



# آرتاب

فصل نامه علمی تخصصی مهندسی آب

انجمن علمی مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی

شماره دوم، زمستان ۹۷

سهار روز جهانی آب: آب برای همه

# Artab

Scientific Journal of Water Engineering

Water Engineering Science Association of UMA

Number 2, Winter 2019



## آنچه در این شماره می خوانید:

- ◆ آلوده زدایی آب زیرزمینی توسط لایه نفوذپذیر فعال
- ◆ کاربردهای Arc GIS در مهندسی آب
- ◆ مصاحبه اختصاصی با دکتر مجید رئوف
- ◆ حکمرانی آب

## In this Issue:


- ◆ Decontamination of ground water by active permeable layer
- ◆ Usages of Arc GIS in water engineering
- ◆ Exclusive interview with Dr Majid Raouf
- ◆ Water domination



# Save Water

# Save life

فصلنامه علمی تخصصی انجمن علمی آب دانشگاه محقق اردبیلی جهت انتشار سومین شماره خود از پژوهشگران و دانشجویان دعوت می‌کند مطالب خود را تا تاریخ **۱۵ اردیبهشت** ماه ۱۳۹۸ به رایانامه این نشریه به نشانی [Artab.nashrie@yahoo.com](mailto:Artab.nashrie@yahoo.com) ارسال نمایند.

 @artabanjoman



اَلْقَابِ

صاحب امتیاز: انجمن علمی مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی

مدیر مسئول: مهران محمدی

سردبیر: رقیه کریمزاده

License Holder: Water Engineering Science Association of UMA

Director: Mehran Mohammadi

Editor: Rogayeh karimzadeh

اساتید همکار: دکتر مهسا حسنپور کاشانی - دکتر جواد رضانی مقدم - دکتر مجید رئوف

Collaborator professors: Dr Mahsa Hasanpour kashani - Dr Javad Ramezani moghadam - Dr Majid Raof

هیات تحریریه: مهران محمدی - رضا جلالی - سالار سرداری - پیمان نوری - فرهاد رونقی - میلاد رضایی - میلاد علیزاده - آیدا نقی نژاد - سپینود سعیددانش - بتول پورسیف الهی - شیما آقازاده اردبیلی

Editorial Contributors: Mehran Mohammadi - Reza Jalali - Salar Sardari - Peyman Noori - Farhad Ronaghi - Milad Rezayi - Milad Alizadeh - Aida Naghinezhad - Sepinod Saeed danesh - Batool Pourseyfolahi - Shima Aghazadeh ardabili

سازمان های همکار: سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل - سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل

Collaborator Organizations: Agricultural and Natural Resources Engineering Organization of Ardabil  
Organization Of Agriculture Of Ardabil

مشاور علمی: دکتر مهسا حسنپور کاشانی

Academic Advisor: Dr Mahsa Hasanpour kashani

ویراستار: ویدا خشت پز، مهسا حیدری، صدف رضاییان

Editor: Vida Kheshtpaz - Mahsa Heydari - Sadaf Rezayian

طراحی و صفحه آرایی: رضا رسولزاده

Graphic Designer: Reza Rasoulzadeh

مقاله حداکثر در ۷ صفحه A4 شامل متن، شکل و جدول - اندازه فونت فارسی ۱۲ و برای متون انگلیسی ۱۰ - فونت برای متون فارسی B Nazanin و برای متون انگلیسی Times new Roman - مطالب خود را به نشانی نشریه ارسال نمایید. دآوری مقالات توسط اساتید مشاور انجمن صورت خواهد گرفت.

ساختار مقاله:

۱- عنوان مقاله.

۲- نام، نام خانوادگی و مرتبه علمی نویسنده (گان).

۳- چکیده: شامل مطلب اصلی مقاله به صورت فشرده (۱۵۰ تا ۲۰۰ کلمه).

۴- کلید واژه: ۳ تا ۵ واژه از میان کلمات اصلی مقاله.

۵- متن مقاله.

۶- نتایج: بحث و جمع بندی مطالب بیان شده.

۷- منابع.

سایت دانشگاه محقق اردبیلی: [www.uma.ac.ir](http://www.uma.ac.ir)

پست الکترونیکی نشریه: [artab.nashrie@yahoo.com](mailto:artab.nashrie@yahoo.com)

کانال تلگرامی انجمن: [telegram.me/artabuma](https://t.me/artabuma)

آدرس: اردبیل - خیابان دانشگاه - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی - انجمن آب

مطالب ارسالی صرفاً بیانگر دیدگاه های نویسنده می باشد و آرتاب در قبال آن ها مسئولیتی ندارد.

نقل و انتقال مطالب به هر شکل با ذکر منبع بلامانع است.

## سخن مساور

### Counselor's speech

مهسا حسنپور کاشانی

Mahsa Hasanpour kashani

خدا را بی‌نهایت سپاسگزاریم که بار دیگر توفیق تهیه و انتشار این نشریه را به جویندگان علم گروه مهندسی آب عطا فرمود. آب مهم‌ترین نعمت پروردگار است و هدف این نشریه، کمک به آموزش و راهنمایی بیشتر دانشجویان به منظور استفاده صحیح از این موهبت الهی و کاهش مشکلات آبی کشور است. با توجه به شعار جهانی آب سال ۲۰۱۹ که "آب برای همه" می‌باشد، امید داریم با استفاده درست از آب، برنامه‌ریزی و مدیریت‌های دقیق و نیز الطاف الهی آب سالم در اختیار همه انسان‌ها در همه جای دنیا قرار گیرد. نشریه آرتاب از همه مطالب، پیشنهادات، انتقادات و ایده‌های محققان و دانشجویان آبی استقبال می‌نماید.

با آرزوی توفیق

## فهرت

### Content

	۱۰	کاربرد Arc GIS در مهندسی آب	۱۱	آلوده‌زدایی آب زیرزمینی توسط لایه نفوذپذیر فعال
	۱۱	مصاحبه اختصاصی با دکتر مجید رئوف	۱۲	اخبار و دانستنی‌های آبی
	۱۲	کاهش تبخیر آب و امکان‌سنجی استفاده از پنل‌های خورشیدی تولید انرژی سد شهید کاظمی (بوکان)	۱۳	حکمرانی آب
	۱۳	ارزیابی راندمان روش‌های مختلف آبیاری	۱۴	بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه بالیخلی‌چای جهت کاربرد در مصارف کشاورزی
	۱۴	معرفی نرم افزار EnDrain	۱۵	معرفی کتاب- کنترل سیلاب
	۱۵	چکیده‌ای از پایان‌نامه‌های دفاع شده	۱۶	معرفی نرم افزار RETC
	۱۶	گزارش مسابقه عکس روز ملی آب	۱۷	Comparison of Three Intelligent Techniques for Runoff Simulation

## مخزن

## Prolegomenon

مهران محمدی

Mehran Mohammadi

## آلوده‌زدایی آب زیرزمینی توسط لایه نفوذپذیر

## فعال

نویسنده:

میلاذ علیزاده

(دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

منبع:

محمد بهشتیان اردکانی، تقی عبادی، آلوده زدایی آب زیرزمینی آلوده به شیرابه به وسیله

لایه نفوذپذیر فعال.

## مقدمه

آب زیرزمینی منبع محیط‌زیستی محدود و با ارزشی است که تنها درصد کوچکی از کل توزیع آب را تشکیل می‌دهد. در صورتی که مدیریت مناسبی صورت نگیرد، این منابع به میزان زیادی مستعد پذیرش آلودگی هستند. گزارش‌های بسیاری از حوادث جدی آلودگی آب زیرزمینی به سبب سرریز شدن‌های اتفاقی مواد نفتی، دفع غیر رضایت بخش مواد شیمیایی صنعتی، فعالیت‌های کشاورزی، فعالیت‌های معدنی، دفع نامناسب پسماندهای شهری و غیره تاکنون ارائه گردیده است.

یکی از چالش‌های مهم در بهره‌برداری از محل‌های دفن زباله شهری، جمع‌آوری و تصفیه شیرابه است. عدم کنترل و مدیریت مناسب شیرابه حاصل از محل‌های دفن زباله می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی را برای محیط‌های پذیرنده از جمله آب‌های زیرزمینی و سطحی به دنبال داشته باشد. از آنجا که بیش‌تر نقاط ایران به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک و کمبود بارش‌های جوی با مشکل محدودیت منابع آب روبه‌رو است، مدیریت شیرابه به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آب زیرزمینی همواره بسیار قابل توجه بوده و از این رو، مطالعه در زمینه آلوده‌زدایی از آب زیرزمینی آلوده به شیرابه حاصل از محل دفن زباله نیز حایز اهمیت فراوان می‌باشد.

تلاش‌های اولیه در پاکسازی آب زیرزمینی با مقیاس بزرگ در اوایل دهه ۱۹۸۰ آغاز گردید. نتایج حاصل از این تلاش‌ها به ندرت کاهش مورد انتظار در سطوح آلودگی را ارائه می‌کردند. مطالعات انجام‌شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده (EPA) مشخص نمود که تکنولوژی‌های پمپاژ و تصفیه متداول (P&T) (پمپاژ نمودن آب و تصفیه آن روی سطح) به ندرت سبب بازگرداندن سایت‌های حاوی آب زیرزمینی آلوده به شرایط اولیه گردیده‌اند. یکی از تکنولوژی‌های آلوده‌زدایی نوید بخش، استفاده از موانع واکنش‌دهنده نفوذپذیر (PRBS) پرشده با مواد واکنش‌دهنده، جهت به دام انداختن و حذف آلودگی از فلوم آلوده در زیرسطح است. در دهه اخیر، فعالیت‌های گسترده‌ای در خصوص توسعه و پیاده‌سازی PRBها صورت گرفته است، که در این میان کاربرد این روش جهت آلوده‌زدایی از آب زیرزمینی آلوده به شیرابه هم‌چنان نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر است.

از گذشته تاکنون کمبود آب جزء سرشت کشور بوده است. در چند دهه اخیر، کاهش بارش و تغییرات اقلیمی و همچنین افزایش بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و... به بحران آب منجر شده است. ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان در زمره کشورهای با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود و به همین دلیل نیز این ماده حیاتی در ایران، یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه کشور است که توسعه سایر بخش‌ها در گروی بهره‌برداری پایدار از آن است.

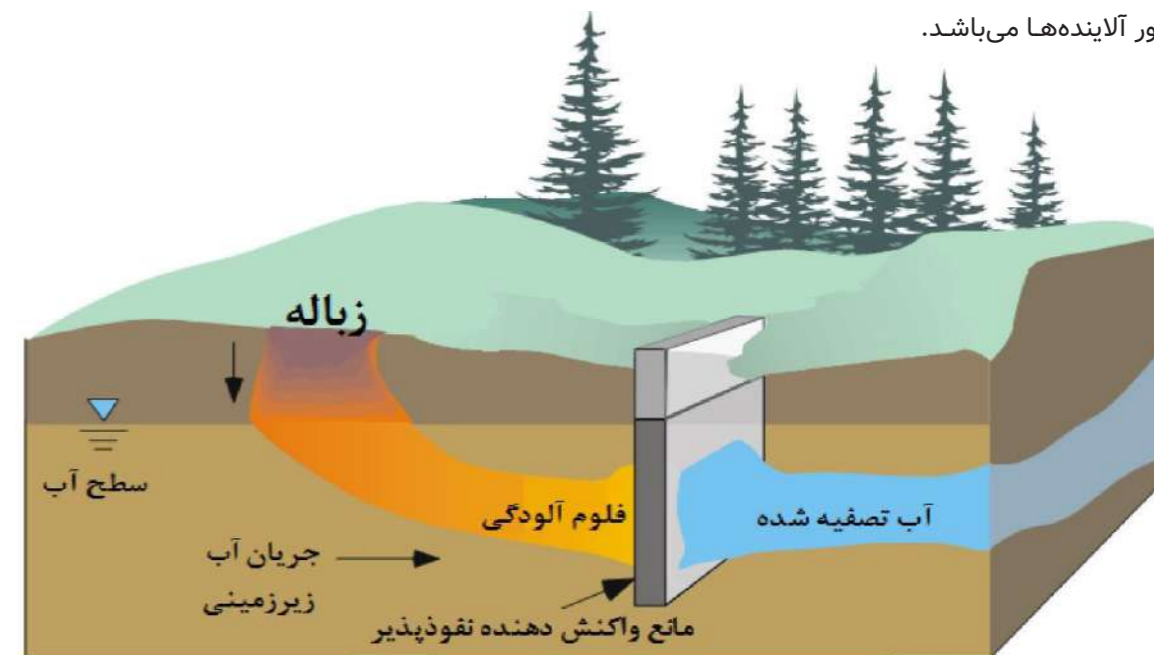
بحران آب مشکلی ناشناخته است که کشتار آن به‌مراتب از بیماری‌های مسری چند صد سال پیش و بیماران ایدزی و تمام جنگ‌هایی که در سطح جهان جریان دارد، بیشتر خواهد بود. اگر چاره‌ای اندیشیده نشود و بشر به خود نیاید، بحران آب در آینده ای نه چندان دور فاجعه‌ای به‌بار خواهد آورد که سالانه میلیون‌ها نفر از مردم جهان را به کام مرگ بفرستد. در واقع، امروزه ما بر لبه تیغ تیزی نشسته و شاهد نابودی نسل خویشیم. نسلی که خود را در مقایسه با گذشتگان خردمندتر جلوه می‌دهد، نمی‌تواند راه را بر نابودی خود ببندد.

در شماره دوم نشریه آرتاب تلاش شده تا در مورد این مباحث و مباحث روز کشور در ارتباط با آب مطالبی مطرح شود.



## شرح تکنولوژی

لایه نفوذپذیر فعال (PRB)، که هم‌چنین دیواره تصفیه، دیواره تصفیه فعال و یا مانع نفوذپذیر نامیده می‌شود، تکنولوژی تصفیه‌ای است که به منظور تجزیه یا تثبیت آلاینده‌های موجود در آب زیرزمینی هنگام عبور جریان از میان مانع طراحی می‌گردد (شکل ۱). لایه به وسیله ساختن ترانشه‌ای در مقابل جریان عبوری آب زیرزمینی آلوده و پرکردن آن با بستر واکنش‌دهنده، در محل قرار داده می‌شود. با عبور آب زیرزمینی آلوده از میان PRB، آلاینده‌های موجود در آن تثبیت و یا به مواد غیرسمی تبدیل می‌شوند. بنابراین، PRB مانعی برای آب نیست، بلکه به عنوان مانعی برای عبور آلاینده‌ها می‌باشد.



شکل ۱- مانع نفوذپذیر واکنش‌دهنده برای تصفیه آب زیرزمینی

بسترهای واکنش‌دهنده موجود در موانع، شامل لایه‌هایی جهت تجزیه مواد آلی فرار، تثبیت فلزات و یا مواد مغذی و اکسیژن به منظور تسریع فرایند آلوده‌زدایی بیولوژیکی بوده و اغلب به صورت ترکیب شده با مواد متخلخل نظیر ماسه به منظور بالابردن جریان آب زیرزمینی در داخل مانع به کار می‌روند. موانع نفوذپذیر ممکن است به صورت مانع فعال پیوسته و یا به صورت سیستم قیف و دروازه کار گذاشته شوند.

انتخاب بسترهای واکنش‌دهنده به نوع آلاینده موردنظر برای تصفیه بستگی دارد. تصفیه به وسیله بسترهای واکنش‌دهنده از طریق فرآیندهای جذب، ترسیب و تجزیه انجام می‌شود. فرآیند جذب سبب حذف آلاینده‌ها از آب زیرزمینی به وسیله جذب شدن فیزیکی آلاینده بر روی سطح بسترهای فعال می‌گردد. نمونه‌هایی از این مواد جاذب ژئولیت‌ها و کربن فعال هستند. محصولاتی که به صورت غیرمحلول در آب زیرزمینی در حرکت‌اند، در داخل مانع پایین آمده و ته‌نشین می‌شوند. به طور کلی، انواع مواد واکنش‌دهنده استفاده شده برای ساخت موانع واکنش‌دهنده نفوذپذیر، عبارتند از آن‌هایی که موجب تغییرات pH یا پتانسیل اکسیداسیون و احیاء می‌گردند، آن‌هایی که موجب ترسیب می‌شوند، مواد با ظرفیت جذب بالا و آن‌هایی که مواد مغذی/اکسیژن را به منظور ارتقاء تجزیه بیولوژیکی به سیستم وارد می‌کنند. مطالعه انجام شده توسط APESU، مواد واکنش‌دهنده را براساس آلاینده هدف و مکانیزم حذف دسته‌بندی کرده است (جدول ۱).

جدول ۱- مواد واکنش‌دهنده دسته‌بندی شده بر اساس آلاینده هدف و مکانیزم حذف.

آلاینده هدف و مکانیزم حذف	مواد واکنش‌دهنده
مواد غیر آلی - موانع جذب‌کننده یا جایگزین‌کننده	کربن فعال، آلومینیای فعال، با اکسیت، رزین جایگزین‌کننده، اکسیدهای فریک و اکسی هیدرواکسایدها، مگنتایت، کودگیاهی، هیومیت، ذغال، ذغال سنگ، فسفات‌ها، دی‌اکسید تیتانیوم، ژئولیت
مواد غیر آلی - موانع ترسیب‌کننده	مواد گیاهی، دی‌تیونیت، هیدرواکسیدهای فرس، فرس کربونیت‌ها، فرس سولفاید، گاز هیدروژن سولفاید، آهک، خاکستر، سنگ آهک، میسلانئوس، $CaCO_3$ ، $CaSO_4$ ، $CaSO_3$ ، $Ca(OH)_2$ ، فلزات با ظرفیت صفر
مواد غیر آلی - موانع تجزیه‌کننده	مواد گیاهی، فلزات با ظرفیت صفر
مواد آلی - موانع تجزیه‌کننده	فرس‌های معدنی، آزادکننده‌های اکسیژن، باکتری‌های بسیار ریز، فلزات با ظرفیت صفر
مواد آلی - موانع جذب‌کننده	ژئولیت، کربن فعال، رس‌ها

کربن‌های فعال مواد شیمیایی پایداری هستند که به طور گسترده به عنوان جاذب مناسب برای تصفیه آب زیرزمینی آلوده در سایت یا خارج از آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ماده ظرفیت جذب‌کنندگی بالایی را برای بسیاری از آلاینده‌های آلی و غیر آلی، بیش‌تر به دلیل مساحت سطح بالایی که دارد (حدود  $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ ) و وجود انواع مختلفی از گروه‌های فعال سطحی (هیدروکسیل، کربنیل، لاکتن، اسید کربکسیلیک و غیره)، ایجاد می‌نماید. به شکل گرانولی، کربن فعال به صورت بسیار موثری برای استفاده در موانع نفوذپذیر ظاهر می‌شود. ژئولیت‌ها تکتوسیلیکات‌هایی با ساختار سه بعدی آلومینوسیلیکات‌های حاوی مولکول‌های آب، فلزات زمینی آلکانی و آلکالین در چهارچوب ساختاری خود هستند. این مواد معدنی دارای ظرفیت‌های بسیار بالای تعویض یونی، جذب‌کنندگی، کاتالیستی، غربال‌کنندگی مولکولی هستند که پتانسیل مفید بودن آن‌ها را به عنوان ماده معدنی تصفیه‌کننده برای استفاده در BRP‌ها بالا می‌برد. با توجه به مطالعه پیشینه استفاده از کربن فعال و ژئولیت در رفع آلودگی از آب‌های زیرزمینی، مشاهده گردید تحقیقات چندانی در خصوص استفاده از این مواد جهت حذف آلودگی آلی، ناشی از ورود شیرابه به آب زیرزمینی، صورت نگرفته است. بنابراین در مقاله مربوطه مطالعه میزان کارایی این مواد انجام گردیده است.

روش بررسی: جهت انجام آزمایش، آب آلوده به شیرابه با DOC های ۹۶۰، ۱۹۱۰ و  $3100 \text{ m}^2/\text{g}$ ، از مدل آزمایشگاهی مانع واکنش‌دهنده نفوذپذیر پرشده با ماسه شسته شده، ژئولیت طبیعی و کربن فعال گرانولی، عبور داده شد و میزان حذف DOC در هر یک از شرای محاسبه گردید.

یافته‌ها: بیش‌ترین میزان حذف DOC توسط کربن فعال گرانولی و بهترین عملکرد آن در غلظت آلاینده ۶۹۰ مشاهده گردید. هم‌چنین، اختلاف محسوسی در میزان کارایی حذف DOC توسط ژئولیت، با ماسه مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: به منظور ایجاد شرایط بهینه مصرف مواد واکنش‌دهنده، پیشنهاد می‌شود این سیستم با ترتیب لایه‌های ژئولیت و کربن فعال، در فاصله‌ای مناسب از منبع آلودگی قرار گیرد تا علاوه بر حذف مناسب آلاینده توسط هر لایه، بتوان از حذف آلاینده توسط خاک بیش‌ترین استفاده را نمود.



## کاربرد Arc GIS در مهندسی آب

نویسنده:

پیمان نوری

(دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز)

منابع:

- (۱) کتاب آموزش کاربرد Arc GIS در مهندسی آب، مهندس مهران قدرتی
- (۲) کتاب کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مهندسی منابع آب ترجمه بهزاد سرهادی
- (3) Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems (CADSWES). 2007.
- (4) Chin, D. A. 2006. Water resources engineering. New York: Pearson Prentice Hall. deBuys, W., ed. 2001. Seeing things whole: The essential John Wesley Powell. Washington, D.C.: Island Press. National Public Radio (NPR). 2002. The true legacy of John Wesley Powell: The explorer sounded early warnings about water in the West.
- (5) National Weather Service (NWS). 2007. Colorado Basin River Forecast Center.
- (6) U.S. Geological Survey (USGS). 2007. National Elevation Dataset (NED) 1/3 arc-second DEM.
- (7) U.S. Geological Survey (USGS). 2008. The water cycle.

## مقدمه

مفاهیم و تکنولوژی GIS به شکلی گسترده در مهندسی منابع آب مورد استفاده واقع می‌شود؛ به گونه‌ای که سیستم اطلاعات جغرافیایی، روند تغییرات این فعالیت‌ها را هدایت کرده است. ما در دوره‌ای زندگی می‌کنیم که منابع طبیعی کاهش شدیدی پیدا کرده و فعالیت‌های انسان به شکلی گسترده بر این منابع تاثیر گذاشته‌اند؛ در این وضعیت، ما باید از بهترین ابزارهایی که در اختیار داریم، جهت شناسایی محیط، پیش‌بینی‌های دقیق و توسعه برنامه‌ها برای کمینه کردن این اثرات بر منابع و همچنین افزایش پایداری استفاده نماییم. فناوری، ابزارها و رویه‌های GIS، فواید قابل توجهی برای موجودی منابع، مدل‌سازی و انتخاب راه‌های ارتباطی با شهروندان و آژانس‌های درگیر دارد.

در چرخه اصلی آب، ورودی برابر با خروجی به اضافه یا منهای مقدار تغییر در ذخیره‌سازی است. هیدرولوژیست‌ها در زمان مطالعه حوضه‌های آبخیز (watershed) از یک بودجه هیدرولوژیکی استفاده می‌کنند. حوضه آبخیز یک منطقه فضایی است و وجود آب در سراسر فضای آن با گذشت زمان تفاوت می‌کند. در بودجه هیدرولوژیکی، ورودی‌هایی مانند بارش (precipitation)، جریان‌های سطحی به درون حوزه، و جریان آب‌های زیرزمینی به درون حوزه وجود دارند. خروجی‌ها نیز تبخیر و تعرق (evapotranspiration)، نفوذ (infiltration)، رواناب (runoff) سطحی، و جریان آب‌های سطحی / زیرزمینی به بیرون هستند. همه این مقادیر، از جمله مقدار ذخیره‌سازی، می‌تواند اندازه‌گیری و یا تخمین زده شود، و ویژگی‌های آن‌ها نیز می‌تواند به صورت گرافیکی در GIS نمایش داده شده و مورد مطالعه قرار گیرد.

به عنوان زیر مجموعه‌ای از هیدرولوژی، هیدروژئولوژی (hydrogeology) با بروز، توزیع، و حرکت آب‌های زیرزمینی سروکار دارد. علاوه بر این، hydrogeology با شیوه‌ای که در آن آب‌های زیرزمینی ذخیره می‌شود و نحوه در دسترس بودن این آب‌ها نیز در ارتباط است. ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی به آسانی می‌تواند ورودی GIS برای مطالعات بیشتر و مدیریت منابع آب باشد. از آنجا که ۹۸ درصد از آب شیرین موجود در جهان آب‌های زیرزمینی است، لازم است تا نگاه دقیق‌تری به نحوه آرایش و صورت‌بندی آن داشته باشیم.

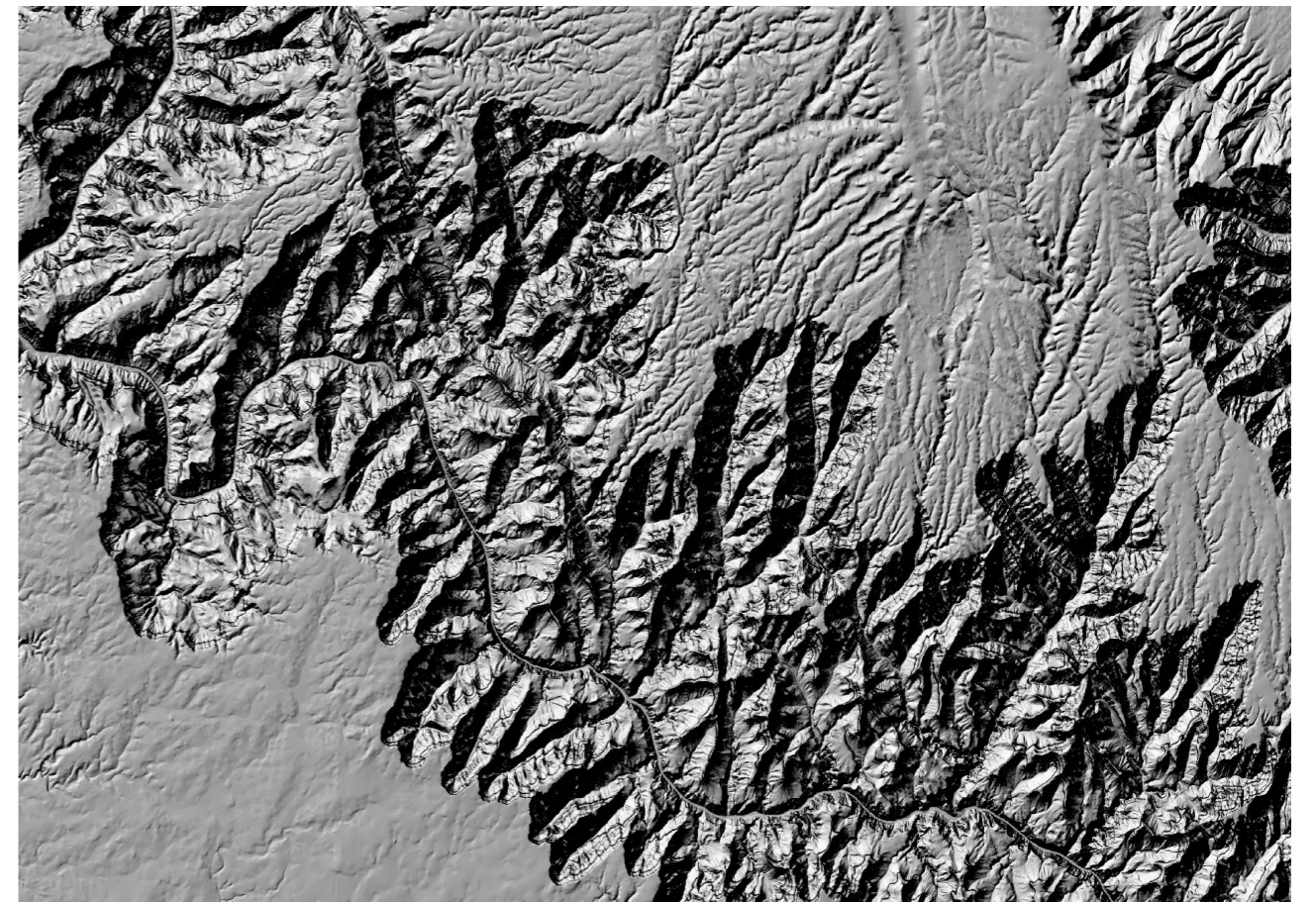
## کاربرد جی.آی.اس (GIS) در مدیریت منابع آب‌های سطحی

برای دسترسی به داده‌های گذشته و حال حاضر از منابع آب‌های سطحی می‌توان از اینترنت استفاده نمود. در GIS لایه‌هایی هستند که موقعیت آبراهه‌ها، گیج‌های اندازه‌گیری و یا سایت‌های اندازه‌گیری و کنترل را نشان می‌دهند. همچنین این امکان وجود دارد تا داده‌های سنجش از دور (Remote Sensing) نیز به GIS لینک شوند. داده‌های تاریخی و داده‌های آبی را می‌توان از USGS در شکل ارتفاع گیج و میزان جریان آبراهه‌ها یا تخلیه آب در واحد فوت مکعب در ثانیه اخذ نمود. در GIS، این امکان وجود دارد که با لینک مستقیم، از طریق اینترنت به اطلاعات در زمان واقعی دسترسی پیدا کرد. منابع دیگری از داده‌ها نیز برای اطلاعات مربوط به سیل و کیفیت آب از طریق سرویس ملی آب و هوا (NWS) و آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا (EPA) قابل دسترس و استفاده هستند. همه این داده‌ها برای تجزیه و تحلیل در GIS حاضر هستند و نمایشی فضایی از آنچه در قالب جدول است ارائه می‌کنند.



توانایی GIS بیشتر در نمایش داده‌های مکانی (Spatial) است تا داده‌های زمانمند (Temporal). برای مثال با نرم‌افزار Arc GIS، می‌توان حوزه آبریز (watershed) را تعیین و ترسیم کرد، سپس از طریق این حوزه می‌توان خصوصیات فیزیولوژیکی حوزه (رده آبراهه، طول آبراهه، شکل حوزه و...) را بدست آورد. داده‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM) به وسیله داده‌های هیدروگرافی طبقه‌بندی می‌شوند تا بدین وسیله مرزهای حوزه تعیین شود.

تعیین حوزه به هیدرولوژیست‌ها یا مدیران منابع آب کمک می‌کند تا بفهمند رواناب (runoff) حاصل از بارش (precipitation) و ذوب برف در نهایت در کجا تخلیه خواهد شد. در مورد ذوب برف، پوشش برف ممکن است از ایستگاه زمینی و یا از طریق سنجش از دور تعیین شده و به عنوان ورودی به سیستم GIS وارد شود تا مقدار آب در دسترس برای استفاده در شهرها، استفاده در کشاورزی، و استفاده در زیستگاه‌های محیط‌زیست تعیین و یا پیش‌بینی شود.



**مدل رقومی ارتفاع (DEM: Digital elevation model)** یکی دیگر از کاربردهای مفید GIS مربوط به بارش است، اما در مورد بقیه داده‌های هیدرولوژیکی (تبخیر و تعرق، نفوذ، و آبهای زیرزمینی) نیز قضیه به همین ترتیب است. بارش یک رویداد منطقه‌ای است که با استفاده از داده‌هایی که در موقعیت‌های نقطه‌ای اخذ شده‌اند اندازه‌گیری می‌شود. مشکل استفاده از داده‌های نقطه‌ای در برون‌یابی (extrapolation) این اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای و تشکیل سطح از آن‌ها نهفته است یکی از روش‌های مفید در برون‌یابی داده‌ها، ساخت چند ضلعی‌های Thiessen است که فاصله و هندسه را از نقاط در یک سطح دو بعدی ارزیابی می‌کند و محدوده‌هایی را تعیین می‌کند که به هر کدام از آن‌ها مقدار بارش خاصی تخصیص می‌یابد. نرم‌افزارهای GIS مانند نرم‌افزار ArcGIS قادر به ساخت پلیگون Thiessen هستند، و روش‌های دیگر تعیین بارش برای هر منطقه نیز از طریق GIS قابل اجرا می‌باشد.

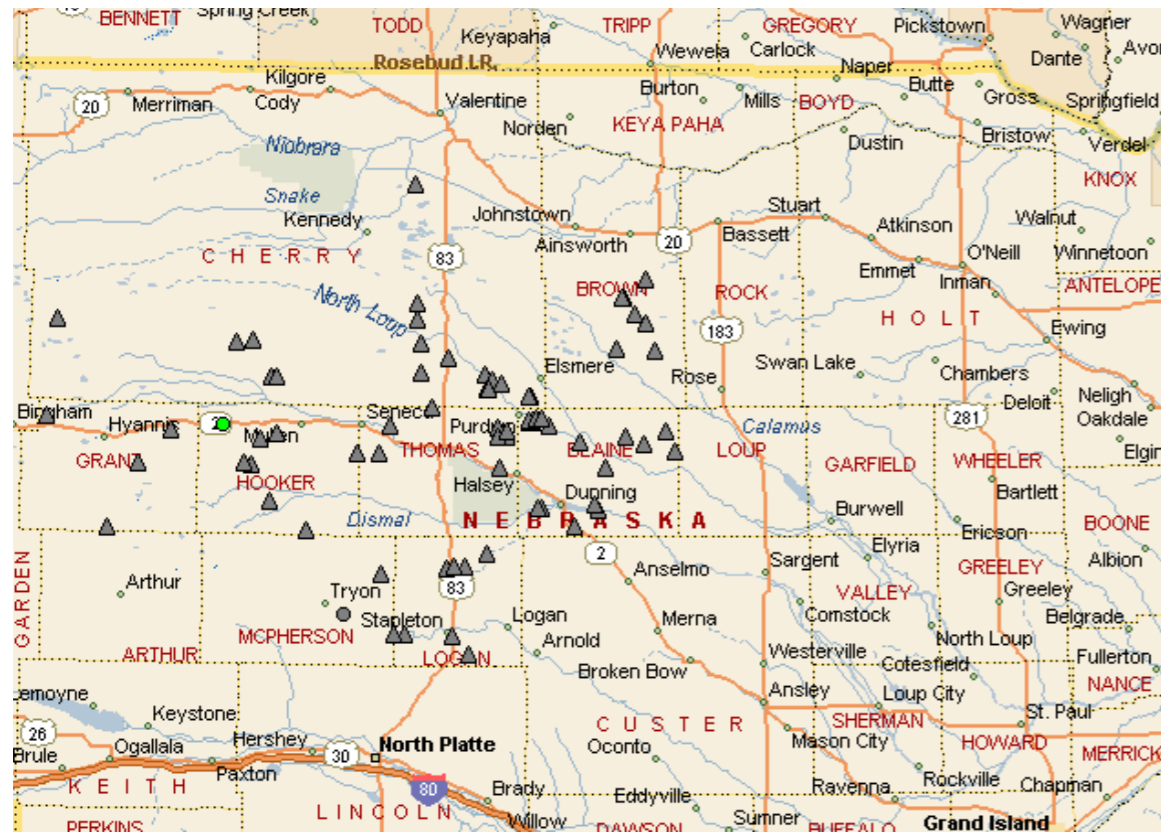
پس از تجزیه و تحلیل و انتخاب داده‌های هیدرولوژیکی که دارای نمایش مکانی هستند، گام بعدی که از لحاظ پیچیدگی نیز در سطح بالاتری قرار دارد عبارت است از نمایش نسخه‌ای معرف از واقعیت هیدرولوژیکی و احتمالاً ادغام آن با یک مدل عددی و یا هر مدل دیگری که به پیش‌بینی آنچه ممکن است اتفاق بیفتد کمک می‌کند. مثلاً فرض کنید X مقدار بارش باران رخ می‌دهد. حال سوال این است که رواناب حاصله پس از عبور از یک سیستم آب و هوایی معین چه مقدار خواهد بود؟ یک روش برای انجام این کار اتصال مدل داده GIS به یک مدل شبیه‌سازی خواهد بود. مدل داده GIS عوارض سطحی مربوط به آب به همراه فیلدهایی توصیفی که بیانگر داده‌های هیدرولوژیکی گذشته و حال است را دارا می‌باشد. این مدل داده همه داده‌های لازم برای رسیدن به تصویری که معرف واقعیت هیدرولوژیکی جهت نمایش و تجزیه و تحلیل باشد را در خود دارد. یکی از این مدل‌های داده که این امر را انجام می‌دهد ArcHydro است که توسط ESRI و با همکاری مرکز تحقیقات منابع آب (CRWR: Center for Research in Water Resources) در دانشگاه تگزاس ایجاد شده و برای کار در کنار نرم‌افزار ArcGIS قرار داده شده است. شایان توجه است که بدانیم این مدل داده پیش‌بینی نمی‌کند بلکه پیش‌بینی کار مدل شبیه‌سازی است که به آرک هیدرو (Arc Hydro) داده می‌شود. بحث از مدل‌های

شبیه‌سازی بسیار پیچیده و فراتر از محدوده این نوشته است. با ترکیب تکنولوژی GIS با داده‌های هیدرولوژیکی، امکان نمایش، توضیح و تفسیر اثرات تغییر کاربری زمین و پوشش گیاهی در مقیاس حوضه‌های آبریز مهیا شده است. به عنوان مثال، با فشارهای فزاینده‌ای که بر روی منابع آب وجود دارد، تمایلات برای اطلاع از نحوه تاثیر گسترش جنگل بر بازده آبی نیز فزونی یافته است. GIS و سنجش از دور بررسی تغییرات طولانی مدتی که در پوشش جنگل در سراسر ایالات متحده آمریکا رخ داده است را بر اساس عکس‌های هوایی موجود از اوایل دهه ۱۹۳۰ میسر می‌سازند. حتی قبل‌تر از دهه ۱۹۳۰، USGS اندازه‌گیری سیستماتیک بسیاری از حوضه‌های آبخیز را در سراسر آمریکا آغاز کرده است. اگر روند پوشش گیاهی در بلند مدت در حوضه‌های آبریز سنجیده شود، می‌توان تغییرات دراز مدت پوشش گیاهی را با تغییرات در کاربری اراضی مقایسه آماری کرد تا برای مثال، تعیین کنیم که آیا گسترش جنگل واقعا آنطور که تصور می‌شود جریان آب‌های سطحی را کاهش داده است یا خیر. در نتیجه با استفاده از داده‌های GIS همراه با داده‌های هیدرولوژی می‌توان تصمیم‌گیری مناسبی برای منابع آب داشت؛ تصمیم‌گیری‌ای که هزینه‌های به مراتب کمتری نسبت به روش‌های سنتی دارد.

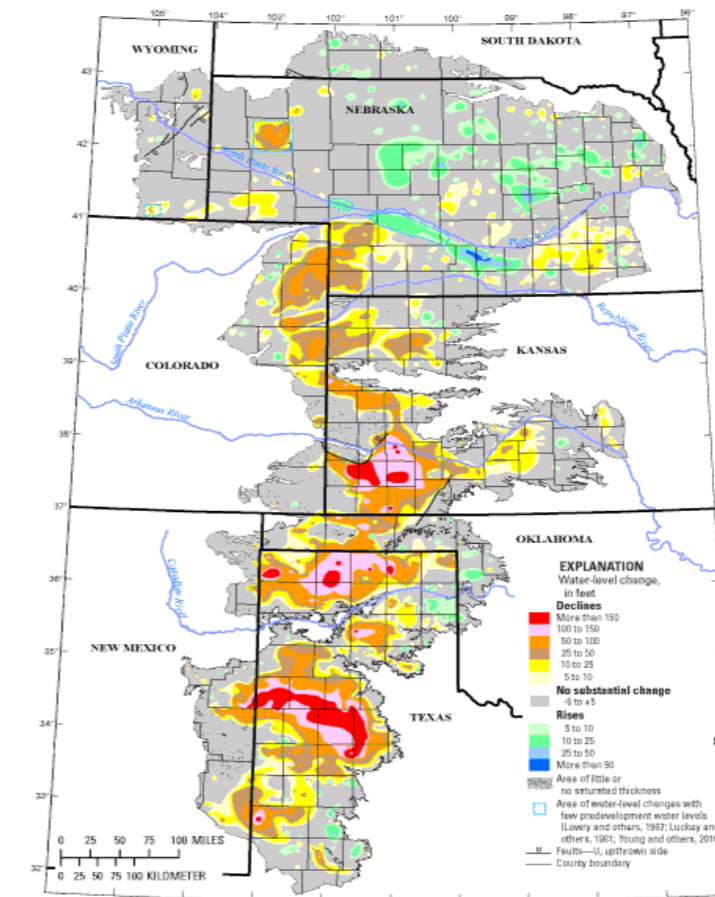
#### کاربرد جی.آی.اس (GIS) در مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی

همانطور که قبلاً ذکر شد، ۹۸ درصد از منابع آب‌های شیرین (منهای یخ‌های قطبی و یخبندان) که برای استفاده انسان و محیط‌زیست در دسترس است آبهای زیرزمینی است. در ایالات متحده، در حدود ¼ از منابع آبی که برای مصارف شخصی، تجاری / صنعتی، و آبیاری استفاده می‌شود از آبهای زیرزمینی می‌آید. با افزایش مطالبات از منابع آب سطحی، به احتمال زیاد تقاضا برای آبهای زیرزمینی نیز افزایش خواهد یافت. در بعضی از نقاط، این منابع در حال حاضر به شدت مورد بهره‌برداری، و حتی سوء مدیریت قرار گرفته است. نمونه‌ای از این قضیه، مساله کاهش سطح آب در حوضه رودخانه Republican River در ایالت‌های نبراسکا و کانزاس است که در آن پمپاژ بیش از حد آبهای زیرزمینی جهت آبیاری در نبراسکا باعث پایین رفتن سطح آب‌های در دسترس در پایین دست و در ایالت کانزاس شده است و نتیجه آن طرح شکایتی است که این ایالت در دادگاه علیه نبراسکا اقامه کرده است. اگر چه جریان آبهای زیرزمینی مثل جریان آب‌های سطحی آشکار نیست، با این حال آبهای زیرزمینی نیز می‌تواند به عنوان یک مسئله مکانی در GIS مشخص شده و توسط دانشمندان و مدیران منابع طبیعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.





نبراسکا: مکان های ثبت شده برای چاه در حوضه رودخانه



تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان

یکی از کاربردهای مفید GIS، مربوط به کیفیت آب در آبهای زیرزمینی است. برای ساخت و ساز/ مکانیابی کارخانجات صنعتی، محل های دفن زباله، فعالیتهای کشاورزی، و منابع بالقوه دیگر آلودگی آبهای زیرزمینی، مهم است که بدانید چگونه منابع آبهای زیرزمینی موجود تحت تاثیر قرار می گیرند و یا در معرض تاثیرپذیری خواهند بود. علاوه بر این، در مورد آلودگی آبهای زیرزمینی و نیاز به مهار و پاکسازی از آلاینده، چارچوب موجود از سیستم آبهای زیرزمینی در برنامه ریزی اقدامات بازسازی بسیار با ارزش خواهد بود. جی آی اس (GIS) می تواند حلقه نهایی در شبیه سازی مدل آبهای زیرزمینی باشد؛ مدلی که برای جذب کامل آلاینده ها ابداع شده است. مثالی دیگر از کاربرد GIS، مشکل شایعی است که در ارتباط با پمپاژ آب های زیرزمینی و فرونشست زمین و یا تعدی به حریم مناطق ساحلی وجود دارد. مناطقی که بیش از حد پمپاژ آب های زیرزمینی در آن ها رخ دهد ممکن است فروکش کرده، و هنگامی که در نزدیکی دریا این عمل واقع شود، ممکن است باعث سیل شود. همچنین، پمپاژ بیش از حد آبهای زیرزمینی در مناطق ساحلی ممکن است مشکلات دیگری نیز به ارمغان بیاورد، از جمله مورد کالیفرنیا که در آن نفوذ آب شور باعث به خطر افتادن آبخوان شده بود. به طور کلی، گسترش آب شور از ساحل در زیر سطح زمین بستگی به فاصله از ساحل دارد. پمپاژ بیش از حد آبهای زیرزمینی می تواند آب شور را به موقعیتی بالاتر بکشد و آبخوان را آلوده سازد. مطالعه دقیق و مدیریت آب های زیرزمینی در GIS و یا با داده هایی که در GIS مدل شده اند می تواند از این مشکلات جلوگیری کرده یا آن ها را کاهش دهد.

می توان گفت که ارائه تصویری از آبهای زیرزمینی پیچیده تر از نمایش آب های سطحی است. این دو منابع مطمئنا جدا از هم نیستند، زیرا می دانیم که آب های سطحی آبهای زیرزمینی را شارژ می کنند و آبهای زیرزمینی نیز زمانی که جریان می یابد آب های سطحی را تامین می کنند و این از جنبه های مهم چرخه هیدرولوژیکی است. آبهای زیرزمینی بسیار آهسته تر از سطح آب حرکت می کند، تقریبا کمتر از یک متر در هر روز تا شاید صد متر در هر روز، و جریان آن نیز ۳ بعدی است. در مقابل، جریان آب های سطحی بسیار سریعتر و دو بعدی است. جریان آب های زیرزمینی، تابعی از زمین شناسی و کل انرژی پتانسیل موجود در یک مکان است. آب های زیرزمینی از ارتفاع بالاتر به ارتفاع پایین تر و در طول مسیر دیکته شده توسط زمین شناسی جریان می یابد. مقدار فشار، خصوصیات زمین شناسی، جهت جریان آب زیرزمینی، حتی ارتفاع جدول آب (water table) و محل آبخوان ها از جمله ورودی هایی است که می تواند به طور مکانی در GIS ارائه شده و برای تجزیه و تحلیل، مدیریت در دسترس بودن آب و کیفیت آب، و فعالیتهای کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدار بسیار زیادی داده در مورد چاه ها موجود است مانند موقعیت، عمق آب، چینه شناسی زمین، کیفیت آب، ویژگی های آبخوان (aquifer) و الی آخر. این حجم داده ها را می توان در یک سیستم GIS مدیریت کرد و برای نمایش ویژگی های مکانی که برای تجزیه و تحلیل و برنامه ریزی منابع آب مهم هستند، آن ها را دستکاری و کم و زیاد نمود. برای مثال، در یکی از کاربردهای ساده GIS، اثر یک چاه جدید را می توان در آبهای زیرزمینی موجود و آب های سطحی مورد مطالعه قرار داد. تصمیم گیرندگان می توانند نتایج حاصل از این مطالعه را استفاده کنند تا ببینند آیا باید حفاری را ادامه داد یا نه.





برای تهیه آب سالم از آب گل آلود و کثیف می‌توان تنها از دو ظرف با اختلاف ارتفاع (همانند شکل) و یک تکه پارچه استفاده نمود.

## اخبار و دانستی‌های آبی

گردآورنده:

فرهاد رونقی

(دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)



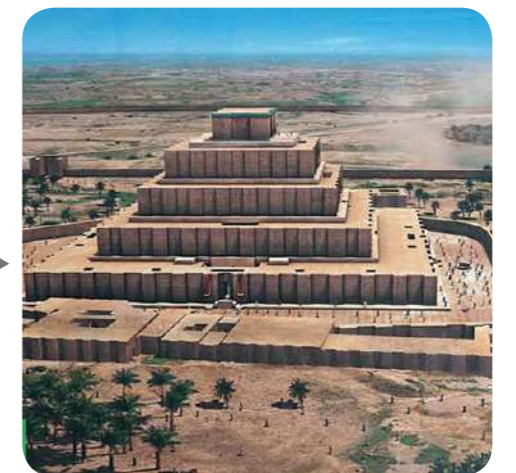
یک ایده برای بازیافت آب باران!

به منظور جلوگیری از تبخیر آب، ایجاد رواناب و نیز کنترل علف‌های هرز از مالچ کلشی می‌توان استفاده نمود.



دانشگاه تبریز با تعویض کلیه سردوش‌های حمام‌های خوابگاه از نوع سنتی به نوع کاهنده مصرف، استفاده از شیرهای اهرمی به جای شیرهای پیچشی در پروژه‌های عمرانی جدید، نصب آیفشان برای کاهش مصرف آب در شستشوی سرویس‌ها، چاپ و توزیع بروشور و پوستر، آموزش و فرهنگ‌سازی، تعریف رساله‌های علمی در خصوص مصرف آب و نیز استفاده از انشعابات دیگر با مصرفی کمتر از ظرفیت قراردادی توانسته است ۲۷ درصد مصرف آب شهری خود را نسبت به سال گذشته کاهش دهد.

تصفیه‌خانه چغازنبیل واقع در شهرستان شوش به عنوان اولین و کهن‌ترین تصفیه‌خانه آب دنیا شناخته شده که جهت تامین آب شرب شهر «دورانتاش» آب را با استفاده از یک کانال ۴۵ کیلومتری از رودخانه دز به آنجا منتقل می‌کردند.





کارشناسی ارشد و استاد مشاور ۲ پایان نامه دکتری بوده‌ام.

هر مقاله دارای نقاط قوت و ضعف می‌باشد. واقعیت این است که نمی‌توانم انتخابی بین مقالات داشته باشم.

▶ **آیا می‌توان میزان باسوادی یک استاد یا پژوهشگر را از روی تعداد مقالات ایشان سنجید؟**

یکی از مهمترین آیتم‌های ارزیابی میزان باسوادی اساتید دانشگاه تعداد مقالات شخص است. البته در این مورد باید نوع مجله و سهمی بودن استاد در نوشتن و استخراج مقاله را مد نظر قرار داد. متأسفانه در برخی موارد مشاهده می‌گردد که برخی اساتید بدون اینکه در جریان کار تحقیقاتی باشد اسم وی در مقاله نوشته شده و مقاله چاپ می‌گردد!

در بسیاری از کشورها اساتید آموزشی از اساتید پژوهشی جدا می‌باشند. اساتید پژوهشی معمولاً جوان و با انرژی بالا بوده و اساتید با سن بالا که دیگر انرژی و حوصله کافی برای تحقیقات ندارند، از نتایج اساتید پژوهشی استفاده نموده و تدریس و کارهای آموزشی را انجام می‌دهند. این مورد در ایران رعایت نمی‌گردد. در کشورمان اساتید و همکاران محترم علاوه بر تدریس آموزشی باید کارهای تحقیقی نیز انجام دهند که دو مقوله جدا بوده و باعث تحلیل رفتن انرژی هیات علمی می‌گردد.

▶ **به نظر شما علت رتبه پایین دانشگاه‌های ایران در برابر سایر دانشگاه‌های جهان چیست؟**

پایین بودن رتبه دانشگاه‌های ایران به عوامل مختلف بستگی دارد که از آن جمله عبارتنداز:

الف: چاپ تعداد کم مقالات دارای IF نسبت به دانشگاه‌های معتبرتر خارج از کشور

ب: کم بودن تعداد مجلات بین المللی در کشور، تعداد وسایل، لوازم و دستگاه‌های تحقیقاتی در دانشگاه های ایران نسبت به دانشگاه های دیگر

ج: اختصاص کم بودجه تحقیقاتی در ایران نسبت به بسیاری از کشورهای دیگر

د: عدم برخورد قاطع و سختگیرانه با متخلفان پژوهشی در ایران و بنابراین بد بین شدن سازمانهای پژوهشی بین المللی و مجلات معتبر و اساتید خارجی به پژوهشگران ایرانی

ه: عدم تسلط دانشجویان و حتی اساتید دانشگاه‌های ایران به زبان انگلیسی در حد مورد نیاز

و: پایین بودن سطح درآمد اساتید و دانشجویان و وجود مشکلات مالی برای هر دو قشر

ز: مهمترین دلیل پایین بودن رتبه دانشگاه‌های ایران نیز به

▶ **اذهان عمومی دید خوبی نسبت به مهندسی کشاورزی ندارند و آن را پایین‌تر از سایر رشته‌های مهندسی می‌دانند. آیا شما موافق این عقیده هستید؟ بنظر شما علت این طرز فکر چیست؟**

متأسفانه این طرز تفکر وجود دارد و حتی مختص ایران هم نیست. در دانشگاه توتوری ژاپن تعداد دانشجویان مهندسی آب و در کل مهندسی کشاورزی نسبت به بقیه رشته‌های فنی بسیار کمتر است. وقتی من علت را جویا شدم متوجه شدم که، اولاً از آنجا که ژاپن کشوری بسیار صنعتی است بسیاری از دانشجویان ترجیح می‌دهند در رشته های مهندسی برق، مکانیک و کامپیوتر ادامه تحصیل دهند زیرا بازار این رشته‌ها، در این کشور، به مراتب از بازار مهندسی کشاورزی و مهندسی آب بهتر است. علت دوم این مسئله محدود بودن اراضی کشاورزی کشور ژاپن است.

اگر بخواهیم مقایسه ای بین رشته‌های فنی انجام دهیم باید مقایسه بین رشته‌های مختلف صورت گیرد. تصور عمومی این است که کشاورزی یک رشته است اما واقعیت چیز دیگری است. کشاورزی دارای چندین رشته است که تعدادی از آنها فنی می‌باشد. علت اصلی دید نسبتاً بد اذهان عمومی به رشته‌های کشاورزی، به نظر بنده، به دلایل زیر می‌باشد:

الف) تعداد بسیار زیاد فارغ‌التحصیلان رشته‌های کشاورزی و کم بودن تعداد کارهای مرتبط با این رشته‌ها. برخی از رشته‌های فنی در بسیاری از شرکت‌های غیر دولتی می‌توانند مشغول کار شوند در حالی که اشتغال رشته‌های کشاورزی بیشتر در ادارات دولتی امکان پذیر بوده یا به نوعی تحت نظر ادارات دولتی صورت می‌گیرد.

ب) کار در رشته‌های کشاورزی دارای زحمت بوده و برای پول در آوردن در این رشته‌ها باید کارهای اساسی اولیه صورت گیرد و تا حدودی به سرمایه اولیه نیز نیاز دارد در حالی که بسیاری از رشته‌های فنی دیگر چنین لوازمی نیاز ندارند یا به نسبت رشته‌های کشاورزی نیازهای اولیه کمتری احتیاج دارند.

در رشته‌های کشاورزی و مخصوصاً در رشته مهندسی آب در بسیاری از کشورها و علی‌الخصوص ایران جای پیشرفت بسیار زیاد است اما نیاز به آگاهی، هوش بالا، زحمت کشیدن و البته کمی سرمایه اولیه است.

▶ **تا به حال چند مقاله یا کتاب ارائه داده‌اید؟ بهترین مقاله شما بنظر خودتان کدام بوده است و چرا؟**

بنده تاکنون بیش از ۳۰ مقاله مجله ای (اعم از JCR، ISC، Scopus، WOS و مجلات معتبر داخلی و خارجی، تعداد بیش از ۸۰ مقاله کنفرانسی و یک جلد کتاب (مشترک با همکار محترم، آقای دکتر رسول‌زاده) داشته‌ام. ضمن اینکه استاد راهنمای بیش از ۱۰ پایان نامه



## مصاحبه اختصاصی با دکتر مجید رئوف دانشیار

گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی

گردآورنده: رقیه کریم‌زاده (دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

▶ **خودتان را معرفی کنید.**

بنده مجید رئوف، دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی هستم. ۳۹ ساله و دارای دو فرزند می‌باشم.

▶ **در چه مدارسی تحصیل کرده‌اید؟ سطح معدل شما در طول تحصیل چگونه بوده است؟**

بنده دوره ابتدایی را در مدرسه شهدا کرفس (از توابع شهرستان رزن استان همدان)، دوره راهنمایی را در مدرسه بلال حبشی کرفس و دوره دبیرستان را در مدرسه ابن سینای قروه همدان به پایان رسانیده‌ام. سطح معدل خود در حال حاضر اصلاً خاطر من نیست اما چیزی که یادم است، همواره بین نمرات ۱ تا ۳ هر سال بودم.

▶ **در چه دانشگاه‌هایی تحصیل کرده‌اید؟ سطح معدل شما در طول تحصیل چگونه بوده است؟**

دوره کاردانی را در دانشگاه بوعلی سینای همدان در طی سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ و با معدل حدود ۱۷، دوره کارشناسی را در دانشگاه شهرکرد در طی سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ و با معدل حدود ۱۶، دوره کارشناسی ارشد را در دانشگاه تبریز در طی سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴



رده‌بندی‌های سیاسی ارتباط دارد. زیرا بسیاری از منابعی که رده‌بندی‌های دانشگاه‌های دنیا را انجام و ارائه می‌دهند دارای ملاک‌هایی است که برخی از آن ملاک‌ها دارای مبنایی غیر از علم و پژوهش است.

### ▶ میزان رضایت شما از دانشگاه محقق اردبیلی چقدر است؟ چه پیشنهادهایی برای بهبود کیفیت این دانشگاه دارید؟

در بسیاری از کشورهای دنیا چاپ مقاله فقط در مجلات علمی پژوهشی IF دار قابل قبول است. در بین مجلات IF دار نیز هرچه این ضریب بالاتر باشد به همان مقدار اعتبار و استقبال بیشتر است. اگرچه در دانشگاه محقق اردبیلی تعداد کل مقالات در سال ۱۳۹۵ بیشتر از سال ۱۳۹۶ و در سال ۱۳۹۶ بیشتر از سال ۱۳۹۷ است، اما بررسی مقالات نشان می‌دهد که تعداد مقالات ISI در سال ۱۳۹۷ بیشتر از ۱۳۹۶ و ۱۳۹۵ بوده است. این بدان معنا است که چاپ مقالات در دانشگاه محقق به سمتی هدفدار و قابل قبول در حال حرکت است. تعداد مقالات چاپ شده در دانشگاه محقق اردبیلی به نسبت امکانات و آزمایشگاه‌های این دانشگاه، در حد قابل قبول می‌باشد.

### ▶ شما چه راهکارهایی را برای حل مشکل بحران و کمبود آب ایران پیشنهاد می‌کنید؟

بسیاری از مشکلات کمبود آب در ایران دارای دلایل مدیریتی، سیاسی، دخالت نایجای برخی مسئولین در امور آب و البته ضعف اقتصادی مردم هستند. به قول یکی از همکاران محترم، قاعدتا از کرات دیگر برای بردن آب به ایران هیچ نیروهایی اعزام نشده است و هر برداشتی و استفاده ای صورت می‌گیرد زیر نظر وزارت نیرو و علی‌الخصوص شرکت‌های آب منطقه ای می‌باشد. برای استفاده بهینه از آب و عدم تخلیه بیشتر منابع آب کشور، نیاز به همکاری همه جانبه دولت، کشاورزان، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقات و البته رسانه ملی است.

### ▶ شما در حال حاضر در فرصت مطالعاتی در کشور ژاپن بسر می‌برید، کشاورزی ژاپن را چگونه دیده‌اید و چه تفاوتی با کشاورزی ایران دارد؟

کشور ژاپن یک کشور کوچک (حدود یک سوم مساحت ایران) است که البته دو سوم آنرا نیز جنگلها پوشش داده‌اند و در قسمت شمالی این کشور (منطقه هوکایدو) نیز به دلیل بارش برف های سنگین کشاورزی امکان‌پذیر نبوده یا بسیار جزئی است. بارش در کشور ژاپن بسیار زیاد است و متوسط بارش سالانه این کشور بیش از ۱۸۰۰ میلیمتر است. در این کشور بر خلاف کشور ما، مشکل، کمبود خاک حاصلخیز است. در این کشور کشاورزان معمولا سعی می‌کنند کودهای شیمیایی را زمانی در مزرعه پخش کنند که بارش وجود

نداشته باشد یا بسیار کم باشد زیرا کودها همواره شستشو شده و از دسترس گیاه خارج می‌گردد. این کشور دارای رودخانه‌های پر آب است که تمام آبهای آنها با کیفیت بالا به دریاها یا اقیانوس می‌ریزد. در یک عبارت: مشکل اصلی کشاورزی در ایران کمبود آب و در ژاپن کمبود خاک است.

### ▶ چه تفاوت‌هایی بین دانشگاه‌ها، اساتید و دانشجویان کشور ژاپن با کشور خودمان وجود دارد؟

شباهت‌های زیادی بین دانشگاه‌های ایران و ژاپن وجود دارد اما مهمترین تفاوتها، به نظر بنده به شرح زیر است:  
الف: آموزش و اجباری کردن یادگیری زبان انگلیسی در مقطع کارشناسی (و البته قبل از ورود به دانشگاه)  
ب: تفکیک اساتید آموزشی و پژوهشی و ارتقای هر یک بر اساس ملاک و معیارهای متفاوت  
ج: وجود امکانات پژوهشی، بودجه‌های هنگفت، وسایل و دستگاه‌های پژوهشی  
د: اعلان فراخوان برای استخدام پاره وقت ۹ ماهه یا یک ساله یا ۱/۵ ساله برای اساتید پژوهشگر

### ه: احترام فوق‌العاده زیاد متقابل استاد و دانشجو به همدیگر ▶ مصرف آب در کشور ژاپن چگونه است؟

دو نوع مصرف در این کشور وجود دارد. یک نوع مصرف در بخش کشاورزی است که هیچ محدودیتی وجود ندارد و کشاورزان هر مقدار آب می‌توانند استفاده نمایند. نوع دیگر آب شرب و صنعتی است که مطابق تعرفه موجود کشور ژاپن، مشترکین باید آب‌بها پرداخت نمایند و البته آب بهای پرداختی به مراتب گران‌تر از کشور خودمان است. در مورد هزینه آب کشاورزی اطلاع دقیق و کافی ندارم.

### ▶ نظر شما در مورد حذف کنکور سراسری چیست؟

اگرچه این کار به نفع دانشگاه‌هایی مانند محقق اردبیلی و دانشگاه‌های درجه دوم و سوم و به ضرر دانشگاه‌های تراز اول خواهد بود و بنده نیز با حذف آن موافق هستم، اما به نظر بنده این کار غیر ممکن است. ممکن است در برخی از رشته‌ها بدون کنکور دانشجو پذیرفته شود، اما بدون کنکور و ارزیابی، چگونه می‌توان ۲۰ نفر دانشجو به رشته مثلا مهندسی کامپیوتر دانشگاه شریف اختصاص داد؟

### ▶ بهترین خاطره دوران دانشجویی شما چه بوده است؟

دوره دانشجویی یک دوره بسیار فعال و پویا برای هر شخص می‌باشد. اتفاقات جالب بسیاری در آن دوره رخ می‌دهد. اتفاق جالبی که در ذهن بنده مانده است داستانی است در مورد جناب پروفسور منصور غلامی (وزیر علوم فعلی) در دانشگاه بوعلی سینای همدان. در بهار سال ۱۳۸۰ دانشجویان معترض بودند که کیفیت غذای دانشگاه بسیار پایین است در آن زمان آقای پروفسور غلامی رئیس دانشگاه بوعلی‌سینا بودند. یک شب که برای خوردن شام به سلف سرویس می‌رفتیم جلوی ساختمان سلف سرویس، ماشین سبز پژو پروفسور غلامی توقف کرد. ما (تعدادی از دانشجویان) دور ایشان حلقه زده و به کیفیت غذا اعتراض نموده و ایشان را به زور به سلف سرویس برده و یک سینی کباب (که دارای کیفیت واقعا پایین بود) گرفته و به ایشان تقدیم نمودیم! البته ایشان مدیر بسیار خوبی بودند و با خوردن یکی دو قاشق، از ما خداحافظی کرده و بعد از آن نیز کیفیت غذای دانشگاه تغییری نکرد.

### ▶ توصیه شما به دانشجویان چیست؟

توصیه‌ها بسیار فراوان است اما بنده می‌خواهم یک توصیه متفاوت که جدیدا متوجه شده‌ام به دانشجویان داشته باشم. بسیاری از کشورهای اروپایی، آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن و برخی دیگر از کشورها دارای فاندهایی هستند که مخصوص دانشجویان دکتری (یا در شرایط خاص فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد) است. به عبارت دیگر به ازای انجام برخی کارها و تحقیقات به دانشجویان حقوق و مزایا داده می‌شود. حقوق و مزایای اختصاصی طوری است که در حال حاضر شاید با حقوق یک هیات علمی با درجه استادیار در ایران برابری کند. اینجانب در کشور ژاپن شاهد این مورد هستم که چگونه دانشجویان چینی، مصری، اتیوپیایی، سومالیایی، تایلندی و . . . از فاندهای دولت ژاپن استفاده می‌کنند و هم تحقیق انجام داده، هم به اسم خود مقاله چاپ کرده و هم حقوق نسبتا خوبی دریافت می‌کنند. اگرچه برای انتخاب شدن رقابت سختی وجود دارد، اما این کار برای دانشجویان ما نیز امکانپذیر است.

### ▶ اگر حرف آخری دارید، لطفا بفرمایید.

در نهایت از دست اندکاران محترم نشریه آرتاب انجمن علمی گروه مهندسی آب که زحمت فراوانی را متقبل می‌شوند نهایت تشکر و قدردانی را دارم.



## حکمرانی آب

نویسنده:

رضا جلالی

(کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی دانشگاه محقق اردبیلی)

منابع:

- (1) Mollinga PP (2008), farming a political sociology of water resources management.
- (2) Werkheiser I, PISO Z (2015), A framework for understanding sustainability.
- (3) Baumann, D.D., Boland, J.J. and Sims, J.H., (1984). The struggle over definition.
- (4) Rogers, P. and Hall, A.W., (2003). Effective water governance

## حکمرانی آب چیست؟

حفاظت از منابع آب در حقیقت به تلاش‌هایی اطلاق می‌گردد که در جهت کاستن از مصرف یا هدررفت، و با هدف پایداری منابع آب صورت می‌گیرند (Baumann et al, 1984). پایدار نگاه داشتن منابع آب علاوه بر شرایط بیوفیزیکی سیستم‌ها، به امکان‌پذیر بودن آن از منظر جامعه و آزاد بودن افراد در انجام آن نیز بستگی دارد (Werkheiser and PISO, 2015). حفاظت از منابع آب، به دلیل اینکه از جنس کنترل و اصلاح در فرایند چرخه هیدرولوژی می‌باشد، ذاتاً یک فرایند اجتماعی و سیاسی است (Mollinga 2008)، چرا که انجام آن نیازمند درگیر شدن با انگیزش‌های احیاناً متضاد جامعه و همین‌طور ساختار سیاسی حاکم بر آن است. بنابراین، برای درک علل شکست یا موفقیت فرایند پرتنش حفاظت، آگاهی از ساختار تنظیم‌کننده و حاکم بر فعالیت‌های مرتبط با حفاظت، یا همان حکمرانی آب، امری ضروری است.

در تشریح مفهوم حکمرانی آب شاید شناخته شده‌ترین و پرکاربردترین تعریف مربوط به Global Water Partnership باشد: «حکمرانی مجموعه‌ای از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی موجود است که توسعه و مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در سطوح مختلف جامعه را تنظیم می‌نماید» (Rogeres and Hall, 2003).

دشواری اصلی در حکمرانی آب در یک جمله می‌گنجد: «هر گروه و تشکیلاتی فکر می‌کند که آب به او تعلق دارد، اما کسی اراده‌ای برای حفاظت از آب ندارد». در هندوستان به این نتیجه رسیده‌اند که تنها دلیل کوتاهی‌ها حکمرانی بد یا ناقص است. «آنچه ما به آن احتیاج داریم حکمرانی خوب با مشارکت و همراهی گروداران است و نه دولت کامل و بی نقص».

## مفهوم حکمرانی خوب

ناکامی سیاست‌های گذشته مدیریت آب تحت فشارهای توسعه، موجب شده تا حرکتی اصلاحی برای بازنگری و آسیب‌شناسی رفتار گذشته و یافتن راه‌هایی برای افزایش کارایی مدیریت آب کشور آغاز گردد. باور عمومی آن است که بحران موجود آب (بحران کمیابی آب) نتیجه حکمرانی نامناسب است. بر اساس اجماع پدید آمده: مدیریت یک تنه ناکارا است و باید به جای آن مدیریت مشارکتی مستقر گردد. به همین دلیل، امروزه اصلاح حکمرانی آب بحثی جدی و مطرح در عرصه مدیریت آب شده است. اهمیت آب در جای- جای زندگی بشر و نقش ویژه آن در توسعه مناطق خشک بر کسی پوشیده نیست.

حکمرانی خوب، رویکردی است که در نتیجه ناکامی سیاست‌های (دولت رفاه و اقتصاد لیبرال) از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی به بعد، شکل گرفت. این رویکرد یا نظریه، با تشویق کشورهای در حال توسعه برای خصوصی‌سازی، مقررات‌زدایی و سایر اصلاحاتی که عمدتاً رویکرد اقتصادی داشتند ادامه یافت. در حال حاضر، حکمرانی خوب، نظریه‌ای است که فقط رویکرد اقتصادی ندارد و در آن بر (ارایه خدمات عمومی کارآمد)، (نظام قضایی قابل اعتماد) و (نظام اداری پاسخگو) نیز تأکید می‌شود. بانک جهانی در سال ۱۹۸۹ گزارش سالانه خود را به حکمرانی خوب اختصاص داد. همچنین، حکمرانی خوب در اعلامیه هزاره ملل متحد، شرط اساسی دستیابی به اهداف توسعه هزاره سوم بیان شده است.

چهار خصوصیت حداقلی در مدیریت مؤثر آب را می‌توان به شرح زیر مشخص نمود:

► رهبری اخلاق‌مدار و تمرکز همزمان بر حقوق عامه (به ویژه افشار آسیب‌پذیر)، حقوق آب‌بران و حقوق محیط‌زیست؛

► تلاش برای تمرکززدایی (مشارکت گروداران و بویژه آب‌بران در فرآیند تصمیم‌سازی) و در عین حال، حفظ یکپارچگی مدیریت آب؛

► فراهم آوردن دسترسی برای تصمیم‌سازان (و حتی عموم مردم) به اطلاعات بهنگام، موثق و کافی به عنوان مقدمه‌ای برای جلب همدلی و همیاری ایشان؛

## جمع‌بندی

حفاظت از منابع آب زیرزمینی پرتنش است و بیشتر از آنکه یک اقدام فنی به حساب بیاید، نیازمند درگیر شدن با ابعاد اجتماعی و سیاسی است. به همین دلیل، وضعیت مطلوب حکمرانی آب می‌تواند فراهم بودن شرایط برای موفقیت در اجرای فرایند حفاظت از منابع آب زیرزمینی را رقم زند، زیرا سیستم حکمرانی بیانگر ساختار تنظیم‌کننده فرایندهای مدیریتی همچون حفاظت از منابع آب است.

براساس ارزش و جایگاه منحصر به فرد منابع آب در تأمین رفاه و بهزیستی جامعه بایستی بر لزوم تداوم دسترسی به آب کافی و سالم برای همگان در هر زمان تأکید گردد.

چنین اقدامی سترگ نیازمند اجماع نسبی تمامی عوامل حکمرانی آب از حاکمیت تا گروداران - در راستای یک (چشم‌انداز مشارکتی) است که به جز با تفاهم جمعی حاصل نمی‌آید. به عبارت دیگر: برای هر یک از حوضه‌های آبی کشور، شاه‌کلید موفقیت در تحول مدیریت آب، همانا تحریک اراده جمعی کنشگران اصلی حوضه در جهتی واحد برای دستیابی به حکمرانی خوب آب است. البته، پیشنیاز دستیابی به این شاه‌کلید، آگاهی کنشگران از ماهیت منابع آب، وضعیت امروزی این منابع و نیز روند افزایشی فشارها بر منابع مذکور (ناشی از توسعه فزاینده و تغییر اقلیم) است. مسلماً، هوشیاری کنشگران از عواقب ادامه روند فعلی نیز نقشی اساسی در این تحول دارد.

► ایجاد ساز و کارهایی برای (گفتگو) و نیز (حل و فصل مناقشات) با حضور متخصصین و نمایندگان جامعه مدنی.

## بازبینی ساختار مدیریت آب

روند قبلی (مدیریتی) در حوزه‌های مرتبط با عرضه و مصرف آب، منجر به بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب سطحی و زیرزمینی در اغلب حوضه‌های آبی کشور شده است. عملاً طی نیم قرن اخیر ادامه این روند منجر به وخیم‌تر شدن مستمر وضعیت منابع آب و نهایتاً بروز بحران آب گردیده است.

نگاهی به گذشته، نشان می‌دهد فقدان اراده سیاسی و عزم جدی در نهادهای قانون‌گذاری و اجرایی تأثیر تعیین‌کننده‌ای در عدم تحقق اهداف برنامه‌ها داشته است. البته، عدم تعامل کافی با بخش خصوصی نیز در این شکست نقش داشته است. اکنون عزمی جدی برای تحول پدید آمده است و وزارت نیرو (به عنوان متولی آب کشور) اقدامات حمایتی در مسیر تحول از (وضع گذشته) به (وضع مطلوب) را آغاز نموده است. جنبه‌های اصلی تمایز (وضع گذشته) و (وضع مطلوب) در حکمرانی آب، از دیدگاه گروداران در جدول زیر بطور خلاصه نشان داده شده است.

جدول ۱- جنبه‌های تمایز «وضع گذشته» و «وضع مطلوب» در حکمرانی آب

عنوان	وضع گذشته	وضع مطلوب
نگرش حاکم بر مدیریت	بخش نگری	فرابخشی
نحوه تصمیم‌گیری و اجرا	دستوری، از بالا به پایین	تصمیم‌سازی مشارکتی و پاسخگویی به گروداران
جهت‌گیری مدیریتی	تمرکز بر تأمین آب	مدیریت تقاضا
جهت‌گیری تشکیلاتی	سازمان چند تخصصی بسته	سازمان چند تخصصی باز
نتیجه اقدامات	تحلیل هزینه‌های سنگین بر جامعه	تعادل منابع آب و تضمین پایداری توسعه



## کاهش تبخیر آب و امکان‌سنجی استفاده از پنل‌های خورشیدی تولید

انرژی سد شهید کاظمی (بوکان)

نویسندگان:

مجید رئوف (دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

میلاذ رضایی (دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

منابع:

- (۱) عزیزاده ، امین. (۱۳۷۶). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات قدس رضوی، چاپ هشتم.
- (۲) نعمت‌اللهی، م. و فروشانی، م. و بینا زاده، م. (۱۳۹۴). سلول های خورشیدی شناور بر آب: راهی برای حل مشکل تبخیر آب از سطح سد ها و استخر های ذخیره سازی آب و تولید هم زمان برق خورشیدی، کنفرانس آب، پساب و پسماند، مرکز همایش های صداوسیما، تهران
- (۳) فیضی، ف. و اعلی، م. و ستاری، م. و دشتی، ر. (۱۳۹۵). کاربرد الگوریتم مجموعه ذرات در بهره برداری بهینه از مخزن سد بوکان در زیر حوضه دریاچه ارومیه با لحاظ حبابه زیست محیطی، کنفرانس بین المللی پیامد های جغرافیایی وزیست محیطی وضعیت دریاچه ارومیه، دانشگاه تبریز.
- (۴) حاج سقطی، اصغر. (۱۳۹۳). اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، چاپ پنجم.
- (۵) ذبیحی، م. و حاج سقطی، ا. و رضایی حریری، م. مجموعه مقالات سمینار های انرژی خورشیدی .
- (۶) مجرد، ف. و مرادی، ک. (۱۳۹۳). نگرشی برناموزونی هاوروند های ساعات آفتابی در ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال دوازدهم، شماره ۳۴.
- (۷) سایت گروه صنعتی SSCO.

## چکیده

با توجه به تبخیر شدید آب در ۶۰۰ سد کشور محققان طرح پنل خورشیدی را برای جلوگیری از تبخیر آب ارایه کردند که ضمن تولید برق از میزان تبخیر آب در پشت سد جلوگیری می‌کند. هدر رفتن آب به شکل تبخیر، بخصوص در سدهای خاکی که با توجه به منحنی‌های هیدروگرافی مخازن، از نسبت سطح به ارتفاع بالایی برخوردار می‌باشند، در استان آذربایجان غربی سالانه حجم عظیمی از آنها را به شکل تبخیر از دسترس خارج می‌کند. در این تحقیق کاهش تبخیر از مخزن سد شهید کاظمی با کاهش مقدار تابش خورشیدی (که از عوامل موثر بر تبخیر آب مخزن می‌باشد) توسط پنل خورشیدی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار (V-meteonorm) داده‌های هواشناسی محدوده سد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین با استفاده از نرم‌افزار (pvsyst) برآورد میزان بار انرژی خورشیدی و مقدار دریافتی آن توسط پنل خورشیدی استخراج گردید. در نهایت پروژه از نظر اقتصادی بررسی شده و سود آوری آن تحلیل شد. نتایج نشان داد که مقدار انرژی تولیدی توسط پنل‌های خورشیدی ۴۰۰۰۰۰۰ وات، سالانه ۶۳۸۶۰۴/۹ مگاوات ساعت می‌باشد. طبق برآورد های انجام شده، متوسط هزینه برای خودکفایی برق مصرفی ۲۰۰۰۰ خانه مسکونی (جمعیت تقریبی شهر بوکان) در حدود ۸۰۰ میلیارد تومان می‌باشد. صرفه جویی حاصل از استفاده از این تکنولوژی طی ۶ سال هزینه اولیه را جبران خواهد کرد و با توجه به نتایج بدست آمده، سد شهید کاظمی موقعیت و پتانسیل خوبی برای اجرای این طرح دارد.

کلمات کلیدی: تبخیر از سطح آب، انرژی خورشیدی، سلول، سد شهید کاظمی بوکان، هزینه‌های تولید برق

## مقدمه

متوسط بارندگی جهانی ۸۵۰ میلی‌متر و در ایران ۲۵۰ میلی‌متر است. داده‌های آماری مربوط به پراکنش مکانی بارندگی در ایران حاکی از آن است که ۷۰ درصد از میزان بارندگی در ایران در ۲۵ درصد از سطح ایران و ۳۰ درصد باقی مانده در ۷۵ درصد از سطح ایران بارش می‌شود. همچنین پراکنش زمانی بارش در ایران نامتناسب است و داده‌های آماری نشان می‌دهد که تنها ۲۵ درصد از میزان بارندگی در فصولی است که محصولات کشاورزی نیازی به بارندگی دارند و ۷۵ درصد بارش‌ها در زمانی است که محصولات کشاورزی نیاز چندانی به بارندگی ندارند.

وزارت نیرو در سال‌های گذشته برای حل کردن بحران آب کشور روی به احداث سد آورد. اما احداث سدها نتوانست مشکل کم‌آبی در کشور را مرتفع کند. به عنوان مثال این وزارت در ابتدا پیش‌بینی حدود ۷ میلیارد مترمکعب آب در سد کرخه را داشت اما هیچ‌وقت این مقدار حتی به ۵ میلیارد مترمکعب هم نرسید. به طوری که در سال ۱۳۹۳، ۱/۹ میلیارد مترمکعب و در سال ۱۳۹۴ حدود ۱/۱ میلیارد مترمکعب آب ذخیره داشت. همچنین چند سال است که این سد عظیم یک کیلووات ساعت برق هم تولید نکرده است. نمونه مشابه این عملکرد در سدهای دیگر نیز اتفاق افتاده است. مثلا در سد سیمره با وجود سرمایه‌گذاری‌های سنگین و اتمام کار نیروگاه و سد و همچنین ذخیره شدن ۱ میلیارد و ۶۰ میلیون مترمکعب آب در پشت سد بعد از گذشت چهار سال هنوز تولید برقی صورت نگرفته است.

از سوی دیگر تبخیر پشت سدها یکی از عوامل مهم هدر رفت آب در کشور است. تبخیر عاملی است که امروزه به عنوان یکی از مهمترین مولفه‌های تشدید خشکسالی در کشورهای جهان، به ویژه ممالکی که در منطقه خشک واقع شده اند، از آن یاد می‌شود. با توجه به داده های آماری می توان گفت: متوسط تبخیر در جهان ۷۰۰ میلی متر و در ایران ۲۱۰۰ میلی متر می باشد. طبق آمار سالانه ۱۰ میلیارد متر مکعب از مساحت آب پشت سد ها تبخیر می‌شود. به عنوان مثال برآورد شده که از دریاچه‌ی سد کرخه، سالانه در حدود ۴۰۰ میلیون مترمکعب آب (دو برابر گنجایش اسمی سد کرج) تبخیر می شود.

به عبارت دیگر سد کارکرد بهینه‌ای برای حفظ و نگهداری آب راندارد. بنابر آنچه گفته شد یکی از معضلات کشور تبخیر شدید آب در پشت ۶۰۰ سد احداث شده است که برای رفع آن نیاز به اقدامات فناورانه داریم. از جمله عوامل موثر در تبخیر شدید آب، تابش آفتاب است، که به طور متوسط در ایران ۱۲ ساعت تابش آفتاب در طول روز داریم. در حال حاضر آفتاب‌گیر بودن کشور از عوامل موثر در تشدید بحران کم‌آبی است. از جمله راهکارهای پیشنهادی برای کاهش تبخیر از سطح سدها و استخرهای ذخیره‌سازی آب می‌توان به ذخیره آب در مخازن سر پوشیده، توسعه مخازن زیر زمینی آب، طراحی سد در محلی که دریاچه آن با حجم مناسب، کمترین سطح را داشته باشد، استفاده از مواد شیمیایی جهت ایجاد پوشش سطحی مقاوم در برابر تبخیر و تولید همزمان برق خورشیدی و جلوگیری از تبخیر سطحی آب اشاره کرد.

## مواد و روش ها

### ۱-۲ موقعیت جغرافیایی سد شهید کاظمی

سد بوکان از جمله مهمترین سدهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. حوضه آبریز سد مخزنی بوکان در ۳۵ کیلومتری شهر بوکان، با مساحت ۶۸۹۰ کیلومترمربع در طول جغرافیایی ۴۵ تا ۴۷ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ تا ۳۶ درجه شمالی در استان آذربایجان غربی واقع شده است. این سد آب مورد نیاز کشاورزی جلگه میان‌دوآب و بخشی از دشت‌های بناب و ملکان را تامین می‌کند. سطح ناخالص کشاورزی این شبکه برابر ۶۴۶۷۰ هکتار می‌باشد که از این مساحت ۵۸۱۷۱ هکتار قابل آبیاری می‌باشد. حجم مفید مخزن سد بوکان برابر ۴۸۶ میلیون مترمکعب می‌باشد و پتانسیل انرژی خورشیدی در این محدوده (۳/۸-۴/۵) کیلووات ساعت بر متر بر روز که در شکل ۲ نقشه تقسیم‌بندی سازمان انرژی نو آمده است که پتانسیل خوبی برای دریافت انرژی خورشیدی را دارد.

۴-۲ عوامل موثر بر تبخیر آب

۱-۴-۲ دما: عاملی است که به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و اقلیم منطقه بستگی دارد [۱].

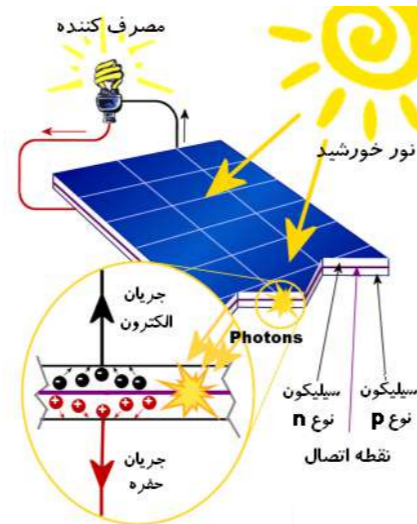
۲-۴-۲ باد: عاملی است که در تعویض سطحی هوای مرطوب با هوای خشک اطراف موثر بوده و باعث تشدید عمل تبخیر می‌گردد. (بشرط اینکه رطوبت هوای تعویضی نسبت به هوای اولیه کمتر باشد) [۱].

۳-۴-۲ گرادیان معکوس چگالی هوا در اثر دما: در محدوده هیدرولوژیکی جو، با افزایش ارتفاع نسبت به سطح زمین دلیل کاهش دما، هوا متراکم شده بنابراین چگالی آن افزایش می‌یابد. این عامل باعث ناپایداری و جابجایی ارتفاعی هوا و در نهایت تشدید عمل تبخیر می‌گردد [۱].

۴-۴-۲ گرادیان معکوس چگالی هوا در اثر رطوبت: سبکی هوای نزدیک به سطح زمین نسبت به هوای ارتفاعات در اثر افزایش میزان رطوبت، عامل مضاعفی در ناپایداری و جابجایی ارتفاعی هوا می‌باشد [۱].

۵-۴-۲ تابش و میزان ساعات روشنایی

این عامل به موقعیت جغرافیایی منطقه بستگی دارد و از عامل‌های اصلی تبخیر از سطح آزاد آب است [۱]. هدف از به کارگیری پنل‌های خورشیدی کاهش این عامل موثر بر تبخیر آب می‌باشد که تعداد ساعات آفتابی در محدوده سد با توجه به توزیع مکانی تعداد ساعات سالانه ایران طبق مطالعات میدانی حدود ۲۹۰۰ ساعت در سال می‌رسد [۶].



شکل ۳- پنل خورشیدی



شکل ۱- عکس هوایی سد شهید کاظمی

شکل ۲- پتانسیل تابش خورشیدی درسد شهید کاظمی

۲-۲ دریافت انرژی و تبخیر آب

مولکول‌های آب و سایر مایعات بطور آهسته در حال حرکت و جابجایی می‌باشند بنابراین انرژی جنبشی مولکول معینی از آب ضمن برخورد با سایر مولکولها دائماً در حال تغییر می‌باشد در هر لحظه معین تعدادی از مولکولها دارای انرژی نسبتاً زیاد و تعدادی دارای انرژی نسبتاً کم می‌باشند. مولکولهایی که انرژی جنبشی آنها بقدری افزایش می‌یابد که بتوانند بر نیروی جاذبه مولکولهای اطراف غلبه کنند از سطح مایع فرار کرده و به فاز گازی وارد می‌شوند این فرایند را که در اثر دریافت انرژی صورت می‌پذیرد، تبخیر می‌نامند. پس عامل اساسی در عمل تبخیر دریافت انرژی گرمایی و افزایش انرژی جنبشی مولکولهای آب می‌باشد. منشاء انرژی گرمایی، خورشید می‌باشد با توجه به میزان درجه حرارت سطح خورشید و فاصله شعاعی آن از سطح اتمسفر و مساحت کره زمین، میزان انرژی خورشیدی گسیل شده از خورشید به هر المان سطحی زمین (1 cm<sup>2</sup>)، ۰/۵ کالری در هر دقیقه می‌باشد. این رقم در استوا بدلیل تابش عمود ۲ و در قطب بدلیل تابش مماس تقریباً صفر می‌باشد [۱].

۳-۲ پنل خورشیدی و نحوه عملکرد آن

پنل‌های خورشیدی از واحدهای کوچکتری به نام سلول‌های خورشیدی (سلول‌های فتوولتائیک) ساخته می‌شوند. بیشتر سلول‌های خورشیدی از سیلیکون ساخته می‌شوند، نیمه‌رسانایی که دومین عنصر فراوان در زمین است. در یک سلول خورشیدی، سیلیکون بلورین بین لایه‌های رسانا چفت می‌شود. هر اتم سیلیکون با چهار پیوند نیرومند به اتمهای کناری اش وصل است، که الکترون‌ها را در جای خود نگه می‌دارد، جوری که هیچ جریانی نمی‌تواند برقرار شود. در یک سلول خورشیدی سیلیکونی از دو لایه گوناگون از سیلیکون بهره گرفته می‌شود. سیلیکون نوع n که الکترون اضافی دارد، و سیلیکون نوع p دارای فضاهای خالی‌ای به نام حفره برای الکترون است. الکترون‌ها در سراسر پیوندگاه P / N (جایی که این دو نوع سیلیکون به هم می‌رسند) سرگردان می‌شوند، و در یک سو بار مثبت و در سوی دیگر بار منفی به وجود می‌آید.

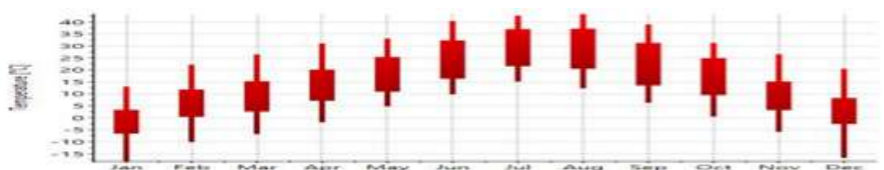
می‌توانید نور را به صورت جریانی از ذرات کوچک به نام فوتون در نظر بگیرید، که از خورشید شلیک می‌شوند. زمانی که یکی از این فوتونها با انرژی کافی به سلول سیلیکونی برخورد می‌کند، می‌تواند یک الکترون را از پیوند بیرون بیاورد، و یک حفره به جا گذارد. الکترون با بار منفی و حفره با بار مثبت اکنون آزادند تا به اطراف حرکت کنند. اما به خاطر میدان الکتریکی موجود در پیوندگاه P / N، تنها به یک سو خواهند رفت. الکترون به سمت N کشیده می‌شود در حالی که حفره به سمت P کشیده می‌شود. الکترون‌های در حال حرکت، توسط یک لایه نازک فلزی در بالای سلول جمع آوری می‌شوند. آنها از آنجا در یک مدار خارجی جریان می‌یابند، و کار برقی خود، مانند تأمین انرژی یک لامپ را انجام می‌دهند و از ورق آلومینیوم رسانایی که در پشت (زیر) سلول است، باز می‌گردند. هر سلول سیلیکون نیم ولت برق تولید می‌کند، اما با سری کردن آنها در یک ماژول می‌توان برق بیشتری بدست آورد [۴].

نتایج و بحث

با توجه به نرم‌افزار pvsyst مقدار انرژی تولیدی توسط پنل خورشیدی ۴۰۰ هزار واتی سالانه ۶۳۸۶۰۴/۹ مگاوات ساعت می‌باشد با توجه به نمودارهای بدست آمده توسط نرم‌افزار ۷-meteonorm در شکل‌های ۴ و ۵ و ۶ و ۷، سد شهید کاظمی موقعیت و پتانسیل خوبی برای اجرای این طرح دارد. با توجه به نمودارهای استخراجی برای یک خانه مسکونی میزان بار در دسترس و میزان دریافتی و کمبود آن در ماه‌های سال قابل مشاهده است که در چهار ماه آبان، آذر، دی و بهمن به دلیل ابری بودن آسمان، کمبود انرژی خورشیدی را داریم. پس باید از سوخت‌های فسیلی برای جبران انرژی استفاده کنیم که مقدار کمبود آن در نمودار شکل ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- میزان دمای ماکزیمم و مینیمم در محدوده سد (سال ۲۰۰۹-۲۰۱۰) توسط نرم افزار ۷-meteonorm

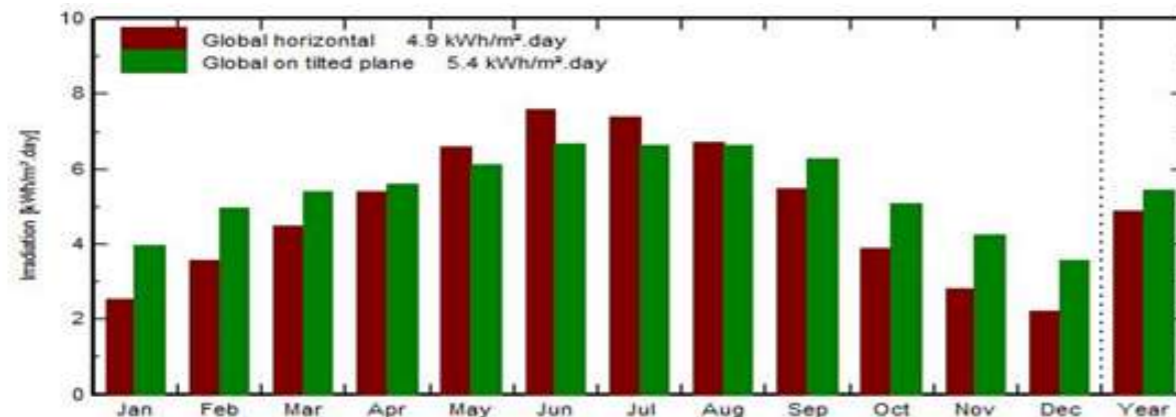


شکل ۵- میزان دما در محدوده سد (سال ۲۰۰۹-۲۰۱۰) توسط نرم افزار ۷-meteonorm





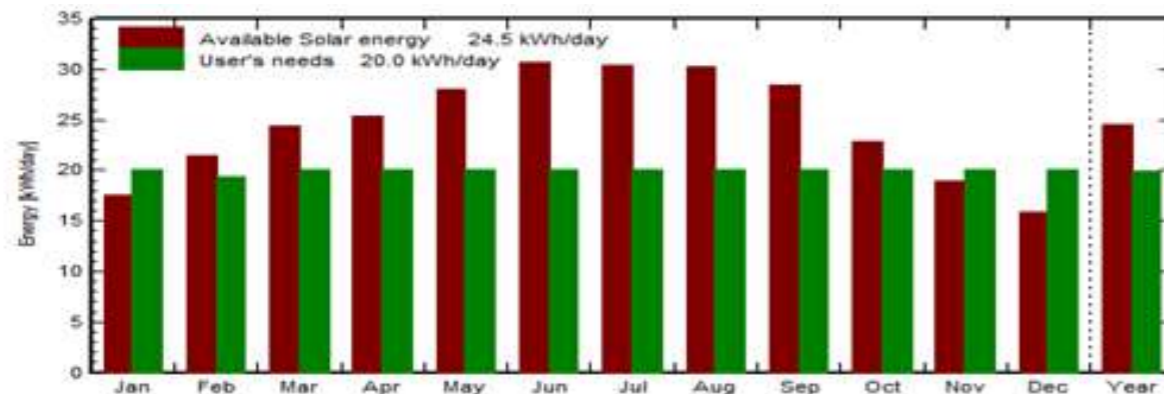
شکل ۱۰- زاویه جهت و مقایسه حالت بهینه آن



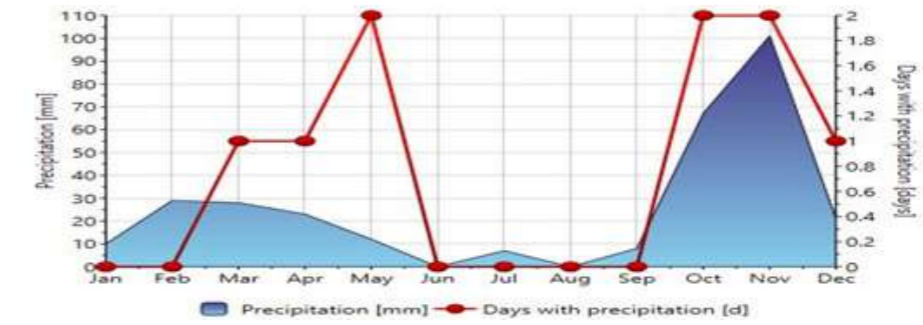
شکل ۱۱- مقایسه دریافت انرژی توسط پنل با زاویه ۲۳ درجه ارتفاع و حالت افقی



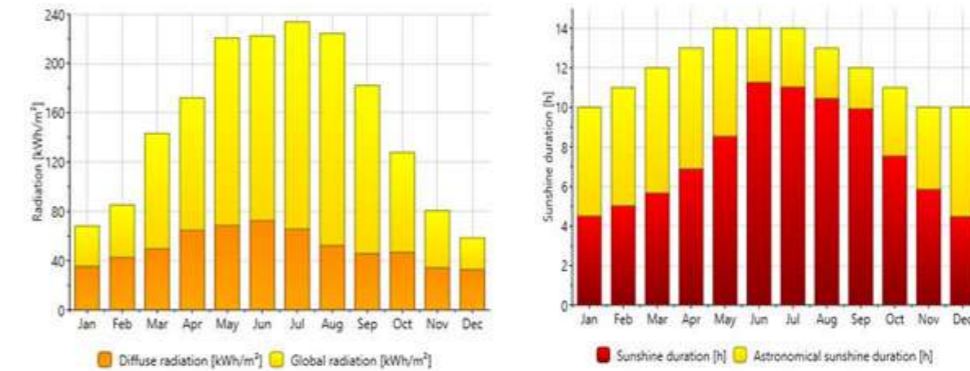
شکل ۱۲- برآورد تقریبی برق مورد نیاز خانگی



شکل ۱۳- انرژی خورشیدی در دسترس و انرژی مورد نیاز در ماه‌های سال برای برق خانگی ۲۰ کیلوواتی



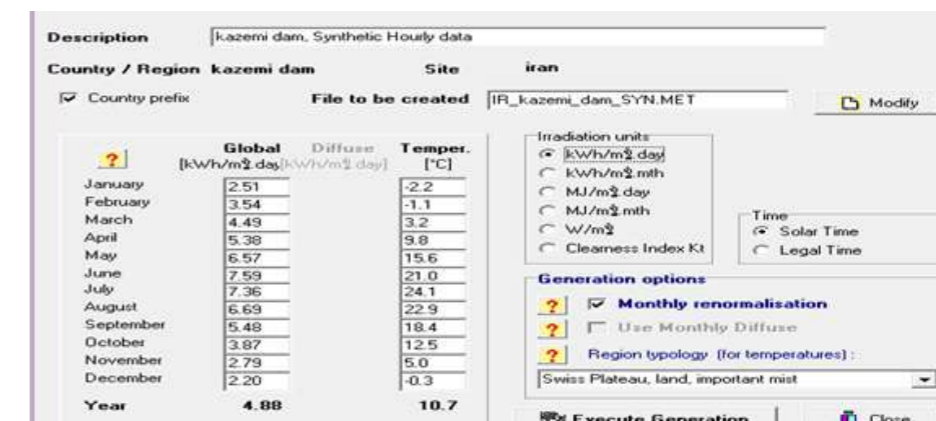
شکل ۱۴- میانگین بارندگی ۱۰ ساله محدوده سد شهید کاظمی توسط نرم افزار V-monoetem



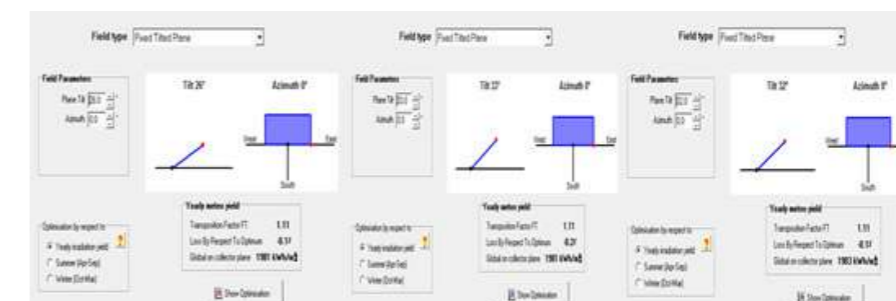
شکل ۱۵- ساعات آفتابی و میزان تابش در محدوده سد (سال ۲۰۱۰-۱۹۹۱) توسط نرم افزار V-monoetem

۳- برآورد مقدار انرژی دریافتی پنل‌های خورشیدی و انتخاب زاویه بهینه نصب توسط نرم افزار PVSYST

با توجه به مسیرهای ماهانه خورشید می‌توان پنل‌های خورشیدی را برای هر مکان نصب نمود. برای نصب یک پنل خورشیدی به دو زاویه نیاز داریم: زاویه ارتفاع و زاویه جهت، با استفاده از نرم افزار PVSYST به طور خودکار حالت بهینه زاویه جهت و زاویه ارتفاع بدست آمده است [5].



شکل ۱۶- میزان دریافت انرژی و دمای منطقه در ماه‌های سال توسط ماهواره ناسا

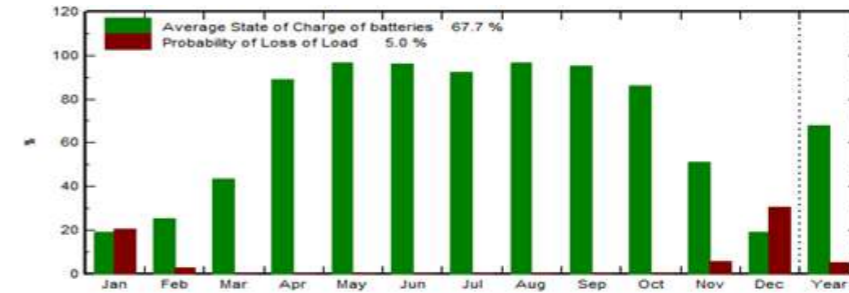


شکل ۱۷- زاویه ارتفاع پنل و مقایسه حالت بهینه آن

۴۳ × ۹۸۶ × ۱۶۳۲ میلی‌متر برای پنل پلی‌کریستال تقریباً ۲ متر در نظر می‌گیریم با برآوردی که صورت گرفته به ۱۴ پنل نیاز داریم تا برق مورد نیاز یک خانه تامین شود. پس روی سطح آب مساحت ۲۸ متر مربع برای تامین برق یک خانه مورد نیاز است و برای ۲۰۰۰۰ خانه نیز مساحتی در حدود ۵۶۰ هزار مترمربع بدست می‌آید که موجب کاهش تبخیر آب در این مساحت خواهد شد. طبق برآوردها ۳۰٪ از آب‌های سطحی در کشور تبخیر می‌شود. بنابراین از ۴۸۶ میلیون مترمکعب آب مخزن، سالانه ۱۴۵/۸ میلیون مترمکعب آب تبخیر می‌شود. که بنابر قیمت گذاری (۹۰۰ تومان به ازای هر متر مکعب آب) هزینه‌ای معادل ۱۳۱/۲۲۰ میلیارد تومان در سال به کشور تحمیل می‌کند [۵ و ۲].

طبق برآوردهای انجام شده، متوسط هزینه برای خودکفایی برق مصرفی ۲۰۰۰۰ خانه مسکونی در حدود ۸۰۰ میلیارد تومان بدست می‌آید. صرفه‌جویی حاصل از استفاده از این تکنولوژی طی ۶ سال هزینه اولیه را جبران خواهد کرد. باید در نظر گرفت که این برآورد هزینه‌ها فقط برای آب تبخیری در مخزن سد است. با در نظر گرفتن هزینه تولیدی برق اجرای این طرح بیش از پیش مشخص خواهد شد.

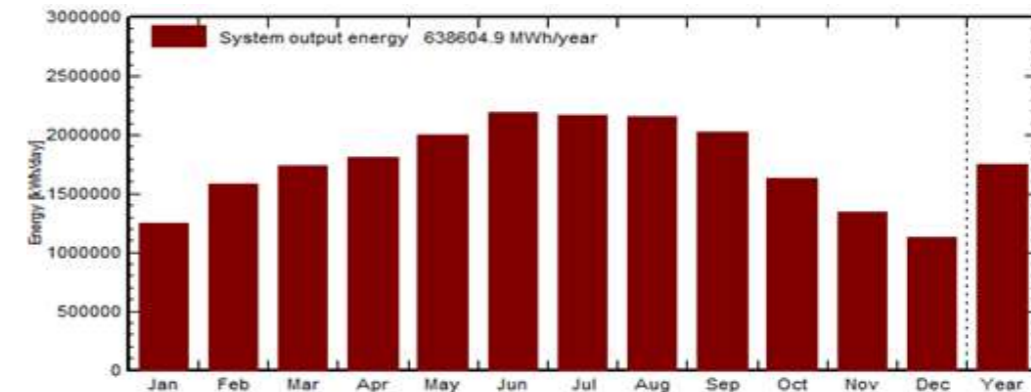
البته برای اجرای این طرح باید شرایطی در مخزن سدها یا سایر مخازن با سطح آزاد آب، ایجاد نمود که امکان پیاده‌سازی پنل‌های خورشیدی روی سطح آب باشد. همچنین در نصب و کارگزاری آن، امکان کاربری با توجه به نوسانات ارتفاعی سطح آب و تغییرات سطح مخزن نسبت به ارتفاع با توجه به منحنی هیدروگرافی مخزن، لحاظ گردد. با توجه به شرایط اقلیمی در مناطقی که میزان میانگین بارش و حجم آب ذخیره‌شده در سد به ندرت از حد معینی عبور می‌کند، می‌توان از سلول‌های خورشیدی برای پوشاندن سطح آب استفاده کرد. این روش تقریباً تمام آب سد را حفظ می‌کند و جلوی تبخیر آب را می‌گیرد و در صورتی که از سلول‌های خورشیدی استفاده شود، تولید انرژی هم انجام می‌شود که با دوره بازگشت چند ساله هزینه اولیه تامین می‌شود. مشکلی که این روش دارد این است که در برخی مناطق که بارش در آنها متغیر باشد امکان ساخت این سقف‌ها مشکل خواهد بود. بطور مسلم اجرای این طرح در مورد هر مخزن، بسته به شرایط اقلیمی حاکم بر آن منطقه و ارزش اقتصادی آب با توجه به قابلیت‌های بهره‌برداری ممکن (کشاورزی، شرب و صنعت و...) و میزان آبی که از تبخیر آن به طریق اجرای این طرح جلوگیری می‌شود، بایستی با بهای اجرای طرح و هزینه‌های بهره‌برداری آن، مقایسه و آنالیز اقتصادی گردیده و در صورت داشتن توجیه اقتصادی اجرا گردد. البته بایستی تبعات ناشی از اجرای طرح از قبیل رکود رطوبت هوای نواحی حاشیه مخزن و تاثیر آن در اقلیم و الگوی کشت نواحی مذکور، همچنین مسائل مربوط به حیات زیست و صیادی در برخی مخازن، مد نظر قرار گیرد.



شکل ۱۴- میانگین بار باتری و احتمال کمبود بار در ماه‌های سال برای برق خانگی ۲۰ کیلوواتی

	Incid. kWh/m <sup>2</sup> .day	PV avail. kWh	Demand kWh	Excess kWh	Missing kWh	SOC %	Pr. LOL %	Fuel liter
Jan.	3.9	546.1	621.2	0.0	126.7	19	20.4	64.4
Feb.	4.7	621.9	561.1	0.0	16.3	25	2.8	10.8
Mar.	5.4	757.3	621.2	0.0	0.0	43	0.0	0.0
Apr.	5.6	762.3	621.2	61.1	0.0	89	0.0	0.0
May	6.2	870.4	621.2	175.0	0.0	97	0.0	0.0
June	6.8	921.9	621.2	248.2	0.0	96	0.0	0.0
July	6.7	942.5	621.2	246.8	0.0	92	0.0	0.0
Aug.	6.7	939.3	621.2	243.8	0.0	97	0.0	0.0
Sep.	6.3	852.3	621.2	186.2	0.0	95	0.0	0.0
Oct.	5.1	709.8	621.2	27.7	0.0	86	0.0	0.0
Nov.	4.2	567.7	621.2	0.0	34.2	51	5.7	22.8
Dec.	3.5	493.5	621.2	0.0	183.5	19	30.4	122.3
Year	5.4	8984.9	7314.6	1188.8	360.6	68	5.0	240.4

شکل ۱۵- برآورد میزان بار در دسترس و میزان دریافتی و کمبود آن در ماه‌های سال برای برق خانگی ۲۰ کیلوواتی



شکل ۱۶- مقدار انرژی سالانه خروجی از سیستم فتوولتائیک با تولید روزانه ۴۰۰ هزار کیلو وات

### ۲-۳ برآورد اقتصادی نیروگاه شناور خورشیدی دریاچه سد شهید کاظمی

براساس هزینه سرمایه‌گذاری اولیه سیستم‌های فتوولتائیک که شامل هزینه ماژول‌های فتوولتائیک و هزینه‌های تعادل‌سازی می‌باشد. هزینه ماژول فتوولتائیک با هزینه مواد خام بویژه هزینه‌های سیلیکون، پردازش، ساخت سلول و هزینه‌های مونتاژ آن مشخص می‌گردد. هزینه تعادل‌سازی سیستم شامل هزینه‌های ساخت (از جمله نصب و راه‌اندازی سازه، آماده‌سازی مکان و سایر متعلقات) هزینه‌های الکتریکی (شامل اینورتر، ترانسفورماتور، سیم‌کشی و دیگر هزینه‌های نصب و راه‌اندازی الکتریکی می‌باشد) و هزینه‌های باتری و یا سیستم‌های ذخیره‌سازی دیگر در صورت نیاز که برای موارد مستقل از شبکه کاربرد دارد. اگر از پنل ۲۲۰ واتی پلی‌کریستال استفاده کنیم. با توجه به نمودار شکل ۷ و مطالعه میدانی [۶]، میانگین تابش خورشیدی را ۷ ساعت در نظر می‌گیریم. بنابراین به ۱۴ پنل ۲۲۰ واتی نیاز داریم تا برق مصرفی برآورد شده برای خانه مسکونی توسط نرم‌افزار که در شکل ۱۲ نشان داده شده است، بدست بیاید. هزینه اولیه مورد نیاز برای ۱۴ پنل با اینورتر و کنترلر شارژ و باطری و کابل در حدود ۴۰ میلیون تومان بدست می‌آید [۷]. اگر تعداد خانه‌های شهری را حدود ۲۰۰۰۰ خانه در نظر بگیریم، بنابراین برق مصرفی با برآورد مصرف ۲۰ کیلووات برای هر خانه، ۴۰۰۰۰۰ کیلووات بدست می‌آید. هزینه اولیه برای خودکفایی برق مصرفی ۲۰۰۰۰ خانه با احتساب ۴۰ میلیون تومان برای هر خانه، ۸۰۰ میلیارد تومان بدست می‌آید و با توجه به ابعاد پنل



## بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه بالیخلی‌چای جهت کاربرد در

### مصارف کشاورزی

#### نویسندگان:

جواد رضانی‌مقدم (استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

سالار سرداری (دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

منابع:

- (۱) انتظاری محمد حسن، روحانی بسطامی طاهره، عامل بشارتی جعفر، ۱۳۸۶، کاهش هدایت هیدرولیکی به کمک امواج
- (۲) حمزه‌س، معاضده، رضانی مقدم، ج. « بررسی پارامترهای کیفی آب رودخانه کارون جهت کاربرد در شبکه های آبیاری طی خشکسالی های اخیر»
- (۳) سلیمانی نژاد، م، رهنمایی، م. ت، ۱۳۷۵. « بررسی کیفیت آب رودخانه سیم ره با استفاده از پارامترهای فیزیکی شیمیایی»، همایش دستاوردهای پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست در برنامه دوم توسعه.
- (۴) علیزاده، ا. ۱۳۷۷. «کیفیت آب در آبیاری» انتشارات آستان قدس رضوی.
- (۵) کلانتری، ن، ۱۳۸۰، «ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون « مجموعه مقالات بیستمین گردهمایی علوم زمین، تهران.
- (۶) سلطانی محمدی، ا. -ارزیابی کیفی آب رودخانه ی کارون از لحاظ کشاورزی در بازه ی اهواز - خرمشهر. اولین همایش. منطقی‌های بهره برداری از منابع آب حوزه های کارون و زاینده‌رود. شهرکرد- دانشگاه شهرکرد- ۱۴ و ۱۵ شهریور ۱۳۸۵
- (۷) غلامعلیزاده آهنگر، ا. ۱۳۸۱. «کیفیت و ارزیابی کیفی آب آبیاری» نشر علوم کشاورزی.
- (۸) مرکز اطلاعات (Date base) شرکت آب منطقه ای استان اردبیل
- (۹) حمادی، کاظم و نوذریان، لیلا و تاجداری، خسرو ( ۱۳۸۷). اثر مقیاس زمانی در برآورد املاح کل محلول رودخانه ها سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز- دانشکده مهندسی عمران، ۲۳ تا ۲۵ مهر ماه، ۹ ص.

## مقدمه

با کمی دقت در گزارشات مربوط به سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی می‌توان به اهمیت میزان مصرف آب در این کشاورزی پی برد. متوسط مصرف آب کشاورزی در ایران ۹۲ درصد و این رقم در جهان ۷۰ درصد است که با این اوصاف کشور ایران جزو کشورهایی با بیشترین مصرف آب در زمینه کشاورزی می‌باشد. ۷۰ درصد از آب شیرین زمین، صرف تولید غذا و دیگر بخش‌های صنعت کشاورزی می‌شود. آبی که از رودخانه‌ها و زمین به‌دست می‌آوریم، معمولا برای آبیاری محصولاتمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیش‌نیازها و مقتضیات آبیاری، بسته به شرایط آب و هوایی و وسعت جغرافیایی مناطق، متفاوت است. مصرف آب‌های شیرین نسبت به نسل گذشته، تا سه برابر بیشتر شده است. تنها ۴۰٪ از آب به‌دست آمده از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی به تولید منجر شده است.

کیفیت آب رودخانه‌ها متاثر از عوامل طبیعی و مصنوعی بوده که این عوامل با توجه به زمان و لیتولوژی حوضه آبریز که رودخانه در آن جریان دارد کیفیت آب رودخانه را تحت کنترل خود در می‌آورد. آب رودخانه‌ها همواره دارای مقداری املاح معلق و گازهایی بصورت محلول می‌باشد که برخی از این مواد برای سلامتی انسان ضروری است. همچنین وجود بیش از حد برخی از این مواد نیز بسیار مضر می‌باشد و خطرات فراوانی به همراه دارد. به‌همین خاطر برای شناخت آب و کیفیت آب به تعیین پارامترهایی برای بیان کیفیت آب پرداخته می‌شود. همواره در آزمایشگاه‌های کیفیت آب، هزینه و زمان زیادی صرف تجزیه شیمیایی آب رودخانه‌ها و مشخص کردن مقادیر عناصر موجود در آب می‌شود. بیشتر پارامترهای کیفی آب همواره در ارتباط با یکدیگر بوده و با تحلیل و تعیین این ارتباط به سادگی میتوان با اندازه‌گیری یکی از عناصر، مقدار پارامترهای مورد نظر را به دست آورد و محاسبه نمود و با تعیین رابطه بین آنها می‌توان در هزینه‌ها و زمان صرفه‌جویی کرد [۱].

رضانی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی وضعیت کیفی رودخانه کارون را مورد بررسی قرار دادند [۶]. نتایج بیانگر این بود که رودخانه کارون در بازه اهواز- خرمشهر بطور متوسط دارای آب با طبقه‌بندی کلاس S۱-C۳ بوده، ولی در بهار و تابستان ۱۳۸۷ کلاس آن به طبقه S۱-C۴ تغییر یافت، که نشان دهنده تاثیر سوء خشکسالی بر کیفیت آب است. همچنین مقادیر پارامترهای کیفی آب مانند سولفات، اسیدیته، سدیم قابل جذب و کلر در اثر خشکسالی‌های اخیر افزایش داشت و کاهش کیفیت آب را نسبت به سال‌های قبل مشاهده شد [۲].

در این تحقیق وضعیت کیفی رودخانه بالیخلی‌چای در بازه زمانی فروردین ۱۳۹۰ تا تیر ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش ها

رودخانه بالیخلی چای در منطقه اردبیل منبع اصلی مصارف آب شرب و کشاورزی شهر اردبیل، شهرستان نیر و روستاهای مسیر می‌باشد. این تحقیق بر روی ایستگاه‌های رودخانه بالیخلی‌چای صورت گرفت. این ایستگاه‌ها در سد یامچی به مختصات جغرافیایی  $38^{\circ}03'31/9''$  طول‌شمالی و  $48^{\circ}04'32/7''$  طول‌شرقی، روستای ایلانجیق (ولیعصر) به مختصات جغرافیایی  $37^{\circ}59'49/6''$  طول شمالی و پل جاده کورعباسلو به مختصات جغرافیایی  $37^{\circ}57'14/1''$  طول شمالی و  $48^{\circ}03'33/9''$  طول شرقی واقع شده‌اند.

داده‌های این تحقیق مربوط به دوره زمانی بهار ۱۳۹۰ تا تابستان ۱۳۹۴ است و از طریق شرکت آب منطقه‌ای اردبیل به دست آمده است. در این تحقیق از طبقه‌بندی ویلکوکس برای کیفیت آب از نظر آبیاری استفاده شده است [۱]. همچنین با توجه به اهمیت مقادیر سدیم، کلر، اسیدیته و سولفات در سیستم‌های آبیاری، تغییرات این پارامترها نیز جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

به عنوان مثال برخی از پارامترهای کیفی آب رودخانه الیخلی‌چای در زمستان سال ۱۳۹۳ در جدول (۱) ارایه شده است.

## خلاصه

در این تحقیق مطالعاتی بر روی سه ایستگاه در مسیر انشعابات رودخانه بالیخلی‌چای از رودخانه‌های شهر اردبیل در دوره آماری چهار ساله (فروردین ۱۳۹۰ تا تیر ۱۳۹۴) انجام شد. در این مطالعه بر اساس استانداردهای ثبت شده و توصیه‌های موجود در جهت بهبود وضعیت آبیاری محصولات زراعی (از جمله طبقه بندی ویلکوکس) کیفیت آب در هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیقات نشان داد که رودخانه بالیخلی‌چای در سه ایستگاه مشخص شده دارای آب با کلاس طبقه بندی S۱-C۳ می‌باشد، یعنی در صورتی که دانه‌بندی خاک مناسب باشد کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط قرار دارد. همچنین در ایستگاه بالخلی‌چای بالادست ایلانجیق (ولیعصر) در پاییز سال ۱۳۹۲ کلاس آن به S۳-C۵ تغییر یافت، که بیانگر افزایش آلودگی در سال‌های اخیر و در نتیجه کاهش کیفیت آب است. از طرفی بررسی مقادیر پارامترهای کیفی آب مانند اسیدیته و سدیم قابل جذب بیانگر عدم تغییر معنی‌دار در کیفیت آب را در این سه ایستگاه در دوره آماری مورد مطالعه می‌باشد.

کلمات کلیدی: رودخانه بالیخلی‌چای، طبقه‌بندی ویلکوکس، هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیمی (SAR)

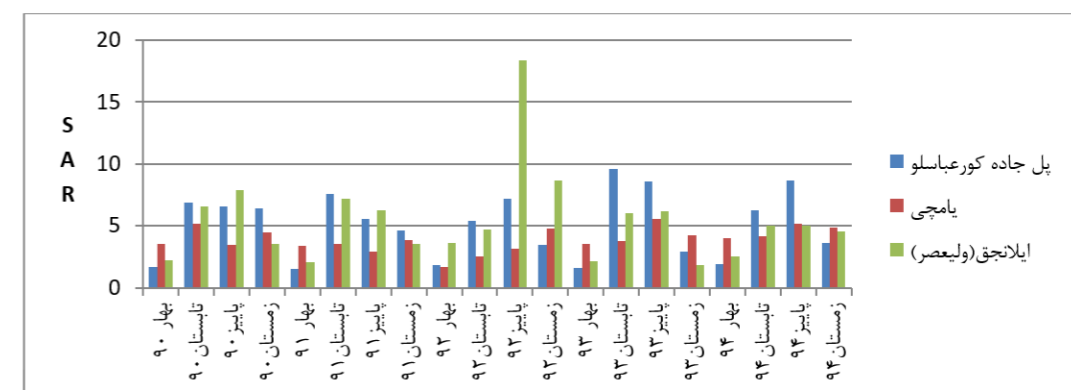
جدول ۱- برخی پارامترهای کیفی آب رودخانه بالیخلی چای در زمستان ۱۳۹۱

ایستگاه	EC هدایت الکتریکی ( $\mu\text{Mhos.cm}^{-1}$ )	PH اسیدیته	Na% درصد سدیم	SAR سدیم قابل جذب	Ca کلسیم (meq/lit)	So <sub>4</sub> سولفات (meq/lit)	Cl کلر (meq/lit)
یامچی	۲۵۶۰	۷/۸۱	۵۰	۲/۹	۶	۸/۳	۱۳/۳
ایلانجق (ولیعصر)	۴۱۶	۴۱۶	۴۶	۴/۲۴	۱/۷	۰/۲	۰/۵
پل جاده کورعباسلو	۶۷۸	۶/۹۱	۳۹	۱/۸	۳/۲	۰/۶	۱/۳

## نتیجه و بحث

### هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیمی (SAR):

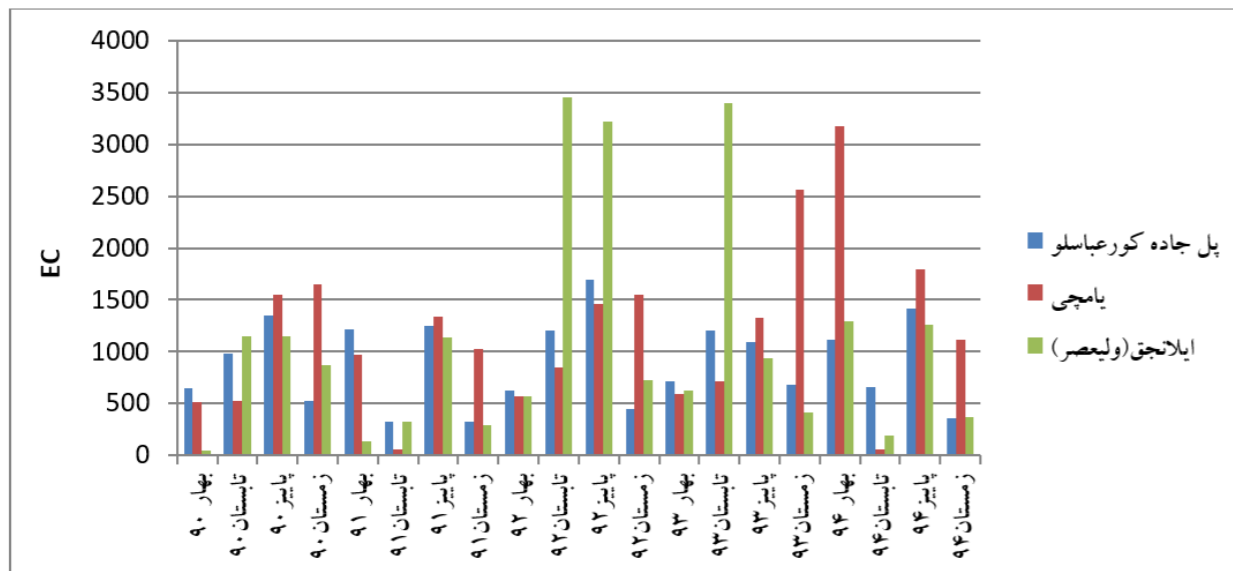
هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیمی نمونه‌ای از پارامترهای موثر آب می‌توانند باشند. هدایت الکتریکی آب نشان‌دهنده میزان املاح های موجود در آب به‌ویژه بسته به میزان نمک یونیزه شده در آب می‌باشد. اولین اثر شوری بر رشد گیاهان زراعی عدم یکنواختی در جوانه زدن بذر است به طوری که در سطح مزرعه لکه‌های لخت و بدون بوته به چشم می‌خورد بقیه بوته‌ها نیز به رنگ سبز متمایل به آبی تیره در می‌آیند و از غلایم دیگر شوری پیدایش سوختگی در حاشیه برگها و نکروزه شدن و ریزش برگها است. نسبت جذب سدیم بعنوان یک شاخص موثر در ارزیابی خطر بالقوه سدیم در محلول در حال تعادل با فاز جامد خاک می‌باشد. با توجه به تأثیری که سدیم روی خاک و روی تولید محصول در گیاهان می‌تواند بگذارد یکی از عوامل تعیین کیفیت آب آبیاری محسوب می‌شود برای بیان خطر سدیم روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از این روش‌ها برآورد SAR است. در روش طبقه‌بندی ویلکوکس آب با EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر از نوع عالی یا کلاس (۱) و با شوری کم، بین ۲۵۰ تا ۷۵۰ آب مناسب یا کلاس (۲) با شوری متوسط، EC بین ۷۵۰ تا ۲۲۵۰ آب قبول یا کلاس (۳) با شوری زیاد و EC بین ۲۲۵۰ تا ۳۰۰۰ کلاس (۴) با شوری بسیار زیاد و نامناسب و برای EC بیشتر از ۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر آب با عنوان بسیار شور و غیرقابل استفاده یا کلاس (۵) طبقه‌بندی شده است. همچنین مقدار SAR کمتر از ۱۰ جزء طبقه ۱ یا آب با قلیائیت کم (کلاس S۱). مقدار SAR بین ۱۰ و ۱۸ در طبقه‌بندی ۲ یا آب با قلیائیت متوسط قرار دارد. مقدار SAR بین ۱۸ و ۲۶ در طبقه‌بندی ۳ یا آب با قلیائیت زیاد قرار دارد و نهایتاً مقدار SAR بزرگتر از ۲۶ در طبقه‌بندی ۴ یا آب با قلیائیت خیلی زیاد قرار دارد در این تحقیق با استفاده از آمار کسب شده، تغییرات میزان مقادیر SAR و EC برای ایستگاه‌های مختلف به ترتیب در شکل‌های (۱) و (۲) رسم گردیده است [۴].



شکل ۱- سدیم قابل جذب آب یا RAS رودخانه بالیخلی چای در بازه زمانی بهار ۹۰ تا زمستان ۹۴

مقدار میانگین سدیم قابل جذب در بازه زمانی ذکر شده، در ایستگاه پل جاده کورعباسلو برابر ۵/۰۹، در ایستگاه یامچی برابر ۳/۹ و در ایستگاه ایلانجق (ولیعصر) برابر ۵/۳۹ می‌باشد.

در حالت کلی بر اساس نتایج حاصل از شکل (۱)، میتوان گفت میزان تغییر سدیم قابل جذب در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ تا زمستان ۱۳۹۴ معنی‌دار نبوده و تغییرات ناچیز است. اما در ایستگاه ایلانجق (ولیعصر) در بازه زمانی پاییز ۱۳۹۲ تغییرات زیادی در حدود افزایش ۳۴۱ درصدی یا ۳/۴۱ برابر نسبت به مقدار میانگین مشاهده شد که بیشترین تغییر را در بین ایستگاه‌ها داشته است.



شکل ۲- تغییرات شوری آب یا CE رودخانه بالیخلی چای در بازه بهار ۹۰ تا زمستان ۹۴

مقدار میانگین تغییرات شوری آب در بازه زمانی ذکر شده، در ایستگاه پل جاده کورعباسلو برابر ۸۹۱/۴، در ایستگاه یامچی ۱۱۶۹/۴ برابر و در ایستگاه ایلانجق (ولیعصر) برابر ۱۰۷۹/۱ می‌باشد.

به‌طورکلی بر اساس نمودارها و اعداد ثبت شده، می‌توان گفت روند تغییر شوری آب در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ تا زمستان ۱۳۹۴ ناچیز می‌باشد اما در بعضی ایستگاه‌ها تغییرات زیادی دیده میشود که بر روی کیفیت آب منطقه تاثیر گذار است بیشترین و کمترین مقدار تغییر کرده در هر ایستگاه به ذکر زیر است .

در ایستگاه یامچی: در بازه زمانی تابستان ۱۳۹۱ در حدود کاهش ۹۵/۳۸ درصدی یا ۰/۴۶ برابر نسبت به مقدار میانگین که بیشترین کاهش و در بازه زمانی بهار ۱۳۹۴ در حدود افزایش ۲۷۱/۹۳ درصدی یا ۲/۷۱ برابر، در ایستگاه مذکور می‌باشد.

در ایستگاه ایلانجق (ولیعصر): در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ در حدود کاهش ۹۵/۵۵ درصدی یا ۰/۴۴ برابر نسبت به مقدار میانگین که بیشترین کاهش در ایستگاه ایلانجق (ولیعصر) و بیشترین کاهش در میان تمام ایستگاه‌ها می‌باشد و در بازه زمانی تابستان ۱۳۹۲ در حدود افزایش ۳۲۰/۶۳ درصدی یا ۳/۲۰ برابر، در ایستگاه مذکور می‌باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده انواع آب‌ها با توجه به کیفیت آب ارائه شده در جدول (۲) می‌باشد که با توجه به آن در زمان‌های ذکر شده جهت مصارف آبیاری قرار می‌گیرد.



جدول ۲- طبقه بندی آب رودخانه بالیخلی چای در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ تا زمستان ۱۳۹۴ [۸]

نام ایستگاه	بازه زمانی نمونه برداری	EC ( $\mu\text{Mhos.cm}^{-1}$ )	SAR سدیم قابل جذب	رده کیفیت آبیاری	کیفیت آب جهت آبیاری
بالیخلی چای هیدرومتری بامچی	بهار ۹۰	۵۱۱	۳/۵۷	C-۲S۱	مناسب
	تابستان ۹۰	۵۳۰	۵/۲	C-۲ S۱	مناسب
	پاییز ۹۰	۱۵۴۶	۳/۵	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۰	۱۶۴۵	۴/۵	C-۳ S۱	قابل قبول
	بهار ۹۱	۹۶۵	۳/۴	C-۳ S۱	قابل قبول
	تابستان ۹۱	۵۴	۳/۵۴	C-۱ S۱	عالی
	پاییز ۹۱	۱۳۴۰	۲/۹	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۱	۱۰۲۵	۳/۸۷	C-۳ S۱	قابل قبول
	بهار ۹۲	۵۶۴	۱/۶۸	C-۲ S۱	مناسب
	تابستان ۹۲	۸۵۱	۲/۵	C-۳ S۱	قابل قبول
	پاییز ۹۲	۱۴۶۲	۳/۱۲	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۲	۱۵۴۸	۴/۷۸	C-۳ S۱	قابل قبول
	بهار ۹۳	۵۹۶	۳/۵۴	C-۲ S۱	مناسب
	تابستان ۹۳	۷۰۹	۳/۷۹	C-۲ S۱	مناسب
	پاییز ۹۳	۱۳۲۹	۵/۶	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۳	۲۵۶۰	۴/۲۴	C-۴ S۱	نامناسب
	بهار ۹۴	۳۱۸۰	۴/۰۵	C-۵ S۱	غیر قابل قبول
	تابستان ۹۴	۵۸	۴/۲	C-۱ S۱	عالی
	پاییز ۹۴	۱۷۹۵	۵/۲	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۴	۱۱۲۰	۴/۹	C-۳ S۱	قابل قبول
بالیخلی چای بالادست ایلانجیق (ولیعصر)	بهار ۹۰	۴۸	۲/۲۳	C-۱ S۱	عالی
	تابستان ۹۰	۱۱۵۰	۶/۵۴	C-۳ S۱	قابل قبول
	پاییز ۹۰	۱۱۵۰	۷/۸۹	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۰	۸۶۵	۳/۵۴	C-۳ S۱	قابل قبول
	بهار ۹۱	۱۴۰	۲/۰۵	C-۱ S۱	عالی
	تابستان ۹۱	۳۲۵	۷/۲	C-۲ S۱	مناسب
	پاییز ۹۱	۱۱۳۶	۶/۳	C-۳ S۱	قابل قبول
	زمستان ۹۱	۲۹۶	۳/۵۲	C-۲ S۱	مناسب

بالیخلی چای بالادست ایلانجیق (ولیعصر)	بهار ۹۲	۵۷۱	۳/۶	C-۲ S۱	مناسب	
	تابستان ۹۲	۳۴۶۰	۴/۶۹	C-۵ S۱	غیر قابل قبول	
	پاییز ۹۲	۳۲۲۰	۱۸/۳۹	C-۵ S۳	غیر قابل قبول	
	زمستان ۹۲	۷۲۴	۸/۷	C-۲ S۱	مناسب	
	بهار ۹۳	۶۲۴	۲/۱۸	C-۲ S۱	مناسب	
	تابستان ۹۳	۳۴۰۰	۶	C-۵ S۱	غیر قابل قبول	
	پاییز ۹۳	۹۳۶	۶/۲	C-۳ S۱	قابل قبول	
	زمستان ۹۳	۴۱۶	۱/۸	C-۲ S۱	مناسب	
	بهار ۹۴	۱۲۹۷	۲/۵۶	C-۳ S۱	قابل قبول	
	تابستان ۹۴	۱۹۵	۵	C-۱ S۱	عالی	
	پاییز ۹۴	۱۲۶۰	۵	C-۳ S۱	قابل قبول	
	زمستان ۹۴	۳۶۹	۴/۵۴	C-۲ S۱	مناسب	
	بالیخلی چای پل جاده کورعباسلو	بهار ۹۰	۶۴۹	۱/۶۹	C-۲ S۱	مناسب
		تابستان ۹۰	۹۸۵	۶/۹	C-۳ S۱	قابل قبول
		پاییز ۹۰	۱۳۵۳	۶/۵۴	C-۳ S۱	قابل قبول
زمستان ۹۰		۵۲۶	۶/۴	C-۲ S۱	مناسب	
بهار ۹۱		۱۲۲۰	۱/۴۹	C-۳ S۱	قابل قبول	
تابستان ۹۱		۳۲۴	۷/۶	C-۲ S۱	مناسب	
پاییز ۹۱		۱۲۵۴	۵/۶	C-۳ S۱	قابل قبول	
زمستان ۹۱		۳۲۰	۴/۶	C-۲ S۱	مناسب	
بهار ۹۲		۶۲۴	۱/۸۶	C-۲ S۱	مناسب	
تابستان ۹۲		۱۲۰۰	۵/۴	C-۳ S۱	قابل قبول	
پاییز ۹۲		۱۶۹۲	۷/۱۹	C-۳ S۱	قابل قبول	
زمستان ۹۲		۴۵۲	۳/۵	C-۲ S۱	مناسب	
بهار ۹۳		۷۱۹	۱/۶	C-۲ S۱	مناسب	
تابستان ۹۳		۱۱۹۹	۹/۶	C-۳ S۱	قابل قبول	
پاییز ۹۳		۱۰۸۹	۸/۶	C-۳ S۱	قابل قبول	
زمستان ۹۳	۶۷۸	۲/۹	C-۲ S۱	مناسب		
بهار ۹۴	۱۱۱۰	۱/۹	C-۳ S۱	قابل قبول		
تابستان ۹۴	۶۵۶	۶/۲۳	C-۲ S۱	مناسب		
پاییز ۹۴	۱۴۲۰	۸/۶۵	C-۳ S۱	قابل قبول		
زمستان ۹۴	۳۵۸	۳/۶	C-۲ S۱	مناسب		

جدول ۳- راهنمای جدول (۲) جهت بررسی رده آبیاری بسته به مقدار CE و نوع کیفیت آب جهت مصارف آبیاری(۴)

مقدار EC	کیفیت آب	شماره کلاس	مقدار شوری	نوع کلاس
کمتر از ۲۵۰	عالی	کلاس ۱	شوری کم	C1
۲۵۰ تا ۷۵۰	مناسب	کلاس ۲	شوری متوسط	C2
۷۵۰ تا ۲۲۵۰	قابل قبول	کلاس ۳	شوری زیاد	C3
۲۲۵۰ تا ۳۰۰۰	نامناسب	کلاس ۴	شوری بسیار زیاد	C4
بیشتر از ۳۰۰۰	غیر قابل قبول	کلاس ۵	بسیار شور	C5

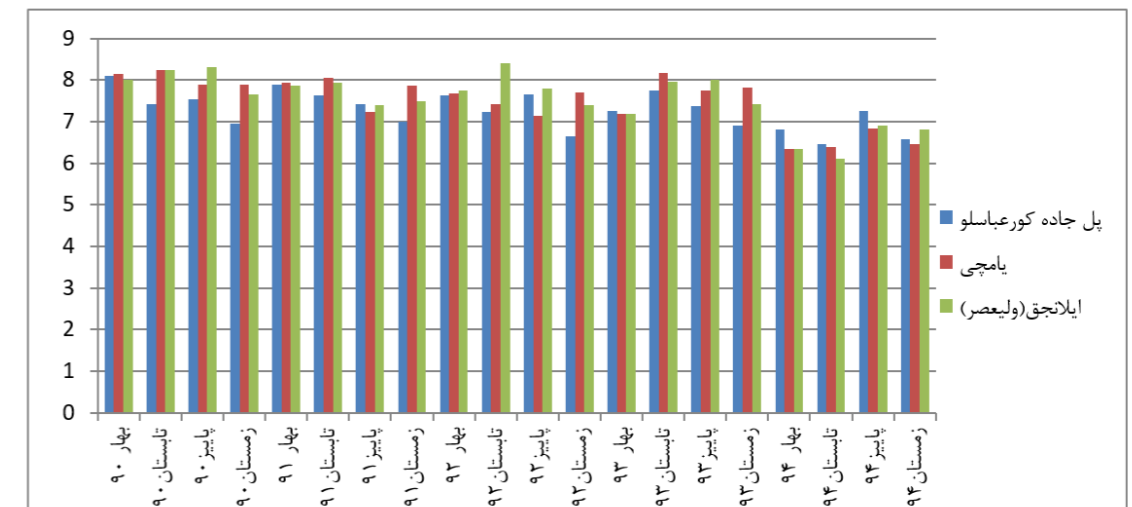
جدول ۴- راهنمای جدول (۲) جهت بررسی رده آبیاری بسته به مقدار SAR جهت مصارف آبیاری(۴)

SAR مقدار	شماره طبقه	مقدار قلیائیت	نوع کلاس
کمتر از ۱۰	طبقه ۱	قلیائیت کم	S1
۱۰ تا ۱۸	طبقه ۲	قلیائیت متوسط	S2
۱۸ تا ۲۶	طبقه ۳	قلیائیت زیاد	S3
بیشتر از ۲۶	طبقه ۴	قلیائیت خیلی زیاد	S4

#### اسیدیته (PH) :

آب خالص از نظر تئوری دارای درجه اسیدیته خنثی است. در شرایط متعارف PH آبهای طبیعی بین ۷ تا ۸/۵ است و در این نوع آبها بی‌کربنات به صورت محلول در آب باقی می‌ماند [۷]. چون آب کشاورزی اثرات غیرمستقیم روی گیاه دارد (بعد از نفوذ در خاک) لذا آب قلیایی ابتدا روی خاک اثر دارد که می‌تواند اثرات اصلاح‌کنندگی یا تشدیدکننده اثرات سوء در محیط خاک اطراف ریشه داشته باشد. به طور کلی PH توصیه شده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری بین حداقل ۵ و حداکثر ۹ پیشنهاد شده است [۳].

با استفاده از آمار موجود مقادیر اسیدیته آب رودخانه بالیخلی‌چای در ایستگاه‌های هیدرومتری یامچی، بالادست ایلانجیق (ولیعصر) و پل جاده کورعباسلو محاسبه و نتایج آن در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل ۳- اسیدیته یا HP رودخانه بالیخلی‌چای در بازه زمانی بهار ۹۰ تا زمستان ۹۴

## نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه کرخه می‌توان بیان نمود که این رودخانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه، به طور متوسط دارای آب با طبقه کلاس S1-C3 می‌باشد یعنی در صورتی که دانه‌بندی خاک مناسب باشد کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط قرار دارد، ولی در ایستگاه بالیخلی‌چای بالادست ایلانجیق (ولیعصر) در پاییز سال ۱۳۹۲ کلاس آن به S3-C5 تغییر می‌یابد، که احتمالاً نشان‌دهنده تاثیر روند آبی منفی بر کیفیت آب است.

همچنین مقادیر پارامترهای کیفی آب مانند اسیدیته، سدیم قابل جذب در اثر تغییر روندهای آبی اخیر کاهش یافته و افزایش کیفیت آب را در این سه ایستگاه نسبت به سالهای قبل نشان می‌دهد. مقدار میانگین تغییرات شوری آب در بازه زمانی ذکر شده، در ایستگاه پل جاده کورعباسلو برابر ۸۹۱/۴، در ایستگاه یامچی ۱۱۶۹/۴ برابر و در ایستگاه ایلانجیق (ولیعصر) برابر ۱۰۷۹/۱ می‌باشد.

به‌طورکلی بر اساس نمودارها و اعداد ثبت شده، می‌توان گفت روند تغییر شوری آب در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ تا زمستان ۱۳۹۴ ناچیز می‌باشد اما در بعضی ایستگاه‌ها تغییرات زیادی دیده می‌شود که بر روی کیفیت آب منطقه تاثیرگذار است بیشترین و کمترین مقدار تغییر کرده در هر ایستگاه به ذکر زیر است .

در ایستگاه یامچی: در بازه زمانی تابستان ۱۳۹۱ در حدود کاهش ۹۵/۳۸ درصدی یا ۰/۰۴۶ برابر نسبت به مقدار میانگین که بیشترین کاهش و در بازه زمانی بهار ۱۳۹۴ در حدود افزایش ۲۷۱/۹۳ درصدی یا ۲/۷۱ برابر، در ایستگاه مذکور می‌باشد. در ایستگاه ایلانجیق (ولیعصر): در بازه زمانی بهار ۱۳۹۰ در حدود کاهش ۹۵/۵۵ درصدی یا ۰/۰۴۴ برابر نسبت به مقدار میانگین که بیشترین کاهش در ایستگاه ایلانجیق (ولیعصر) و بیشترین کاهش در میان تمام ایستگاه‌ها می‌باشد و در بازه زمانی تابستان ۱۳۹۲ در حدود افزایش ۳۲۰/۶۳ درصدی یا ۳/۲۰ برابر، در ایستگاه مذکور می‌باشد.

در تابستان به علت گرم شدن هوای محیط کاهش ارتفاع آب و به نسبت آن کاهش مقدار دبی آب و نسبت آن بر مقدار تغییر املاح و آلاینده‌ها که بر روی کیفیت آب ایستگاه و در نتیجه کیفیت آب منطقه تاثیر بسزایی دارد.

کیفیت آب در رودخانه بالیخلی‌چای در ایستگاه‌های پل جاده کورعباسلو، یامچی و ایلانجیق (ولیعصر) از لحاظ PH مناسب بوده و PH آب در محدوده ۶/۳۴ تا ۸/۳۲ می‌باشد. و مشکل و محدودیت خاصی را برای استفاده در شبکه‌های آب در محدوده آبیاری و مزارع کشاورزی ایجاد نمی‌کند.



## ارزیابی راندمان روش‌های مختلف آبیاری

نویسنده:

مهران محمدی

(دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

منابع:

(۱) صلاحی، برومند، ۱۳۸۸، بررسی خشکسالی‌های استان اردبیل با استفاده از شاخص‌های آماری و سینوپتیکی، همایش بحران آب و ضرورت احیای حقایق استان اردبیل، اردبیل، شرکت آب منطقه ای اردبیل با همکاری انجمن علمی مهندسی عمران دانشگاه محقق اردبیلی.

(۲) کانونی، امین، ۱۳۸۶، ارزیابی راندمان آبیاری جویچه ای تحت مدیریت های مختلف در منطقه مغان

(۳) مجدسلیمی، کوروش؛ صلواتیان، سیدبابک؛ امیری، ابراهیم، ۱۳۹۴، ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک اجرا شده در باغ های چای استان گلستان، نشریه آب و خاک، جلد بیست و نهم، تابستان، شماره ۲، ۳۴۹-۳۳۶.

(۴) ترک نژاد، آقایی سربرزه، م. جعفری، ح. شیروانی، ع. روئین تن، ر. نعمتی، ع و همکاران، ۱۳۸۳، ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی

(۵) اخوان، س. موسوی، ف. مصطفی زاده فرد، ب. فیروزآبادی، ۱۳۸۶، بررسی آبیاری تیپ. شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت سیب زمینی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی

(۶) عشیری، م. هوشمند، ع. برومندنسب، س. ۱۳۹۳، ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره ای کشت و صنعت شهید رجایی دزفول

(۷) عباسی، ف. سهراب، ف. عباسی، ن. ۱۳۹۵، ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران، تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی

(۸) بهرامی، م. خواجه ای، ف. دیندارلو، ع. دستورانی، م. ۱۳۹۶، ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده در برخی از دشت‌های استان فارس

(9) Albaji, M., Shahnazari, A., Behzad, M., Naseri, A., BoroomandNasab, S. and Golabi, M., 2010. Comparison of different irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Dosalegh plain: Iran.

(10) Rodrigues, G.C., Paredes, P., Gonçalves, J.M., Alves, I. and Pereira, L.S., 2013. Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns

(11) Fang, Q., Zhang, X., Shao, L., Chen, S. and Sun, H., 2018. Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply.

خشکسالی و کم آبی یکی از پدیده‌ها و بلاهای طبیعی است که معمولاً گریبانگیر بسیاری از کشورهاست. این بلا طبیعی سبب ایجاد خسارت بزرگ مقیاس در نواحی تحت‌تأثیر خود است. جهت مقابله با خشکسالی، بررسی علمی آن مورد نیاز است. کشور ایران به علت ویژگی‌های خاص توپوگرافی و نیز موقعیت نسبی و ریاضی خود، معمولاً در معرض وقوع خشکسالی است. بسیاری از استان‌های کشور منجمله استان اردبیل، با پدیده خشکسالی و بحران آب مواجه بوده و این امر سبب اختلال در بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی و زیست‌محیطی گشته است [۱].

کمبود آب و رقابت گیاهان برای استحصال آن، باعث بروز مشکلات جدی در زمینه آبیاری و تامین آب مورد نیاز گیاهان شده است. به طوری که افزایش تولید با حداقل مقدار آب یکی از مهم‌ترین چالش‌های دهه‌های آینده و به ویژه در کشورهای با محدودیت منابع آب و خاک خواهد بود. با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، کاهش تلفات آب آبیاری و افزایش راندمان‌های آبیاری یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی پایدار به‌شمار می‌آید. بنابراین، جهت بهبود روش‌های آبیاری و استفاده صحیح از منابع آب کشور، اولین گام در بالابردن راندمان‌های آبیاری ارزیابی سیستم‌های موجود است [۲].

محدودیت منابع آبی به‌علت خشکسالی، پایین آمدن راندمان آبیاری سبب شده است تا محققان به دنبال راهکارهای مناسب برای افزایش راندمان و حداکثر استفاده از منابع آبی موجود و در نهایت افزایش بهره‌وری گردند.

با توجه به ضرورت بیان شده، شایسته است که بعد از گذشت چند سال از کاربرد سامانه‌های آبیاری به ارزیابی و بررسی عملکرد آن‌ها پرداخته شود تا مسائل و مشکلات موجود شناخته شده و از نتایج حاصل برای بهبود و توسعه این سامانه‌ها استفاده شود [۳].

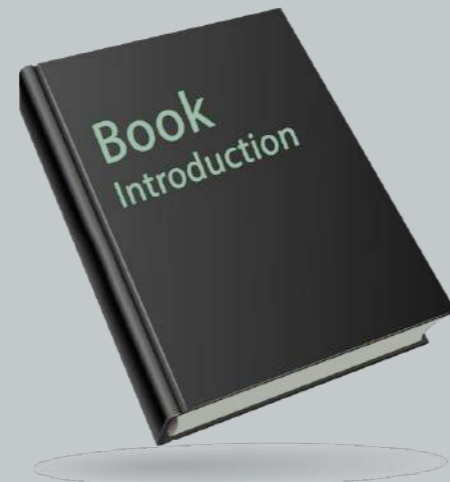
در سال‌های گذشته محققان و پژوهشگران متعددی در زمینه مقایسه روش‌های مختلف آبیاری پژوهش انجام داده‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

ترک نژاد و همکاران با ارزیابی فنی و اقتصادی دو روش آبیاری قطره‌ای و آبیاری سطحی در گندم، منطقه اسلام‌آباد کرمانشاه، دریافتند که نسبت منفعت به هزینه در آبیاری سطحی بیش‌تر از آبیاری قطره‌ای می‌باشد. همچنین از نتایج این آزمایش به اجرایی‌بودن بهتر روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی می‌توان اشاره کرد [۴].

به‌منظور بررسی روش‌های آبیاری تیپ و شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی همدان انجام‌شد. نتایج نشان‌داد که با افزایش آب مصرفی، عملکرد محصول افزایش می‌یابد. در میان تیمارهای مختلف فاکتور فرعی، کم‌ترین عملکرد مربوط به روش آبیاری شیاری و بیش‌ترین عملکرد مربوط به روش آبیاری تیپ می‌باشد. همچنین بیش‌ترین کارایی مصرف مربوط به آبیاری تیپ و کم‌ترین کارکرد مربوط به روش آبیاری شیاری می‌باشد [۵].

به‌منظور بررسی میانگین ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان واقعی و پتانسیل کاربرد در ربع پایین، آزمایشی در باغ‌های چای استان گلستان انجام شد. نتایج نشان‌داد که سامانه‌های آبیاری بارانی به دلایل طراحی و اجرای غیر اصولی، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب (ناشی از مسائل اقتصادی و عدم آشنایی کشاورزان به دانش آبیاری)، قدیمی بودن سامانه‌های آبیاری در وضعیت عملکردی مناسب قرار ندارند [۳].

پژوهشی با هدف ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای اجرا شده در کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول، با استفاده از روش



## معرفی کتاب - کنترل سیلاب

گردآورنده:

مهسا حسنیپور کاشانی

(استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

دکتر مهدی وفاخواه و دکتر علیرضا مقدم‌نیا نویسندگان این کتاب از مدرسان دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه تهران از جمله دانشگاه‌های مطرح در سطح کشور بویژه در علوم و مهندسی آب و آبخیز، درصدد بوده‌اند تا برای مخاطبان این کتاب اعم از دانشجویان در کلیه مقاطع تحصیلی، اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و موسسات و مراکز تحقیقاتی کشور، کارشناسان و متخصصان شاغل در موسسات و سازمان‌های اجرایی و مدیریتی تحت پوشش وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت کشور، سازمان هواشناسی کشور، سازمان حفاظت محیط زیست و سایر ادارات و موسسات دولتی مرتبط و شرکت‌های مهندسی مشاور، دانش جامع و کاربردی و مطابق با جدیدترین فناوری‌ها و کتاب‌های درسی و دانشگاهی از انتشارات و دانشگاه‌های معتبر و معروف جهان درباره «علوم هیدرولوژی و مدیریت سیلاب» ارائه نمایند که بخش‌هایی از آن حاصل سال‌ها تحقیقات نویسندگان کتاب بوده است. بدلیل خسارات مالی و گاه تلفات جانی زیادی که هر ساله در اثر وقوع سیلاب‌های مخرب در سطح کشور اتفاق می‌افتد، محتوای این کتاب در طیف گسترده‌ای از مباحث علمی و موضوعات تحقیقاتی درباره مدیریت سیلاب تهیه گردیده است که در ده فصل سازماندهی شده است. مطالب فصول کتاب عبارتند از: فصل اول: مفاهیم، تقسیم‌بندی، مهم‌ترین سیلاب‌های بوقوع پیوسته و میزان خسارت سیلاب در ایران و جهان، فصل دوم: کاربرد آمار و احتمال در مدیریت ریسک سیلاب، فصل سوم: برآورد سیلاب طراحی، فصل چهارم: تحلیل منطقه‌ای سیلاب، فصل پنجم: روندیابی سیل در مخزن و رودخانه، فصل ششم: روندیابی آبخیز، فصل هفتم: پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، فصل هشتم: جنبه‌های اقتصادی طرح‌های مهار سیلاب، فصل نهم: روش‌های مدیریت سیلاب و فصل دهم: سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب. همچنین، مثال‌ها و مسائل کاربردی متعددی همراه با راه حل کامل برای توصیف بیشتر روش‌های معرفی شده ارائه شده‌اند.



مریام‌کلر انجام گردید. نتایج نشان‌داد از بین سامانه‌های ارزیابی شده، سامانه با آرایش دم‌خوکی و قطره‌چکان ۸ لیتر در ساعت به‌عنوان بهترین سامانه از لحاظ پارامترهای اندازه‌گیری شده، انتخاب‌شد. مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانس، راندمان یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد ربع پایین برای سامانه مذکور بدست آمد که مقادیر راندمان یکنواختی پخش به‌دست آمده برای هر پنج سامانه ارزیابی شده در رده «عالی» قرار داشتند. اختلاف کم مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین نشان‌دهنده مدیریت خوب این سامانه‌ها و طراحی مناسب آن‌ها می‌باشد [۶].

عباسی و همکاران با ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران به این نتیجه رسیدند که راندمان کاربرد در آبیاری بارانی کلاسیک ثابت کم‌ترین مقدار (۵۲/۱ درصد) و در آبیاری کرتی، جویچه‌ای و نواری افزایش می‌یابد. همچنین آبیاری بارانی روش آفشان غلطان نسبت به ۴ روش اول بیش‌ترین مقدار (۶۶/۹ درصد) را دارا می‌باشد. آبیاری قطره‌ای از نظر راندمان کاربرد دارای بالاترین مقدار (۷۷/۱ درصد) می‌باشد در نتیجه متوسط راندمان کاربرد در آبیاری تحت فشار (۶۶/۶ درصد) بیشتر از آبیاری سطحی (۵۳/۶) می‌باشد [۷].

بهرامی و همکاران با ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده در دشت‌های استان فارس به این نتیجه رسیدند که فرونشست عمقی، قدیمی‌بودن سامانه‌ها، کمبود فشار و تغییرات فشار و دبی آبیاری‌ها از علل کاهش یکنواختی توزیع در سامانه‌ها بود. یکسان‌شدن راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین و راندمان کاربرد واقعی در تمام سامانه‌های آبیاری، بیانگر تامین آب آبیاری کم‌تر از نیاز گیاه بود. مقادیر کم یکنواختی توزیع نشان دهنده تلفات آب به‌صورت فرونشست عمقی بود و قدیمی‌بودن سامانه‌ها نیز مزید برعلت شد [۸].

الباجی و همکاران با مقایسه روش‌های مختلف آبیاری در دشت دوسالقی استان خوزستان دریافتند که روش‌های آبیاری قطره‌ای بیش از آبیاری سطحی برای بهبود بهره‌وری زمین کارآمدتر بودند. با این حال، عامل محدود کننده در استفاده از روش‌های آبیاری سطحی و یا آب‌پاش در این ناحیه، بافت خاک، شوری، و شیب بود و عامل محدود کننده در استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای، مقدار کربنات کلسیم، بافت خاک و شوری بود [۹].

رودریگز و همکاران، با ارزیابی اقتصادی و آبیاری کامل ذرت و کم‌آبیاری با استفاده از روش آبیاری سنتر پیووت، سیستم‌های بارانی و سیستم‌های قطره‌ای دریافتند اتخاذ سیستم‌های آبیاری طراحی‌شده و مدیریت‌شده نیازمند توجه به اولویت‌های مدیریت کشاورزی از نظر صرفه‌جویی آب و نتایج اقتصادی است. تصمیم‌گیری براساس تحلیل چند بعدی به کشاورزان و تصمیم گیرندگان اجازه می‌دهد تا سیستم‌های آبیاری و تصمیمات مدیریت مربوطه را انتخاب کنند [۱۰].

فانگ و همکاران، با ارزیابی روش‌های مختلف آبیاری (آبیاری حوضه BI، آبیاری قطره‌ای، آبیاری بارانی، آبیاری جوی-پشته‌ای) بر روی عملکرد و بازده اقتصادی و همینطور بازده استفاده از آب (WUE) گندم دریافتند افزایش تکرار آبیاری لایه‌های بالای خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از طرفی روش‌های آبیاری میکرو میزان برداشت محصول را افزایش نمی‌دهند. با توجه به هزینه بالای راه‌اندازی سه سیستم قطره‌ای، بارانی و جوی‌پشته درآمد خالص آن‌ها در مقایسه با روش BI، ۳۰ درصد کاهش می‌یابد [۱۱].



## معرفی نرم افزار RETC

گردآورنده:

آیدا نقی نژاد

(دانشجوی کارشناسی علوم کامپیوتر دانشگاه محقق اردبیلی)

## معرفی نرم افزار EnDrain

گردآورنده:

مهسا حسنیور کاشانی

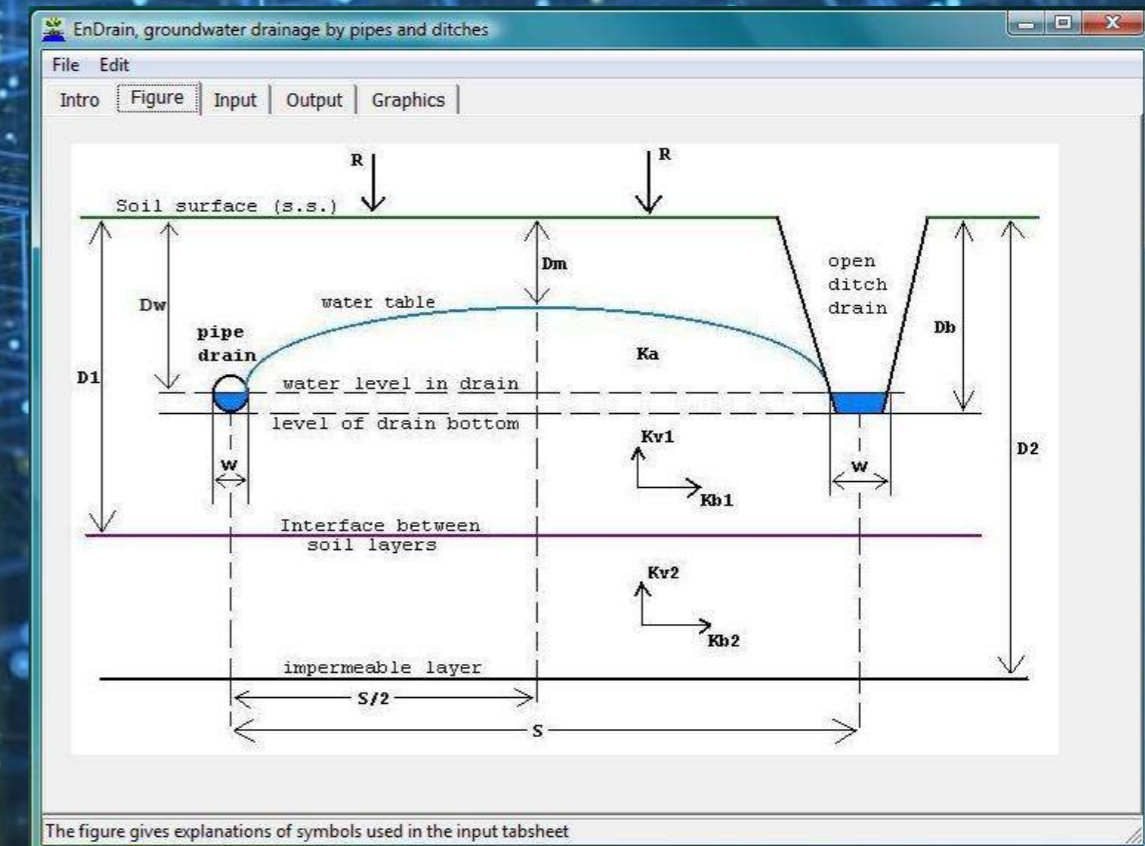
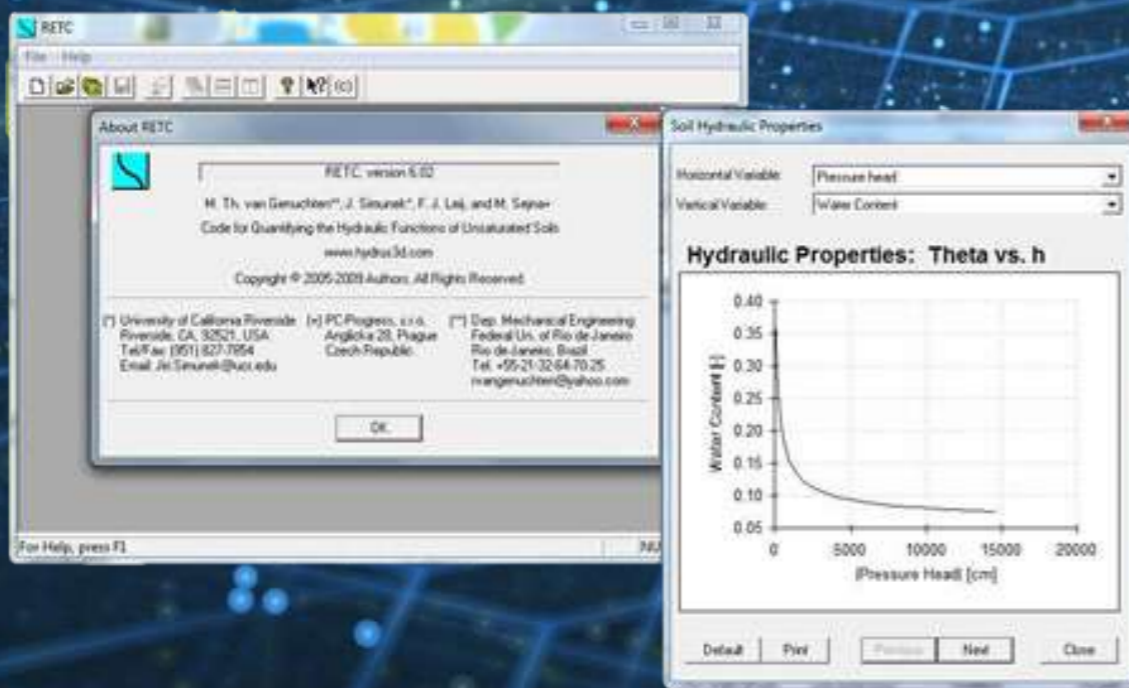
(استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی)

نرم افزار RETC در سال ۱۹۹۱ توسط ون گنوختن ارائه شد که برای تحلیل و آنالیز خصوصیات هیدرولیکی و منحنی مشخصه رطوبتی خاک های غیر اشباع استفاده می شود. از این برنامه برای برازش دادن چند مدل تحلیلی بر داده های اندازه گیری شده منحنی رطوبتی خاک و یا داده های هدایت هیدرولیکی به کار می رود. همچنین با استفاده از این نرم افزار می توان ضرایب معادلات ون گنوختن و بروکس و کوری را نیز یافت. این برنامه با استفاده از روش حل معکوس و تکنیک حداقل مربعات، ضرایب معادلات مذکور را برآورد می کند.

برنامه ای مربوط به زهکشی است که توسط اوستربان و همکاران (۱۹۹۶) ارائه شده است. این نرم افزار در حالت ماندگار و با دو روش متفاوت داری ویسباخ و تعادل انرژی، پارامترهایی از قبیل

- فواصل بین لوله های زهکشی،
- هدایت هیدرولیکی معادل خاک،
- عمق سطح آب زیرزمینی،
- دبی خرومی از زهکش ها

را محاسبه می کند. این برنامه می تواند برای دو لایه خاک متفاوت، فواصل زهکش های زیرزمینی و روباز را محاسبه کند. هدایت هیدرولیکی در جهت افقی و عمودی نیز می تواند متفاوت باشد. داده های ورودی لازم در نرم افزار، در شکل زیر ملاحظه می شوند.





## چکیده‌ای از پایان‌نامه‌های دفاع شده

تخصیص بهینه آب و سطح زیر کشت محصولات در شرایط محدودیت منابع آب (مطالعه موردی: شبکه آبیاری یامچی، اردبیل)

نویسنده:

شیما آقازاده اردبیلی

(دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی دانشگاه محقق اردبیلی)



## چکیده‌ای از پایان‌نامه‌های دفاع شده

برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار با استفاده از عوامل هواشناسی و فیزیوگرافی حوضه‌ها (مورد مطالعه: استان اردبیل)

نویسنده:

بتول پورسیف الهی

(دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی دانشگاه محقق اردبیلی)

## هدف

برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه همواره مورد توجه پژوهشگران می‌باشد. از این رو هدف از انجام این پژوهش تخمین رواناب با استفاده از عوامل هواشناسی و فیزیوگرافی حوضه‌ها در استان اردبیل می‌باشد.

## روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش استان اردبیل که از زیرحوضه‌های متعددی با مشخصات متنوعی برخوردار است به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. داده‌های دبی و بارش ۳۰ ایستگاه هیدرومتری و ۵۰ ایستگاه باران‌سنجی با دوره آماری ۲۳ سال جمع‌آوری گردید و سپس مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آبریز با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS استخراج گردید. به دلیل وسعت زیاد و تنوع پارامترهای فیزیوگرافی و اقلیمی، منطقه مورد مطالعه به مناطق همگن تقسیم شد. ابتدا متغیرهای ورودی مورد نیاز در تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با تحلیل مولفه‌های اصلی کاهش یافت. سپس با بکارگیری خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد و روش افزایی K-means نواحی همگن شناسایی گردید. در مرحله بعد به منظور برآورد رواناب در خوشه‌های همگن، سه روش تحلیل رگرسیون، مدل منطقه‌ای و شبکه عصبی مصنوعی بکار گرفته شد. از معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین مربعات خطا (MSE)، نش-ساتکلیف (NS)، میانگین خطای نسبی (MRE) و ضریب همبستگی (R) برای ارزیابی مدل‌های مختلف استفاده شد.

## یافته‌ها

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، چهار عامل اول با مجموع واریانس تجمعی ۸۳/۶ درصد به عنوان ورودی تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انتخاب شدند. تعداد مناطق همگن با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد تعیین و سپس با بهره‌گیری از روش افزایی K-means منطقه مورد مطالعه به ۴ خوشه همگن تقسیم شد. در ادامه، رواناب سالانه حوضه‌های واقع در نواحی همگن با استفاده از روش‌های رگرسیون، مدل منطقه‌ای و شبکه عصبی مصنوعی برآورد و روابط و مدل‌های مناسب ارائه گردید.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در مرحله صحت‌سنجی توانایی بالایی در شبیه‌سازی و برآورد رواناب سالانه در خوشه اول داشت. در سایر خوشه‌ها، روش تحلیل رگرسیون عملکرد مناسبی در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی نشان داد و لذا می‌تواند برای تخمین رواناب در حوضه‌های فاقد آمار مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حوضه‌های فاقد آمار، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مولفه‌های اصلی، رگرسیون، مدل منطقه‌ای، شبکه عصبی مصنوعی.

## هدف

این تحقیق با هدف بهینه‌سازی سطح زیر کشت، تخصیص بهینه آب آبیاری، حداکثرسازی عملکرد محصولات و بیشینه‌سازی سود اقتصادی حاصل از کشت محصولات تدوین و طراحی شده است، تا در شرایط مختلف کمبود منابع آب (۱۰ تا ۷۰ درصد) و راندمان‌های کاربرد آبیاری ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد مناسب‌ترین سطح زیر کشت به همراه آب بهینه تخصیصی به هر محصول زراعی ارائه گردد.

## روش‌شناسی پژوهش

به منظور بهینه‌سازی اهداف از روش برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی در محیط برنامه‌نویسی ۹.Lingo استفاده گردید.

## یافته‌ها

طبق نتایج به دست آمده، با افزایش کمبود آب (تنش)، مقادیر حجم کل آب بهینه تخصیص یافته به محصولات کشاورزی شبکه آبیاری یامچی و سود حاصل از آن کاهش می‌یابد. همچنین اعمال تنش ۷۰ درصد در شبکه آبیاری فاقد توجه اقتصادی است و با اعمال محدودیت منابع آب، سطح زیر کشت محصول سیب‌زمینی کاهش یافته و به سطح زیر کشت گندم افزوده می‌شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با اجرای سطح زیر کشت بهینه و تخصیص بهینه منابع آب، امکان افزایش سودآوری، کاهش میزان آب مصرفی و در نتیجه بهره‌برداری پایدار از منابع آب در بخش کشاورزی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، تخصیص آب و سطح زیر کشت، کمبود آب، شبکه آبیاری یامچی، برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی



lymonitored watersheds lack sufficient input data for these models. Therefore, the need to develop alternative models to simulate runoff using available data has taken priority. Recently, pattern-recognition algorithms such as the artificial neural networks (ANN) have gained popularity in simulating the rainfall-runoff processes producing comparable accuracy to those of the physically-based models [1-3].

The theory of Artificial Neural Networks (ANNs) started in early 1940's when the first computational representation of a neuron was developed by McCulloch and Pitts [4]. Basically, ANNs is one of Artificial Intelligence techniques that mimic the behavior of the human brain. In the last decade, ANNs have been successfully employed in modeling a wide range of hydrologic processes, including rainfall-runoff processes; Smith and Eli [5]; Hsu et al [6]; Minns and Hall [7]; Shamseldin [8] and Dawson and Wilby [9] studied on neural-network models of rainfall-runoff process. Tokar and Johnson [10] developed an ANN model to predict daily runoff as a function of daily precipitation, temperature, and snowmelt for a watershed in Maryland, USA. Chiang et al [11] compared the static-feed forward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modeling. Tayfur and Singh [12] used ANN and fuzzy logic models for simulating event-based rainfall-runoff. Tayfur et al [13] presented a model to predict and forecast flow discharge at sites receiving significant lateral inflow. Abudu et al. [14] forecasted monthly streamflow using autoregressive integrated moving average (ARIMA), seasonal ARIMA (SARIMA), and Jordan-Elman artificial neural networks (ANN) models over the Kizil River in Xinjiang, China. Tampelini et al. [15] presented the application of Elman neural network for rainfallrunoff simulation in Brazil. Sarkar and Kumar [16] modeled the event-based rainfall-runoff process

using the ANN technique over the Ajay River basin. Hasanpour Kashani et al. [17] evaluated capacity of the ANN [multilayer perceptron (MLP)] and Volterra model to approximate arbitrary non-linear rainfall-runoff processes in north of Iran. Devi et al. [18] adopted different ANN models for daily rainfall prediction using two different data sets in Nilgiris.

Although ANN is quite powerful for modeling various real world problems, it also has its shortcomings. If the input data are less accurate or ambiguous, ANN would be struggling to handle them and a fuzzy system such as Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) might be a better option. Jang [19] first proposed the ANFIS method and applied its principles successfully to many problems. Fundamentally, ANFIS is a network representation of Sugeno type fuzzy systems, endowed by neural learning capabilities. Vernieuwe et al [20] used different clustering algorithms to identify Takagi-Sugeno models in a data-driven manner. The ANFIS technique has been successfully applied in many different hydrologic studies. Gautam and Holz [21] explored the applicability and effectiveness of ANFIS models for both forecasting and simulating the rainfall-runoff process in the Sieve basin in Italy. Lee and Han [22] compared the potentials of different neurofuzzy models for simulating real-time flood forecasting applications. Akrami et al. [23] applied the wavelet decomposition method to link to ANFIS and ANN models for enhancing the accuracy of rainfall prediction at Klang Gates Dam. Wahyuni et al. [24] used the Genetic Algorithm for optimizing the Sugeno FIS of the ANFIS model in boundaries of membership function and coefficient consequent rule in order to predict rainfall with the smallest error over the Tenger Indonesia.

The main objective of this article is to analyze the

## Comparison of Three Intelligent Techniques for Runoff Simulation

Mahsa H. Kashani<sup>a\*</sup>, Reza Soltan Gheys<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

<sup>b</sup> Graduated in IT Engineering, Company of Arman Tarh Farda, Tehran, Iran.

### Abstract

In this study, performance of a feedback neural network, Elman, is evaluated for runoff simulation. The model ability is compared with two other intelligent models namely, standalone feedforward Multi-layer Perceptron (MLP) neural network model and hybrid Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) model. In this case, daily runoff data during monsoon period in a catchment located at south India were collected. Three statistical criteria, correlation coefficient, coefficient of efficiency and the difference of slope of a best-fit line from observed-estimated scatter plots to 1:1 line, were applied for comparing the performances of the models. The results showed that ANFIS technique provided significant improvement as compared to Elman and MLP models. ANFIS could be an efficient alternative to artificial neural networks, a computationally intensive method, for runoff predictions providing at least comparable accuracy. Comparing two neural networks indicated that, unexpectedly, Elman technique has high ability than MLP, which is a powerful model in simulation of hydrological processes, in runoff modeling.

**Keywords:** Elman; MLP; ANFIS; Runoff Simulation; India.

### 1. Introduction

The short-term and long-term simulations of runoff is of vital interest in management of water resources projects and also watershed management that includes increasing infiltration into soil, controlling excess runoff, managing and utilizing runoff for specific purposes, and reducing soil erosion. The non-linear and complex nature of the runoff process, its variability depending on catchment characteristics and precipitation patterns, and its dependence on various other factors make it difficult to predict and estimate runoff with desirable accuracy. However, over the years, hydrologists have developed several models ranging from empirical relationships to physically-based. The physically-based models have proved to be better for the simulation of runoff, but their data requirements are very high and often intensive

5. Steps (2)–(5) are repeated for each pair of input–output vector in the training datasets, until no significant change in the MSE is detected for the system.

The final connection weights are kept fixed at the completion of training and new input patterns are presented to the network to produce the corresponding output consistent with the internal representation of the input/output mapping [26].

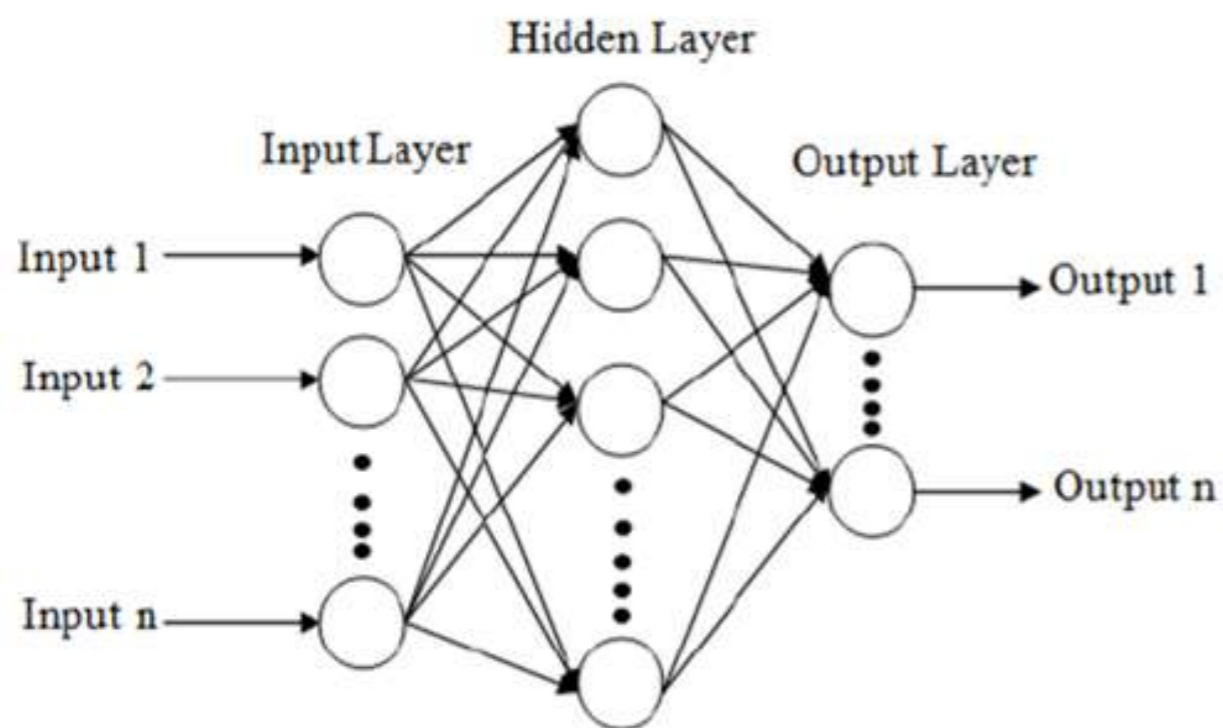


Figure 1. MLP network

### 2.1.2. Elman Network

Elman Networks are a form of recurrent Neural Networks which have connections from their hidden layer back to a special copy layer (Figure 2). This means that the function learnt by the network can be based on the current inputs plus a record of the previous state (s) and outputs of the network. In other words, the Elman net is a finite state machine that learns what state to remember (i.e., what is relevant). The special copy layer is treated as just another set of inputs and so standard back-propagation learning techniques can be used (something which isn't generally possible with recurrent networks). At each time step, a copy of the hidden layer units is made to a copy layer [27].

Because Elman networks are an extension of two-layer Sigmoid-Linear architecture [25, 28], they inherit the ability to fit any input/output function with a finite number of discontinuities. They are also able to fit temporal patterns, but may need many neurons in the recurrent layer to fit a complex function. Also because of the more complex architecture of the recurrent model, there is a significant increase in training time compared with the MLP model [29].

ability of a feedback ANN model, Elman, and compare its performance with a feedforward Multi-Layer Perceptron neural network (MLP) and ANFIS technique in simulating daily runoff data series over an Indian watershed.

## 2. Methods and Materials

### 2.1. Artificial Neural Networks

#### 2.1.1. Multi-Layer Perceptron (MLP)

Most ANNs such as Multi-Layer Perceptron (MLP) networks have three layers or more: an input layer, which is used to present data to the network; an output layer, which is used to produce an appropriate response (s) to the given input; and one or more intermediate layers, which are used to act as a collection of feature detectors (Figure 1). The ability of a neural network to process information is obtained through a learning process, which is the adaptation of link weights so that the network can produce an approximate output (s). In general, the learning process of an ANN will reward a correct response of the system to an input by increasing the strength of the current matrix of nodal weights. There are several features in ANN that distinguish it from the empirical models. First, neural networks have flexible nonlinear function mapping capability which can approximate any continuous measurable function with arbitrarily desired accuracy, whereas most of the commonly used empirical models do not have this property. Second, being nonparametric and data-driven, neural networks impose few prior assumptions on the underlying process from which data are generated. Because of these properties, neural networks are less susceptible to model misspecification than most parametric nonlinear methods. Given the advantages of neural networks, it is not surprising that this methodology has attracted overwhelming attention in many application areas. However, it may take a lot of time for determining the best structure of the ANN model for a problem because of applying the trial and error method. There are a wide variety of algorithms available for training a network and adjusting its weights. Also, there are many kinds of neural networks. In this paper, MLP and Elman networks were applied. Since there are large number of resources available on ANN and MLP (books, papers and web sites), no further introduction is provided here and readers are referred to Haykin [25].

The operation process of MLP networks is so that the input layer accepts the data and the intermediate layer processes them and finally the output layer displays the resultant outputs of the model. During the modeling stage, coefficients related to present errors in nodes are corrected through comparing the model outputs with recorded input data. Connection weights are first initialised randomly by assigning a small positive or negative random value through the following procedure:

1. Input–output patterns are selected randomly using the training data presented to ANN.
2. Actual network outputs are calculated for the current input after the application to the activation function.
3. Performance measure is selected, e.g. Mean Square Error (MSE) and the values are calculated.
4. Connection weights are adjusted to minimise the MSE.



Layer 5: The single node in this layer is a fixed node labelled, R, indicating the overall output as the summation of all incoming signals.

The above comprise three different types of components, as follows [33]:

1. Premise parameters as non-linear parameters that appear in the input membership functions.
2. Consequent parameters as linear parameters that appear in the rules consequents (output weights).
3. Rule structure that needs to be optimised to achieve a better linguistic interpretability [26].

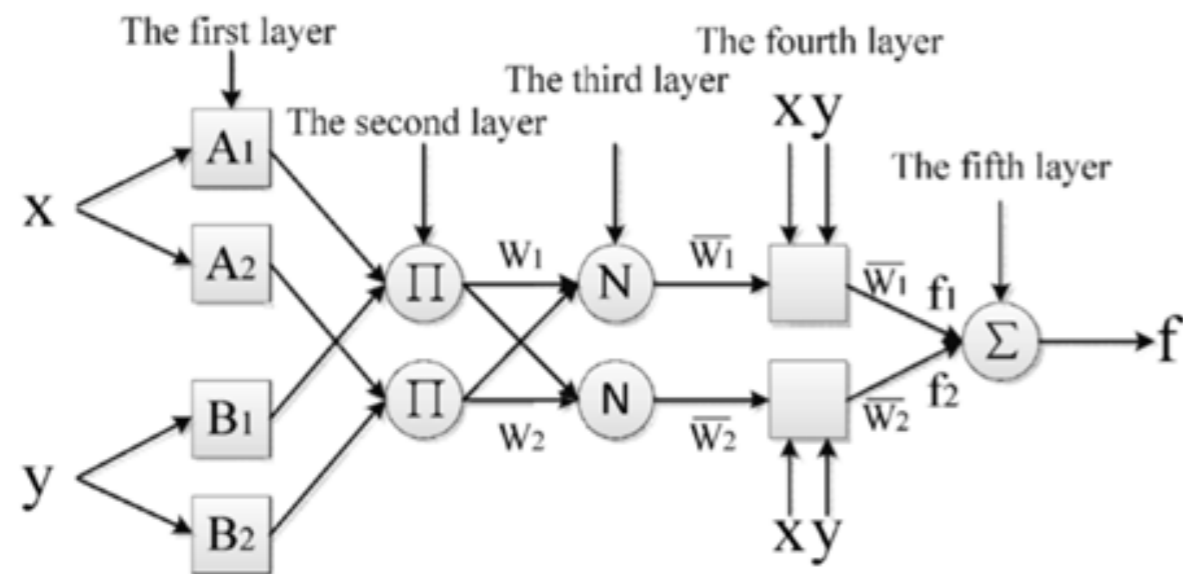


Figure 3. A typical ANFIS architecture

### 3. Study Area and Data Sets

The study area chosen for this study

is the Vamsadhara river basin, situated in between the Mahanadi and Godavari river basins of south India (Figure 4). The area is located between 18°15' to 19°55' north latitudes and 83°20' to 84°20' east longitudes.

The precipitation in the basin is influenced by the occasional cyclones formed due to the depression in the Bay of Bengal and the south-west monsoon from June to October. The basin has six rain gauge stations and the weighted rainfall for the study area was estimated using the Thiessen polygons.

The rainfall and runoff data of monsoon period (June 1-October 31) for 1984-87 was used for training the ANNs and ANFIS models, and the data of 1988-89 and 1992-95 for their validation and testing (Figure 5). Some statistical parameters of the used data for three periods are shown in Table 1.

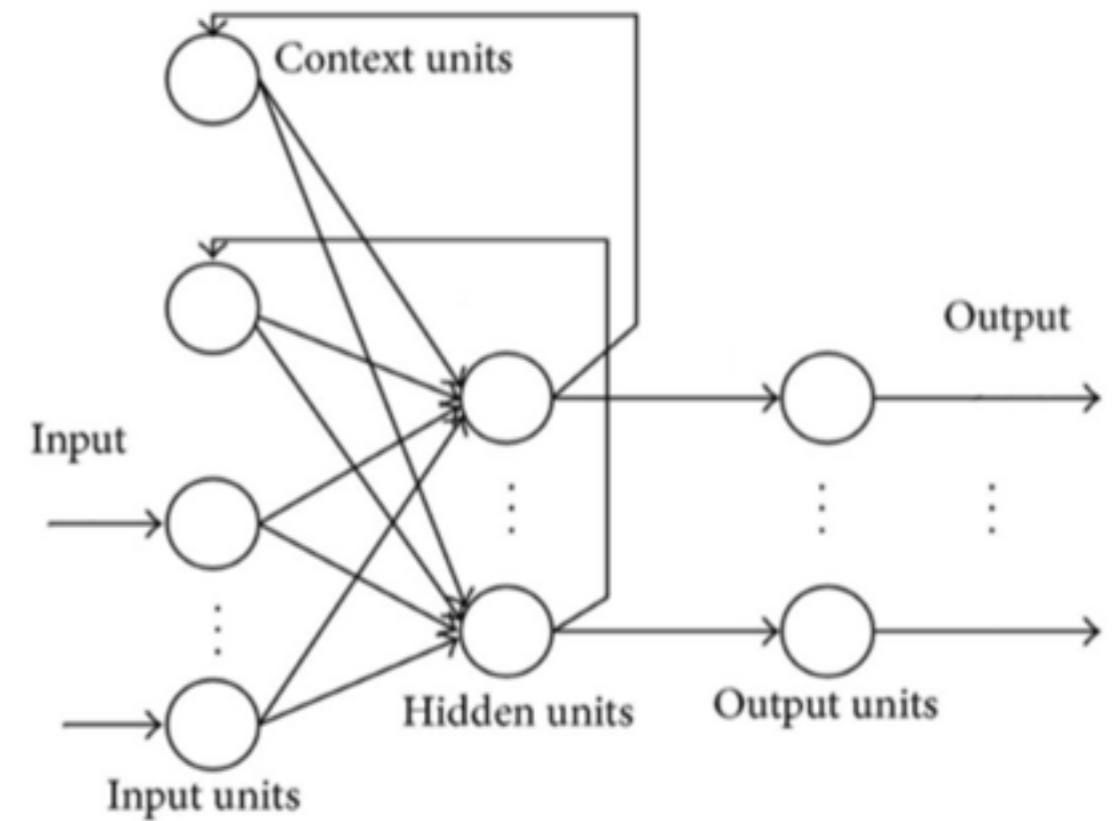


Figure 2. Elman network

#### 2.2. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

The Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) is a universal approximator firstly introduced by Jang [19] that is capable of approximating any real continuous function on a compact set to any degree of accuracy [30]. ANFIS network is comprised of nodes and with specific functions, or duties, collected in layers with specific functions [31]. It identifies a set of parameters through a hybrid learning rule combining the back-propagation gradient descent error digestion and a least-squares method. It can be used as a basis for constructing a set of fuzzy "If-Then" rules with appropriate membership functions in order to generate the preliminary stipulated input-output pairs. The Gaussian membership function is adopted in this study since it is the most popular form. An ANFIS toolbox from Matlab software is used and its operation is explained in its user guide. For its theoretical background, interested readers are referred to Chang and Chang [32] for further details.

Figure 3 represents a typical ANFIS architecture, and outline as follows:

Layer 1: Every node in this layer is an adaptive node with a node function that may be a generalised bell membership function or a Gaussian membership function.

Layer 2: Every node in this layer is a fixed node labelled, P, representing the firing strength of each rule, and is calculated by the fuzzy AND connective of the 'product' of the incoming signals.

Layer 3: Every node in this layer is a fixed node labelled N, representing the normalised firing strength of each rule. The *i*th node calculates the ratio of the *i*th rule's firing strength to the sum of two rules' firing strengths.

Layer 4: Every node in this layer is an adaptive node with a node function indicating the contribution of *i*th rule toward the overall output.

## 4. Performance Criteria

The comparative analysis and evaluation of the

outcome of the models was done using correlation coefficient ( $r$ ), coefficient of efficiency ( $E$ ), and the difference of slope ( $SDiff$ ). Out of all the various performance measures, in the past the most widely used evaluation for the validation of models is the correlation-based measures i.e. the  $r$  and  $R^2$ . However, they suffer from several limitations such as insensitivity towards additive and proportional difference occurring between the observed and the predicted data, and the over-sensitivity to outliers leading to a bias towards extreme events [34]. These limitations of the correlation-based measures are well documented [34-38].

Coefficient of efficiency ( $E$ ) is a non-dimensional criterion proposed by Nash and Sutcliffe [39] and widely used to evaluate the performance of hydrologic models.  $E = 100$  indicates a perfect agreement between the observed and the estimated values.  $E = 0$  indicates that all the estimated values are equal to the mean of the observed values. A negative  $E$  indicates that the mean of the observed data is a better predictor than the estimated values. The coefficient of efficiency was an improvement over the correlation-based measures because it is sensitive to the observed and predicted means and variances but is also limited in the case of over-sensitivity to outliers [34, 39].

The idea behind using  $SDiff$  is that while  $r$  is used to indicate the variational accountability of a model and  $E$  the efficiency, there is no comparative measure for the degree of predictability of a best-fit model to the 1:1 line when observed vs. predicted values are compared to each other. Hence, we have used  $SDiff$  as a measure of how different the slope of a best-fit line of the scatter plot of the predicted vs. observed data for a particular model is from the 1:1 line.  $SDiff$  of 0% means the best-fit line of a scatter plot is parallel to the 1:1 line thus ensuring perfect predictability of the best-fit linear model.  $SDiff$  of 100% means the best-fit line is the average line with a zero slope.  $SDiff$  between 0% and 100% would suggest that the best-fit linear model of the scatter plot would overestimate the low observed values and underestimate the high ones. A negative  $SDiff$  measure would suggest that the best-fit linear model of the scatter plot would underestimate the low observed values and overestimate the high ones.

## 5. Results and Discussions

In order to obtain daily estimates of runoff

using ANNs (MLP and Elman) and ANFIS approaches, 4 years of rainfall and runoff data (1984-87) was used to train the models and 2 years of data (1988-89) was used for validating to ensure similar model performance. Then the models were tested by estimating 4 years of future data (1992-95). We believe that different sets of input parameters that make hydrological sense for runoff estimation might improve performance accuracy of the models, which was beyond the scope of this paper due to our comparative analysis with of the applied models. First, different combinations of delayed rainfall and runoff data were used as the models inputs. Finally, it was found that rainfall at the current day and one day ago along with the runoff values at the current day, one day and two days ago are the best input variables for estimating the current runoff values. The data were normalized before applying the ANNs methods. The observed and estimated data of period 1992-95 were compared using  $r$ ,  $E$ , and  $SDiff$  performance evaluation measures. The statistical criteria values

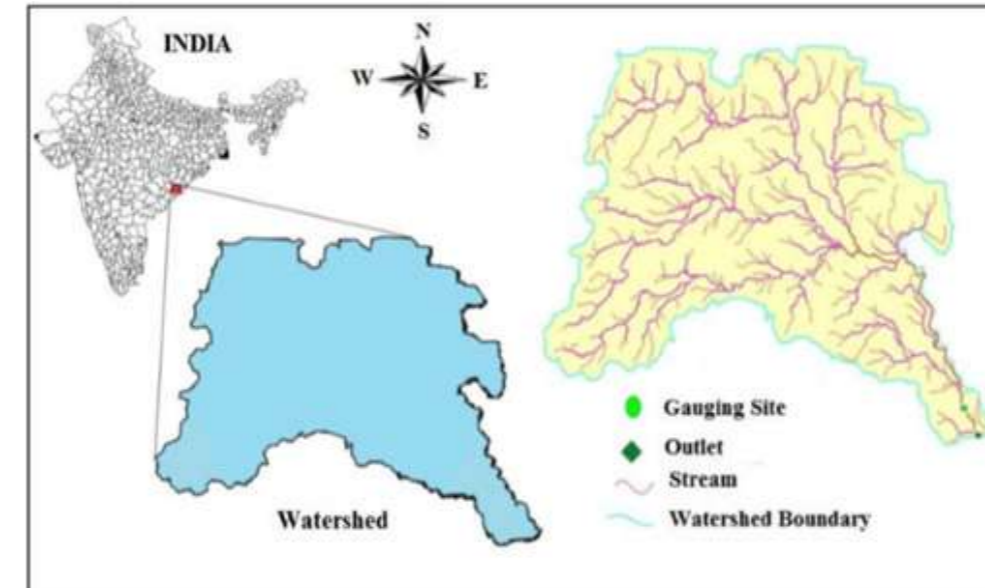


Figure 4. The location of the study area in India

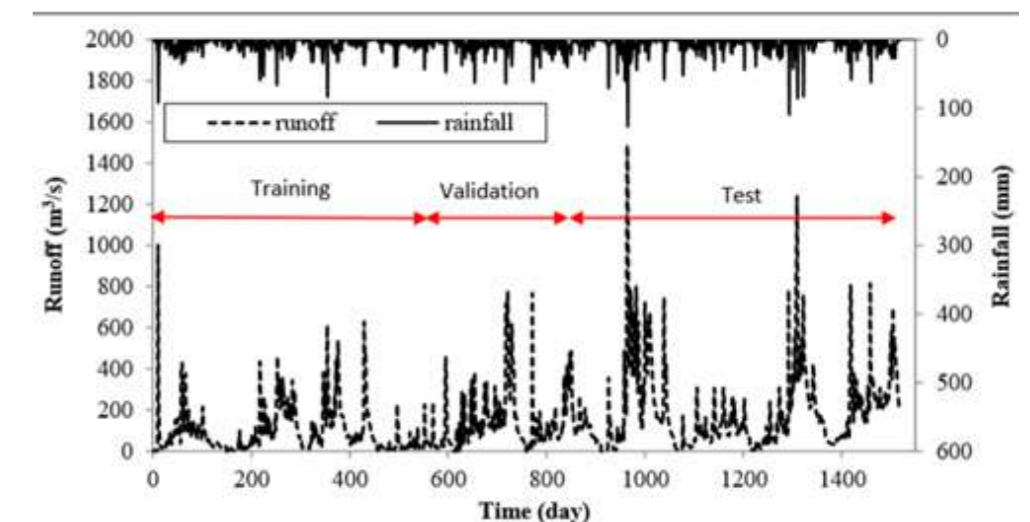


Figure 5. Observed rainfall and runoff data

Table 1. Statistical parameters of the used data for three periods

Data	Period	Statistical parameters				
		Average	Standard deviation	Maximum	Minimum	Mode
Rainfall	Training	6.184	10.399	89.76	0	0
	Validating	6.765	9.982	63.19	0	0
	Testing	7.125	12.801	126.3	0	0
Runoff	Training	94.428	109.450	994.4	0.5	32
	Validating	149.357	134.861	772	0.5	65
	Testing	198.935	196.959	1470	0	68.8



## 6. Conclusion

This paper gives an overview of fairly recent AI techniques on the topic of runoff estimating from an Indian watershed. In this case, two feed-forward and feed-back neural networks, MLP and Elman, along with the hybrid.

**Table 2. Comparison of performances of the ANNs and ANFIS models for daily runoff prediction at calibration (1988-89) and test (1992-95) periods**

Models	Calibration (1988-89)		Test (1992-95)*			
	R (%)	E (%)	R (%)	E (%)	SDiff (%)	
ANNs	MLP	86.3	73.3	90.1	72.7	40.15
	Elman	87.66	76.13	92.99	83.94	25.53
ANFIS	89.64	79.99	<b>94.62</b>	<b>88.78</b>	<b>14.35</b>	

\* The best performance index for a particular model for the test data has been emboldened.

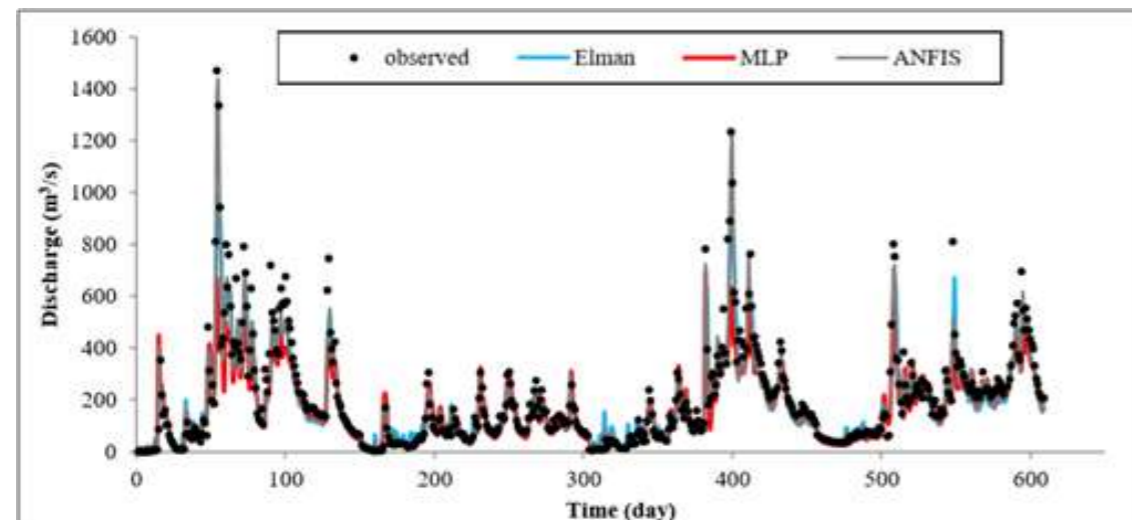


Figure 6. The observed and estimated hydrographs (1992-95) using ANNs and ANFIS models

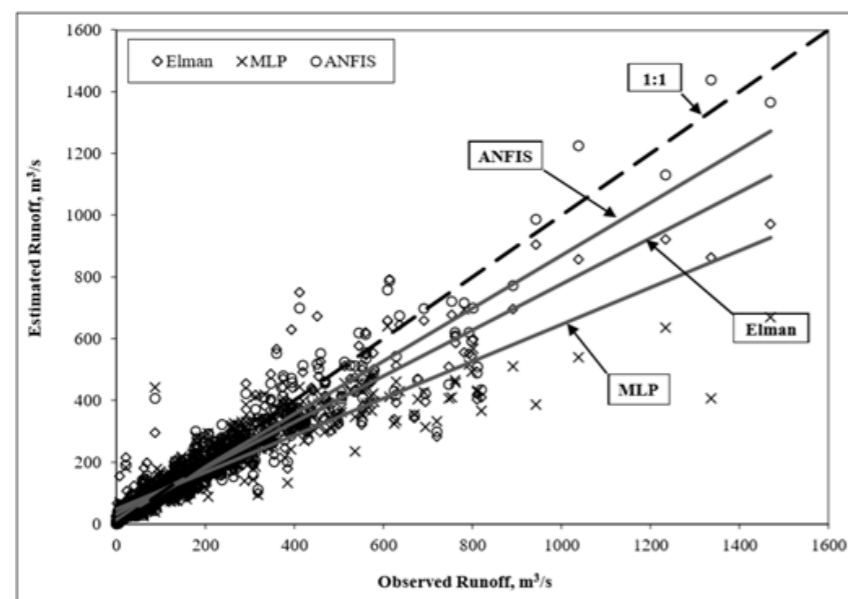


Figure 7. Scatter plot of the observed vs. estimated daily runoff (1992-95) using ANNs and ANFIS methods

obtained for the models at test and validation periods are presented at Table 1. The coefficients of correlation for the models MLP, Elman and ANFIS for validation period are 0.90, 0.93, and 0.95, respectively. These high values of  $r$  show that all the models are suitable for runoff simulation. The coefficient of efficiency ( $E$ ) values of the models are almost high (0.727, 0.839 and 0.888), which shows good ability of the models in runoff prediction. However, ANFIS and Elman are more suitable based on high values of  $E$ , respectively. The  $SDiff$  values indicate that ANFIS has the lowest value (14.35%). The  $SDiff$  value of Elman (25.53%) is lower than that of MLP (40.15%). Therefore, ANFIS and Elman methods are more successful than MLP according to the  $SDiff$  values.

Figure 6 indicates the predicted hydrographs using the applied models versus the observed hydrograph. According to this figure, it can be found that the ANFIS model predicted the low and high flow values more successfully than the ANNs. Moreover, performance of the Elman technique in estimating flow values especially peak discharges is better than the MLP. Figure 7 shows the scatter plot of the estimated runoff versus the observed runoff data. It is evident from Figure 7 that the line related to ANFIS and Elman data points are closer to line 1:1. This indicates that ANFIS and Elman estimations are close to the observed data series, respectively. The line related to the MLP data points is far from the line 1:1 and indicates poor performance of MLP. Generally, as it is expected the hybrid ANFIS model estimated runoff values with high accuracy than the ANNs. The studies done by Gautam and Holz [21] and Lee and Han [22] proved that ANFIS is a power tool for time series predictions. However, Khatibi et al. [26] indicated that MLP simulates singlepeaked flow time series with less error than the ANFIS.

The results of the feedback Elman network were more precise than those of MLP model, which has shown successful performances in different hydrological studies. The results obtained from the MLP model is in agreement with those of the study done by Misra et al. [40] who found that MLP is not successful in precisely daily runoff modeling. It can be concluded that feedback networks due to their structures are more able than feedforward networks in modeling processes with high nonlinearity such as daily runoff process. Abudu et al. [14] and Tampelini et al. [15] found that the Elman network can generate reliable predictions in hydrologic field.

- [12] Tayfur G., Singh V.P. "ANN and fuzzy logic models for simulating event-based rainfall-runoff." *Journal of Hydrologic Engineering* 132(December 2006):1321-1330. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2006\)132:12\(1321\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2006)132:12(1321)).
- [13] Tayfur G., Moramorco T., Singh V. P. "Predicting and forecasting flow discharge at sites receiving significant lateral inflow." *Journal of Hydrologic Processes* 21(January 2007):1848-1859. <https://doi.org/10.1002/hyp.6320>.
- [14] Abudu S., Cui C.L., King J.P., Abudukadeer K. "Comparison of performance of statistical models in forecasting monthly streamflow of Kizil River, China." *Water Science and Engineering* 3(2010): 269-281. doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2010.03.003.
- [15] Tampelini L.G., Boscaroli C., Peres S.M., Sampaio S.C. "An application of Elman networks in treatment and prediction of hydrologic time series." *Learning and Nonlinear Models (L&NLM) – Journal of the Brazilian Neural Network Society* 9(3) (January 2011): 148-156. doi: 10.21528/LNLM-vol9-no3-art1.
- [16] Sarkar A., Kumar R. "Artificial Neural Networks for Event Based Rainfall-Runoff Modeling." *Journal of Water Resource and Protection* 4(2012): 891-897. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp>.
- [17] Hasanpour K. M., Ghorbani M. A., Dinpashoh Y., Shahmorad S. "Comparison of Volterra Model and Artificial Neural Networks for Rainfall-Runoff Simulation." *Natural Resources Research* 23 (2014): doi: 10.1007/s11053-014-9235-y.
- [18] Devi S.R., Arulmozhivarman P., Venkatesh C., Agarwal P. "Performance comparison of artificial neural network models for daily rainfall prediction." *International Journal of Automation and computing* 13(October 2016): 417-427. doi: 10.1007/s11633-0160986-2.
- [19] Jang J.R. "Anfis: adaptive-network-based fuzzy inference system." *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 23 (1993): 665-685.
- [20] Vernieuwe H., De Baets B., Verhoest N. E. C. "Comparison of clustering algorithms in the identification of Takagi-Sugeno models: A hydrological case study." *Fuzzy Sets and Systems* 157(2006): 2876 - 2896. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2006.04.007>
- [21] Gautam D. K., Holz K. P. "Rainfall-runoff modelling using adaptive neuro-fuzzy systems." *Journal of Hydroinformatics* 03.1 (January 2001):3-10.
- [22] Lee, H.X., and D. Han. "Exploration of neuro-fuzzy models in real time flood forecasting." In: *Proceedings of the 2008 International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition, ISRST, Orlando, FL, USA, 7-10 July 2008*, pp. 264- 268. ISBN: 978-1-60651-000-1. <<http://www.promotersearch.org/2008/aipr/index.html>>.
- [23] Akrami S.A., Nourani V., Hakim S.J.S. "Development of nonlinear model based on wavelet-ANFIS for rainfall forecasting at Klang Gates Dam." *Water Resources Management* 28 (2014): 2999-3018. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0651-x>.
- [24] Wahyuni I., Mahmudy W.F., Iriany A. "Rainfall prediction using hybrid adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and Genetic algorithm." *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering* 9(2-8) (2017): 51-56.
- [25] Haykin S. "Neural networks: A comprehensive foundation". (1999), Prentice-Hall, New Jersey.

ANFIS model were used to simulate daily runoff of the Vamsadhara River catchment. The results showed that Using r and E and the SDiff performance measures as model evaluation tools for runoff estimation ANFIS is a robust estimator as compared with two neural networks. Comparing ANN models proved that Elman model provided better estimations than those of MLP. In general, ANFIS and Elman are the most suitable models for daily runoff estimation of the catchment, respectively. However, it is recommended to evaluate and compare performances of the applied models in runoff simulation using data with other time scales (weekly, monthly etc.) in future studies. This study proved that feedback neural networks may have high ability than feed forward networks in simulating hydrological processes with high degree of nonlinearity.

## 7. References

- [1] Rajurkar M. P., Kothiyari U. C., Chaube U. C. "Modeling of the daily rainfall-runoff relationship with artificial neural network." *Journal of Hydrology* 285 (January 2004): 96-113. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.08.011>.
- [2] Agarwal A., Mishra S. K., Ram S., Singh J. K. "Simulation of Runoff and Sediment yield using Artificial Neural Networks." *Biosystems Engineering* 94(2006): 597-613. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.02.014>.
- [3] Raghuwanshi N. S., Singh R., Reddy L. S. "Runoff and Sediment Yield Modeling Using Artificial Neural Networks: Upper Siwane River, India." *Journal of Hydrologic Engineering* 11 (January 2006). doi: 10.1061/(ASCE)1084-0699(2006)11:1(71).
- [4] McCulloch W. S., Pitts W. "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity." *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5(December 1943):115-133.
- [5] Smith J., Eli R. N. "Neural-network models of rainfall-runoff process." *Journal of Water Resources Planning and Management* 121(October 1995): 499-508. <https://doi.org/10.1029/95WR01955>.
- [6] Hsu K., Gupta H. V., Sorooshian S. "Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process." *Water Resources Research* 31(October 1995): 2517-2530. <https://doi.org/10.1029/95WR01955>.
- [7] Minns A. W., Hall M. J. "Artificial neural networks as rainfall-runoff models." *Journal of Hydrologic Sciences* 41 (January 1996): 399-417. <https://doi.org/10.1080/02626669609491511>.
- [8] Shamseldin A. Y. "Application of a neural network technique to rainfall-runoff modelling." *Journal of Hydrology* 199(December 1997): 272-294. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03330-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03330-6).
- [9] Dawson C. W., Wilby R. "An artificial neural network approach to rainfall-runoff modelling." *Journal of Hydrologic Sciences* 43(1998):47-66. <https://doi.org/10.1080/02626669809492102>.
- [10] Tokar A. S., Johnson P. A. "Rainfall-runoff modeling using artificial neural networks." *Journal of Hydrologic Engineering* 4 (Jully 1999): 232-239. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1999\)4:3\(232\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:3(232)).
- [11] Chiang Y. M., Chang L. C., Chang J. F. "Comparison of static-feed forward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modelling". *Journal of Hydrology* 290 (May 2004): 297-311. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.033>.



## گزارش مسابقه عکس روز ملی آب

انجمن علمی مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی

گزارش:

مهران محمدی



به مناسبت روز ملی آب، مسابقه ملی عکس آب توسط انجمن علمی مهندسی آب دانشگاه محقق اردبیلی برگزار گردید. در این مسابقه که بیش از ۸۰ اثر شرکت داشتند بعد از داوری اولیه ۵۰ اثر به مرحله بعدی مسابقه راه یافتند. از بین آثار موجود در این مسابقه، سه اثر که بیشترین امتیاز را کسب نموده بودند، به عنوان آثار برتر این مسابقه انتخاب گردیدند. آثار برگزیده به ترتیب زیر می باشد:

### نفر اول: البار نوری زاده



- [26] Khatibi R., Ghorbani M. A., Hasanpour K.M., Kisi O. "Comparison of three artificial intelligence techniques for discharge routing." *Journal of Hydrology* 403 (June 2011): 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.007>.
- [27] Hassanpour K. M. "Flood estimation at ungauged sites using a new hybrid model." *Journal of Applied Sciences* 9(2008): 1744– 1749.
- [28] Zurada, J. "Introduction to artificial neural systems" (1992). West Publishing Company, Saint Paul, Minnesota. ISBN:0-31493391-3.
- [29] Hayati M. "Short term load forecasting using artificial neural networks for the west of Iran." *Journal of Applied Sciences* 12(2007): 1582–1588. doi: 10.3923/jas.2007.1582.1588.
- [30] Jang J., Sun C., Mizutani E. "Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence." (1997). Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
- [31] Tsoukalas L. H., Uhrig R. E. "Fuzzy and Neural Approaches in Engineering." (February 1997). Wiley-Interscience, John Wiley & Sons. Inc., New York, USA.
- [32] Chang, L.C., Chang, F.J. "Intelligent control for modelling of real-time reservoir operation." *Hydrological Processes* 15(June 2001), 1621–1634. <https://doi.org/10.1002/hyp.226>.
- [33] Lughole E. "Online Adaptation of Takagi-Sugeno Fuzzy Inference Systems." (2003). Technical Report, Fuzzy Logic Laboratorium, Linz-Hagenberg.
- [34] Legates D. R., McCabe G. J. "Evaluating the use of "Goodness of Fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation." *Water Resources Research* 35(January 1999): 233-241. <https://doi.org/10.1029/1998WR900018>.
- [35] Willmott C. J. "On the validation of models." *Physical Geography* 2 (1981): 184-194.
- [36] Willmott C. J., Ackleson S.G., Davis R. E., Feddema, J. J., Klink K. M., Legates D. R., O'Donnell J., Rowe C. M. "Statistics for the evaluation and comparison of models." *Journal of Geophysical Research* 90 (September 1985): 8995-9005. <https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>.
- [37] Kessler E., Neas B. "On correlation, with applications to the radar and rain gage measurement of rainfall." *Atmospheric Research* 34(June 1994): 217-229. [https://doi.org/10.1016/0169-8095\(94\)90093-0](https://doi.org/10.1016/0169-8095(94)90093-0).
- [38] Legates D. R., Davis R. E. "The continuing search for an anthropogenic climate change signal- Limitations of correlation-based approaches." *Geophysical Research Letters* 24(September 1997): 2319-2322. <https://doi.org/10.1029/97GL02207>.
- [39] Nash J. E., Sutcliffe J. V. "River Flow Forecasting Through Conceptual Models." *Journal of Hydrology* 10(1970): 282-290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
- [40] Misra D., Oommen T., Agarwal A., Mishra S.K., Thompson A.M. "Application and analysis of support vector machine based simulation for runoff and sediment yield." *Biosystems Engineering* 103 (August 2009): 527–535. <https://doi:10.1016/j.biosystemseng.2009.04.017>.



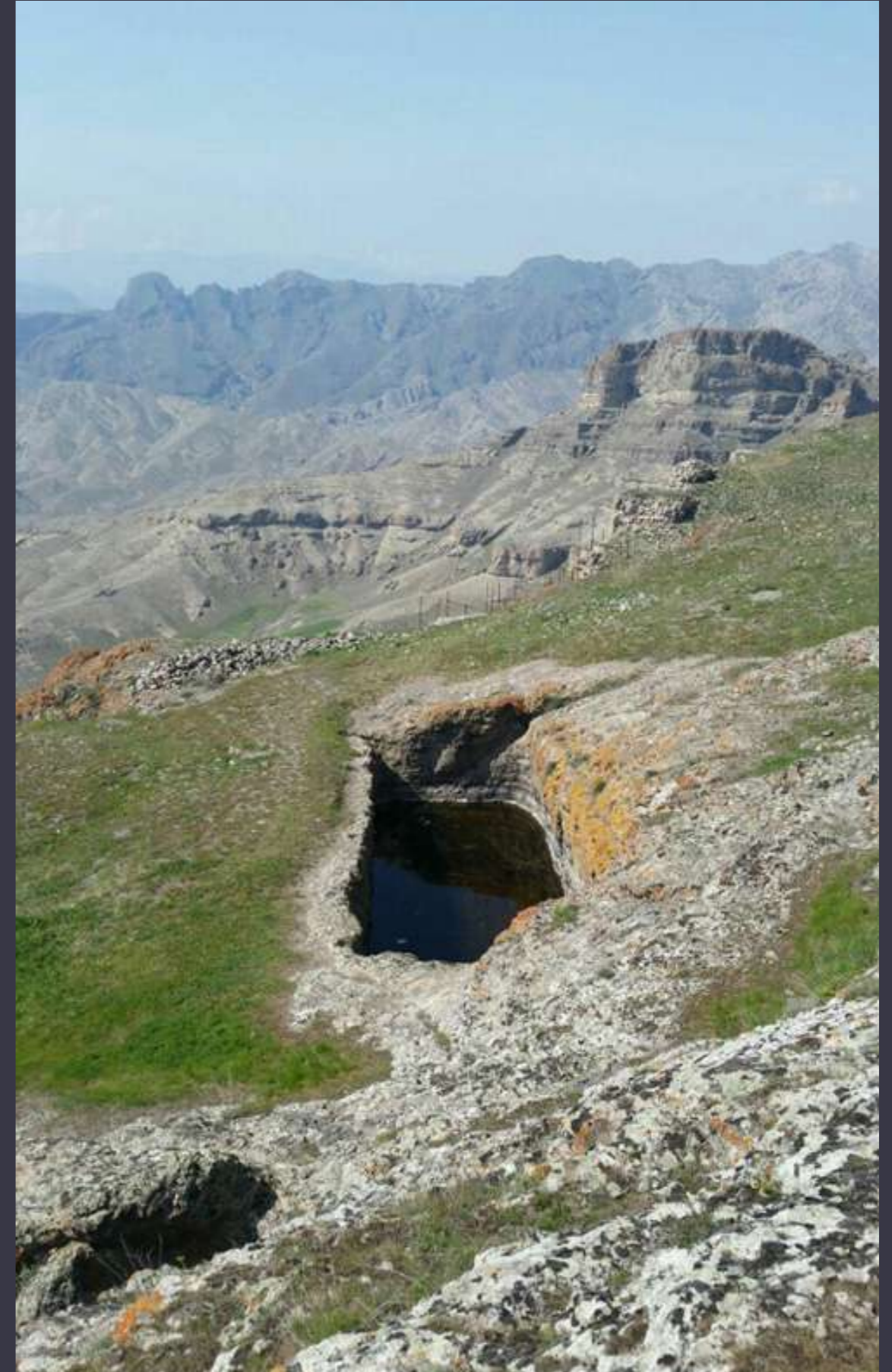
### نفر سوم: نیما محسن‌زاده



### بهشت‌ترین بازپد در کانال انجمن: وحید حیدری



### نفر دوم: خلیل نظری





**Artab**