



## بررسی اثرات زیست محیطی توسعه شهر مشهد بر آبخوان و منابع آب

جواد دولتی

کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، مهندسین مشاور طوس آب مشهد

[jdowlati@yahoo.co.uk](mailto:jdowlati@yahoo.co.uk)

### خلاصه

سفره آب زیرزمینی مشهد با مساحت بیش از ۲۲۰۰ کیلومتر مربع، یکی از بزرگترین آبخوان های ایران بوده و با تخلیه سالانه بیش از ۱ میلیارد مترمکعب نقش مهمی در تامین آب دشت مشهد دارد. بهره برداری شدید در ۴۰ سال گذشته از این آبخوان باعث ایجاد کسری مخزن شدید (بیش از ۱۲۰ میلیون مترمکعب در سال) و متوسط افت سالانه ۰/۸ متر در آن شده است. قرار گرفتن شهر مشهد با جمعیت ثابت ۲/۴۵ میلیون نفر و جمعیت متغیر ۲۰ میلیون نفر در سال از یک سو و وابستگی شدید تامین آب شهر مشهد به آب زیرزمینی این آبخوان از سوی دیگر باعث شده است که این آبخوان بیش از پیش مورد توجه قرار بگیرد. افزایش شدید جمعیت شهر مشهد و به طبع آن گسترش سریع وسعت شهر در طی ۵۰ سال گذشته باعث ایجاد تغییرات هیدروژئولوژیکی (کمی و کیفی) متعددی در آبخوان در محدوده شهر شده است. اثرات زیست محیطی توسعه شهر مشهد بر روی آبخوان به صورت آلودگی سطح آب و قرار گرفتن قنوات در داخل محدوده شهر قابل دسته بندی است. بررسی غلظت نیترات آب زیرزمینی مشهد در فاصله زمانی ۵۰ ساله ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ نشان می دهد که غلظت نیترات آب زیرزمینی در بیشتر مناطق شهر شدیداً افزایش یافته است. همچنین در این دوره زمانی علیرغم برداشت حجم بالای آب از آب زیرزمینی در داخل محدوده شهری برای تامین آب شرب، بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی در برخی نقاط سطح شهر رخ داده است. توسعه شهر مشهد باعث تخریب قنوات حاشیه شهر و قرار گرفتن آنها در داخل محدوده شهری شده که این امر باعث بروز مشکلات متعدد سازه ای (تخریب ساختمانها و ریزش خیابانها) در سطح شهر شده است.

کلمات کلیدی: زیست محیطی، آبخوان، منابع آب، شهر مشهد

### ۱. مقدمه

اثرات ناشی از توسعه شهر بر منابع آب زیرزمینی و آبخوانها یکی از موضوعات مهم زیست محیطی و مورد علاقه تحقیق در سالهای اخیر می باشد. گسترش شهر بر روی آبخوان ها باعث تغییر اساسی در کیفیت آب زیرزمینی مانند افزایش میزان شوری، ترکیبات ازت، فسفر و آلوده شدن میکروبی سفره گردد. (غفوری و لشکری پور ۱۳۸۱). امروزه در خیلی از شهرهای کشورهای پیشرفته از منابع آب زیرزمینی آنها به دلیل آلودگی ناشی از نفوذ فاضلاب های خانگی و صنعتی استفاده نمی شود. عدم استحصال این آبها و هم چنین تغذیه زیاد این آبخوانها از منابع شهری سبب بالا آمدن سطح آب در این شهرها و ایجاد مشکلاتی برای سازه های شهری گردیده است. (غفوری و لشکری پور، ۱۳۸۱)

در سالهای اخیر مطالعات زیادی در ارتباط با آلودگی آب زیرزمینی شهرهای ایران مانند مشهد زاهدان همدان دامغان گرگان صورت گرفته است. علاوه بر این تاثیر گسترش شهر سازی بر فرایند آلودگی آبخوان مورد توجه قرار گرفته است. در مورد شهر مشهد و آلودگی آبخوان آن به نیترات بررسی های متعددی در سالهای مختلف صورت گرفته است. (بررسی تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد که تقریباً در تمامی موارد وضعیت آلودگی آبخوان در زمان تحقیق بررسی شده و چگونگی تغییر آلودگی در طول زمان و مقایسه زمانهای مختلف با هم کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

### ۲. هیدروژئولوژی دشت مشهد

دشت مشهد حوضه ای فرو افتاده با کشیدگی شمال غرب - جنوب شرق است که در حد فاصل رشته ارتفاعات بینالود (در غرب و جنوب غرب) و هزار مسجد (کپه داغ در شمال و شمال شرق) قرار گرفته است. از نظر جایگاه زمین شناسی این محدوده در حد فاصل دو زون زمین شناسی کپه داغ و بینالود واقع شده است. شهر مشهد در جنوب شرق محدوده مطالعاتی مشهد قرار گرفته است (شکل ۱).



بخش شمالی دشت شامل سنگهای رسوبی ژوراسیک تا عهد حاضر می باشد که با روند شمالغرب- جنوبشرق بصورت دیواره ای مرتفع حد شمالی محدوده مطالعاتی مشهد را تشکیل میدهند. سازندهای زمین شناسی زون بینالود که مرز جنوبی و غربی محدوده مطالعاتی را تشکیل داده و بسمت شرق بموازات زون کپه داغ رخنمون دارد از سنگ های رسوبی، آذرین و دگرگون شده متعلق به دوره های مختلف زمین شناسی تشکیل شده است. آبخوان آبرفتی دشت مشهد، آبخوانی آزاد، در بعضی بخش ها نشی و چند لایه است. در این آبخوان جهت عمومی جریان آب زیر زمینی از شمال غرب به طرف جنوب شرق (در جهت شیب عمومی دشت) می باشد. ضخامت آبخوان دشت مشهد متغیر بوده و دامنه تغییرات آن از ۲۰ متر در محدوده خروجی دشت تا بیش از ۳۰۰ متر در مرکز دشت تغییر می کند (در مناطق مرکزی دشت بعضی از چاه های شرکت آب و فاضلاب مشهد که با عمق ۲۵۰ متر حفر شده است به سنگ کف برخورد نکرده که نشان دهنده این موضوع است که ضخامت آبخوان در این نواحی بیش از ۲۵۰ متر می باشد). بطور کلی از رودخانه کشف رود که در محدوده میانی دشت واقع است بطرف ارتفاعات شمالی و جنوبی از ضخامت لایه آبدار کاسته می شود.

نتایج بررسی های زمین شناسی، مطالعات ژئوفیزیکی و حفاریهای اکتشافی انجام شده در سطح آبخوان آبرفتی دشت مشهد نشان می دهد که به دلیل تنوع تشکیلات زمین شناسی حاشیه شمالی و جنوبی آبخوان، عملکرد سه زون گسله و گسلهای فرعی موجود و سیکلهای فرسایش و رسوبگذاری حاصل از جریانات سطحی خروجی از ارتفاعات شمالی و جنوبی، همگی باعث تنوع و تغییرات قابل توجه در خصوصیات هیدرودینامیکی، ضخامت و جنس آبرفت و مورفولوژی سنگ کف دشت مشهد شده است. مورفولوژی سنگ کف بسیار ناهموار بوده به گونه ای که در برخی نقاط در سطح آبرفت ظاهر شده و در برخی نقاط ضخامت آبرفت تا بیش از ۳۰۰ متر نیز می رسد. جنس سنگ کف در حاشیه جنوبی از فیلیت و سنگهای آذرین، در بخش شمالی عمدتاً تشکیلات شوربجه و تیرگان و در بخش جنوب شرقی از رخساره های نئوژن تشکیل شده است. دانه بندی آبرفت در حاشیه جنوبی، درشت دانه و نسبتاً هموزن است که با نزدیک شدن به آبراهه مرکزی دشت (کشف رود)، ریزدانه شده و دارای لایه بندی متناوب می گردد.



شکل ۱: وضعیت توپوگرافی محدوده مطالعاتی مشهد و موقعیت شهر مشهد در آن

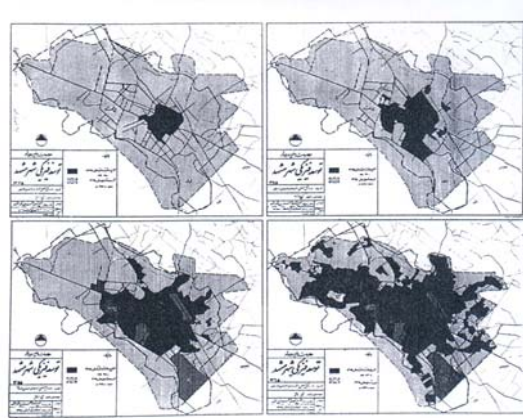
### ۳. روند توسعه شهر مشهد

شهر مشهد دومین شهر بزرگ کشور و مهمترین مرکز جمعیتی در شمال شرق ایران است که به دلیل جاذبه های زیارتی توریستی هر ساله پذیرای مسافران بسیار می باشد. این شهر با وسعتی حدود ۲۸۰ کیلومتر مربع در اقلیمی خشک و نیمه خشک واقع گردیده و از این رو از منابع آبهای سطحی و زیر زمینی قابل ملاحظه ای که بتواند آینده ای پایدار برای توسعه این شهر فراهم آورد، برخوردار نیست. نیاز به آب شرب به ویژه در فصل تابستان که دمای هوا بالا است و زوار زیادی هم از تمام مناطق کشور به این شهر می آیند، تشدید می شود. بررسی چگونگی رشد جمعیت و توسعه مساحت شهر مشهد در طی صد ساله نشان می دهد که جمعیت شهر مشهد در سال ۱۳۷۰ شمسی حدود ۴۵ هزار نفر و مساحت آن حدود ۷/۵ کیلومتر مربع بوده است. طی یک دوره ۴۰ ساله یعنی در سال ۱۳۱۰ جمعیت شهر به ۱۰۰ هزار نفر و مساحت آن به ۱۰/۴ کیلومتر مربع رسیده است. در این دوره زمانی جمعیت بیش از ۲ برابر و مساحت شهر ۱/۵ برابر شده است. در سرشماری سال ۱۳۳۵ (اولین سرشماری رسمی ایران) جمعیت شهر مشهد ۲۴۳ هزار نفر و مساحت شهر ۱۶ کیلومتر مربع بوده است. به عبارت دیگر در دوره زمانی ۱۳۱۰ تا ۱۳۳۵ جمعیت شهر ۴/۲ برابر و مساحت شهر ۱/۴ برابر شده است. با شروع رشد سریع شهر نشینی در ایران رشد جمعیت و توسعه شهر مشهد به شدت افزایش یافته است. در سرشماری های ۱۳۴۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ جمعیت شهر مشهد به ترتیب ۴۰۹، ۷۱۶، ۱۴۶۳، ۱۸۹۰ و ۲۴۳۰ هزار نفر تعیین شده است. در این مقاطع زمانی مساحت شهر به ترتیب ۳۳، ۷۸، ۱۳۰، ۱۸۵ و ۲۸۰ کیلومتر مربع بوده است. تغییرات جمعیتی و مساحت شهر مشهد در شکل ۲ و جدول ۱ ارائه شده



است. بررسی این جدول نشان می دهد که در دوران قبل از دهه ۱۳۴۰ جمعیت شهر مشهد در هر ۳۵ تا ۴۰ سال دو برابر شده ولی در فاصله سالهای ۱۳۴۵-۱۳۸۵ جمعیت شهر ۶ برابر و مساحت شهر ۸/۵ برابر شده است.

سال	وسعت (کیلومتر مربع)	جمعیت (هزار نفر)
۱۲۷۰	۷/۵	۴۵
۱۳۱۰	۱۰/۴	۱۰۰
۱۳۳۵	۱۶/۰	۱۴۳
۱۳۴۵	۳۳/۰	۴۰۹
۱۳۵۵	۷۸/۰	۷۱۶
۱۳۶۵	۱۳۰/۰	۱۴۶۳
۱۳۷۵	۱۸۵/۰	۱۸۸۷
۱۳۸۵	۲۸۰/۰	۲۴۲۷
۱۳۹۰	۴	۲۷۶۱
۱۳۹۵	۴	۳۱۲۶
۱۴۰۰	۴	۳۴۹۳
۱۴۰۵	۴	۳۸۶۷
۱۴۱۰	۴	۴۱۹۵
۱۴۱۵	۴	۴۵۳۵



جدول ۱: روند توسعه جمعیت شهر مشهد (غمامی ۱۳۷۲)

شکل ۲: روند توسعه شهر مشهد در پنجاه سال گذشته (غمامی ۱۳۷۲)

#### ۴. روش مطالعه

برای بررسی اثرات زیست محیطی توسعه شهر مشهد بر آبخوان با توجه به گسترش شهر روند تغییرات غلظت نیترات، تغییرات سطح آب و نشست سطح زمین به دلیل قنوات تخریب شده در داخل محدوده شهر بررسی شده است.

#### ۵. بررسی تغییرات نیترات

تاکنون مطالعات پراکنده و متعددی بر روی غلظت نیترات آبهای زیرزمینی شهر مشهد و امکان آلودگی آن صورت گرفته است. اولین بررسی بر روی میزان نیترات آب زیرزمینی شهر مشهد در سال ۱۳۳۴-۳۵ صورت گرفته که در طی آن از ۳۰ منبع آب شرب (۱۳ حلقه چاه و ۱۷ دهنه قنات) نمونه برداری شده و آنیون ها و کاتیونهای اصلی، نیترات و فسفات و آلودگی میکروبی اندازه گیری شده اند (پور حریری ۱۳۳۵). در سال ۱۳۶۲ در بررسی صورت گرفته توسط سازمان محیط زیست از ۶۲ حلقه چاه شرب شهر مشهد نمونه برداری شده و آنیون ها و کاتیونهای اصلی و نیترات و فسفات اندازه گیری شده است (سازمان محیط زیست، ۱۳۶۳). در سال ۱۳۸۲ در مطالعات انجام شده توسط آب منطقه ای خراسان از ۳۰ حلقه چاه آب شرب عمیق موجود در سطح شهر مشهد نمونه برداری صورت گرفته و عناصر اصلی و نیترات و فسفات نمونه ها اندازه گیری شد (سیادت، ۱۳۸۳). همچنین در طرح توزیع یکنواخت کمی و کیفی آب شرب شهر مشهد با استفاده از نتایج آنالیز کیفی سال ۱۳۸۴ چاههای آب شرب وضعیت نیترات بررسی شد (طوس آب، ۱۳۸۴).

در این تحقیق با توجه به آمار و اطلاعات موجود تغییرات زمانی نیترات در سطح آبخوان شهر مشهد و تعدادی از چاههای شرب انتخابی بررسی شده است.

#### ۱.۵. تجزیه و تحلیل آمار

تجزیه و تحلیل آماری غلظت نیترات نمونه های برداشته شده از چاههای شهر مشهد (جدول ۳) نشان می دهد که در سال ۱۳۳۵ غلظت نیترات تمام نمونه ها کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر (نیترات بیش از ۸۳ در صد نمونه ها کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر و کمتر از ۱۶ درصد نمونه ها بین ۱ تا ۵ میلی گرم در لیتر) بوده است. در سال ۱۳۶۲ بیش از ۶۹ درصد نمونه ها دارای غلظت نیترات کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر و بیش از ۳۰ درصد نمونه ها غلظت نیترات بیش از ۵ میلی گرم در لیتر داشته اند که نزدیک ۵ درصد آنها بیش از ۲۰ و کمتر از ۳۰ میلی گرم در لیتر نیترات داشته اند. در سال ۱۳۷۹ فقط ۱ درصد نمونه ها غلظت نیترات کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر داشته و بیش از ۹۰ درصد نمونه ها غلظت نیترات بیش از ۵ و کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر داشته اند که ۱۵ درصد آنها بین ۵ تا ۱۰ و ۵۱ درصد آنها بین ۱۰ تا ۲۰ و بیش از ۲۲ درصد بین ۲۰ تا ۵۰ میلی گرم در لیتر نیترات داشته اند. در این سال بیش از ۷/۵ درصد نمونه ها بیش از ۵۰ میلی گرم و ۱/۸ درصد نمونه ها بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات داشته اند. در سال ۱۳۸۴ غلظت نیترات تمامی نمونه های برداشته شده (به جز یک نمونه) بیش از ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده است. علرغم تفاوت تعداد نمونه در سال های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۴ از نظر درصد



فراوانی، درصد نمونه های دارای غلظت نیترات کمتر از ۱۰ درصد یکسان می باشد. در حالی که درصد نمونه های دارای نیترات ۱۰ تا ۲۰ میلی گرم در لیتر کاهش یافته ، درصد فراوانی نمونه های دارای نیترات ۲۰ تا ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر افزایش یافته که به خوبی نشان دهنده افزایش نیترات آب زیرزمینی در آب زیرزمینی شهر مشهد است.

جدول ۳: نتایج بررسی آماری غلظت نیترات در دشت مشهد در سالهای مختلف

سال غلظت نیترات (mg/lit)	۱۳۳۵		۱۳۶۲		۱۳۷۹		۱۳۸۴	
	تعداد	(%)	تعداد	(%)	تعداد	(%)	تعداد	(%)
کمتر از ۱	۱۰	۸۲/۳	۶	۹/۷	—	۰/۰	—	—
۱ تا ۵	۲	۱۶/۷	۳۷	۵۹/۷	۱	۱/۱	۴	۱/۱
۵ تا ۱۰	—	۰/۰	۶	۹/۷	۱۴	۱۵/۲	۴۵	۱۶/۳
۱۰ تا ۲۰	—	۰/۰	۱۰	۱۶/۱	۴۷	۵۱/۱	۷۸	۲۸/۳
۲۰ تا ۵۰	—	۰/۰	۳	۴/۸	۲۱	۲۲/۸	۷۱	۲۵/۷
۵۰ تا ۱۰۰	—	۰/۰	—	۰/۰	۷	۷/۶	۵۱	۱۸/۵
بیش از ۱۰۰	—	۰/۰	—	۰/۰	۲	۲/۲	۲۸	۱۰/۱
تعداد چاه	۱۲	۱۰۰/۰	۶۲	۱۰۰/۰	۹۲	۱۰۰/۰	۲۷۶	۱۰۰/۰
حداقل	۰/۰۰		۰/۰۰		۴/۷۴		۳/۱۰	
حداکثر	۰/۰۳		۲۲/۰۰		۱۱۷/۸۴		۱۶۶/۱۰	
میانه	۰/۰۰		۲/۰۰		۱۶/۳۹		۳۳/۰۰	
متوسط	۰/۰۱		۰/۰۹		۲۴/۴۲		۲۸/۹۰	
انحراف معیار	۰/۰۰		۰/۶۳		۲۲/۴۸		۲۷/۲۸	

### ۲.۵. توزیع زمانی نیترات در آبهای زیرزمینی دشت مشهد

بررسی وضعیت نیترات در شهر مشهد در سال ۱۳۳۵ نشان می دهد که در این سال آب زیرزمینی در اکثر نقاط شهر فاقد نیترات بوده میزان نیترات بین ۱ تا ۲ میلی گرم در لیتر بوده است. در سال ۱۳۶۲ با گسترش شهر مشهد میزان نیترات آب زیرزمینی در گستره شهر مشهد افزایش یافته به طوریکه در ۹۰ درصد نمونه های برداشته شده نیترات وجود داشته و میزان آن بین ۱ تا ۲۲ میلی گرم اندازه گیری شده است. در سال ۱۳۷۹ با گسترش شدید شهر مشهد میزان نیترات آب زیرزمینی در گستره شهر مشهد افزایش چشمگیری داشته است. در سال ۱۳۸۴ میزان نیترات آب زیرزمینی در اکثر نواحی در سطح شهر از محدوده مجاز ۴۵ میلیگرم نیترات در لیتر بالاتر است.

با توجه به اینکه یکی از شاخص های تعیین منشأ نیترات در آبهای زیرزمینی نسبت سولفات به کلر و نیترات به کلر می باشد. تغییرات این نسبتها در نمونه های سالهای مختلف محاسبه شده که در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی روند تغییرات این دو نسبت نشان می دهد این نسبتها در طی ۵۰ سال گذشته افزایش یافته اند.

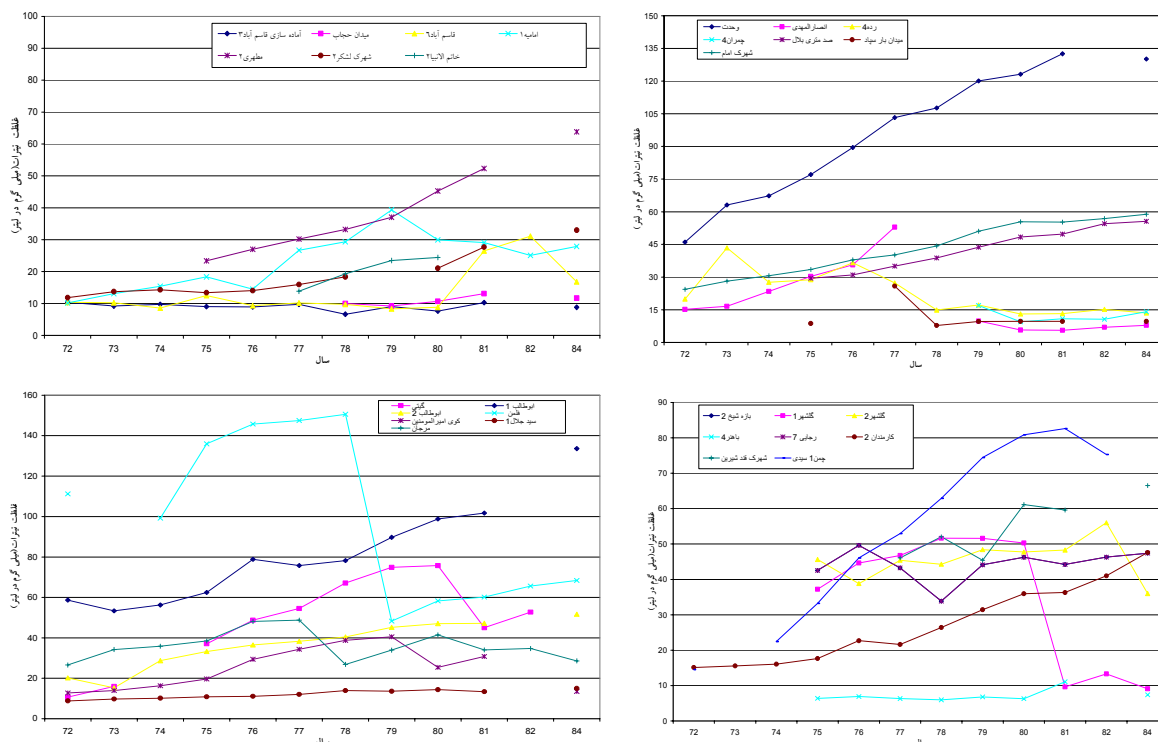
جدول ۴: تغییرات غلظت سولفات به کلر و نیترات به کلر آبخوان شهر مشهد در سالهای مختلف

	so4/cl				no3/cl			
	۱۳۳۵	۱۳۶۲	۱۳۷۹	۱۳۸۴	۱۳۳۵	۱۳۶۲	۱۳۷۹	۱۳۸۴
حداقل	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۴۱	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱
حداکثر	۲/۱۹	۱۱/۰۲	۶/۷۵	۱۳/۶۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۱/۴۹	۳/۴۹
میانه	۱/۰۴	۲/۷۱	۲/۶۹	۱/۹۵	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۶۰	۰/۵۶
متوسط	۰/۶۱	۲/۰۹	۲/۴۸	۲/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۶۶
انحراف معیار	۱/۰۸	۲/۰۹	۱/۲۵	۱/۵۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۴۲

بررسی میزان تغییرات نیترات در ۳۰ حلقه از چاههای آب شرب در دوره ۱۳ ساله (۱۳۷۲-۱۳۸۴) نشان دهنده افزایش میزان نیترات آب زیرزمینی شهر مشهد است. نمودار تغییرات زمانی تعدادی از این چاهها در شکل ۳ ارائه شده است بررسی نمودارهای تغییرات زمانی نیترات در هر منطقه نشان می دهد که این چاهها را در سه گروه دارای روند افزایشی، ثابت و کاهشی می توان قرار داد.



زود غری



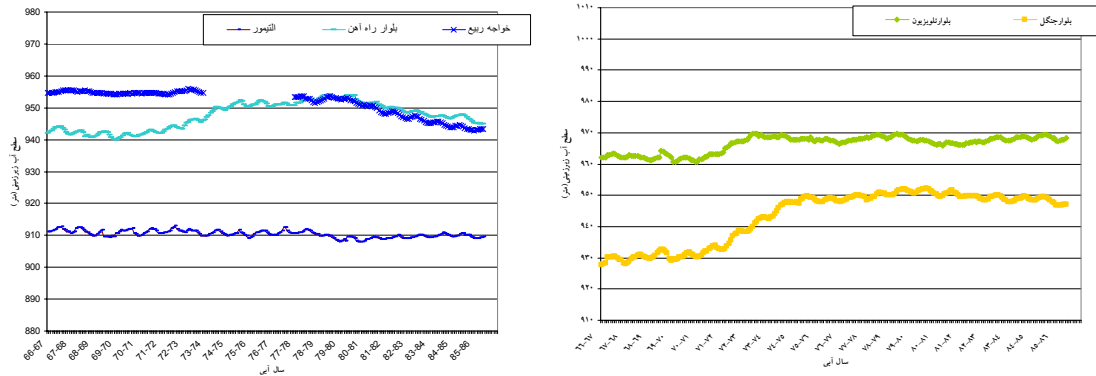
شکل ۳: تغییرات غلظت نیترات در برخی از چاههای آب شرب شهر مشهد

### ۶. تغییرات سطح آب

یکی از اثراتی که توسعه شهر بر آبخوان دارد تغییر شدید وضعیت سطح آب زیرزمینی در محدوده شهر است. این اثر به صورت بالا آمدگی یا افت سطح آب زیرزمینی خود را نشان می دهد. بررسی شبکه پیزومتری دشت مشهد نشان می دهد که از ۹۳ چاه مشاهده ای موجود در سطح دشت ۸ حلقه در داخل شهر گرفته است. بررسی روند تغییرات سطح آب در این پیزومترها در طی ۲۰ سال گذشته نشان می دهد که علی رغم برداشت سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از چاههای داخل شهر مشهد (بیش از ۲۵۰ حلقه چاه) سطح آب زیرزمینی در برخی نقاط شهر ثابت بوده و در برخی نقاط دیگر افزایش یافته است. با توجه به میزان افت ۲۰ ساله بدست آمده (جدول ۵)، در چاههای مشاهده ای داخل شهر مشهد، این چاههای مشاهده ای به دو گروه چاههای دارای بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی و چاههای دارای افت سطح آب قابل تقسیم است. در چاههای مشاهده ای بلوار جنگل، بلوار تلویزیون، بلوار راه آهن و قاسم آباد بالا آمدگی سطح آب و در چاههای مشاهده ای دانشگاه، بلوار فردوسی، التیمور و خواجه ربیع افت سطح آب زیرزمینی رخ داده است (شکل ۴).

جدول ۵: تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاههای مشاهده ای موجود در شهر مشهد

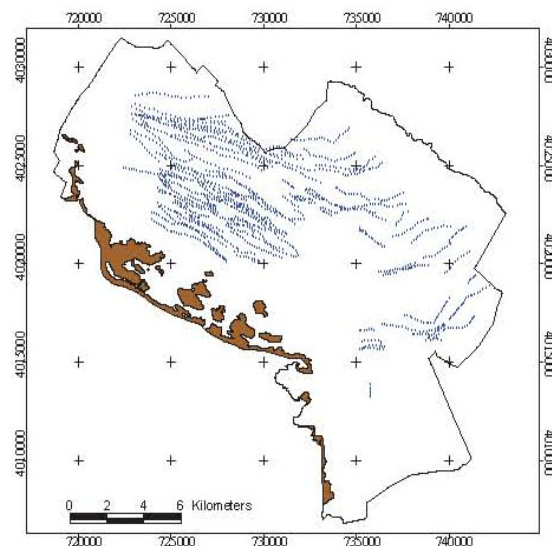
ردیف	نام چاه مشاهده ای	تغییرات سطح آب
۱	بلوار جنگل	۱۹/۵۷
۲	بلوار تلویزیون	۵/۳۹
۳	بلوار راه آهن	۲/۷۸
۴	قاسم آباد	۱/۲۳
۵	دانشگاه - پارک ملت	-۰/۴۱
۶	بلوار فردوسی	-۲/۵
۷	التیمور	-۱/۵۴
۸	خواجه ربیع	-۱۱/۲۲



شکل ۴: تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاههای مشاهده ای موجود در شهر مشهد

### ۷. قنوات متروکه شهر مشهد

توسعه شهر مشهد در ۵۰ سال گذشته باعث شده است که بیش از ۸۰ رشته قنات که قبلا در اطراف شهر قرار داشتند در داخل محدوده شهر واقع شود که موقعیت تقریبی آنها در شکل ۵ نشان داده شده است. (حافظی مقدس و همکاران، ۱۳۸۶). بخش عمده این قنات برای آبیاری اراضی کشاورزی و تعدادی به عنوان تامین کننده آب شرب شهر مورد استفاده قرار می گرفتند. توسعه شهر باعث تغییر کاربری زمین های کشاورزی و متروکه شدن این قنات شده است. همچنین تغییر سیستم آب رسانی شهر باعث عدم استفاده از قنات تامین کننده آب شرب شهر و رها سازی آنها شده است. پرکردن کنترل نشده و غیر اصولی این قنات از یک سو و افزایش بلند مرتبه سازی ساختمانها در سطح شهر از سوی دیگر باعث شده است که در محل میله های این قنات زمین نشست کرده و سازه ها تخریب گردد (شهرک اندیشه- قاسم آباد). همچنین ریزش سقف قنات و برخورد حفاریهای انجام شده در حین اجرای تاسیسات زیربنایی (شبکه فاضلاب و غیره) باعث ایجاد تخریب های وسیع در سطح خیابانهای شهر (کلاهدوز و غیره) شده است. با توجه به طول نسبتا زیاد این قنات متروکه و دفع فاضلاب خانگی در بخش وسیعی از سطح شهر، در بسیاری از مناطق شهر این قنات به عنوان کانال جریان عمل کرده و انتقال آلودگی در آبخوان را تسریع کرده است.



شکل ۵: قنوات واقع شده در محدوده شهر مشهد (حافظی مقدس و همکاران، ۱۳۸۶)



## ۸. نتیجه گیری

دشت مشهد از نظر زمین شناسی اکثراً از مخروط افکنه ها و رسوبات رودخانه ای تشکیل شده و آبرفت‌های محدوده شهر مشهد دارای دانه بندی درشت و ریز در هم است و به سمت کشف رود اندک اندک ریزدانه می شود. بررسی اثرات زیست محیطی توسعه شهر مشهد بر آبخوان در طی پنجاه سال اخیر نشان می‌دهد که توسعه شهر باعث تخریب آبخوان و منابع آب در محدوده شهر شده و ادامه آن باعث بروز مشکلات غیرقابل جبرانی خواهد شد. بررسی وضعیت تغییرات نیترات در طی ۵۰ سال گذشته در محدوده شهر مشهد نشان می‌دهد که میزان نیترات به میزان زیادی افزایش یافته است. روند افزایش نیترات در سطح شهر یکنواخت نبوده و در برخی نقاط شدید تر بوده است. بررسی زمانی تغییرات نیترات آب زیرزمینی شهر مشهد نشان می‌دهد که تا قبل از دهه ۷۰ میزان افزایش نیترات آب زیرزمینی کند بوده ولی از این دهه به بعد این روند افزایش یافته است. روند افزایشی نسبت های سولفات به کلر و نیترات به کلر در محدوده شهر مشهد به خوبی نشان می‌دهد که افزایش نیترات آب زیرزمینی شهر مشهد ناشی از ورود فاضلاب به آبهای زیرزمینی شهر مشهد می باشد.

علی رغم برداشت سالانه بیش از ۱۵۰ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی برای تامین آب شرب شهر به دلیل انتقال آب از سایر نقاط حوضه به محدوده شهر مشهد سطح آب زیرزمینی در اغلب نقاط شهر بالا آمده و در مناطقی که سطح آب زیرزمینی افت کرده است، میزان افت سالانه به مراتب کمتر از سایر نقاط آبخوان (۸/۰ متر در سال) است.

توسعه شهر مشهد در ۵۰ سال گذشته باعث تخریب قنوات و قرار گرفتن آنها در داخل محدوده شده است. پرکردن کنترل نشده و غیر اصولی این قنوات و افزایش بلند مرتبه سازی ساختمانها در سطح شهر باعث شده که در مسیر این قنوات زمین نشست کرده و سازه ها تخریب گردد (شهرک اندیشه - قاسم آباد).

## ۱۱. مراجع

- ۱- پورحریری، علی، ۱۳۳۵، بررسی بهداشتی آبهای شرب شهر مشهد، دانشگاه پزشکی مشهد، رساله دکترا
- ۲- حافظی مقدس، ن. و همکاران، (۱۳۸۶)، مشکلات قنوات قدیمی در شهر مشهد، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و زیست محیطی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ۱۳۸۶
- ۳- سازمان محیط زیست خراسان، ۱۳۶۳ بررسی اثرات توسعه شهر مشهد بر منابع آب
- ۴- سیادت، سید جلال، ۱۳۸۳، مدل ریاضی کمی و کیفی شهر مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-منابع آب دانشگاه خواجه نصیر
- ۶- سازمان محیط زیست خراسان، ۱۳۶۳ بررسی اثرات توسعه شهر مشهد بر منابع آب
- ۷- مطالعات آب منطقه ای خراسان رضوی، ۱۳۸۳، مدل ریاضی دشت مشهد، شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان رضوی
- ۸- غمامی، مجید، ۱۳۷۲، طرح جامع مشهد، آبادی شماره ۶۹