

## بررسی تناسب کیفی آب قنوات شهرستان میبد جهت آبیاری با بکارگیری مدل watsuit

سمانه پورمحمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه یزد [s.poormohammadi@yahoo.com](mailto:s.poormohammadi@yahoo.com)

محمد تقی دستورانی

عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست دانشگاه یزد [mdastorani@yazduni.ac.ir](mailto:mdastorani@yazduni.ac.ir)

محمد حسن رحیمیان

کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری [rahimian@insrc.org](mailto:rahimian@insrc.org)

### چکیده:

کشور ایران از معدود کشورهایی است که از نعمت قنات جهت آبیاری برخوردار است. قنوات یکی از مهمترین منابع تامین کننده آب جهت کشاورزی در ایران در گذشته و حال محسوب می شود. اهمیت آنها در مواقع کم آبی و خشکسالی ها بیشتر نمایان میگردد. شهرستان میبد در استان یزد از جمله مناطقی است که ساکنان آن از گذشته دور تا کنون برای اهداف آبیاری و شرب خود از آب قناتهای منطقه بهره برداری می کنند. بر اساس آمار و شواهد تاریخی کیفیت آب این قناتها در گذشته بسیار خوب توصیف شده، بطوریکه محصولات متعددی در اراضی این شهرستان کشت و آبیاری می شده است.

در این تحقیق پس از نمونه برداری از ۷ قنات اصلی شهرستان میبد و تعیین عناصر موجود در آنها و تعیین PH, EC و SAR به تحلیل آنها توسط نرم افزار Watsuit پرداخته شد. با توجه به نتایج آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیلهای شیمیایی نمونه ها و نیز پیش بینی های صورت گرفته توسط مدل کامپیوتری وات سوئیت، به نظر میرسد که مصارف فعلی آب برخی از قنوات میبد تناسب چندانی با نوع محصول نداشته و برنامه ریزیهای قبلی جهت تخصیص آب قنوات به کشاورزی منطقه بایستی بازنگری شود. همچنین استفاده از اصلاح کننده های خاک نظیر گچ در مواردی که خطر سدیمی شدن خاک نیز وجود دارد امری ضروری است. اعمال عمقهای آبیاری بیش از نیاز واقعی گیاه نیز از دیگر راهکارهای کاهش اثرات شوری آب آبیاری است. همچنین عملیات خاکورزی، شیوه کاشت، انتخاب گیاهان و ارقام متحمل به شوری و نیز حاصلخیز کننده ها اقدامات موثر دیگر جهت کاهش اثرات سوء استفاده از آب شور برخی از قنوات منطقه مطالعاتی برای کشاورزی منطقه است که نیاز به توجه ویژه دارند.

کلمات کلیدی: قنات، آبیاری، کیفیت آب، Watsuit

## مقدمه:

تقریباً در تمام پهنه کشور ایران- که زادگاه قنات در دنیا می باشد- قنات وجود دارد. علاوه بر ایران ۳۴ کشور جهان نیز دارای قنات هستند، ولی همانطور که کلمه فارسی قنات بدون هیچ تغییری در زبانهای دیگر دنیا استفاده شده، تکنولوژی استحصال آب توسط آن نیز از کشورمان به نقاط دیگر دنیا صادر شده است. اصولاً هدف از احداث قنات انتقال آب از کوهپایه ها به سرزمین های دشت و اراضی قابل کشاورزی می باشد. لذا پایداری قنات مشروط به وجود سفره های آب زیر زمینی غنی و تغذیه مناسب زمین و بالاتر قرار گرفتن طبقات آبد قنات نسبت به مظهر می باشد. قنات ها در حال حاضر با وجود پیشرفت های تکنولوژی باز هم جهت آبیاری زمین های کشاورزی اهمیت خود را حفظ نموده اند. اکنون نیز قنات های ایران یکی از مهمترین و اصلی ترین روش برای دستیابی به آب مورد نیاز خصوصاً در مناطق خشک محسوب می شوند. استان یزد یکی از استانهایی است که از نظر تعداد قنات بعد از استانهای خراسان و اصفهان قرار دارد. اکنون تعداد قناتهای این استان سه هزار و ۱۹۳ رشته بوده که سالانه ۳۸۴ میلیون مترمکعب آب توسط آنها استحصال می شود. طول قناتهای استان یزد دو هزار و ۷۴۳ کیلومتر بوده و متعلق به ۱۳ هزار مالک است. همچنین قناتها ۳۴ هزار و ۳۲۹ هکتار از زمینهای استان یزد را آبیاری می کنند. عمر تعدادی از قناتهای این استان به دو هزار سال می رسد. طولانی ترین آنها ۵۰ کیلومتر طول داشته و در هر ثانیه ۴۵ لیتر آبدی دارد. در حال حاضر ۲۷ درصد آب مصرفی بخش کشاورزی استان یزد از طریق قنات تامین می شود.

یکی از شهرستانهای استان یزد که قدمت طولانی در قنات دارد شهرستان میبد است. این شهرستان با داشتن وسعتی حدود ۱۲۷۱۰۰ هکتار کوچکترین شهرستان استان بوده که در ۵۰ کیلومتری شمال غربی مرکز استان واقع شده است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۲۳۴ متر می باشد و آب و هوایی گرم و خشک دارد. به همین علت منابع آبی این شهرستان محدود بوده و در بسیاری مواقع خصوصاً خشکسالیها با بحران جدی آب روبرو است. در حال حاضر بخشی از آب مصرفی میبد از آب انتقال یافته رودخانه زاینده رود و بخش کمتری از آن از قنات و چاههای عمیق تامین می شود.

تعداد قنات دایر در داخل محدوده این شهرستان ۹ رشته و چاههای عمیق و نیمه عمیق از هزار حلقه تجاوز می کند. کاهش نزولات جوی از یک طرف و بهره برداری بیش از حد از آب های زیر زمینی از طرف دیگر خشک شدگی قنات این شهرستان را در پی داشته است. با این حال ۲۵٪ از آب کشاورزی در این شهرستان از آب قنات تامین می شود. در حال حاضر میبد تنها ۹ قنات داشته در حالی که طبق گزارشات سابقاً ۶۰ قنات در این شهرستان وجود داشته است. علاوه بر اینکه قناتها از نظر تعداد در این شهرستان رو به زوال رفته اند، عامل دیگری نیز قناتهای میبد را تهدید می کند. این عامل آلودگی آب قنات توسط اضافه شدن آلاینده های مختلف در مسیر قناتها است که اخیراً به عنوان یکی از عوامل جدی در از بین رفتن قناتهای منطقه تبدیل شده است. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی کیفیت آب قناتهای میبد است که منجر به تعیین میزان تناسب آن با وضعیت کشاورزی موجود در منطقه خواهد شد.

## مواد و روشها:

قنات مورد بررسی در این تحقیق شامل قناتهای صادق آباد شهیدیه، شیخ ابوالقاسم بفروئیه، حجت آباد شهیدیه، اله آباد شهیدیه، عشرت آباد، یخدان، مهرجرد و اومده کوچه باغ که مجموع آبدی آنها ۱۶۵ لیتر بر ثانیه بوده و جملگی از منابع مهم تامین آب زراعی شهرستان میبد محسوب می شوند. لازم به ذکر است که به جز قنات شیخ ابوالقاسم بقیه قنات مورد استفاده در این تحقیق در داخل محدوده شهر میبد قرار گرفته اند.

پس از شناسایی مسیر قنات اشاره شده اقدام به نمونه برداری از آب آنها شد. نمونه برداری به این صورت انجام شد که از قنات کران یخدان و حجت آباد یک نمونه آب و از بقیه قنات ۲ نمونه آب (یکی در مظهر قنات و دیگری در مبداء قنات) گرفته شد.

پس از جمع آوری نمونه ها و انتقال به آزمایشگاه، آزمایشات مختلفی بر روی نمونه ها انجام شد. هدایت الکتریکی (EC) توسط هدایت سنج اندازه گیری شد. عامل pH نیز توسط دستگاه اندازه گیری اسیدیته ثبت شد. مقدار بی کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) آب نیز با اضافه نمودن متیل اورانژ و تیتراسیون با اسید سولفوریک اندازه گیری شد. اندازه گیری یون کلر ( $\text{Cl}^-$ ) بدین صورت

انجام شد که ابتدا کرومات پتاسیم به نمونه ها اضافه شد و سپس با نیترات نقره تیتراسیون انجام شد. میزان یونهای کلسیم و منیزیم ( $Mg^{2+} + Ca^{2+}$ ) با اضافه کردن کلراید آمونیوم و اریوکروم بلاکتی و تیتراسیون با ورسین اندازه گیری شد. یونهای سدیم ( $Na^+$ ) و پتاسیم ( $K^+$ ) توسط دستگاه فلیم فوتومتر اندازه گیری شدند. سولفات ( $SO_4^-$ ) آب توسط روش طیف سنجی و با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر اندازه گیری شد. پارامترهای دیگر مانند غلظت املاح محلول (TDS)، سختی کل (TH) و نسبت جذب سدیم (SAR) آب هم از طریق فرمولهای مربوطه محاسبه گردید.

برای تجزیه و تحلیل نمونه ها از نرم افزار Aq.QA استفاده شد. در این نرم افزار با وارد نمودن پارامترهای شیمیایی نمونه های برداشت شده، آنالیزها آغاز می شود. نتایج آنالیز به کمک این نرم افزار به صورت دیاگرامهای مختلفی ارائه می شود که معروفترین آنها دیاگرام تناری<sup>۱</sup> و دیاگرام پایپر<sup>۲</sup> است. در این دیاگرامها درصد اختصاص آنیون ها و کاتیون ها در تمامی نمونه ها مشخص شده و میتوان از روی آنها غالبیت یونی را به خوبی تشخیص داد.

پس از تحلیل نمونه های آب قناتهای میبد اقدام به بررسی میزان تناسب آن جهت کشاورزی شد. بدین منظور از مدل وات سوئیت<sup>۳</sup> استفاده شد. این مدل که به مدل تعیین تناسب آب<sup>۴</sup> معروف است در سال ۱۹۹۱ میلادی توسط اوستر و همکارانش از مرکز شوری آمریکا ارائه شد. وات سوئیت یک برنامه کامپیوتری است که برای پیش بینی پروفیل شوری، خطر سدیمی شدن و تجمع نمک های محلول سمی در خاک استفاده میشود. الگوی توزیع رطوبت در پروفیل خاک منطقه رشد ریشه که متاثر از آب آبیاری می باشد به صورت فرضی ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۱۰ تغییر کرده و همچنین امکان اعمال تیمارهای مختلف آبیاری در این مدل وجود دارد. در این مدل امکان پیش بینی بر اساس اضافه کردن اصلاح کننده های مختلف از قبیل اسید سولفوریک یا گچ نیز وجود دارد. همچنین مدل وات سوئیت تاثیرات سدیمی شدن خاک بر روی نفوذپذیری را نشان می دهد. با پیش بینی پروفیل شوری (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) خاک پس از آبیاری توسط آب هر یک از قناتهای مورد مطالعه میزان تناسب آن جهت مصارف کشاورزی در منطقه مشخص شد و پیشنهادات لازم جهت بهره برداری موثرتر از آب قنات مورد نظر ارائه گردید.

## نتایج:

### -ارزیابی وضعیت شوری آب قناتهای میبد

با اندازه گیری هدایت الکتریکی نمونه ها وضعیت شوری آب قناتهای میبد در مبداء (مادر چاه) و مقصد (مظهر) بررسی شد. جدول (۱) نتایج حاصله را نشان میدهد. بر اساس استانداردهای موجود در مورد شوری آب باید گفت که کیفیت آب قنات میبد از نظر شوری چندان مناسب نیست و عمدتاً در کلاس شوری نامناسب قرار میگیرند. بر طبق دیاگرام ویل کوکس که برای طبقه بندی آب برای کشاورزی استفاده می شود، آب قنات کرمان در طبقه  $C_3S_2$  و قنات عشرت آباد در طبقه  $C_3S_3$  قرار گرفته که هر دو دارای کیفیت متوسط هستند. آب قنات حجت آباد در طبقه  $C_4S_4$  دارای کیفیت نامناسب و آب قنات اله آباد، صادق آباد و شیخ ابوالقاسم که در خارج از محدوده دیاگرام قرار می گیرند دارای کیفیت بسیار نامناسب خواهند بود. اما ذکر این نکته در اینجا ضروری است که با نگاهی به وضعیت کلی منابع آب در مناطق گرم و خشک کشور به نظر میرسد که استانداردهای موجود مبنای قضاوت در چنین شرایطی نیست و به عبارتی دیگر این استانداردها نیاز به بازنگری دارند. اگرچه هدایتهای الکتریکی ثبت شده در مورد قنات میبد بالا به نظر میرسد اما با انجام تمهیداتی می توان آنها را در بخش کشاورزی مورد استحصال قرار داد. حتی در برخی موارد جهت مصارف شرب نیز قابل توصیه است. نکته دیگری که استنتاج میشود این است که تغییر چندان در شوری آب از مبداء تا مظهر قنات مورد مطالعه مشاهده نمیشود.

<sup>1</sup> -Tennary diagram

<sup>2</sup> -Piper diagram

<sup>3</sup> -WatSuit

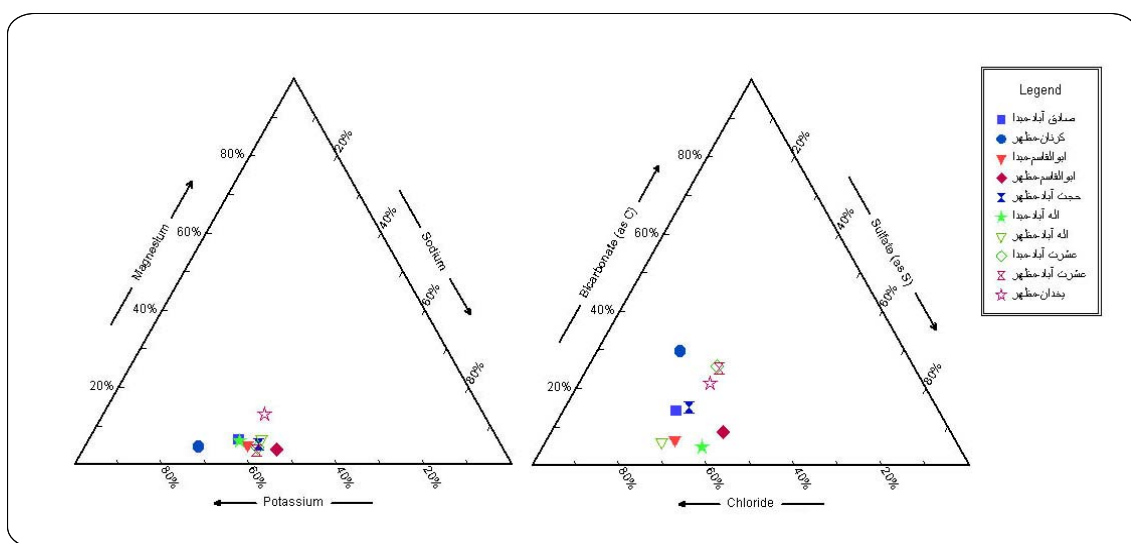
<sup>4</sup> -Water Suitability Determination Model

جدول (۱): تغییرات هدایت الکتریکی آب قناتهای مورد مطالعه - شهرستان میبد

هدایت الکتریکی (dS/m)		نام قنات
مقصد (مظهر)	مبداء (مادرچاه)	
۶/۲۰۵	۵/۴۹۵	صادق آباد
۱/۲۰۶	-	کرنان
۵/۷۱۳	۵/۶۵۰	شیخ ابوالقاسم
۳/۰۸۲	-	حجت آباد
۱۲/۴۷۵	۱۲/۶۹۵	اله آباد
۲/۱۵۲	۲/۰۹۵	عشرت آباد
۲/۲۵۰	-	یخدان

### -تحلیل خصوصیات شیمیایی آب قناتهای میبد

شکل (۱) دیاگرام تناری<sup>۵</sup> مربوط به آنیونها و کاتیونهای موجود در آب قناتهای میبد را نشان میدهد. همانطوری که در این شکل مشخص است، آب قنات از نظر آنیونی بیشتر کلریدی بوده و درصد سولفات و بیکربنات آن در درجات پایین تری قرار دارند. همچنین از نظر کاتیونی درصد پتاسیم آب نسبت به سدیم و منیزیم بالاتر بوده است.

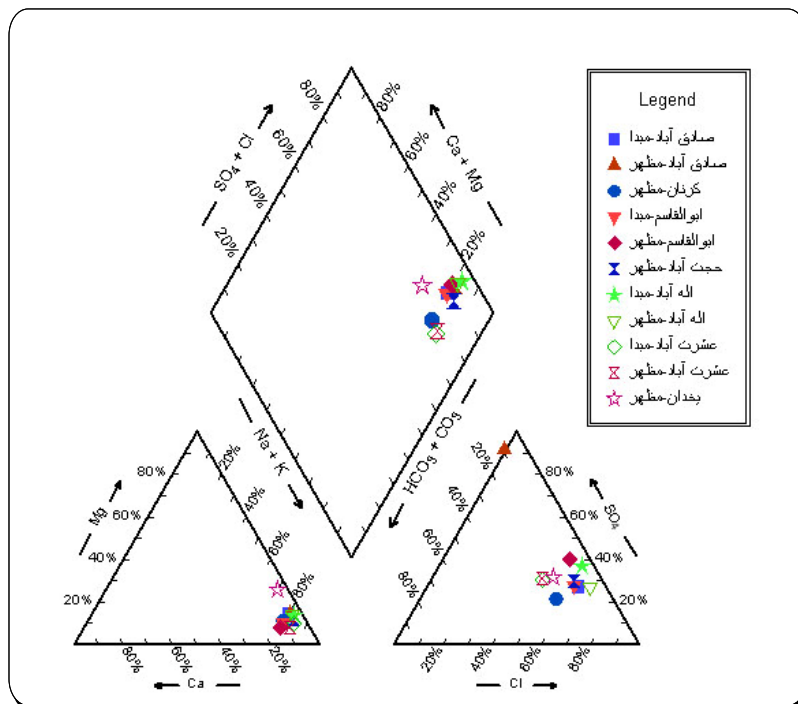


شکل (۱): دیاگرام تناری مربوط به نمونه های جمع آوری شده از آب قناتهای میبد

در شکل (۲) نیز دیاگرام پایپر<sup>۶</sup> مربوط به نمونه های گرفته شده از آب قنات میبد نشان داده شده است. از این دیاگرام چنین استنتاج میشود که آب قنات منطقه مطالعاتی از نظر مجموع آنیونی و کاتیونی در یونهای  $SO_4+Cl$  و  $Na+K$  غالبند.

<sup>5</sup> -Ternary diagram

<sup>6</sup> -Piper diagram



شکل (۲): دیاگرام پایپر مربوط به نمونه های جمع آوری شده از آب قناتهای میبد

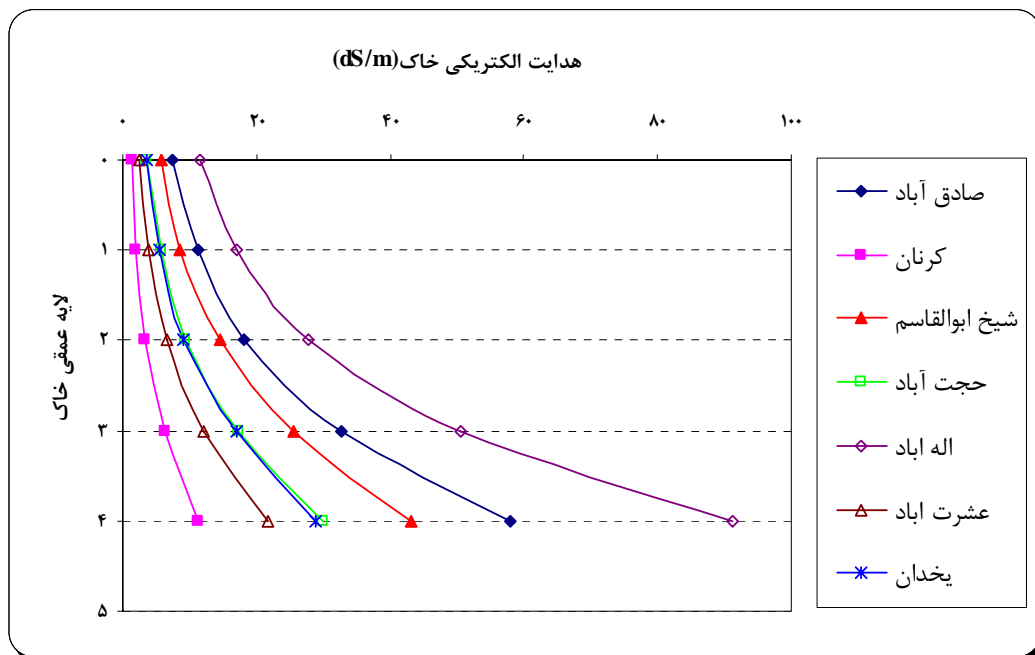
همچنین با دقت در شکلهای (۱) و (۲) مشخص میشود که آب قنات مورد مطالعه از مبدا تا مظهر تغییر چندانی از نظر پارامترهای شیمیایی نداشته اند. از این بین فقط قنات صادق آباد بیشترین تغییر داشته که آنهم مربوط به میزان کلر و سولفات بوده است. درصد کلر و سولفات آب قنات صادق آباد از مبدا تا مظهر آن به ترتیب کمتر و بیشتر شده است. به عبارتی دیگر غالبیت آنیونی در مبدا قنات صادق آباد با یون کلر ولی در مظهر با یون سولفات بوده است. در قنات اله آباد اگر چه تغییر چندانی در آیونها و کاتیونهای مبدا و مظهر مشاهده نشده است ولی تغییرات جزئی بوجود آمده بر عکس تغییرات قنات صادق آباد بوده است. در این قنات درصد کلر در طول مسیر افزایش یافته ولی سولفات آب با کاهش همراه شده است. در قنات شیخ ابوالقاسم نیز تغییرات جزئی وجود داشته که مربوط به افزایش کلر و کاهش سولفات در طول مسیر خود بوده است. در سایر قناتهای مورد مطالعه تغییرات معنی داری در خصوصیات شیمیایی آب در طول مسیر بوجود نیامده است.

#### بررسی تناسب کیفی آب قناتهای میبد با وضعیت فعلی کشاورزی در منطقه

در حال حاضر به وسیله آب استحصال شده از قنات کرنان باغات انار و پسته و محصولات زراعی از قبیل گندم آبیاری می شوند. همچنین از آب قنات شیخ ابوالقاسم جهت آبیاری باغات پسته استفاده میگردد. قنات حجت آباد نیز آبیاری مزارع مختلف از جمله گندم را انجام میدهد. آب قنات اله آباد به علت شور بودن مصرف کمتری داشته و البته با همین کیفیت جهت آبیاری مزارع گندم استفاده میشود. رشد گیاهان شور پسند نظیر گز در حواشی آن دلیل عینی شوری آب این قنات است. آب قنات عشرت آباد نیز عمدتاً به مصرف کشاورزی می رسد و به وسیله آن باغات انار و پسته و مزارع گندم، چغندر، شلغم و یونجه آبیاری می گردد.

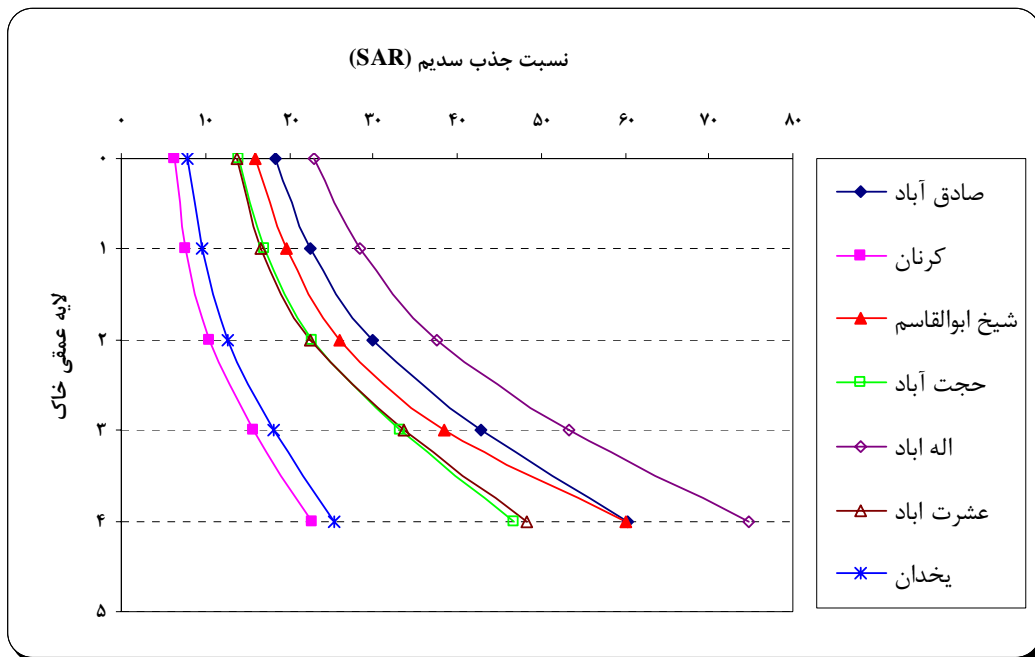
جهت تعیین تناسب آب قناتهای میبد با کشاورزی و ارائه توصیه ها در این زمینه از مدل وات سوئیت استفاده شد. با اجرای مدل وات سوئیت بر اساس تجزیه شیمیایی نمونه های آب مربوط به مظهر قنات مورد مطالعه، پروفیلهای شوری و SAR خاک پس از انجام آبیاری پیش بینی گردید. شکل (۳) شوری خاک در اعماق مختلف را نشان میدهد. همانطوری که مشاهده میشود قناتهای اله آباد، صادق آباد و شیخ ابوالقاسم خطرات بیشتری را از نظر شوری خاک پس از آبیاری ایجاد خواهند نمود. کشاورزی با آب این قناتها نیاز به تمهیداتی داشته و کشت گیاهان حساس و نیمه حساس به شوری در مناطق تحت پوشش

مظهر این قناتها توصیه نمی شود. با نگاهی به شوری آب قناتهای اشاره شده (جدول شماره ۱) مشخص است که شوری آب در مظهر این قناتها بالاتر از سایر قناتها بوده و لذا مدل وات سوئیت پیش بینی مناسبی در این زمینه داشته است.

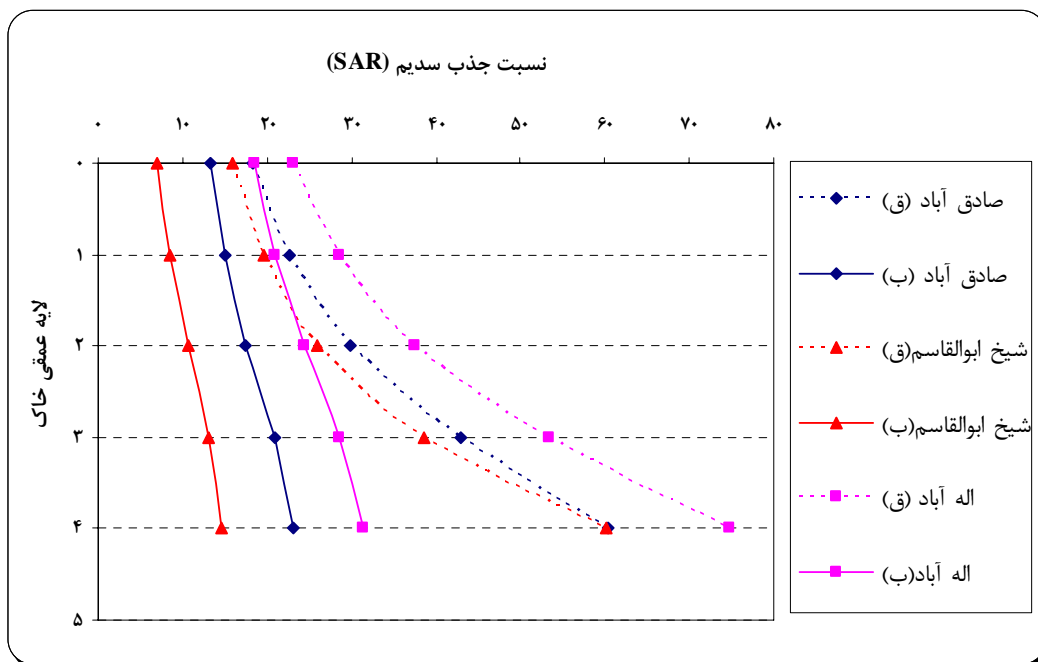


شکل (۳): پروفیل شوری خاک پس از آبیاری با آب قنوات میبد که توسط مدل وات سوئیت پیش بینی شده است.

همچنین پروفیل نسبت جذب سدیم خاک (SAR) پس از آبیاری با آب قناتهای مختلف پیش بینی شد. شکل شماره (۴) نتایج حاصله را نشان میدهد. بر این اساس قناتهای اله آباد، صادق آباد و شیخ ابوالقاسم خطرات بیشتری را از نظر سدیمی شدن خاک پس از آبیاری ایجاد خواهند نمود و نیاز به تدابیر ویژه در این زمینه دارند. قناتهای حجت آباد و عشرت آباد نیز با داشتن وضعیت مشابه به همدیگر در درجه بعدی اهمیت قرار دارند. همانطور که گفته شد اراضی آبیاری شده با آب قنوات مذکور در تهدید شور شدن نیز قرار دارند. لذا انتظار میرود مشکل شوری و سدیمی به طور توأمان کشاورزی آینده منطقه را تهدید کنند. استفاده از اصلاح کننده ها نظیر گچ و اسید سولفوریک در این قبیل موارد ضروری است. مدل وات سوئیت قادر به پیش بینی پروفیل شوری و SAR خاک در صورت استفاده از این اصلاح کننده ها می باشد. بدلیل اینکه گچ کاربرد وسیع تری در این قبیل موارد داشته، فراوان بوده و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه تر از اسید سولفوریک است، لذا تیمار گچ در این مورد توصیه میشود. با اعمال اصلاح کننده گچ، پروفیل نسبت جذب سدیم خاک به صورت شکل (۵) تغییر خواهد نمود.



شکل (۴): پروفیل SAR خاک پس از آبیاری با آب قنوات میبد که توسط مدل وات سوئیت پیش بینی شده است.



شکل (۵): پروفیل SAR خاک قبل (خطوط نقطه چین) و بعد از (خطوط توپر) اعمال اصلاح کننده گچ به خاک که توسط مدل وات سوئیت پیش بینی شده است.

### نتیجه گیری:

با توجه به نتایج آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی نمونه‌ها و نیز پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط مدل کامپیوتری وات سوئیت، به نظر می‌رسد که مصارف فعلی آب برخی از قنوات میبد تناسب چندانی با نوع محصول نداشته و برنامه ریزی‌های قبلی جهت تخصیص آب قنوات به کشاورزی منطقه بایستی بازنگری شود. همچنین استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک نظیر گچ در مواردی که خطر سدیمی شدن خاک نیز وجود دارد امری ضروری است. اعمال عمق‌های آبیاری بیش از نیاز واقعی گیاه نیز از دیگر راهکارهای کاهش اثرات شوری آب آبیاری است. همچنین عملیات خاک‌ورزی، شیوه کاشت، انتخاب

گیاهان و ارقام متحمل به شوری و نیز حاصلخیز کننده ها اقدامات موثر دیگر جهت کاهش اثرات سوء استفاده از آب شور برخی از قنوات منطقه مطالعاتی برای کشاورزی منطقه است که نیاز به توجه ویژه دارند.

### تشکر و قدردانی:

جهت انجام این تحقیق از اطلاعات خام جمع آوری شده در پایان نامه ای با عنوان " بررسی کیفیت آب قنوات شهرستان میبد از نظر تناسب آنها با استفاده فعلی " استفاده شده است. بدینوسیله لازم است که از خانمها سمیه توکلی و لیلا دهقانی به دلیل جمع آوری داده و همچنین آنالیز آزمایشگاهی آنها تقدیر و تشکر گردد.

### منابع:

- ۱- افیونی، م.، ر. مجتبی پور و ف. نوربخش (گردآوری و ترجمه)، خاکهای شور و سدیمی و اصلاح آنها، نشر ارکان اصفهان، ۱۳۷۵، ص ۲۱۶.
- ۲- آیرز، آر. اس، وست کات. دی. بلیو، ترجمه شاپور حاج رسولیها، کیفیت آبرای کشاورزی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۸۲
- ۳- کنفرانس بین المللی قنات (جلد اول)، انتشار جهاد دانشگاهی کرمان، ۱۳۸۴
- ۴- جمع بندی و مطالعات شناسایی و طبقه بندی قنوات دایر استان یزد، شرکت خدمات مهندسی آب و خاک منطقه یزد، ۱۳۷۷
- ۵- مهدوی . م، هیدرولوژی عمومی ، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۰
- ۶- مخدوم م، شالوده آمایش سرزمین ،موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران ۱۳۸۱
- ۷- مجموعه مقالات قنات( جلد دوم) ،انتشارات شرکت سهامی آب منطقه ای یزد، ۱۳۷۹
- ۸- بهنیا، ع، قنات سازی و قنات داری، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۳۶۱
- ۹- مجموعه مقالات قنات (جلد اول) ، انتشارات شرکت سهامی آب منطقه ای یزد، ۱۳۷۹
- 10- Motiee H., E. Mcbeanm, A. Semsar, B. Gharabaghi, V. Ghomashchi, Assessment of the Contributions of Traditional Qanats in Sustainable Water Resources Management, International Journal of Water Resources Development, Volume 22, Issue 4 , pages 575 – 588, 2006.