بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه خوارزمی

همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی

7th national conference of Iranian association of geomorphology (geomorphology, A new approach)

هفتمین همایش ملی انجمن علمی ایرانی ژئومورفولوژی(ژئومورفولوژی، نگاهی نو)

۲۹ آبان ۱۳۹۹– دانشگاه خوارزمی تهران

گواهی پذیرش مقاله (A-10-287-1)

نویسندگان محترم؛ فاطمه محمودی نسب و ندا محسنی

گواهی می شود مقاله ارزشمند ارسالی با عنوان: اثرات عوامل محیطی بر گسترش فرونشست ها در دشت نیشابور

در هفتمین همایش ملی انجمن علمی ایرانی ژئومورفولوژی(ژئومورفولوژی، نگاهی نو) بصورت انتشار در مجموعه مقالات پذیرفته شده است.

بدینوسیله از مشارکت شما در این همایش قدردانی می نماییم.

دکتر امیر صفاری
دبیر علمی همایش

دکتر مجتبی یمانی
رئیس هیات مدیره انجمن

ISC

اثرات عوامل محیطی بر گسترش فرونشست‌ها در دشت نیشابور

Impact of environmental factors on land subsidence occurrence (case study: Neyshabur plain)

فاطمه محمودی نسب[۱]، ندا محسنی[۲]*

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد

[۲] استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد

nedamohseni@um.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی میزان جابجایی زمین ناشی از پدیده فرونشست در دشت نیشابور با استفاده از تصاویر رادار Sentinel-1 در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ پرداخته است. علاوه بر این، به منظور بررسی اثرات جنس سازندها و میزان فاصله از چاه های پمپینگ بر گسترش مکانی بخش‌های پرخطر و کم خطر فرونشست، نقشه‌های حاصل از تصاویر رادار، از لحاظ شدت فرونشست پهنه بندی شدند. نتایج بدست آمده از تصاویر Sentinel-1 از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ روند کاهشی فرونشست را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که اطلاعات چاه‌های پیزومتریک نیز افزایش سطح آب زیرزمینی را در همین بازه زمانی ثبت کرده است. بنابراین کاهش مقادیر نشست زمین در منطقه مورد مطالعه همراه با افزایش سطح ایستابی بوده است. به علاوه جنس سازندهای محیط آبخوان، به عنوان یک ویژگی طبیعی ذاتی هر یک از مناطق در میزان افت سطح آب و نشست زمین پارامتری مهم تلقی می‌شود. به این دلیل که گاهاً بیشترین میزان سطح ایستابی دلیل بر نشست کمتر و یا کمترین سطح ایستابی نیز عاملی برای نشست بیشتر محسوب نمی‌شود. به طوریکه استقرار حوزه‌های مورد مطالعه بر روی سازندهای مختلف زمین شناسی و موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک ویژگی خاصی را از نظر ظرفیت حجم سفره‌های آبخوان و میزان نفوذپذیری و فشردگی خاک فراهم می‌آورد. همچنین سایر نتایج نشان داده است که چگونه فاصله از چاه اثرات قابل توجهی بر روی گسترش مکانی محدوده‌های پرخطر و کم خطر فرونشست دارد. به طوریکه با نزدیک شدن به چاه‌های پمپینگ وسعت محدوده‌های پر خطر افزایش یافته و بر عکس با دور شدن از چاه بر گسترش محدوده‌های کم خطر فرونشست افزوده می‌شود.

کلمات کلیدی: فرونشست زمین، تصاویر رادار Sentinel-1، آب زیرزمینی.

۱ مقدمه

فرونشست زمین، مخاطره‌ای ژئومورفیک که گسترش آن در سطح زمین باعث از بین رفتن تعادل محیط طبیعی و زندگی جانداران مختلف و اختلال در زندگی بشر می‌شود. شایع ترین عامل آن برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی در اکثر مناطق به ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. گسترش این مخاطره باعث نابودی بسیاری از زیرساخت‌های شهری و زمین‌های کشاورزی یا عاملی برای تغییر مسیر خطوط ریلی و جاده‌ها و حتی در مواقعی کانالی برای انتقال آلودگی-ها به منابع آب زیرزمینی می‌شود (Chen, 2020). ظهور شکاف‌هایی در سطح زمین و گسترش آن‌ها در بازه‌های زمانی مختلف می‌تواند نشانه‌ای از توسعه‌ی بحرانی فرونشست باشد. پروفیل خاک در امتداد یک سیستم آبخوان متشکل از فضاهای خالی ریز و درشتی است، که تعداد و اندازه‌ی این منافذ تعیین کننده‌ی توزیع متعادل هوا و آب درون خاک دانه‌ها می‌باشد. زمانی که برداشت از منابع آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و سطح ایستابی از حد تعادلی خود پایین تر می‌رود، این شرایط ویژگی‌های فیزیکی خاک را از لحاظ توزیع و اندازه‌ی منافذ ریز و درشت تحت تأثیر قرار می‌دهد، بطوریکه این رخداد از یک طرف منجر به بسته شدن حجم بیشتری از منافذ شده و در نتیجه به مرور زمان لایه‌های خاک برروی یکدیگر نشست پیدا می‌کنند که اصطلاحاً به این پدیده فشردگی خاک[1] گفته می‌شود. بنابراین فرایند فشردگی خاک به دنبال افت بیش از اندازه‌ی سطح آب زیرزمینی که ناشی از تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی خاک (مانند تغییر در اندازه و حجم تخلخل سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند رطوبت، نفوذپذیری، وزن ظاهری خاک) می‌باشد، منجر به فرونشست می‌شود.

علاوه بر تاثیر نوسانات سطح آب زیرزمینی بر سطح فشردگی خاک و متعاقباً میزان جابه جایی سطح زمین، ویژگی‌های ذاتی محیط آبخوان مانند موقعیت ژئومورفیکی که آبخوان بر روی آن گسترده شده است و یا جنس سازندهای تشکیل دهنده‌ی محیط آبخوان بر پاسخ فشردگی خاک و فرونشست‌های ناشی از آن به سطح ایستابی اثرگذار می‌باشد. به عنوان مثال میزان نشست زمین در پاسخ به نوسان سطح آب زیرزمینی در مخروط‌افکنه‌ها و یا مناطق واقع در پایین دست

[1] Soil compaction

مخروط افکنه‌ها و سطح دشت‌سرها یا مناطق جلگه رسی واکنش‌های متفاوتی دارند (Fannin et al; 2000; Bachmair and Weiler, 2012; Rinderer et al; 2016). همان‌طور که در این مطالعه نیز نشان داده شده است، آبخوان‌های واقع بر روی مناطق جلگه رسی به طور ذاتی سطح ایستابی پایین‌تری در مقایسه با آبخوان‌های واقع بر روی مخروط‌افکنه‌ها دارند. در مثالی دیگر می‌توان به سازندهایی از جنس دولومیت و آهک و یا رسوبات درشت دانه در مقایسه با پهنه‌های رسی اشاره کرد. این سازندها به دلیل تراکم زیاد درز و شکاف ها و افزایش فاصله بین منافذ ضریب نفوذپذیری بیشتری داشته و سطح ایستابی به طور معنی داری در این سازندها بالاتر است (Tewolde, 2008; Xing et al; 2018). به همین دلیل صرف نوسان سطح آب زیرزمینی و اثراتش بر روی میزان فرونشست نمی-تواند به تنهایی شاخصی برای بررسی دلایل موثر بر وقوع و توسعه‌ی این مخاطره ژئومورفیک باشد.

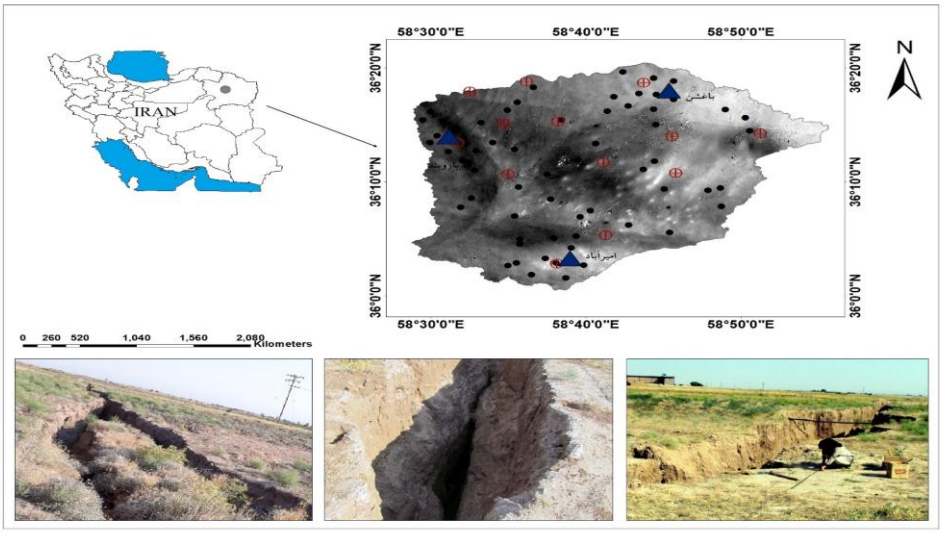
علاوه بر عوامل محیطی موثر در افت سطح آب‌های زیرزمینی که ریشه در فعالیت‌های انسانی دارد می‌توان به اثرات تغییرات اقلیمی بر نوسان سطح ایستابی اشاره کرد (Gleeson et al; 2012; Van der Knaap et al; 2014; De Graf et al; 2017; Engelenburg et al; 2018). تغییر اقلیم و گرمایش جهانی که با کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و تعرق و بالا بودن دما و حرارت در مناطق خشک و نیمه خشک همراه هستند، به تدریج و نامحسوس بویژه در سال‌های گذشته بر شرایط بحرانی این مناطق افزوده است. پژوهش حاضر روی ۲ هدف بطور خاص متمرکز شده است:

۱- بررسی ارتباط بین میزان نشست و بالا آمادگی با تغییرات سطح آب زیرزمینی در بازه های زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ در سه محدوده مختلف در دشت نیشابور که بر اساس اطلاعات سازمان آب منطقه‌ای تفاوت معناداری از لحاظ سطح ایستابی داشتند.

۲- ارتباط بین محدوده‌ی بهره برداری آب‌های زیرزمینی و گسترش مکانی بخش‌های پرخطر و کم خطر فرونشست.

۲ مواد و روش

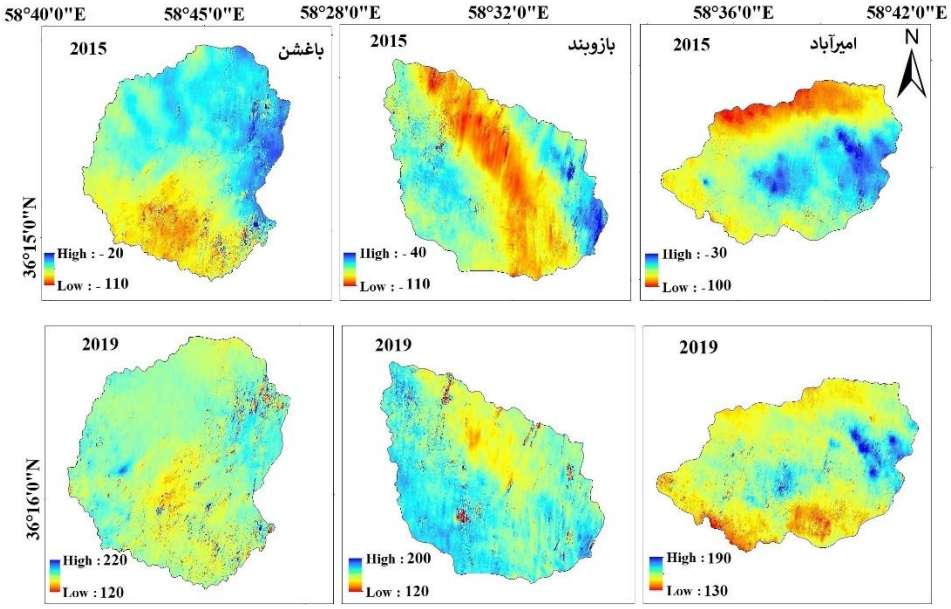
برای بررسی ارتباط بین نشست و بالاآمدگی با تغییرات سطح آب زیرزمینیسه منطقه باغشن، بازوبند و امیرآباد را در دشت نیشابور انتخاب کردیم (شکل ۱). برای تهیه خروجی، تصاویرSentinel-1 سه منطقه از خروجی تصاویر کلی در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ استفاده شدند. تصاویر سه منطقه برای هر ماه و سال جداگانه تهیه شد (شکل ۲). بعلاوه برای هر سال تصاویر میانگین نیز استخراج شد به طوری که مقایسه‌ی این سه محدوده با ویژگی‌های متفاوت خاص خودشان نتایج قابل تأملی را در پی داشته است. برای بررسی هدف دوم در منطقه مورد مطالعه برداشت تعدادی از چاه‌های پمپینگ اقدام شد. اطلاعات سطح ایستابی چاه‌های مورد نظر را استخراج گردید و تعداد ۱۲ چاه پمپینگ را به طور پراکنده در سطح دشت انتخاب نمودیم. برای درک روشن‌تر ارتباط بین موقعیت چاه‌ها با میزان نشست، تعداد ۱۲ چاه را در هر یک از تصاویر میانگین سالانه Sentinel-1 اضافه نمودیم. به منظور بررسی تاثیر افت سطح ایستابی هر کدام از چاه‌های سطح دشت بر روی میزان گسترش نشست در فواصل مختلف، در نرم‌افزار GIS برای آن‌ها بافرهایی در فواصل مشخص تعیین کردیم. این بافرها در فواصل ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ متر می‌باشند. سطوح نشست زمین را با پهنه‌بندی در سه سطح محدوده‌هایی با خطر زیاد، متوسط و کم تعیین نمودیم. قرارگیری هر کدام از این بافرها در هر یک از سه سطح تعیین شده نشست زمین، بیانگر ارتباط این دو فاکتور مهم و اساسی خواهد بود.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

۳ نتایج

مطالعات صورت گرفته در ارتباط با میزان نشست و تغییرات سطح آب زیرزمینی در بازه‌های زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ در سه محدوده‌ی باغشن، بازوبند و امیرآباد، تفاوت معنی‌داری داشته‌اند. سال ۲۰۱۵ بیشترین میزان نشست و سال ۲۰۱۹ کمترین نشست را نشان می‌دهد. در بین سه محدوده‌ی مورد نظر نیز باغشن و بازوبند در سال ۲۰۱۵ بیشترین میزان نشست و کمترین بالاآمدگی را نسبت به امیرآباد داشته‌اند. بر اساس داده‌های آب زیرزمینی منتج از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی به این نتیجه رسیدیم که با کاهش سطح آب زیرزمینی در سال ۲۰۱۵ میزان نشست نیز افزایش داشته است. اما در سال ۲۰۱۹ ما نتیجه‌ای بسیار متفاوت تر از سال‌های قبل دریافت کردیم به نوعی که با افزایش شدید سطح آب در هر سه منطقه، نشست زمین نیز به شدت کاهش یافته است. نتایج حاصل از پهنه بندی تصاویر رادرا به محدوده‌های با خطر کم تا زیاد جهت تعیین بافرهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ متری نیز نشان‌دهنده‌ی اهمیت فاصله از چاه است. بدین صورت که محدوده‌های پر خطر نشست زمین با افزایش فاصله از چاه به طور چشمگیری از لحاظ پراکنش مکانی افزایش نشان داده‌اند.



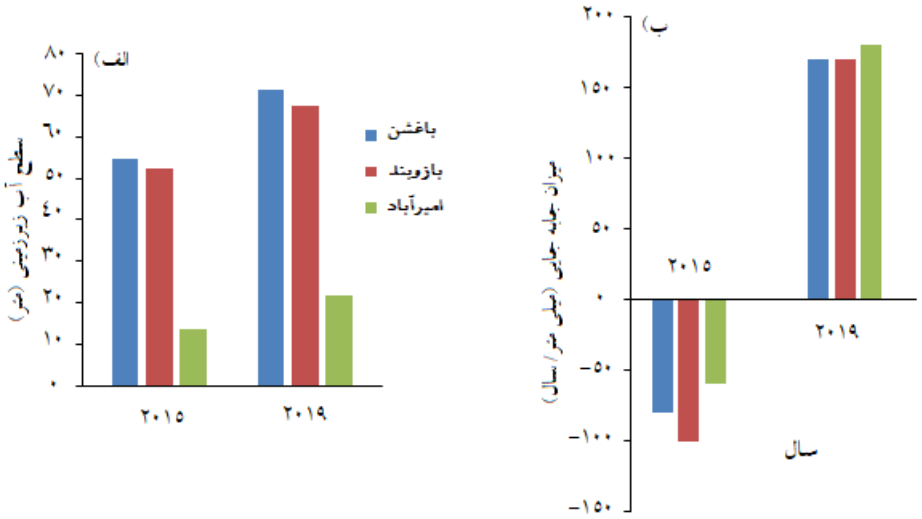
شکل ۲: تصاویر میانگین تهیه شده از Sentinel-1 برای سه منطقه باغشن، بازوبند و امیرآباد

۴ بحث و نتیجه گیری

در تصویر منطقه باغشن، سال ۲۰۱۵ شاهد بیشترین میزان نشست نسبت به سال‌های بعد هستیم. میزان نشست سطح زمین در این منطقه ۱۱۰- میلی‌متر و کمترین بالا آمدگی نیز با ۲۰- میلی‌متر به دست آمده است. میزان نشست باغشن در سال ۲۰۱۵ با نشست زمین در منطقه بازوبند برابر است، درحالی که میزان بالاآمدگی بازوبند به مقدار۴۰- میلی‌متر نسبت به باغشن بیشتر می‌باشد. منطقه امیرآباد با متوسط میزان بالاآمدگی نسبت به دو منطقه دیگر نشست کمتری را دارد. مقدار نشست امیرآباد در این سال ۱۰۰- میلی‌متر می‌باشد (شکل ۲). اما به طور جالب توجهی در سال‌های ۲۰۱۹ شاهد میزان کاهش ناگهانی نشست سطح زمین در سه منطقه هستیم. با این تفاسیر، به طور کلی ما بیشترین میزان نشست و کمترین بالاآمدگی را در سال ۲۰۱۵ داشته‌ایم که روند آن تا سال ۲۰۱۹ کاهشی بوده است، بعبارتی در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ ما شاهد افزایش ناگهانی بالاآمدگی و کاهش نشست زمین هستیم.

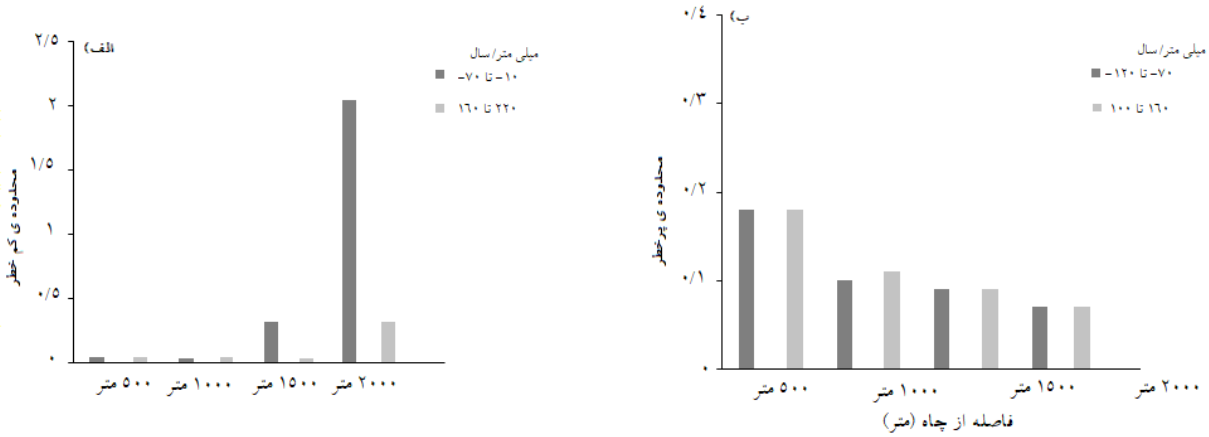
بالاترین میزان سطح آب در سال ۲۰۱۵ برای باغشن به میزان ۵۴/۷۲ متر و کمترین مقدار آن برای امیرآباد با مقدار ۱۳/۵۲ متر محاسبه شده است. مقدار سطح آب برای بازوبند ۵۲/۲۲ متر می‌باشد که اختلاف کمی با باغشن دارد. با وجود اینکه روند افزایش سطح آب زیرزمینی در منطقه امیرآباد در سال ۲۰۱۹ نیز ادامه داشته است، برای باغشن و بازوبند روند کاهشی با اختلاف ۱/۱۱ تا ۱/۴۶ متر نسبت به سال قبل نشان داده‌اند. میزان سطح ایستابی برای باغشن در این سال ۷۱/۴ متر و امیرآباد نیز ۶۷/۵۵ متر بوده است (شکل ۳). میزان سطح ایستابی از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ افزایش معنی داری را در هر سه منطقه نشان می‌دهد، به همان نسبت ما شاهد روند کاهشی میزان نشست و به طور جالب توجهی همزمان افزایش بالاآمدگی سطح زمین از ۲۰۱۵ به سمت ۲۰۱۹ هستیم. بنابراین این نتایج نشان می‌دهد

که چگونه تغییرات در میزان جا به جایی سطح زمین با روند تغییرات در سطح آب زیرزمینی می‌تواند مطابقت داشته باشد. بیشترین سطح ایستابی آب زیرزمینی در هر سه منطقه در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ قابل مشاهده است، به همان میزان، مقدار نشست زمین کاهش معناداری را نسبت به سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ نشان می‌دهد.



شکل ۳: ارتباط بین سطح ایستابی و میزان فرونشست زمین (در سه منطقه باغشن، بازوبند و امیرآباد)

جهت بررسی ارتباط بین محدوده‌ی بهره برداری آب‌های زیرزمینی و گسترش مکانی خطر فرونشت، محدوده کلی به پهنه‌هایی با فرونشست کم، متوسط و زیاد تقسیم بندی شد. سپس بافرهایی با فواصل مشخص از چاه‌های پمپینگ درج شد. با افزایش فاصله از چاه‌های پمپینگ وسعت محدوده‌های کم خطر گسترش می-یابد، برعکس با نزدیک شدن به چاه‌های پمپینگ وسعت محدوده‌های کم خطر کاهش می‌یابد. این نتایج به خوبی توضیح می‌دهد و اثبات می‌کند که چگونه ارتباط معناداری می‌تواند بین نوسان سطح ایستابی و کاهش یا افزایش فرونشست در مناطق مستعد این مخاطره وجود داشته باشد (شکل ۴).



شکل ۴: تاثیر فاصله از چاه بر میزان فرونشست در دو محدوده‌ی کم خطر و پرخطر

تقدیر و شکر

مقاله حاضر در قالب طرح پژوهشی شماره ۵۱۸۸۴-۳ با حمایت دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است.

مراجع

1. Bachmair, S., & Weiler, M. (2012). Hillslope characteristics as controls of subsurface flow variability. Hydrology and Earth System Sciences, 16(10), 3699.
2. Chen, B., Gong, H., Chen, Y., Li, X., Zhou, C., Lei, K., ... & Zhao, X. (2020). Land subsidence and its relation with groundwater aquifers in Beijing Plain of China. Science of the Total Environment, 735, 139111.
3. de Graaf, I. E., van Beek, R. L., Gleeson, T., Moosdorf, N., Schmitz, O., Sutanudjaja, E. H., & Bierkens, M. F. (2017). A global-scale two-layer transient groundwater model: Development and application to groundwater depletion. Advances in water Resources, 102, 53-67.
4. Van Engelenburg, J., Hueting, R., Rijpkema, S., Teuling, A. J., Uijlenhoet, R., & Ludwig, F. (2018). Impact of changes in groundwater extractions and climate change on groundwater-dependent ecosystems in a complex hydrogeological setting. Water resources management, 32(1), 259-272.
5. Fannin, R. J., Jaakkola, J., Wilkinson, J. M. T., & Hetherington, E. D. (2000). Hydrologic response of soils to precipitation at Carnation Creek, British Columbia, Canada. Water Resources Research, 36(6), 1481-1494.
6. Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F., & Van Beek, L. P. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature, 488(7410), 197-200.
7. Rinderer, M., van Meerveld, I., Stähli, M., & Seibert, J. (2016). Is groundwater response timing in a pre- alpine catchment controlled more by topography or by rainfall?. Hydrological Processes, 30(7), 1036-1051.
8. Tewolde, M. (2008, April). Subsidence in alluvial soils caused by intensive water withdrawal. In Seminar in Geomorphology (pp. 1-13).
9. van der Knaap, Y. A., de Graaf, M., van Ek, R., Witte, J. P. M., Aerts, R., Bierkens, M. F., & van Bodegom, P. M. (2015). Potential impacts of groundwater conservation measures on catchment-wide vegetation patterns in a future climate. Landscape Ecology, 30(5), 855-869.
10. Xing, L., Huang, L., Yang, Y., Xu, J., Zhang, W., Chi, G., & Hou, X. (2018). The blocking effect of clay in groundwater systems: a case study in an inland plain area. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(9), 1816.