DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106814

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 8, Issue 3, 2016, Pages 310-321

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۸، شماره ۳، ۱۳۹۵، صفحات ۳۱۰-۳۲۱

# ارزیابی تغییرات اقلیم دیرینه به کمک ردیاب شیمیایی کلر در رسوبات منطقه غیر اشباع دشت اردبیل

**حسین سعادتی**[*1]

[1] استادیار، گروه منابع طبیعی-محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸

**چکیده**

در این تحقیق با روش ردیاب شیمیایی، ارتباط فرایندهای بارش، نفوذ و هیدروژئولوژی در دوره‌های مختلف گذشته به‌منظور تعیین دوره‌های اقلیمی دیرینه، در دشت اردبیل ارزیابی شده است. وقوع خشک و ترسالی‌های متوالی در دوره‌های گذشته، در این روش با ارزیابی پروفیل‌های کلراید در شش پروفیل حفرشده در دشت اردبیل، مشخص شد. برای معین‌شدن زمان وقوع خشک و ترسالی‌ها در اعماق پروفیل‌ها، سن آب‌های قرارگرفته در اعماق خاک به‌وسیله معادله و منحنی‌های مربوط، محاسبه‌شده که سن برآورد شده املاح رسوبات دشت اردبیل در روش رابطه ادموند-آلیسون از ۷۳۷ سال در پروفیل ایمیچه تا ۴۵۱۱ سال در پروفیل قره‌لر متغیر بود. در ۱۱۰۰ سال اخیر، دو ترسالی و دو خشکسالی عمده ثبت شد. آخرین خشکسالی در ۱۱۶ سال پیش با ۲۰۲ میلی‌متر بارش و دومین خشکسالی در ۴۷۳ سال پیش با ۸۳ میلی‌متر بارش برآورد شد. در همین دوره آخرین ترسالی در ۲۱۰ سال پیش با ۴۵۱ میلی‌متر بارش و دومین ترسالی در ۷۳۵ سال پیش با ۷۰۳ میلی‌متر بارش ثبت شد که این ترسالی بیشترین مقدار بارش برآورد شده در کل دوره ۳۶۰۰ به‌دست‌آمده بوده است. دشت اردبیل از ۱۱۰۰ تا ۲۹۰۰ سال پیش به مدت ۱۸۰۰ سال یک خشکسالی متوسط را تجربه کرده که نشان‌دهنده طولانی بودن دوره‌های خشکسالی ها در این دشت است. در دوره ۲۹۰۰ تا ۳۵۵۰ سال پیش دوره ترسالی با نوساناتی اتفاق افتاده است. با توجه به این موضوع منطقه اردبیل یک‌روند به‌سوی خشک‌سالی در پیش دارد. البته در این روند خشکسالی، دوره‌های تر و خشکسالی با تغییرات اقلیمی کمتر، می‌تواند اتفاق بیافتد.

**واژه‌های کلیدی**: اقلیم دیرینه، ترسالی، دشت اردبیل، خشکسالی، ردیاب شیمیایی کلر، سن آب

**مقدمه**

برای برآورد پارامترهای اقلیم دیرینه در سامانه بیلان آبی روش‌های مختلفی وجود دارد. به‌دلیل مشکل بودن و محدودیت زمانی و مکانی اندازه‌گیری، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که ضریب تغییرات بارش زیاد است، بعضی از اجزای این چرخه، مثل میزان تبخیر، بارش یا سایر مؤلفه‌های چرخه آب دارای دقت ضعیفی خواهند بود. از طرف دیگر، با چنین آمار و اطلاعات کم و ناقص نمی‌توان دوره بازگشت‌های اجزای چرخه آب و درنهایت پیش‌بینی آن‌ها را در مقیاس‌های مختلف به

[*] مسئول مکاتبات: saadati55@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

دست آورد(Ziad، ۲۰۰۴). برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژی گذشته و یا آینده می‌توان از برخی عوامل قابل‌اندازه‌گیری در محیط غیراشباع خاک استفاده کرد. بارش و رواناب بعد از نفوذ در این محیط، مواد شیمیایی و ایزوتوپی خاصی را با توجه به مقدار و زمان وقوع، در افق‌های مختلف، به‌جا می‌گذارد. شایان‌ذکر است که در ایران به علت عدم دسترسی به فناوری آزمایشگاهی، تاکنون امکان تحقیق در این روش به‌وجود نیامده است، گرچه ردیاب‌ها و ایزوتوپ‌ها موادی هستند که اخیراً در عرصه‌های مختلف از جمله هیدرولوژی به‌کار گرفته شده‌اند و نسبت به روش‌های دیگر، برای برآورد اجزای این چرخه دارای هزینه پائین‌تری نیز هستند. اندازه‌گیری جریان در محیط‌های اشباع و غیراشباع کار پرهزینه‌ای است و دقت روش‌ها نیز مناسب نیست (Edmund و همکاران، ۱۹۸۸). مطابق تحقیقی که بر روی رسوبات دریاچه والبی سانتیاگو[1] در مکزیک انجام‌گرفته است با نمونه‌برداری از دو حفاری تا عمق نه متر، نوسانات دوره‌های تر و خشکسالی تا ۱۱۶۰۰ سال قبل از میلاد، به‌وسیله ردیاب کلر به‌دست آمده است (Jungjae و همکاران، ۲۰۱۰).

## مواد و روش‌ها

**موقعیت منطقه مورد پژوهش:** تحقیق حاضر در دشت اردبیل با محدوده طول جغرافیایی '۱۰ °۴۸ تا '۱۵ °۴۸ و عرض '۱۵ °۳۸ تا '۳۰ °۳۸ با هدف برآورد اقلیم دیرینه انجام گرفت. اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک، چاه‌ها و قنات‌های موجود و همچنین از پروفیل خاک استفاده شد. بعد از این‌که نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل شدند، محل یا عمق و زمان قرارگیری ردیاب‌ها برای خاک‌های مختلف و در چاه‌های مختلف برآورد و این مشخصات از ردیاب‌ها شرایط چرخه هیدرولوژیکی را در زمان‌های به‌دست آمده، ارائه خواهند داد. مساحت دشت اردبیل حدود ۹۵ هزار هکتار و مساحت کل حوضه آبخیز بالادست آن به همراه دشت حدود ۴۱۱/۵ هزار هکتار می‌باشد برای تعیین مشخصات زیر حوضه‌های رودخانه و همچنین آبراهه‌های اصلی و فرعی از نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای، بازدیدهای میدانی و تحلیل‌های نرم‌افزار GIS استفاده‌شده است. دشت اردبیل ازنظر ساختار زمین‌شناسی از فلات‌ها، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رسوبی، دشت‌های رودخانه‌ای، واریزهای بادبزنی شکل سنگریزه دار و اراضی مخلوط تشکیل‌شده است. سازندهای موجود در دشت اردبیل عبارت‌اند از دشت‌های آبرفتی، نهشته‌های کواترنر، دشت‌های رسوبی، سطوح فرسایش یافته قدیمی، سنگ‌آهک‌های دگرگونی، آتشفشانی و توف می‌باشد. برای بررسی ویژگی‌های اقلیمی دشت اردبیل، داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک، و ۱۴ ایستگاه باران‌سنجی واقع در دشت، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

منطقه موردمطالعه در فصل‌های سرد سال تحت تأثیر توده هوای مهاجر از شمال، شمال غرب و غرب قرار می‌گیرد. در فصل تابستان نیز گاهی دستگاه‌های کم‌فشار باران‌زائی تأثیر گذاشته و بارندگی‌های تابستانه را در این مناطق باعث می‌شود. بخش‌هایی از استان تحت تأثیر اقلیم خزری قرار داشته، دریای خزر در شرق استان بر شرایط دمایی و رطوبتی آن اثر می‌کند و موجب تعدیل آب و هوا در آن مناطق می‌شود. با توجه به بررسی‌های به‌دست‌آمده، آب‌وهوای اردبیل در ۱۰ سال گذشته از وضعیت نیمه مرطوب به حالت نیمه‌خشک تغییر اقلیم داده به‌طوری‌که در سال‌های اخیر تنش و ناهنجاری‌های جوی و آب‌وهوایی در این استان به وجود آمده است. مرکز استان پنج درجه کاهش دمای هوا در ده سال گذشته مواجه بوده است، که نشان می‌دهد آب‌وهوای اردبیل از حالت مرطوب به حالت نیمه‌خشک سرد تبدیل‌شده است. متوسط بارندگی نرمال در استان ۳۳۴ میلی‌متر می‌باشد. موقعیت دشت اردبیل در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

**روش پژوهش:** ردیاب‌ها، پارامترهایی مثل تغذیه سفره‌های زیرزمینی، بارش و ارتباط آن‌ها را در دوره‌های مختلف زمانی، برآورد می‌کنند. برای رسیدن به وقایع بارش‌های گذشته، از غلظت، عمق قرارگیری و سن

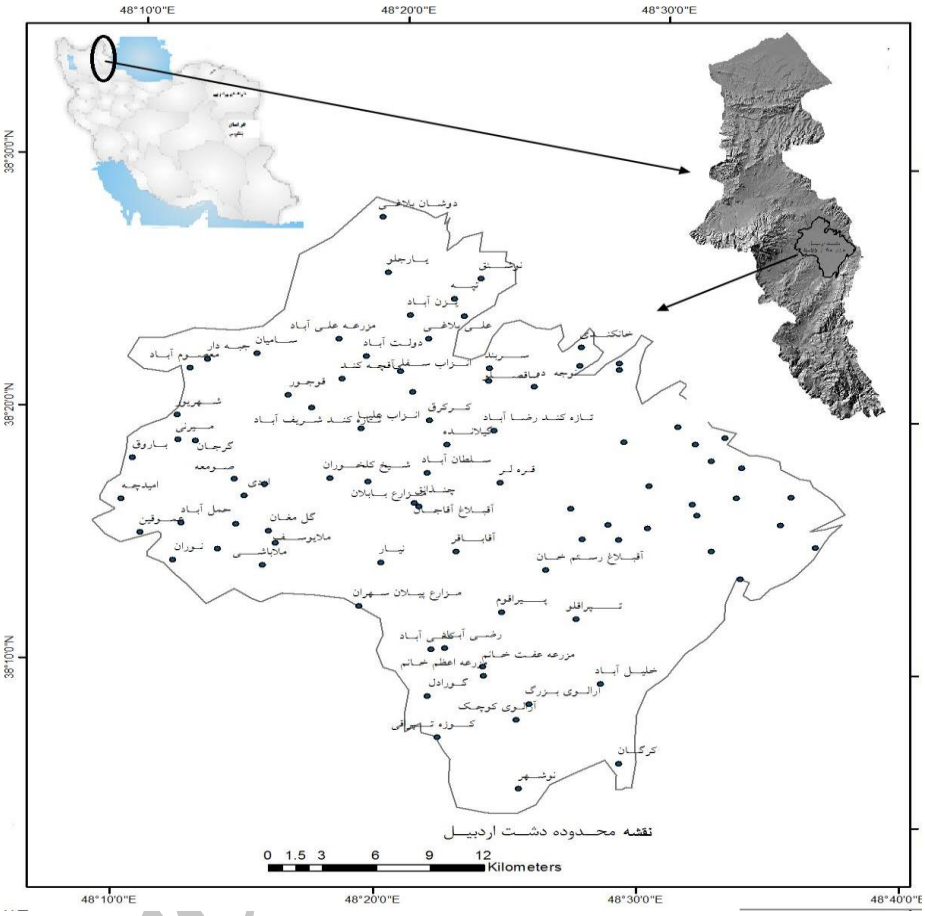
[1] Valle be Santiago

Archive of SID

www.SID.ir

ردیآب‌های شیمیایی استفاده‌شده و با ایجاد روابط همبستگی بین این متغیرها مدلی ارائه شده است(Scanlon، ۱۹۹۷). این مدل قادر است، تغییرات بارش را در دوره‌های گذشته و نیز آینده با توجه به روند تغییرات ردیآب‌ها با دقت بالا و هزینه کمتر برآورد کند.

هدف مهم این تحقیق ترسیم پروفیل ردیآب‌ها در منطقه غیراشباع دشت, تعیین سن آب‌های قرارگرفته در اعماق خاک با استفاده از رابطه ادموند-آلیسون در خاک محیط غیراشباع پروفیل‌ها و در نهایت تعیین زمان‌تر و خشک‌سالی‌ها می‌باشد.




**شکل ۱**- موقعیت دشت اردبیل در استان و ایران

با ارزیابی تحقیقات و منابع انجام‌شده در کشورهای خارجی مشخص می‌شود که از چهار دهه گذشته تا به حال استفاده از ردیاب‌های محیطی به‌ویژه ایزوتوپ‌ها فراگیرتر شده است. با پیشرفت فناوری استفاده از ایزوتوپ‌ها مثل $^{18}O$, $^{2}H$, $^{3}H$ و سایر ایزوتوپ‌ها متداول شده است (IAEA، ۱۹۸۳). Edmunds و همکاران (۱۹۸۴) و Scanlon (۱۹۹۱) در این مورد بررسی‌هایی در آفریقا انجام داده‌اند و نتایج قابل قبولی دریافت کرده‌اند که در این تحقیق از روابط تجربی تحقیقات آن‌ها استفاده گشته است ولی بهتر است برای واسنجی این روش از روش‌های بیلان آبی، مدل‌سازی عددی و ژئوالکتریک نیز بهره گرفته شود با ترکیب و تکمیل این روش‌ها نتایج معتبر و قابل قبولی به دست خواهد آمد.

در این نوع تحقیق‌ها، مناطق نمونه‌برداری آب‌های زیرزمینی و محیط غیراشباع اهمیت خاصی دارد. برای این منظور نمونه‌های پروفیل‌های حفرشده، قنات و چاه‌ها از قسمت‌های مخروط افکنه ای، دشت سیلابی و آبرفتی، دشت‌سر، پلایاها و نیز قنات‌های بالادست

www.SID.ir

برداشت شد. این مناطق به‌وسیله نرم‌افزار GIS و نیز اندازه‌گیری‌های GPS دقیقاً روی نقشه‌ها معین شد. برای نامیدن محل‌های نمونه‌برداری و هر نمونه از علائم اختصاری اسم منطقه، نوع نمونه (آب سطحی، زیرزمینی، خاک، بارش و .....) و یا عمق (در محل‌های غیراشباع) استفاده‌شده است. هفت پروفیل با اعماق، ۱۵، ۱۳، هفت، پنج، شش و شش متری در دشت اردبیل به‌وسیله آگرهای ضربه‌ای. دستی و نیز حفر چاه به‌منظور برداشت نمونه خاک استفاده شد و از هر نیم متر این پروفیل‌ها نمونه‌برداری خاک انجام شد.

در تحقیق حاضر از روش تحلیل خوشه‌ای نرم‌افزار آماری STATISTICA 12 به‌منظور دسته‌بندی نمونه‌های به‌دست‌آمده از پروفیل‌ها استفاده شد. غلظت کلر و پارامتر شیمیایی دیگر در نمونه‌های آب و خاک اندازه‌گیری شد. اتصال و لینک روش Wards و فاصله Euclidean بهترین نوع خوشه‌بندی برای اطلاعات نمونه‌ها خواهد بود. به‌منظور اثبات تفاوت بین گروه‌های حاصل از تحلیل خوشه‌ای، از نرم‌افزار SPSS 17 استفاده شد و با تحلیل ANOVA تفاوت بین خوشه‌ها به دست آمد (Boggs و همکاران، ۱۹۸۸).

بررسی هیدروژئوشیمیایی شامل دو گام نمونه‌برداری و تحلیل است و برای نمونه‌برداری نیاز به‌دقت در انتخاب محل‌ها است, تا این‌که نمونه‌ها بتوانند هدف موردنظر را پوشش دهند. کلراید می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر مهم در ردیابی محسوب شود، که یک ماده راکد و پایدار شیمیایی است و در ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی که در تعامل با مولکول‌های آب که در فرایند تبخیر و تعرق تجزیه یا خارج می‌شوند، محافظت می‌شود (Scanlon، ۱۹۹۷). کلراید محیطی به علت فراوانی در بارش، برای ردیابی در رسوبات مناطق خشک و نیمه‌خشک کاربرد دارد (Edmunds و همکاران، ۱۹۸۸). داده‌های مربوط به میزان CL در طول فصول بارش سال‌های ۸۵-۸۴ از ۳/۵ تا ۷/۱ میلی‌گرم در لیتر تغییر می‌کند. چند عنصر از املاح بارش از قبیل کلراید، برم، فلوئور و نیترات با ماندگاری بالا در طول عبور از منطقه غیراشباع باقی‌مانده، راهنما و ردیاب واکنش‌های محیطی هستند. که در این تحقیق از ردیاب کلر استفاده شد. سن آب‌های قرارگرفته در اعماق، به‌وسیله پارامترهای مقدار کلراید در اعماق و جریان سطحی با معادله (۱) محاسبه می‌شود. معادله دومی شکل ساده شده معادله اصلی اولی است (Edmunds و همکاران، ۱۹۸۸ و Scanlon و همکاران، ۱۹۹۷).

$$t=\int_0^z \theta Ccl\ d_z/qcl \qquad t=\frac{\theta_i.H.C_{ir}}{\overline{p}.\overline{C_p}} \qquad (۱)$$

که در آن، $\theta_i$ مقدار رطوبت خاک (گرم بر لیتر)، $H$ ارتفاع منطقه غیراشباع از سطح زمین (میلی‌متر)، $C_{ir}$ غلظت کلراید در منطقه غیراشباع، $C_p$ غلظت کلراید در بارش (گرم بر لیتر)، $\overline{p}$ میانگین بارش منطقه (میلی‌متر) می‌باشد.

برای مشخص ساختن توزیع زمانی نفوذ، از دو نوع مقیاس زمانی کوتاه و بلندمدت استفاده شد. توزیع زمانی در مقیاس کوتاه‌مدت، بر اساس مقدار رطوبت و پتانسیل رطوبت در محیط غیراشباع است و توزیع زمانی بلندمدت بر اساس مقایسه غلظت کلراید و رطوبت خاک به دست آمد (Edmonds و همکاران، ۱۹۸۸). سن آب‌های قرارگرفته در اعماق خاک به‌وسیله رابطه (۱) محاسبه شد. نتایج حاصل از این محاسبه در گراف‌هایی در شکل ۲ ارائه شده است. مطابق اصل کلی، هر چه غلظت کلراید در نمونه‌ها بالاتر باشد نشانگر تبخیر تعرق زیاد و در نتیجه بارش کمتر خواهد بود.

## نتایج و بحث

پروفیل‌های شاخص در شش منطقه ایمیجه، حسن بارو، قرلر، کوریئم، آراللو و دولت‌آباد حفر شد. متوسط غلظت‌های کلراید (cs) در پروفیل‌ها به‌ترتیب ۴۱/۵۳، ۱۰۶۱/۱، ۲۶۶/۹۵، ۱۸۱/۲۵، ۷۶/۶۵۵ و ۲۹۳/۳۶ میلی‌گرم در لیتر نوسان می‌کند. این نوسانات در دوره‌های فصلی تفسیر شده است که مرتبط با دوره‌های تر و خشکسالی است. غلظت کلراید بارش متوسط دو ساله (۵/۴۱ میلی‌متر) در منطقه اردبیل برآورد شد. مقدار بارش در بخش‌های مختلف دشت از ۲۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

میلی‌متر در حسن بارو تا ۲۸۵ میلی‌متر در قره‌لر متفاوت است.

بیشینه مقدار کلراید در شش پروفیل مذکور در اعماق دو الی سه متر بین ۱۲۵۲-۹۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. با حرکت به سمت اعماق پائین، تغییرات و مقدار کلراید عمدتاً کمتر می‌شود. بیشینه مقدار کلراید در منطقه قره‌لر است (شکل‌های ۴ الی ۸). آب‌های سطحی و باران بعد از این‌که وارد خاک می‌شوند به مقدار کلراید آن‌ها اضافه شده و به عبارتی تغلیظ می‌شوند. از دلایل غلظت بالای کلراید در اعماق دو تا سه متری نفوذ پذیری اشباعی بارش تا این اعماق، سپس صعود شعریه، نوع رسوبات این منطقه که عمدتا در این عمق، مقدار شن خاک نیز افزایش زیادی یافته و تبخیر آب به سمت بالاست درنتیجه غلظت کلراید در آنجا زیاد می‌شود (Allison و Hughes، ۱۹۷۸).

همان‌طور که در شکل ۲ ارائه شده است، در منطقه قره‌لر مقدار کلراید بین ۱۲۵۲ تا ۱۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و متوسط وزنی ۶۵۵/۷۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و نوع بافت خاک شنی-لومی است. این پروفیل در بخش مرکزی دشت اردبیل قرار داشته، پس از پروفیل دولت‌آباد، دارای کمترین ارتفاع در سطح دشت است. پروفیل دولت‌آباد در شمالی‌ترین بخش دشت اردبیل قرار دارد و مقدار کلراید در این پروفیل بین ۸۲۳ تا ۶۲ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشته و متوسط وزنی آن ۲۹۳ میلی‌گرم بر لیتر است که دومین رتبه را در مقدار کلر دشت دارد. این پروفیل تقریباً نسبت به بقیه پروفیل‌ها در پست‌ترین منطقه قرار دارد و بافت آن شنی-لومی می‌باشد. پروفیل آراللو در قسمت جنوبی‌ترین بخش دشت و به همراه پروفیل ایمیچه در بالاترین ارتفاع دشت قرار دارد. این پروفیل دارای بافت شنی-رسی-لومی است. مقدار متوسط کلر در آن ۲۶۷ میلی‌گرم بر لیتر است که بین ۷۸ تا ۷۲۴ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است و سومین رتبه کلر را دارد. پروفیل کورئیم در قسمت جنوب غرب دشت با ارتفاع ۱۳۶۴ قرار دارد. این پروفیل نیز دارای بافت شنی-لومی بوده و مقدار کلراید در آن در چهارمین رتبه، بین ۴۱ تا ۵۸۲ میلی‌گرم بر لیتر و متوسط وزنی ۱۸۱ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. پنجمین پروفیل حفرشده، حسن بارو در شرق در دشت اردبیل می‌باشد. در این پروفیل مقدار کلراید بین ۱۷۴ تا ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشته و متوسط وزنی آن ۱۰۶ میلی‌گرم بر لیتر است. این پروفیل در ارتفاع ۱۳۶۷ متر از سطح آزاد دریا قرار دارد. آخرین پروفیل حفرشده در منطقه ایمیچه در شرقی‌ترین و مرتفع‌ترین بخش دشت با ارتفاع ۱۴۱۰ متر می‌باشد. مقدار کلراید در این پروفیل بین ۹۴ تا ۱۷ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشته و متوسط وزنی آن ۴۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، که کمینه ردیاب کلر را داراست. با بررسی مقادیر کلراید دشت اردبیل در جاهایی که ارتفاع از سطح دریا بیشتر بود مقدار کلراید پروفیل آن‌ها کمتر از مناطق پست‌تر بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است در پروفیل‌ها، مقدار کلراید در اعماق پائین تر نوسانات کمتری دارد. تغییرات عمودی غلظت کلراید در پروفیل‌ها از روند تغییرات پتانسیل رطوبت خاک در آن‌ها تبعیت می‌کند که هر دو نشان‌دهنده مقدار نفوذ آب است به علت این‌که غلظت کلراید در اعماق کمتر از ۸-۷ متر افت می‌کند، در این مناطق جریان آب بیشتر خواهد بود.

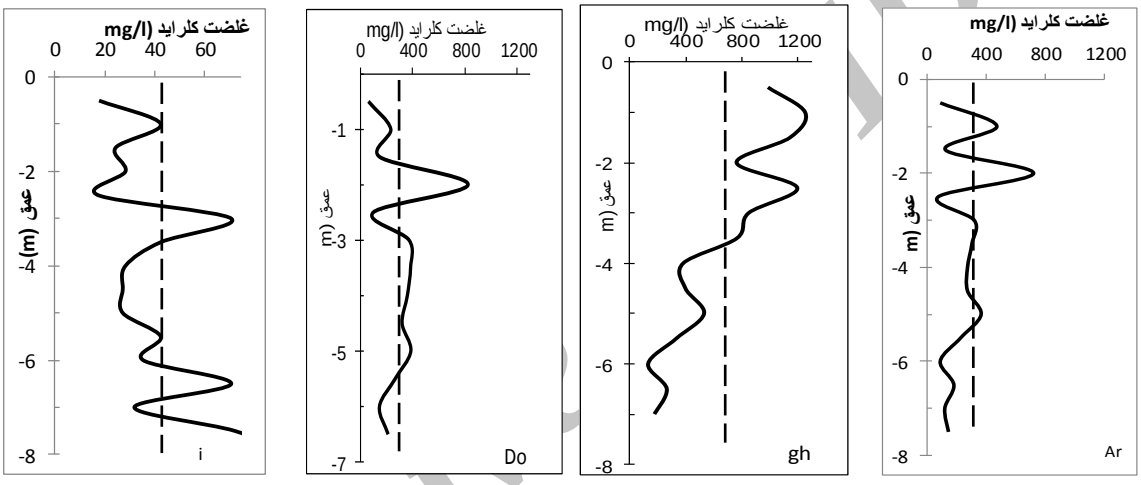
مطابق جدول ۱، آزمون فیشر برای تشریح اهداف آمار استفاده شد چون تفکیک خوشه‌ها بر اساس بیشترین اختلاف بین طبقات است پس افزایش مقدار F نشان از اختلاف مقادیر هر پروفیل است به‌طوری‌که در پروفیل آراللو بیشترین مقدار F وجود داشت یعنی مقادیر ردیاب در آن اختلاف بیشتری نسبت به سایر پروفیل‌ها دارد و در یک طبقه منحصر و جدا قرار می‌گیرد. سطوح معنی‌دار مشاهدات (sig) پایین‌تر نشان از پذیرفته نشدن برابری و همگنی خوشه‌ها درنتیجه تفاوت خوشه‌ها است. همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشخص است، پروفیل‌هایی که در یک خوشه یا طبقه قرار می‌گیرد، دارای سطوح معنی‌دار (sig)، آزمون فیشر و مربع خطا و مربع میانگین مشابه هست (Khalaj و Pakzad، ۱۹۹۹).

Archive of SID

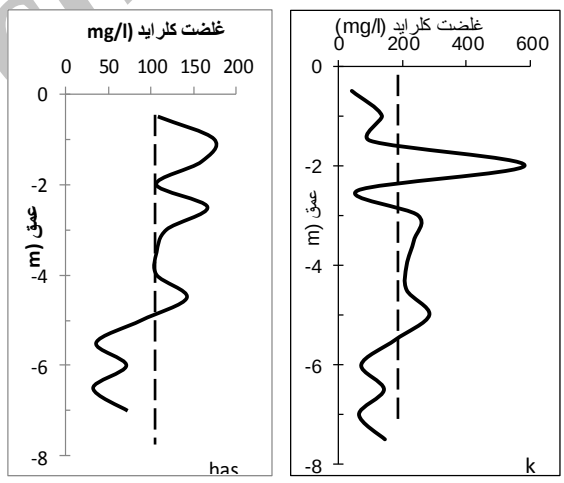
www.SID.ir

**جدول ۱**– همگن‌بندی و خوشه‌بندی پروفیل‌ها و تجزیه واریانس(ANOVA) به‌منظور اعتبارسنجی

| ردیف | محل پروفیل | Cluster | | خطا | | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | درجه آزادی | | |
| ۱ | دولت‌آباد | ۱۵۸۴۸۹/۸۳۳ | ۲ | ۱۳۶۴۸/۷۷۳ | ۱۰ | ۱۱/۶۱۲ | ۰/۰۰۲ |
| ۲ | حسن بارو | ۵۲۷۳/۹۲۷ | ۲ | ۱۳۸۰/۳۶۶ | ۱۰ | ۳/۸۲۱ | ۰/۰۵۹ |
| ۳ | ایمیجه | ۵۹/۴۳۵ | ۲ | ۴۰۲/۵۷۳ | ۱۰ | ۰/۱۴۸ | ۰/۸۶۵ |
| ۴ | آراللو | ۷۲۰۷۶۶/۳۵۵ | ۲ | ۲۸۴۰۶/۳۲۹ | ۱۰ | ۲۵/۳۷۳ | ۰/۰۰۰ |
| ۵ | کورئیم | ۸۵۵۰۷/۵۲۵ | ۲ | ۶۴۹۴/۱۸۴ | ۱۰ | ۱۳/۱۶۷ | ۰/۰۰۲ |
| ۶ | قره لر | ۱۰۹۹۶۱/۴۷۲ | ۲ | ۱۷۱۶۹/۵۹۰ | ۱۰ | ۶/۴۰۴ | ۰/۰۱۶ |




a) منطقه ایمیجه b) منطقه قره‌لر c) منطقه آراللو d) منطقه دولت‌آباد




e) منطقه کورئیم f) منطقه حسن بارو

**شکل ۲**- پروفیل‌های مقدار کلراید و رطوبت خاک محیط غیراشباع در شش نقطه نمونه‌برداری دشت

Archive of SID
www.SID.ir

به‌طورکلی مشخصات پروفیل‌های منطقه غیراشباع در دشت آبرفتی اردبیل نشان داد که در این دشت غلظت کلراید پایین بوده ولی مقادیر رطوبت خاک و تغذیه بالا است. غلظت کلراید پائین در پروفیل‌ها نشان از نفوذ آب بالا در دوره‌های خاص درگذشته می‌باشد. نکته‌ای که در این پروفیل‌ها وجود داشت غلظت بالای کلراید در اعماق دو تا سه متر است که به‌علت شسته شدن کلراید از سطح به این اعماق است که مرتبط با بافت شنی زبر در این اعماق است.

همچنین، منطقه اشباع سطحی به علت تأثیر تبخیر، در پایین این منطقه (عمق دو تا سه متری) تجمع املاح به وجود می‌آید. برآورد درازمدت تغذیه و تغییرات اقلیم به‌وسیله غلظت‌های کم کلراید در دشت اردبیل بررسی شد. در این دشت مشخص است که مقدار تغذیه در دورهای گذشته دارای نوساناتی است که از دوره‌های خشک و ترسالی تبعیت می‌کند (Elmore و همکاران، ۱۹۸۴).

سن برآورد شده با روش ردیابی در رسوبات دشت اردبیل در روش رابطه ادموند-آلیسون از ۷۳۷ تا ۴۵۱۱ سال در شش پروفیل متغیر بود. تغییرات زمانی پروفیل‌ها با توجه به غلظت کلراید در آن‌ها بررسی شد که بیشینه زمان قرارگیری آب در پروفیل‌ها حدود ۴۵۰۰ سال برآورد شد. در روش ردیابی، وجود مقادیر بالای کلراید تجمعی یا عمق بیشتر پروفیل، حائز اهمیت است درنتیجه بازه زمانی بیشتری را پوشش خواهد داد به‌طوری‌که پروفیل‌های عمیق می‌توانند شرایط اقلیمی قدیمی‌تری را برآورد کنند در این میان، تأثیر پوشش گیاهی در برداشت آب از منطقه غیراشباع می‌تواند خطای معنی‌دار ایجاد کند که نیاز است بررسی خاصی برای این کار به‌وسیله مطالعه لایسیمتر در منطقه انجام گیرد.

مقایسه و استنتاج از داده‌های فیزیک خاک و ردیآب‌های محیطی می‌تواند به بررسی و برآورد توزیع زمانی جریان محیط غیراشباع کمک کند. مطابق رابطه‌ای که در بحث قبلی ارائه شد، سن آب‌های قرارگرفته در اعماق محاسبه شد. همان‌طور که مشخص شد، آب‌های مناطق غیراشباع قرارگرفته در اعماق به‌وسیله عنصر کلر ردیابی می‌شود. منشاء این آب‌ها، باران بوده، درنتیجه با این اطلاعات می‌توان زمان وقوع بارش را پیش‌بینی کرد. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، مقدار بارش نیز رابطه معکوس با مقدار ردیاب کلر دارد. درنتیجه می‌توان به‌غیراز زمان وقوع، مقدار بارش را نیز برآورد کرد (Lodge و همکاران، ۱۹۹۸).

با توجه به مقدار کلراید در اعماق خاک و روابط برآورد زمان قرارگیری آن در این اعماق (Scanlon و همکاران، ۱۹۹۷)، وضعیت اقلیمی و تغذیه در دشت اردبیل مشخص شد. در این برآوردها از بارش متوسط ۳۰ ساله و غلظت متوسط کلراید اعماق استفاده شد، حال می‌توان برای هرکدام از دوره‌های تر و خشکسالی مقدار بارش را نیز برآورد کرد. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است. مقدار بارش با توجه به‌عکس مقدار کلر آن در دوره خاص مطابق رابطه (۲)، برآورد گشته است (Allison و همکاران، ۱۹۷۸). مطابق این برآورد چهار ترسالی مهم در دشت اردبیل اتفاق افتاده است. آخرین برآورد واقعه در حدود ۱۰۰ سال اخیر به‌صورت خشکسالی بوده است که در شکل ۴ به‌طور کامل ارائه‌شده است.

$$P_i = \frac{P_{mean} \times {}^{1}\!/\!_{cl_i}}{{}^{1}\!/\!_{cl_{mean}}} \qquad (۲)$$

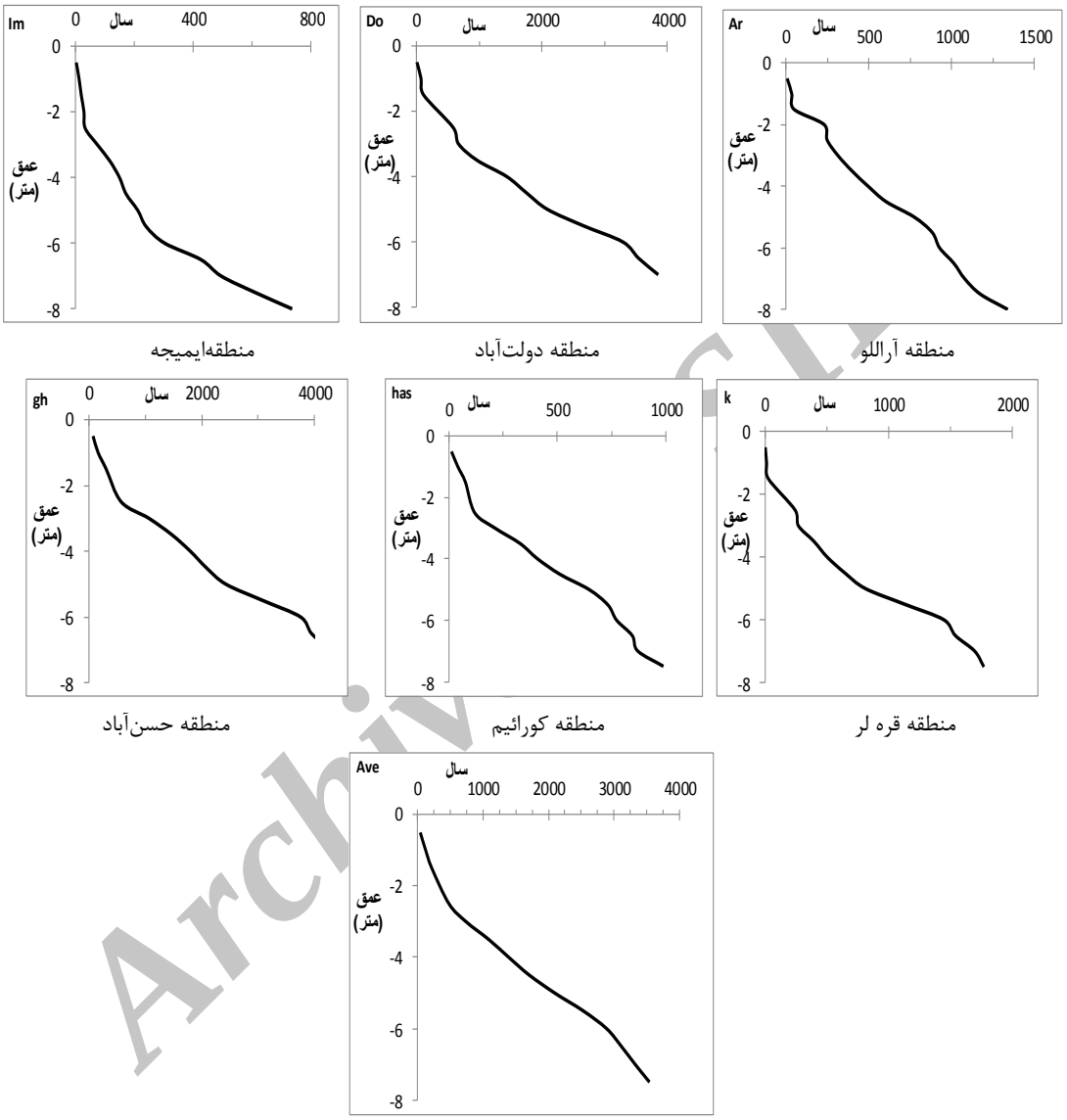
که در آن، $P_i$ مقدار بارش در دوره خاص خشکسالی یا ترسالی (میلی‌متر)، $P_{mean}$ مقدار متوسط بارش دوره آماری ۳۷ ساله (میلی‌متر)، $cl_i$ غلظت کلراید در عمق یا دوره موردنظر (میلی‌گرم بر لیتر)، $cl_{mean}$ غلظت متوسط کلراید در منطقه غیراشباع دشت اردبیل (میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد.

همان‌طور که از شکل ۴ و جدول ۳ مشخص است آخرین واقعه در دشت اردبیل مربوط به شروع یک خشکسالی در حدود ۱۱۶ سال پیش با بارش حدود ۲۰۲ میلی‌متر است. مطابق محدودیتی که در مطالب قبلی اشاره شد و به انباشتگی ردیاب کلر در عمق دو تا سه متری سطح زمین برمی‌گردد، نمی‌توان شرایط اقلیمی

Archive of SID

www.SID.ir

سال‌های اخیر را با این روش برآورد کرد. بر اساس مطالب ارائه‌شده به‌وسیله Farajzadeh و Movaheddanesh (۱۹۹۵) با تغییر هر ۱۰ تا ۱۵ درصد مقدار بارش، شدت یک خشکسالی یا ترسالی، یک طبقه کیفی (ناچیز، ضعیف، متوسط، شدید و بسیار شدید) در طول یک دوره زمانی مشخص تغییر می‌یابد. با این توصیف، مطابق بارش متوسط ۲۸۰ میلی‌متر در دشت اردبیل، ۱۰ درصد آن ۲۸ میلی‌متر خواهد بود و در جدول ۲ خشکسالی و ترسالی‌ها طبقه‌بندی شدند (Farajzadeh و Movaheddanesh، ۱۹۹۵).

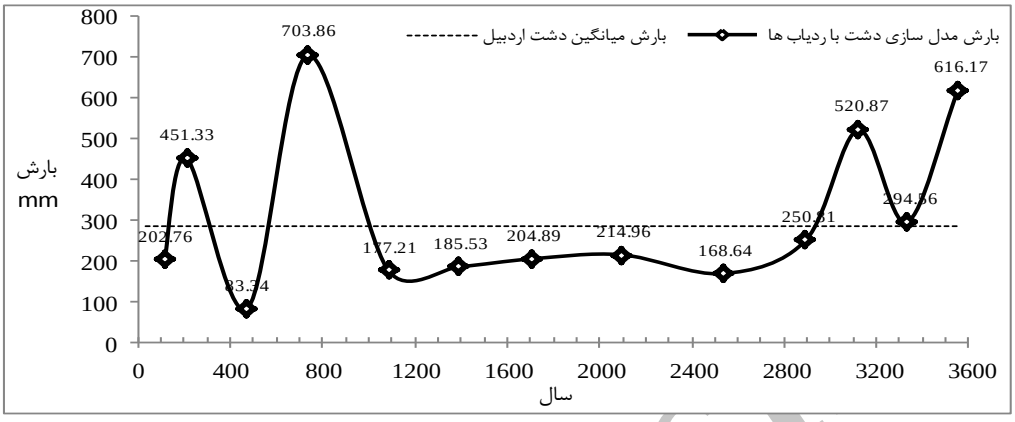



**شکل ۳**- استنتاج سن آب‌های قرار گرفته در اعماق پروفیل‌ها در خاک محیط غیراشباع منطقه مورد مطالعه

**تحلیل و تعیین زمان قرارگیری آب در اعماق و وقوع تر و خشکسالی‌ها:** برای محاسبه توزیع زمانی قرارگیری آب بارشی در اعماق خاک، از دو روش معادله ادموند-آلیسون و مقادیر میانگین، بیشینه و کمینه غلظت کلراید به‌وسیله نمودارهای کلراید تجمعی در برابر مقدار رطوبت خاک تجمعی استنتاج شد. این نمودارها

Archive of SID
www.SID.ir

زمان قرارگیری املاح یا به عبارتی آب در اعماق خاص را نشان می‌دهد. سن برآورد شده املاح رسوبات دشت اردبیل در روش رابطه ادموند-آلیسون (Allison و Hughes، ۱۹۷۸) از ۷۳۷ سال در پروفیل ایمیچه تا ۴۵۱۱ سال در پروفیل قره‌لر متغیر بود. تغییرات زمانی پروفیل‌ها با توجه به غلظت کلراید در آن‌ها بررسی شد که بیشینه زمان قرارگیری آب در پروفیل قره‌لر به دلیل مقدار زیاد کلر در این پروفیل بود.




**شکل ۴**- محاسبه مقدار بارش سالانه و فرکانس دوره‌های تر و خشکسالی دشت اردبیل در دوره ۳۶۰۰ساله (بارش متوسط ۲۸۰ میلی‌متر در دشت اردبیل)

**جدول ۲**- طبقه‌بندی شدت خشکسالی یا ترسالی دشت اردبیل

| متوسط بارش دشت اردبیل (میلی‌متر) | خشکسالی ناچیز | خشکسالی ضعیف | خشکسالی متوسط | خشکسالی شدید | خشکسالی بسیار شدید |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲۸۰ | ۲۵۲-۲۸۰ | ۲۲۴ -۲۵۲ | ۱۸۲-۲۲۴ | ۱۴۰ -۱۸۲ | ۱۴۰< |
| متوسط بارش دشت اردبیل (میلی‌متر) | ترسالی ناچیز | ترسالی ضعیف | ترسالی متوسط | ترسالی شدید | ترسالی بسیار شدید |
| ۲۸۰ | ۲۸۰-۳۰۸ | ۳۰۸ -۳۳۶ | ۳۳۶-۳۷۸ | ۳۷۸ -۴۲۰ | ۴۲۰< |

دوره‌های اقلیمی به‌دست‌آمده را می‌توان در سه طبقه قرار داد، دوره اقلیمی تا ۱۰۰۰ سال که به‌وسیله پروفیل‌های ایمیچه (۷۳۷ سال) و حسن بارو (۹۹۰ سال) برآورد شدند. دوره اقلیمی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ سال که به‌وسیله پروفیل‌های آراللو (۱۳۳۹ سال) و پروفیل کورئیم (۱۷۷۳ سال) به دست آمد و آخرین دوره ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰ سال که به‌وسیله پروفیل‌های دولت‌آباد (۳۸۵۳ سال) و قره‌لر (۴۵۱۱ سال) استخراج شد.

در پروفیل ایمیچه که در بالاترین ارتفاع دشت با عمق هشت متری قرار دارد، دو خشکسالی مهم اتفاق افتاده است. اولین خشکسالی در عمق سه متری (۷۴ سال گذشته) بعدی در عمق ۶/۵ متری (۳۰۳ سال گذشته) برآورد شد. در پروفیل حسن بارو نیز که در غرب دشت قرار دارد، تا عمق هفت متری سه خشکسالی مهم اتفاق افتاده است. اولین خشکسالی در عمق یک متری (۴۰ سال گذشته) بعدی در عمق سه متری (۲۱۲ سال گذشته) و اوج آخری در عمق پنج متری (۶۴۷ سال گذشته) بوده است. در پروفیل‌های جنوب دشت، آراللو و کورئیم، تغییرات بارش به ترتیب در دوره‌های ۱۳۳۹ و ۱۷۷۳ سال گذشته برآورد شدند. در پروفیل آراللو تا عمق ۷/۵ متری، سه اوج وجود دارد که نشان‌دهنده خشکسالی ها در این دشت هستند. اوج اول

Archive of SID

www.SID.ir

در عمق یک متری (۳۳ سال گذشته)، اوج دوم در عمق دو متری (۲۲۹ سال گذشته) و اوج آخری در پنج متری (۷۷۳ سال گذشته) می‌باشد. پروفیل کورئیم نوسانات اقلیم دیرینه را با سه اوج اصلی خشکسالی در اعماق دو متری (۲۴۳ سال گذشته)، سه متری ( ۲۶۹ سال گذشته) و پنج متری (۸۱۱ سال گذشته) قرارگرفته است.

در شمال دشت پروفیل دولت‌آباد با کمترین ارتفاع قرار دارد. این پروفیل با عمق ۶/۵ متری، یک اوج مهم دارد که نشان‌دهنده یک خشکسالی مهم در عمق دو متری (۵۶۸ سال گذشته) در این دشت است و البته نتوانسته مثل سایر پروفیل‌ها دقت مناسبی دوره‌های اقلیمی را برآورد کند. پروفیل آخر در غرب دشت به نام قره‌لر با بیشترین مقدار کلر دارای سه اوج خشکسالی می‌باشد. اوج اول در عمق یک متری (۱۵۸ سال گذشته)، اوج دوم در عمق سه متری (۱۰۶۲ سال گذشته) و اوج آخری در پنج متری (۲۴۳۰ سال گذشته) می‌باشد.

**جدول ۳**- واقعه تر و خشکسالی‌ها به همراه مقدار بارش (میلی‌متر) و زمان وقوع آن‌ها به‌دست آمده از روش ردیابی در دشت اردبیل

| دوره هواشناسی | زمان وقوع (سال) | مقدار بارش |
|---|---|---|
| خشکسالی متوسط | ۱۱۶/۴ | ۲۰۲/۸ |
| ترسالی شدید | ۲۱۰/۲ | ۴۵۱/۳ |
| خشکسالی بسیار شدید | ۴۷۳/۹ | ۸۳/۳ |
| ترسالی بسیار شدید | ۷۳۵/۲ | ۷۰۳/۹ |
| خشکسالی شدید | ۱۰۸۴/۲ | ۱۷۷/۲ |
| خشکسالی متوسط | ۱۳۹۱/۴ | ۱۸۵/۵ |
| خشکسالی متوسط | ۱۷۰۷/۸ | ۲۰۴/۹ |
| خشکسالی متوسط | ۲۰۹۵/۷ | ۲۱۵/۰ |
| خشکسالی شدید | ۲۵۳۴/۰ | ۱۶۸/۶ |
| خشکسالی ضعیف | ۲۸۹۴/۲ | ۲۵۰/۸ |
| ترسالی بسیار شدید | ۳۱۲۱/۷ | ۵۲۰/۹ |
| ترسالی ناچیز | ۳۳۳۱/۲ | ۲۹۴/۶ |
| ترسالی بسیار شدید | ۳۵۵۲/۱ | ۶۱۶/۲ |

با توجه به اینکه مقدار بارش و غلظت کلراید در محیط غیراشباع رابطه معکوس دارد، مقدار بارش برای دوره‌های اقلیمی، برآورد گشت. برای معین شدن زمان وقوع خشک و ترسالی‌ها در اعماق پروفیل‌ها، سن آب‌های قرارگرفته در اعماق خاک به‌وسیله معادله مربوط، محاسبه شد. در ۱۱۰۰ سال اخیر، دو ترسالی و دو خشکسالی عمده ثبت شد. آخرین خشکسالی در ۱۱۶ سال پیش با ۲۰۲ میلی‌متر بارش و دومین خشکسالی در ۴۷۳ سال پیش با ۸۳ میلی‌متر بارش برآورد شد. در همین دوره آخرین ترسالی در ۲۱۰ سال پیش با ۴۵۱ میلی‌متر بارش و دومین ترسالی در ۷۳۵ سال پیش با ۷۰۳ میلی‌متر بارش ثبت شد که این ترسالی بیشترین مقدار بارش برآورد شده در کل دوره ۳۶۰۰ به‌دست‌آمده بوده است. از ۱۱۰۰ تا ۲۹۰۰ سال پیش به مدت ۱۸۰۰ سال دشت اردبیل یک خشکسالی متوسط را تجربه کرده که نشان‌دهنده طولانی بودن دوره‌های خشکسالی‌ها در این دشت است.

در دوره ۲۹۰۰ تا ۳۵۵۰ سال پیش دوره ترسالی با نوساناتی اتفاق افتاده که بارش ۵۲۱ میلی‌متر در ۳۱۲۱ سال پیش، ۲۹۵ میلی‌متر در ۳۳۳۱ سال پیش و بارش ۶۱۶ میلی‌متر در ۳۵۵۲ سال پیش برآورد شده است. با توجه به این موضوع دشت اردبیل یک‌روند به‌سوی خشک‌سالی در پیش دارد. البته در این روند خشکسالی، دوره‌های تر و خشکسالی با تغییرات اقلیمی کمتر،

Archive of SID

www.SID.ir

می‌تواند اتفاق بیافتد. در کنار این گراف‌ها برای هر پروفیل، رابطه مقدار تجمعی آب خاک و مقدار تجمعی کلراید در خاک محیط غیراشباع همان پروفیل ترسیم گشته است که دارای همبستگی کاملاً معنی‌داری می‌باشد.

مهم‌ترین خطای روش ردیابی شیمیایی در برآورد اقلیم دیرینه و تغذیه آب‌های زیرزمینی، عبارت از خطای اندازه‌گیری غلظت کلراید رسوبات و بارش در آزمایشگاه می‌باشد. از طرف دیگر عمق پروفیل‌ها در انعکاس دوره‌های اقلیمی دیرینه کاملاً موثر است. در روش ردیابی، مشخص ساختن دقیق وضعیت اقلیمی و تغییرات بارش در دوره‌های کوتاه‌مدت، بسیار مشکل و از محدودیت‌های این روش است. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد بافت خاک در رسوبات نیز نقش مهمی در مشخص ساختن وضعیت پروفیل ردیآب‌ها دارد (Peter و Wundt، ۱۹۹۹).

مقدار رطوبت خاک در ترسیم و اعتبارسنجی پروفیل‌های ردیابی دشت خیلی مؤثر بود. طبق فرضیه‌ای که وجود دارد پارامترهای زیادی ازجمله توپوگرافی، بافت رسوبات و پوشش گیاهی می‌توانند بر مقدار ردیآب‌ها در محیط غیراشباع تأثیرگذار باشند (Scanlon و همکاران، ۱۹۹۷). نقش گیاهان نیز در رطوبت خاک حائز اهمیت است. گیاهان موجود در منطقه که بیشتر بوته‌ای و دارای ریشه‌های عمیق هستند، می‌توانند آب را از اعماق پائین تر جذب و از خاک خارج کنند.

**کاربرد و محدودیت‌های مطالعه حاضر در مدیریت منابع آب:** استفاده از ردیاب‌های شیمیایی در این تحقیق توانست با بررسی تغییرات اقلیمی در دوره‌های گذشته، مدلی برای آینده، ترسیم کند. که در حال حاضر روندی به‌سوی خشکسالی وجود دارد که با استفاده‌های بیشتر از منابع آب زیرزمینی منطقه، خطرات خشکسالی تشدید خواهد شد. با اجرای پروژه‌های مناسب می‌توان از اثرات آن کاست. استفاده از روش ردیابی ایزوتوپی می‌تواند تأثیر پروژه‌های منابع آب را بر وضعیت هرزاب و نفوذ بالادست در زیر حوضه‌ها، مشخص سازد. با این ارزیابی، مدیریتی جامع بر منابع آب حوزه آبخیز حاکم خواهد بود. تحقیق حاضر که در منطقه‌ای نیمه‌خشک انجام‌گرفته است قابل‌تعمیم به سایر مناطق نیمه‌خشک کشور، دارای شرایط مشابه شرایط حوزه آبخیز اردبیل می‌باشد. بیشتر مطالعات مناطق غیراشباع در محل‌ها خاص ژئومرفولوژیک مثل دشت‌ها انجام‌گرفته است ولی توصیه می‌شود که این نوع مطالعات در محل‌های مختلف توپوگرافی انجام گیرد. البته بعضی تحقیقات در کشورهای خارجی در این زمینه می‌توان اشاره کرد از جمله بررسی مناطق غیراشباع در سطوح آبراهه‌ای و بین آبراهه‌ای در Huecobolson و شمال Eagle flat (Scanlon و همکاران، ۱۹۹۷) و یا در مناطق آبرفتی و مخروط افکنه‌ای در کالیفرنیا و نوادا اشاره کرد. در این تحقیق محل‌های پروفیل مناطقی بودند که تحت تأثیر رواناب و آب‌های جاری در مخروط افکنه ها یا آبرفت‌ها قرار نگرفتند پس فرض بر این بود که پروفیل کلراید، فقط حاصل کلراید بارش بوده است. برای پروفیل‌های مناطق آبراهه‌ای و دشت‌های سیلابی بایستی مقدار کلراید حاصل از رواناب را نیز جداگانه محاسبه کرد. توصیه می‌شود با بررسی‌های الکترومغناطیسی و ژئوفیزیکی، تغییرات رطوبتی و نفوذی بین پروفیل‌ها ارزیابی شود. در این صورت می‌توان، نتایج نقطه‌ای پروفیل‌ها را به کل منطقه تعمیم داد.

به دلیل این‌که حفر پروفیل در دشت‌های موردمطالعه دارای هزینه‌های بالایی می‌باشد، لذا توصیه می‌شود، پروفیل کلراید از طریق مدل، شبیه‌سازی شود. استفاده از ردیآب‌های دیگر ایزوتوپی مثل $^{3}H$ و $^{36}CL$ و شیمیایی مثل نیترات با زمینه‌های دیگر در مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود، محل‌های حفر پروفیل دورتر از اراضی زراعی باشد چون‌که کودهای استفاده‌شده در این اراضی می‌تواند در بیلان طبیعی املاح تأثیر بگذارد. در روش بیلان کلراید توصیه می‌شود نمونه‌برداری از بارش، رواناب، آب‌های زیرزمینی و محیط غیراشباع در چند سال متوالی صورت گیرد تا دقت بالا و خطای کمتری در نتایج وجود داشته باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

**تشکر و قدردانی**

این مقاله در قالب طرح تحقیقاتی که از طرف دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل حمایت مادی و معنوی شده انجام شده که نهایت تشکر و قدردانی از مجموعه محترم این واحد دانشگاهی به‌عمل می‌آید و همین‌طور از همکاری آقایان دکتر اباذر اسمعلی، یوسف وثیق و محسن ملکی قدردانی می شود.

**منابع مورد استفاده**

1. Allison, G.B. and M.W. Hughes. 1978. The use of environmental chloride and tritium to estimate total recharge to an unconfined aquifer. Australian Journal of Soil Research, 16(2): 181-195.
2. Ardabil Meteorological Organization. 1392. Reports of Air and Climate Data (in Persian).
3. Boggs, J.M., S.C. Young, H.F. Hemond, L. Richardson and M.E. Schaefer. 1988. Evaluation of tracer sampling devices for the macrodispersion experiment. Tennessee Valley Authority, EA-5816.
4. Edmunds, W.M., W.G. Darling and D.G. Kinniburgh. 1988. Solute profile techniques for recharge estimation in semi-arid and arid terrain. In I. Simmers (Ed), Estimation of Natural Groundwater Recharge, 139-157.
5. Elmore, D., N.J. Conard, P.W. Mouri, H. Honda. 1984. Evaluation climate changes by isotope ratio measurements and data analysis. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 5: 233–237.
6. Farajzadeh, M., A. Movahed Danesh and H. Gaemy. 1995. Drought in Iran. Journal of Agricultural Science, Tabriz University, 3(4): 32-62 (in Persian).
7. Khalaj, A.Y. and M. Pakzad. 1999. Tracer studies of Shemiran Tang Dam. Final Report of Water Research Center. Power Ministry (in Persian).
8. IAEA (International Atomic Energy Agency) and UNESCO. 1983. Isotope techniques in the hydrogeological assessment of potential sites for the disposal of high level radioactive wastes, Vienna, IAEA Tech. Rep. Ser. 228, chap 7.
9. Jungjae, P., Roger B., Harald B. and Roberto M.G. 2010. Holocene climate change and human impact, central Mexico: a record based on maar lake pollen and sediment chemistry. (Elsevier) Quaternary Science Reviews, 29: 618–632.
10. Lodge, J.P.J., J.B. Pate, W. Basbergill, G.S. Swanson, K.C. Hill, E. Lorange and A.L. Lazrus. 1998. Chemistry of United States precipitation: Final report on the national precipitation network, 66 pp., Natl. Cent. for Atmos. Res., Boulder, Colo.
11. Peter Hartsough, Wundt S. 1999. The Use of Environmental Tracers as Indicators of Paleoclimate and the Paleohydrologic Response. Water Resource Research 32, 1481-1499.
12. Scanlon, B. R. 1991. Evaluation of moisture flux from chloride data in desert soils, J. Hydrol. Vol:128, pp:137–156.
13. Scanlon, B. R., R. S. Goldsmith, and W. F. Mullican III. 1997. Spatial variability in unsaturated flow beneath playa and adjacent interplaya settings emphasizing preferential flow, Southern High Plains, Texas, Rep. Invest. 243, 41 pp., Bur. of Econ. Geol., Univ. of Tex., Austin.
14. Ziad, Qannam, Chow E. 2004. A hydrogeological, hydrochemical and environmental study in Wadi Al Arroub drainage basin, south west Bank, Palestine. Ph.D Thesis, Freiberg On-line Geosciences Vol. 9

Archive of SID

www.SID.ir