

در شکل ۵، منحنی های هم تراز شبیه سازی شده توسط مدل پس از واسنجی در سال ۱۴۲۳ نشان داده شده است که از انطباق مناسبی با جهت جریان واقعی برخوردار است. سلول های سیاه، نشان دهنده سلول هایی است که در آن سطح تراز آب زیرزمینی منطبق بر تراز سنگ بستر شده است یا به اصطلاح، سلول خشک شده است. با توجه به مقادیر تراز پیش بینی شده توسط مدل، برای دوره آتی هیدروگراف معرف آب زیرزمینی تهیه و در شکل ۶ نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

تفاوت اصلی این مطالعه با دیگر مطالعات مربوط به ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی، بیان عدم قطعیت ها در غالب سطوح احتمال است که ابزار مناسبی را برای تصمیم گیری در اختیار مدیران و مسئولان قرار می دهد. با توجه به مدل مفهومی تهیه شده، وجود تشکیلات ژوراسیک در دامنه ارتفاعات غربی، هورنفلس ها در دامنه های جنوبی و مارن های الیگومیوسن در بخش های شرقی آبخوان سبب شده است که تغذیه آبخوان از واحدهای زمین شناسی اطراف، چندان درخور توجه نباشد. شبیه سازی تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در آبخوان برای دوره سی ساله آتی تحت سناریوی A2 در سطح احتمال ۹۰ درصد، نشان دهنده کاهش شدید حجم مخزن به خصوص در نیمه جنوب - جنوب غربی آبخوان است. در واقع، مقدار متوسط بارندگی در این سناریو در مقایسه با دوره پایه مدل سازی (۱۳۹۰-۱۳۷۰) به مقدار ۱۸ درصد کاهش نشان می دهد. این مقدار تغییر در بارش سبب شده است که مقدار افت متوسط سالانه سطح تراز آب زیرزمینی، از ۰/۷۲ متر به ۱/۲۶ متر افزایش یابد. این مقدار افزایش افت سالانه در سطح تراز آب زیرزمینی، با احتساب ضریب ذخیره متوسط ۵ درصد و وسعت ۴۰۰

کیلومتر مربعی آبخوان، سبب شده است که متوسط سالانه کسری مخزن از حدود ۱۴ میلیون مترمکعب در دوره مدل سازی به ۲۵ میلیون مترمکعب در دوره آتی افزایش یابد.

تداوم کسری مخزن در دوره آتی سبب کاهش ضخامت زون اشباع آبخوان به میزان حدود ۳۸ متر در پایان دوره مدل خواهد شد و با توجه به اینکه ضخامت متوسط زون اشباع در شرایط کنونی آبخوان حدود ۵۰ متر است، با حفظ شرایط کنونی، برداشت از منابع آب زیرزمینی و وقوع مقادیر پیش بینی شده بارش، عملاً در سی سال آینده آبخوان دشت همدان - بهار از بین خواهد رفت. خشک شدن مناطق جنوب و جنوب باختری آبخوان، علاوه بر کاهش میزان تغذیه ناشی از کم بودن مقادیر قابلیت انتقال آبخوان در این مناطق است. بیان این مهم ضروری است که به دلیل وجود لایه های مارنی در سنگ بستر آبخوان با کاهش تدریجی سطح تراز آب زیرزمینی و افزایش عمق برداشت، کیفیت آب نیز با کاهش همراه خواهد شد که از عواقب آن می توان به تخریب بافت و کیفیت خاک اراضی کشاورزی اشاره کرد. از آنجایی که بخش کشاورزی، سهم اصلی برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت (حدود ۸۷ درصد مصارف آب زیرزمینی) را به خود اختصاص داده است، ادامه این روند برداشت، سبب وارد آمدن صدمات جبران ناپذیر به منابع آب زیرزمینی دشت خواهد شد. بنابراین، با در نظر گرفتن محدودیت برداشت از منابع آب زیرزمینی در دشت همدان - بهار و کمبود عرصه های مناسب برای تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، در ارائه راهکارهای سازگاری با اثرهای تغییر اقلیم، حتماً باید به مقوله تغییر الگوی کشت و افزایش راندمان آبیاری از مقیاس مزرعه ای تا مقیاس منطقه ای توجهی خاص شود.

مدیریت آب و آبیاری

9. Changnon SA, Huff FA and Hsu CF (1988) Relations between precipitation and shallow groundwater in Illinois. *Journal of Climate*. 1: 1239–1250.
10. Holman IP, Allen DM, Cuthbert MO and Goderniaux P (2012) Towards best practice for assessing the impacts of climate change on groundwater. *Hydrogeology Journal*. 20: 1-4.
11. Holman IP (2006) Climate change impacts on groundwater recharge: uncertainty, shortcomings and the way forward? *Hydrogeol Journal*. 14:637–647.
12. Ines AVM and Hansen JW (2006) Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agricultural and Forest Meteorology*. 138(1–4):44–53.
13. Jyrkama MI and Sykes JF (2007) The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the Grand River Watershed (Ontario). *Journal of Hydrology*. 338:237–250.
14. Kundzewicz ZW, Mata LJ, Arnell NW, Döll P, Kabat P, Jiménez B, Miller KA, Oki T, Sen Z and Shiklomanov IA (2007) Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ and Hanson CE (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pp: 173-210.
15. Luoma S and Okkonen J (2014) Impact of future climate change and Baltic sea level rise on groundwater recharge, groundwater levels, and surface leakage in the Hanko aquifer in southern Finland. *Journal of Water*. 6 (12): 3671–3700. doi:10.3390/w6123671
- منابع
۱. امیدوار ک. و اژدرپور م (۱۳۹۱) استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در برآورد بارش - رواناب در حوضه آبریز رودخانه اعظم هرات. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۲۷ (۴): ۶۴۰-۶۲۰.
۲. مساح بوانی ع.ر (۱۳۸۵) ارزیابی ریسک تغییر اقلیم و تأثیر آن بر منابع آب، مطالعه موردی حوضه زاینده‌رود اصفهان. پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس. تهران. پایان‌نامه دکتری.
۳. دفتر مطالعات پایه منابع آب (۱۳۸۹) گزارش تمدید ممنوعیت دشت همدان-بهار. شرکت آب منطقه‌ای استان همدان. ۴۰ صفحه.
4. Abrahart RJ and See L (2000) Comparing neural network (ANN) and Auto Regressive Moving Average (ARMA) techniques for the provision of continuous river flow forecasts in two contrasting catchment. *Hydrological Process*. 14:2157-2172.
5. Allen DM, Cannon AJ, Toews MW and Scibek J (2010) Variability in simulated recharge using different GCMs. *Water Resource Research*. 46 (10): 1-18.
6. Alley WM, Healy RW and LaBaugh JW (2002) Flow and storage in groundwater systems. *Science* 296:1985–1990.
7. Block PJ, Souza Filho FA, Sun L and Kwon HH (2009) A stream flow forecasting framework using multiple climate and hydrological models. *Journal of American Water Resource Association*. 45(4): 828–43.
8. Cannon AJ (2008) Probabilistic multisite precipitation downscaling by an expanded Bernoulli-gamma density network. *Journal of Hydrometeorology*. 9 (6): 1284–1300.

16. McDonald MG and Harbaugh AW (1988) Techniques of water resources investigations reports, Book 6: Modeling techniques, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 258 p.
17. Morris BL, Lawrence ARL and Chilton PJC (2003) Groundwater and its susceptibility to degradation: a global assessment of the problem and options for management. Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya. 140 p.
18. Nourani V, Komasi M and Mano A (2009) A multivariate ANN-Wavelet approach for rainfall-runoff modeling. *Water Resource Management*. 23: 2877-2894.
19. Piani C, Haerter JO and Coppola E (2010) Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theoretical and Applied Climatology Journal*. 99(1):187-92.
20. Pindyck RS (2012) Uncertain outcomes and climate change policy. *Journal of Environmental Economics and Management*. 63(3):289-303.
21. Russell S. Crosbie, Bridget R. Scanlon, Freddie S. Mpelasoka, Robert C. Reedy, John B. Gates and Zhang L (2013) Potential climate change effects on groundwater recharge in the high plains aquifers, USA. *Water Resources Research Journal*. 49: 1-16. doi:10.1002/wrcr.20292.
22. Schnur R and Lettenmaier DP (1998) A case study of statistical downscaling in Australia using weather classification by recursive partitioning. *Journal of Hydrology*. 212-213: 362-379.
23. Scibek J and Allen DM (2006) Modeled impacts of predicted climate change on recharge and groundwater levels. *Water Resource Research Journal*, 42, W11405. doi:10.1029/2005WR004742.
24. Scibek J, Allen DM and Cannon A (2007) Groundwater-surface water interaction under scenarios of climate change using a high-resolution transient groundwater model. *Journal of Hydrology*. 333:165-181.
25. Semenov MA and Barrow EM (2002) LARS-WG: a stochastic weather generator for use in climate impact studies. Version 3.0 user manual, 28 p.
26. Shah T, Burke J and Villholth K (2007) Groundwater: a global assessment of scale and significance. In: Molden D (Eds.), *Water for food, water for Life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan London, and International Water Management Institute, Colombo, pp: 395-424.
27. Teutschbein C and Seibert J (2012) Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*. 456-457:12-29.
28. Toews MW and Allen DM (2009) Simulated response of groundwater to predicted recharge in a semi-arid region using a scenario of modeled climate change. *Environmental Research Letters Journal*. 4:035003. doi.org/10.1088/1748-9326/4/3/035003.
29. van Roosmalen L, Christensen BSB and Sonnenborg TO (2007) Regional differences in climate change impacts on groundwater and stream discharge in Denmark. *Vadose Zone Journal*. 6(3):554-571.
30. Wilby RL, Dawson CW and Barrow EM (2002) A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling and Software*. 17 (2): 145-157.

31. Yates D, Gangopadhyay S, Rajagopalan B and Strzepek K (2003) A technique for generating regional climate scenarios using a nearest-neighbor algorithm. *Water Resource Research Journal*. 39 (7), 1199. doi:10.1029/2002WR001769.
32. Zektser IS and Loaiciga HA (1993) Groundwater fluxes in the global hydrologic cycle: Past, present, and future. *Journal of Hydrology*. 144: 405– 427.
33. Zorita E and von Storch H (1999) The analog method – a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods. *Journal of Climate*. 12: 2474–2489.