

بررسی مناطق فرونشست در ایران با استفاده از روش ترازبایی دقیق

نویسندگان:

کارشناس ترازبایی اداره کل نقشه برداری زمینی، سازمان نقشه برداری کشور
amighp@ncc.org.ir

مهندس معصومه آمیغ پی

رئیس اداره ترازبایی دقیق اداره کل نقشه برداری زمینی، سازمان نقشه برداری کشور
s-arabi@ncc.org.ir

مهندس سیاوش عربی

کارشناس ترازبایی اداره کل نقشه برداری زمینی، سازمان نقشه برداری کشور
a-talebi@ncc.org.ir

مهندس علی طالبی

عضو هیات علمی آموزشکده نقشه برداری، سازمان نقشه برداری کشور
djamour@ncc.org.ir

دکتر یحیی جمشود

چکیده

نشست زمین در اثر عوامل طبیعی و فعالیت های انسانی یکی از پدیده هایی است که می تواند خسارات جبران ناپذیری ایجاد کند. تشخیص و کنترل این مناطق یکی از مهم ترین رویکردهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به تکرار مشاهدات ترازبایی درجه یک کشور، امکان بررسی تغییرات ارتفاعی مسیرهای ترازبایی وجود دارد. پس از بررسی این مسیرها مشخص شد که یامچی و دوزدوزان در آذربایجان شرقی، سلماس در آذربایجان غربی، حوره اطراف دریاچه ارومیه، گرگی محله رامیان در مازندران، بردآباد در تهران، جاده تهران-گرمسار، ابرسیج، قلعه عبدالله، قدرت آباد و حاجی آباد در سمنان، ابوسعدي، شهرک باهنر، طوس، هفت خانه، مشهد، حارث آباد و عباس آباد در خراسان، مشکان و تیرانچی در اصفهان، حاجی آباد در یزد، نعیم آباد و رفسنجان در کرمان، اسدآباد در همدان، اراک در مرکزی و یزد با نشست های قابل توجهی مواجه هستند. از آنجا که یکی از دلایل عمده نشست زمین استخراج بی رویه آب زیرزمینی می باشد و بر اساس گزارش سال ۱۳۸۷ مدیریت منابع آب های طبیعی وزارت نیرو در بسیاری از مناطق ایران با کاهش سطح آب زیرزمینی مواجه هستیم، از طرف این وزارتخانه حدود ۶۰۰ منطقه به عنوان مناطق ممنوعه برای استخراج آب زیرزمینی گزارش شده است. وضعیت سطح آب زیرزمینی مناطق ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت و دیده شد که غالب این مسیرها در آبخوان هایی که با کاهش سطح آب زیرزمینی مواجه هستند، قرار دارند.

تکیه گاه بسترهای گلی و خاک رس را از بین می برد. از آنجا که این بسترها قابل فشردن هستند، متراکم شده و این تراکم موجب پایین آمدن سطح زمین می شود. کاهش ارتفاع سطح زمین در اثر این فرآیند دائمی و ثابت است. برای مثال، اگر سطح آب های زیرزمینی موجب نشست شود، شارژ مجدد سفره تا وقتی که سطح آب زیرزمینی به سطح اصلی برگردد، در بهبود محسوس ارتفاع سطح زمین اثری نمی گذارد. نشست

فعالیت گسل ها اشاره کرد [۱]. استخراج بی رویه آب های زیرزمینی یکی از دلایل عمده فرونشست در ایران می باشد. در بسیاری از سفره های آب زیرزمینی، آب از حفره های بین دانه های شن و ماسه کشیده می شود. اگر یک سفره آب زیرزمینی از خاک رس یا گل ایجاد شده باشد، در اثر کاهش فشار آب در شن و ماسه، زهکشی خروج آهسته آب از خاک رس و بسترهای گلی را ایجاد می کند و فشار آب کاهش یافته

۱. مقدمه

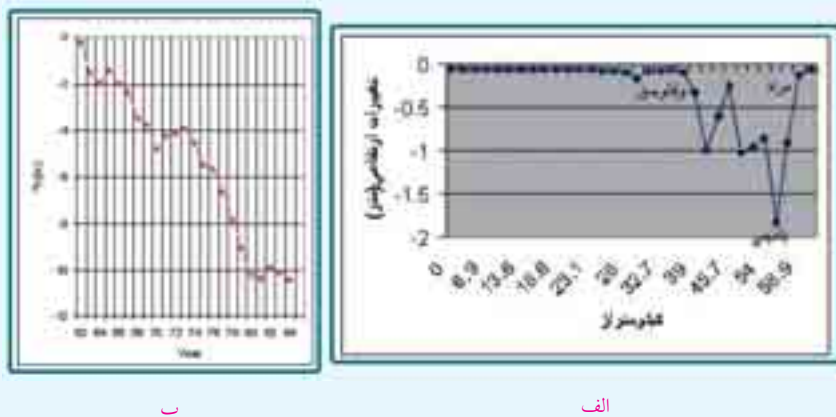
نشست، حرکت سطح زمین به سمت پایین نسبت به یک سطح مبنا مانند سطح متوسط دریا می باشد. این تغییر ارتفاع می تواند در اثر فعالیت های انسانی مانند تونل سازی، معدن کاوی، استخراج آب های زیرزمینی، استخراج نفت، گازهای طبیعی و ... باشد. از دیگر دلایل نشست می توان به

زمین بروز مشکلاتی همچون خراب شدن ساختمان‌ها و ایجاد شکاف در زمین را موجب می‌شود. ممکن است شیب کانال‌های آبیاری و زهکشی و مجاری آب و سیستم فاضلاب شهری را تغییر دهد، پایه‌های پل را از ردیف خارج کند، به جاده‌ها، مسیر راه آهن، خطوط جمع‌آوری فاضلاب و هر نوع خط لوله داخل زمین خسارت وارد سازد و ممکن است لوله‌گذاری چاه‌ها را خرد کرده و مجرای آنها را مسدود کند. نشست منطقه‌ای زمین همچنین خطر وقوع سیل در مناطق پست و کم ارتفاع را افزایش می‌دهد. این موضوع به خصوص در مناطق ساحلی که ارتفاع آنها کمتر از متوسط سطح دریاها آزاد است، اهمیت پیدا می‌کند [۲]. به منظور تشخیص و کنترل مناطق نشست خیز از فنونی همچون تداخل سنجی راداری، GPS و ترازبایی دقیق استفاده می‌شود. تداخل سنجی راداری با پوشش وسیع و قدرت تفکیک مکانی بالا در کنار GPS با قدرت تفکیک زمانی بالا و ترازبایی دقیق با دقت بالا می‌تواند منبع مناسبی برای بررسی حرکات سطح زمین باشد. با تکرار مشاهدات شبکه ترازبایی کشور و داشتن حداقل دو اپک مشاهداتی، امکان بررسی تغییرات ارتفاعی مسیرهای ترازبایی وجود داشت. به علت عدم تکمیل و اتصال مشاهدات اپک دوم به نقطه مبنا، با جستجوی نقطه ثابت بین دو اپک مشاهداتی نمودارهای تغییرات ارتفاعی مسیرهای ترازبایی به دست آمد.

۲. بررسی مناطق نشست خیز

از آنجا که ایران از لحاظ فعالیت‌های ژئودینامیکی منطقه فعالی است، بررسی این تغییرات به منظور پیشگیری از خسارت‌های احتمالی، یکی از مهم‌ترین رویکردهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. یکی از روش‌هایی که با استفاده از آن می‌توان تغییرات ارتفاعی مناطق را بررسی نمود، استفاده از مشاهدات ترازبایی است. با توجه به تکرار مشاهدات ترازبایی شبکه درجه یک کشور به طول ۳۱۰۰۰ کیلومتر، امکان بررسی تغییرات ارتفاعی این مسیرها موجود بود. مشاهدات این شبکه که یک بار به طور کامل از سال ۶۰ شروع و تا سال ۱۳۷۶ با دستورالعمل مصوب زمان خود و با تجهیزات اپتیکی انجام شده است، اکنون نیز برای دومین بار با تجهیزات رقومی و روش کار مختص خود، در حال تکرار است. سری اول مشاهدات با دستگاه ترازبایی N3 WILD با دقت ۰/۲ mm در یک کیلومتر و سری دوم مشاهدات با دستگاه ترازبایی DINI12 ZEISS با دقت ۰/۳ mm در یک کیلومتر به صورت ترازبایی رفت و برگشت انجام شد. به دلیل عدم تکمیل مشاهدات شبکه سراسری درجه یک ترازبایی و وصل نشدن شبکه به نقطه مبنا، انتساب ارتفاع به مشاهدات سری دوم به منظور دستیابی به تغییرات ارتفاعی ممکن نبود، از این رو جستجوی نقطه ثابت بین دو سری زمانی یکی از مراحل انجام این طرح بود. به منظور یافتن نقاط ثابت، با فرض آن که در کل مسیر شاهد تغییرات ارتفاعی

نبوده‌ایم و تنها در قسمتی از مسیر شاهد تغییرات ارتفاعی بوده‌ایم، با مقایسه اختلافات ارتفاعی بین دو اپک مشاهداتی، جایی که اختلافات ارتفاع تغییر چندانی نداشت را به عنوان نقاط ثابت انتخاب نموده و به اپک دوم مشاهدات با استفاده از این نقاط ارتفاع داده شد. مشکل موجود در مناطقی ایجاد می‌شد که کل منطقه دچار تغییرات ارتفاعی شده بود. از طریق رسم تغییرات ارتفاعی لوپ‌ها این مناطق شناسایی شده و نقطه ثابت در مسیرهای مجاور فرض شد. از آنجا که در انجام مشاهدات سری اول، مسئله رعایت همزمانی مسیرهای مجاور رعایت نشده بود و مدت زمان قرائت برخی لوپ‌ها و فاصله زمانی قرائت دومین مجاور از یک لوپ زیاد بود، بررسی تغییرات ارتفاعی لوپ‌ها با مشکل مواجه می‌شد. برای حل این مشکل در مقایسه تغییرات ارتفاعی مسیرهای مجاور حتی الامکان سعی شد از مسیرهایی که از نظر زمانی مطابقت داشتند استفاده شود. در ضمن در هنگام قرائت مشاهدات دو مسیر مجاور، اگر در نقاط اتصال مسیرها به یکدیگر با تغییر فاحش اختلاف ارتفاع مواجه بودیم، تا جایی که به اختلاف ارتفاع یکسانی برسیم، مشاهدات تکرار شده است که ضریب اطمینان کار را بالا می‌برد. در منطقه جنوب دریای خزر که منطقه‌ای کوهستانی بود، خطای بست لوپ‌ها بالا بود که بررسی مسیرها را با مشکل روبه‌رو می‌کرد. بدین منظور در این لوپ‌ها با استفاده از داده‌های ثقل سنجی تصحیح ارتومتریک



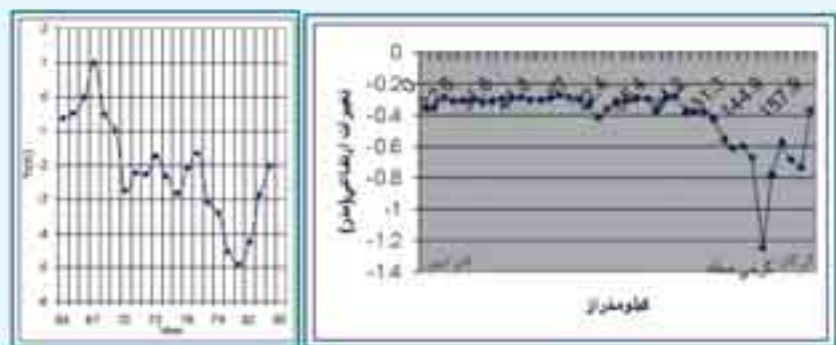
شکل ۱-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر ACAH (ابواغلی-دولت‌آباد) طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۹۷
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان مرند

این مسیر از حوزه آبخوان‌های قائم‌شهر-جویبار، ساری-نکا، بهشهر-بندرگز، گرگان-گنبد عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان بهشهر-بندرگز قرار دارد. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده مطابق شکل ۲-۲ است.

این مسیر در حوزه آبخوان مرند قرار دارد که از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده مطابق شکل ۲-۱ است.

۲.۲. نشست در مسیر ساری-گرگان

در این منطقه با حداکثر نشست $1240 \text{ mm} \pm 0.9 \text{ mm} / \sqrt{\text{KM}}$ طی ۱۶ سال در گرجی محله روبه‌رو هستیم.



شکل ۲-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر ASBA (قائم‌شهر-گرگان) طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۵
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان بهشهر-بندرگز

اعمال شد تا خطای بست لوپ‌ها کاهش یابد. از آنجا که مشاهده شبکه دوم ترازبایی به اتمام نرسیده بود و به ارتفاع نقاط در این شبکه و در نتیجه به یک ارتفاع مرجع ارتومتریک دسترسی نداشتیم، سعی شد نقاط مبنا در نقاطی که اختلافات ارتفاع اطراف آنها تقریباً ثابت بوده و تصحیح ارتومتریک روی اختلافات ارتفاع مجاور آنها ناچیز بوده است، به عنوان نقاط ثابت و مرجع در نظر گرفته شوند و ارتفاع شبکه ترازبایی سری اول با تقریب به آنها داده شد و تغییرات سایر نقاط نسبت به آنها به دست آمد. برای بررسی دقت اندازه‌گیری‌ها از رابطه ویگنال استفاده شد. در این رابطه با استفاده از اختلاف مشاهده جلو و عقب خطای استاندارد هر مسیر به صورت زیر محاسبه می‌شود: [۳]

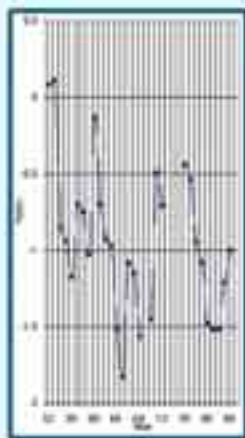
$$(standard\ error)_s^2 = \frac{1}{4n} \sum \frac{D_i^2}{s_i} \text{ mm}^2 / \text{km}$$

که Di اختلاف مشاهده جلو و عقب و Si طول i امین قطعه می‌باشد. پس از بررسی تغییرات ارتفاعی مسیرها، وضعیت هیدرولوژی و آبخوان مناطقی که دارای نشست عمده بودند، با استفاده از گزارش مدیریت منابع آبهای طبیعی وزارت نیرو مورد مطالعه قرار گرفت.

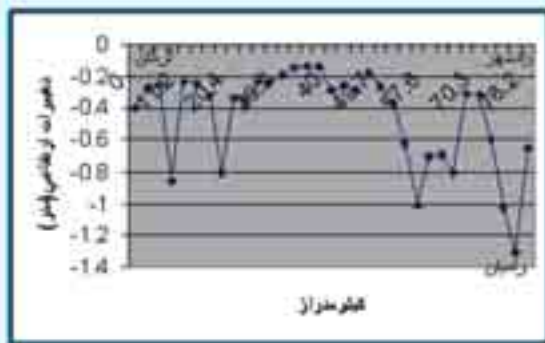
۱.۲. نشست در ۵ کیلومتری مرند در

آذربایجان شرقی

منطقه نشست از وانلوجق در آذربایجان شرقی شروع شده در یامچی در ۵ کیلومتری مرند به حداکثر $1800 \text{ mm} \pm 0.7 \text{ mm} / \sqrt{\text{KM}}$ طی ۱۶ سال می‌رسد.

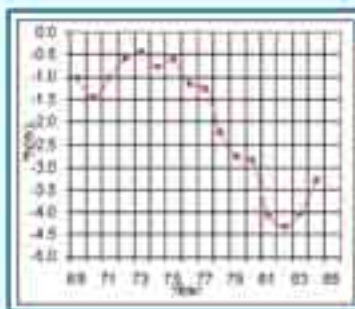


ب

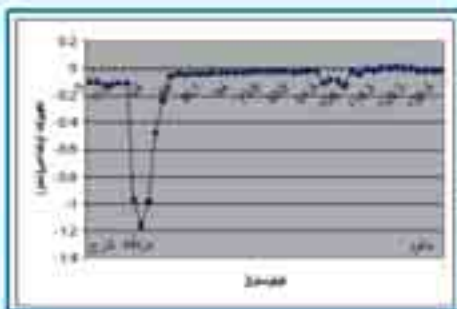


الف

شکل ۳-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر ATBA (گرگان-آزادشهر) طی سال های ۱۳۶۵-۱۳۸۱
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان گرگان- گنبد

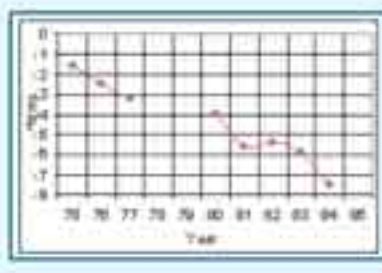


ب

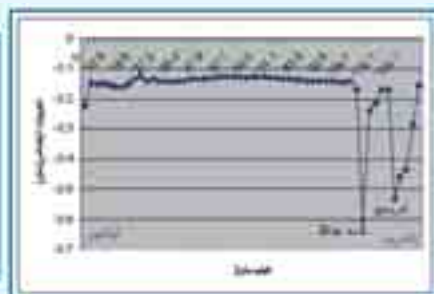


الف

شکل ۴-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر AXAY (کرج- ساوه) طی سال های ۱۳۷۴-۱۳۸۱
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان تهران



ب



الف

شکل ۵-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BABB (آزادشهر-شاهرود) طی سال های ۱۳۶۹-۱۳۸۱
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان بسطام

۳.۲. نشست در مسیر گرگان-آزادشهر

در این منطقه با حداکثر نشست $1300 \text{ mm} \pm 0.8 \text{ KM}$ در میان در طول ۱۶ سال روبه رو هستیم. این مسیر در حوزه آبخوان گرگان- گنبد قرار دارد که از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده مطابق شکل ۳-۲ است.

۴.۲. نشست در مسیر کرج- ساوه

در این منطقه با حداکثر نشست $1160 \text{ m} \pm 1 \text{ KM}$ در بردآباد در مسیر شهریار-رباط کریم در طول ۶ سال روبه رو هستیم. این مسیر در حوزه آبخوان تهران قرار دارد که از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده مطابق شکل ۴-۲ است.

۵.۲. نشست در مسیر آزادشهر-شاهرود

در این مسیر با حداکثر نشست $600 \text{ mm} \pm 1 \text{ KM}$ در قلعه عبدالله در طول ۱۱ سال روبه رو هستیم.

این مسیر از حوزه آبخوان های گرگان- گنبد و بسطام عبور می کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان بسطام قرار دارد. کلیه این محدوده ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده حداکثر نشست مطابق شکل ۵-۲ است.

۶.۲. نشست در مسیر سمنان-شاهرود

در این منطقه با حداکثر نشست در قدرت آباد $680\text{mm} \pm 0.9\text{mm}$ KM در طول ۱۵ سال روبه‌رو هستیم.

این مسیر از حوزه آبخوان‌های سمنان و دامغان عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان سمنان قرار دارد. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده مطابق شکل‌های ۶-۲ است.

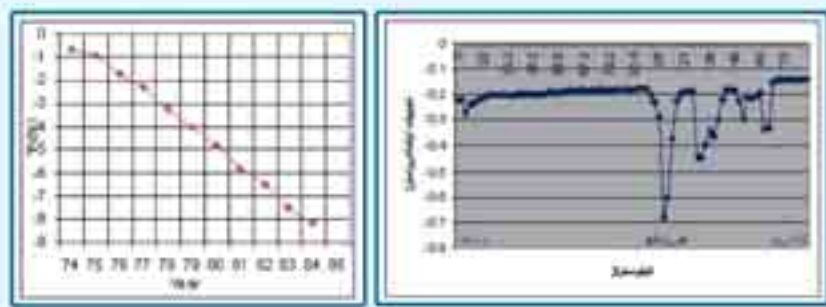
۷.۲. نشست در مسیر سبزوار-نیشابور

امام تقی

در این منطقه با حداکثر نشست در ابوسعدی در $1060\text{mm} \pm 1.0\text{mm}$ KM طول ۱۵ سال روبه‌رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های سبزوار و نیشابور عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان نیشابور قرار دارد. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده‌ها مطابق شکل‌های ۷-۲ است.

۸.۲. نشست در مسیر مشهد-سرخس

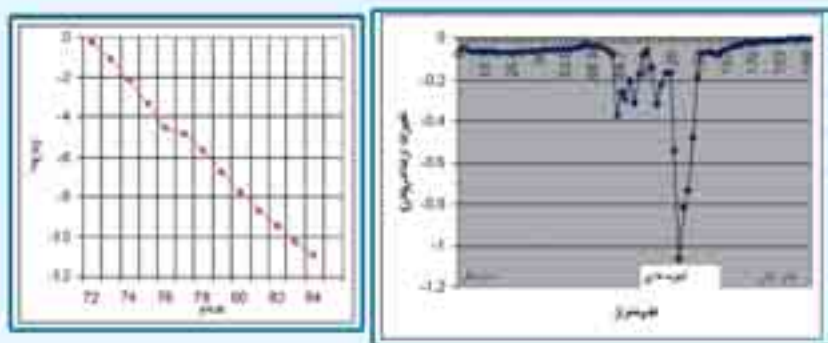
در این مسیر با حداکثر نشست در شهرک باهنر در $740\text{mm} \pm 0.9\text{mm}$ KM طول ۹ سال روبه‌رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های مشهد، نریمانی، آق‌دربند، گنبدلی و سرخس عبور می‌کند



ب

الف

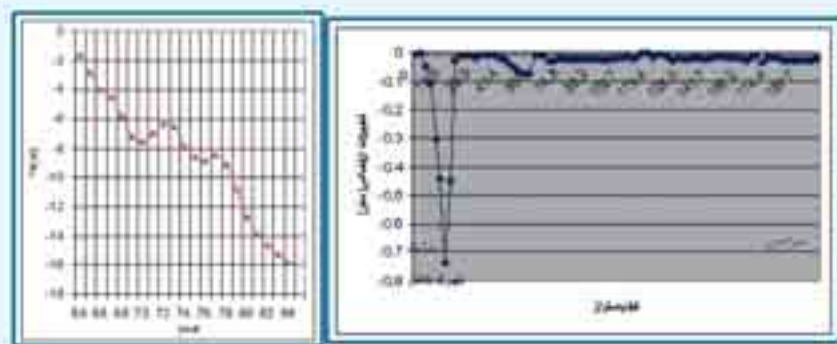
شکل ۶-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BABI (سمنان-شاهرود) طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان سمنان



ب

الف

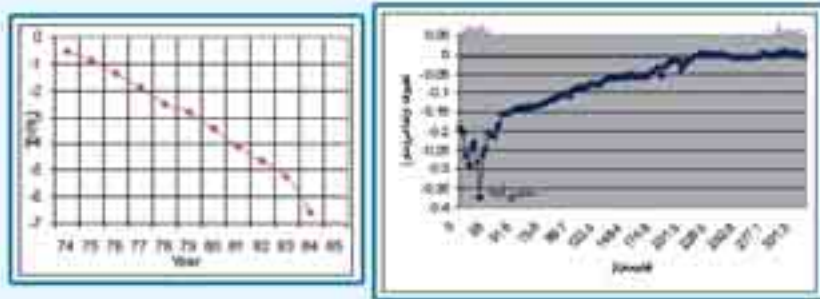
شکل ۷-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BCBK (سبزوار-امام تقی) طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان نیشابور



ب

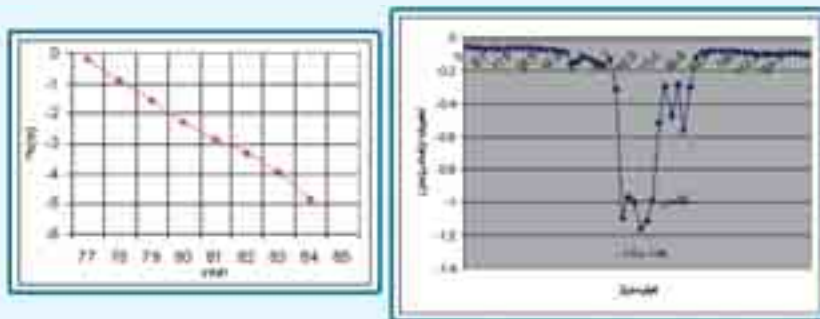
الف

شکل ۸-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BEBN (مشهد-سرخس) طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۳
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان مشهد

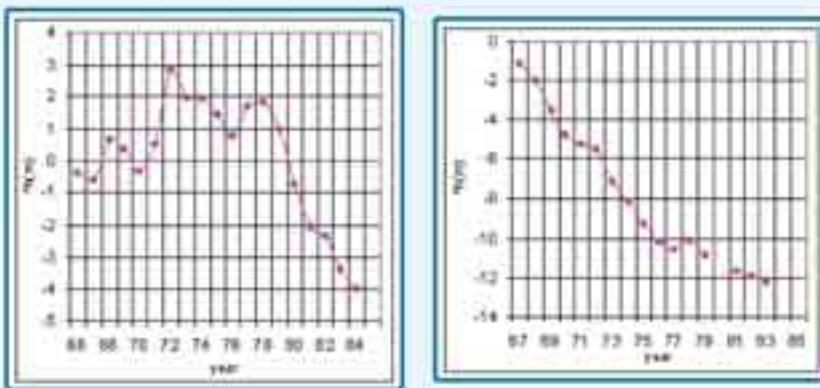


الف ب

شکل ۹-۲: نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BIB (دامغان-جندق) طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۵
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان دامغان



الف ب



د ج

شکل ۱۰-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BKBW (دهن قلعه - شادمهر) طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۲
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان درونه
ج- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان کاشمر
د- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان ازغند

که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان مشهد قرار دارد. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده‌ها مطابق شکل‌های ۲-۸ است.

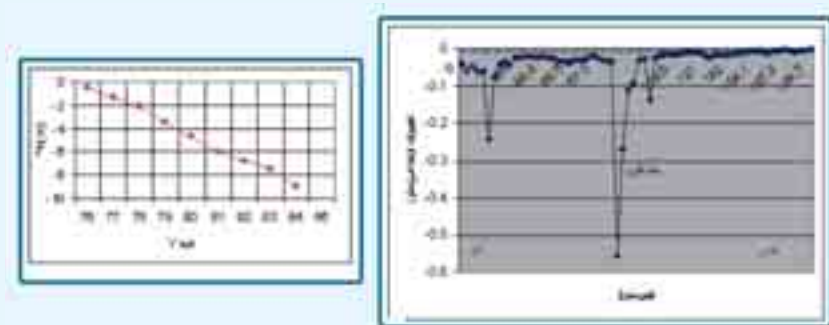
۹.۲. نشست در مسیر دامغان - جندق

در این منطقه با حداکثر نشست $370\text{mm} \pm 1.1\text{mm}$ در طول ۵ سال KM در ۲/۵ کیلومتری حاجی آباد روبه‌رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های دامغان، کویر حاج علیقلی، کویر دشت مرکزی و چوپانان عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان دامغان قرار دارد. حوزه آبخوان دامغان از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده مطابق شکل ۲-۹ است.

۱۰.۲. نشست در مسیر دهن قلعه -

شادمهر

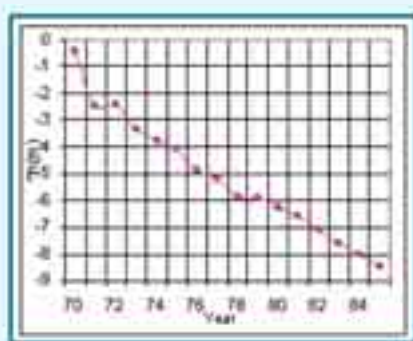
در این منطقه با حداکثر نشست $1160\text{mm} \pm 1\text{mm}$ در هفت‌خانه در طول ۱۰ سال روبه‌رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های درونه، برداسکن، کاشمر و ازغند عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان‌های برداسکن و کاشمر قرار دارد. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای



ب

الف

شکل ۱۱-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BVBI (قم-نطنز) طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۶۸
 ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان قم-کهنک
 ج- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان کاشان



ج

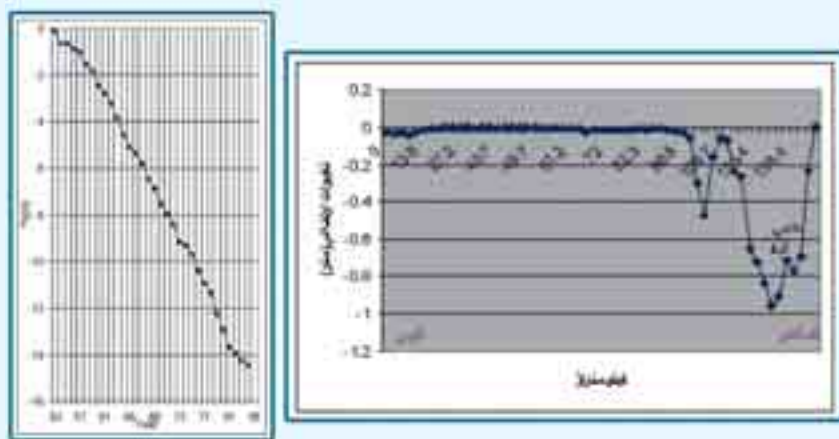
بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده‌ها مطابق شکل‌های ۱۰-۲ است.

۱۱.۲. نشست در مسیر قم-نطنز

در این مسیر با حداکثر نشست $550\text{mm} \pm 0.8\text{mm}$ در طول ۱۲ سال ۲ کیلومتری مشکان روبه‌رو هستیم. منطقه نشست این مسیر در حوزه آبخوان‌های کاشان و قم و کهنک قرار دارد که از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به‌عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده نشست مطابق شکل‌های ۱۱-۲ است.

۱۲.۲. نشست در مسیر نائین-یزد

در این منطقه با حداکثر نشست $950\text{mm} \pm 0.9\text{mm}$ در ۷ کیلومتری حاجی‌آباد در طول ۲۰ سال مواجه هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های نائین، عقدا و یزد-اردکان عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان یزد-اردکان قرار دارد. حوزه آبخوان‌های عقدا و یزد-اردکان از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به‌عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده نشست مطابق شکل ۱۲-۲ است.



ب

الف

شکل ۱۲-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر CECL (نائین-اشکذر) طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۶۰
 ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان یزد-اردکان

۱۳.۲. نشست در نعیم آباد کرمان

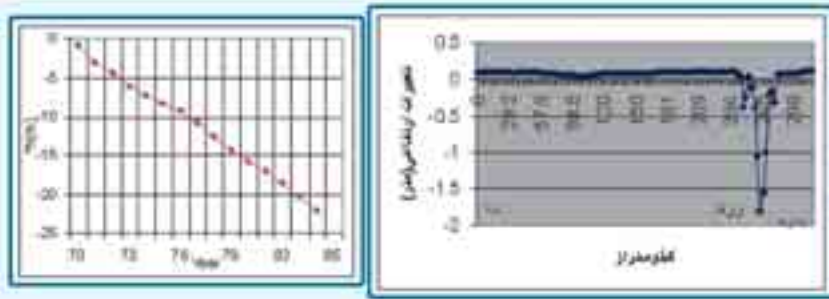
در این مسیر با حداکثر نشست طول ۱۰ سال رویه رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های ارنان-دهج، کویز درانجیر، بافق، سیریز- طغرل جرد و زرنند عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان زرنند قرار دارد. حوزه آبخوان‌های ارنان-دهج، بافق، سیریز- طغرل جرد و زرنند از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده نشست مطابق شکل ۱۳-۲ است.

۱۴.۲. نشست در رفسنجان

در این مسیر با حداکثر نشست طول ۱۱ سال رویه رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های رفسنجان و کرمان-باغین عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان رفسنجان قرار دارد. این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده‌ها مطابق شکل‌های ۱۴-۲ است.

۱۵.۲. نشست در کرمان

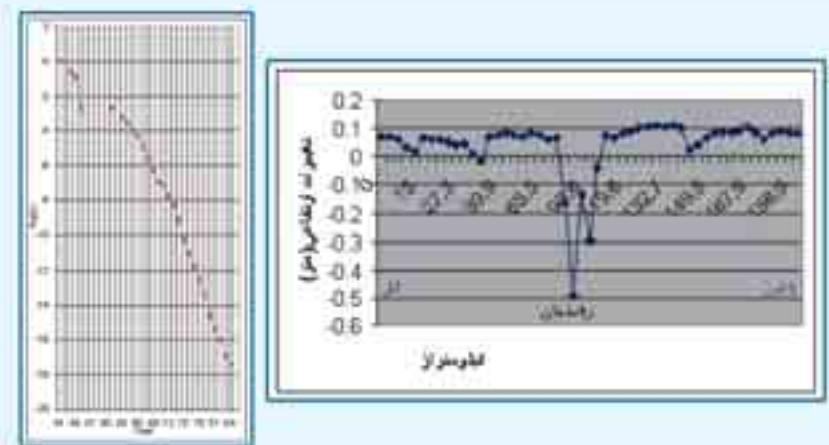
در این مسیر با حداکثر نشست طول ۱۱ سال و نشست کرمان در طول ۱۳۰۰ متر در طول ۱۹ سال رویه رو هستیم. این مسیر از حوزه



ب

الف

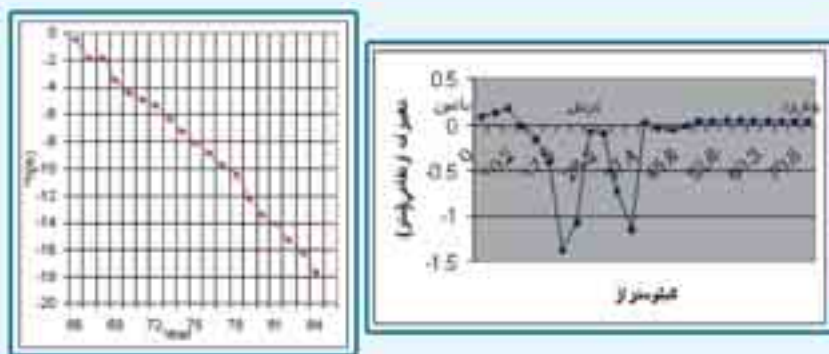
شکل ۱۳-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر CFCU (بزد-چترود) طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۳ ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان زرنند



ب

الف

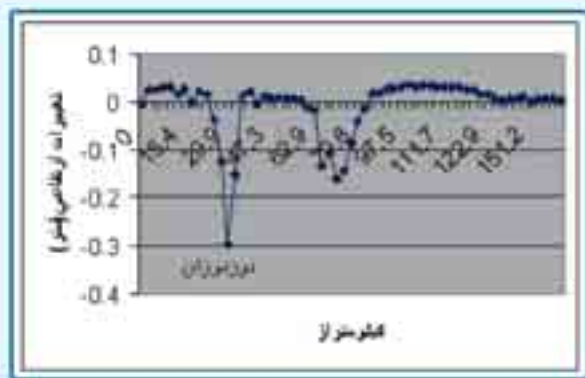
شکل ۱۴-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر CUDC (حسین آباد-باغین) طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۶۴ ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان رفسنجان



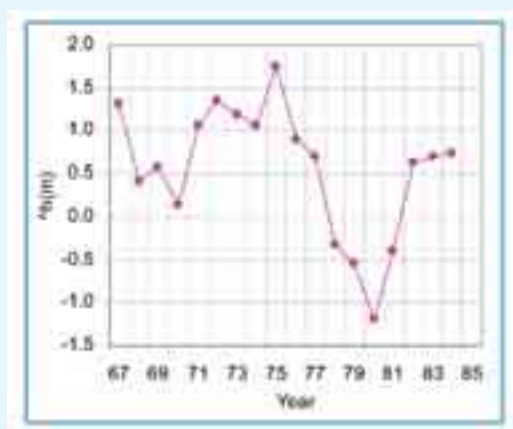
ب

الف

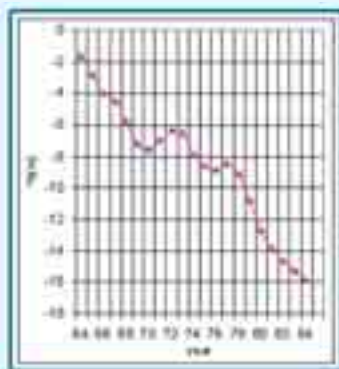
شکل ۱۵-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر CUDD-CUCM (باغین-کرمان-چترود) طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۶۶ و (باغین-کرمان) ۱۳۸۵-۱۳۷۴ (کرمان-چترود) ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان کرمان



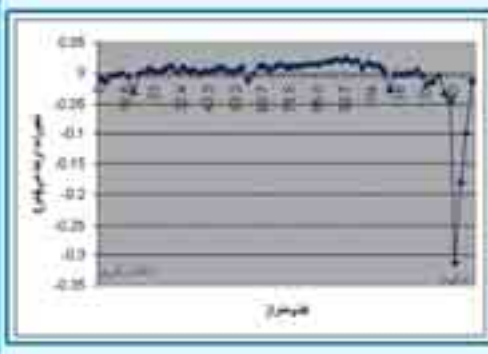
شکل ۲-۱۶-الف: نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر AEAD (بستان آباد-اردبیل) طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۴



شکل ۲-۱۶-ب: نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی سراب



ب



الف

شکل ۲-۱۷: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BDBE (کلات-مشهد) طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۳
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان مشهد

آبخوان‌های کرمان و زرنند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان کرمان است عبور می‌کند. کلیه این محدوده‌ها از طرف سازمان منابع طبیعی کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. (نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی) این محدوده‌ها مطابق شکل‌های ۲-۱۵ است.

۱۶.۲. نشست در دوزدوزان

آذربایجان شرقی

در این مسیر در دوزدوزان با حداکثر نشست $300mm \pm 1^{mm} KM$ طی ۹ سال روبه‌رو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های بستان آباد، بیلوردی - دوزدوزان، سراب و اردبیل عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان بیلوردی - دوزدوزان و سراب قرار دارد که جزء مناطق آزاد برای بهره‌برداری اعلام شده است. (شکل ۲-۱۶).

۱۷.۲. نشست در مشهد

در این مسیر نشست در مشهد با مقدار $310mm \pm 1^{mm} \sqrt{KM}$ طی ۹ سال را شاهد هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های کلات نادری و مشهد عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان مشهد قرار دارد. آبخوان مشهد از طرف سازمان منابع طبیعی کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب است (شکل ۲-۱۷).

۱۸.۲. نشست در اسد آباد همدان

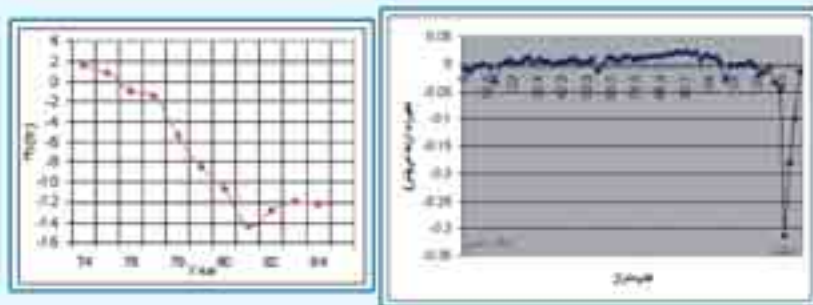
در این مسیر در اسدآباد با نشست $440 \text{ mm} \pm 0.9 \text{ mm}$ طی ۱۴ سال روبرو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های هرسین-بیستون، صحنه، کنگاور، اسدآباد و همدان-بهار عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان اسدآباد قرار دارد. حوزه آبخوان‌های اسدآباد و همدان-بهار از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده نشست مطابق شکل ۱۸-۲ است.

۱۹.۲. نشست در اراک

در این مسیر در اراک با نشست $190 \text{ mm} \pm 0.8 \text{ mm}$ طی ۱۹ سال روبرو هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های درود-بروجرد، ملایر، نهرمیان، شازند، اراک و نيزار-سلفچگان عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان اراک قرار دارد. حوزه آبخوان اراک از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره‌برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده مطابق شکل ۱۹-۲ است.

۲۰.۲. نشست در حارث آباد خراسان

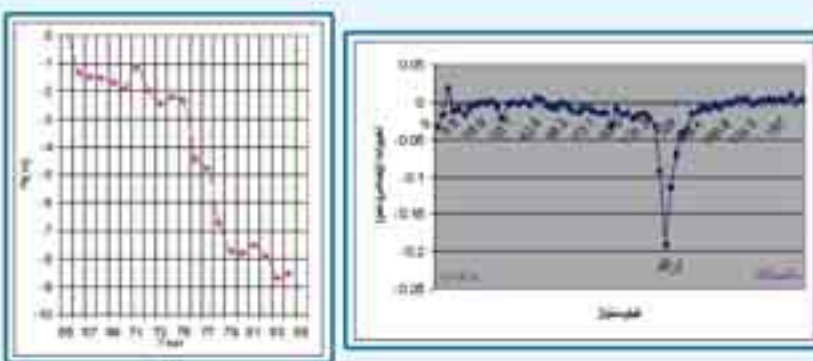
در این مسیر در حارث آباد با حداکثر نشست $165 \text{ mm} \pm 0.9 \text{ mm}$ طی ۸ سال را شاهد هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان‌های سبزوار و درونه عبور می‌کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان سبزوار قرار دارد. کلیه این



ب

الف

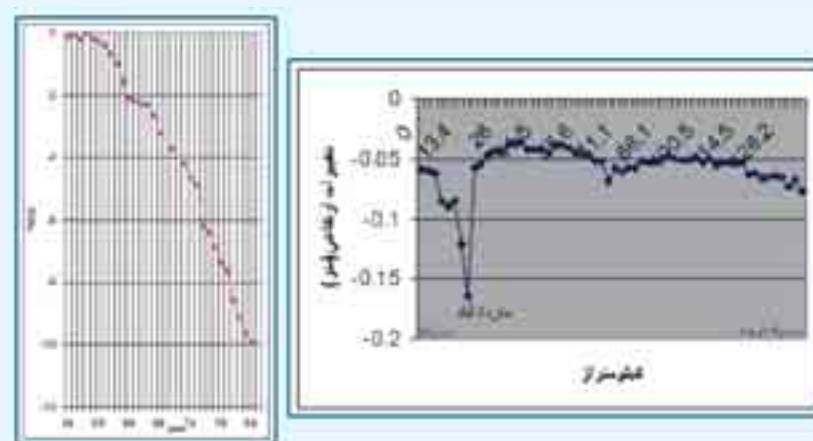
شکل ۱۸-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BGBR (بیستون-صالح آباد) طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۶۶ ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان اسدآباد



ب

الف

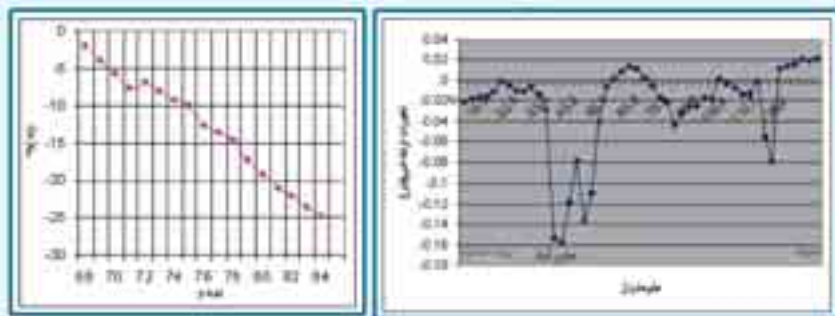
شکل ۱۹-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BHBT (بروجرد-سلفچگان) طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۶۴ ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان اراک



ب

الف

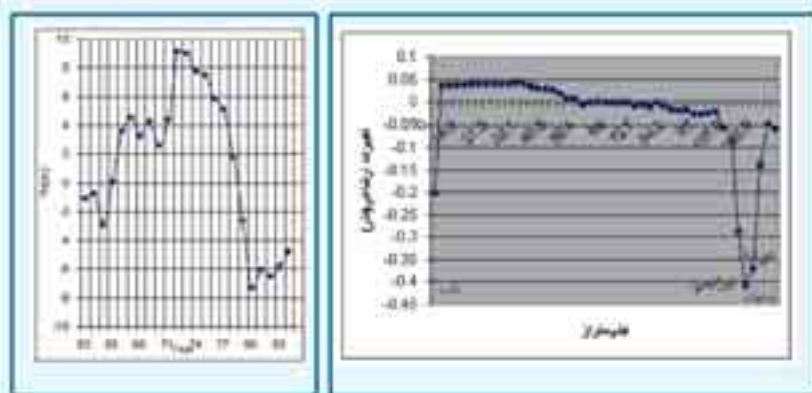
شکل ۲۰-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BJBK (سبزوار-دهن قلعه) طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۳ ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان سبزوار



ب

الف

شکل ۲۱-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BLBX (تربت حیدریه-خواف) طی سال های ۱۳۸۲-۱۳۷۳
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان رشتخوار



ب

الف

شکل ۲۲-۲: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر BUCC (دامنه - اصفهان) طی سال های ۱۳۸۳-۱۳۶۲
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان نجف آباد

سطح آب زیرزمینی محدوده مطابق $210mm \pm 0.9 \frac{mm}{\sqrt{KM}}$ طی ۸ سال مواجه

هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان یزد- اردکان عبور می کند. این محدوده از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان

شکل ۲۲-۲ است.

۲۳.۲. نشست در یزد

در این مسیر در یزد با حداکثر نشست

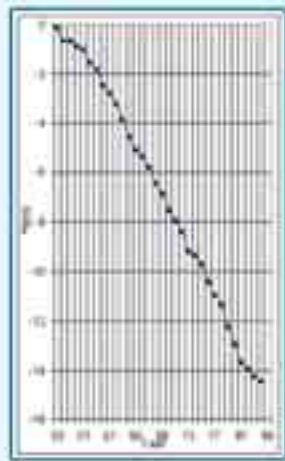
محدوده ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده سبزوآر مطابق شکل ۲۰-۲ است.

۲۱.۲. نشست در عباس آباد خراسان

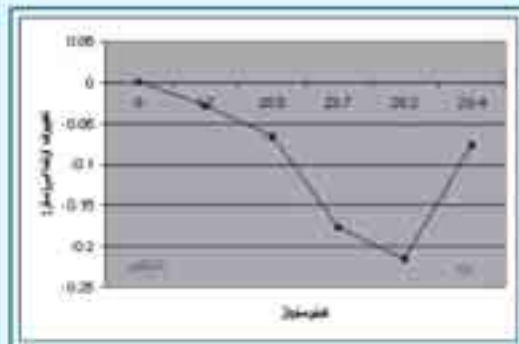
در این مسیر در عباس آباد حداکثر نشست $160mm \pm 0.9 \frac{mm}{KM}$ طی ۹ سال را شاهد هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان های تربت حیدریه، رشتخوار و خواف عبور می کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان رشتخوار قرار دارد. کلیه این محدوده ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی محدوده رشتخوار مطابق شکل ۲۱-۲ است.

۲۲.۲. نشست در تیرانچی اصفهان

در این مسیر در تیرانچی با حداکثر نشست $400mm \pm 0.8 \frac{mm}{KM}$ طی ۲۱ سال مواجه هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان های دامنه، کرون، نجف آباد و اصفهان-برخوار عبور می کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان نجف آباد قرار دارد. حوزه آبخوان های کرون، نجف آباد و اصفهان-برخوار از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات

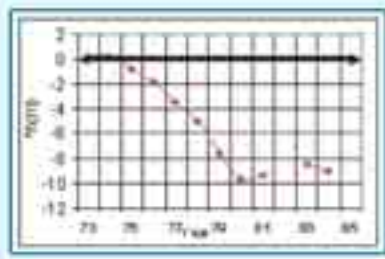


ب

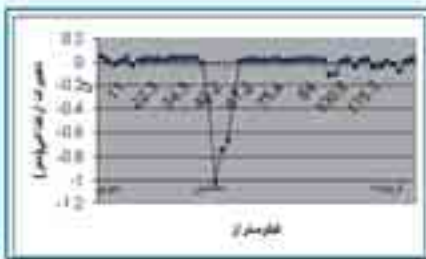


الف

شکل ۲-۲۳: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر CLCF (اشکذر - یزد) طی سال های ۱۳۷۲-۱۳۸۰
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان یزد-اردکان



ب



الف

شکل ۲-۲۴: الف- نمودار تغییرات ارتفاعی مسیر AGAH (خوی-ارومیه) طی سال های ۱۳۶۸-۱۳۸۴
ب- نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان سلماس

۴. منابع

۱. گزارش تغییرات سطح آب زیرزمینی مدیریت منابع آب طبیعی وزارت نیرو، سال ۱۳۸۷
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Subsidence>
3. S. A. Leake, Land Subsidence From Ground-Water Pumping, <http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/anthropogenic/subsidence>
4. BOMFORD, G. (1977): Geodesy. Oxford University. Third edition with correction.

وضعیت آبخوان ها و ارائه راهکار به منظور جلوگیری از ادامه این روند، پیشنهاد می شود. همچنین به منظور بررسی تغییرات این مناطق، تکرار مشاهدات ترازبایی و استفاده از دیگر منابع اطلاعاتی همچون تداخل سنجی راداری و مشاهدات GPS پیشنهاد می شود.

محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده مطابق شکل ۲-۲۳ است.

۲.۴.۲. نشست در سلماس در آذربایجان

غربی

در این مسیر با حداکثر نشست $1000mm \pm 1.0 mm$ طی ۱۷ سال در منطقه سلماس در آذربایجان غربی مواجه هستیم. این مسیر از حوزه آبخوان های خوی، سلماس و ارومیه عبور می کند که منطقه حداکثر نشست در حوزه آبخوان سلماس قرار دارد. کلیه این محدوده ها از طرف سازمان منابع طبیعی آب کل کشور به عنوان محدوده ممنوعه برای بهره برداری اعلام شده است. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی این محدوده ها مطابق شکل های ۲-۲۴ است.

۳. نتیجه گیری و پیشنهادات

با بررسی وضعیت آبخوان مسیره های ترازبایی که با نشست عمده مواجه بودند، غیر از دوزدوزان در آذربایجان شرقی، تمام این مسیره ها در حوزه آبخوان هایی که با کاهش سطح آب زیرزمینی مواجه هستند، قرار داشتند و بنابراین، استخراج بی رویه آب های زیرزمینی در این مناطق می تواند یکی از دلایل فرونشست باشد. در مناطقی که با نشست های قابل توجهی مواجهند، مطالعه ژئودینامیکی منطقه در کنار مطالعات