

پهنه بندی خطر ریزش قنوات با توجه به کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: منطقه یازده شهر مشهد)

صالحی متعهد، فهیمه^۱، غفوری، محمد^۲، لشکری پور، غلامرضا^۳، حافظی مقدس، ناصر^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲ و ۳- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود

fahimehsalehi@gmail.com

چکیده

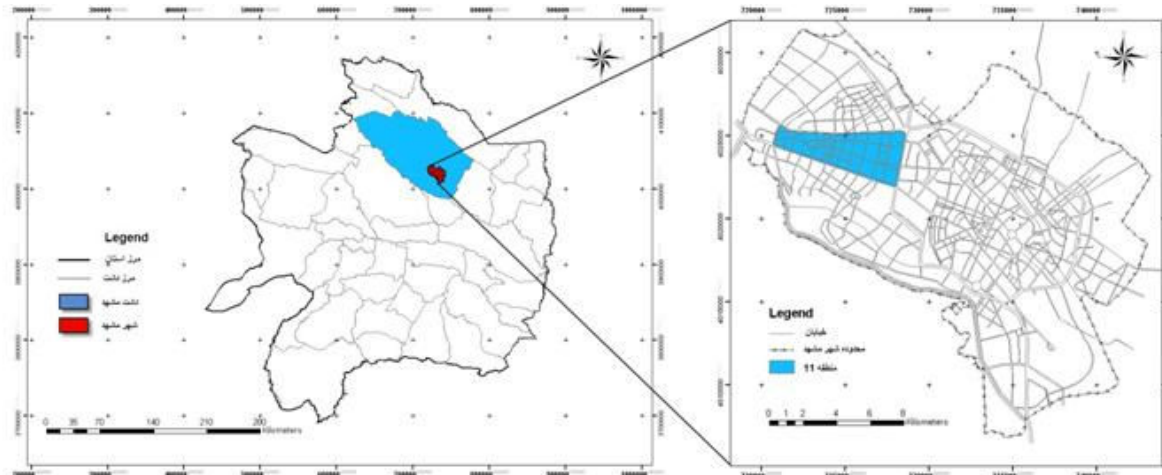
در شهرهای بزرگ، وجود قنات‌ها همراه با افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و تغییر کاربری زمینهای کشاورزی و باغ‌ها به اماکن تجاری و مسکونی، ساخت و ساز و بلند مرتبه سازی، این شهرها را با مشکلی جدی روبرو ساخته است. در محدوده شهر مشهد واقع در استان خراسان رضوی، بیش از ۱۰۰ رشته قنات شناسایی شده است که بدلیل خشکسالی‌های متوالی و همچنین گسترش شهر و حفر چاه‌های عمیق جهت تامین آب، به مرور این قنات‌ها خشک و بایر شده‌اند و میل قنات‌ها هم‌زمان با رشد شهر، به تدریج با خاک و نخاله به صورت کنترل نشده پر شده‌اند. در این مقاله، ابتدا با توجه به نقشه‌های منابع آب در محدوده شهر، موقعیت کلی قنوات استخراج و مورد بررسی قرار گرفته و با کمک عکس‌های هوایی کلیه قنوات واقع در محدوده شهر مشهد به صورت یک لایه GIS تهیه گردیده است. جهت بررسی‌های دقیق تر در یک محدوده خاص، منطقه یازده شهرداری، انتخاب و در این مرحله، برای بالا بردن دقت، از عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس و انجام عملیات فتوژئولوژی استفاده شده است. سپس دسته بندی عمقی قنات‌ها انجام گردیده و جهت بررسی تاثیر وجود قنوات در مسائل و مشکلات شهری، به بررسی ارتباط بین تراکم قنوات و حوادث شبکه‌های آب‌رسانی شهری پرداخته شده است. چنانکه در مناطقی که تراکم قنات‌ها بالاتر بوده است، ترکیب لوله‌های اصلی آب نیز بیشتر مشاهده شده است. در محدوده مطالعاتی، کاربری اراضی نیز مورد مطالعه قرار گرفته و مناطق با خطر بالا، تعیین گردیده است. در نهایت، پس از بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات و تلفیق آنها، نقشه پهنه بندی خطر ریزش قنوات تدوین و مناطق پر خطر، ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: قنات، منطقه یازده شهرداری شهر مشهد، کاربری اراضی، فرونشست زمین.

۱. مقدمه

دشت مشهد در حد فاصل عرض جغرافیایی $35^{\circ}40'$ تا $36^{\circ}3'$ شمالی و طول جغرافیایی $58^{\circ}20'$ تا $60^{\circ}8'$ شرقی قرار دارد. شهر مشهد به عنوان مرکز استان خراسان رضوی با مساحت حدود دویست و هفتاد کیلومتر مربع در شمال شرقی ایران در ارتفاع متوسط نهد و هشتاد متری از سطح آب دریا قرار گرفته است. این شهر با جمعیت ساکن حدود دو و نیم میلیون نفر و جمعیت زائر و گردشگر سالیانه حدود سیزده میلیون نفر، دومین شهر بزرگ ایران و دومین کلان‌شهر مذهبی دنیا می‌باشد. مشهد در طی سال‌های اخیر، رشد گسترده‌ای به خصوص در جهت غرب داشته است و در روند توسعه خود، بر سطح عوارض طبیعی و همچنین عوارض دست ساز بشر همچون قنات‌ها گسترش یافته است. تعداد زیادی از میل چاه قنات‌ها، امروزه، در زیر پوشش شهری قرار گرفته است که اغلب این قنات‌ها، امروزه خشک می‌باشند. قنات که در گذشته از مهم‌ترین سازه‌های آبی در امر انتقال آب در ایران باستان بوده و یکه تازی ایرانیان را در عرصه علم هیدرولیک نشان می‌دهد، امروزه به مشکلی برای توسعه شهرها بدل گشته است. در بررسی عکس‌های هوایی بیش از بیست و پنج هزار میل چاه قنات، در محدوده امروزی شهر مشهد شناسایی شده است. از نظر زمین شناسی، صفحه مشهد به سه محدوده متفاوت تقسیم می‌شود که به ترتیب از شمال به جنوب شامل زون رسوبی کپه داغ، محدوده افیولیتی و زون دگرگونه بینالود است و شهر مشهد در دشت میان دو

رشته کوه بینالود و هزارمسجد قرار دارد. این شهر از نظر هیدرولوژیکی، بخشی از حوضه آبریز رودخانه کشف رود می باشد. این حوضه در شمال استان خراسان رضوی، واقع است. شکل شماره ۱ موقعیت دشت مشهد را در استان خراسان رضوی نشان می دهد. محدوده مورد مطالعه منطقه یازده شهرداری شهر مشهد است که در شکل سمت راست مشخص می باشد.



۱-موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲. مروری بر متون گذشته

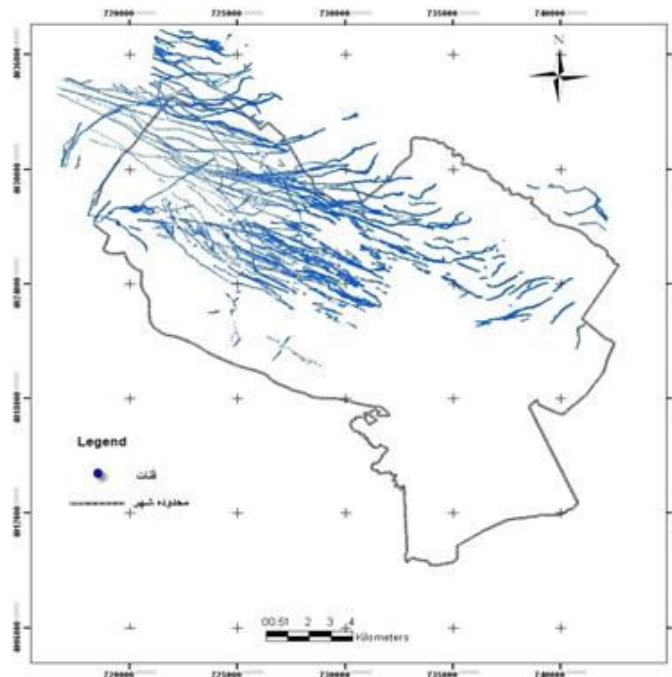
در مورد سامانه قنات و ساختمان و مشخصات آن مطالعات زیادی انجام گردیده است، به عنوان نمونه می توان به گوبلو، دانشمند فرانسوی که حدود بیست سال در ایران اقامت داشته و در زمینه ی آب در ایران کار کرده است اشاره کرد. او این سامانه باستانی دست یابی به آب زیرزمینی را قابل مطالعه می یابد و موضوع پایان نامه دکترای خود را «قنات فنی برای دست یابی به آب در ایران» انتخاب می کند. پایان نامه او در سال ۱۹۷۹ به پایان رسیده و به صورت کتاب چاپ شده است [1]. اما در زمینه قنات واقع در محدوده ی شهری و مشکلات آن پژوهش های بسیار محدودی انجام گرفته است. هاشمی سهی و همکاران در سال ۱۳۸۴ به بررسی بارگذاری خاک بر مسیر قنات و تاثیرات آن بروی سازه ها پرداخته اند [2]. در سال ۲۰۰۶ [۳]. به بررسی فاکتورهای اصلی مؤثر بر فروریزش قنات در شهر تهران پرداخته اند و رفتار قنات را مدل سازی کرده اند [3]. حافظی مقدس و همکاران در سال ۱۳۸۶ مشکلات قنات قدیمی در شهر مشهد را مورد بررسی قرار داده اند [4]. غفوری و همکاران در سال ۱۳۸۸، مشکلات زیست محیطی ناشی از وجود قنات در شهر مشهد را مورد ارزیابی قرار داده و آلودگی آبهای زیرزمینی به وسیله فاضلاب شهری و رابطه آن با وجود قنات را بررسی کرده اند [5].

۳. گزارشی از قنات شهر مشهد

شهر مشهد، در اقلیمی خشک و نیمه خشک واقع گردیده و از این رو منابع آب های سطحی و زیرزمینی آن محدود می باشد. بر اساس آمار منتشره از سوی مرکز اقلیم شناسی مشهد میانگین سالانه بارندگی حداکثر بیست و چهار ساعته مشهد سی و سه میلی متر بوده است [6]. به همین دلیل، استفاده از قنات در ایران و در شهر مشهد از گذشته رواج داشته است. قنات یک سیستم باستانی لوله کشی آب بوده است که در طی قرن ها در ایران استفاده شده است [3] و مرکب از یک تونل زیرزمینی است که به وسیله مجموعه ای از شفتها با سطح زمین ارتباط می یابد و آب زیرزمینی به وسیله نیروی گراویته به سطح زمین می رسد. این سامانه، معمولاً در مناطقی که آب سطحی وجود ندارد حفر می گردد [7]. چاه های عمودی (میل چاه) قنات، مجرا یا کوره زیرزمینی را در فواصل مشخص با سطح زمین مرتبط می سازند. این میل چاهها علاوه بر انتقال مواد حفاری شده به خارج، عمل تهویه کانال زیرزمینی و هدایت آب زیرزمینی به وسیله کوره قنات به سطح زمین را نیز انجام می دهند. هر قدر شیب زمین کمتر و عمق مادر چاه بیشتر باشد به همان نسبت، طول قنات بیشتر خواهد بود. با پیشرفت تکنولوژی امروزه چاه های عمیق و نیمه عمیق مورد استفاده است و استفاده از این تکنولوژی سبب گردیده تا با از دست دادن بیش از بیست

هزار رشته قنات که مجموع طول آنها به بیش از یکصد هزار کیلومتر می‌رسید، دوران تمدن کاریزی در ایران به پایان برسد [8]. اصولاً در محدوده‌ی شهری، با دو گروه از قنات‌ها برخورد می‌کنیم، یک گروه قنات‌هایی که حیات آنها ادامه داشته و آب آنها در جریان است و از این آب در مصارف آبیاری فضای سبز و .. استفاده می‌شود. دسته دیگر، قنات‌های خشک و از کار افتاده‌ای هستند که به علت عدم امکان کاربری به همان صورت رها شده‌اند که اصطلاحاً به دسته‌ی اول، قنات‌های دایر و به دسته‌ی دوم قنات‌های بایر می‌گویند که در هر دو مورد، باید به توجه به شرایط محل نسبت به مهار قنات و استحکام خاک زیر فونداسیون اقدام نمود [2].

در محدوده شهر مشهد (با توجه به بررسی نقشه منابع آب دشت مشهد) بیش از یکصد رشته قنات وجود دارد که با بررسی عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۵ (سازمان جغرافیایی ارتش) تعداد ۲۶۲۷۸ عدد میل چاه شناسایی شده است. از میان قنات‌های واقع در محدوده‌ی شهر، قنات بحرآباد با طول بیست و دو کیلومتر و عمق مادر چاه یکصد و سی و سه متر، بیشترین طول و عمق را دارا می‌باشد. شکل شماره ۲ رشته قنات‌های شهر مشهد را نشان می‌دهد. مادر چاه اغلب این قنات، در خارج از شهر و در بخش‌های غربی و شمال غربی شهر قرار دارد و مظهر این قنات‌ها در قسمت‌های میانی شهر واقع گردیده است [5].



شکل ۲- قنات‌های موجود در شهر مشهد

اغلب قنات‌های واقع در محدوده‌ی شهری خشک و متروکه شده‌اند. فقط قنات‌های پاچنار و قاسم آباد در غرب شهر، هنوز دایراند و آب‌دهی دارند. با توجه به شکل بیشترین تراکم قنات در غرب شهر می‌باشد و به دلیل توسعه شهر به سمت غرب و افزایش فعالیت‌های ساخت و ساز در این منطقه احتمال وقوع مشکلاتی از جمله نشست زمین وجود دارد که به عنوان مثال می‌توان به فرونشست بوقوع پیوسته در خیابان اندیشه واقع در محله قاسم آباد اشاره نمود [4]. شکل شماره ۳ ترک خوردگی یک ساختمان در این منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ترک خوردگی ساختمان ناشی از نشست زمین در خیابان اندیشه

۴. بررسی قنات منطقه یازده شهر مشهد

محدوده مورد مطالعه (منطقه ۱۱ شهرداری شهر مشهد) از شمال به کال چهل بازه، از شرق به میدان آزادی و بزرگراه آزادی، از جنوب به بلوار وکیل آباد و از غرب محدوده انتهای بلوار وکیل آباد تا میدان نمایشگاه راه، در بر می‌گیرد. جمعیت این منطقه، براساس آمار سال ۱۳۸۶، ۱۷۰۹۴۱ نفر می‌باشد که در حدود ۷/۰۴ درصد از جمعیت شهر مشهد را به خود اختصاص می‌دهد. منطقه مورد مطالعه از نظر جغرافیای تاریخی و توسعه کالبدی، قدمت زیادی ندارد و حوزه‌ای جدید و رو به اعتلاء بوده و رشد آن سریع می‌باشد. جهت بررسی دقیق‌تر موقعیت قنات در این منطقه، از عکس‌های هوایی ۱:۶۰۰۰ شهری سال ۱۳۵۱ استفاده شده است. با توجه به نقشه منابع آب دشت مشهد ۱۳۴۳ (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی) در محدوده مورد مطالعه نه رشته قنات اصلی شناسایی شده است. که مشخصات آنها در جدول شماره ۱ موجود می‌باشد.

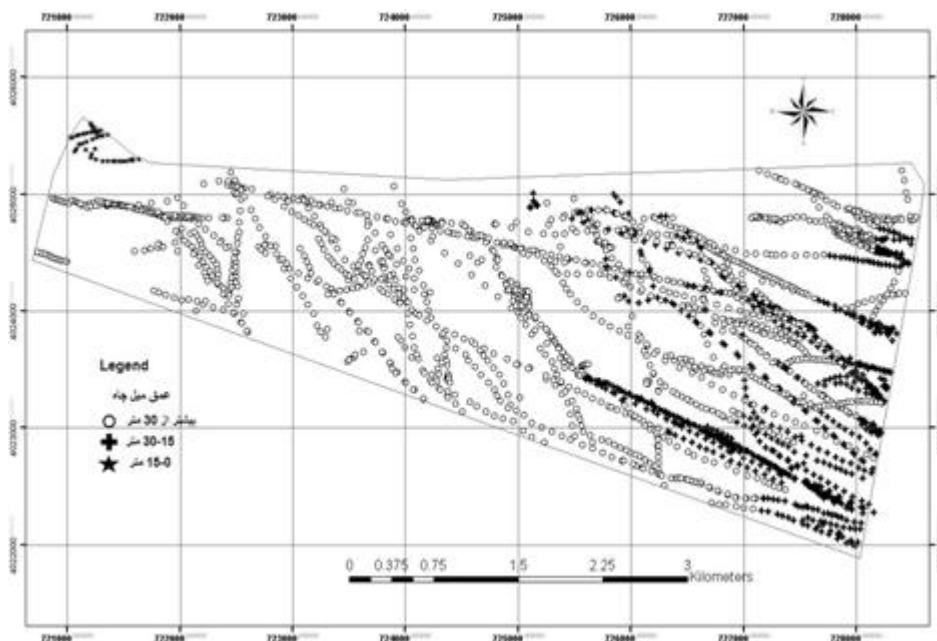
جدول ۱- مشخصات قنات اصلی منطقه ۱۱ [9]

شماره نقشه	تاریخ بازدید (سال)	نام قنات	عمق مادر چاه (متر)	طول قنات (متر)	بیشترین آبدهی (L/S)
720-4025-1Q	1342	آب سرده (سعد آباد)	65	11000	45.7
720-4025-5Q	1342	فرح آباد	71	6100	42
720-4025-11Q	1342	نکا	90	18000	8
720-4025-4Q	1343	میل کاریز	80	13000	خشک
720-4020-4Q	1340	سناباد	65	7000	9.4
725-4025-2Q	1343	نخودک	75	17000	52.59
715-4025-5Q	1342	قاسم آباد	43	2300	152
720-4020-5Q	1342	ملک آباد	80	8500	84

تمامی این قناتها، به جز قنات قاسم‌آباد، خشک شده‌اند. دلیل خشک شدن آنها، برداشت بی‌رویه و افت سطح آب زیرزمینی در دشت می‌باشد. با توجه به تطبیق مشخصات قناتهای موجود در جدول شماره ۱ با قناتهای مشخص شده در عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، سی و یک درصد میل چاه قناتها دارای عمقی در حدود پانزده تا سی متر بوده که بیشتر در شرق محدوده مورد مطالعه قرار دارند، ۱/۲٪ دارای عمق کمتر از پانزده متر می‌باشند که مربوط به قنات دایر قاسم آباد است و بقیه قناتها، عمقی بیش از سی متر دارند. شکل شماره ۴ قناتهای منطقه یازده شهر مشهد را به همراه طبقه بندی آنها بر اساس عمق کوره قنات نشان می‌دهد. علامت (O) نشان‌دهنده قنات با عمق بیش از سی متر و علامت (+) نشان‌دهنده قنات با عمق پانزده تا

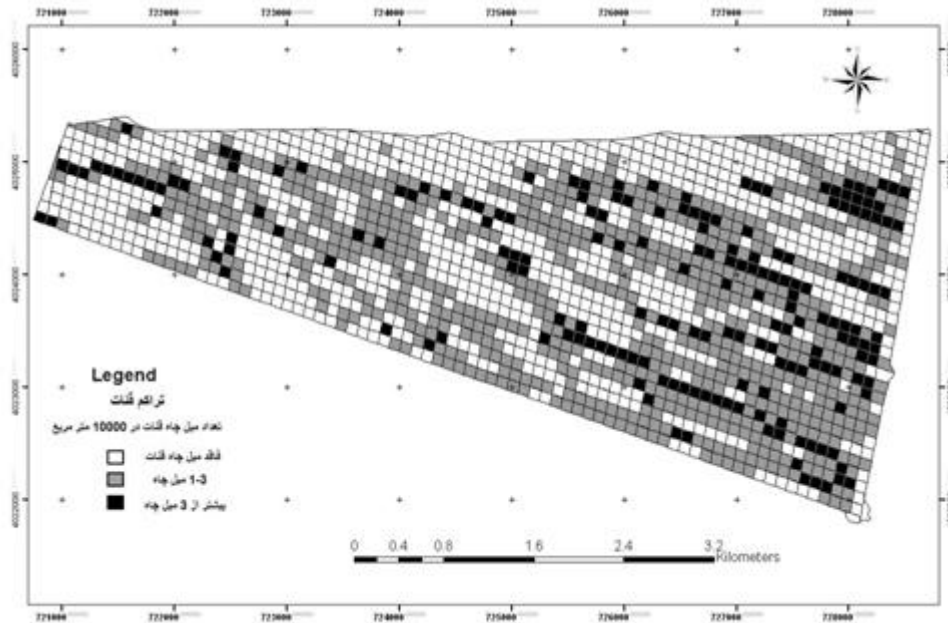
سی متر است. علامت (★) که فقط در گوشه بالایی سمت چپ تصویر مشاهده می‌شود قنات با عمق کمتر از پانزده متر را نشان می‌دهد.

در شکل شماره ۵، محدوده مطالعاتی بر اساس تعداد قنات‌ها در بلوک‌هایی با ابعاد $100\text{m} \times 100\text{m}$ تقسیم بندی شده است. بدین منظور، ابتدا کل منطقه را به بلوک‌هایی با مساحت 10000 m^2 تقسیم بندی نموده و سپس این بلوک‌ها در سه رده طبقه‌بندی، گردیده‌اند. رده اول، بلوک‌های فاقد قنات هستند که به رنگ سفید مشخص می‌باشد. رده دوم، بلوک‌هایی که بین یک تا سه میل چاه قنات دارند که به رنگ خاکستری مشخص شده‌اند و رده سوم، بلوک‌های سیاه رنگی هستند که بیش از سه میل چاه قنات در مساحت تقریبی ده هزار متر مکعبی آنها واقع شده است.



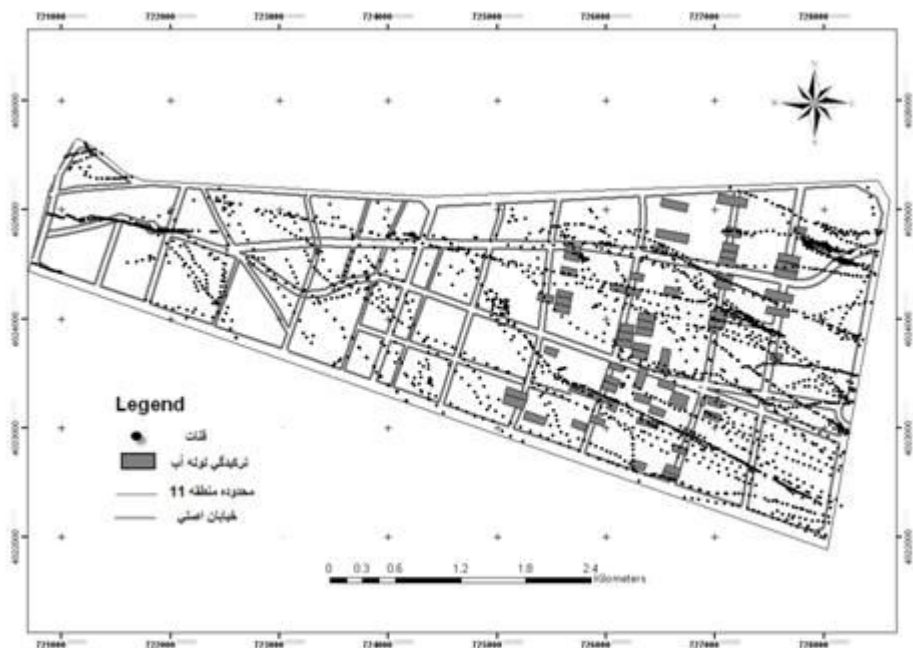
شکل شماره ۴- موقعیت قنات‌های منطقه یازده و دسته بندی عمقی آنها

وجود قنات، در منطقه‌ای که می‌بایست در آن، ساختمان‌سازی صورت پذیرد با توجه به بارگذاری زمین و وارد آمدن نیروی سربار به خاک منطقه، می‌تواند مشکلات زیادی را در پی داشته باشد. جهت بررسی تأثیر وجود قنات در مسائل و مشکلات شهری و به دلیل نبود اطلاعات و آمار دقیق از موارد نشست زمین و فروریزش‌های محلی، مجبور به استفاده از آمار ترکیب‌های اصلی لوله‌های آب شدیم. حوادث شبکه‌های آبرسانی شهری، یکی از عوامل مهم آلودگی آب شرب شبکه و تلفات سرمایه‌های مادی است که پس از بررسی و شناخت عوامل ایجاد آنها، با ارائه راهکارهای مناسب می‌توان، تعداد حوادث شبکه آبرسانی شهر را کمتر نمود. حوادث رخ داده در سامانه شبکه‌های آبرسانی و لوله‌های آب به دلایل مختلفی می‌باشد که شامل: فشار بالا، خوردگی لوله، عمر لوله‌ها، جابه‌جایی خاک، ضربه قوچ، اثرات ترافیک و نشست زمین است [10,11].



شکل شماره ۵- منطقه بندی بر اساس تعداد میل چاه قنات

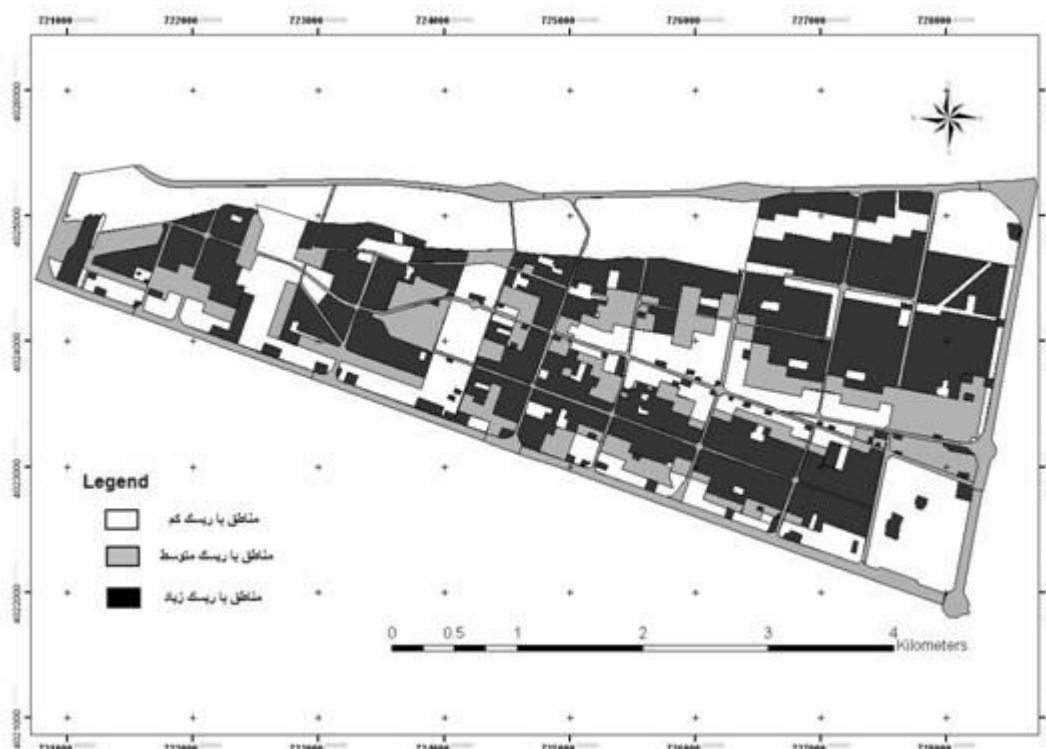
جهت بررسی حوادث شبکه‌های آبرسانی شهری، نیمه شرقی محدوده مورد مطالعه که تراکم قنات در آن بالاتر از بخشهای غربی می‌باشد، انتخاب گردید. شصت و سه مورد ترکیدگی لوله‌های اصلی آب در طی سالهای ۱۳۸۸-۱۳۸۶ در محدوده مورد نظر رخ داده است (شرکت آب و فاضلاب مشهد). در شکل شماره ۶، این موارد در مستطیل‌هایی با رنگ خاکستری مشخص شده است. اگرچه، دلیل اصلی ترکیدگی لوله‌ها، تغییرات فشار است اما در حدود نیمی از این موارد در مناطقی رخ داده که تمرکز بالایی از میل چاه‌های قنات وجود داشته است. اغلب قناتهای این محدوده، دارای عمق پانزده تا سی متر می‌باشند و احتمال نشست زمین و جابه‌جایی خاک در این منطقه وجود دارد.



شکل شماره ۶- نقشه موقعیت حوادث شبکه‌های آبرسانی شهری در شرق منطقه یازده شهر مشهد

۵. بررسی کاربری اراضی محدوده مطالعاتی

برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری به عنوان مهم‌ترین ابزار جهت کنترل و مدیریت طرح‌های توسعه شهری بویژه طرح تفصیلی به شمار می‌آید. این برنامه ریزی به چگونگی استفاده از زمین و حفاظت اراضی، سامان‌دهی مکانی- فضایی فعالیت‌ها و عملکرد بر اساس خواسته‌ها و نیازهای جامعه شهری می‌پردازد و انواع استفاده از زمین را مشخص می‌سازد [12]. تهیه طرح‌های توسعه شهری برای شهر مشهد از دهه ۱۳۴۰ شروع شده است. طرح جامع این شهر در این دهه تا افق ۱۳۷۰ را شامل می‌شود. به دنبال تهیه و تصویب طرح جامع شهر، طرح تفصیلی آن نیز تهیه و به تصویب می‌رسد و در سال ۱۳۵۲ به شهرداری برای اجرا ابلاغ گردیده است. این طرح که با نام طرح تفصیلی خازنی نیز مشهور می‌باشد نحوه استفاده از زمین و کاربری آن را تا سال ۱۳۷۰ معین نموده و مقیاس آن ۱:۲۰۰۰ می‌باشد. طی مدت قانونی ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۰ می‌بایست کاربری‌های پیش بینی شده در آن تحقق یابد اما روند اجرای آن تا افق زمانی طرح، تحقق نیافته و هنوز نیز در بسیاری از بافتهای شهر ملاک عمل می‌باشد [12]. در این بخش، به بررسی کاربری اراضی در طرح تفصیلی منطقه یازده شهر مشهد جهت تطبیق آن با موقعیت قنوات پرداخته شده است. کاربری‌های در نظر گرفته شده در طرح تفصیلی، شامل کاربری مسکونی، آموزشی، تجاری، بهداشتی، فضای سبز و تفریحی، دولتی و تاریخی فرهنگی می‌باشد. کاربری مسکونی، شامل تراکم کم (دو طبقه و کمتر)، تراکم متوسط (سه طبقه) و تراکم زیاد (بیش از سه طبقه) می‌باشد. به منظور سهولت در بررسی، محدوده مطالعاتی بر اساس تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی به سه بخش تقسیم گردیده است. در شکل شماره ۷، محدوده‌های با خطر پایین (رنگ سفید) شامل تراکم پایین مسکونی و کاربری فضای سبز و تفریحی. محدوده‌های با خطر متوسط (رنگ خاکستری) شامل تراکم متوسط مسکونی و خیابان‌های اصلی و سومین گروه، محدوده با خطر بالا (رنگ سیاه) که شامل تراکم بالای مسکونی و همچنین کاربری‌های آموزشی، تجاری، بهداشتی، دولتی، تاریخی و فرهنگی می‌باشد. به دلیل اهمیت و تراکم بالای جمعیتی، کاربری‌های آموزشی، تجاری بهداشتی، دولتی و تاریخی فرهنگی در محدوده‌های با خطر بالا در نظر گرفته شده است.



شکل شماره ۷. کاربری اراضی در منطقه یازده شهر مشهد

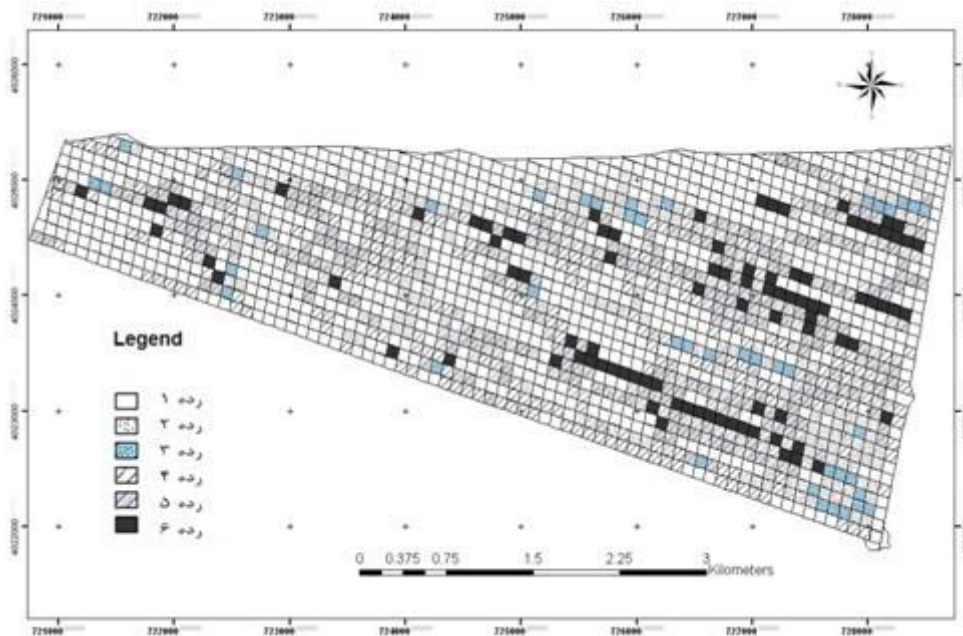
۶. پهنه‌بندی ریزش قنوات

به منظور بررسی منطقه از منظر ریزش قنوات، محدوده مطالعاتی به کمک دو فاکتور، پهنه‌بندی شده است. فاکتور اول، تعداد میل چاه قنات در بلوک‌هایی با مساحت 10000 m^2 است و فاکتور بعدی، خطر بلوک با توجه به کاربری اراضی آن می‌باشد که در شکل شماره ۸ نشان داده شده است. منطقه یازده شهرداری شهر مشهد از منظر خطر ریزش قنوات به شش رده تقسیم بندی شده است:

- رده ۱: بلوک فاقد میل چاه قنات + بلوک‌های با خطر پایین و متوسط و بالا.
- رده ۲: بلوک دارای یک تا سه میل چاه قنات + بلوک خطر پایین.
- رده ۳: بلوک دارای بیش از سه میل چاه قنات + بلوک خطر پایین.
- رده ۴: بلوک دارای یک تا سه میل چاه قنات + بلوک با خطر متوسط.
- رده ۵: بلوک دارای یک تا سه میل چاه قنات + بلوک با خطر بالا. یا بلوک دارای بیش از سه میل چاه قنات + بلوک با خطر متوسط.

رده ۶: بلوک دارای بیش از سه میل چاه قنات + بلوک با خطر بالا.

در رده ۱ به دلیل اینکه، بلوک‌ها فاقد میل چاه قنات هستند، خطری از نظر ریزش قنوات ندارند. خطر ریزش قنوات به ترتیب از رده یک تا شش افزایش می‌یابد و بلوک‌های رده شش، جزء بلوک‌های پرخطر می‌باشند که هم تمرکز بالایی از قنات را در محدوده ده هزار متر مربعی خود دارند و هم خطر بالایی با توجه به کاربری اراضی دارند و جزء کاربری‌های با تراکم بالا مسکونی و یا کاربری‌های آموزشی، تجاری، بهداشتی، دولتی و تاریخی فرهنگی می‌باشد که تراکم بالای جمعیت در آنها وجود دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در حدود ۲۸٪ از اراضی منطقه یازده شهر مشهد جزء مناطق با خطر بالا و بسیار بالا از نظر ریزش قنوات می‌باشد.



شکل شماره ۸ - پهنه بندی منطقه یازده شهر مشهد بر اساس خطر ریزش قنوات

در گوشه شمال غربی محدوده مطالعاتی قنات‌هایی با عمق کمتر از پانزده متر وجود دارد (که مربوط به قنات آبدار قاسم آباد می‌باشند). به دلیل عمق کم کوره قنات احتمال ریزش و فرونشست در این مناطق بسیار زیادتر است و با توجه به اطلاعات کسب شده از سازمان نظام مهندسی مشکلات پی ساختمان‌ها نیز در این منطقه مشاهده می‌گردد.

۷. نتیجه گیری و پیشنهادها

اگر چه قنات، یکی از مظاهر قدرت و نبوغ ایرانیان در عرصه‌ی علم هیدرولیک بوده است، اما امروزه به معظلی برای شهرهای بزرگ از جمله مشهد تبدیل شده است. نقشه دقیقی از موقعیت قناتهای شهر مشهد وجود ندارد و در اغلب موارد در توسعه‌های شهری وجود قناتها در نظر گرفته نمی‌شود. این امر در بخشهای تازه توسعه یافته و در حال توسعه شهر به دلیل بلندمرتبه سازی از اهمیت بیشتری برخوردار است. امروزه، در محدوده‌های شهری این سامانه‌های باستانی آب‌رسانی خشک و متروکه گردیده و در زیر پوسته شهر دفن شده است. اغلب، میل چاه‌های قنات، توسط افراد ناآزموده با خاک دست خورده یا مصالح و نخاله‌های زاید ساختمانی (که از تراکم و مقاومت کافی برخوردار نمی‌باشد) پر شده است و زمینه‌ی بروز مشکلات زیادی از جمله نشست خاک و استتار قنات را بوجود آورده است. در بررسی عکس‌های هوایی ۲۳۵۵ عدد میل چاه در منطقه یازده شهرداری شهر مشهد شناسایی شده است که می‌توان گفت: به طور متوسط به ازای هر هفتاد نفر ساکن این منطقه، یک میل چاه و یا به ازای هر 7000 m^2 یک میل چاه قنات وجود دارد. در نقشه پهنه بندی خطر ریزش قنات بیش از $1/4$ اراضی این منطقه جزء مناطق با خطر بالا هستند. احتمال نشست زمین و جابه‌جایی خاک در این مناطق وجود دارد که سبب افزایش ترکیب لوله‌های آب شهری گردیده است. پیشنهاد می‌گردد که مناطق با تمرکز بالای قنات در برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی شهری و توسعه‌های شهری تحت توجه ویژه قرار گیرند و از روش‌های ژئوفیزیکی جهت شناسایی قناتهای مدفون و قناتهایی که در اثر سیلاب‌ها از بین رفته‌اند و در عکس‌های هوایی قابل مشاهده نیستند استفاده شود. همچنین به دلیل نبود اطلاعات ثبت شده دقیق در مورد ریزش‌ها و فرونشست‌های زمین و دلایل آنها، نمی‌توان مطالعه آماری در این زمینه انجام داد. پیشنهاد می‌گردد این موارد جهت بررسی‌های دقیق و علمی ثبت گردد تا در رفع مشکلات شهر مشهد مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد و شرکت آب و فاضلاب مشهد و همچنین ناحیه یک شهرداری منطقه یازده شهر مشهد به جهت همکاری و مساعدت بی دریغ تشکر می‌نماییم.

منابع و مأخذ

- ۱- گوبلو، هانری؛ قنات فنی برای دستیابی به آب، ترجمه سرو مقدم، ابوالحسن. پاپلی یزدی، محمد. ناشر: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، چاپ اول ۱۳۷۱.
- ۲- هاشمی سهی، سید حسن. هاشمی سهی، سید مهدی؛ قنات نشست خاک و مشکلات ساختمان‌سازی، کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان: ص ۷۰۱-۷۰۷، ۱۳۸۴.
- 3- Rayhani, M. H. T, El Naggari, M. H. "Collapse hazard zonation of qanats in greater Tehran area". Geotechnical and Geological Engineering, 25(3): 327-338, 2006.
- ۴- حافظی مقدس، ناصر. غفوری، محمد. قزی، اعظم؛ «مشکلات قنات قدیمی در شهر مشهد». مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست، ص ۵۳۱-۵۳۶، ۱۳۸۶.
- ۵- غفوری، محمد و دیگران؛ «بررسی مشکلات زیست محیطی ناشی از قنات متروکه شهر مشهد»، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی منابع آب، شاهرود ۱۳۸۸.
- ۶- ترشیزی، حسین؛ مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی و مکان‌یابی محل احداث تپه‌های مصنوعی با نخاله‌های ساختمانی در شهر مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۵.
- 7- Salih.A "Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions": The Case of Bam Region in Iran, International Symposium on Groundwater Sustainability, 79-87, 2006.
- 8- Beckman, C.S., Weigand, P.C., Pint, J.J. "Old World irrigation technology in a new contact: Qanats in Spanish colonial western Mexico" Antiquity 73 (274): 440-446. 1999.
- ۹- گزارش قناتهای دشت مشهد، آب منطقه‌ای خراسان رضوی
- ۱۰- دادبان شهامت، یوسف. کارگر، مهدی. رحیم زاده برزکی، هادی؛ «بررسی علل حوادث شبکه آب شرب شهر گرگان در سال ۸۴-۱۳۸۳، دهمین همایش ملی بهداشت محیط»، همدان، ۱۳۸۶.
- ۱۱- نوایی نیا، بهرام. گرجی، مفید. شهرزاد، نیما؛ تجزیه و تحلیل شکست لوله‌های آب‌رسانی در چند شهر بزرگ استان مازندران، چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز، ۱۳۸۲.
- ۱۲- اسفندیاری، احمد؛ بررسی میزان تحقق طرح تفصیلی شهر مشهد (مطالعه موردی منطقه یازده شهر مشهد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸.