

پایش داده‌های سطح آب‌زیرزمینی به عنوان پیش‌نمایانگر زلزله

میلاد امیرافزالی^۱، معین صمیمی^۲، فاطمه لطفی^۳

^۱ کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، milad.a.afzali@gmail.com

^۲ کارشناس زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، Moein.s25@gmail.com

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، Lotfif638@gmail.com

چکیده

گسل امتداد لغز و فعال دورود به عنوان قطعه‌ای از راندگی زاگرس به موازات آن از دورود تا بروجرد امتداد دارد. حرکت گسل دورود در فروردین سال ۱۳۸۵ سبب زلزله‌ای به بزرگی شش ریشتر شده است. به منظور مطالعه هیدروژئولوژی منطقه‌ای از اطلاعات کمی و کیفی چاه‌های مشاهده‌ای دشت دورود - بروجرد استفاده شده است. بررسی هیدروگراف‌های سالانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای دشت دورود - بروجرد، یک افزایش ناگهانی دو تا سه متری در برخی از چاه‌های مشاهده‌ای (چاه‌های با فاصله کم از خط گسل) در زلزله ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد. این افزایش ناگهانی سطح آب، تاثیر زلزله حاصل از حرکت گسل دورود بر سطح آب‌زیرزمینی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، زلزله، هیدروگراف، گسل دورود، چاه مشاهده‌ای

Monitoring groundwater level data as an earthquake preview

Milad Amirafzali¹ Moein Samimi² Fatemeh Lotfi³

¹ hydrogeology master student, Shahid Beheshti University of Tehran

² Geology Bachelor, Shahid Bahonar University of Kerman

³ Sedimentology master student, Hormozgan University

Abstract

Doroud Fault, an active and strike-slip fault, is elongated in Doroud-Borujerd plain, NW-SE, as a segment of the main Zagros thrust. The movement of Doroud Fault in March 2006, has caused an Mw 6 Earthquake. In order to study the regional hydrogeology, quantitative and qualitative information of the observation wells of Doroud - Borujerd plain has been used. The annual hydrographs of the observation wells of Doroud - Borujerd plain, show a sudden increase of three to five meters in some of the wells (wells located near the fault), simultaneous to the earthquake. These sudden increases in water levels indicate the direct effect of earthquake on groundwater table.

Keywords: Aquifer, earthquake, hydrograph, Doroud Fault, observation well

۱ مقدمه

گستره مورد مطالعه حد فاصل دو شهر بروجرد و دورود در استان لرستان و در مختصات $48^{\circ}46'25''$ تا $49^{\circ}14'53''$ طول جغرافیایی و $33^{\circ}24'46''$ تا $33^{\circ}56'00''$ عرض جغرافیایی قرار دارد. در دشت دورود - بروجرد، شمال لرستان، گسل امتداد لغز راست‌گرد دورود به موازات راندگی اصلی زاگرس، باعث تغییرات شدید و ناگهانی در ضخامت (علی‌جانی و همکاران، ۱۳۹۶) و جنس رسوبات آبرفتی اطراف خود شده است به طوری که آبرفت در شرق گسل عمدتاً شامل رسوبات ریزدانه سیلتی رسی و در غرب گسل شامل رسوبات درشت دانه شنی می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از بررسی‌های هیدروژئولوژی (نقشه‌های هم‌پتانسیل و نوسانات هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای) و کیفیت آب (نقشه هدایت الکتریکی آبخوان آبرفتی) ناهنجاری‌های مرتبط با تاثیر گسل دورود بر دشت شناسایی و سپس اثرات زلزله شش ریشتری فروردین ماه ۱۳۸۵ چالان چولان که بر اثر فعالیت گسل دورود رخ داده است بر نوسانات سطح آب زیرزمینی مشخص شود. مطالعات نشان می‌دهند که چگونه می‌توان رفتار هیدرولیکی گسل‌ها و زمین‌لرزه‌های بزرگ را با استفاده از نمایانگرهای ساده و کاربردی همچون تغییرات سطح ایستابی شناسایی کرد که این مهم خود از اهداف اصلی این مطالعه است.

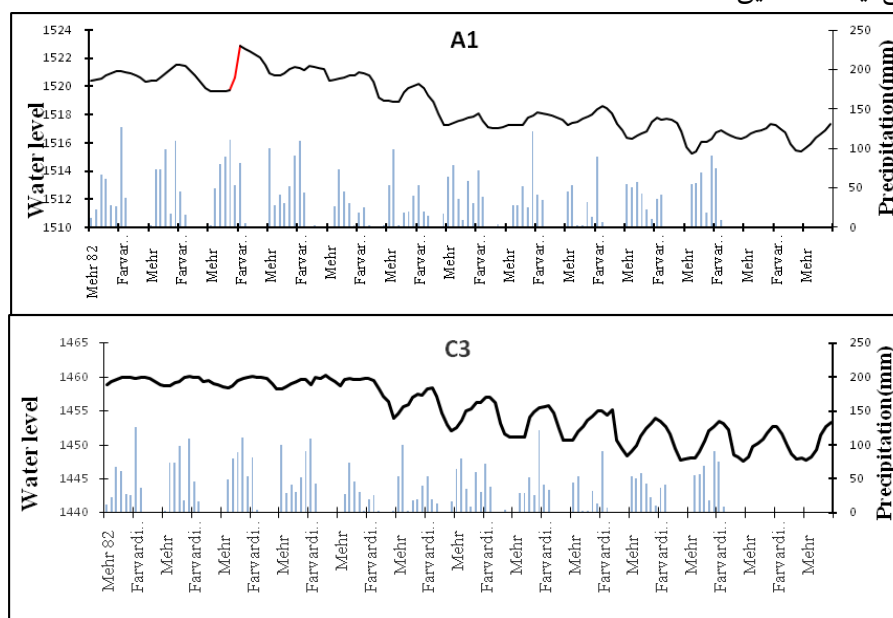
در طی زمین‌لرزه‌های نسبتاً بزرگ تغییراتی در سطح آب‌زیرزمینی به وجود می‌آید که مقدار این تغییرات نسبت به فاصله از گسیختگی اصلی گسل متغیر است (Wang et al., 2001). در مناطقی که گسل نسبت به جریان عمیق آب‌زیرزمینی هادی

عمل می‌کند، حرکت آب‌های نیمه‌گرم عمیق می‌تواند باعث افزایش دما و تغییر در عناصر آب‌های کم‌عمق شود (Wannous et al., 2016).

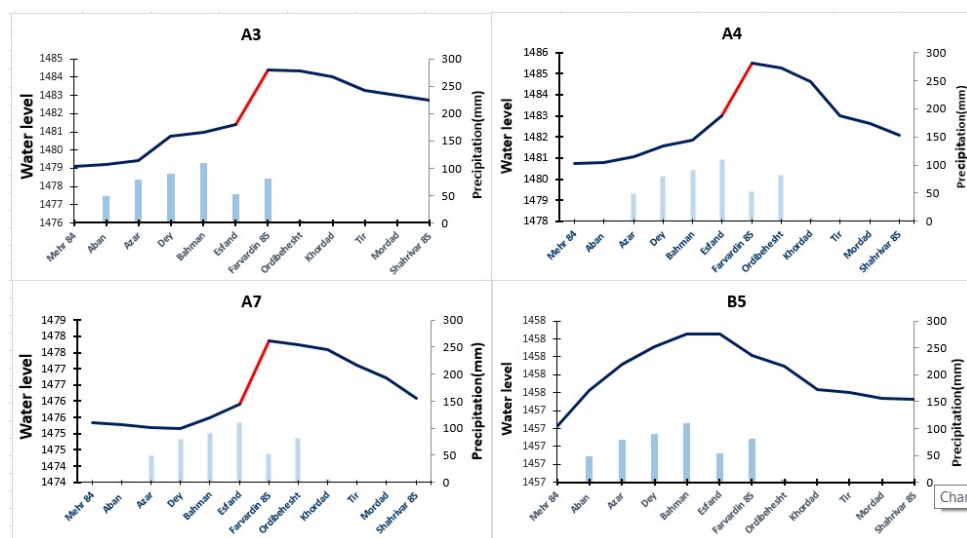
۲ روش تحقیق

در این پژوهش داده‌های سطح آب ۳۳ چاه مشاهده‌ای (دوره ۱۰ ساله) دشت مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های ماهانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای، بر اساس نزدیک بودن و یا دور بودن از هسته اصلی گسل دورود با فرض متاثر بودن یا نبودن از گسل به دو گروه تقسیم شده‌اند. چاه‌های A1 تا A12 و B3، B4 و B6 در گروه اول (متاثر از گسل اصلی دورود و قطعات منشعب شده از آن) و چاه‌های B1 تا B13 (به جز B3، B4 و B6) و C1 تا C8 در گروه دوم (بدون تاثیر از گسل و عمدتاً با فاصله از هسته گسل) تقسیم‌بندی شده‌اند.

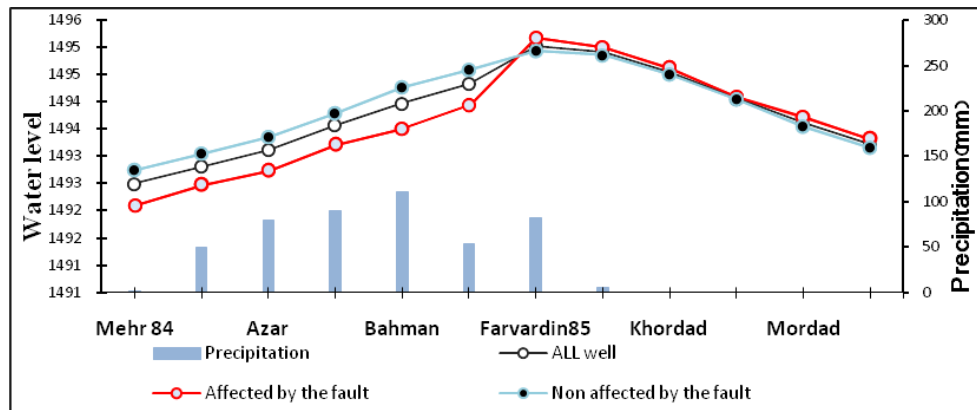
بدین ترتیب با رسم هیدروگراف چاه‌ها در دوره ۱۰ ساله و هیدروگراف در سال ۱۳۸۵ (سال رخداد زلزله چالان)، میزان تاثیرپذیری سطح آب از گسل دورود و زلزله ناشی از حرکت آن بررسی شده است. در نهایت با استفاده از نقشه تغییرات سطح آب‌یرزمینی، یافته‌ها دقیق شده است.



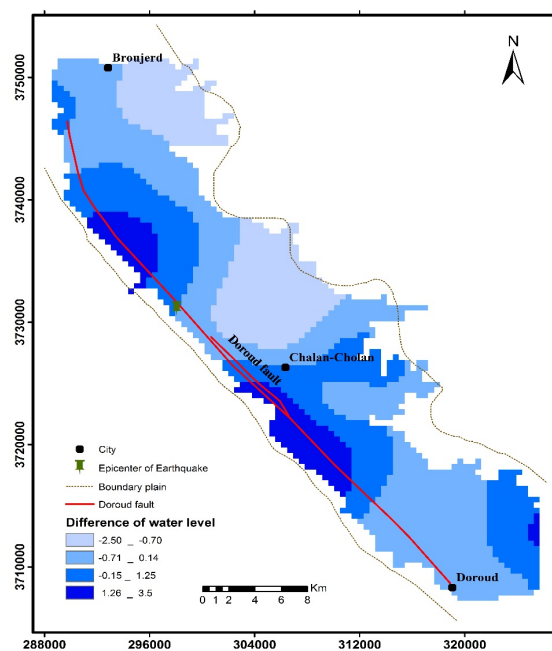
شکل ۱: هیدروگراف دوره ۱۰ ساله چاهک A1 از گروه اول و چاهک C3 از گروه دوم، خط قرمز در هیدروگراف A1 نشانگر افزایش ناگهانی سطح آب در ماه زلزله است.



شکل ۲: هیدروگراف چاهک‌های مشاهده‌ای (A3, A4, A7, B5) در سال آبی ۸۵-۸۴



شکل ۳: هیدروگراف میانگین چاهک‌های مشاهده‌ای در سال آبی ۸۴-۸۵



شکل ۴: نقشه هم‌تغییرات سطح آب‌زیرزمینی بین اسفند ۸۴ و فروردین ۸۵

۳ نتیجه‌گیری

حرکت گسل دورود در فروردین سال ۱۳۸۵ باعث زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۶/۱ ریشتر در نزدیکی شهر چالان‌چولان شده است. این زمین‌لرزه در عمق هفت کیلومتری سطح زمین در میانه دشت دورود - بروجرد رخ داده است (موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۸۵). با استفاده از اطلاعات ماهانه سطح آب ۳۳ چاه مشاهده‌ای در دشت و رسم هیدروگراف، اثرپذیری آن‌ها از گسل دورود و زمین‌لرزه سال ۱۳۸۵ بررسی شده است. هیدروگراف بعضی از چاه‌های مشاهده‌ای به طور مثال چاه‌های A1 و A7 در فاصله بین اسفند ۱۳۸۴ و فروردین ۱۳۸۵ تغییرات ناگهانی را نشان می‌دهند (شکل ۱) و از طرفی در بعضی از چاه‌ها مثل چاه C3 این تغییرات ناگهانی قابل مشاهده نیست. این نکته قابل توجه است که میزان بارش در سال‌های مختلف روند یکسانی دارد. با بررسی تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در زمان زمین‌لرزه سال ۱۳۸۵، سطح آب بعضی از چاه‌های مشاهده‌ای که در نزدیکی قطعات گسل دورود واقع می‌باشند، تغییرات شدیدی در بازه زمانی زمین‌لرزه نشان می‌دهند. در حالی که چاه‌های با فاصله از گسل تغییرات شدیدی نشان نمی‌دهند. چاه‌ها بر اساس تاثیرپذیری از گسل و زمین‌لرزه در دو گروه جای می‌گیرند، گروه اول چاه‌هایی که سطح آب آنها تحت تاثیر گسل و زمین‌لرزه می‌باشند و با فاصله کم از هسته گسل قرار دارند و گروه دوم چاهک‌هایی که سطح آب آنها متأثر از گسل و زلزله نیستند.

بررسی هیدروگراف چاه‌های A3، A4 و A7 از گروه اول در سال وقوع زلزله نشان می‌دهد که سطح آب در این چاه‌ها در دو ماه اسفند ۱۳۸۴ و فروردین ۱۳۸۵ (پس از وقوع زلزله) با شیب بسیار زیادی افزایش یافته که با در نظر گرفتن میزان بارش و برداشت در این زمان، این خیز ناگهانی طبیعی نیست (شکل ۲). افزایش و کاهش سطح آب در چاه‌هایی که در گروه اول قرار دارند حاکی از عملکرد شدید گسل و جابجایی سطح ایستابی در نزدیکی این چاه‌ها تحت تاثیر زلزله است، در همین زمان چاه B5 از گروه دوم هیدروگراف یکنواختی نشان می‌دهد، که این نشان از بی‌نظمی در نوسانات سطح ایستابی می‌تواند تحت تاثیر زلزله فروردین ۱۳۸۵ دورود باشد.

برای درک بهتر موضوع هیدروگراف میانگین چاه‌های هر دو گروه در سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ همراه با هیدروگراف میانگین کل دشت در کنار هم تهیه شده است (شکل ۳). سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای در امتداد گسل دورود در طی زلزله شش ریشتری فروردین سال ۱۳۸۵ چالان چولان، تا بیش از دو متر بالا آمدگی در یک ماه (قابل قیاس با بالا آمدگی سطح آب کمتر از ۰/۵ متر در چاه‌های مشاهده‌ای با فاصله از گسل) داشته است.

نقشه هم‌تغییرات سطح آب‌زیرزمینی دشت از اسفند ۱۳۸۴ تا فروردین ۱۳۸۵ (شکل ۴) نشان می‌دهد که در اثر حرکت گسل دورود و زمین‌لرزه حاصل از آن، تغییرات سطح آب‌زیرزمینی در نقاط مختلف دشت متفاوت است. در بعضی بخش‌ها مانند نزدیکی خط گسل اختلاف سطح آب مثبت می‌باشد و بالا آمدگی سطح آب مشهود است. در بخش‌های دیگر اختلاف سطح آب منفی و کاهش ارتفاع سطح آب مشاهده می‌شود. با توجه به شکل ۴، تراکم چشمه‌های متعدد بر روی خط گسل دورود در محدوده‌هایی که تغییرات سطح آب مثبت است، احتمالاً نشان از عملکرد شدیدتر گسل در محدوده‌های با فاصله‌های کمتر از هسته گسل است. تغییرات سطح آب‌زیرزمینی در سال‌های مختلف، وجود ناهنجاری در نوسانات سطح آب‌زیرزمینی دشت را در ارتباط با فعالیت گسل دورود و زمین‌لرزه فروردین ۱۳۸۵ نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان در سایر نقاط زلزله خیز کشور با استفاده از پایش روزانه داده‌های سطح آب زیرزمینی و تطابق آنها با لرزه‌های موجود، به الگویی قابل تعریفی از رابطه زمین‌لرزه‌ها و تغییرات سزح آب‌زیرزمینی رسید.

منابع

علیجانی، ف.، ناصری، ح.ر.، امیرافضلی، م.، شماسی، ع.و.، (۱۳۹۶)، تاثیر گسل دورود بر هیدروژئولوژی آبخوان آبرفتی دشت دورود - بروجرد، لرستان، مجله تحقیقات منابع آب ایران.

موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، (۱۳۸۵)، گزارش زمین‌لرزه دورود استان لرستان.

Wang, C.y., Cheng, L.H., Chin, C.V & Yu, S.B (2001), Coseismic hydrologic response of an alluvial fan to the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan. *Geology*, 29(9), 831-834.

Wannous, M., Siebert, C & Tröger, U (2016). The investigation of fault-controlled groundwater recharge within a suburban area of Damascus, Syria. *Hydrogeology Journal*, 24(5), 1185-1197.