

پایش زمانی برداشت داده‌ی چاه‌های مشاهده‌ای در محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان رضوی به روش خوشه بندی

رضا براتی^۱، سیدمحسن شجاعی^{۲*}، نسرين امینی خانیکی^۳، محمود ارجمندشریف^۴

۱- دکتری عمران، گروه تحقیقات کاربردی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی

۲- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی

۳- کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی

۴- دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی

*Mohsen.shojaei@live.com

۱- چکیده

شبکه پایش آب‌های زیرزمینی به منظور بررسی مسائل این حوزه در دو مقیاس محلی و منطقه‌ای توسعه داده می‌شود. پایش منطقه‌ای آب‌های زیرزمینی از منظر بررسی اثر شدت فعالیت‌های انسان بر منابع آب و مدیریت یکپارچه منابع آب حائز اهمیت است. تراکم شبکه پایش آب‌های زیرزمینی و فراوانی برداشت داده‌ها باید به اندازه کافی باشد تا بتوان اثرات پدیده‌های مختلف را کمی نمود و تغییرات کوتاه مدت را مشخص کرد. تعیین تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی می‌تواند در تعیین رژیم کمی آب زیرزمینی اهمیت داشته باشد. هدف این تحقیق خوشه‌بندی زمان پایش چاه‌های مشاهده‌ای محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان رضوی و توسعه یک معیار کمی برای رسیدن به این هدف است. نتایج خوشه بندی انجام شده برای ۸۰۵ چاه مشاهده‌ای استان که در هشت گروه تقسیم بندی شده اند، نشانگر این موضوع است که ۱۷ درصد چاه‌های مشاهده‌ای (۱۴۱ چاه مشاهده‌ای) با توجه به شرایط کنونی و برداشت داده ماهانه با گام زمانی مناسب برداشت می‌شوند. همچنین ۱۵ درصد چاه‌های مشاهده‌ای (۱۱۸ چاه مشاهده‌ای) دارای نوسانات بیش از ۳۰ سانتی‌متر در ماه بوده که نیازمند نصب ادوات پایش از راه دور می‌باشند.

۲- کلمات کلیدی: چاه مشاهده‌ای، خوشه بندی، متوسط قدر مطلق تغییرات عمق آب زیرزمینی dGWD

۱- مقدمه

توسعه شبکه پایش طی سه مرحله قابل اجرا است [2]: (۱) پایش موقت به منظور بررسی وضعیت آب های زیرزمینی برای مسائل محلی، (۲) شبکه پایش محلی برای پایش سیستماتیک اثرات شدت برداشت آب زیرزمینی و (۳) شبکه پایش منطقه ای یا ملی برای فراهم آوردن اطلاعات کافی به منظور مدیریت و برنامه ریزی یکپارچه منابع آب. هدف پایش تراز آب زیرزمینی و مورد کاربرد آن می تواند در تعیین نوع شبکه پایش کمک کند. به طور خلاصه، داده های طولانی مدت شبکه پایش آب های زیرزمینی می تواند در: (۱) مشخص کردن سیستم آب زیرزمینی، (۲) تحلیل وضعیت کمی آب زیرزمینی، (۳) مشخص کردن تغییرات تغذیه، ذخیره و برداشت آب زیرزمینی، (۴) مشخص کردن اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی، (۵) ارزیابی اثرات توسعه آب زیرزمینی، (۶) کالیبراسیون (واستنجی) مدل های آب زیرزمینی و (۷) ارزیابی موثر بودن مدیریت آب های زیرزمینی و اقدامات حفاظتی، استفاده شود [4&5]. تراکم شبکه پایش آب های زیرزمینی و فراوانی برداشت داده ها باید به اندازه کافی باشد تا بتوان اثرات پدیده های مختلف را کمی نمود و تغییرات کوتاه مدت را مشخص کرد.

به منظور طراحی شبکه پایش سه دسته روش قابل تقسیم بندی هستند: (۱) رویکرد هیدروژئولوژیکی، (۲) رویکرد زمین آماری و (۳) رویکرد مدل سازی [1]. روش های رویکرد نخست بر استفاده از اصول طراحی شبکه بر پایه مفاهیم سیستم هیدروژئولوژی استوار است. رویکرد زمین آماری نیازمند تعداد زیادی اندازه گیری برای تخمین ساختار توزیع مکانی موجود و بررسی ارزیابی اثر بخشی آن برای اهداف مختلف استوار است. در نهایت رویکرد مدل سازی بر توسعه شبکه موجود برای بهبود کالیبراسیون مدل عددی استوار می باشد [6].

تعیین تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی می تواند در تعیین رژیم کمی آب زیرزمینی (گرادیان هیدرولیکی، محل تغذیه و تخلیه و الگوی جریان) اهمیت داشته باشد. تمرکز این گزارش بر خوشه بندی (گروه بندی) زمان پایش چاه های مشاهده ای و توسعه یک معیار کمی برای رسیدن به این هدف است. در ابتدا عوامل موثر بر خوشه بندی زمانی پایش مورد بحث قرار می گیرد. در شکل ۱ عوامل معمول موثر بر انتخاب فراوانی اندازه گیری تراز آب از چاه های مشاهداتی خلاصه شده است [3]. همانطور که در این شکل مشخص است، فراوانی مورد نیاز برای اندازه گیری در آبخوان های آزاد بیشتر از آبخوان های تحت فشار است. همچنین با کاهش عمق، فراوانی لازم برای اندازه گیری افزایش می یابد. با افزایش نرخ تغذیه می بایست اندازه گیری تراز آب در فواصل زمانی کوتاه تری انجام شود. همچنین در مناطقی با نرخ برداشت بیشتر آب زیرزمینی ضرورت افزایش فراوانی برداشت سطح آب احساس می شود. علاوه بر این تغییرات زیاد شرایط اقلیمی منجر به کاهش زمان میان دوره های اندازه گیری تراز آب می شود. سپس روشی برای گروه بندی زمانی پایش چاه های مشاهده ای پیشنهاد می شود و بر روی ۸۰۵ چاه مشاهده ای استان خراسان رضوی اعمال و نتایج ارائه می گردد. در ادامه بحث بر روی نتایج دو دشت دارای نوسان کم و زیاد عمق آب زیرزمینی ارائه، تا به این ترتیب قابلیت رویکرد توسعه داده شده برای تقسیم بندی زمانی پایش ارزیابی گردد.



شکل ۱ - عوامل موثر بر انتخاب فرآوانی اندازه گیری تراز آب از چاه های مشاهداتی

۲- بحث

در روش پیشنهادی به منظور گروه بندی زمانی اندازه گیری چاه های مشاهداتی، سری زمانی داده های سطح آب چاه های مشاهداتی در یک دوره زمانی پایه به نحوی انتخاب می شود که (۱) نه آنقدر کوتاه باشد تا نتوان روند تغییرات سطح آب را بررسی نمود و (۲) نه آنقدر بلند باشد که شامل تغییرات عوامل موثر بر نوسانات در زمان های دور باشد. برای این منظور دوره ای ۱۰ ساله با توجه به شرایط اقلیمی و توسعه بهره برداری از آبخوان به عنوان دوره زمانی پایه انتخاب شده است.

به عنوان معیار نوسانات سطح آب، متوسط قدر مطلق تغییرات عمق آب زیرزمینی dGWD در طول دوره پایه به صورت زیر تعریف می گردد:

$$d_{GWD} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} |d_{i+1} - d_i|}{N-1} \quad (1)$$

در این رابطه d عمق آب زیرزمینی، i اندیس زمانی برای دوره های متوالی برداشت با گام یکسان و N تعداد کل داده های برداشت شده در طول دوره پایه را نشان می دهند. هر اندازه گام برداشت داده کوچک تر باشد، دقت روش برای بررسی نوسانات زمانی سطح آب بیشتر خواهد بود. با این حال، با توجه به اینکه به طور معمول گام برداشت داده ها در سطح کشور به صورت ماهانه می باشد، در روش پیشنهادی گام ماهانه استفاده خواهد شد.

با توجه به دقت ادوات اندازه گیری موجود و همچنین در نظر گرفتن خصوصیات آبخوان های استان وضوح زمانی اندازه گیری در طول هر دوره اندازه گیری ۵ سانتی متر در نظر گرفته می شود، به این ترتیب با توجه به مقدار dGWD، هر چاه مشاهداتی می تواند در یکی از ۸ گروه (خوشه) رابطه ۲ برای تعیین حداقل دوره پایش جای بگیرد:

(۲)

Group 1: $d_{GWD} \leq 2.5 \text{ cm}$	Bi-monthly
Group 2: $2.5 < d_{GWD} \leq 5$	Monthly
Group 3: $5 < d_{GWD} \leq 10$	Twice a month
Group 4: $10 < d_{GWD} \leq 15$	Three times a month
Group 5: $15 < d_{GWD} \leq 20$	Four times a month
Group 6: $20 < d_{GWD} \leq 25$	Five times a month
Group 7: $25 < d_{GWD} \leq 30$	Six times a month
Group 8: $d_{GWD} > 30 \text{ cm}$	Four days one time or less period (continuous monitoring)

به عنوان نمونه در رابطه فوق چاه مشاهده ای که مقدار متوسط قدر مطلق تغییرات عمق آب زیرزمینی d_{GWD} در طول دوره پایه آن ۲/۵ سانتی متر یا کمتر باشد را می توان دو ماه یک بار اندازه گیری نمود. یا چاه مشاهده ای با d_{GWD} برابر ۱۲ سانتی متر نیازمند حداقل سه بار برداشت داده در هر ماه می باشد. برای مقادیر بزرگتر از ۳۰ سانتی متر d_{GWD} نصب ادوات ثبت خودکار سطح آب (سنسور و دیتالاگر) برای اندازه گیری در گام های مناسب زمانی ضروری می باشد. شایان ذکر است مقدار گام دقت اندازه گیری ۵ سانتی متر در روش فوق می تواند با توجه به شرایط محلی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی و اقتصادی تغییر داده شود. با این حال در اصول روش تغییر حاصل نخواهد شد.

۳- نتایج روش خوش بندی برای ۸۰۵ چاه مشاهده ای استان

با اعمال روش پیشنهادی بخش ۳ بر روی چاه مشاهده ای استان خراسان رضوی، ۸۰۵ چاه مشاهده ای موجود در ۸ گروه برای دوره های برداشت داده تقسیم بندی شده اند. با این حال اجرایی شدن این رویکرد نیازمند تامین شرایط مالی خاص خود می باشد. جمع بندی نتایج نهایی برای ۳۴ محدوده دارای چاه مشاهده ای استان در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که در این جدول قابل مشاهده است، درصد چاه های مشاهده ای برای گروه های یک تا هشت به ترتیب ۴، ۱۳، ۲۲، ۲۰، ۱۱، ۷، ۷ و ۱۵ می باشد. به این ترتیب تنها (۴+۱۳) درصد چاه های مشاهده ای (۱۴۱ چاه مشاهده ای در گروه های ۱ و ۲) با توجه به شرایط کنونی و برداشت داده ماهانه با گام زمانی مناسب برداشت می شوند. همچنین مشاهده می شود که ۱۵ درصد چاه های مشاهده ای (۱۱۸ چاه مشاهده ای در گروه ۸) دارای نوسانات بیش از ۳۰ سانتی متر در ماه بوده که حتماً نیازمند نصب ادوات پایش از راه دور می باشند.

جدول ۱ - خلاصه نتایج مربوط به خوشه بندی زمانی ۸۰۵ چاه مشاهده ای استان

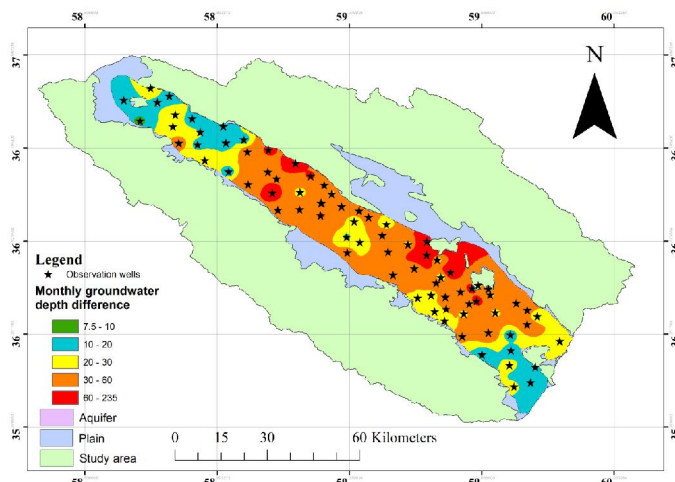
ردیف	کد محدوده	نام محدوده	تعداد کل چاه مشاهده ای	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۵	گروه ۶	گروه ۷	گروه ۸
۱	۴۷۱۶	درونة	۹	۰	۱	۲	۶	۰	۰	۰	۰
۲	۴۷۱۷	بردسکن	۱۸	۰	۰	۱	۷	۷	۱	۱	۱
۳	۴۷۲۱	بجستان یونسی	۳۱	۶	۱۱	۱۲	۲	۰	۰	۰	۰
۴	۴۷۲۲	محوالات فیض آباد	۳۱	۰	۵	۹	۸	۰	۵	۳	۱
۵	۴۷۲۳	ازغند	۷	۰	۰	۳	۲	۲	۰	۰	۰
۶	۴۷۲۴	عمرانی - بیمرغ	۲۲	۲	۶	۱۳	۱	۰	۰	۰	۰

۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱۱	۴	۱۶	گناباد	۴۷۲۵	۷
۰	۰	۰	۰	۱	۵	۲	۰	۸	جنگل	۴۷۲۶	۸
۵	۳	۱	۲	۱	۰	۰	۰	۱۲	رشتخوار	۴۷۲۷	۹
۴	۱	۱	۷	۷	۲	۰	۰	۲۲	زاوه - تربت حیدریه	۴۷۲۸	۱۰
۵	۱	۳	۳	۶	۶	۰	۰	۲۴	کاشمر	۴۷۲۹	۱۱
۱	۱	۰	۲	۲	۰	۰	۰	۶	ریوش	۴۷۳۰	۱۲
۰	۰	۱	۳	۲	۶	۵	۱	۱۸	داورزن	۴۷۳۴	۱۳
۲	۱	۲	۳	۱۰	۲۸	۷	۵	۵۸	سبزوار	۴۷۳۵	۱۴
۰	۰	۱	۰	۲	۱۶	۱۵	۰	۳۴	عطائیه	۴۷۳۶	۱۵
۲	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۴	سنگرد - قلعه میدان	۴۷۳۷	۱۶
۱۲	۵	۵	۱۱	۱۲	۱۲	۳	۰	۶۰	نیشابور	۴۷۳۸	۱۷
۵	۱	۱	۴	۹	۱۰	۱	۰	۳۱	رخ	۴۷۳۹	۱۸
۷	۳	۸	۷	۲۰	۱۴	۵	۲	۶۶	جوین - سلطان آباد	۴۷۴۰	۱۹
۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۳	پنججه	۴۷۴۱	۲۰
۲	۱	۲	۴	۱۱	۴	۰	۰	۲۴	خواف	۵۱۰۱	۲۱
۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱	۸	۲۱	زوزن	۵۱۰۲	۲۲
۰	۰	۰	۱	۷	۴	۸	۶	۲۶	گیسور	۵۱۰۳	۲۳
۳	۲	۲	۳	۲	۷	۵	۰	۲۴	درگز	۶۰۰۱	۲۴
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	کلات نادری	۶۰۰۲	۲۵
۱۰	۱۲	۸	۶	۵	۳	۰	۰	۴۴	سرخس	۶۰۰۴	۲۶
۲	۲	۱	۴	۲	۲	۰	۰	۱۳	نوریمانی - میامی	۶۰۰۶	۲۷
۴۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۲	۲	۰	۰	۸۴	مشهد	۶۰۰۷	۲۸
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	سنگ بست - سرجام	۶۰۰۸	۲۹
۰	۰	۰	۰	۱	۶	۱	۰	۸	صالح آباد - جنت آباد	۶۰۰۹	۳۰
۸	۵	۵	۷	۱۲	۳	۴	۰	۴۴	فریمان - تربت جام	۶۰۱۰	۳۱
۲	۱	۱	۱	۵	۸	۲	۱	۲۱	تایباد	۶۰۱۱	۳۲
۰	۰	۰	۰	۱	۲	۲	۰	۵	شهر نو - باخرز	۶۰۱۲	۳۳
۴	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۹	کرات	۶۰۱۳	۳۴
۱۱۸	۵۵	۵۹	۹۱	۱۶۰	۱۸۱	۱۰۵	۳۶	۸۰۵	تعداد هر گروه برای کل استان		
۱۵	۷	۷	۱۱	۲۰	۲۲	۱۳	۴	۱۰۰	درصد هر گروه		

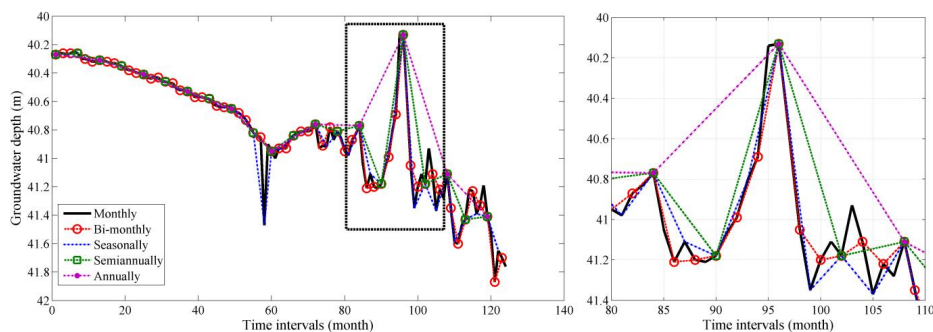
در ادامه جهت بررسی قابلیت روش پیشنهادی به منظور خوشه بندی (گروه بندی) زمانی پایش چاه های مشاهده ای، دو دشت دارای نوسانات کم و زیاد در استان (به ترتیب دشت های گیسور و مشهد) مورد تجزیه و تحلیل دقیق تر قرار خواهند گرفت. برای دشت مشهد متوسط نوسانات ۴۸/۸ (انحراف معیار ۳۰/۹) سانتی متر با حداقل و حداکثر ۷/۶ تا ۲۳۵/۵ سانتی متر و برای دشت گیسور مقدار حداقل، متوسط و حداکثر به ترتیب ۰/۸ (انحراف معیار ۴/۷)، ۶/۳ و ۱۶/۷ سانتی متر می باشد.

نقشه هم تغییرات ماهانه عمق آب زیرزمینی دشت مشهد- چناران در طول دوره پایه در شکل ۲ ارائه شده است. به عبارت دیگر در این نقشه مقدار dGWD برای چاه های مختلف با کمک روش IDW درونیابی شده است و پهنه هم تغییرات ترسیم گردیده است. نقشه مشابهی برای دشت گیسور ارائه شده است (شکل ۶). برای نشان دادن اثر دوره زمانی برداشت عمق آب زیرزمینی برای ۳ چاه مشاهده ای در دو دشت مشهد و گیسور در دوره های زمانی ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه با هم دیگر مقایسه شده است (شکل های ۵ تا ۳). همانطور که در این شکل ها مشاهده می شود برای دشت مشهد با تغییر دوره زمانی از ماهانه به سمت سالانه، اثرات تغییرات موضوعی و یا فصلی نادیده گرفته می شود. این موضوع برای هیدروگراف های دشت گیسور (شکل های ۷ تا ۹) نیز قابل مشاهده است.

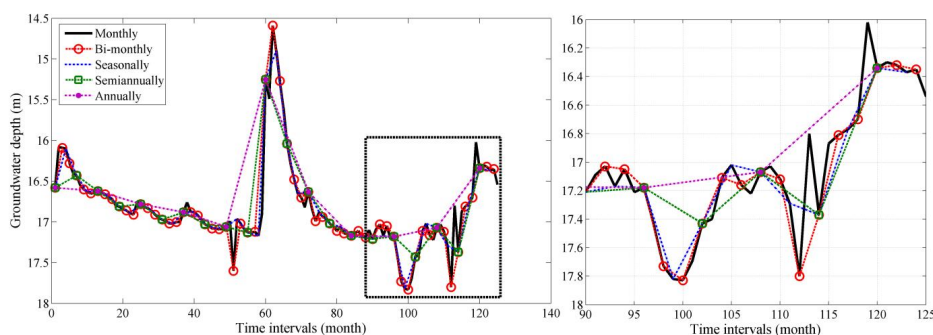
با این حال با توجه به اینکه دامنه تغییرات در این دشت به مراتب کمتر از دشت مشهد می باشد، تغییراتی که با افزایش گام زمانی برداشت از دست می روند، قابل صرف نظر می باشند. خصوصاً برای چاه های گروه ۱ و در حالتی که دو دوره زمانی ماهانه و دو ماه یک بار با یکدیگر مقایسه می شوند. این موضوع نشان می دهد معیار قدر مطلق نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی dgWD می تواند به عنوان معیار مناسبی برای گروه بندی (خوشه بندی) زمانی چاه های مشاهده ای استفاده شود.



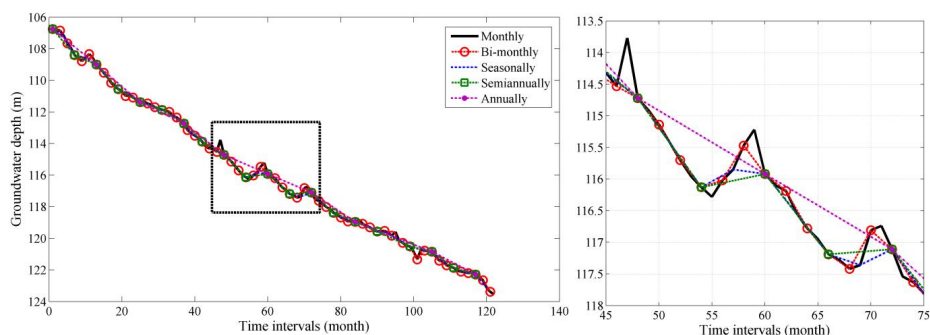
شکل ۲- نقشه هم تغییرات ماهانه عمق آب زیرزمینی دشت مشهد-چنان در طول دوره پایه



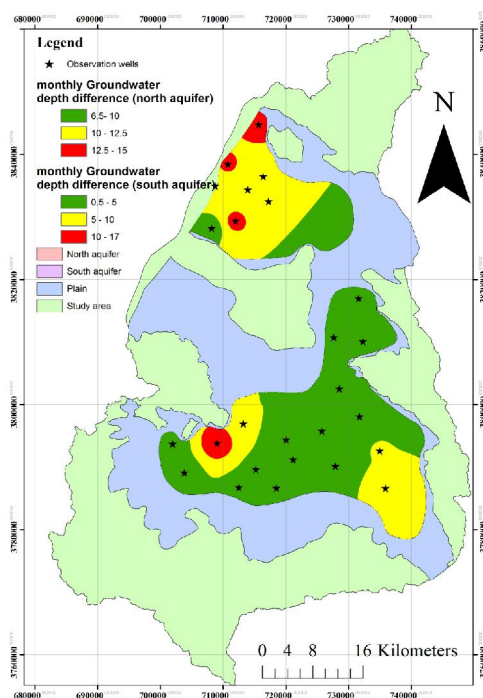
شکل ۳- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای قره چاه (گروه ۳- دشت مشهد) در دوره های ماهانه، دوماه، فصلی، شش ماه و سالانه



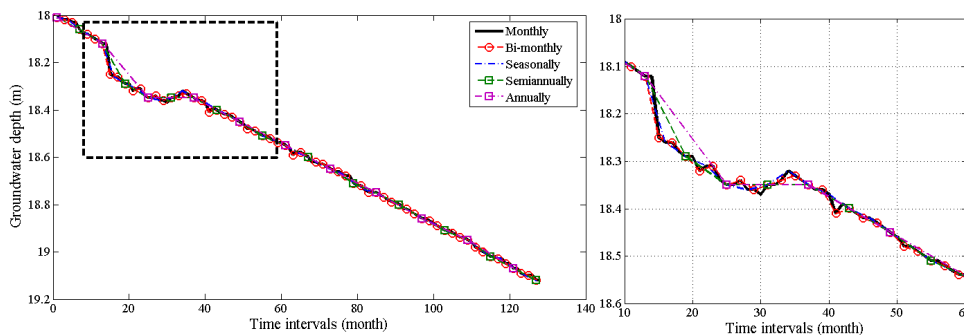
شکل ۴- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای شورچه (گروه ۵- دشت مشهد) در دوره های ماهانه، دوماه، فصلی، شش ماه و سالانه



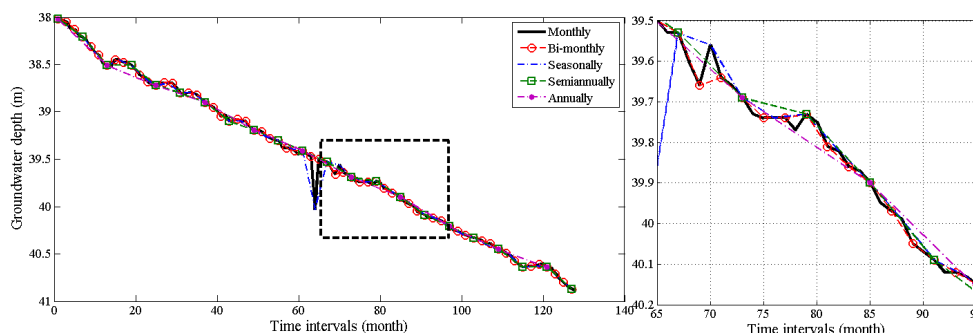
شکل ۵- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای جیم آباد (گروه ۶- دشت مشهد) در دوره های ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه



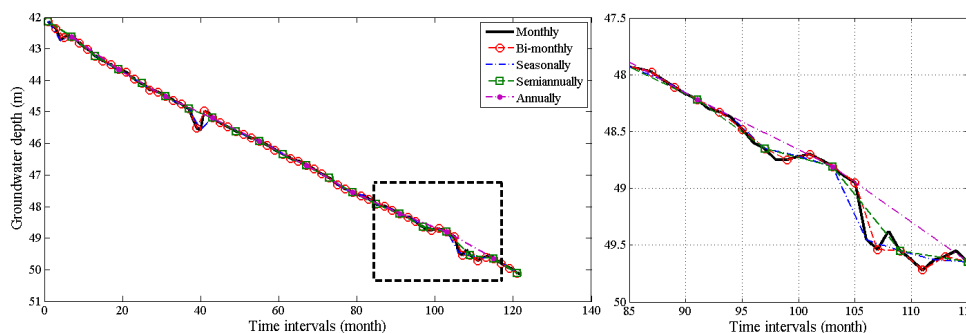
شکل ۶- نقشه هم تغییرات ماهانه عمق آب زیرزمینی دشت گیسور در طول دوره پایه



شکل ۷- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای باغ بخشی (گروه ۱- دشت گیسور) در دوره های ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه



شکل ۸- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای نرسیده به چاه مسیله (گروه ۲- دشت گیسور) در دوره های ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه



شکل ۹- تغییرات عمق آب چاه مشاهده ای روستای آهنگران (گروه ۳- دشت گیسور) در دوره های ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه

۱۰- نتیجه گیری

در گزارش حاضر به منظور خوشه بندی (گروه بندی) زمان پایش چاه های مشاهده ای یک رویکرد تقسیم بندی بر اساس معیار کمی متوسط قدر مطلق تغییرات عمق آب زیرزمینی d_{GWD} در طول دوره پایه پیشنهاد شده است. مقایسه نتایج هیدروگراف های مختلف برای دوره های متفاوت ماهانه، دوماهه، فصلی، شش ماه و سالانه در دو دشت دارای نوسانات کم و زیاد (به ترتیب دشت های گیسور و مشهد)، نشان از قابلیت رویکرد پیشنهادی برای تقسیم بندی زمانی پایش چاه های مشاهده ای دارد. نتایج نشان می دهد که ۸۰۵ چاه مشاهده ای استان خراسان رضوی برای گروه های یک تا هشت به ترتیب ۴، ۱۳، ۲۲، ۲۰، ۱۱، ۷، ۷ و ۱۵ درصد را به خود اختصاص می دهند. به این ترتیب تنها دو گروه اول تقسیم بندی یعنی ۱۷ درصد چاه های مشاهده ای (۱۴۱ چاه مشاهده ای) با توجه به شرایط کنونی و برداشت داده ماهانه با گام زمانی مناسب برداشت می شوند. همچنین مشاهده می شود که ۱۵ درصد چاه های مشاهده ای (۱۱۸ چاه مشاهده ای در گروه ۸) دارای نوسانات بیش از ۳۰ سانتی متر در ماه بوده که نیازمند نصب ادوات پایش از راه دور می باشند.

مراجع

[1] ASCE, 2003. Long-term Groundwater Monitoring, the State of the Art. Task Committee on the State of the Art in Long-Term Ground Water Monitoring Design. ASCE, Reston, Virginia, USA.

- [2] Jousma, G., & Roelofsen, F. J. (2004). World-wide inventory on groundwater monitoring. International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). Utrecht.
- [3] Taylor, C. J., & Alley, W. M. (2001). Ground-water-level monitoring and the importance of long-term water-level data (Vol. 1217). Geological Survey (USGS).
- [4] UNESCO, 1998. Monitoring for Groundwater Management in (Semi-)arid Regions. UNESCO, Paris, France.
- [5] WMO, 1989. Management of groundwater observation programmes. In: Operational Hydrology Report No. 31. WMO, Geneva, Switzerland.
- [6] Zhou, Y., Dong, D., Liu, J., & Li, W. (2013). Upgrading a regional groundwater level monitoring network for Beijing Plain, China. Geoscience Frontiers, 4(1), 127-138.