

تهیه نقشه زمین شناسی مهندسی شهر شاهرود

محسن محمدی¹، ناصر حافظی مقدس¹، محمد غفوری¹، علی کیهانی²

1- گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

2- دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

M.mohamadi967@yahoo.co

چکیده

شهر شاهرود، واقع در شمال شرق ایران بر روی نهشته های جوان کواترنری و در مرز دو زون ساختاری البرز شرقی و ایران مرکزی قرار گرفته است. با توجه به نرخ بالای توسعه شهری مطالعات جامع زمین شناسی مهندسی برای شناخت محدودیت های ژئوتکنیکی، بر سر راه توسعه شهری مورد نیاز است. در این پژوهش با جمع آوری نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و عکس های هوایی و برداشت های صحرائی به منظور تصحیح آنها، با بهره گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه های رقومی زمین شناسی، هیدرولوژی و شیب تهیه شده است. سپس با جمع آوری اطلاعات ژئوتکنیک بیش از 140 پروژه بانک اطلاعات ژئوتکنیک تشکیل و از آن برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک در گستره مورد مطالعه استفاده شده است. در نهایت با تلفیق لایه های مختلف نقشه زمین شناسی مهندسی شهر شاهرود با 6 پهنه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی مختلف تهیه شده است.

کلمات کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهر شاهرود، نقشه زمین شناسی مهندسی، 6 پهنه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی.

1- مقدمه

در سراسر جهان زمین شناسی شهری، در برنامه ریزی و تهیه نقشه محیط زمین شناسی شهر ها، یک جایگاه کلیدی دارد و در برخی موارد یک مترادف بسیار نزدیک با زمین شناسی زیست محیطی در نظر گرفته می شود (Baker, 1975). علاوه بر جمع آوری داده، تحلیل های زمین شناسی و ایجاد نقشه هدف دیگر زمین شناسی شهری عبارت است از فراهم آوردن اطلاعات زمین شناسی برای طراحان، برنامه ریزان و سیاستمداران برای برنامه ریزی توسعه ناحیه ای است (El May et al., 2010). شهر شاهرود واقع در شمال شرق ایران، با وسعت 51419 کیلومتر مربع به عنوان پهناورترین شهرستان استان سمنان می باشد. مرکز شهر در طول جغرافیایی '58 55° شرقی و عرض جغرافیایی '25 36° شمالی قرار گرفته است. رشد چشمگیر جمعیت در سال های اخیر سبب نرخ بالای توسعه شهری در این شهر گردیده است. لذا به منظور تعیین پتانسیل مخاطرات زمین شناسی و شرایط نامناسب ژئوتکنیکی که محدودیت هایی بر سر راه توسعه شهری هستند، مطالعات جامع زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی مورد نیاز است. از آنجایی که نقشه زمین شناسی مهندسی بهترین وسیله برای نمایش شرایط زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی است لذا در قالب این پژوهش نقشه زمین شناسی مهندسی گستره شهر شاهرود با مقیاس 1:40000 تهیه شده است.

2- روش کار

پژوهش های زمین شناسی مهندسی و تهیه نقشه های آن عمدتاً این هدف را دنبال می کنند که روابط متقابل میان پیرامون زمین شناسی و وضعیت سازه مهندسی، ماهیت هریک از عوامل زمین شناسی پیرامون و رابطه آنها با یکدیگر و فرایندهای فعال زمین پویایی شناخته شوند و فرایندهایی که ممکن است در آینده در نتیجه تغییرات در حال انجام کنونی روی دهند پیش بینی

- گردند. از این رو تهیه نقشه زمین شناسی مهندسی مستلزم جمع آوری و بکار گیری اطلاعات جامع و کاملی از تمامی سازنده های پیرامون زمین شناسی مانند ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، زمین شناسی و غیره منطقه مورد مطالعه می باشد.
- مراحل و روش های بکار گرفته شده در این پژوهش به شرح زیر است:
- تصحیح نقشه زمین شناسی 1:100000 موجود منطقه با استفاده از عکس های هوایی و برداشت صحرائی
- تهیه نقشه توپوگرافی با استفاده از نقشه های توپوگرافی موجود و برداشت بیش از 800 نقطه در نقاط مختلف شهر و به دنبال آن تهیه نقشه شیب و نقشه کلاسه بندی شیب
- روی هم اندازی نقشه زمین شناسی و توپوگرافی و مشخص کردن رخنمون های سنگی، آبراهه ها، مسیل ها، مخروطه افکنه، نهشته های دامنه ای، دشت سیلابی غیره بر روی آن
- تهیه نقشه اولیه محیط رسوبی: با استفاده از عکس های هوایی و برداشت صحرائی نقشه اولیه محیط رسوبی، تشکیل و از اطلاعات ژئوتکنیک برای تکمیل آن در محدوده ی شهری استفاده شده است.
- جمع آوری و مطالعه گزارشات ژئوتکنیک و تحقیقات مکانیک خاک بیش از 140 پروژه انجام شده در نقاط مختلف شهر
- طراحی و تشکیل بانک اطلاعات ژئوتکنیک شهر شاهرود
- تهیه نقشه اولیه زمین شناسی مهندسی: پیاده کردن اطلاعات ژئوتکنیکی بر روی نقشه زمین شناسی، نقشه اولیه از بافت خاک تهیه شده است.
- تکمیل اطلاعات ژئوتکنیکی: با تهیه نقشه اولیه بافت خاک، مناطق با کمبود اطلاعات مشخص و از برداشت ترانسه ای برای پوشش این نقاط استفاده شده است.
- ارزیابی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک و پهنه بندی آن در گستره مورد مطالعه، با استفاده از نتایج آزمایشات برش مستقیم، دانه بندی، مخروط ماسه و غیره.
- روی هم اندازی لایه ها و تهیه نقشه زمین شناسی مهندسی.

3- ژئومورفولوژی

شهر شاهرود در شمال شرق ایران و در مرز دو پهنه ژئومورفولوژیکی قرار گرفته است.

بخش شمال تا غرب شهر

این بخش در واقع جنوبی ترین دامنه های ارتفاعات البرز شرقی، با توپوگرافی خشن و ژئومورفولوژی مرتفع است. در این پهنه رخنمون های آهکی مقاوم (آهک لار) ستیغ ها، قله ها و نهشته های ضعیف شامل آهک مارنی (دلیچای) مارن و کنگلومرای دامنه ای مناطق پست را تشکیل داده است. مرتفع ترین نقطه در ستیغ با ارتفاع (m) 1528 می باشد.

بخش مرکزی و شرقی

این بخش با توپوگرافی هموار و ژئومورفولوژی پست، در واقع بخش شمالی دشت شاهرود را تشکیل می دهد. مهمترین عارضه ژئومورفولوژیکی آن، رودخانه شاهرود با روند تقریبی شمالی-جنوبی می باشد که شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم میکند. پست ترین نقطه در مسیر آبراهه های اصلی موجود در منطقه با ارتفاع (m) 1290 می باشد.

4- زمین شناسی

از دیدگاه زمین شناسی گستره مورد مطالعه از بخشهای تکتونیکی زیر تشکیل شده است :

بخش شمال و شمال غربی تا جنوب غربی

این بخش، قسمتی از زون البرز شرقی با روند شمال شرق - جنوب غرب است که توالی کاملی از سنگ های پرکامبرین تا کواتر در آن دیده می شود در حاشیه شهر بارز ترین رخنمون های زمین شناسی، ارتفاعات آهکی (آهک های دلیچای ولار) هستند که در قسمت هایی مانند میدان امام رضا و پارک بلوار در محدوده شهری قرار میگیرند و جلوه زیبایی به شهر بخشیده اند.

بخش جنوبی

این بخش تماما به زون ایران مرکزی تعلق داشته و عمدتاً از شیل - مارن ژئوپیس دار، ماسه سنگ و کنگلومرا (سازند قرمز فوقانی) تشکیل شده است. رسوبات حاصل از واحدهای شیلی و مارنی ذرات رس و سیلت می باشد که با مقدار کمی رسوبات دانه درشت ناشی از فرسایش کنگلومراها و ماسه سنگ ها مخلوط می گردد.

بخش جنوبی

این بخش تماما به زون ایران مرکزی تعلق داشته و عمدتاً از شیل - مارن ژئوپیس دار، ماسه سنگ و کنگلومرا (سازند قرمز فوقانی) تشکیل شده است. رسوبات حاصل از واحدهای شیلی و مارنی ذرات رس و سیلت می باشد که با مقدار کمی رسوبات دانه درشت ناشی از فرسایش کنگلومراها و ماسه سنگ ها مخلوط می گردد.

بخش مرکزی

در حد فاصل بین این دو زون ذکر شده در بالا قرار گرفته است، که به دلیل فروافتادن و پست بودن تشکیل دشت داده است و توسط رسوبات جوان پوشیده شده است. جوان ترین رسوبات کواترنری در منطقه، رسوبات مخروطه افکنه جدید می باشد که معادل آبرفت های تهران یا سازند C می باشد. گسترش این رسوبات قابل توجه است و از دامنه کوه شروع شده و به سمت دشت ادامه می یابد به طوری که به سمت دشت اندازه ذرات کاهش یافته و در انتها از ذرات دانه ریز در حد سیلت و رس تشکیل شده است. شهرستان شاهرود و بسطام بر روی این آبرفت قرار گرفته اند. رودخانه شاهرود مهم ترین عارضه ژئومورفولوژیکی در بخش شمالی دشت شاهرود یا همان محدوده ی شهری است که با روند تقریباً شمالی - جنوبی خود شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می کند.

5- هیدرولوژی

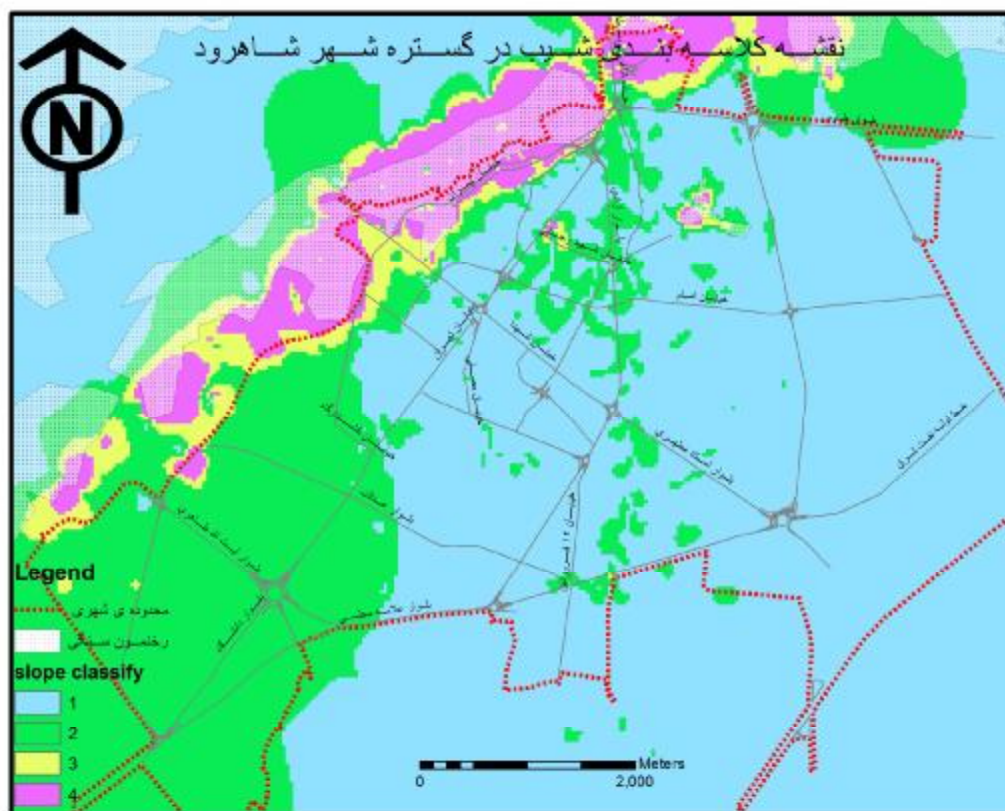
حوضه آبریز دشت شاهرود در قسمت شمال غربی شهرستان شاهرود و دشت آن متصل به شهر شاهرود و در جنوب آن واقع گردیده است. بخش اعظم این حوضه کوهستانی و بقیه مربوط به دشت می باشد. شهر شاهرود به دلایلی نظیر همجواری با کویر، داشتن اقلیم خشک و قله برف گیر فاقد رودخانه دائمی است. عمده ترین مسیل در این حوضه آبریز رودخانه شاهرود یا همان مسیل تاش - مجن است. نزولات جوی رشته کوه های البرز در شمال غرب شاهرود منبع اصلی تغذیه رودها و قنوات این منطقه است. منابع آب زیر زمینی شامل هر دو سفره آب زیر زمینی آبرفتی و سفره های سخت می باشد. عمق آب زیر زمینی در محدوده شهری (حاشیه ارتفاعات) غالباً بیش از 100 متر و با افزایش فاصله از شهر از این مقدار کاسته می شود. نقشه هیدرولوژی در این پژوهش شامل شبکه ی زهکش و مسیل های اصلی در محدوده ی مطالعاتی است. به دلیل عمق زیاد سطح ایستابی در منطقه از اعمال آن در نقشه صرف نظر شده است. لازم به ذکر است بخش هایی که به شکل خط چین نشان داده شده است مسیر مسیل های متروک و احتمالی هستند که تشخیص آنها به کمک شواهد رسوب شناسی و بافتی خاک و در نهایت عکس های هوایی گذشته منطقه و قبل از توسعه شهری امروزی، صورت گرفته است.

6- شیب

شیب یک فاکتور کلیدی در برنامه ریزی های توسعه شهری، کاربری اراضی و برآورد پتانسیل مخاطرات زمین شناسی مانند سیلاب، زمین لغزش و غیره می باشد. با استفاده از نقشه های توپوگرافی موجود و برداشت مستقیم بیش از 800 نقطه در نقاط مختلف شهر، ابتدا نقشه DEM (مدل رقومی ارتفاعی زمین) محدوده مورد مطالعه تهیه و از آن برای تهیه نقشه شیب استفاده شده است. برای تمایز عوارض ژئومورفولوژیکی، نقشه شیب به 6 رده به شرح زیر کلاسه بندی شده است.

شیب (%)	0 - 2.3	2.3 - 5.7	5.7 - 10.33	>10.33
رده	1	2	3	4

همان طور که در شکل (1) دیده میشود، محیط رسوبی کوه پایه ای و رخنمون های سنگی حاشیه شهر در شیب های رده 3 و 4 قرار می گیرند. شیب رده 1 محیط های، دشت سیلابی و رودخانه ای را پوشش می دهند و رسوبات مخروطه افکنه ای غالباً در رده 2 قرار می گیرند.



شکل (1) - کلاسه بندی شیب در گستره شهر شاهرود

7- پهنه بندی زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی

با در نظر گرفتن 5 فاکتور منشا، بافت خاک، محیط رسوبی، رده شیب و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک، گستره شهر شاهرود به 6 پهنه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی به شرح زیر تقسیم شده است.

پهنه - 1

این رسوبات از جمله نهشته های مخروط واریزه ای (Talus cons) هستند که در یک محیط کو هیاپه ای - مخروطه افکنه ای نهشته شده اند. به همین دلیل به فرآیند تشکیل این رسوبات و عدم حمل آنها، بدیهی است که ذرات تشکیل دهنده این رسوبات غالباً درشت دانه و زاویه دار (گوشه دار) هستند لازم به ذکر است که هیچ گونه لایه بندی و نظم مشخصی در رسوب گذاری دیده نمی شود که از اختصاصات رسوبات واریزه ای است. رسوب غالب این پهنه خاک های شنی هستند که در گروه های

GW-GP قرار می گیرند. به تغییر تدریجی شیب در محیط های کو هپایه ای - مخروطه افکنه ای به صورت موضعی تمامی ردهای شیب در این پهنه دیده می شود.

پهنه - 2

رسوبات این پهنه در گروه های (CL)، (ML) و (CL-ML) قرار می گیرند و در یک دشت سیلابی نهشته شده اند. از لحاظ منشا مشابه رسوبات پهنه 2 هستند. بدیهی است که در کمترین رده شیب (1) قرار می گیرند. علاوه بر رسوبات ریز دانه، رسوبات دانه درشتی از قبیل شن و ماسه نیز دیده می شوند که این رسوبات در کانال های متروک و فرعی رودخانه حال حاضر نهشته شده اند. این رسوبات در گروه های (GW)، (GP-GM)، (GP)، (SW) و (SP-SM) قرار می گیرند. به علت وجود همین کانال های متروک و تغییرات تدریجی بافت خاک بین دشت سیلابی و کانال رودخانه، تغییرات جانبی و عمقی بافت خاک در این پهنه زیاد است.

پهنه - 4

این رسوبات هیچ تفاوتی با رسوبات پهنه 1 ندارند و تنها تفاوت بین این دو پهنه این است که در پهنه 4 سنگ منشا این رسوبات آهک لار و در بخش های به صورت سازند شمشک می باشد.

پهنه - 5

بستر فعلی رودخانه شاهرود در این پهنه قرار گرفته است. تشخیص مرز های حاشیه ای آن با استفاده از عکس های هوایی و گمانه های موجود صورت گرفته است. در این پهنه، تناوبی از رسوبات ریز و درشت دانه وجود دارند که به صورت جانبی به یکدیگر تبدیل می شوند. علت این پدیده را میتوان به طبیعت بریده بریده رودخانه های عهد حاضر و پدیده بریدگی پر - شدگی (cut & fill) توسط رودخانه نسبت داد. رسوبات این بخش از نظر منشایی مشابه پهنه 2 و 3 و از در طبقه بندی یونیفاید خاک در گروه های (GP)، (SM)، (SP-SM) و (CL) می گیرند. شیب رده 1 قسمت اعظم این پهنه را پوشش می دهد. گفنتی است خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک های مختلف در هر پهنه در جدول شماره (1) آورده شده است. همچنین لازم به ذکر است به دلیل عدم حفاری و انجام آزمایشات مربوطه در پهنه 1، لذا این بخش در جدول آورده نشده است.

جدول 1- خصوصیت فیزیکی و مکانیکی خاک در منطقه مورد مطالعه

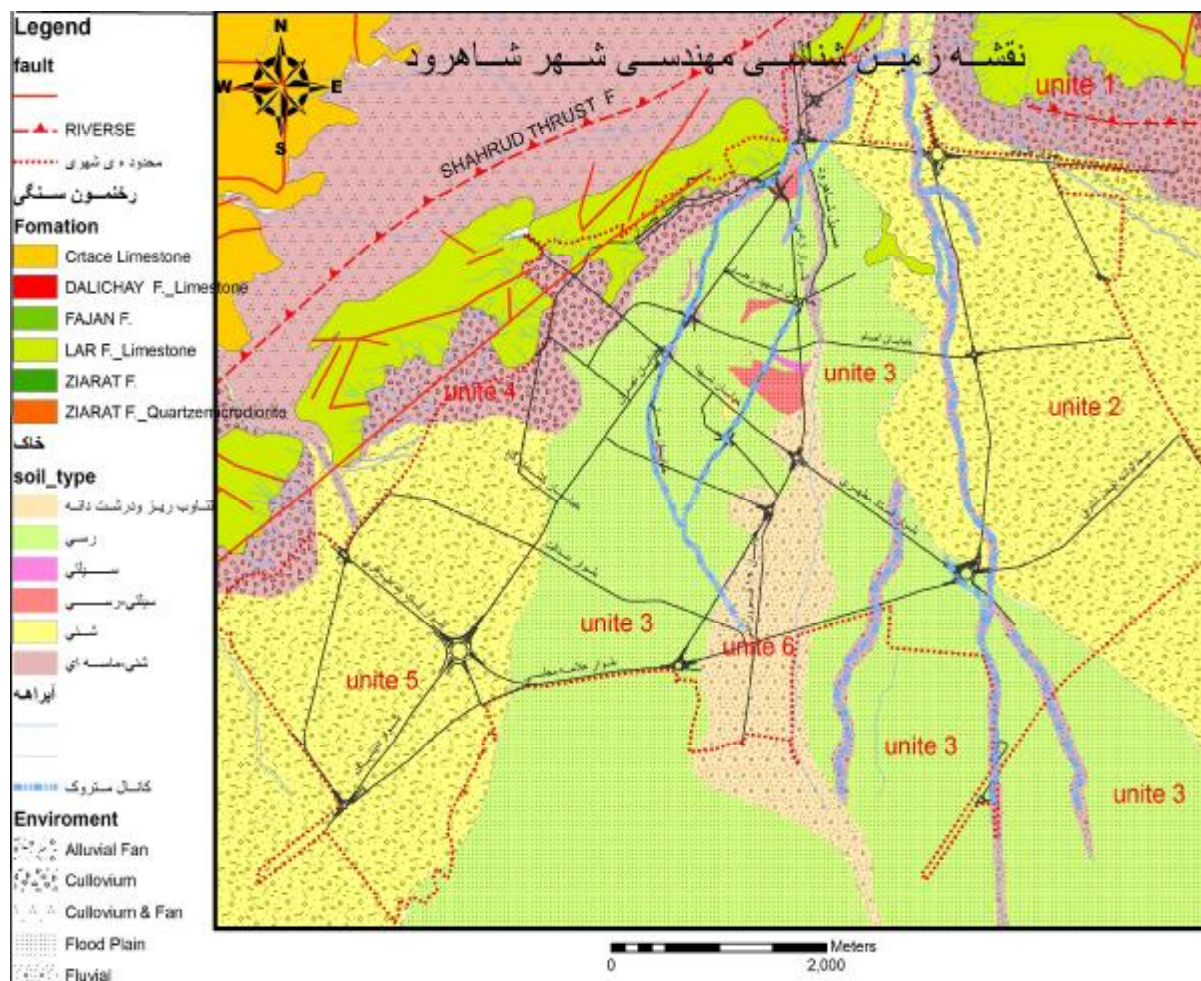
پهنه	تیپ خاک	درصد رطوبت (%)	وزن واحد حجم خشک ($\frac{M_d}{V_s}$)	وزن واحد حجم خشک ($\frac{M_d}{V_s}$)	چسبندگی (KPa)	زاویه اصطکاک داخلی (Degree)	حد روانی	حد خمیری	اندیس پلاستیسیته
2	G	3.25	1800	1850	20	30.95			
		(1.6_4.9)	(1640_1960)	(1623_2110)	(1_39)	(25.2_36.7)			
3	CL	11.35	1556.5	1427.5	16.5	27.64	26.35	14.8	9.05
		(3.79_18.91)	(1192_1921)	(1024_1663)	(0_32.1)	(14.88_40.4)	(17_35.7)	(6.3_23.3)	(4.6_13.5)
	ML	11.15	1634.5	1372	9.5	32.85	27.85	21.3	5.85
		(3.8_18.5)	(1449_1820)	(1276_1468)	(5_14)	(21.8_43.9)	(19.4_36.2)	(17.6_25)	(0.5_11.2)
	CL-ML	12.275	1501.5	1288	15	30.45	24.25	18.85	5.45
		(6.2_18.35)	(1183_1820)	(1103_1473)	(1_29)	(23.9_37)	(21.7_26.8)	(16.9_20.8)	(4_6.9)
	S	4.2	1881.5	1795	6.5	32.5			
		(1.7_6.7)	(1637_2126)	(1616_1974)	(0.01_13)	(27.9_37.1)			
	G	4.44	1588.27	1587.5	22.5	32			
		(2.49_6.4)	(1370.55_1806)	(1414_1761)	(8_37)	(27.8_36.2)			
4	S	7.68	1683.5	1674.5	9	32.25			
		(2.22_13.14)	(15.47_1820)	(1346_2003)	(5.00_13.00)	(28.2_36.3)			
	G	7.2		1614.5	2.5	34.85			
		(5_9.4)		(1450_1779)	(0_5)	(33.4_36.3)			
5	S	3.65	2039	1961.5	5.54	36.45			
		(3.3_4)	(1998_2080)	(1918_2005)	(0.08_16)	(33.9_39)			
	G	2.55	1903	1860	2.52	35.1			
		(0.6_4.51)	(1644_2162)	(1572_2148)	(0.04_5)	(30.2_40)			
6	S	12.05		1232	8.5	27.05			
		(7.6_16.5)		(1113_1351)	(6_11)	(24.3_29.8)			
	G	3.08		1694.5	9	31.85			
		(2.16_4)		1526_1863	(7_11)	(30.6_33.1)			
	CL	7.4		1419			28.8	21.8	7.1

توضیحات: (S) خاک های ماسه ای، (G) خاک های شنی، (ML، CL، CL-ML) مطابق طبقه بندی یونیفاید خاک

8- نقشه زمین شناسی مهندسی

نقشه زمین شناسی مهندسی در این پژوهش شامل تلفیق و روی هم اندازی چند لایه به شرح زیر است:

- نقشه بافت خاک: در این نقشه خاک ها به 6 گروه شنی، شنی - ماسه ای، سیلتی، رسی و سیلتی - رسی تقسیم شده اند که در این میان خاک های شنی و رسی قسمت اعظم منطقه را پوشش می دهند.
 - نقشه محیط رسوبی: با استفاده از عکس های هوایی، برداشت های صحرایی و در نهایت شواهد رسوب شناسی 3 محیط رسوبی رودخانه ای، کوهپایه ای - مخروطه افکنه ای و دشت سیلابی تشخیص و به نقشه در آمده است.
 - نقشه پهنه بندی منطقه براساس خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک: بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایشات برش مستقیم، دانه بندی، دانسیته خاک در محل (مخروط ماسه)، حدود آتربرگ و تعیین درصد رطوبت خاک در محدوده ی مورد مطالعه به 6 پهنه تقسیم شده است.
 - نقشه هیدرولوژی: در بر دارنده ی مسیل ها و آبراهه های مهم و در محدوده ی شهری کانال های متروک رود خانه ای می باشد.
 - نقشه زمین شناسی: شامل رخنمون های سنگی و گسل ها می باشد.
- نتیجه تلفیق این لایه ها، در قالب نقشه زمین شناسی مهندسی در گستره شهر شاهرود در شکل (2) آورده شده است.



شکل (2) - نقشه زون بندی زمین شناسی مهندسی در گستره شهر شاهرود

9- نتیجه گیری

به طور کلی نتیجه این پژوهش یک ایده کلی از توزیع خاک ها، سنگ ها، عوارض ژئومورفولوژیکی، خصوصیات ژئوتکنیکی و مشکلات زیست محیطی در گستره شهر شاهرود فراهم می کند. پهنه بندی زمین شناسی مهندسی امکان ارزیابی اولیه از شرایط زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی را فراهم می کند. لذا یک برداشت کلی از شرایط حفاری، فونداسیون، لندفیل و غیره قابل حصول خواهد بود. بر اساس مطالعات صورت گرفته در این پژوهش، گستره شهر شاهرود با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل محیط رسوبی، بافت خاک و غیره، به 6 پهنه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی تقسیم شده است. در قسمت میانی شهر خاک های ریزدانه که در بیک دشت سیلابی نهشته شده اند، بافت غالب خاک را تشکیل می دهند. در صورتی که در قسمت های حاشیه ای شهر خاک های شنی بافت غالب می شوند.

منابع

خانلری غ،ملکی م،(1385). "بررسی زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی آبرفت های کواترنر معرفی نیمرخ خاک های زیر بنای شهر همدان" مجله علوم دانشگاه تهران جلد 32 شماره 2 صفحات 57-66 .
شارکی ن، " (1384) بررسی زمین شناسی مهندسی نواحی جنوب مشهد "، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
هاشمی م،، نیکودل م .، حافظی مقدس ن .، (1387) " کاربرد نقشه زمین شناسی مهندسی ریزی کاربری زمین، مطالعه موردی منطقه چابهار"، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، تابستان 88، سال هجدهم، شماره 72.

Baker, V.R., (1975). " Urban geology of Boulder", Colorado: a progress report. *Environmental Geology* 1, 75–88.

EL May, M., Dlala, M., Chenini, S. (2010) . "Urban geological mapping: Geotechnical data analysis for rational development planning", *Engineering Geology* 116 (2010) 129–138.

Dearman, W. R., (1991). "Engineering geological mapping", Oxford Butterworth & Heinemann, London, 396 pgs.

Zuquette, L.V. & Pejon, O.J. & Santos, J.Q., (2003). " Engineering geological mapping developed in the Fortaleza" Metropolitan Region, State of Ceara, Brazil, *Engineering Geology* 71, pp. 227–253.