Archive of SID

بررسی ضخامت آبرفت روی سنگ بستر با استفاده از سرعت موج برشی و خردلرزه های محیطی با مطالعه موردی شهرکرد

مسعود مجرب[۱]، دکترحسین معماریان[۲]، دکترمهدی زارع[4] و مهندس پرویز روز خش[۳]

چکیده

در این مقاله ضخامت آبرفت درمحدوده شهرستان شهرکرد با استفاده از خردلرزه های محیطی و سرعت موج برشی محاسبه و همخوانی آن با داده های چاه های آب منطقه بررسی شده است. اندازه گیری سرعت موج برشی در 20 پروفیل و برداشت خردلرزه های محیطی در 25 ایستگاه صورت گرفته، نقشه های سرعت موج برشی و پریود طبیعی آبرفت در محیط GIS ترسیم شده و نهایتا ضخامت آبرفت با استفاده از رابطه دوبری محاسبه شده است. مقایسه نتایج با ضخامت آبرفت در چاه های آب نشان داد که دو روش هم خوانی نسبتا خوبی با یکدیگر دارند. ولذا می توان از این روش در مطالعات مقدماتی تعیین ضخامت آبرفت بهره برد.

واژه های کلیدی: خردلرزه محیطی، پریودطبیعی، سرعت موج برشی، GIS، ضخامت آبرفت، شهرکرد

Studying the alluvium thickness on the bedrock using shear wave velocity and surface microtremores, a case study on Shahr-e-Kord

Masud Mojarab, Dr. Hossein Memarian, Dr. Mehdi Zare and Parviz Rooz Khash

Abstract

In this research, the alluvium thickness and its accordance with district wells data are studied in Shahr-e-Kord city using surface microtremores and shear wave velocity. Shear wave velocity measurements are performed in 20 profile and surface microtremores sampling in 25 stations. The shear wave velocity and alluvium natural period maps are plotted in GIS media and finally, the alluvium thickness is calculated using Dubri formula. Comparing the results with the alluvium thickness in the wells shows that the two methods are in proper accordance. Therefore, this method can be used in the preliminary studying of alluvium thickness determination.

Keywords: Surface microtremore, natural period, shear wave velocity, GIS, alluvium thickness, Shahr-e-Kord

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

[2] استاد دانشکده مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

3 دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

[4] هیات علمی، موسسه تحقیقات وحفاظت خاک وآبخیزداری

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

یکی از مهمترین مطالعات زمین شناسی مهندسی که در فعالیت های عمرانی، مطالعات لرزه زمین ساخت، زمین شناسی، ژئوتکنیک و علوم وابسته به زمین نیز کاربرد دارد، بر آورد ضخامت آبرفت روی سنگ بستر می‌باشد. حفاری گمانه، گرچه در برآورد ضخامت آبرفت از دقت بالایی برخوردار است، اما مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می‌باشد. به هر ترتیب یکی از روش های برآورد ضخامت آبرفت استفاده از خردلرزه های محیطی و سرعت موج برشی می باشد. خردلرزه های محیطی امواج خفیفی با دامنه حدود چند میکرون می‌باشند. این امواج در اثر به تله افتادن امواج بین سنگ بستر و ضخامت خاک، به دلیل وجود اختلاف امپدانس بین سنگ بستر و آبرفت روی آن، به وجود می آیند. منشا اصلی خردلرزه‌های محیطی ترافیک شهری و امواج دریایی می‌باشد (ناکامورا1989). یکی از مهمترین کاربردهای خردلرزه-های محیطی محاسبه پریود طبیعی قشر خاک روی سنگ بستر

می‌باشد. محتوای فرکانسی امواج در اثر حرکت از سنگ بستر به طرف سطح زمین با تغییر خصوصیات خاک تغییر می کنند (ناکامورا1971). محققان بسیاری در این زمینه تحقیق و مطالعه کرده‌اند و با روش‌های گوناگون و با استفاده از خردلرزه‌های محیطی پریود طبیعی زمین رامحاسبه کردند. دوبری و همکاران (1976) پریود طبیعی خاک را از رابطه (1) که در آن H ضخامت لایه و Vs سرعت موج برشی و T پریود طبیعی محاسبه کردند (دوبری 2000)

$$T = \frac{4H}{V_S} \qquad (1)$$

در مطالعه حاضر پریود طبیعی در 25 نقطه از شهرستان شهرکرد و سرعت موج برشی نیز در 20 پروفیل در سطح شهرستان شهرکرد اندازه‌گیری و تحلیل شده وسپس ضخامت آبرفت با استفاده از رابطه ارائه شده توسط دوبری و همکاران محاسبه گردیده است.

محاسبه پریود طبیعی در محدوده شهر

در بررسی حاضر برداشت های خردلرزه های محیطی در محدوده شهرکرد صورت گرفت. به این منظور تعداد 25 نقطه برداشت شد. انتخاب محل های برداشت با توجه به پوشش سطح شهر صورت گرفت. برای دوری جستن از نویز و اخلال در برداشت ها، اندازه گیری ها تماماً در ساعات خلوت بخصوص ساعت 24 تا صبح انجام شد.

مشخصات دستگاه لرزه نگار به این ترتیب می باشد:

- دستگاه لرزه نگار 24 بیت ساخت ایتالیا
- سه ژئوفون Geospace ساخت آمریکا
- پاسخ فرکانسی یکنواخت از 0/2 تا 50 هرتز
- پریود طبیعی دستگاه 1 هرتز

رکورد داده‌های خردلرزه‌های محیطی 5 تا 10 دقیقه برای هر ایستگاه و نرخ برداشت داده ها 100 نمونه در ثانیه انتخاب شد. بعد از تحلیل، پردازش داده‌ها در نرم افزارJ-sesame صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا رکوردها در نرم افزار فراخوانی و طول پنجره های 10 ثانیه‌ای برای مراحل بعدی انتخاب شد. اعمال فیلتر میانگذر 0/5 تا 25 هرتز، به منظور حذف نوفه‌های شهری، که غالبا دارای بسامد بالای 25 هرتز هستند صورت گرفت. محاسبه طیف دامنه هر پنجره برای سه مؤلفه ی Z, N, E با استفاده از تبدیل فوریه سریع انجام و تقسیم طیفی میانگین مؤلفه‌های افقی به قائم (H/V) تمام مراحل فوق برای تک تک پنجره‌های انتخابی اجرا شد.

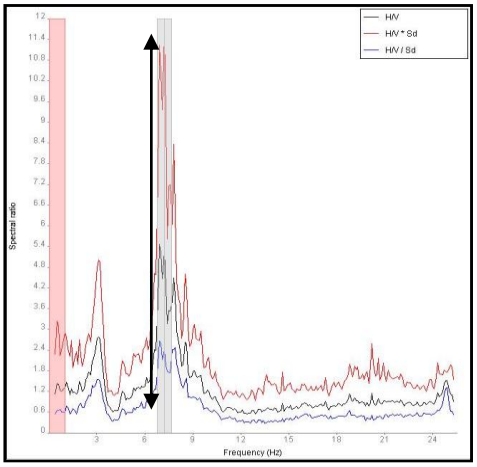
برای ثبت، پردازش و تحلیل داده‌ها به نکات زیر در اجرای طرح توجه شده است:

- داده ها در ساعات خلوت، عموما شب برداشت شده‌اند.
- همزمان با برداشت داده ها نویز های تصادفی احتمالی در مکان برداشت ثبت شد.
- مشخصات کامل نقاط برداشت برای تحلیل بهتر داده ها بررسی و یاداشت شد.

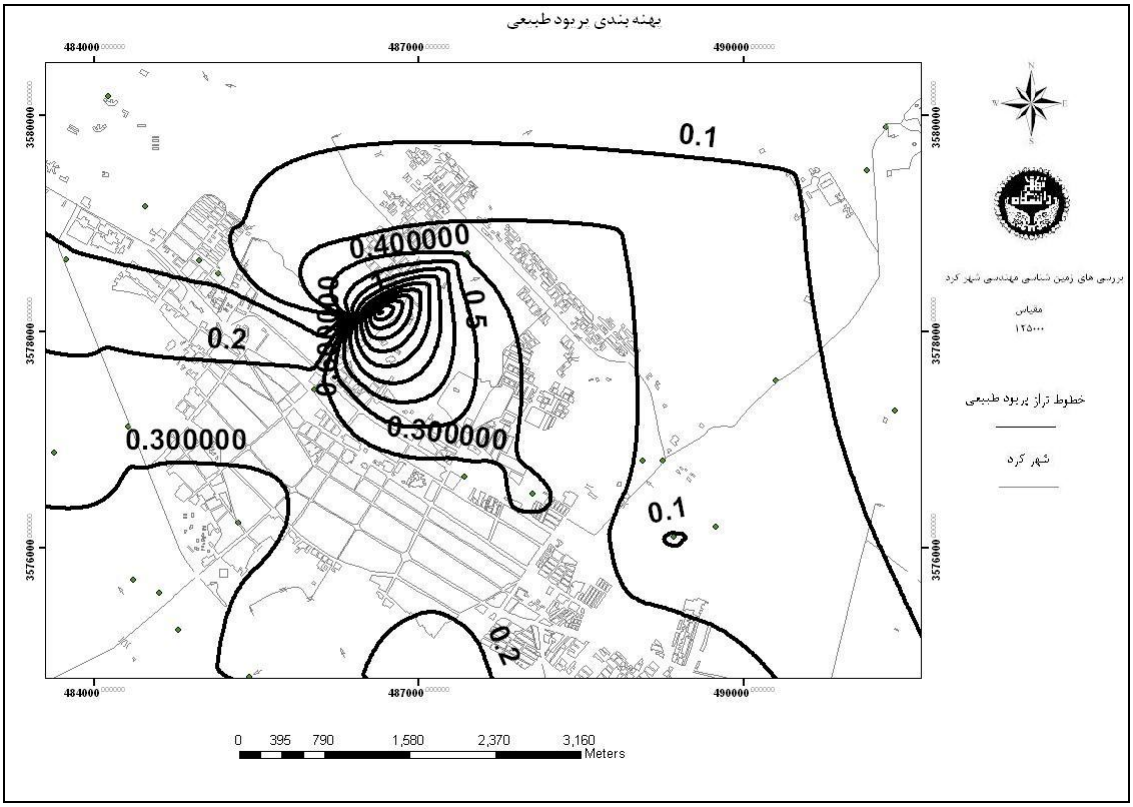
www.SID.ir

Archive of SID

- تحلیل و تفسیر داده ها طبق دستورالعمل Sesame انجام شد.پنجره های زمانی هم به صورت دستی و هم اتوماتیک انتخاب شدند، وبا توجه به استاندارد Sesame (2004) بهترین پنجره برای تحلیل داده‌ها انتخاب شـد. پس از انجـام مراحل فوق برای هر ایستگاه پریود طبیعی زمین از روی طیف H/V بدست آمد. برای محاسبه ی پریود طبیعی از روی شکل، پریودی که ماکزیمم دامنه طبیعی را در طیف H/V دارد، خوانده و به عنوان پریود طبیعی زمین معرفی شد.



شکل(1) : طیف H/V خردلرزه‌های محیطی و نحوه خواندن پریود طبیعی (مجرب، 1386)



شکل (2): نقشه پهنه بندی پریود طبیعی آبرفت در شهرکرد (مجرب، 1386)

همان‌طورکه در شکل (2) نشان داده شده، پریود طبیعی در 9 رده از 0/02 تا 1/2 طبقه بندی شده است. نتایج پهنه‌بندی یک آنومالی را در شمال شرقی و تقریبا در مرکز شهرکرد نشان می دهد. طبق رابطه (1) و با فرض

www.SID.ir

Archive of SID

ثابت بودن سرعت موج برشی، افزایش پریود طبیعی نشانگر افزایش ضخامت خاک روی سنگ بستر است.

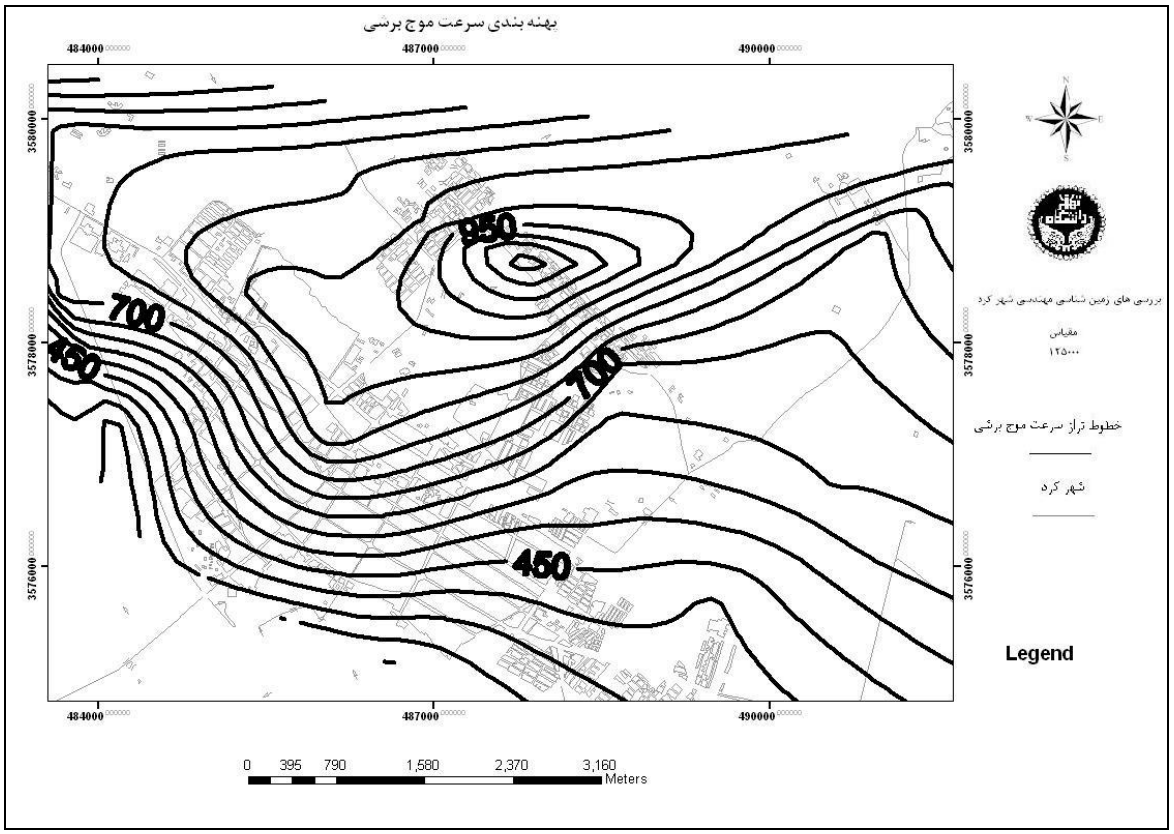
محاسبه سرعت موج برشی درمحدوده شهرکرد

برای محاسبه سرعت موج برشی، روش شکست مرزی در محدوده این شهرستان به کار گرفته شد. روش لرزه‌نگاری ابزاری بسیار مناسب برای مطالعات عمومی ساختگاه‌ها از دیدگاه تعیین شرایط زیرسطحی، دینامیک خاک و مهندسی زلزله می‌باشد و استفاده از آن یک برتری سودمند در حل مسائل ژئوتکنیکی محسوب می‌گردد. کاربرد این روش علاوه بر تعیین شرایط لایه‌بندی و وضعیت زیر سطحی، در صورت نیاز پارامترهای مهم دینامیکی خاک مانند مدل‌های الاستیسیته

یانگ و برشی را نیز براساس سرعت‌های امواج P, S محاسبه می‌کند (دوبری 2000)

در این مطالعه تعداد 20 پروفیل لرزه‌ای اجرا گردید. جهت افزایش عمق برداشت (عمق نفوذ موج)، برای هر پروفیل امواج تراکمی P با احتساب شوت‌های دور، تعداد 9 الی 11 چشمه ایجاد امواج لرزه‌ای و همچنین برای هر پروفیل امواج برشی S 6 الی 8 چشمه ایجاد امواج لرزه-ای اجرا شد. پس از اندازه‌گیری و محاسبه Vsدر 20 نقطه از شهرستان شهرکرد، Vs30 و یا همان سرعت موج برشی 30 متر محاسبه شد. Vs30 یک معیار استاندارد برای محاسبه سرعت موج برشی در فعالیت‌های عمرانی می‌باشد(آیین نامه 2800). در حقیقت Vs30، سرعت موج برشی است که با رعایت اثر ضخامت لایه‌ها در فاصله 30 متری زمین میانگین‌گیری شده است. مثلا اگر diو Vsiبه ترتیب ضخامت لایه i و سرعت موج برشی در آن باشند می توان Vs30 را از رابطه (2) محاسبه کرد.

$$V_{S30} = \frac{\sum di}{\sum (di / v_{s30})} \qquad (2)$$



شکل (3) : نقشه پهنه‌بندی سرعت موج برشی در آبرفت‌های شهرکرد (مجرب، 1386)

بنابراین Vs30 برای هر پروفیل محاسبه شد. نتایج Vs30 در جدول (1)، و به عنوان نمونه نتایج پروفیل P20 و P15 در شکل (4) و (5) ارائه شده است. سرعت موج برشی در 6 رده، از 246 تا 1150 متر

www.SID.ir

Archive of SID

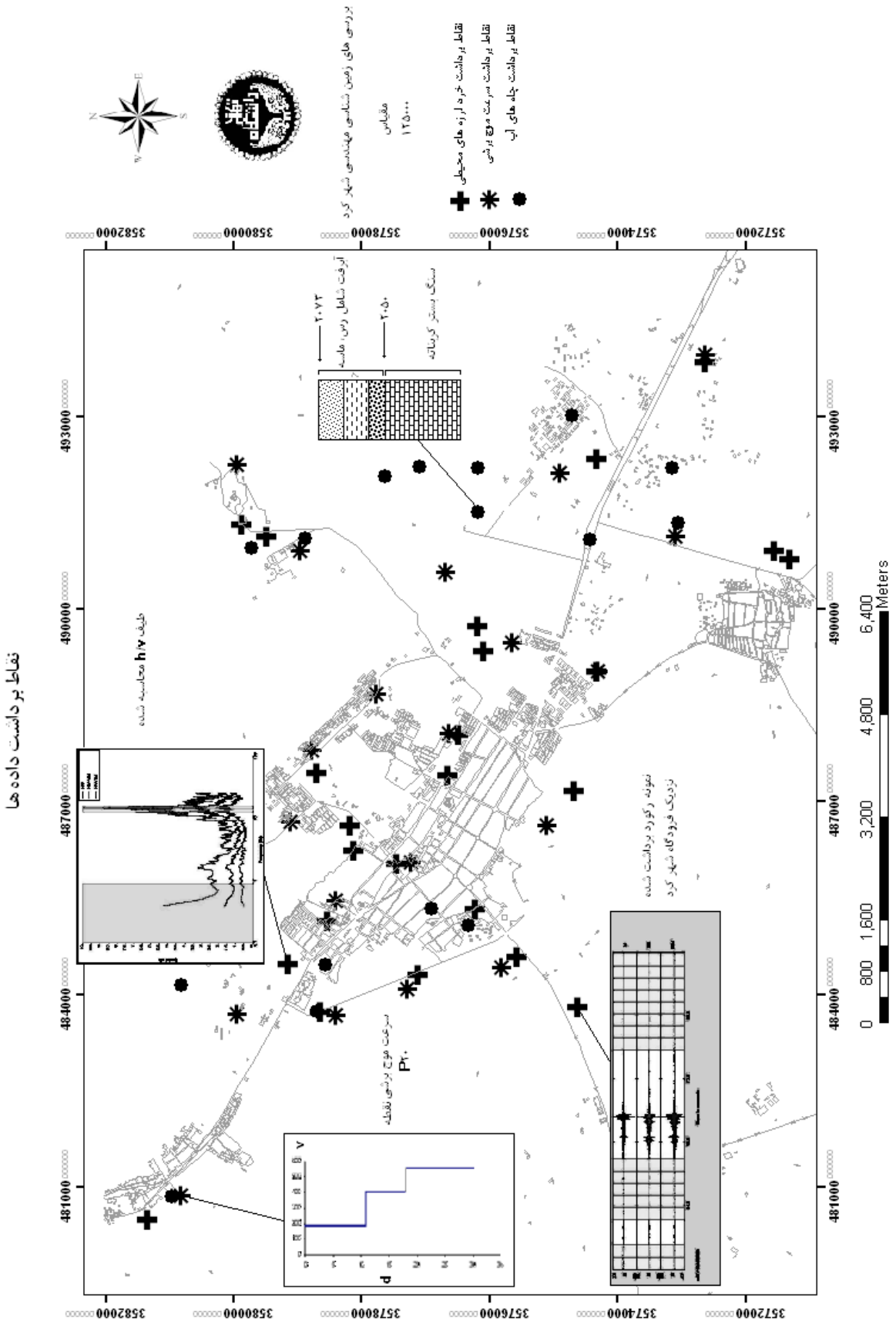
برثانیه طبقه‌بندی شد. همانطور که در شکل (3) مشاهده می‌شود، سرعت موج برشی یک روند افزایشی را به سمت شمال شرقی نشان می‌دهد. با توجه به رابطه (1) و با پریود طبیعی ثابت هر چه سرعت موج برشی افزایش یابد ضخامت خاک روی سنگ بستر نیز افزایش می‌یابد.

جدول (1) : داده‌های سرعت موج برشی در لایه‌های مختلف (مجرب، 1386)

طول جغرافیای	عرض جغرافیای	Vs(30)	ضخامت لایه اول	ضخامت لایه دوم	ضخامت لایه سوم	سرعت لایه اول	سرعت لایه دوم	سرعت لایه سوم
483708	3579934	716	12.7	17.3	-	565	890	-
483687	3578399	720	15	15	-	580	950	-
484097	3577274	266	23.4	6.6	-	235	495	-
484429	3575800	290	23.7	6.3	-	270	400	-
486062	3577220	845	8.9	21.1	-	570	1060	-
488070	3576617	540	12.4	17.6	-	330	980	-
488694	3577757	632	6.5	4.4	19.1	250	725	1240
487812	3578757	1152	11.9	18.1	-	685	2090	-
486704	3579108	822	11.8	18.2	-	465	1635	-
486648	3575107	244	9.3	8.6	12.1	160	275	360
485474	3578393	874	25.4	4.6	-	805	1650	-
489044	3574290	341	23.2	6.8	-	285	1020	-
489482	3575636	387	9.2	20.8	-	165	960	-
490929	3578943	681	12.8	17.2	-	460	1060	-
492258	3579931	898	4.6	25.4	-	475	1070	-
490585	3576686	600	21	3.3	5.7	495	865	1520
493975	3572622	375	8.1	6.8	15.1	180	345	990
492127	3574897	503	18	9.5	2.5	370	995	1790
491147	3573083	324	10.6	11.4	8	215	345	790
480881	3580818	313	10.8	7.1	12.1	190	405	560

www.SID.ir

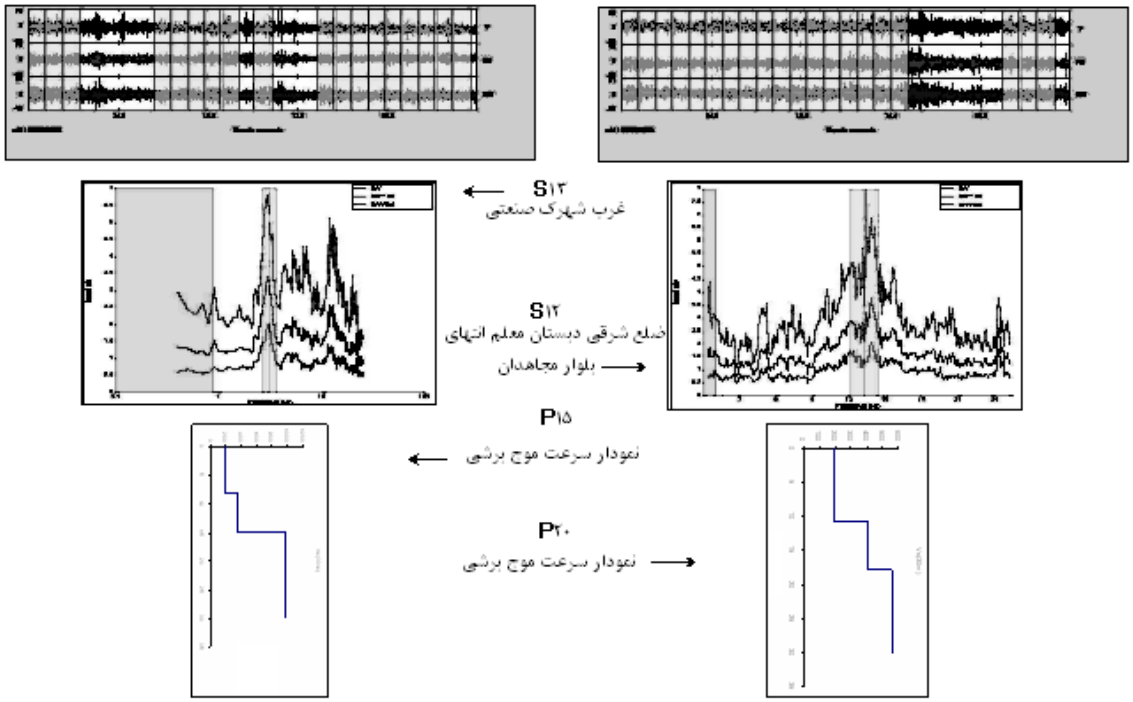
Archive of SID



شکل (4) : نقاط برداشت داده‌ها و نتایج تحلیل چند ایستگاه (مجرب، 1386)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (5): نتایج تحلیل چند ایستگاه (مجرب، 1386)

ضخامت خاک

همانطورکه قبلا ذکر شد یکی از راه‌های محاسبه ضخامت خاک روی سنگ بستر حفاری یا استفاده از چاه‌های شناسنامه‌دار آب در منطقه می‌باشد. بنابراین ضخامت خاک در محدوده شهرکرد با توجه به 70 چاه آب موجود در منطقه محاسبه و نقشه هم ضخامت آن تهیه شد شکل (6). بر پایه نقشه ضخامت آبرفت در دشت شهرکرد چند نقطه در این دشت دارای مشخصات ویژه‌ای می‌باشد. بیشینه ضخامت آبرفت در داخل دشت و نزدیک کوهپایه‌ها به حدود 65 متر می‌رسد. علاوه بر آن در

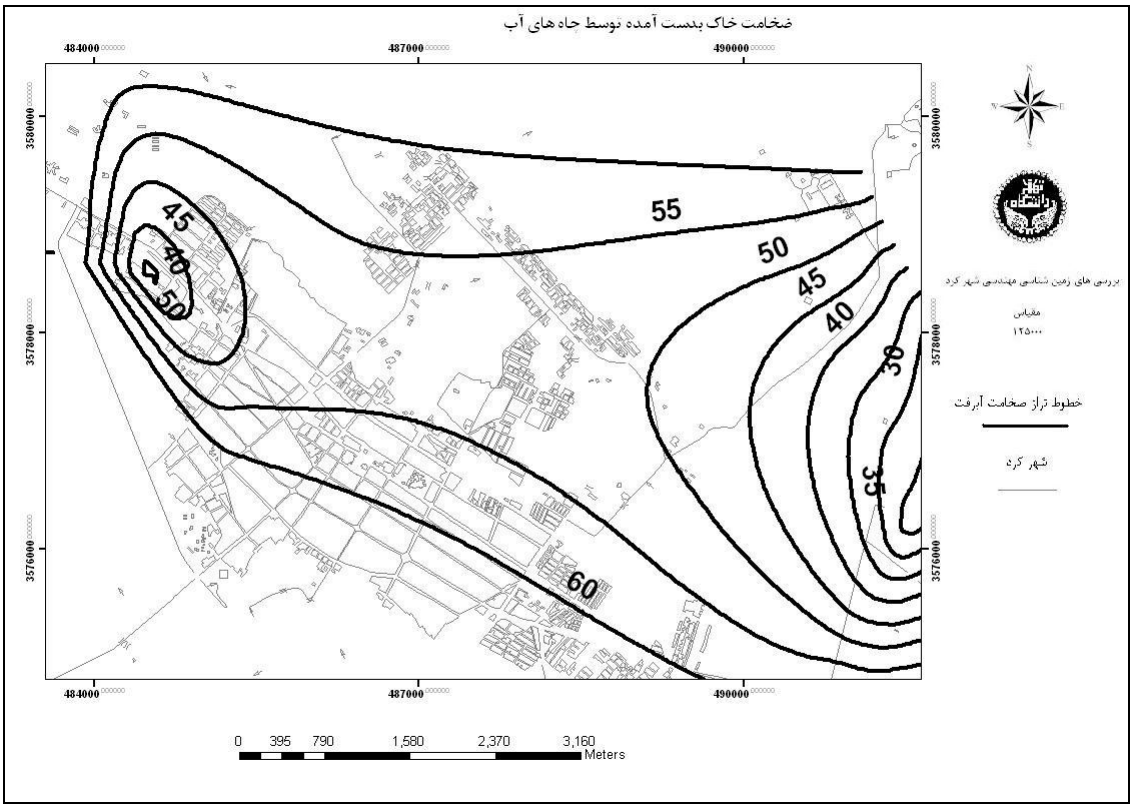
سه‌راهی جاده شهرکرد – فارسان با جاده محمد آباد و چشمه سفید نیز فرورفتگی به ژرفای 55 متر در سنگ بستر دشت ثبت شده است. به طور کلی می‌توان گفت که این نقاط در داخل دشت شهرکرد، محل‌های گودافتاده سنگ بستر و ضخامت بیشتر آبرفت هستند و ممکن است با توجه به این که سنگ پی‌دشت و سنگ‌های کوههای اطراف غالباً کربناته هستند، این محل‌ها دارای شرایط کارستی بوده و آب دشت شهرکرد را از طریق مجاری زیرزمینی از دشت خارج می‌نمایند (مجرب1386).

بحث ونتیجه گیری

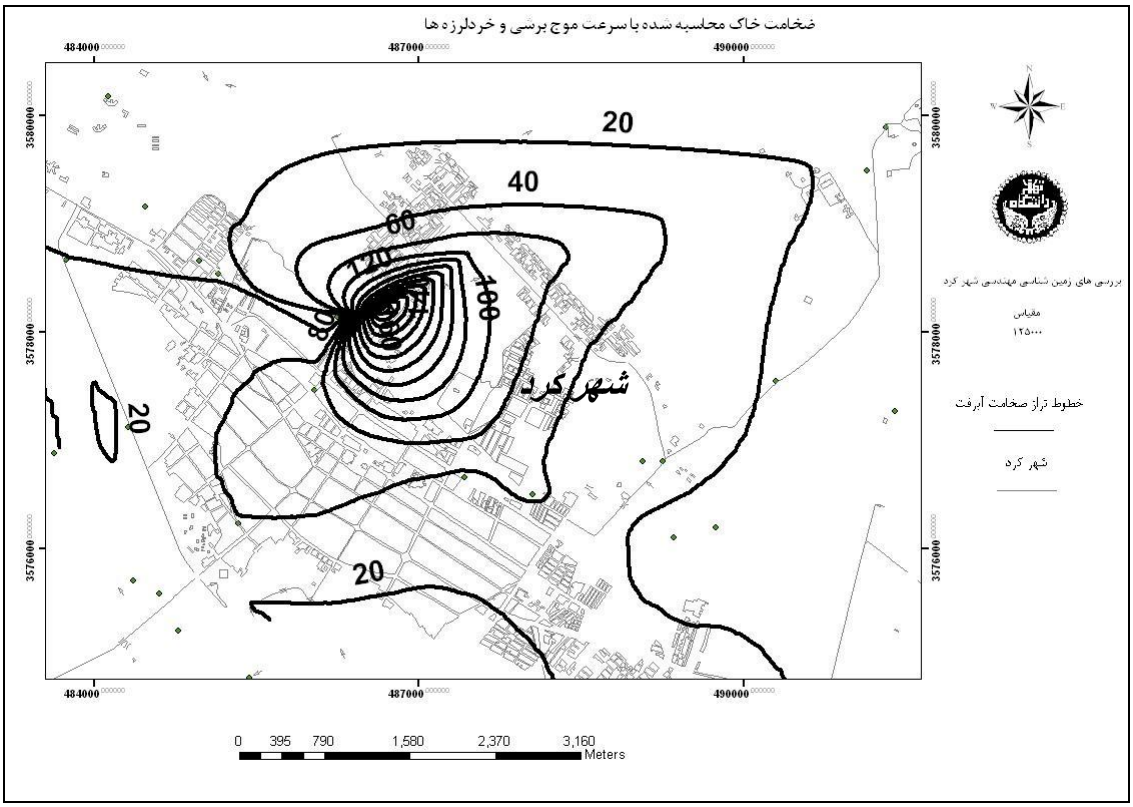
برای محاسبه ضخامت آبرفت توسط سرعت موج برشی و خردلرزه های محیطی از رابطه (1) استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا لایه هم‌سرعت و هم‌پریود طبیعی در نرم افزار ArcGIS محاسبه و به صورت نقشه درآمد و بعد از آن ضخامت، طبق رابطه (1) برای هر پیکسل از لایه آبرفت محاسبه و به صورت نقشه هم‌ضخامت آبرفت تهیه شد. همان‌طور که در شکل (7) مشاهده می‌شود ضخامت آبرفت تقریباً در مرکز و شمال شرقی در حال افزایش و در حدود 30 تا 60 متر می‌باشد. از مقایسه ضخامت محاسبه شده با استفاده از سرعت موج برشی و خردلرزه‌های محیطی با ضخامت بدست آمده از چاه های نتایج زیر حاصل می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (6) : نقشه هم ضخامت خاک بدست آمده از چاه‌های آب (مجرب، 1386)



www.SID.ir

Archive of SID

شکل (7) : نقشه هم‌ضخامت خاک که توسط سرعت موج برشی و خردلرزه های محیطی محاسبه شده (مجرب، 1386)

- ضخامت آبرفت محاسبه شده با چاههای آب نشان داده که ضخامت در شمال غربی و جنوب شرقی در حال کاهش و بین این دو آنومالی در حال افزایش می باشد. تغییر ضخامت در بین دو آنومالی کاهشی در حدود 46 تا 60 متغیر می باشد.
- لایه پریود طبیعی نیز یک آنومالی افزایشی را در مرکز و شمال شرقی شهر نشان می دهد. حدود تغییرات این آنومالی 0/3 تا1/2 ثانیه می‌باشد. که طبق رابطه (1) هرچه پریود بالاتر می‌رود ضخامت نیز افزایش می‌یابد.
- لایه سرعت موج برشی نیز یک آنومالی را در شمال شرقی شهر با روند کاهشی به سمت دشت نشان می دهد.
- علت بسته نشدن خط تراز داده چاه‌ها در مرکز شهر (شکل6)، نبود چاه در مرکز شهر می‌باشد.

بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که آنومالی افزایشی ضخامت آبرفت، که طبق رابطه (1) محاسبه شده است، هم‌خوانی خوبی با ضخامت آبرفت بدست آمده از چاه‌های آب نشان می‌دهد. در واقع از این روش می‌توان برای تخمین اولیه ضخامت خاک در مناطق شهری و غیرشهری استفاده کرد. با توجه به کم هزینه‌تر بودن برداشت‌های خردلرزه‌ای و سرعت موج برشی نسبت به گمانه‌زدن، اجرای این روش برای تخمین اولیه ضخامت خاک پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- مجرب، مسعود 1386، کاربرد GIS در پهنه بندی زمین شناسی مهندسی، اولین کنفرانس مقابله با سوانح طبیعی. صفحه 229 تا238.
- مرکز تحقیقات ساختمان مسکن، 1378، آئین‌نامه 2800، صفحه 36 و 37.
- Dobry R, 2000, New site coefficients and site classification system used in recent building seismic code provisions, earthquake spectra, vol 16, no 1.
- Nakamura, Y, 1989, Method for dynamic characteristics estimation of subsurface using Microtremor on the ground surface, quarterly Report of RTRI, Railway Technical Research (RTRI), Vol.30, no.1.
- Nakamura, Y, 1997, Seismic vulnerability indices For ground and structures using Microtremor, *world congress on railway research in florence*, italy. nov 1997. 12-18.

www.SID.ir