.83	150.01	151.61	152.1
19	190.42	152.11	152.76	153.01
38	155.81	134.11	135.01	135.26

حداکثر فاصله از رودخانه اعلاء انتخاب و با ارتفاع پیژومترهای شبیه سازی شده توسط مدل شبکه عصبی مورد مقایسه قرار داده شده است. و در شکل (6)، نیز ارتفاع پیژومترهای مشاهداتی که در جنوب شرقی دشت با حداقل فاصله از رودخانه اعلاء قرار دارند را انتخاب و با ارتفاع پیژومترهای شبیه سازی شده با مدل شبکه عصبی مورد مقایسه قرار داده شده است.

در شکل 5 به صحت سنجی مدل شبکه عصبی NARX در بازه زمانی 1988-2010 پرداخته شده است. به این ترتیب که ارتفاع پیژومترهای مشاهداتی با ارتفاع پیژومترهای شبیه سازی شده توسط مدل شبکه عصبی NARX مطابقت داده شده است (شکل 5). ارتفاع پیژومترهای مشاهداتی که توسط اطلاعات دریافتی از سازمان آب منطقه‌ای بدست آمده را بر مبنای میانگین گیری چند نمونه چاه در شمال غربی دشت با



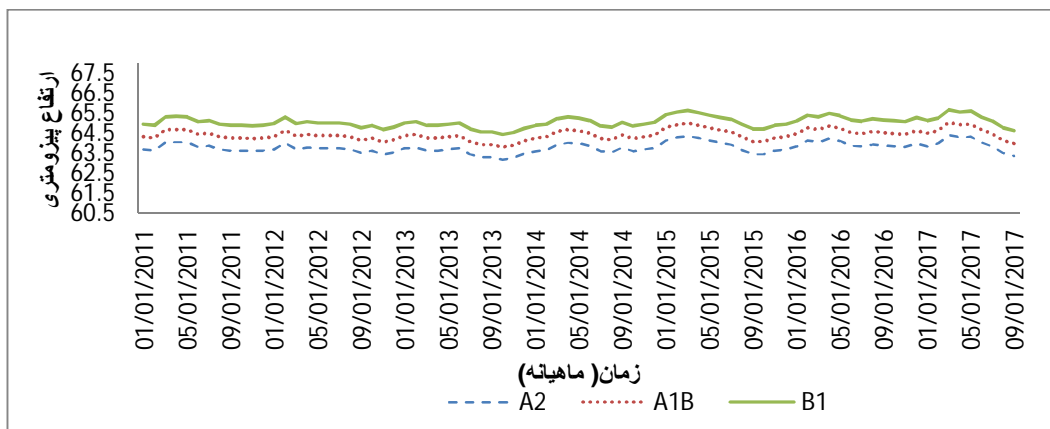
شکل 5: میانگین چند نمونه چاه پیژومتری دور از رودخانه (شبیه سازی شده)



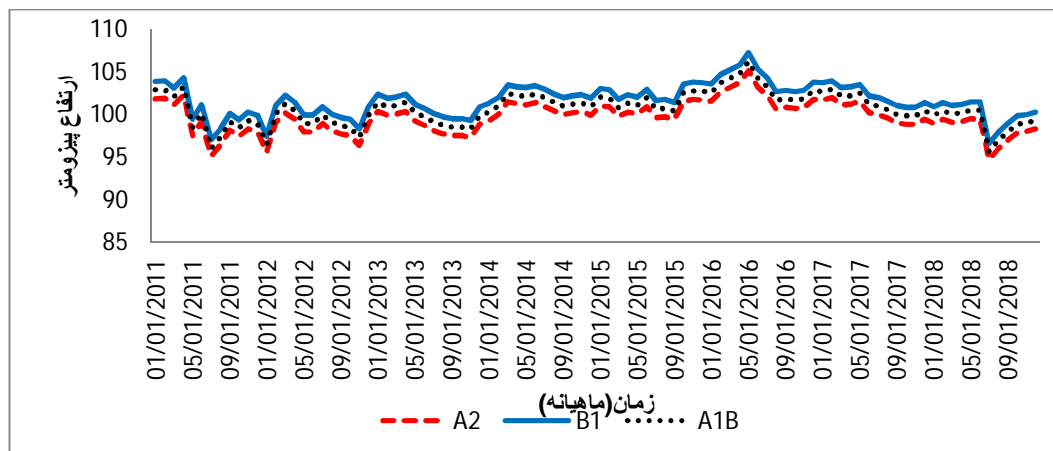
شکل 6: میانگین چندنمونه چاه پیزومتری نزدیک به رودخانه (شبیه سازی شده)

هر سه سناریو کاملاً مشخص است که میزان افت در هر سه سناریو در بازه زمانی 30 ساله تقریباً یکسان بوده، هر چند که در سناریوی A2 افت بیشتری در آبخوان را مشاهده می‌کنیم، که اگر همین شرایط از نظر تغذیه و تخلیه بر آبخوان در آینده هم حاکم باشد، احتمال افت بیشتر آبخوان در بازه های زمانی طولانی تر را شاهد خواهیم بود.

همانطور که شکل 7 و 8 نشان می‌دهد، سطح آب زیرزمینی در تمام نقاط آبخوان در حال کاهش می‌باشد بنابراین طرح مناسبی برای بهبود وضعیت آبخوان و محدودیت برداشت آب زیرزمینی در این دشت به خصوص در جنوب شرقی دشت بایستی در نظر گرفته شود. هر چند که به دلیل وجود رودخانه اعلاء افت تراز آب زیرزمینی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین با توجه به مدلسازی شبکه عصبی برای



شکل 7: پیش بینی شبکه عصبی پیزومترهای دور از رودخانه



شکل 8: پیش بینی شبکه عصبی پیرومترهای نزدیک به رودخانه

تفسیر نتایج

با توجه به بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر روی عناصر بارش و دما در دشت رامهرمز دریافتیم با کاهش بارندگی افت تدریجی در ارتفاع پیرومترها حاصل گردید، که به علت ساحلی بودن آبخوان، نسبت به تغییرات بارش از حساسیت کمتری برخوردار است. نتایج این بررسی با مطالعات ارائه شده توسط مستدرف و همکاران (2008) مطابقت داشته است. همینطور با مطالعات کوهن (1986) در زمینه بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر بارش و دما، در ریز مقیاس کردن پارامتر بارش، کائو-چین و همکاران (2010) به بررسی سطح آب زیرزمینی پرداخته اند که با مطالعات فعلی مطابقت داشته است. مطالعات ندیری (1386) در زمینه شبکه عصبی مربوط به شبکه های عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونیبرگ-مارکورت (FNN-LM) می باشد. که در مرحله بعد، از این ساختار برای پیش بینی سطح ایستابی در منطقه استفاده شده است. که در مقاله پیش رو نیز با بهره گیری از این روش و شبکه عصبی NARX به پیش بینی تراز آب زیرزمینی پرداخته شده است.

نتیجه گیری

در این مطالعه، اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت رامهرمز بررسی شده است. برای

نیل به این هدف ابتدا بر اساس متغیرهای هواشناسی خروجی مدل GCM در محدوده مورد مطالعه، شبیه سازی بارش و دما به کمک مدل آماری ریزمقیاس کردن (LARS-WG) تحت سناریوهای تغییر اقلیم صورت گرفته است که سناریوی A2 را به عنوان بحرانی ترین حالت برای آینده برگزیده و سپس آبخوان رامهرمز با استفاده از مدل دینامیکی شبکه عصبی شبیه سازی شده است. در نهایت بر اساس سناریوی تغییر اقلیم A2 اطلاعات تغذیه و تخلیه شبیه سازی شده و مقدار تراز آب زیرزمینی در دوره های آتی بررسی شده است. نتایج اثرات قابل توجه تغییرات اقلیمی را بر آب زیرزمینی این ناحیه نشان می دهد هر چند که این تغییرات در تمامی بخش های آبخوان یکنواخت نمی باشد. با توجه به عمق کم و ساحلی بودن آبخوان، توپوگرافی دشت و جهت جریان آب زیرزمینی که از سمت شمال غرب به جنوب شرق می باشد، بیشترین افت تراز آب زیرزمینی در آبخوان، مربوط به جنوب شرقی دشت با افت حدود 30 متر می باشد. کمترین افت در شمال غرب دشت رامهرمز و در حدود 10 متر می باشد. همچنین در بخش مرکزی آبخوان افت در حدود 12 متر است. همچنین در بخش شرقی و جنوب شرقی دشت به دلیل هم جوار بودن این بخش از

حکمفرماست بایستی میزان تخلیه آب زیرزمینی در این ناحیه با در نظر گرفتن استراتژی خاصی صورت گیرد.

دشت با رودخانه اعلاء توجه کمتری نسبت به برداشت آب زیرزمینی برای کشاورزی وجود دارد. با توجه به این نتایج و میزان برداشتی که در حال حاضر در بخش جنوب شرقی این آبخوان

منابع

- کیا، س، م.، 1390. شبکه های عصبی در متلب، چاپ اول، انتشارات کیان رایانه سبز. تهران، 408 ص.

- ندیری، ع، 1386. پیش بینی سطح آب زیرزمینی تبریز با شبکه های عصبی مصنوعی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

-Karamouz, M., Ahmadi, A., and Akhbari, M., 2010. Groundwater Hydrology Engineering, Planning and Management, Published by CRC press, Taylor and Francis group, Boca Raton, Florida. , New York, v. 5, 676 p.

-Kauo-Chin, H., Chug-Ho, W., Kuan-Chin, C., Chien-Tai, C., and Kai-Wei, M., 2010. Climate-induced hydrological impacts on the groundwater system the pingtung plain, Taiwan, v.11, P. 43-60.

-Mostadraf, J., Razack, M., and Sinan, M., 2008. Evaluation of the impacts of climate changes on the coastal chaoia aquifer, Moroco, using numerical modelling. Journal of Hydrogeology, v.16, p. 1411-1426.

-Semenov, M.A., and Barrow, E.M., 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. Journal of Climatic Change, v. 35, p. 397-414.

-Wilby, R.L., Dawson, C.W., and Barrow, E.M., 2002, SDSM- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, Journal of Environmental Modeling and Software, v. 17, p. 147-159.

-ابول پور، آ، 1389. تدوین الگوی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در ذخایر آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت رفسنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، 143 ص.

-Babaeian, I., Kwon, W.T., and Im, E.S., 2004. Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment Over Korea, Korea Meteorological Research Institute, Climate Research Lab Report, 98p.

-Cohen, S. J., 1986. Impacts of CO₂-induced climatic change on water resources in the Great Lakes Basin, Climatic Change, v. 8, p. 135-153.

-Coppola, E., Szidarovszky, F., Poulton, M., and Charles. E., 2003. Artificial neural network approach for predicting transient water level in a multilayered groundwater system under variable state, pumping, and climate conditions. Journal of Hydrologic Engineering, v. 8(6), p. 348-359.

-Coulibali, P., Anctil, F., and Bobée, B., 2001. Daily streamflow forecasting using neural networks with stopped training approach. Journal of Hydrology, v. 230, p.244-257.

-Karamouz. M., and Araghinejad, Sh., 2004. Long-lead forecatsing using ANN and FIS, calibration and validation of hydrologic models Hydroinformatics, Singapour, v.9, p. 402-414.