پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ٤٦، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۳
ص. ٥٠٤ - ٤٨٥

بررسی گسترش افقی شهر مشهد در چند دههٔ اخیر و تأثیر آن بر منابع آب

احمد پوراحمد * ـ استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ایران
سیدعلی حسینی ـ دانشجوی دکتری جغرافیای و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ایران
سیدمحمد حسینی ـ دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک، دانشگاه تهران، ایران
محمد نصیری ـ دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای سیاسی، دانشگاه تهران، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۴/۲۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۲/۲۳

چکیده

الگوی حاصل از توزیع فضایی فعالیت‌های انسان شهری که از آن به فرم یا شکل شهر یاد می‌شود، بنا بر ماهیت پویا و متغیر شهرها، همیشه در حال تغییر و دگرگونی بوده است، اما ناپایدارترین و نامطلوب‌ترین شکلی که شهرها تا کنون به خود دیده‌اند، شکل گسترده یا گسترش افقی شهری است. شهر مشهد که شهر مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شده نیز از این مقوله مستثنا نیست. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رشد افقی سریع و بی‌برنامهٔ شهر مشهد در دهه‌های اخیر (۱۳۸۵- ۱۳۳۵) به بحران‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه در منابع آبهای سطحی و زیرزمینی منجر شده است. این مهم که با استفاده از روش‌های مختلف مانند عکس‌های هوایی، نقشه‌های موجود در سازمان‌ها، نقشه‌های توپوگرافی و نرم‌افزارهای GIS و SPSS انجام شده است، نتیجه می‌دهد که توسعهٔ جسته‌گریختهٔ مناطق شهری و صنعتی در حومهٔ شهر مشهد، به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم سبب تخریب و نابودی منابع آبی منطقه شده است. برای نمونه در دوره‌های مختلف رشد این شهر ۸۸ رشته قنات و تعداد زیادی چشمه به‌کلی نابود شده‌اند که با نابودی این منابع آبی پایدار و بروز بحران کم‌آبی در شهر، از روش‌های جدید، مانند حفر چاه‌های عمیق و احداث سدها استفاده شده است که عمدتاً ناپایدارند. در حال حاضر با وجود صرف هزینهٔ زیاد برای تأمین آب شرب، هنوز هم این شهر با مشکل کمبود آب مواجه است.

کلیدواژه: بحران‌های زیست‌محیطی، شکل‌های پایدار، گسترش افقی، مشهد، منابع آب.

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۲۱۲۳۹۲۰ E-mail: apoura@ut.ac.ir

مقدمه

از دیرباز آب یکی از اصلی‌ترین نیازهای اولیهٔ بشر بوده و کمبود آن بحران مهم مطرح در جهان است. با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و بی‌توجهی به میزان برداشت و ادامهٔ مصرف بی‌رویه آب، این بحران به‌طور جدی جوامع بشری، به‌خصوص کشورهای در حال توسعه را تهدید می‌کند. در سال ۱۹۸۷ کمیسیون محیط زیست و توسعهٔ سازمان ملل (کمیسیون برانت لند)[1]، تشکیل شد (گرنی، ۱۹۹۷: ۲۷). در این کمیته مسائل آب‌وهوایی و منابع آب که یکی از منابع محیط زیست شمرده می‌شود، کانون توجه بود و در کنفرانس ریو، کنوانسیون‌های مختلفی چون تغییرات آب‌وهوایی و مقابله با بیابان‌زایی به تصویب رسید (علیخانی، ۱۳۷۹: ۹۱).

ساندرز پاستل در کتابش چنین ابراز می‌کند، با ورود به دوران کمبود آب، شهرنشینان از پکن تا فونیکس آمریکا، همه جا بر سر حق استفاده از آب با کشاورزان رقابت می‌کنند و به این ترتیب فشار بر منابع محدود آب باز هم افزایش می‌یابد (ساندرز و طاهری، ۱۹۶۹: ۷). در این رابطه دینار و ماریا نیز معتقدند، آب همیشه با ارزش‌ترین منبعِ زندگی بشر است و هم‌اکنون در آغاز هزارهٔ جدید، زندگی بشر با تهدید کمبود آب روبه‌روست و نیاز فزاینده به آب، تغییر الگوهای مصرف، از بین رفتن منابع طبیعی و توسعهٔ بیابان‌ها، آلودگی و نبود زیرساخت‌های مناسب، بشر را به سوی بحران جهانی آب سوق می‌دهد (دینار و ماریا، ۱۹۹۸: ۱). اگر بحران کمبود آب ادامه یابد تا سال ۲۰۰۵ میلادی، دو سوم جمعیت جهان با این بحران مواجه خواهند شد (کایلنستیرنا، بورکلاند و نَجلِس، ۱۹۹۷). بر این اساس بود که در اجلاس اگوست ۱۹۹۵، اسماعیل سراج‌الدین، نایب رئیس بانک جهانی، دربارهٔ توسعهٔ پایدار زیست‌محیطی بیان کرد: «جنگ‌های قرن آینده بر سر آب خواهد بود نه نفت» (توسیال، ۱۹۹۸: ۱۹۷).

از سویی، یکی از مواردی که در چند دههٔ اخیر سبب بروز پیامدهای نامطلوب اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در سطح جهان شده، گسترش افقی بی‌رویهٔ شهرها بوده است. در ایران نیز از یک سو، استقرار اکثر شهرهای بزرگ کشور روی مناطق کوهپایه‌ای و مخروطه‌افکنه‌ها که دارای بهترین ذخایر منابع آبی کشور هستند و از سویی دیگر، رشد بسیار سریع و پیراشهری این شهرها طی چند دههٔ اخیر از دلایلی هستند که به تخریب منابع منجر شده‌اند. در این میان شهر مشهد نیز به‌منزلهٔ دومین کلانشهر ایران، در چند دههٔ اخیر به‌دلایل مختلفی مانند مهاجرت‌های شدید روستاشهری (نگهبان مروی، ۱۳۸۱)، وجود حرم مطهر امام رضا (ع) و نقش توریستی ـ مذهبی آن (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۶)، سیاست‌های دولتی (عارف‌زاده، ۱۳۷۵) و غیره، از این مقوله مستثنا نبوده و رشد فیزیکی آن که با الگوی گسترش افقی بی‌رویه و جسته‌گریخته شکل گرفته، به افزایش هزینهٔ زیرساخت‌ها و خدمات شهری (عباس‌زاده، ۱۳۸۵)، تخریب و آلودگی منابع خاک و از بین بردن منابع آبی پایدار، دامن زده است. از این رو هدف اصلی ما در این نوشتار، بررسی چگونگی گسترش افقی شهر مشهد در چند دههٔ اخیر و تأثیر آن بر منابع آب است. در این ارتباط سؤال اصلی پژوهش این‌گونه مطرح می‌شود که گسترش افقی شهر مشهد چه تأثیری بر منابع آبی این شهر داشته است و کمیت و کیفیت منابع آبی متأثر، به چه صورت است؟

1. Brundtland Commission

مبانی نظری

از آنجاکه شکل شهر یا همان الگوی توزیع فضایی انسان و فعالیت‌هایش، با نوع الگوی مصرف و کاربری زمین سروکار دارد، یکی از مهم‌ترین مباحث در برنامه‌ریزی شهری به‌شمار می‌رود. یکی از موضوعات اصلی در ارتباط با توسعهٔ پایدار شهری، شکل یا فرم شهر است. به‌طور کلی دو نوع شکل شهری را می‌توان شناسایی کرد؛ شکل شهری فشرده و شکل شهری گسترده یا گسترش افقی شهر که هریک مزایا و معایب خاص خود را دارد. در این پژوهش، هدف اصلی تحلیل آثار رشد شهری برمبنای الگوی گسترش جسته‌گریخته و پراکنده است که با این رویکرد، به بررسی ادبیات پژوهش پرداخته می‌شود.

گسترش افقی شهر واژه‌ای است که در نیم قرن اخیر در قالب اصطلاح «اسپرال» در ادبیات پژوهش‌های شهری وارد شده و امروزه موضوع محوری اکثر سمینارهای شهری در کشورهای توسعه یافته است (تقوایی و سرایی، ۱۳۸۳: ۱۸۹). سابقهٔ کاربرد این اصطلاح به اواسط قرن بیستم برمی‌گردد، زمانی که در اثر استفادهٔ بی‌رویه از خودروی شخصی و توسعهٔ بزرگراه‌ها، گسترش فضاهای شهری در آمریکا رونق گرفت (هس، ۲۰۰۱: ۴). با بروز این پدیده در مناطق مختلف جهان، تعاریف گوناگونی از آن بیان شده که همه دارای وجه اشتراک‌اند و در بسیاری از منابع به آن اشاره شده است. لذا در این پژوهش به‌منظور پرهیز از اطالهٔ کلام، تعریف نلسون و همکاران را مبنای بحث قرار می‌دهیم؛ آنها کلیهٔ تعاریف گسترش افقی را خلاصه کرده‌اند تا به یک تعریف واحد برسند. «توسعهٔ بدون برنامه‌ریزی، بدون کنترل، ناهماهنگ و تک‌کاربری که نقش ترکیبی از کاربری‌ها فراهم نمی‌کند و از نظر عملکردی نیز رابطه‌ای با کاربری‌های اطراف شهر ندارد و به‌منزلهٔ توسعهٔ کم‌تراکم، خطی یا نواری، جسته‌گریخته و جدا افتاده به نظر می‌رسد (دل و شانک، ۲۰۰۴).

با در نظر گرفتن تعریف نلسون و همکارانش، شکل‌های مسلط توسعهٔ شهری در قرن بیستم، همان پراکنش افقی شهری بوده است (گیلهام، ۲۰۰۲)؛ به‌طوری که بر اساس پژوهش‌های صورت‌گرفته، رشد بسیاری از شهرها در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه مانند ایران، طی دهه‌های اخیر از این الگو پیروی کرده است.

برخی از علل کلی پراکنش در کشورهای در حال توسعه به رشد جمعیت، افزایش درآمد، یارانه‌دادن به سرمایه‌گذاری در بخش‌های زیربنایی مثل جاده و... مربوط می‌شود. تفاوت اساسی بین علل پراکندگی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، مسئلهٔ ترجیح‌دادن است؛ به این لحاظ که مردم در کشورهای توسعه‌یافته ترجیح می‌دهند به مناطق بازی کوچ کنند که در فاصلهٔ معقولی از شهرها قرار دارند و این یک الگوی لاینفک است. مسئلهٔ دیگری که نتیجهٔ این حقیقت است، مسئلهٔ رشد وابستگی به خودروهاست. کل فرهنگ در کشورهای توسعه‌یافته (به‌ویژه آمریکا) برپایهٔ مرکزیت استفاده از خودرو بنا شده است؛ حال آنکه در کشورهای در حال توسعه، پراکنش افقی بیشتر به‌دلیل ضرورت شکل می‌گیرد که برآمده از الگوی شهرنشینی در حال اضطرار این کشورهاست.

چالش رشد سریع و گسترش افقی شهرها در ایران، شاید حادتر از بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه باشد. در کشور ما تا زمانی که الگوی رشد شهرها طبیعی[1] بود و عوامل درون‌زا و محلی تعیین‌کنندهٔ رشد شهری بودند،

1. Organic

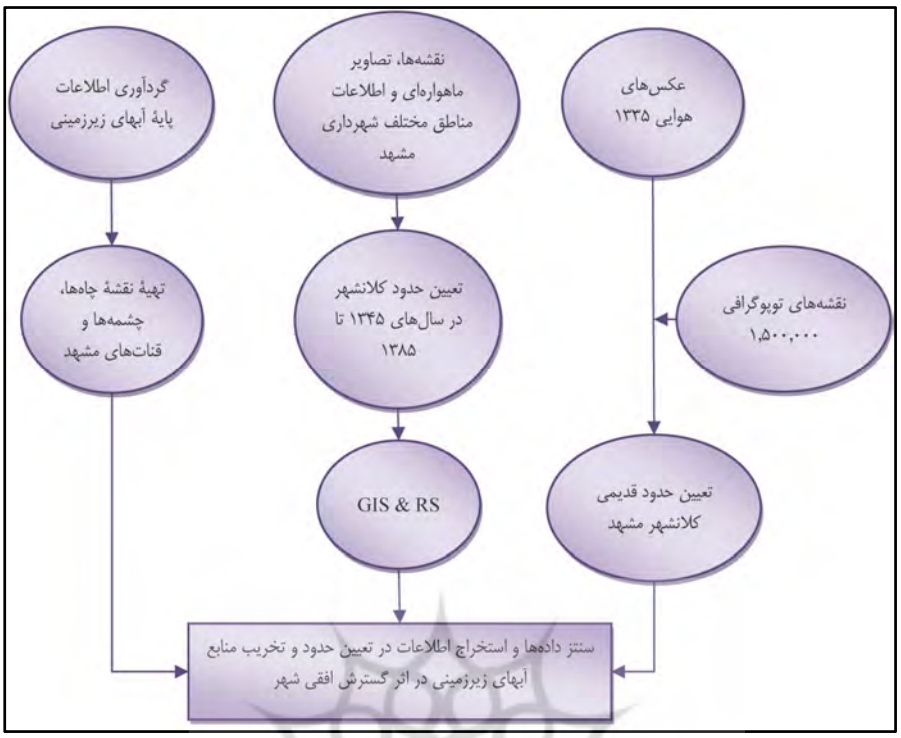
زمین شهری نیز کفایت کاربری‌های سنتی شهری را داشت و حسب شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیتی شهر، فضای شهر را به‌طور طبیعی سامان می‌بخشید، اما از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت و درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد و شهرها در نظام اقتصاد جهانی و تحت تأثیر آن قرار گرفت، سرمایه‌گذاری در زمین شهری تشدید شد و این نقطه‌ضعف اصلی بازار خصوصی بی‌برنامهٔ زمین، الگوی توسعهٔ بسیاری از شهرهای ایران را دیکته کرد (ماجدی، ۱۳۷۸: ۶). این امر سبب نابسامانی بازار زمین شهری و به‌خصوص بی‌استفاده‌ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده شد و عارضهٔ منفی گسترش افقی شهرها را شکل داد (اطهاری، ۱۳۷۶: ۳۶). رشد سریع، بی‌برنامه و پراکنده که در بسیاری از شهرهای بزرگ، متوسط و حتی کوچک کشور، مانند تهران (زنگنه شهرکی، ۱۳۸۶)، یزد (تقوایی و سرایی، ۱۳۸۳؛ سرایی، ۱۳۸۶) و غیره، منجر به پیدایش الگوی گسترش افقی شده است، طبق بررسی‌های صورت‌گرفته در شهر مشهد نیز به وقوع پیوسته (حسینی، ۱۳۸۷) که در ادامه به چگونگی گسترش افقی شهر مشهد و آثار این پدیدهٔ ناپایدار از نگاه زیست‌محیطی با تأکید بر منابع آب، پرداخته می‌شود.

روش پژوهش

روش پژوهش این مطالعه، توصیفی ـ تحلیلی است و برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده در پژوهش، از روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی، مشاهده‌ای، آماری، پردازش تصاویر ماهواره‌ای بهره برده شده و نرم‌افزارهایی مانند Arc GIS 10، ENVI و SPSS به‌کار رفته است. همچنین از روش‌های تجزیه و تحلیل کمی و کیفی به‌صورت جداگانه یا ترکیبی استفاده شده است.

به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، ابزاری توانمند و کارسازی است که به‌طور گسترده در بررسی کاربری اراضی و تغییرات پوشش زمین متداول است (ونگ، ۲۰۰۲). در این پژوهش از تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌های ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی برای بررسی کاربری اراضی (گوپتا و جین، ۲۰۰۵؛ بانژاف و نتزبند، ۲۰۰۰) در محدودهٔ شهر مشهد، به‌کمک عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۵، ترکیب باندهای مختلف سنجنده‌های MSS وTM سال‌های ۱۳۵۵، ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ ماهوارهٔ لندست و باندهای IRS-1D LISS III سال ۱۳۸۵ انجام گرفت. بدین ترتیب نقشهٔ محدودهٔ شهر مشهد طی دوره‌های مذکور با استفاده از نرم‌افزار ENVI که نرم‌افزارهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای است و Arc GIS که نرم‌افزار مختص سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، استخراج شد.

در این مطالعه برای بررسی وضعیت گسترش افقی شهر مشهد، از تحلیل تحولات زمانی تراکم جمعیت و نقشهٔ مراحل رشد و توسعهٔ شهر در دوره‌های مختلف، به همراه مدل‌های کمی درجه تجمع و مدل هلدرن استفاده شده است. همچنین به‌منظور تحلیل چگونگی تأثیر گسترش افقی شهر مشهد بر منابع آب نیز چند روش به‌کار گرفته شده که شمای گرافیکی آن در شکل ۱ به‌اختصار نمایش داده شده است.



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

یافته‌های پژوهش

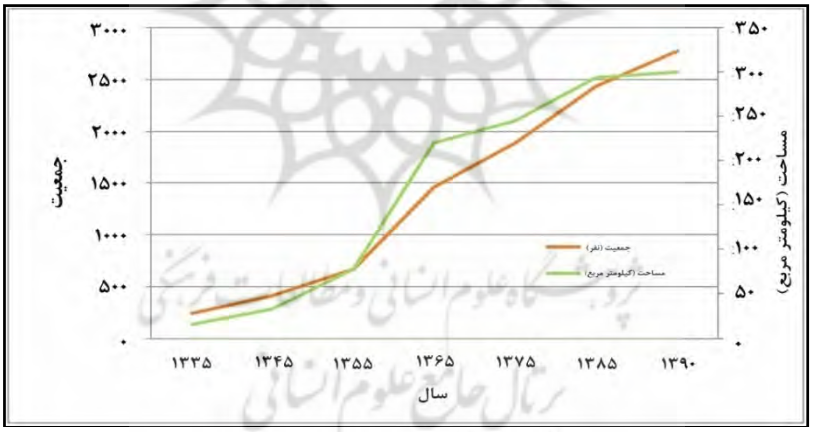
بررسی روند رشد و توسعۀ مشهد، حاکی از آن است که این شهر در گذشته از رشد جمعیت و فضای آرامی برخوردار بوده است، به‌طوری که در فاصلۀ سال‌های ۱۵۲۴ تا ۱۹۰۱ میلادی، یعنی نزدیک به چهار قرن، جمعیت آن بدون تغییر مانده و در ابتدا و انتهای این دوره ۵۰،۰۰۰ نفر جمعیت داشته است، البته در خلال این دورۀ زمانی، جمعیت آن در حال تغییر بوده و بعضی از دوره‌ها تا ۲۵۰ هزار نفر هم رسیده است. (حاتمی‌نژاد، ۱۳۸۰: ۹۷). از نظر کالبدی نیز در آن دوران، هستۀ اصلی شهر حرم امام رضا (ع) بوده است. در نقشۀ موجود از آن زمان که در سال ۱۸۷۵ توسط کلنل مک‌گرگر تهیه شده، مشهد بسیار کوچک دیده می‌شود و متشکل از شش محلۀ بزرگ و ده محلۀ کوچک در اطراف حرم است (ثامنی، ۱۳۷۲: ۸). اما با آغاز دورۀ شهرنشینی جدید و تجددگرایی در کشور، سرعت شهرنشینی در مشهد نیز افزایش یافت؛ به‌طوری که بر اساس اولین سرشماری رسمی کشور (۱۳۳۵)، جمعیت این شهر ۲۴۲۰۰۰ نفر برآورد شده است. البته شهر در این دوره گسترش آرامی داشته و وسعت آن ۱۶ کیلومتر مربع بوده است. در این دوره، شهر نسبتاً فشرده بوده و تراکم نسبتاً بالایی داشت (۱۵۱ نفر در هکتار). در دوره‌های بعدی توسعه، درصد رشد وسعت شهر از درصد رشد جمعیت پیشی گرفت؛ به‌طوری که تراکم شهر در سال ۱۳۴۵ به ۱۲۴ نفردر هکتار کاهش یافت. این روند در دهۀ بعد هم ادامه یافت و تراکم شهر در سال ۱۳۵۵ به ۸۵/۵ نفر در هکتار رسید. رشد و گسترش سریع و بی‌برنامۀ شهر در سال‌های ۵۵ – ۴۵ نُه آبادی را در شهر ادغام کرد. مشکلات ناشی از رشد جمعیت، بی‌توجهی به نحوۀ استفاده از اراضی، توسعۀ نامنظم و سایر مشکلات عمومی، سبب شد که تهیۀ طرح جامع شهر مشهد در سال ۱۳۴۶ به مهندسان مشاور ابلاغ شود. در طرح جامع با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت از ۴۰۹۶۱۶ نفر در سال ۱۳۴۵ به ۱۴۶۵ هزار نفر در سال ۱۳۷۰، گسترش آیندۀ

شهر به‌صورت پیوسته در جهت غرب شهر پیشنهاد شد. در این طرح، وسعت شهر از ۳۳/۴ به ۱۷۰ کیلومتر مربع افـزایش می‌یافت (رهنما، ۱۳۷۵). با اینکه وسعت پیش‌بینی‌شدهٔ شهر در طرح جامع تا سال ۱۳۷۰، حدود ۱۷۰ کیلومتر مربـع بـود، سرعت رشد شهر به اندازه‌ای شدید شد که وسعت واقعی آن پنج سال زودتر از زمان مقرر، یعنی در سال ۱۳۶۵ به بیش از ۲۲۰ کیلومتر مربع رسید و تراکم جمعیتی شهر در سال‌های ۶۵– ۱۳۵۵ به کمترین میزان خود، یعنی ۶۶/۵ نفر در هکتـار رسید (مهندسان مشاور فرنهاد، ۱۳۸۴) (جدول ۱ و شکل ۲).

جدول ۱. تغییرات جمعیت، مساحت و تراکم جمعیتی شهر مشهد طی دورهٔ ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۳۵	۱۳٤۵	۱۳۵۵	۱۳٦۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
جمعیت (نفر)	۲۴۲۰۰۰	۴۰۹۰۰۰	۶۶۷۰۰۰	۱۴۶۳۰۰۰	۱۸۸۷۴۰۵	۲۴۳۰۸۰۰	۲۷۷۲۲۸۷
مساحت(به هکتار)	۱۶۰۰	۳۳۰۰	۷۸۰۰	۲۲۰۰۰	۲۴۴۹۹	۲۹۳۷۷	۳۰۰۰۰
درصد رشد	۲	۵/۳۹	۵/۰۱	۸/۱۷	۲/۵۸	۲/۵۶	۲/۶۶
تراکم جمعیتی	۱۵۱/۲	۱۲۴	۸۵/۵	۶۶/۵	۷۷/۰۳	۸۲/۷۴	۹۲/۴

منبع: شهرداری مشهد، ۱۳۹۱؛ مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰.



شکل ۲. نمودار روند تغییرات جمعیتی و گسترش فیزیکی شهر مشهد (۹۰- ۱۳۳۵)

منبع: نگارندگان

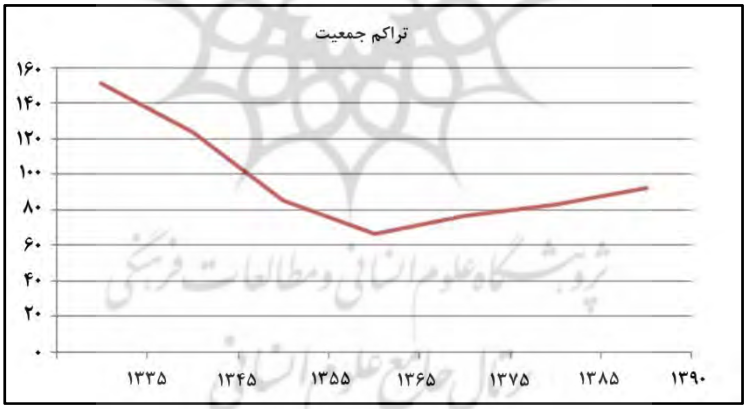
در سال ۱۳۶۷ از مجموع وسعت شهر مشهد، ۴۰ درصد آن به سطوح غیر فعال یا غیر دایر شهری اختصاص داشـته است که برای محاسبهٔ آن، از رابطهٔ درصد فضای باز (ROS)[1] استفاده شده اسـت (رابطـهٔ ۱). در ایـن رابطـه s' مجمـوع زمین‌های خالی شهر و s کل زمین‌های موجود در شهر است (هوانگ، لو و سِلز، ۲۰۰۷؛ جعفرزاده، ۱۳۷۵).

رابطهٔ ۱)
$$ROS = \frac{s'}{s} \times ۱۰۰\%$$

1. Ratio of Open Space (ROS)

از مهم‌ترین عواملی که موجب افزایش رشد جمعیتی و فضایی شهر مشهد در دورۀ زمانی ۱۳۶۵-۱۳۵۵ شد، جنگ ایران و عراق و تحولات افغانستان همسایۀ شرق ایران بود که مهاجرت آوارگان خارجی و همچنین مهاجرت آوارگان جنگ به شهر مشهد را در پی داشت. این مهاجران به‌دلیل درآمد پایین و قیمت بالای زمین و مسکن در داخل شهر، مجبور شدند در حاشیۀ شهر که زمین‌های ارزان‌قیمتی داشت، سکونت کنند و با اسکان غیر رسمی خود، رشد بی‌برنامه و گسترش افقی بی‌رویۀ شهر مشهد را پایه‌گذاری کردند. گسترش سریع شهر مشهد در این دوره، دو شهر (گلشهر و ساختمان) و ۳۱ روستا با مجموع جمعیت ۵۴۶۷۱ نفر در هکتار را ادغام کرد. این توسعۀ بی‌برنامه، مسئولان را بر آن داشت تا در اندیشۀ چاره‌ای باشند و سرانجام در سال ۱۳۷۰، طرح جامع شهر مشهد توسط مهندسان مشاور مهرازان تهیه شد و با اجرای آن رشد شهر در دوره‌های بعدی تا حدی به کنترل درآمد.

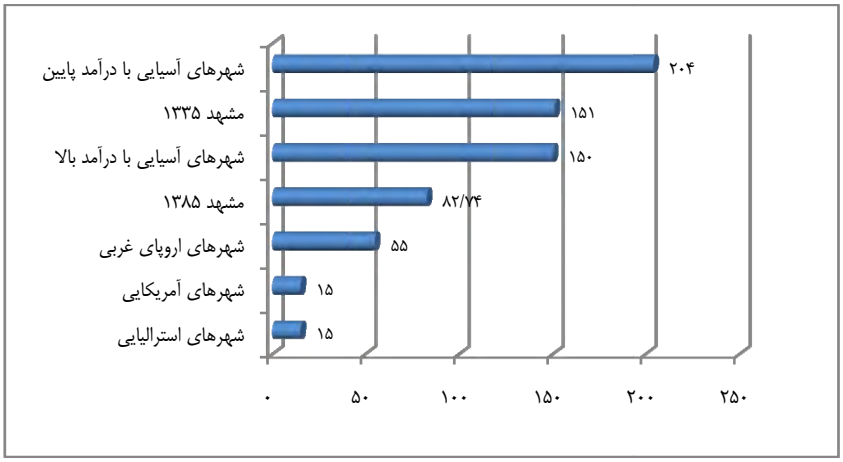
در دو دهۀ بعد، یعنی سال ۱۳۷۵، ۱۳۸۵و ۱۳۹۰ مجموعه‌ای از عوامل، مانند کاهش مهاجرت‌های روستا ـ شهری، بازگشت مهاجران جنگی به شهرهای محل سکونتشان، کاهش درصد رشد طبیعی جمعیت و غیره، موجب شد درصد رشد جمعیت و نیز، درصد گسترش مساحت، کاهش یابد و تراکم جمعیت در سال ۱۳۸۵ به ۹۲ نفر در هکتار برسد. بنابراین، با وجود افزایش تراکم جمعیت در دو دهۀ اخیر، روند کلی تراکم نزولی بوده است؛ به‌طوری که از تراکم نسبتاً بالای ۱۵۰ نفر در هکتار در سال ۱۳۳۵ به ۹۲/۴ نفر در هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است (شکل ۳).



شکل ۳. نمودار روند تغییرات تراکم جمعیتی مشهد در سال‌های ۱۳۹۰- ۱۳۳۵

منبع: نگارندگان

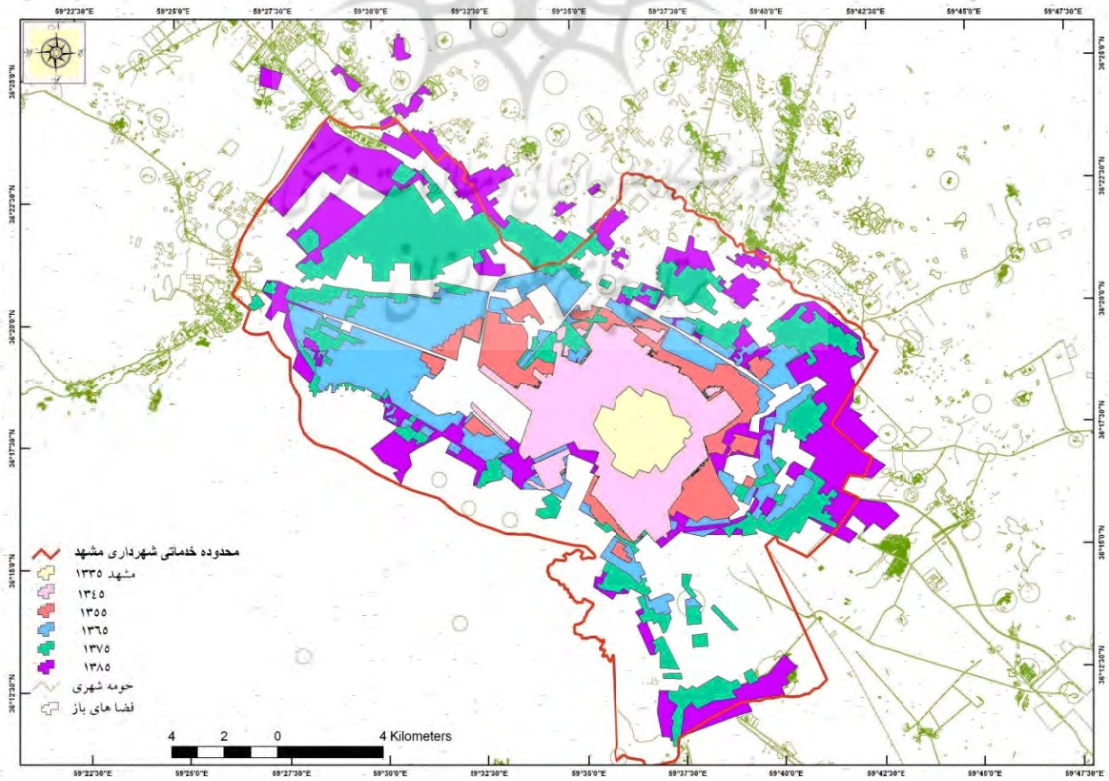
هرچند تراکم فعلی شهر مشهد در مقایسه با تراکم شهری سایر کشورهای جهان در حد میانه محسوب می‌شود؛ به این معنا که نه تراکم کمتر از ۱۵ نفر در هکتار شهرهای استرالیا و آمریکا یا حتی تراکم ۵۵ نفر در هکتاری شهرهای اروپا را داراست و نه از تراکم بالای شهرهای کشورهای آسیایی برخوردار است، و میانگین این دو به حساب می‌آید (شکل ۴ را مشاهده کنید)، در مقایسه با نظر الکین، شهر مشهد شهری کم‌تراکم و گسترده است. به نظر الکین چنانچه بخواهیم از معیار تراکم جمعیتی برای نشان دادن اسپرال استفاده کنیم، در شهرهای آمریکا و استرالیا تراکم کمتر از ۲۵ نفر در هکتار را گسترش افقی می‌گوییم و در شهرهای اروپا ۵۰ نفر در هکتار و شهرهای آسیایی با تراکم کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار شهرهای گسترده هستند (الکین، مک‌لارن و هیلمن، ۱۹۹۱).



شکل ٤. مقایسهٔ تراکم مشهد و سایر شهرهای جهان

منبع: نگارندگان

پدیدهٔ گسترش افقی شهر بسیار پیچیده است و چیزی بیش از تراکم جمعیت صرف یا توسعهٔ کم تراکم به نظر می‌رسد. به همین دلیل در این پژوهش علاوه‌بر الگوی تراکم جمعیت، از الگوی رشد شهر یا شکل شهر مشهد در دوره‌های زمانی مختلف و ترسیم نقشهٔ مراحل رشد شهر نیز، استفاده شده است. چنانکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، رشد این شهر بسیار سریع بوده و الگوی آن کمابیش در همهٔ دوره‌های رشد، الگویی متفرق، جسته‌گریخته، توسعهٔ پیرامونی و بیرونی و منفک و مجزا داشته که از ویژگی‌های الگوی گسترش افقی محسوب می‌شود و در همه دوره‌ها کاملاً نمایان است.



شکل ۵. نقشهٔ توسعهٔ منفک و جسته‌گریخته شهر مشهد طی دوره‌های مختلف

منبع: نگارندگان

تحلیل گسترش افقی شهر مشهد در چند دهۀ اخیر با استفاده از مدل‌های کمی

به‌منظور تحلیل الگوی شکل شهر مشهد و گسترش افقی آن که در بخش پیش با استفاده از روش‌های تراکم و اندازۀ مادرشهر توضیح داده شد، از روش‌های کمی درجۀ تجمع و مدل هلدرن استفاده شده است.

درجۀ تجمع

برای برآورد ناحیه‌هایی به‌کار می‌رود که با تراکم بالا تجمع یافته‌اند یا به‌طور تصادفی پراکنده شده‌اند. این بعد نسبت فشردگی و پراکنش را بر اساس ساخت فضایی مشخص می‌کند، مانند توسعۀ تک‌مرکزی، چند مرکزی، پراکنده بدون تمرکز، توسعه‌های پیوسته و نوار تجاری (تسای، ۱۳۸۴: ۱۴۶) و برای اندازه‌گیری آن از دو ضریب موران[1] و گری[2] استفاده می‌شود.

ضریب موران: این ضریب با اندازه‌گیری مقدار خودهمبستگی فضایی، سطح تجمع را تخمین می‌زند. شکل معادلۀ محاسباتی این ضریب در رابطۀ آمده است (تسای، ۱۳۸۴).

$$\text{Moran} = \frac{N\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_{ij}(x_i - x)(x_j - x)}{\sum_{i=1}^{N}\left[\sum_{j=1}^{N} w_{ij}(x_i - x)^2\right]}$$

رابطۀ ۲)

در این رابطه؛ N: تعداد مناطق؛ x_i: جمعیت یا اشتغال منطقۀ i؛ x_j: جمعیت یا اشتغال منطقۀ j؛ x: متوسط جمعیت یا اشتغال و w_{ij}: وزن بین مناطق i و j را مشخص می‌کند.

این روش برای وزن‌دهی به مناطق مختلف از ۰ و ۱ استفاده می‌کند؛ یعنی در ماتریسی که از مناطق مختلف تشکیل می‌شود، ضریب وزنی ۱ مختص به دو منطقه‌ای است که با هم ارتباط مستقیم یا به بیان دیگر مرز مشترک دارند و ضریب وزنی ۰ به مناطقی تعلق می‌گیرد که با یکدیگر مرز مشترک ندارند.

به‌طور کلی، تفسیر عمومی ضریب موران به این صورت است که بین مقادیر ۱- تا ۱+ محاسبه می‌شود. مقدار ۱+ بیانگر الگوی کاملاً تک‌قطبی، مقدار صفر گویای الگوی تجمع تصادفی یا چند قطبی و مقدار ۱- نشان‌دهندۀ الگوی شطرنجی توسعه است. هرچه این ضریب مقدار بالاتری داشته باشد، نشان از تجمع زیاد است و هرچه مقدار پایین‌تری داشته باشد، پراکنش را نشان می‌دهد.

مقدار این ضریب برای جمعیت سال ۱۳۷۵ مشهد برابر با ۰/۱۳- به‌دست آمده است که الگوی رشد پراکندۀ شهر را نشان می‌دهد و علامت منفی آن، بیانگر پیروی از الگوی تصادفی است و تا اندازۀ خیلی کمی نزدیک به الگوی شطرنجی بوده و از پراکنش زیاد شهر در سال ۱۳۷۵ حکایت می‌کند. اما مقدار این ضریب در سال ۱۳۸۵ (۰/۱۶) حرکت شهر به

1. Moran
2. Geary

سمت تجمع و درنهایت الگوی کاملاً تک‌قطبی (مقدار مثبت ۱) را نشان می‌دهد. اگرچه، سیر فشرده‌شدن شهر هنوز به‌کُندی صورت می‌گیرد و با این روند تا تجمع کامل فاصلهٔ زیادی دارد.

ضریب گری: این ضریب شبیه ضریب موران است، اما به جای تأکید بر انحراف از میانگین که در ضریب موران به‌کار می‌رفت، اختلاف هر ناحیه نسبت به ناحیهٔ دیگر را می‌سنجد (تسای، ۱۳۸۴). برای محاسبهٔ ضریب گری از رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود.

$$\text{Geary} = \frac{(N-1)\left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_{ij}\left(x_i - x_j\right)^2\right]}{2\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_{ij}\right)\sum_{i=1}^{N}\left(x_i - x\right)^2}$$

رابطهٔ ۳)

این ضریب مقادیری بین ۰ و ۲ می‌گیرد، مقدار پایین‌تر بیانگر تجمع بیشتر است و مقدار بالاتر پراکنش بیشتر را نشان می‌دهد. برای اینکه این ضریب مقیاسی شبیه به ضریب موران داشته باشد، به‌صورت رابطهٔ ۴ تعدیل می‌شود.

$$\text{Adjusted Geary} = -(\text{Geary} - 1)$$

رابطهٔ ۴)

در ضریب گری تعدیلی (رابطهٔ ۴) نیز، مقادیر بالاتر بیانگر تجمع بیشتر و مقادیر کمتر بیانگر پراکنش بیشتر است (تسای، ۱۳۸۴). مقادیر محاسبه شده در این روش نیز برای سال ۱۳۷۵ برابر با ۰/۱۲ – و برای سال ۱۳۸۵ برابر با ۰/۷ محاسبه شده است. نتایج، گسترش افقی شهر در دهه‌های قبل و حرکت آهستهٔ آن به سمت تجمع در سال ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد و به‌طور کلی بیانگر گسترش افقی شهر طی دهه‌های اخیر است؛ هرچند با گذر زمان به سمت تجمع پیش رفته است.

مدل هلدرن

برای محاسبهٔ اینکه چه مقدار از رشد مساحت شهرها، متأثر از رشد جمعیت است و چه مقدار از آن به گسترش افقی شهر مربوط می‌شود، باید از معادلهٔ هلدرن استفاده شود.

$$\text{Ln}\left(\frac{P_f}{P_P}\right) + \text{Ln}\left(\frac{PR_f}{PR_P}\right) = \text{Ln}\left(\frac{A_f}{A_P}\right)$$

رابطهٔ ۵)

که در آن؛ P_f: جمعیت پایان دوره؛ P_P: جمعیت شروع دوره؛ PR_f: سرانهٔ ناخالص پایان دوره؛ PR_P: سرانهٔ ناخالص شروع دوره؛ A_f: وسعت شهر در پایان دوره؛ A_P : وسعت شهر در شروع دوره و Ln لگاریتم در پایهٔ عدد نپرین است.

درواقع مدل ارائه‌شدهٔ هلدرن، رابطه بین رشد جمعیت و رشد وسعت یک شهر را طی دورهٔ زمانی خاص بررسی می‌کند. چنانچه رشد وسعت از رشد مساحت پیشی گرفته باشد، می‌توان گفت شهر دچار گسترش افقی بی‌رویه شده است. به‌منظور به‌کارگیری معادلهٔ هلدرن برای شهر مورد مطالعه، جمعیت، وسعت و سرانهٔ ناخالص این شهر در آغاز دوره (۱۳۳۵) و پایان آن (۱۳۸۵) بررسی شده است که نتایج در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲. میزان رشد مساحت شهر بر اثر رشد جمعیت و گسترش افقی شهر(به درصد)

سال ـ درصد	رشد مساحت بر اثر جمعیت	رشد مساحت بر اثر گسترش افقی
۱۳۴۵ – ۱۳۵۵	۵۷	۴۳
۱۳۵۵ – ۱۳۶۵	۷۶	۲۴
۱۳۶۵ – ۱۳۷۵	۸۵	۱۵
۱۳۷۵ – ۱۳۸۵	۸۹	۱۱
۱۳۳۵ – ۱۳۸۵	۷۹	۲۱

منبع: نگارندگان

آنچه از نتایج برمی‌آید، اینکه در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵، معادل ۴۳ درصد از میزان رشد مساحت شهر مشهد به‌دلیل گسترش افقی شهر است و این روند برای کل دورهٔ مد نظر ۲۱ درصد را نشان می‌دهد. از سویی، ضمن آنکه تمامی مدل‌ها گسترش افقی بی‌رویهٔ شهر را طی دوره‌های قبل تأیید می‌کنند، بررسی‌ها نشان داده است با گذر زمان از درصد گسترش افقی شهر کم شده و به‌طور کلی شهر مشهد در مقایسه با قبل به کندی به سمت تجمع و فشردگی پیش می‌رود.

گسترش افقی شهر مشهد و تأثیر آن بر منابع آب

دشت مشهد از آبخوان همگنی برخوردار نیست و از نظر قدرت آبدهی، وضعیت یکسانی ندارد. نقشه‌های تراز آب زیرزمینی که برای دشت مشهد تهیه شده نیز، تفاوت بارزی را در تغذیه از جانب بینالود و هزارمسجد نشان می‌دهد که این منحنی‌ها از حداکثر ۱۲۴۰ متر آغاز می‌شوند و به حداقل ۸۷۰ متر در خروجی دشت می‌رسند. سطح آب زیرزمینی در این دشت بین ۱ تا ۲۰۰ متر نوسان دارد. آثار گسترش افقی شهر مشهد روی منابع آب به تفکیک آبهای سطحی و زیرزمینی، در دشت مشهد به شرح زیر بوده است.

چشمه‌ها

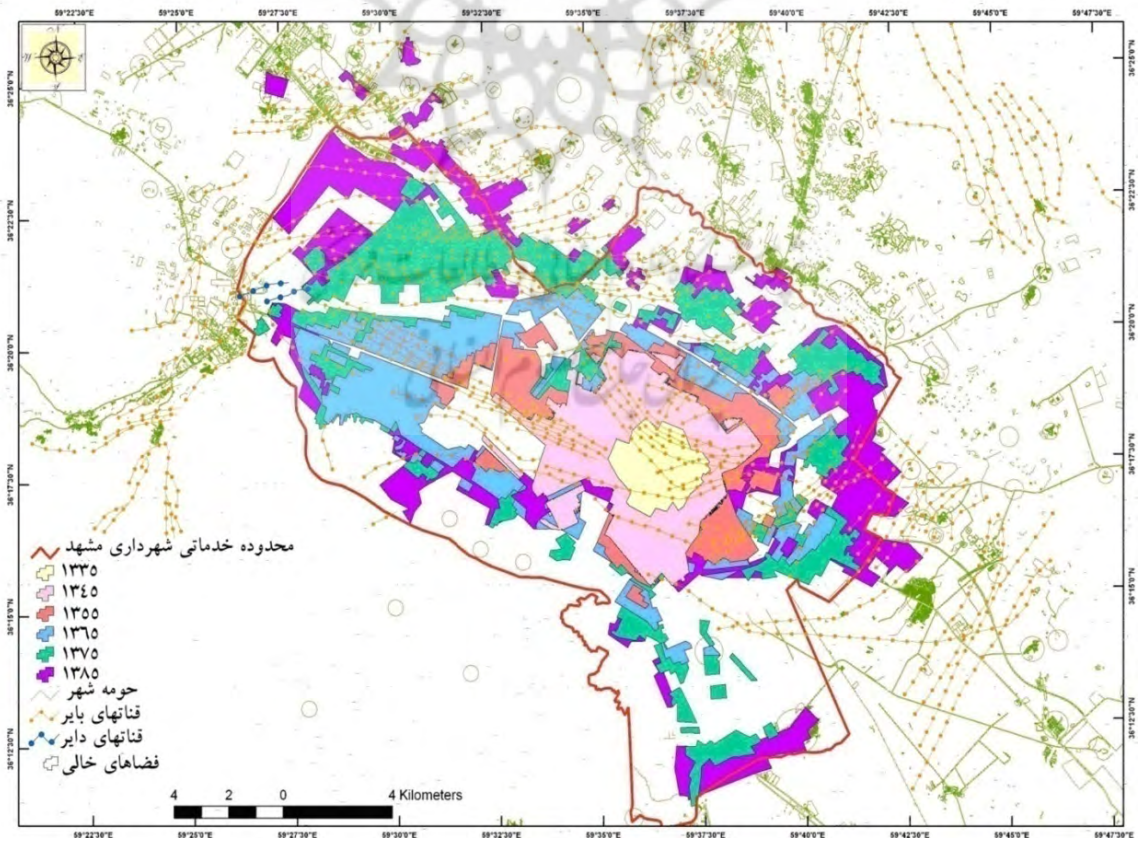
هرچند در زمانی نه‌چندان دور تعداد زیادی چشمه در دشت مشهد وجود داشته است، در حال حاضر تنها ۳۳۷ مورد از این چشمه‌ها فعال‌اند (آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۶) که حدود ۱۴ چشمه در محدودهٔ شهر مشهد واقع شده است. درمجموع با توجه به طول مدت آبدهی چشمه‌ها، می‌توان چشمه‌های موجود در منطقه را از نظر زمان و تداوم آبدهی در طول سال به دو دسته چشمه‌های دائم و غیر دائم تقسیم‌بندی کرد. البته چشمهٔ دائم به‌معنای واقعی آن بسیار کم است، به‌ویژه در این چند سال که سطح آبهای زیرزمینی در سطح شهر، به‌دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آبی کاهش یافته است. در محدودهٔ شهر مشهد نیز فقط یک چشمه با آبدهی دائم (بیش از ۹ ماه) باقی‌مانده است که از آن، برای تأمین آب شرب شهر استفاده می‌شود.

قنات‌ها

طی نیم قرن گذشته در ایران، عوامل گوناگونی مانند شهرنشینی سریع، بی‌توجهی به حریم قنات‌ها در ساخت‌وسازهای شهری، عدم لایروبی و مرمت قنات‌ها و... موجب شده تا نظام آبرسانی مبتنی بر قنات که روشی با دوام، پایدار، ارزان و

سالم بوده است، نادیده گرفته شود و روش‌های دیگری که پایداری کمتر و آثار زیست‌محیطی نامطلوب‌تری دارند، جایگزین شوند. درواقع گسترش‌های سریع شهری کنونی، بی‌توجه به مسیر قنات‌ها انجام‌گرفته و موجب مدفون‌شدن و بایر ماندن این سازهٔ آبی پایدار شده است؛ به‌طوری که از نیم قرن پیش، هرساله از سهم قنات در تأمین آب کشور کاسته شده است. این سهم از ۷۰ درصد، پیش از سال ۱۹۵۰ به ۵۰ درصد در حوالی سال ۱۹۵۰ و به ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۰ می‌رسد (وزارت نیرو، ۱۳۸۴).

با توجه به خشک‌بودن دشت مشهد از یک سو و نبود رودخانه‌های دائمی و خشک‌شدن آب رودخانهٔ کشف‌رود از سوی دیگر، عمده‌ترین منبع تأمین آب، منابع آب زیرزمینی به‌ویژه قنات بوده است؛ به‌طوری که تعداد ۵۷۶ رشته قنات به طول ۳۲۰۵ کیلومتر در دشت مشهد وجود داشته است (وزارت نیرو، ۱۳۸۴). در شهر مشهد نیز تا چند دههٔ قبل یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی، قنات‌ها بوده‌اند، اما شهرنشینی سریع دهه‌های اخیر، به‌ویژه گسترش افقی شهر به‌دلیل بی‌توجهی به حریم قنات‌ها، این منبع آبی پایدار و سالم را از چرخهٔ تأمین آب خارج‌کرده و به نابودی آن دامن زده است. درواقع توسعهٔ افقی بی‌رویه و بی‌توجهی به بسیاری از پدیده‌های طبیعی و غیر طبیعی موجود در سطح و زیر سطح شهر، مشکلات عدیده‌ای را به‌وجود آورده که گاهی خسارت‌های هنگفت جانی و مالی به بار آورده است. یکی از پدیده‌های مصنوعی زیر سطحی شهر مشهد، قنات‌های آن است که در حال حاضر بدون هیچ‌گونه متولی به‌صورت دایر و بایر در زیر شهر مشهد وجود دارند.



شکل ٦. نقشهٔ تأثیر گسترش افقی شهر مشهد بر قنات‌ها در دوره‌های مختلف

منبع: نگارندگان

چنانکه در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در شهر مشهد و حوضه‌های اطراف آن، در گذشته حدود ۱۶۲ رشته قنات وجود داشته، اما به‌تدریج با گسترش شهر ۸۸ رشته با دبی ۱۰۷۳۶ لیتر در ثانیه به زیر ساخت‌وساز رفته و از حالت دایر بـه بـایر تبدیل شده است؛ به طوری که اکنون تنها دو رشته قنات (امامیه و قاسم‌آباد) با دبی ۳۲۰ لیتر در ثانیه دایر است که برای تأمین آب شرب شهر استفاده می‌شود، قنات‌های اطراف شهر نیز آب آشامیدنی و کشاورزی روسـتاهای اطـراف را تـأمین می‌کنند که اگر برنامه‌ریزی صحیحی برای مدیریت و استفادهٔ بهینه از این قنات‌ها (قنات‌های دایر داخل شـهر و اطـراف شهر) صورت نگیرد به زودی با رشد شهر، آنها نیز از بین خواهند رفت.

نامطلوب‌ترین تأثیر گسترش افقی شهر بر قنوات، بی‌توجهی به حریم آنها در هنگام سـاخت‌وسـاز اسـت کـه سـبب نابودی قنات‌ها و خارج‌کردن آنها از چرخهٔ تأمین آب می‌شود. گسترش افقی، افزون‌بر بایر کردن قنوات، پیامدهای نـاگوار دیگری نیز در پی داشته است که عبارتند از:

۱. تبدیل‌شدن مسیر قنوات به مجرایی برای انتقال فاضلاب‌های شهری: به‌دلیل نبود سیستم جمع‌آوری فاضلاب در شهر مشهد، در بسیاری از مناطق از کاریز برای انتقال زه‌آبها و فاضلاب‌ها استفاده مـی‌کننـد کـه سـبب آلـودگی آبهـای زیرزمینی شده است.

۲. خطرات احتمالی سقوط و نشست قنات‌ها: به‌دلیل بی‌اطلاعی برنامه‌ریزان، مسئولان شهری و شهروندان از مسـیر قنات‌های موجود در شهر مشهد، هنگام ساخت‌وسازها توجهی به مسیر قنوات و پی‌سازی آنها صورت نمی‌گیرد و به‌سـبب این بی‌توجهی، بخشی از ساختمان قنات به‌دلایل گوناگونی چون، لرزش‌های خفیف حاصل از تردد وسایل نقلیهٔ سـبک و سنگین، زمین‌لرزه، بارندگی‌های شدید، سنگینی مواد و مصالح ساختمانی، دچار ریزش و تخریب شده است (شکل ۷).

شکل ۷. فروریزی بخشی از یک قنات

یکی از مهم‌ترین اجزای سازهٔ قنات، میل‌چاه‌ها هستند. در مسیر قنات به‌طور میانگین به فاصـلهٔ هـر ۳۰ متـر یـک میل‌چاه دیده می‌شود. با آگاهی از اینکه ۴۸۷/۷ کیلومتر قنات در شهر مشهد وجود دارد، می‌توان ۱۶۲۵۶ حلقه میل‌چاه را در زیر ساخت‌وسازهای شهری برآورد کرد که بی‌توجهی به موقعیت مکانی آنها، مشکلاتی را ایجاد کرده و خسارات جانی و مالی به بار آورده است. بنابراین نبود برنامه‌ریزی برای شناسایی مسیر دقیق کوره و میل‌چاه‌هـای قنـات‌هـا بـه هنگـام ساخت‌وسازها، قنات‌ها را به پدیده‌ای خطرآفرین و مشکل‌زا تبدیل کرده است.

۳. مسئلهٔ کمبود آبِ شهر مشهد: تا پیش از لوله‌کشی آب در شهر مشهد، قنات‌های آن منابع اصلی تأمین آب شهر بودند. همچنین از قنات‌ها برای آبیاری باغ‌ها، بیشه‌های طبیعی شهر و مزارع اطراف نیز استفاده می‌شد. اما با توسعهٔ شهر و تغییر کاربری اراضی، قنات‌ها به حال خود رها شدند و دیگر هیچ نقشی در تأمین آب شرب یا کشاورزی شهر ایفا نمی‌کنند. البته از دو قنات باقی‌مانده در شهر مشهد برای آب شرب استفاده می‌شود که این دو قنات با دبی ۳۲۰ لیتر در ثانیه با تنها چشمهٔ باقی‌مانده، ۵/۴ درصد از آب شرب شهر مشهد را تأمین می‌کنند.

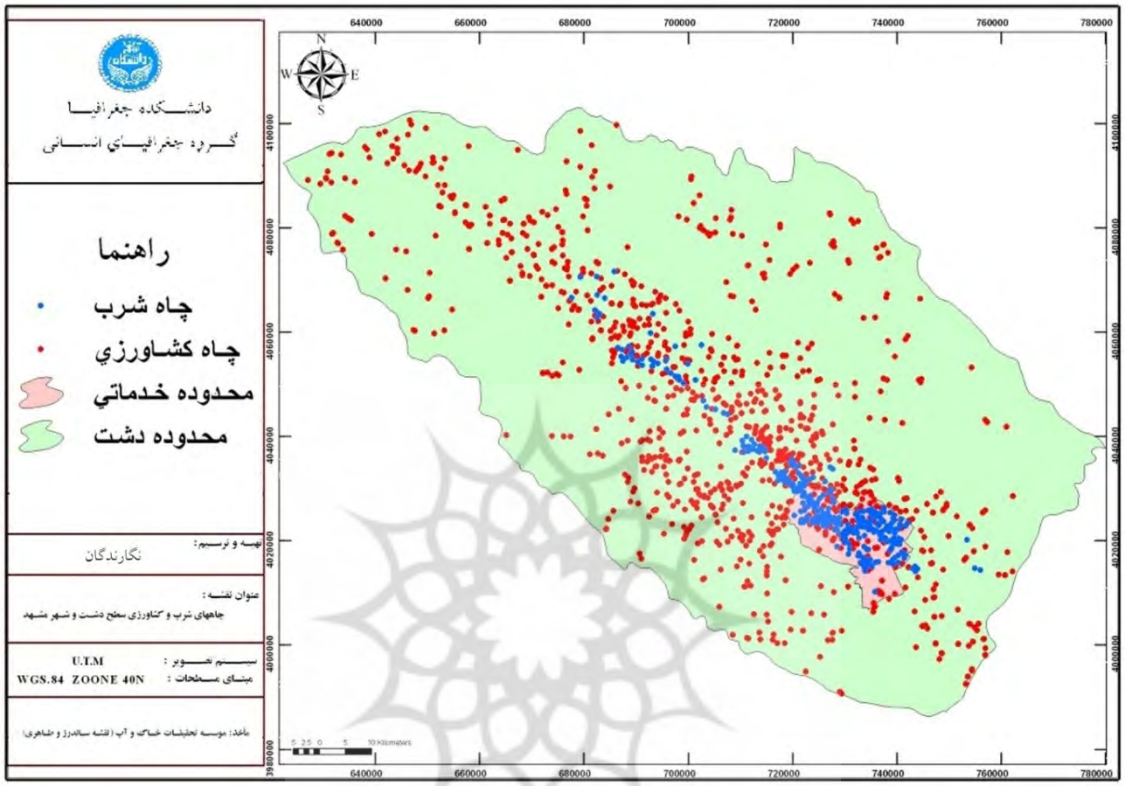
با مقایسهٔ قنات و روش‌های جدید تأمین آب، یعنی چاه عمیق و سد، مزایایی چند برای قنات می‌توان برشمرد که عبارتند از: دوام زیاد قنات (خاموشی، ۱۳۷۳: ۳۸ – ۳۰)، وابسته‌نبودن قنات به انرژی الکتریکی یا مواد نفتی و قطعات یدکی موتور پمپ و استحصال آبهای زیرزمینی توسط نیروی ثقل، آسیب‌ندیدن آبهای زیرزمینی به لحاظ کمی و کیفی به‌دلیل استفادهٔ تدریجی از آنها، تطابق بیشتر با شرایط محلی و توسعهٔ پایدار. علاوه‌بر همهٔ اینها، قنات‌ها میراث نیاکان ما هستند و بسیاری از آنها اثر تاریخی بوده و جنبهٔ باستان‌شناسی دارند و با ترمیم آنها می‌توان گردشگران بسیاری را جذب کرد.

نابودی منابع و نبود برنامه‌ریزی، مسئولان شهر را واداشت طی دو دههٔ اخیر برای تأمین آب، به روش‌های دیگری مانند حفر چندین حلقه چاه عمیق و سه سد (طرق، کارده و دوستی) روی آورند که با وجود صرف هزینهٔ زیاد، به‌دلیل ناپایداری روش‌ها و ناهماهنگی با شرایط محلی، این راهکارها نیز آب لازم شهر را تأمین نکرد. چنانکه در حال حاضر یکی از معضلات بزرگ شهر مشهد، مسئلهٔ کمبود آب است و همین مسئله در سال‌های اخیر، مدیران شهری را واداشت تا به بررسی نحوهٔ انتقال آب سد دوستی بپردازند؛ این کار هزینهٔ سرسام‌آوری را بر شهر تحمیل خواهد کرد. گفتنی است سد دوستی در فاصلهٔ ۱۸۲ کیلومتری شمال شرقی مشهد، با اختلاف ارتفاع حدود ۱۰۲۰ متر از شهر قرار دارد.

چاه‌ها

با خارج شدن قنات‌ها از چرخهٔ تأمین آب، روش‌های دیگری مانند حفر چاه عمیق و نیمه‌عمیق و احداث سد، برای تأمین آب آشامیدنی مشهد جایگزین شد؛ به‌طوری که در شهر مشهد و اطراف آن، از ۴۸۸ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق (آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۶) و دو سد کارده در شمال و سد طرق در جنوب شهر مشهد، برای تأمین آب شرب استفاده می‌شود که هم‌اکنون ۳۳۳ حلقه چاه بیشترین سهم آبرسانی به شهر را برعهده دارند؛ به‌طوری که حدود ۸۶ درصد از آب مصرفی شهر از این طریق تأمین می‌شود (شکل ۸). با توجه به رشد منقطع و بی‌برنامهٔ شهر طی چند دههٔ اخیر و از سوی دیگر، به‌دلیل برخوردار نبودن از شبکهٔ آب و فاضلاب مناسب در سطح شهر، گروه‌های جمعیتی، اعم از حاشیه‌نشین ـ حدود ۷۰۰ هزار حاشیه‌نشین در شهر مشهد وجود دارد (جوان، ۱۳۸۳) ـ و سایر اقشار و روستاهایی که به‌صورت گسترده در بافت اصلی شهر ساکن‌اند، برای تأمین نیازهای آبی خود، در پی حفر چاه عمیق در محدودهٔ سکونتشان هستند. برداشت بی‌رویهٔ آب از سطح دشت مشهد در بازهٔ زمانی مطالعه، نشان‌دهندهٔ افت چشمگیری از سطح آبهای زیرزمینی است؛ چرا که بررسی نوسان آب چاه‌های پیزومتری حفر شده در محدودهٔ دشت مشهد نشان می‌دهد که از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۰، صرف نظر از سال آبی ۷۴–۷۳، سطح آب در چاه‌های پیزومتری افت داشته است (ولایتی، ۱۳۷۰: ۲۱۲؛ مدیریت

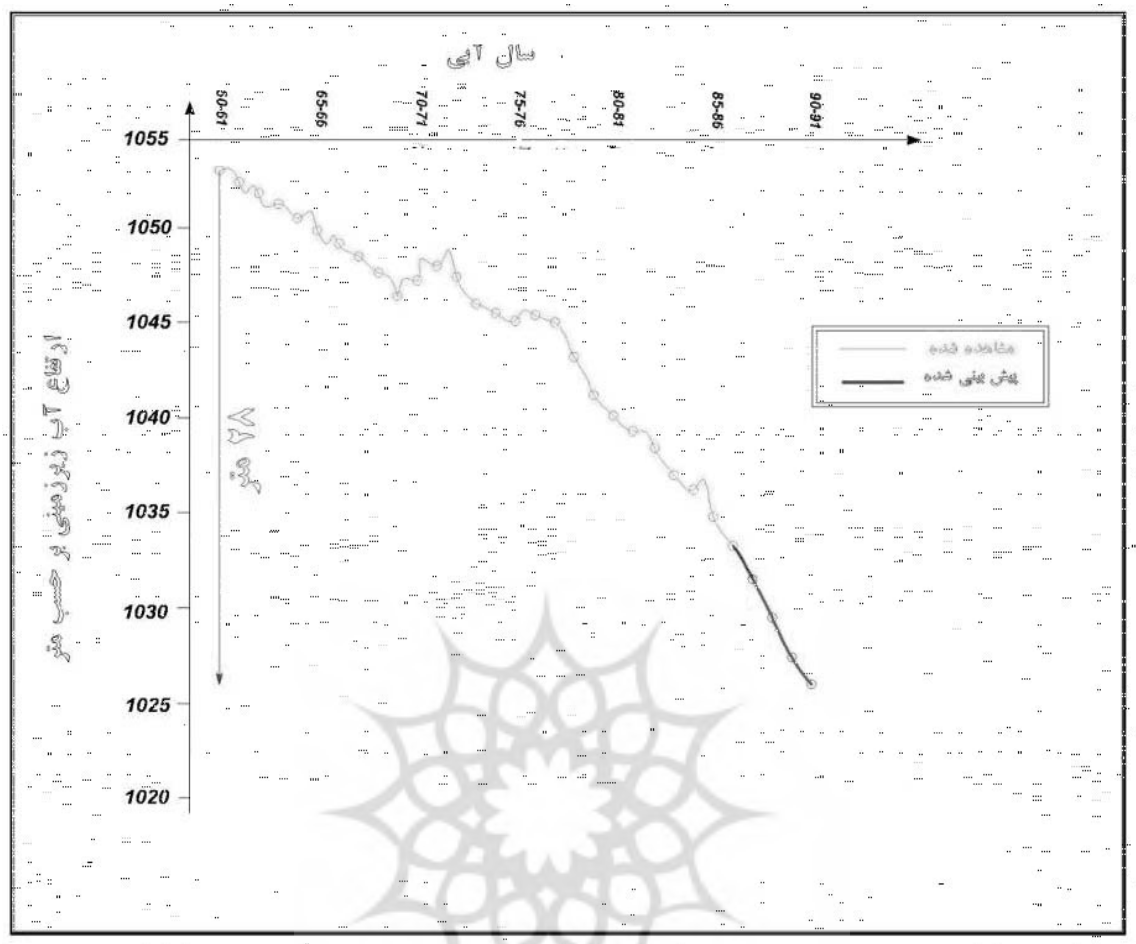
آبخیزداری جهاد کشاورزی خراسان، ۱۳۷۲: ۵۶)؛ به‌گونه‌ای که در سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۶۰ بهره‌برداری از مخازن زیرزمینی در این دشت، ممنوع اعلام شد (ولایتی، ۱۳۷۰: ۴۲۰).



شکل ۸. نقشهٔ پراکنش چاه‌های شرب و کشاورزی در سطح دشت مشهد

منبع: نگارندگان

با استفاده از نتایج اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی به‌وسیلهٔ چاه‌های پیزومتری که مربوط به ۲۰ سال آبی (۱۳۸۰-۱۳۶۰) است، مشخص شد که افت سطح آبهای زیرزمینی طی این سال‌ها برابر با ۱۳/۵ متر بوده است. همچنین با توجه به روند تخلیهٔ سریع آبهای زیرزمینی که از سال ۱۳۸۰ تا به امروز ادامه دارد، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۳۹۰ حدود ۱۴/۵ متر دیگر نیز از منابع آب زیرزمینی کاسته شود و این مطلب از یک بحران شدید در ذخیرهٔ استراتژی سفره‌های آب زیرزمینی حکایت می‌کند؛ یعنی افت سطح آبی که در مدت ۲۰ سال رخ داده با شدتی بیشتر و در دورهٔ زمانی کوتاه‌تر (۱۰ سال) به وقوع پیوسته است. شکل ۹ تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت مشهد را نمایش می‌دهد. چنانکه در این آبنمود مشاهده می‌شود، روند کلی تغییرات منابع آب همزمان با تحولات سریع شهری و شهرنشینی و گسترش بی‌رویهٔ شهر مشهد، سیر نزولی به خود گرفته است تا جایی که در حال حاضر دشت مشهد، بحرانی‌ترین وضعیت را میان آبخوان‌های کشور دارد.

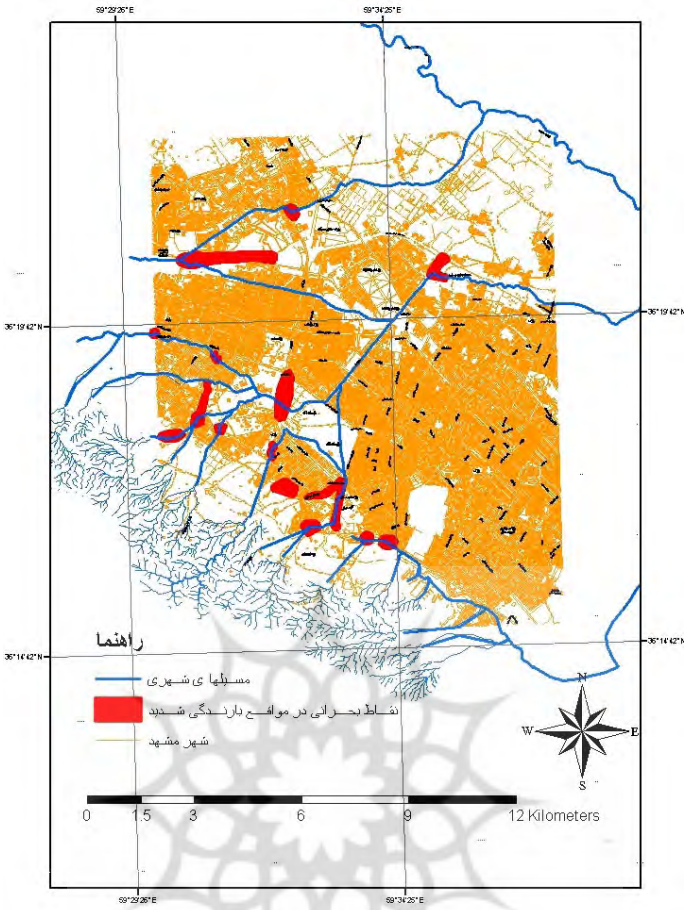


شکل ۹. آبنمود (هیدروگراف) آب زیرزمینی دشت مشهد

منبع: نگارندگان

گسترش افقی شهر مشهد و منابع آبهای سطحی

گسترش افقی شهر مشهد، سبب آسیب‌پذیری هرچه بیشتر شهر در مقابل حوادثی چون سیل و آب‌گرفتگی شده است. این امر به نفوذناپذیری سطوح و تغییر مسیر مسیل‌های طبیعی انجامیده، ضمن آنکه در روند تغذیهٔ سفره‌های آبی زیرزمینی نیز اختلال ایجاد کرده است. گسترش شهر موجب شده است تا مسیر خشک‌رودها در واحد دشت که شهر مشهد روی آن استقرار دارد، محو شود؛ به‌طوری که تنها در حوضه‌های جاغرق و حصار گلستان، ۲۷۷ کانال فرعی به طول تقریبی ۱۴۰ کیلومتر از بین رفته و تعداد ۴۳ کانال اصلی به طول ۸۲/۹ کیلومتر مسدود یا تغییر مسیر داده است. تغییرات به بار آمدهٔ ناشی از توسعهٔ شهر مشهد در الگوی زهکشی طبیعی، عمدتاً از نوع منفی است، یکی از مهم‌ترین آنها تغییر در مقطع عرضی کانال‌هاست که حداقل آن ۲ و حداکثر آن ۹ متر است. این مسئله مشکل سیل‌گرفتگی را به‌وجود آورده است.



شکل ۱۰. نقشۀ مناطق سیل‌گیر در محدودۀ شهری مشهد

منبع: گزارش آب زمین‌شناسی ـ زیست محیطی برگه مشهد، ۱۳۸۵

در نتیجۀ کاربری‌های مسکونی، حاشیۀ مسیل‌ها و دهانۀ خروجی رودها در معرض هجوم سیلاب قرار می‌گیرند و متحمل خسارات سنگینی خواهند شدد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱. تصویری از انحراف اجباری آبراهه‌ها و کاهش عرض بستر مسیل‌ها

نتیجه‌گیری

در این نوشتار با استفاده از مدل‌های مربوطه، ضمن بررسی میزان گسترش افقی شهر مشهد طی دهه‌های اخیر، تأثیر آن بر منابع آب نیز ارزیابی شده است. بدین منظور منابع آب به تفکیک آبهای سطحی و زیرزمینی بررسی شدند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و... استفاده شد تا آثار مختلف این پدیدهٔ نامطلوب شهری بر منابع آبی شناسایی شود. نتایج حاصله بیانگر آسیب‌پذیری زیاد شهر در مقابل حوادثی چون سیل و آب‌گرفتگی معابر است؛ چرا که گسترش افقی بیش از اندازهٔ شهر، سبب نفوذناپذیری سطوح و تغییر مسیر مسیل‌های طبیعی شده و علاوه‌بر این، در روند تغذیه سفره‌های آبی زیرزمینی نیز اختلال ایجاد کرده است. از سویی گسترش شهر طی چند دههٔ اخیر، موجب تخریب و نابودی منابع آبی پایداری چون چشمه‌ها و قنات‌هایی شده است که تا قبل از توسعه‌های اخیر، منبع اصلی تأمین آب شهر بوده‌اند. چنانکه در شهر مشهد پیش از این چشمه‌ها و قنات‌های زیادی وجود داشت که در پی برداشت بی‌رویه از منابع آبی و بی‌توجهی به حریم آنها، افت شدیدی در سطح آبهای زیرزمینی به‌وجود آمده و این منابع آبی پایدار را به نابودی کشانده است. هم‌اکنون در محدودهٔ شهر مشهد، فقط یک چشمهٔ آبده دائمی (بیش از ۹ ماه) و دو رشته قنات باقی‌مانده و به‌دلیل جایگزین‌های نامناسبی چون حفر چاه عمیق و نیمه‌عمیق و...، دشت مشهد در وضعیت بحرانی قرار گرفته است. برداشت بی‌رویه و فراتر از میزان تجدید ذخایر زیرزمینی از منابع آبی، منجر به افت ۲۸ متر از سطح آبهای زیرزمینی در طول دو دههٔ اخیر شده است. برآیند این عوامل سبب شده است که شهر دیگر نتواند با استفاده از منابع موجود به حیات شهری خود ادامه دهد. در این راستا راهکارهایی پرهزینه برای تأمین آب آشامیدنی شهر در دستور کار مسئولان قرار گرفته که یکی از این راهکارها انتقال آب از سد دوستی است که با توجه به موقعیت خاص شهر مشهد نمی‌توان به این راهکار چندان اتکا کرد و باید راه حل‌های پایدارتری از جمله، تأکید بر حفظ ذخایر و منابع دشت مشهد کانون توجه قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Abbaszadeh, G., 2006, **Modeling the Physical Development of the Urban Texture a Long Sustainable Development, Case Pattern: Mashhad City**, The Faculty of Literature and Human Science, Ferdowsi University Press, Mashhad. (*in Persian*)
2. Alikhani, A., 2001, **Environmental Command and Staff College**, Defense Publication, Tehran. (*in Persian*)
3. Arefzadeh, A., 1997, **The Process of Mashhad Development and its Effects on Urban Ecology, PhD Dissertation for the Course of the Geography and Urban Lanning,** The Faculty of Literature and Human Science, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)
4. Athari, K., 2001, **Toward the Efficiency of Government Intervention in Urban Land Market,** Journal of Housing Economics, Vol. 3, No. 18, PP. 27- 41. (*in Persian*)
5. Banzhaf, E. and Netzband, M., 2000, **Analysis and Evaluation of Nature Space Potential in Peri-Urban Spaces Using Remote Sensing Data and GIS,** ISPRS, Vol. 33, Amsterdam.
6. Deal, B. and Schunk, D., 2004, **Spatial Dynamic Modeling and Urban Land Use Transformation: a simulation Approach to Assessing the Costs of Urban Sprawl,** Ecological Economics, Vol. 51, No. 1, PP.79-95.

7. Dinar, A., Maria, R., 1998, **Geopolitics and the Corporatization of Water,** Institute of Economic Growth, Dehli.

8. Elkin, T., McLaren, D. and Hillman, M., 1991, **Reviving the City: Towards Sustainable Urban Development,** Friends of the Earth, London.

9. Farnahad Consulting Engineers, 2005, **Development and Reconstruction Plan (Inclusive), of Mashhad Site.** Vol. 7, Ministry of Housing and Urban Planning, General Office of Housing and Urban Planning of Khorasan Province, 2nd ed. (*in Persian*)

10. Gillham, O., 2002, **The Limitless City: A Primer on the Urban Sprawl,** Island Press, Washington D.C.

11. Gupta, K. and Jain, S., 2005, **Enhanced Capabilities of IRS P6 LISS IV Sensor for Urban Mapping,** Current Science, Vol. 89, No. 11, PP. 1805-1812.

12. Hataminejad, H., 2001, **City and Social Justice ''Spatial Heterogeneous in Mashhad Neighborhoods'',** PhD dissertation for the course of the Geography and Urban landing, The Faculty of Earth Sciences. (*in Persian*)

13. Hess, G.R., 2001, **Just What is Sprawl, Anyway**? www4.ncsu.edu/~grhess.

14. Hosseini, S.A., 2008, **The Analyzing of Mashhad City Sprawl and Its Effect on the Soil and Water Resources,** M.A. Thesis in Geography and Urban Planning, University of Tehran. (*in Persian*)

15. Huang, J., Lu, X.X., Sellers, J.M., 2007, **A Global Comparative Analysis of Urban form: Applying Spatial Metrics and Remote Sensing,** Landscape and Urban Planning, Vol. 82, No. 4, PP. 184-197.

16. Iran Statistic Centre, 2006, **Population and Building Census in 1956, 1966, 1976, 1986, 1996 and 2006**. (*in Persian*)

17. Jafarzadeh, R, 1997, **The Problem of Open Land Located Within the City, Case Study: Mashhad,** Proceedings of the Housing Development Policies, the Ministry of Housing and Urban Development. (*in Persian*)

18. Javan, J., 2005, **Approach on How to Organize the Metropolitan Periphery, Case Study: City of Mashhad**, Journal of Geography and Regional Development, Literature and Humanities Faculty, Ferdowsi University, Vol. 1, No. 3, PP. 51-73. (*in Persian*)

19. Khamoshi, A., 1993, **Qanat and Modern Technology, Proceedings Regional Workshop on Hydrology and Water Resources in Arid and Semi-arid,** Water Ministry of Energy Research Center, Tehran University. (*in Persian*)

20. Khorasan Regional Water Company, 2001, **Report about Water Resources of Mashhad Plain,** Study Affairs. (*in Persian*)

21. Kuylenstierna, J. L., Bjorklund, G. and Najlis, P. (1997). **Future Sustainable Water Use: Challenges and Constraints,** Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 52, No. 3, PP. 151 – 156.

22. Majedi, H., 2000, **The Issue of Urban Development,** Abadi Magazine, Vol. 9, No. 33, PP. 1-22. (*in Persian*)

23. Ministry of Energy, 2005, **The Reserves of Iran Water Recourse,** 2nd ed. Ministry of Energy Press. (*in Persian*)

24. Municipality of Mashhad, 2005, **Statistic Report of Mashhad City,** Organization of Statistics, Information and Computer Services of Mashhad Municipality. (*in Persian*)

25. Negahban Marvy, M., 2002, **New Cities and Their Roles in the Process of Decentralization from the Metropolitans, the Case of the New City Called Golbahar**, Thesis for Master Degree, Sistan and Balochestan University. (*in Persian*)

26. O' Tuathail, G., Dalby, S., Routledge, P., 1998, **The Geopolitics Reader,** Routledge, London.

27. Owen, G., 1997, **Environmental Issues**, Oxford University Press, U.K.

28. Rahnama, M. and Abbaszadeh, G., 2005, **The Principles, Foundation and Models of the Estimation of the Urban,** Jihad Daneshgahi of the Mashhad Press, Mashhad. (*in Persian*)

29. Rahnama, M., 1996, **Old Fabric Regeneration and Urban Development, Case Pattern: Residential Fabric of Centre of Mashhad City.** PhD Dissertation for the Course of the Geography and Urban Planning, Tarbiyat Modarres University, Tehran. (*in Persian*)

30. Sameni, J., 1994, **Titles and Headings of Cities,** Jahane Andishe Publication, Mashad. (*in Persian*)

31. Sanders, F., Taheri, K., 1995, **Soiling Studies Overview and Classification of Land in Mashhad- Ghochan Area,** Journal of Soil and Water Research Institute, Vol. 6, No. 17, PP. 45-64. (*in Persian*)

32. Saraei, H., 2008, **Physical Development of the City of Yazd,** Geographical Research Journal, Vol. 21, No. 83, PP. 85-106.

33. Taghvaei, M. and Saraei, M.H., 2004, **Urban Sprawl and the Capacities of Land in Yazd**, Geographical Research, Vol. 73, No. 3, PP. 187- 202. (*in Persian*)

34. Tsai, Y.-H., 2005, **Quantifying Urban form: Compactness versus Sprawl,** Urban Studies, Vol. 42, No. 1, PP. 141-161.

35. Velayati, S., 1992, **Water Resources and Problems in Khorasan,** Publication of Astane Qodse Razavi, Mashhad. (*in Persian*)

36. Watershed Management of Khorasan Agricultural Association, 1994, **Flood Control Projects,** Khorasan Agricultural Association. (*in Persian*).

37. Weng, Q., 2002, **Land Use Change Analysis in the Zhujiang Delta of China Using Satellite Remote Sensing,** GIS and Stochastic Modeling, Journal of Environmental Management, Vol. 64, No. 3, PP. 273-284.

38. Zanganeh, Shahraki, S., 2007, **The Analysis of Tehran Urban Sprawl and its Effect on Agricultural Lands**, M.A. Thesis in Geography and Urban Planning, University of Tehran. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی