

# نشریه علمی - دانشجویی

## حفاظت آب، خاک و هوا

### فهرست مقالات:

۱- بررسی انواع روش‌های سایزینگ سیستم‌های تولید انرژی تجدیدپذیر  
پراکنده مسکونی متصل به شبکه  
اشکان توپ شکن؛ حسین یوسفی

۲- شبیه‌سازی سیستم‌های تصفیه پساب کشتارگاه  
سینا لبافی؛ فاطمه راضی آستارایی؛ معین خالویی

۳- استفاده از گل‌سنگ در ارزیابی بیولوژیکی کیفیت هوا  
محمد صادق رهبانی؛ زینب سادات امامی العریضی؛ اسماء دل‌آوری دوسر

۴- مروری بر مطالعات اقتصادی (مبتنی بر هزینه انرژی) سامانه‌های  
فتوولتائیک حرارتی  
محمد امین مظاهری تهرانی؛ محمد امین وزیرری راد

۵- اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای براساس استاندارد بین‌المللی ISO  
محمد صادق رهبانی

۶- درس‌هایی از سوگیری‌های رفتاری نسبت به COVID-19 برای  
سیاست‌های اقلیمی و خطرات تغییر اقلیم  
فاطمه ملکی؛ محمدمهدی پورحنیفه



حفاظت آب، خاک و هوا

شماره مجوز: ۱۳۲/۷۱۹۹۱

تاریخ تایید: ۱۳۹۹/۰۹/۲۲





صاحب امتیاز:  
انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشکده  
علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

نام نشریه:

نشریه علمی دانشجویی حفاظت آب، خاک و هوا  
مجاز: ۱۳۲/۷۱۹۹۱ تاریخ تایید: ۱۳۹۹/۰۹/۲۲



**استاد مشاور انجمن:**

\* دکتر یونس نوراللهی (عضو هیات تحریریه)  
دانشیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: noorollahi@ut.ac.ir

**اعضای هیات تحریریه:**

\* دکتر علیبخش کسائیان  
دانشیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: akasa@ut.ac.ir

**استاد مشاور اول نشریه:**

\* دکتر سید جواد ساداتی نژاد (عضو هیات تحریریه)  
دانشیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: jsadatinejad@ut.ac.ir

\* دکتر فاطمه راضی آستارایی

دانشیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: razias\_m@ut.ac.ir

**استاد مشاور دوم نشریه:**

\* دکتر حسین یوسفی (عضو هیات تحریریه)  
دانشیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: hosseinyousefi@ut.ac.ir

\* دکتر افشین هنریخش

دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد  
ایمیل: afshin.honarbaksh@gmail.com

**مدیر مسئول و سردبیر نشریه:**

\* سیده آمنه سجادی (عضو هیات تحریریه)  
کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران  
استادیار دانشکده کشاورزی، واحدرشت، دانشگاه آزاداسلامی، رشت، ایران  
ایمیل: amenehsajjadi@ut.ac.ir

\* دکتر محمد میرزاوند

دکترای مهندسی آبخیزداری (تخصص ایزوتوپ هیدرولوژی - هیدروژئوشیمی)  
ایمیل: mmirzavand23@yahoo.com

\* سیده مهسا موسوی

دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: mahsa.moosavi.rei@ut.ac.ir

\* شقایق دانه کار

دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: sh\_danehkar@ut.ac.ir

\* آرین زرفشانی

دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: a.zarfeshani@ut.ac.ir

**سردبیر نشریه:**

\* محمد امین وزیری راد (عضو هیات تحریریه)  
دانشجوی دکتری رشته مهندسی سیستم های انرژی - فناوری انرژی، گروه  
مهندسی انرژی های نو و محیط زیست دانشگاه تهران  
ایمیل: aminvazirirad@ut.ac.ir

**جانشین مدیرمسئول:** سیدامیرعلی سجادیان

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: amirali.sajjadian@ut.ac.ir

**مدیر داخلی:** فهیمه سلیمی کوچی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: fahim.salimi@ut.ac.ir

**جانشین سردبیر:** نغمه اقتصادی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: naqme.eqtesadiut.ac.ir

**مدیر اجرایی:** لیلا قره داغی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: leila.gharadaghi@ut.ac.ir

**ویراستار ارشد:** سارا سلامت

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته نانویوتکنولوژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: salamat.sara94@gmail.com

**طراحی و صفحه آرایی:** محمد امین وزیری راد

دانشجوی دکتری رشته مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران  
ایمیل: aminvazirirad@ut.ac.ir

**خبرنامه "آبنوس" ضمیمه و در انتهای نشریه می باشد**

## سخن آغازین

حفاظت آب، خاک و هوا امروزه به عنوان یک چالش جهانی از اهمیت بالایی در تمامی کشورهای دنیا برخوردار است. کشور ما ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با معضلاتی نظیر آلودگی هوا، عدم ثبات کیفیت خاک، تغییرات آب و هوایی، کمبود منابع آبی و همچنین مشکلات ناشی از کمبود انرژی که بصورت مستقیم و غیر مستقیم بر روی منابع ذکر شده تاثیر می‌گذارد مواجه است. لذا بر آن شدیم تا با تاسیس نخستین نشریه تخصصی "حفاظت آب، خاک و هوا" در سطح علمی-دانشجویی گامی موثر در جهت توجه بیشتر به این منابع ارزشمند و همچنین ارائه راهکارهای نوین علمی جهت بهبود وضعیت آن‌ها در کشور برداریم. بی شک فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی می‌توانند نقش بسزایی در رشد و توسعه کشور داشته باشند. براین اساس دانشگاه تهران به عنوان نخستین موسسه دانشگاهی آموزش عالی ایران، وظیفه خود دانسته است تا با گرد هم آوری مطالعات علمی نوین و ارزشمند جامعه علمی کشور بخشی از مسئولیت خطیر خود را به انجام برساند. نشریه "حفاظت آب، خاک و هوا" توسط انجمن علمی-دانشجویی اکوهیدرولوژی گروه مهندسی انرژی‌های نو و محیط زیست دانشگاه تهران تاسیس گردیده است. رویکرد ما نشر آخرین دستاوردهای علمی دانشجویان، اساتید و نوآوران کشور جهت حفظ محیط زیست، توجه به داشتن هوایی سالم، مدیریت و بهبود منابع آبی، توسعه و حفاظت از منابع خاک و مدیریت و توسعه منابع انرژی کشور علی‌الخصوص انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

رویکردهای تحقیقاتی فعلی این نشریه بر اساس چالش‌های موجود در کشور بوده که برگرفته از برنامه‌ی راهبردی وزارت علوم و دانشگاه تهران بر اساس اصول و معیارهای علمی و بر مبنای نیازهای واقعی و خط مشی دانش‌محور بنا نهاده شده است. امید است نتایج حاصل از تحقیقات این نشریه بتواند در راستای بهبود و حفاظت منابع ارزشمند کشورمان مفید باشد.

با تشکر

مدیرمسئول و شورای سردبیران نشریه علمی دانشجویی

حفاظت آب، خاک و هوا

فهرست	
دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰	
صفحه	مقاله
۷۰	Investigation of various sizing methods for on-grid residential renewable energy systems بررسی انواع روش‌های سایزینگ سیستم‌های تولید انرژی تجدیدپذیر پراکنده مسکونی متصل به شبکه اشکان توپ شکن؛ حسین یوسفی
۷۹	Simulation of slaughterhouse effluent treatment systems شبیه سازی سیستم های تصفیه پساب کشتارگاه سینا لبافی؛ فاطمه راضی آستارایی؛ معین خالویی
۹۴	Use of Lichens in Biological Monitoring of Air Quality استفاده از گل‌سنگ در ارزیابی بیولوژیکی کیفیت هوا محمد صادق رهبانی؛ زینب سادات امامی العریضی؛ اسماء دلاوری دوسر
۱۰۵	A Review on Economic Studies (Based on Cost of Energy) in Photovoltaic-Thermal Systems مروری بر مطالعات اقتصادی (مبتنی بر هزینه انرژی) سامانه‌های فتوولتائیک حرارتی محمد امین مظاهری تهرانی؛ محمد امین وزیری راد
۱۱۸	Measurement of greenhouse gases according to the international standard ISO اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای براساس استاندارد بین المللی ISO محمد صادق رهبانی
۱۲۵	Lessons for climate policy from behavioral biases towards COVID-19 and climate change risks درس‌هایی از سوگیری‌های رفتاری نسبت به COVID-19 برای سیاست‌های اقلیمی و خطرات تغییر اقلیم فاطمه ملکی؛ محمدمهدی پورحنیفه

صفحه	ضمیمه نشریه
۱۳۲	فصلنامه آبنوس شماره ۳، تابستان ۱۴۰۰ (خبرنامه انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران)



## بررسی انواع روش های سائزینگ سیستم های تولید انرژی تجدیدپذیر پراکنده مسکونی متصل به شبکه

اشکان توپ شکن<sup>۱</sup>، حسین یوسفی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران، تهران

۲- دانشیار، مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران، تهران

\* تهران، Hosseinyousefi@ut.ac.ir

### چکیده

استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای نیل به اهداف توسعه پایدار ضروری بوده و دیر یا زود تمامی کشورها ناگزیر به برنامه ریزی و سیاست گذاری جهت استفاده از این تجهیزات می باشند. با توجه به روند رو به رشد سیستم های هوشمند و قابلیت این سیستم ها در کنترل و بکارگیری منابع تجدیدپذیر نیاز است تا چگونگی کنترل و بهره برداری بهینه از این منابع در سیستم های هوشمند مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به شرایط جغرافیایی و تابش انرژی خورشیدی قابل توجه در ایران، مناسب ترین گزینه برای بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر در ساختمان های مسکونی انرژی خورشیدی می باشد. در میان انواع انرژی های خورشیدی مورد استفاده در سراسر دنیا، پنل های فتوولتائیک به دلیل گستردگی، ارزان تر بودن نسبت به سایر مراجع تولید توان الکتریکی از انرژی خورشیدی و دوام بیشتر نسبت به سایر مراجع بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. به منظور کاهش تلفات گسترده و کاهش هزینه انتقال و توزیع، افزایش بازدهی، امکان حضور سرمایه گذاران بخش خصوصی و افزایش امنیت و پایداری شبکه برق، تولید پراکنده انرژی الکتریکی در محل های مصرف با استفاده از واحدهای مقیاس کوچک به صرفه ترین نحوه استفاده از پنل های خورشیدی خانگی است. همچنین تولید انرژی از توربین های بادی می تواند در مناطقی که داده های بادسنجی آن را مناسب تشخیص می دهند، به عنوان دیگر انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرند. ترکیب انرژی خورشیدی و انرژی بادی می تواند به طور موثری نیاز به باتری را کاهش دهد اما مطالعات نشان می دهند این ترکیب تنها زمانی از نظر اقتصادی به صرفه است که در مقیاس بزرگ و توان های بالا مورد استفاده قرار گیرد که این امر نیاز به سرمایه گذاری زیادی دارد. سرمایه اولیه کلان از بزرگترین مشکلات سیستم های تولید پراکنده است بنابراین استفاده از روش های هوش مصنوعی برای ظرفیت یابی دقیق سیستم های تولید توان تجدیدپذیر اهمیتی دوچندان می یابد.

واژگان کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی، انرژی بادی، تولید پراکنده



## Investigation of various sizing methods for on-grid residential renewable energy systems

Ashkan Toopshekan<sup>1</sup>, Hossein Yousefi<sup>2\*</sup>

1- PhD, Energy Systems Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Associate Professor, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

\*Corresponding Author: hosseinyousefi@ut.ac.ir

### Abstract

Nowadays with the expansion of energy consumption in industries and also running out of fossil fuels, taking advantage of new energy sources is essential. Solar and wind energy are more common among all renewable energy sources. Although renewable energy is less reliable in comparison with fossil fuels due to uncertainties in power production such as non-uniformity of radiation, Successive changes in wind speed and also mismatch in the times of electrical consumption and production. Therefore, it is necessary to use energy storage systems or diesel generators. On the other hand, high cost of purchasing and installing renewable systems requires to evaluating the power requirements and sizing of the battery, photovoltaic panels, wind turbines, and diesel generators precisely to minimize the energy costs.

**Keywords:** Renewable energy, Solar energy, Wind energy, Distributed generation.



## ۱- مقدمه

بهبودسازی و توجه به مدیریت انرژی از دهه ۷۰ میلادی و همراه با بحران نفت مورد توجه قرار گرفت. پیشرفت غرب در ابتدای امر ناچیز بود به طوری که از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۰ فقط یک درصد از مصرف انرژی را کاهش دهند. از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۵ این کاهش به ۱۵ تا ۲۰ درصد رسید. در سال‌های اول، عمده مشکلات بررسی شده و قوانین مورد نیاز وضع گردید. از جمله این قوانین می‌توان به قوانین مالیاتی اشاره کرد. در حال حاضر غرب به جایی رسیده است که برای صرفه‌جویی در انرژی نیاز به هزینه‌های بسیار بالایی دارد، یعنی تکنولوژی مورد استفاده توسط کشورهای پیشرفته در حال حاضر حداکثر بازدهی را دارد از این رو توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره‌سازهای انرژی در سال‌های اخیر برای کاهش هزینه‌ها مورد توجه قرار گرفته است [1].

توسعه‌ی جدی انرژی‌های نو در دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ میلادی آغاز شد که در این دوره زمانی، تنها در تعداد معدودی از کشورها سیاست‌هایی در جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر وجود داشت لیکن در دوره زمانی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ و به ویژه سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ کشورهای زیادی در جهت تدوین استراتژی و سیاست گذاری توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام نمودند. امروزه اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر هیچ کس پوشیده نیست. به طور مشخص، برای مقابله با پدیده‌ی تغییر اقلیم، بسیاری از دولت‌ها، اهداف بلندی را برای توسعه‌ی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور تولید توان تعیین کرده‌اند. به طور مثال، الزام اتحادیه اروپا بر این است که ۲۰ درصد تمام انرژی مصرفی در این اتحادیه در سال ۲۰۲۰ از منابع تجدیدپذیر باشد [2].

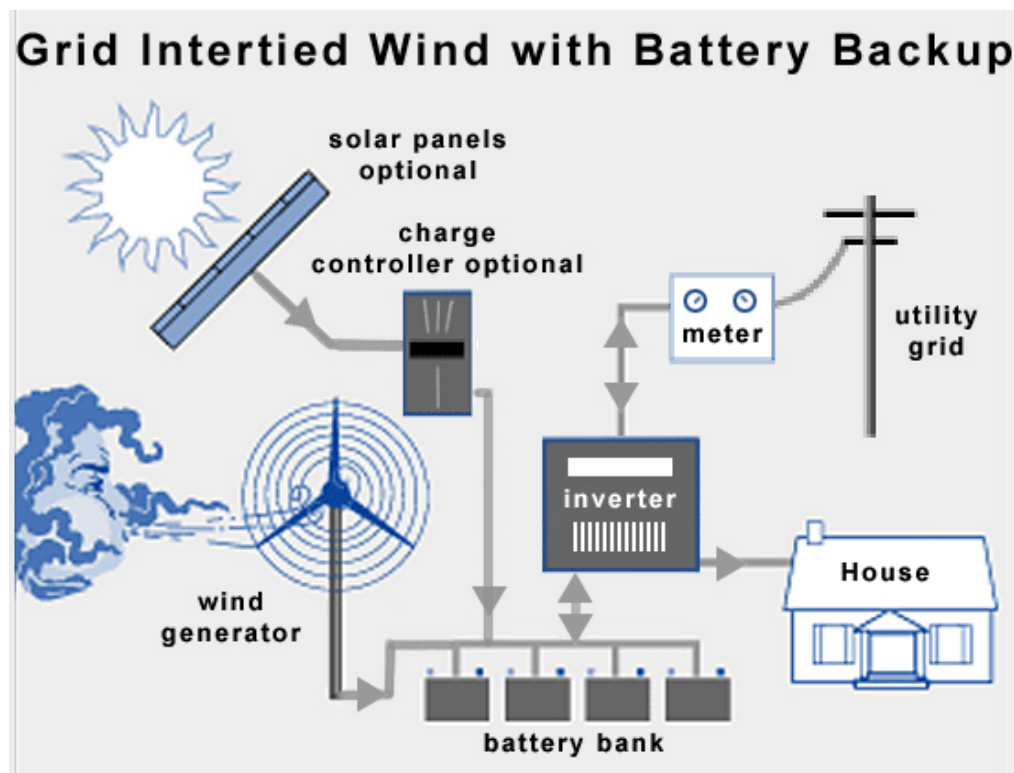
سیستم‌های هوشمند نقش مؤثری در سیستم‌های مدیریت انرژی آینده خواهند داشت. اولین سیستم هوشمند تجربی در سال ۱۹۶۶ به بازار عرضه شد. استفاده معمولی از اتوماسیون خانگی شامل کنترل روشنایی، گرمایش و سرمایش، امنیت، بهینه‌سازی مصرف انرژی و غیره می‌باشد. در سال ۲۰۱۶ مشاهده سیستم اتوماسیون خانگی در ساختمان‌های تجاری، دانشگاه‌ها یا هتل‌ها به امری عادی تبدیل شده است اما استفاده از این سیستم‌ها در خانه‌های شخصی محدود به قشر مرفه جامعه است [3].

اگر چه در حال حاضر تعداد خانه‌های هوشمند اندک می‌باشد اما در کمتر از یک دهه اکثر خانه‌ها و آپارتمان‌های جدید با هزینه بسیار ناچیزی برای مصرف‌کنندگان با تکنولوژی خانه هوشمند ساخته خواهد شد. برای ساخت خانه‌های هوشمند اولیه میلیون‌ها دلار هزینه می‌شد زیرا اکثراً از مؤلفه‌های ساخت دست استفاده می‌شد. پیش‌بینی می‌شود که در طول چهار سال آینده، بازار سیستم‌های هوشمند خانگی به نرخ رشد سالانه ۶۰٪ بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ دست خواهد یافت. همچنین پیش‌بینی می‌شود که تعداد وسایل خانگی که با سیستم هوشمند ساختمان کار می‌کنند به بیش از ۴۰ میلیون در سال ۲۰۲۰ رشد خواهد کرد [4].

با توجه به روند رشد انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های هوشمند در دنیا و همچنین سیاست‌های ایران در راستای استفاده هر چه بیشتر از منابع تأمین انرژی تجدیدپذیر و کاهش مصرف انرژی، بکارگیری این منابع و سیستم‌های هوشمند در سال‌های آینده روند افزایشی خواهد داشت [5].

امروزه ساختمان‌ها در شبکه هوشمند دیگر به‌عنوان بارهای ثابت و غیرقابل کنترل در نظر گرفته نمی‌شوند، بلکه از آن‌ها برای مدیریت انرژی به‌عنوان بارهای کنترل‌پذیر استفاده می‌گردد. چگونگی کنترل این بارها، انتخاب ترکیب بهینه اجزای سیستم شامل منابع انرژی و مصرف‌کننده‌ها، پیش‌بینی مصرف و تولید انرژی سیستم و مدیریت یکپارچه سیستم از چالش‌های پیش روی خانه‌های هوشمند است. به‌کارگیری منابع تجدیدپذیر و ذخیره‌ساز انرژی و برنامه‌ریزی بهینه در ساختمان‌های هوشمند می‌تواند منجر به کاهش مصرف

انرژی، کاهش هزینه بهره‌برداری و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای شود. شکل ۱ تامین توان از یک سیستم فتوولتائیک به همراه توربین بادی و باتری خانگی را نشان می‌دهد.



شکل (۱) سیستم تولید توان از PV/WT/battery

هزینه‌ی خرید و نصب اولیه‌ی بالای باتری و پنل‌های فتوولتائیک ما را ملزم به ارزیابی و بررسی دقیق توان موردنیاز و «سایزینگ» باتری و پنل‌های فتوولتائیک می‌نماید تا با کمترین هزینه ممکن انرژی موردنیاز را تأمین کنیم.

## ۲- انواع روش‌های سایزینگ:

### ۲-۱- روش سرانگشتی:

این روش که قدیمی‌ترین روش سایزینگ است همان‌گونه که از نامش پیداست به‌طور تقریبی و حدودی سایز موردنظر را به دست می‌دهد. مزیت این روش سرعت بالا و محاسبه‌ی ساده آن و از معایب آن درصد خطای بالا در بعضی مواقع و قابلیت اطمینان پایین





و نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا است. در این روش ساینینگ پنل‌های فتوولتائیک از میزان توانی که تأمین‌کننده‌ی بار مصرفی است ضرب‌در یک ضریب اطمینان  $S_f$  به دست می‌آید. این ضریب معمولاً بر اساس تجربه‌ی طراح انتخاب می‌شود (رابطه (۱)) [6].

$$P_{pv} = \frac{E_L}{\mu_S \cdot \mu_{inv} \cdot PSH} S_f \quad (1)$$

که  $E_L$  میزان انرژی مصرفی بخش موردنظر،  $\mu_S$  بازده پنل فتوولتائیک مورد استفاده،  $\mu_{inv}$  بازده اینورتر و  $PSH$  میزان زمان تابش خورشید است.

۲-۲- روش عددی:

در این روش که پیشرفته‌تر و دقیق‌تر از روش سرانگشتی است محاسبه‌ی ساین PV و باتری به‌وسیله‌ی حل تکراری (تکرار داده‌های جدید در هر مرحله تا زمان به دست آمدن جوابی قابل قبول) انجام می‌شود. با محاسبه پارامترهای تکنیکی و در نظر گرفتن کمینه و بیشینه ساین موردنظر برای PV و باتری این روش اولین و کمترین توان قابل قبول برای PV و باتری را به دست می‌دهد.

در ساینینگ با استفاده از روش‌های عددی ابتدا ساینی برای PV در نظر گرفته می‌شود و سپس تمام ساین‌های باتری از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار برای ساین PV موردنظر امتحان می‌شود. در صورتی که توان موردنیاز تأمین نشود ساین PV یک پله بزرگ‌تر می‌شود و دوباره تمام باتری‌های ممکن برای آن انتخاب می‌شود و این چرخه همین‌طور ادامه می‌یابد تا اولین جواب مناسب دست یابد [7].

۲-۳- روش تحلیلی:

در این روش نموداری از متغیرهای تصمیم‌گیری (در اینجا ساین PV و باتری و پارامترهای تکنیکی) برحسب هم و برای تمام مقادیر کشیده می‌شود و از روی این نمودارها بهترین ساین PV و باتری انتخاب می‌شود.

در این روش برخلاف روش‌های عددی ساین PV و باتری هم‌زمان به دست می‌آید و کمترین میزان اندازه موردنظر برای پاسخگویی به نیازهای مصرف‌کننده انتخاب می‌شود [8].

### ۳- استفاده از نرم افزارهای ظرفیت یابی و بهینه‌سازی مبتنی بر روش‌ها هوش مصنوعی:

امروزه ساینینگ با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری بیشترین کاربرد را در بین روش‌های مختلف ساینینگ دارد و دلیل این امر دقت بالا و راحت بودن این روش‌ها است. معروف‌ترین نرم‌افزار کامپیوتری در که در زمینه‌ی ساینینگ کارایی چشمگیری دارد نرم‌افزار HOMER است که آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدید پذیر آمریکا آن را طراحی کرده و به‌صورت رایگان در اختیار عموم قرار داده است. در این نرم‌افزار با واردکردن داده‌های میزان بار مصرفی خانه و انواع ساین‌های PV و باتری‌های موجود و همچنین اتصال و یا عدم اتصال بخش موردنظر به شبکه برق سراسری نرم‌افزار بهترین ترکیب و بهترین ساین از سیستم‌ها را به ترتیب اولویت برای کاربر فهرست بندی می‌کند.



روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق<sup>۱</sup> و الگوریتم‌های تقریبی<sup>۲</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند. الگوریتم‌های دقیق قادر به یافتن جواب بهینه به صورت دقیق هستند اما در مورد مسائل بهینه‌سازی سخت کارایی کافی ندارند و زمان اجرای آن‌ها متناسب با ابعاد مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد. الگوریتم‌های تقریبی قادر به یافتن جواب‌های خوب (نزدیک به بهینه) در زمان حل کوتاه برای مسائل بهینه‌سازی سخت هستند. الگوریتم‌های تقریبی نیز به سه دسته الگوریتم‌های ابتکاری<sup>۳</sup> و فرا ابتکاری<sup>۴</sup> و فوق ابتکاری<sup>۵</sup> بخش‌بندی می‌شوند. دو مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، گیر افتادن آن‌ها در نقاط بهینه محلی و همگرایی زودرس به این نقاط است. الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای حل این مشکلات الگوریتم‌های ابتکاری ارائه شده‌اند. در واقع الگوریتم‌های فرا ابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برون رفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند. رده‌های گوناگونی از این نوع الگوریتم در دهه‌های اخیر توسعه یافته است. از بهترین آن‌ها می‌توان به الگوریتم‌های بهینه‌سازی متفاوت نظیر الگوریتم فرا ابتکاری ازدحام ذرات (PSO)، الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم مورچگان (ACA) الگوریتم آموزش-یادگیری (TLBO)، الگوریتم زنبورها (ABC) و الگوریتم پرندگان (CS) اشاره کرد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نتایج حاصله از سائز بهینه سیستم با روش‌های گوناگون با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

در بسیاری از مقالات فرض شده است که توان تولیدی پنل فتوولتائیک و پروفیل بار مصرفی با یک الگوریتم پیش‌بینی به دست می‌آیند. در مرجع [9] از شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۶</sup> برای پیش‌بینی بار استفاده شده است. مرجع --- برای پیش‌بینی بار فصل‌های مختلف از طریق روش FCM سناریوهایی تولید نموده است. در منبع [10] یک ضریب برای مصرف فصلی انرژی روشی فرض شده است که در فصل تابستان ۰/۵ است، این ضریب در فصل زمستان به ۱/۷ افزایش می‌یابد. پیش‌بینی تابش خورشید و میزان توان تولیدی پنل فتوولتائیک برای روز آینده بر اساس روش فازی<sup>۷</sup> و اطلاعات هواشناسی در این منبع انجام گرفته است. منبع ---- برای پیش‌بینی توان خروجی پنل فتوولتائیک از روش مقاوم<sup>۸</sup> استفاده نموده است. در مرجع ---- شبیه‌سازی مونت کارلو برای تولید درخت سناریوها بر اساس<sup>۹</sup> RTP باد و تقاضای برق پیش‌بینی شده بکار گرفته شده است. نرم‌افزار گمز برای کاهش سناریوها در برنامه‌ریزی تصادفی با مدل<sup>۱۰</sup> MILP پیشنهاد شده تا تأیید کند که چه زمانی و چه تکنولوژی‌هایی باید به طور بهینه کار کنند تا هزینه عملکرد حداقل شود و بیشترین بهبود قابلیت اطمینان به دست آید.

در [11] مدل بهینه ریاضی برای سیستم انرژی پیشنهاد شده است که می‌تواند به آسانی در سیستم مدیریت هاب انرژی<sup>۱۱</sup> و در قالب شبکه هوشمند گنجانیده شود. هاب انرژی می‌تواند سیستم انرژی واحد و یا حامل‌های چندگانه در بخش‌های مسکونی، تجاری،

- 1- Exact
- 2- Approximate
- 3- Heuristic
- 4- Meta-Heuristic
- 5- Hyper Heuristic
- 6- Artificial Neural Network
- 7- Fuzzy Method
- 8- Robust
- 9- Real Time Pricing
- 10- Mixed Integer Linear Programming
- 11- Energy Hub



کشاورزی و صنعتی باشد. در بخش مسکونی، مدل بهینه ریاضی هاب انرژی مسکونی که می‌تواند به آسانی در تکنولوژی خودکار شبکه هوشمند گنجانیده شود، ارائه شده است که می‌تواند در زمان‌های واقعی برای کنترل بهینه تمام بارهای انرژی مسکونی، اجزاء تولید و ذخیره با در نظر گرفتن اولویت‌های مشتری و سطح آسایش آن حل شود.

ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه‌های قدرت، چالش‌های جدیدی را در ارتباط با ماهیت بی‌ثبات خود به وجود آورده است. بر این اساس انواع مختلف حامل‌های انرژی (مانند برق و گاز طبیعی) در داخل سیستم انرژی در نظر گرفته می‌شوند تا درجه معینی از آزادی عمل در جلب رضایت بارها را ارائه دهد. در [12] یک مدیریت بهینه انرژی گرمایی و برق برای یک سیستم انرژی مسکونی معمولی، توسعه یافته است. مدل‌های ریاضی تولیدکننده‌های انرژی مانند واحد ترکیبی گرمایش، سرمایش و برق، وسایل خانگی مانند ماشین لباسشویی، خشک‌کن، ماشین ظرف‌شویی، اتو، پمپ استخر و سیستم روشنایی همراه با خودروی برقی متصل به شبکه به‌عنوان یک بار فعال و ذخیره‌ساز انرژی گرمایی ارائه شده است. در این مطالعه تابع هدف مینیمم کردن تمام هزینه انرژی با در نظر گرفتن اولویت‌های مشتری در زمان استفاده از لوازم است. نتایج نشان‌دهنده تأثیر ادغام برنامه پاسخگویی بار، مدیریت هوشمند ذخیره‌ساز انرژی حرارتی بر کاهش هزینه انرژی در مدل هاب انرژی پیشنهادی است.

ذخیره‌سازی انرژی یک راهکار برای مقابله با افزایش نوسان تولید تجدیدپذیر در سیستم قدرت و همچنین کاهش هزینه‌های استفاده از منابع تجدیدپذیر از طریق پیک‌سای ۱۲ و جابجایی بار به ساعات کم‌باری است. همچنین در مرجع [13] ذخیره‌ساز به‌عنوان پشتیبان انرژی سیستم و منبع توان اضطراری به کار گرفته شده است. به‌خصوص زمانی که تعدادی از حامل‌های مختلف انرژی در نظر گرفته می‌شود، هم‌افزایی آن‌ها را قادر به کاهش در هزینه‌های تأمین انرژی و افزایش انعطاف‌پذیری در عملکرد خواهد کرد. با این حال این دستگاه‌ها باید با دقت انتخاب شوند چون نصب و بهره‌برداری آن‌ها به‌طور کلی پرهزینه است.

در مرجع [14] به بررسی تأثیر ظرفیت ذخیره‌سازی و افق پیش‌بینی در هزینه بهینه عرضه انرژی خانه‌های تک‌خانوار و شبکه‌ای انرژی برای مدل‌سازی تبدیل و ذخیره‌سازی از حامل‌های انرژی برق، گاز و حرارت انتخاب شده است. سپس مدل کنترل پیش‌بینی برای تعیین استراتژی کنترل هزینه فناوری‌های تبدیل و ذخیره موجود، اعمال می‌شود. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که در هر دو مورد مشتریان خصوصی و خانه‌های به‌هم‌پیوسته، ظرفیت ذخیره‌سازی و انتخاب افق پیش‌بینی به‌شدت به یکدیگر بستگی دارد.

علاقه‌مندی به سیستم‌های انرژی چندگانه در ساختمان‌ها، رو به افزایش است. این سیستم‌ها منابع انرژی مختلفی را ادغام کرده‌اند که حداقل یکی از آن‌ها تجدیدپذیر است تا تقاضای موردنیاز مربوط به برق و گرمایش ساختمان را تحت پوشش قرار دهد. از آنجاکه طراحی و بهره‌برداری از چنین سیستم‌هایی به دلایل زیادی مانند ماهیت متناوب از منابع تجدیدپذیر، بسیار پیچیده است، فراهم آوردن ابزاری برای کمک به انتخاب بهترین پیکربندی سیستم و منابع انرژی ترکیبی از نخستین درجه اهمیت برخوردار است.



## ۴- بحث و نتیجه گیری

در دنیای امروز و با گسترش هر چه بیشتر تکنولوژی و ابزار های صنعتی و همچنین نیاز به تامین انرژی مورد نیاز صنایع گوناگون، استفاده از انرژی های نو و تجدید پذیر به امری اجتناب ناپذیر بدل شده است. از سویی استفاده از انرژی ها تجدید پذیر به دلیل عدم قطعیت هایی در تولید توان ( عدم تابش یکنواخت خورشید و وزش باد، شرایط اقلیمی و منطقه ای ، عدم تطابق دقیق زمان تولید و مصرف توان الکتریکی و...) دارای قابلیت اطمینانی کمتر از تامین انرژی از سوخت های فسیلی است که این امر وجود باتری و سیستم های ذخیره ساز انرژی الکتریکی را ضروری می سازد. استفاده از سیستم های ترکیبی در بخش های خانگی ، اداری ، تجاری و... می تواند بخش عمده ای از انرژی مورد نیاز این بخش ها را تامین کرده و هزینه های ناشی از مصرف برق، به ویژه در هنگام پیک بار را کاهش دهد. بنابراین طراحی سیستمی بهینه برای استفاده از انرژی این سیستم ها امری اجتناب ناپذیر در دنیای رو به پیشرفت آینده می باشد. مقاله حاضر به بررسی انواع روش های سایزینگ سیستم های تجدیدپذیر می پردازد. انتخاب روش مناسب با توجه به شرایط گوناگون منجر به انتخاب سیستم بهینه از منظر قیمت و قابلیت اطمینان می شود. روش سرانگشتی، روش عددی، روش تحلیلی، استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری و روش های هوش مصنوعی از روش های بررسی شده در این مقاله هستند.

## منابع

- [1] Jahangir MH, Mousavi SA, Amin M, Rad V. A techno-economic comparison of a photovoltaic / thermal organic Rankine cycle with several renewable hybrid systems for a residential area in Rayen , Iran. Energy Convers Manag 2019;195:244–61. doi:10.1016/j.enconman.2019.05.010.
- [2] Toopshekan A, Youse H, Astarai FR. Technical , economic , and performance analysis of a hybrid energy system using a novel dispatch strategy 2020;213. doi:10.1016/j.energy.2020.118850.
- [3] Najafi M, Toopshekan A, Razi F, Yousefi H, Ehtiajat T, Tehran F, et al. Techno-economic analysis of a grid-connected PV / battery system using the teaching-learning-based optimization algorithm. Sol Energy 2020;203:69–82. doi:10.1016/j.solener.2020.04.007.
- [4] Amin M, Rad V, Toopshekan A, Rahdan P, Kasaeian A, Mahian O. A comprehensive study of techno-economic and environmental features of different solar tracking systems for residential photovoltaic installations. Renew Sustain Energy Rev 2020;129:109923. doi:10.1016/j.rser.2020.109923.
- [5] Mohammadi M, Ghasempour R, Razi Astarai F, Ahmadi E, Aligholian A, Toopshekan A. Optimal planning of renewable energy resource for a residential house considering economic and reliability criteria. Int J Electr Power Energy Syst 2018. doi:10.1016/j.ijepes.2017.10.017.
- [6] Ghorbani N, Kasaeian A, Toopshekan A, Bahrami L, Maghami A. Optimizing a hybrid wind-PV-battery system using GA-PSO and MOPSO for reducing cost and increasing reliability. Energy 2018. doi:10.1016/j.energy.2017.12.057.
- [7] Jahangir MH, Mousavi SA, Amin M, Rad V. A techno-economic comparison of a photovoltaic / thermal organic Rankine cycle with several renewable hybrid systems for a residential area in Rayen , Iran. Energy Convers Manag 2019;195:244–61. doi:10.1016/j.enconman.2019.05.010.
- [8] Amin M, Rad V, Ghasempour R, Rahdan P, Moosavi S, Arastounia M. Techno-economic analysis of a hybrid power system based on the cost-effective hydrogen production method for rural electrification, A case study in Iran. Energy 2019. doi:10.1016/j.energy.2019.116421.



- [9] Haratian M, Tabibi P, Sadeghi M, Vaseghi B, Poustdouz A. A renewable energy solution for stand-alone power generation: A case study of KhshU Site-Iran. *Renew Energy* 2018. doi:10.1016/j.renene.2018.02.078.
- [10] Kasaeian A, Rahdan P, Amin M, Rad V, Yan W. Optimal design and technical analysis of a grid-connected hybrid photovoltaic / diesel / biogas under different economic conditions : A case study. *Energy Convers Manag* 2019;198:111810. doi:10.1016/j.enconman.2019.111810.
- [11] Das CK, Bass O, Kothapalli G, Mahmoud TS, Habibi D. Optimal placement of distributed energy storage systems in distribution networks using artificial bee colony algorithm. *Appl Energy* 2018. doi:10.1016/j.apenergy.2018.07.100.
- [12] Mousavi SA, Zarchi RA, Astarai FR, Ghasempour R, Khaninezhad FM. *Journal of Clean Production* 2020;123617. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123617.
- [13] Hanafizadeh P, Eshraghi J, Ahmadi P, Sattari A. Evaluation and sizing of a CCHP system for a commercial and office buildings. *J Build Eng* 2016. doi:10.1016/j.jobe.2015.11.003.
- [14] Baneshi M, Hadianfard F. Techno-economic feasibility of hybrid diesel/PV/wind/battery electricity generation systems for non-residential large electricity consumers under southern Iran climate conditions. *Energy Convers Manag* 2016. doi:10.1016/j.enconman.2016.09.008.



دوره دوم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰، ص ۷۹-۹۳

شماره مجوز نشریه:

۱۳۲/۷۱۹۹۱

تاریخ تایید مجوز:

۱۳۹۹/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۴۰۰/۰۳/۰۱

نشریه علمی دانشجویی حفاظت آب، خاک و هوا  
انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

Student Scientific Journal of Water, Soil and Air Protection

## شبیه سازی سیستم های تصفیه پساب کشتارگاه

سینا لبافی<sup>۱</sup>، فاطمه رازی آستارایی<sup>۲\*</sup>، معین خالویی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، مهندسی سیستم های انرژی- فناوری انرژی، دانشگاه تهران، تهران

<sup>۲</sup> دانشیار، مهندسی سیستم های انرژی- فناوری انرژی، دانشگاه تهران، تهران

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی، مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

\* تهران، پست الکترونیکی: razias\_m@ut.ac.ir

### چکیده

کمبود آب و خشکسالی از یک سو و حفاظت از محیط زیست و عدم انتشار فاضلاب در محیط از سوی دیگر سبب اهمیت تصفیه فاضلاب شده است. در این بین فاضلاب ناشی از کشتارگاه ها به دلیل حجم بالای آلاینده یک چالش برای کارایی سیستم های متداول تصفیه فاضلاب محسوب میشوند. در این مقاله با شبیه سازی ۵ سیستم متداول تصفیه پساب کشتارگاه شامل راکتور بی هوازی لجن فعال (UASB)، راکتور ناپیوسته متوالی (SBR)، راکتور بی هوازی لجن فعال برگشتی پیوسته (CAS UASB)، راکتور بیوفیلیم غیرهوازی ناپیوسته (ASBBR) و راکتور غشایی (MBR) در نرم افزار GPS-X تحت شرایط کارکرد یکسان، کیفیت آب خروجی با استانداردهای محیط زیست سنجیده شد. طبق نتایج سیستم MBR به دلیل استفاده از فرایندهای هوازی و بی هوازی همراه با فیلتراسیون غشایی بالاترین کارایی حذف آلاینده های اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD)، حذف نیتروژن و مواد جامد معلق (TSS) را به ترتیب برابر با ۹۹،۶۷، ۹۹،۹۷، ۹۹،۱۱ و ۹۹،۹۹ درصد داشت.

واژگان کلیدی: تصفیه فاضلاب، پساب کشتارگاه، بیوراکتور غشایی



## Simulation of slaughterhouse effluent treatment systems

Sina Labbafi<sup>1</sup>, Fatemeh Razi Astarai<sup>2\*</sup>, Moein Khaloi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD Candidate, Department of Renewable Energies, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Renewable Energies, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Bachelor student, Environmental Health Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran

\* Corresponding author's email address: razias\_m@ut.ac.ir

### Abstract

Lack of water and drought on the one hand and environmental protection and non-release of wastewater into the environment on the other hand has led to the importance of wastewater treatment. Meanwhile, the wastewater from slaughterhouses is a challenge for the efficiency of conventional wastewater treatment systems due to the high volume of pollutants. In this paper, by simulating 5 common slaughterhouses effluent treatment systems of up flow anaerobic sludge blanket (UASB), sequencing batch reactor (SBR), anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR), conventional activated sludge (CAS) UASB and membrane bioreactor (MBR) in GPS-x software under the same operating conditions, the quality of the output water was measured according to environmental standards. According to the results of the MBR system, due to the use of aerobic and anaerobic processes with membrane filtration, the highest efficiency of chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), total nitrogen and total suspended solids (TSS) removal are equal to 99.67, 99.97, 99.11, and 99.99 %.

**Keywords:** Wastewater treatment, slaughter house, membrane bio reactor.



## اصطلاحات و مخفف ها

COD	Chemical oxygen demand	MBR	Membrane bio reactor
BOD	Biological Oxygen Demand	CAS	Conventional activated sludge
TOC	Total Organic Carbon	UASB	Upflow anaerobic sludge blanket
TSS	Total suspended solids	ASBBR	Anaerobic sequencing batch biofilm reactor
VSS	Volatile suspended solids	SBR	Sequencing batch reactor
TN	Total nitrogen		
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen		
TP	Total phosphor		

## ۱- اینتروداکشن

مشکلات کم آبی و خشک سالی همواره زندگی شهری و کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده است. از دیرباز روش های گوناگونی برای غلبه بر این مشکل توسط محققین ارائه شده است [۱]. بارور سازی ابرها [۲]، انتقال آب دریا [۳]، دستگاه های آب شیرین کن [۴]، [۵] و روش های پر هزینه دیگر، که در این میان تصفیه فاضلاب و استفاده دوباره از آب کاربردی ترین روش تا به امروز بوده است [۶]. تصفیه فاضلاب علاوه بر امکان استفاده مجدد از آب برای حفاظت از محیط زیست و گونه های گیاهی و جانوری لازم است. در کل فاضلاب بسته به شکل پیدایش و خصوصیات آن به سه گروه فاضلاب خانگی، فاضلاب صنعتی و فاضلاب سطحی یا آب خاکستری تقسیم میشود [۷].

در این بین تصفیه فاضلاب صنعت کشتارگاه به دلیل محتوای بسیار بالای الاینده ها یکی از چالشی ترین موارد در صنایع تصفیه ای محسوب میشود [۸]. مصرف آب کشتارگاه برای شستشو لاشه هر حیوان متفاوت بوده و دامنه آب مصرفی بین ۱ تا ۸٫۳ مترمکعب برای هر لاشه متغییر میباشد. لذا حجم انبوه آب به همراه چربی، خون و مواد معلق، پساب کشتارگاه را تشکیل میدهد. همچنین به دلیل عدم جداسازی اولیه، خون به شبکه فاضلاب وارد شده و سبب بالا رفتن بار مواد آلی و درجه آلودگی فاضلاب میشود که به تبع هزینه های جانبی تصفیه فاضلاب را افزایش میدهد [۹].

فرایندهای تصفیه پساب با توجه به میزان بازدهی و هزینه راه اندازی بسیار متنوع هستند. در این میان استفاده از فرایندهای ترکیبی برای افزایش کارایی سیستم بسیار متداول است. محسنی و همکاران [۱۰] از راکتور SBR برای تصفیه فاضلاب یک واحد کشتارگاه به بازده حذف COD ۹۶٫۵ درصد و بازده حذف  $NH_4^+$  ۸۸٫۹ درصد رسیدند. نوروزی و همکاران [۱۱] نیز با شبیه سازی سیستم CAS UASB به بازده حذف COD ۹۰ درصد و بازده حذف TSS ۸۷ درصد دست یافتند. همچنین دلواری و همکاران [۱۲] با فرایند بی هوازی راکتور ASBBR بازده مناسب حذف COD و BOD به ترتیب ۹۳٫۹ و ۹۳٫۸ درصد دست یافتند. استفاده از سیستم های فیلتراسیون غشایی در تصفیه نیز مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. یانسن و همکاران [۱۳] از راکتور غشایی صفحه ای هوازی برای تصفیه فاضلاب کشتارگاه استفاده کردند که بازده بالای حذف COD، TOC و TN (به ترتیب ۹۸، ۹۹ و ۸۸ درصد) رسیدند. نقاط قوت و ضعف این سیستم ها در جدول ۱ شرح داده شده است.





جدول ۱. مقایسه روش های متداول تصفیه پساب کشتارگاه

ردیف	روش	شرایط کارکرد (mg/L)	بازدهی (%)	نقاط قوت	نقاط ضعف
۱	راکتور SBR	COD = 2750 HRT/SRT = 10/3 NH <sub>4</sub> = 262	COD = 96.5% NH <sub>4</sub> = 88.9%	بازده خوب COD، قابلیت تبدیل NH <sub>4</sub> مناسب و HRT پایین	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۲	سیستم CAS UASB	COD = 11947 BOD <sub>5</sub> = 8233 NH <sub>4</sub> -N = 70.3 NO <sub>3</sub> -N = 65.2 TSS = 1400 TP = 261 pH = 6.7	Cod = 90 % TSS = 87 %	بازده خوب COD و TSS	عدم توانایی سیستم در حذف کامل نیترات و فسفات
۳	سیستم ASBBR	COD = 3200 BOD = 2700	BOD = 93.8% COD = 93.9%	بازده خوب COD و BOD	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۴	سیستم UASB	COD = 7000 BOD = 3000	COD = 98% BOD = 97%	بازده خوب COD و BOD	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۵	سیستم MBR	COD = 5670 TN = 78 TOC = 2370	COD = 98 % TN = 88 % TOC = 99 %	تاثیر بالای غشاء در حذف COD، TOC و TN	هزینه بالاتر نسبت به روش های بدون غشاء

مقایسه بازده حذف سیستم های تصفیه پساب با توجه به وجود تفاوت در مشخصات فاضلاب ورودی و همچنین عدم بررسی بعضی فاکتورهای مهم الاینده نظیر میزان نیتروژن و فسفر امکان پذیر نمی باشد. لذا هدف اصلی این مقاله مقایسه سیستم های متداول تصفیه پساب CAS UASB، SBR، ASBBR، UASB و MBR برای یک واحد کشتارگاه با دبی تولید فاضلاب ۴۰۰ متر مکعب در روز با شبیه سازی در نرم افزار GPS-X است.

## ۲- روش تحقیق

مشخصات پساب کشتارگاه همراه با استاندارد محیط زیست برای دفع آب در محیط در جدول ۲ آمده است. دبی جریان متوسط روزانه ۴۰۰ متر مکعب در نظر گرفته شد.

جدول ۲. مشخصات پساب

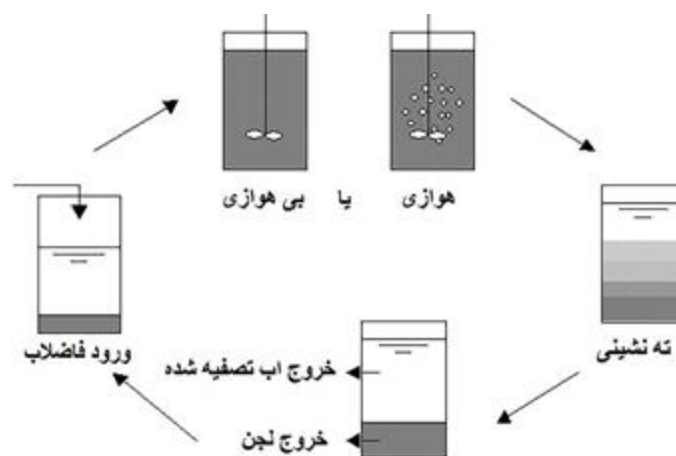
شاخص (mg/L)	پساب	استاندارد	شاخص (mg/L)	پساب	استاندارد
TN (mg/L)	۴۱۷	۱۰۰	COD (mg/L)	۱۰۰۰۰	۲۵۰
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	۲۵۰	۵	TOC (mg/L)	۳۲۰۰	۱۰۰
Nitrite (mg/L)	۱۰	۵	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	۵۸۰۰	۴۰
TP (mg/L)	۴۰	۵	TSS (mg/L)	۵۰۷۲	۱۰۰

نرم افزار GPX-x یکی از مناسب ترین نرم افزارهای شبیه سازی انواع سیستم های تصفیه فاضلاب به شمار می آید. لذا ۵ سیستم مورد نظر در این نرم افزار تحت شرایط یکسان برای مدت زمان کارکرد یکسال شبیه سازی شدند.

#### • SBR

شکل ۱ شماتیک راکتور SBR را نمایش میدهد. این سیستم را به دلیل ناپیوسته بودن جریان فاضلاب درون آن و نوبتی بودن مراحل تصفیه راکتور ناپیوسته متوالی می نامند. مراحل و تعداد تکرار فرایندهای تصفیه و ته نشینی به میزان زمان ماند هیدرولیکی و طراحی وابسته است. این سیستم میتواند شامل مراحل هوازی یا بی هوازی باشد.

شکل ۶ شماتیک سیستم تصفیه SBR شبیه سازی شده را نشان میدهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی ابتدا وارد مخزن جداساز و سپس به مخزن SBR منتقل میشود. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از مخزن SBR به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.

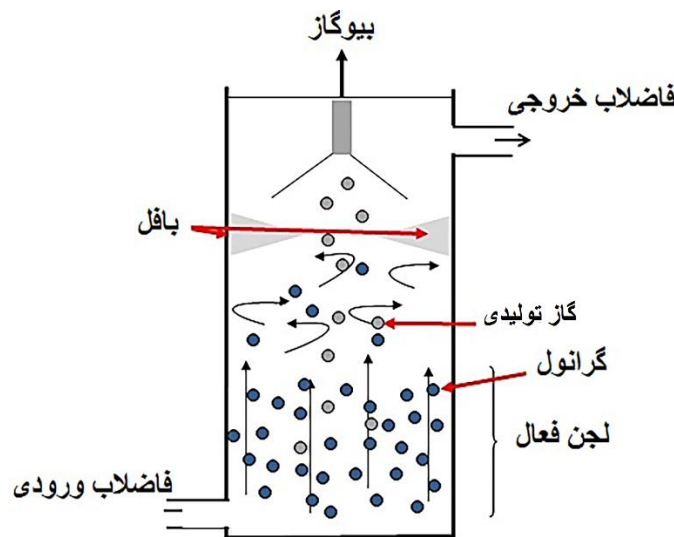


شکل ۱) شماتیک راکتور SBR [۱۴]

### UASB •

شکل ۲ شماتیک راکتور UASB را نشان میدهد. در این مدل راکتور جریان فاضلاب از کف وارد شده و با لجن فعال مخلوط شده و طی واکنش های بیولوژیکی بیوگاز تولید میشود. سپس فاضلاب با عبور از صافی گرانولی از مخزن خارج میشود.

شکل ۷ شماتیک سیستم تصفیه UASB شبیه سازی شده را نشان میدهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی به مخزن های سری UASB - هوادهی و کلرزی منتقل میشود تا محتوای آلاینده های فاضلاب از راه بیولوژیکی و کلرزی کاهش بیابد. همچنین ۱۰ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت، راکتور CAS UASB و مخزن کلرزی به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز از مخزن کلرزی به واحد هوادهی برگشت داده میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۲۰ مترمکعب روزانه نیز برای امحا از سیستم خارج شده و باقی به سیستم باز میگردد.

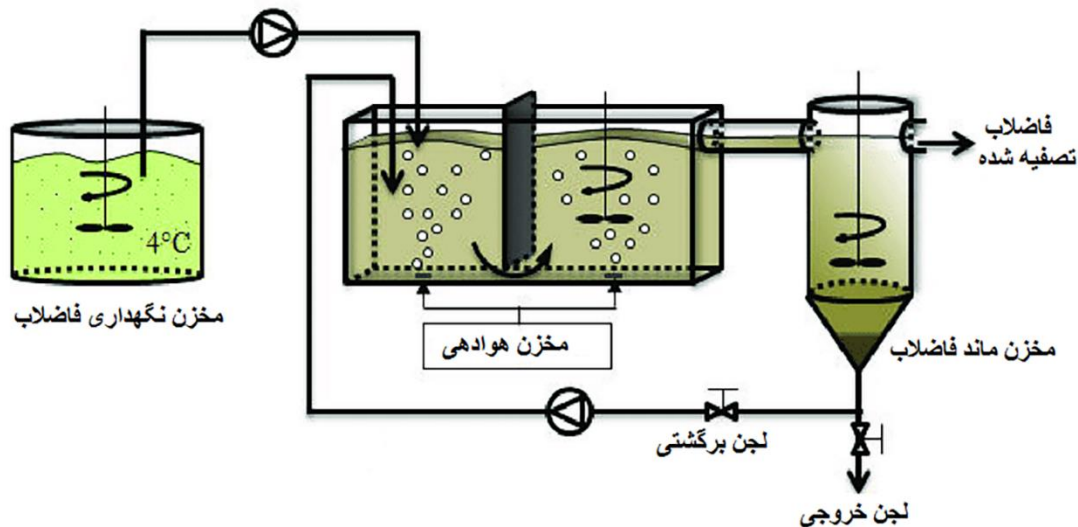


شکل ۲) شماتیک راکتور UASB [۱۵]

### CAS UASB •

شکل ۳ شماتیک سیستم CAS UASB را نشان میدهد. این سیستم ترکیب استفاده از راکتور UASB همراه با لجن فعال برگشتی می باشد. در این سیستم قسمتی از لجن خروجی برای افزایش واکنش های بیولوژیکی به مخزن جداگانه همراه با هوادهی بالا قبل از راکتور UASB بازگشت داده میشود.

شکل ۸ شماتیک سیستم تصفیه بی هوازی- هوازی - راکتور CAS UASB شبیه سازی شده را نشان میدهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی وارد مخزن جداساز و سپس به مخزن های سری غیرهوازی - هوازی - CAS UASB منتقل میشود تا محتوای نیتروژن فاضلاب از راه بیولوژیکی کاهش بیابد. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از راکتورهای CAS UASB و هوازی به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.

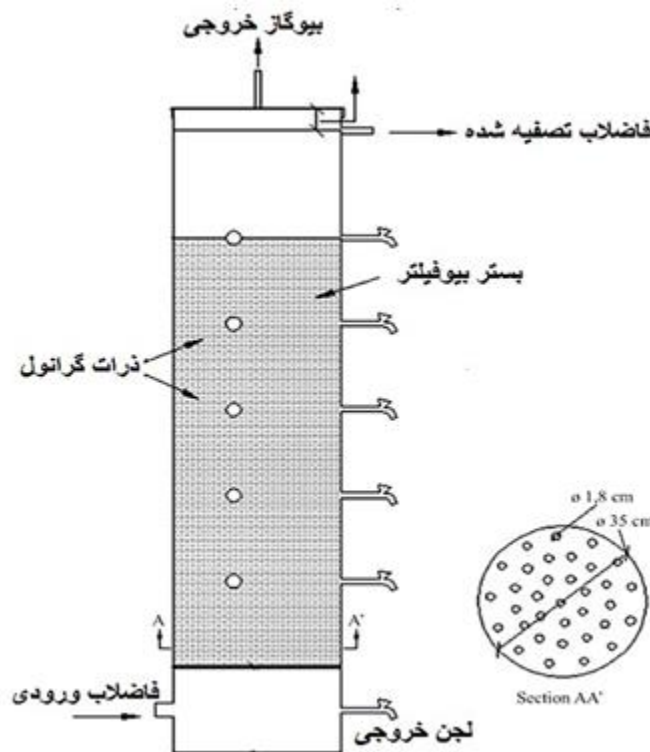


شکل ۳) شماتیک سیستم CAS UASB [۱۶]

#### • ASBBR

شکل ۴ شماتیک راکتور ASBBR را نشان میدهد. این سیستم را در حقیقت تکامل یافته سیستم UASB میتوان نامید. در این سیستم از فیلتراسیون با استفاده از بیوفیلیم در کنار گرانول استفاده میشود.

شکل ۹ شماتیک سیستم تصفیه بی هوازی-راکتور ASBBR شبیه سازی شده را نشان میدهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی وارد مخزن جداساز اولیه شده و سپس به مخزن های سری تصفیه بی هوازی-راکتور ASBBR منتقل میشود تا محتوای نیتروژن فاضلاب از راه بیولوژیکی و بیوفیلترها کاهش بیابد. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از راکتورهای CAS UASB و هوازی به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.

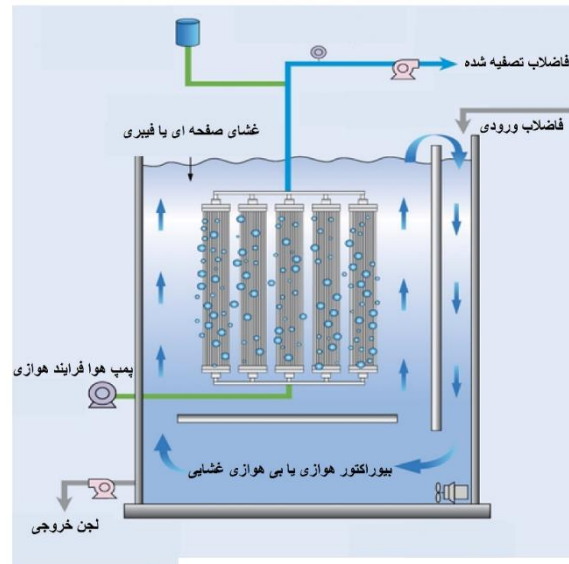


شکل ۴) شماتیک راکتور ASBBR [۱۷]

#### • MBR

شکل ۵ شماتیک سیستم غشایی را نشان می‌دهد. غشا مورد استفاده در این مدل سیستم ها دو مدل صفحه ای تخت یا هالو فیبر لوله ای می‌باشد. یکی از مزایای سیستم های فیلتراسیون غشایی عدم نیاز به راکتور جدا و توانایی استفاده در راکتورهای هوازی و بی هوازی است.

شکل ۱۰ شماتیک سیستم تصفیه MBR شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت و جریان بالا دستی آن وارد مخزن جداساز اولیه می شود. سپس به مخزن های سری تصفیه بی هوازی - غشایی بی هوازی منتقل میشود تا محتوای  $NH_4^+$  فاضلاب از راه بیولوژیکی و غشایی کاهش بیابد ولی این امر تاثیر موثری در کاهش سطح یون های نیترات و نیتريت ندارد. همچنین ۱۰ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۲۰ متر مکعب روزانه از راکتور غیرهوازی MBR به مخزن نگهداری لجن و سپس به مخزن جدا ساز منتقل شد. برای کاهش سطح نیترات و نیتريت جریان برگشتی از راکتور هوازی غشایی استفاده شده است. در نهایت ۲۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.



شکل ۵) شماتیک راکتور MBR [۱۸]

### ۳- یافته ها

پنج سیستم معرفی شده تحت شرایط عملیاتی یکسان برای اجرا به مدت یکسال شبیه سازی شدند. جدول ۳ کیفیت الاینده های خروجی حاصل از شبیه سازی را نشان میدهد. بین ۵ سیستم شبیه سازی شده دو سیستم ASBBR و MBR بهترین کیفیت خروجی را داشتند که دلیل آن استفاده همزمان از فرایندهای بیولوژیکی و فیلتراسیونی میباشد.

جدول ۳. نتایج حاصل از شبیه سازی سیستم های تصفیه

شاخص	واحد	فاضلاب ورودی	SBR	CAS UASB	ASBBR	UASB	MBR
Flow	m <sup>3</sup> /d	۴۰۰	۳۹۰	۳۹۰	۳۹۰	۳۸۰	۳۸۰
TSS	mg/L	۵۰۷۲٫۵	۲۸۹۶	۴۳۴۴	۳۲۰	۲۸۹۶	۰٫۲۹
VSS	mg/L	۳۸۰۴٫۴	۱۴۵۰	۲۱۷۴	۱۶۰٫۵	۱۴۵۰	۰٫۱۴
Soluble cBOD <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	۲۰۷۴	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵
cBOD <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	۵۸۰۰	۴۸۱	۷۲۱٫۴	۵۴٫۷۵	۵۴٫۷۵	۱٫۷۰
Soluble COD	mgCOD/L	۳۴۰۰	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳
COD	mgCOD/L	۱۰۰۰۰	۲۳۷۷	۳۵۴۹	۲۹۱٫۸	۲۹۱٫۸	۳۲٫۵۳
Ammonia Nitrogen	mgN/L	۲۵۰	۱	۱	۱	۱	۱
Nitrite	mgN/L	۱۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Nitrate	mgN/L	۷	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Soluble TKN	mgN/L	۲۷۷٫۷۸	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵



۳,۵۱	۱۳۷,۹	۱۸,۳۷	۲۰,۵,۱	۱۳۸	۴۰۰	mgN/L	TKN
۳,۷۱	۱۳۸,۲	۱۸,۵۷	۲۰,۵,۳	۱۳۸	۴۱۷	mgN/L	TN
۵	۵,۲	۵,۶۴	۵,۶۷	۶,۷۸	۸	mgP/L	Ortho-Phosphate
۵,۳	۳۸,۹	۳۶,۵	۳۶,۷	۳۷,۹	۴۰	mgP/L	TP
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۵۹,۳	mgC/L	Total Soluble Inorganic Carbon
۱۰,۴۶	۸۱۷,۶	۹۹,۷۳	۱۲۲۱,۲	۸۱۷,۶	۳۲۰۰	mgC/L	TOC
۶۷,۱۵	۶۸,۷۵	۶۷,۱۵	۶۹,۲۶	۶۷,۱۵	۲۵۰	mgCaCO <sub>3</sub> /L	Alkalinity
۷	۷	۷	۷	۷	۸,۶	-	pH

جدول ۴ درصد حذف المان های آلاینده اب را نشان میدهد. هر ۵ سیستم قابلیت خوبی در حذف COD داشتند ولی به جز دو سیستم ASBBR و MBR باقی سیستم ها در حد استاندارد محیط زیست نیستند و نیاز به فرایندهای اضافی برای تصفیه دارند. تمامی سیستم ها به دلیل استفاده از فرایندهای بی هوازی قابلیت حذف کامل  $NH_4^+$  را دارا هستند ولی به جز سیستم MBR در حذف نیترژن کل ناتوان هستند. نتایج حاکی از آن بود که برای تصفیه فاضلاب سنگین کشتارگاه، استفاده از فرایندهای هوازی و بی هوازی در کنار فیلتراسیون غشایی لازم است.

جدول ۴. درصد حذف آلاینده های فاضلاب

MBR	UASB	ASBBR	CAS UASB	SBR	شاخص
۹۹,۹۹	۴۲,۹۰	۹۳,۶۸	۱۴,۳۵	۴۲,۹	TSS
۱۰۰,۰۰	۶۱,۸۹	۹۵,۷۸	۴۲,۸۴	۶۱,۹	VSS
۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	Soluble cBOD <sub>5</sub>
۹۹,۹۷	۹۱,۷۰	۹۹,۰۶	۸۷,۵۶	۹۱,۷۰	cBOD <sub>5</sub>
۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	Soluble COD
۹۹,۶۷	۷۶,۲۳	۹۷,۰۸	۶۴,۵۰	۷۶,۲۳	COD
۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	Ammonia Nitrogen
۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	Soluble TKN
۹۹,۱۲	۶۵,۵۲	۹۵,۴۱	۴۸,۷۲	۶۵,۵۲	TKN
۹۹,۱۱	۶۶,۸۸	۹۵,۵۵	۵۰,۷۶	۶۶,۸۸	TN
۴۰,۶۳	۴۰,۶۳	۳۹,۰۶	۳۹,۰۶	۳۹,۰۶	Ortho-Phosphate
۸۶,۷۲	۲,۷۵	۸,۷۵	۸,۵	۵,۲۵	TP
۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	Total Soluble Inorganic Carbon
۹۹,۶۷	۷۴,۴۵	۹۶,۸۸	۶۱,۸۴	۷۴,۴۵	TOC
۷۳,۱۴	۷۲,۵۰	۷۳,۱۴	۷۲,۳۰	۷۳,۱۴	Alkalinity



جدول ۵ کیفیت آب خروجی هر سیستم را در مقایسه با استاندارد محیط زیست نشان میدهد. همان طور که ذکر شده بود سیستم MBR بالاترین کیفیت خروجی را در مقایسه با دیگر سیستم ها داشت که دلیل اصلی آن استفاده از سیستم غشایی و فرایندهای هوازی و بی هوازی بود.

جدول ۵. مقایسه کیفیت آب خروجی با استاندارد محیط زیست

شاخص (mg/L)	استاندارد	SBR	CAS UASB	ASBBR	UASB	MBR
COD	۲۵۰	۲۳۷۷	۳۵۴۹	۲۹۱	۲۳۷۷	۳۲
BOD <sub>20</sub>	۵۰	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵
BOD <sub>5</sub>	۴۰	۴۸۱	۷۲۱	۵۴,۷	۴۸۱	۱,۷۰
TOC	۱۰۰	۸۱۸	۱۲۲۱	۹۹,۷	۸۱۸	۱۰,۴
Alkalinity	۱۵۰	۶۷,۱	۶۹,۳	۶۷,۱	۶۹	۶۷,۱
TSS	۱۰۰	۲۸۹۶	۴۳۴۴	۳۲۰	۲۸۹۶	۰,۳۰
VSS	۵۰	۱۴۵۰	۲۱۷۴	۱۶۰	۱۴۵۰	۰,۱۴
TN	۱۰۰	۱۳۸	۲۰۵	۱۶	۱۳۸	۳,۷
TKN	۱۰۰	۱۳۸	۲۰۵	۱۸,۴	۱۳۸	۳,۷
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	۵	۱	۱	۱	۱	۱
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	۵	۶,۷۸	۵,۶۷	۵,۶۴	۵,۲	۵

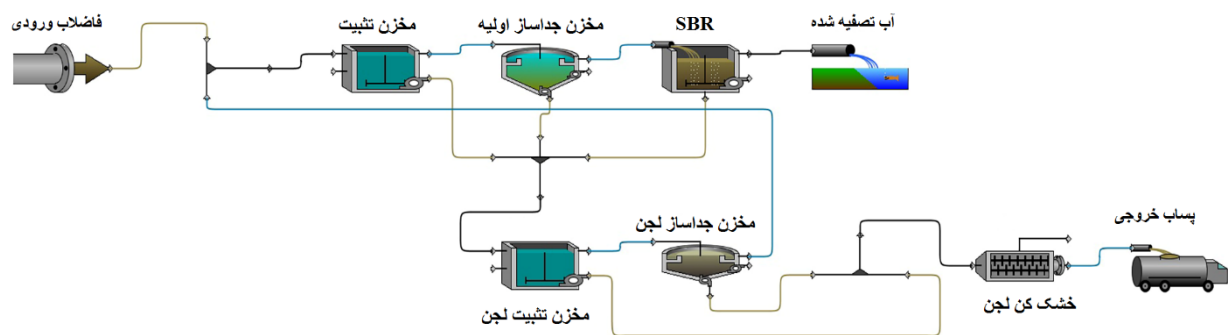
#### ۴- بحث و نتیجه گیری

نتیجه شبیه سازی سیستم SBR برای حذف COD برابر با ۷۶ درصد به دست آمد در حالی که طبق گزارش محسنی همکاران [۱۰] بازده حذف COD این سیستم ۹۶ درصد گزارش شده بود که دلیل این کاهش بازدهی، محتوای COD پایین تر در فاضلاب ورودی سیستم در نظر گرفته شده توسط آنها بود. همچنین این سیستم توانایی خوبی در حذف یون NH<sub>4</sub><sup>+</sup> نشان داد. این اختلاف نتایج برای سیستم CAS UASB شبیه ساز با نوروزی و همکاران [۱۱] نیز مشاهده شد که علت همان تفاوت در محتوای فاضلاب ورودی بوده است. سیستم پرکاربرد UASB نیز قابلیت بالایی در حذف آلاینده ها طبق استاندارد محیط زیست نداشت و این سه سیستم فقط برای فاضلاب های دارای آلاینده کم و پایین مناسب هستند. سیستم معرفی شده توسط دلواری و همکاران [۱۲] نیز با اجرا در شبیه ساز همان طور که گزارش شده بود، قابلیت حذف COD و BOD مناسبی داشت اما در مقابل این سیستم در حذف TSS و VSS دارای ضعف بود. در نهایت سیستم MBR معرفی شده توسط یانسن و همکاران [۱۳] تنها سیستم قابل اتکا برای تصفیه آب طبق استانداردهای محیط زیست برای دفع در طبیعت بود. اما این سیستم نیز در حذف یون های P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> خیلی موثر نبود.

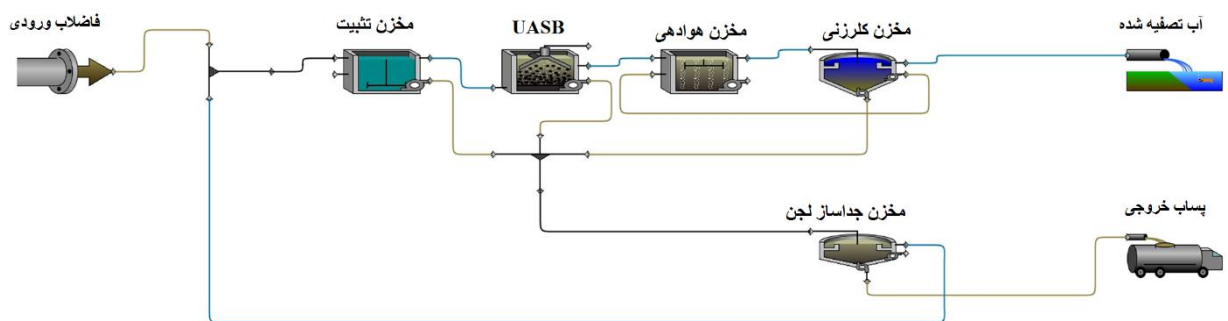


سیستم غشایی در کنار راکتورهای هوازی و بی هوازی در مقایسه با دیگر روش های تصفیه هزینه بالاتری دارد ولی این سیستم با کاهش مصرف آب و عدم نیاز به تصفیه ثانویه، توانایی تصفیه فاضلاب سنگین واحد های کشتارگاهی طبق استاندارد محیط زیست را دارد. لذا این سیستم میتواند طرح مناسبی برای تصفیه فاضلاب با بازدهی بالا باشد.

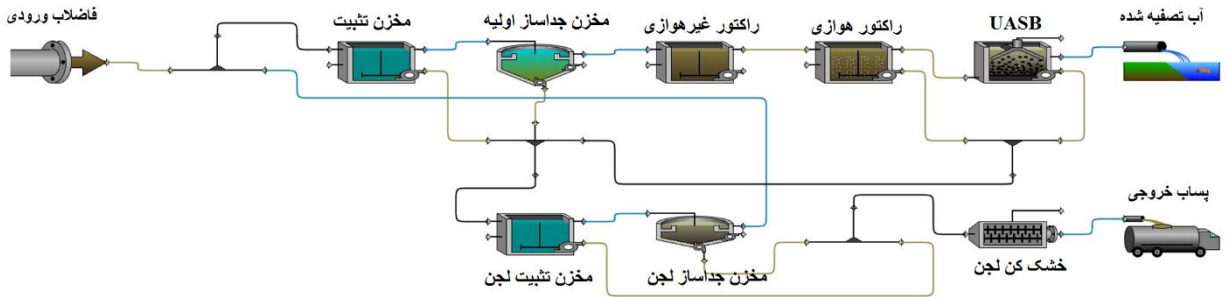
ضمایم:



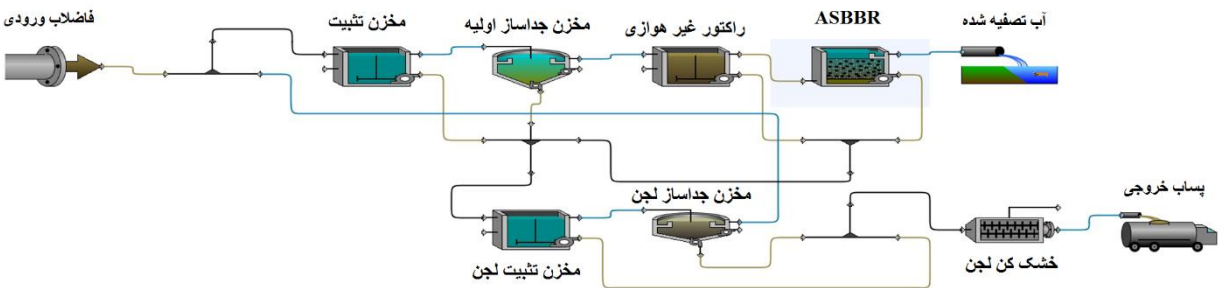
شکل ۶) شماتیک سیستم SBR



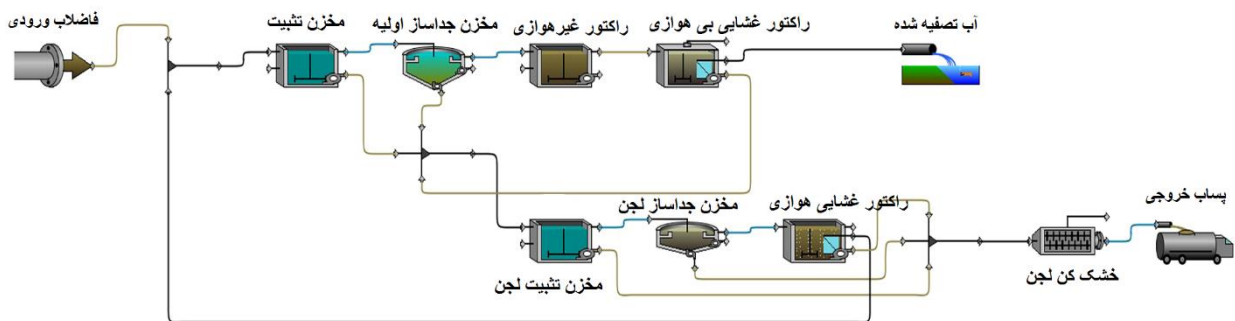
شکل ۷) شماتیک سیستم UASB



شکل ۸) شماتیک سیستم CAS UASB



شکل ۹) شماتیک سیستم ASBBR



شکل ۱۰) شماتیک سیستم MBR



## ۵- منابع

- [1] C. J. Vörösmarty, P. Green, J. Salisbury, and R. B. Lammers, "Global water resources: vulnerability from climate change and population growth," *science*, vol. 289, no. 5477, pp. 284-288, 2000.
- [2] R. T. Bruintjes, "A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 80, no. 5, pp. 805-820, 1999.
- [3] K. Fagerholt and B. Rygh, "Design of sea-borne system for fresh water transport," *JORBEL-Belgian Journal of Operations Research, Statistics, and Computer Science*, vol. 40, no. 3-4, pp. 137-146, 2000.
- [4] A. R. Zahedi, S. Labbafi, A. Ghaffarinezhad, and K. Habibi, "Design, construction and performance of a quintuple renewable hybrid system of wind/geothermal/biomass/solar/hydro plus fuel cell," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 9, pp. 6206-6224, 2021.
- [5] S. Labbafi and A. Zahedi, "The Determination of Optimum Conditions for Biodiesel-based Microalgae Growth Using Machine Vision," *Journal of Machine Vision and Image Processing*, vol. 7, no. 2, pp. 137-148, 2021.
- [6] Q. Wang and Z. Yang, "Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China," *Environmental Pollution*, vol. 218, pp. 358-365, 2016.
- [7] S. Pollard, G. Fowler, C. Sollars, and R. Perry, "Low-cost adsorbents for waste and wastewater treatment: a review," *Science of the total environment*, vol. 116, no. 1-2, pp. 31-52, 1992.
- [8] I. Ruiz, M. C. Veiga, P. De Santiago, and R. Blazquez, "Treatment of slaughterhouse wastewater in a UASB reactor and an anaerobic filter," *Bioresource Technology*, vol. 60, no. 3, pp. 251-258, 1997.
- [9] C. E. Caixeta, M. C. Cammarota, and A. M. Xavier, "Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor," *Bioresource technology*, vol. 81, no. 1, pp. 61-69, 2002.
- [10] در تصفیه فاضلاب کشتارگاه تحت SBR ع. صباغی. "بررسی عملکرد راکتور and ا. محسنی. ح. امینی راد چهارمین همایش ملی بهداشت محیط. ۱۳۸۰ presented at the "شرایط راهبری خاص Available: <https://civilica.com/doc/76711>
- [11] م. طلائیان عراقی. "مقایسه اقتصادی دو طرح تصفیه خانه فاضلاب کشتارگاه بر پایه سیستم بی and ر. نوروزی چهارمین کنگره بین المللی توسعه "، هوازی-هوازی و سیستم هوازی با استفاده از شبیه سازی کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران، ۱۳۹۸ Available: <https://civilica.com/doc/973111>
- [12] بعنوان ورودی تصفیه فاضلاب ASBBR ر. جلیل زاده ینگجه، "بررسی کارایی فرایند بی هوازی and س. دلواری ملی آب و سازه های همایش "، (در صنایع کشتارگاه ( مطالعه موردی کشتارگاه اهواز هیدرولیکی، ۱۳۹۵ Available: <https://civilica.com/doc/746367>



- [13] P. Jensen *et al.*, "Anaerobic membrane bioreactors enable high rate treatment of slaughterhouse wastewater," *Biochemical Engineering Journal*, vol. 97, pp. 132-141, 2015.
- [14] S. Mace and J. Mata-Alvarez, "Utilization of SBR technology for wastewater treatment: an overview," *Industrial & engineering chemistry research*, vol. 41, no. 23, pp. 5539-5553, 2002.
- [15] E. Behling *et al.*, "Domestic wastewater treatment using a UASB reactor," *Bioresource Technology*, vol. 61, no. 3, pp. 239-245, 1997.
- [16] T. Alvarino, S. Suarez, J. Lema, and F. Omil, "Understanding the removal mechanisms of PPCPs and the influence of main technological parameters in anaerobic UASB and aerobic CAS reactors," *Journal of Hazardous materials*, vol. 278, pp. 506-513, 2014.
- [17] R. R. Siman *et al.*, "Influence of organic loading on an anaerobic sequencing biofilm batch reactor (ASBBR) as a function of cycle period and wastewater concentration," *Journal of environmental management*, vol. 72, no. 4, pp. 241-247, 2004.
- [18] S. Fazal, B. Zhang, Z. Zhong, L. Gao, and X. Chen, "Industrial wastewater treatment by using MBR (membrane bioreactor) review study," *Journal of Environmental Protection*, vol. 6, no. 06, p. 584, 2015.



## استفاده از گلسنگ در ارزیابی بیولوژیکی کیفیت هوا

محمد صادق رهبانی\*<sup>۱</sup>، زینب سادات امامی العریضی<sup>۲</sup>، اسماء دلاوری دوسر<sup>۳</sup>

۱- دانشجو، مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران، تهران.

۲- فارغ التحصیل، کارشناسی زنتیک، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی، تهران.

۳- فارغ التحصیل، کارشناسی زنتیک، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی، تهران.

\* تهران، [sadeghrohan@gmail.com](mailto:sadeghrohan@gmail.com)

### چکیده

در این مقاله به پایش بیولوژیکی کیفیت هوا با استفاده از گلسنگ‌ها در مناطق صنعتی، شهری و حومه‌ی شهرهای مجاورت منابع آلودگی، براساس مطالعات انجام شده در دهه‌های گذشته، پرداخته می‌شود.

همچنین مطالعات مختلف پیرامون گلسنگ‌ها در مناطق طبیعی و مکان‌های آلوده و روش‌های تحلیلی مورد استفاده در این مطالعات مورد بحث واقع شده است.

بعلاوه، این مقاله شامل اطلاعاتی تکمیلی در رابطه با موضوع اصلی است. به عنوان مثال، فاکتورهای زیست محیطی و انسانی که بر میزان حساسیت آلودگی جوامع گلسنگ موثر هستند، اثرات منفی آلودگی بر ساختار گلسنگ‌ها و مکانیسم‌های جذب فلز.

به طور ویژه بر بکار گرفتن گلسنگ‌ها به عنوان نشانگر زیستی جهت تشخیص کیفیت هوا به لحاظ کمی و تأثیرات آلاینده‌های هوا مانند دی‌اکسید گوگرد، فلزات سنگین، ذرات معلق و رادیونوکلیدها، تاکید گردیده است.

باتوجه به ویژگی گلسنگ، روش‌های بیولوژیکی مناسب، مزایا و معایب آن‌ها، مطالعات گذشته در مورد این موضوع در جهان، ارزیابی مقالات و اعتبار نتایج به دست آمده در یک چشم‌انداز گسترده بررسی شده است.

امید است که این مقاله به عنوان یک منبع راهنما برای ارزیابی بیولوژیکی کیفیت هوا، ایجاد مدیریت و استراتژی‌های حفاظتی به وسیله‌ی گلسنگ مورد استفاده قرار بگیرد.

**واژگان کلیدی:** کیفیت هوا، آلودگی هوا، نشانگر زیستی، گلسنگ‌ها، فلزات سنگین



## Use of Lichens in Biological Monitoring of Air Quality

Mohammad Sadegh Rohbani<sup>\*1</sup>, Zeinab Sadat Emami Alorezyi<sup>2</sup>, Asma Delavari Dosar<sup>3</sup>

1- Student, Nature Engineering, University of Tehran, Tehran.

2- B.Sc in Genetics, Islamic Azad University Tehran Medical Sciences, Tehran.

3- B.Sc in Genetics, Islamic Azad University Tehran Medical Sciences, Tehran.

[sadeghrohban@gmail.com](mailto:sadeghrohban@gmail.com) \*

### Abstract

This article focuses on biomonitoring of air quality using lichens in the industrial, urban and suburban areas in cities and in the vicinity of pollution sources, mainly based on the studies carried out in the last decades.

Also lichen diversity studies in natural areas and in polluted sites used in these studies are discussed.

In addition, the article covers complementary information on the subject, for instance, environmental and anthropogenic factors which are effective on pollution sensitivity of lichen communities, negative effects of pollution on structure of lichen, metal uptake mechanisms changes in lichen vitality parameters.

In particular, it is emphasized how to utilize the lichens featuring bioindicators and biomonitors to determine air quality in terms of quantities and impacts of airborne pollutants such as sulphur dioxide, heavy metals, particulate matters and radionuclides. With respect to lichen biomonitoring, the appropriate biological methods, their advantages and disadvantages, past to present studies on this subject in the world, the assessment of the relevant literature and the reliability of the obtained results are reviewed from a broad perspective.

It is envisaged that this compilation will serve as a guiding source for biologic monitoring of air quality and creation of management and conservation strategies with lichens today.

**Keywords:** Air quality, Air pollution, Lichens, Heavy metals.

## ۱- مقدمه

با وجود غلظت نسبتاً کم دی‌اکسید گوگرد در سال‌های اخیر به دلیل استفاده کمتر از سوخت‌های فسیلی، آلاینده‌های موجود در جو که با تغییرات آب‌وهوای جهانی همراه است، هنوز هم تهدیدی جدی برای سلامت انسان محسوب می‌شوند. آلاینده‌های هوا بر سلامت انسان از طریق تضعیف عملکرد سیستم ایمنی بدن، کاهش عملکرد ریه، تغییر در تنفس و سیستم گردش خون، پیشرفت بیماری‌های آلرژیک انسانی، بیماری‌های تنفسی و سایر بیماری‌ها اثر می‌کنند. اقدامات مداوم و جدی جهت نظارت بر منابع آلودگی ضروری است. برای دستیابی به کیفیت هوای پایدار، لازم است ابتدا میزان آلودگی هوا تعیین شود و سپس راه‌حل‌های مناسب در جهت کاهش سطح آلودگی بررسی شود. سطح آلودگی هوا به صورت آبی یا مداوم می‌تواند از دو روش مستقیم یا غیرمستقیم اندازه‌گیری شود. گل‌سنگ‌ها نمونه‌های موفق از همزیستی برخی قارچ‌ها (اغلب *Ascomycota*) و جلبک‌های سبز (*Chlorophyta*) و یا جلبک‌های سبز آبی (سیانوباکتρία) هستند، که تقریباً با ۲۰۰۰۰ گونه در جهان نشان داده می‌شوند. این زندگی مشترک یا در اصطلاح "همزیستی"، یک ارتباط متقابل است (که هر دو شریک در آن سود می‌برند). عبارت‌های "mycobiont" برای جزء قارچی و "photobiont" برای جزء فتوسنتزکننده اغلب هنگامی که این دو از هم مجزا هستند استفاده می‌شود، در حالی که شرکای زندگی همزیستی در گل‌سنگ‌ها به عنوان "symbiont" نامیده می‌شوند. این وحدت همزیستی یک "تالوس" (بدنه گیاه) مشترک بدون ریشه و کوتیکول (پوشش خارجی ضد آب) را تشکیل می‌دهد و اساساً مواد معدنی را از اتمسفر جذب می‌کند. توانایی‌های خارق‌العاده گل‌سنگ‌ها در تکامل در یک طیف وسیع جغرافیایی و همچنین انباشته شدن بیش از نیاز عناصر معدنی در آن‌ها، گل‌سنگ‌ها را در میان بهترین اندیکاتورهای بیولوژیکی آلودگی هوا قرار داده است [1]. انواع مختلفی از روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است تا سطح و اثرات زیست محیطی آلاینده‌های موجود در جو را تعیین کنند. مطالعات سه دهه اخیر توجه بسیار زیادی به رابطه بین گل‌سنگ‌ها و آلودگی هوا و نقش آن‌ها در ارزیابی ریزگردهای عامل آلودگی هوا نشان داده‌اند. در این بخش، مطالعات مربوط به نشانگر زیستی بودن گل‌سنگ و نقش آن در مدیریت کیفیت هوا مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. بررسی مطالعات مربوط به ویژگی نشانگر زیستی گل‌سنگ به آگاهی از تغییر محیط‌زیست ناشی از آلودگی هوا، اقداماتی که باید صورت گیرد و رویکردهای جدید برای حفاظت و مدیریت محیط‌زیست کمک می‌کند.

## ۲- مزایای بیولوژیکی گل‌سنگ به عنوان نشانگرهای زیستی

گل‌سنگ‌ها ارگانیسم‌هایی شبیه گیاهان هستند که در بیشتر اکوسیستم‌های روی زمین بر سطح بسترهای مختلفی مثل درخت، سنگ و خاک رشد می‌کنند. شبیه گیاهان هستند، به لطف جزء کلروفیل‌دار که قادر به فتوسنتز است، گل‌سنگ می‌تواند برای خود غذا تولید کند. در حقیقت، گل‌سنگ‌ها "lichenized fungi" نیز نامیده می‌شوند که در طبقه‌بندی بر اساس فیلوژنی جزء قارچی، در فرمانروی قارچ‌ها گنجانده شده‌اند. گونه‌های قارچی که نمی‌توانند مواد مغذی خود را تولید کنند با برخی از جلبک‌های میکروسکوپی یا گونه‌های سیانوباکتریوم (مانند *Trebouxia*, *Trentepohlia* or *Nostoc*) که می‌توانند در طبیعت آزادانه زندگی کنند اما اغلب آن‌ها را ترجیح می‌دهند، برای تشکیل گل‌سنگ گرد هم می‌آیند.

به دلایل مختلف، گل‌سنگ‌ها به عنوان ابزار ارزیابی بیولوژیکی در مطالعات جوی مفید هستند. گل‌سنگ‌ها را می‌توان در مقیاس جهانی مقایسه کرد چون گستردگی جغرافیایی وسیعی دارند. مزیت دیگر گل‌سنگ‌ها این است که، موجوداتی چند ساله و دارای رشد کند هستند و برخلاف گیاهان گلدار فصلی یک مورفولوژی واحد را نشان می‌دهند که با گذشت زمان تغییر نمی‌کند. بنابراین تغییرات ریخت‌شناختی در خود گل‌سنگ‌ها در اثر انباشتگی‌هایی است که در طول زمان ایجاد می‌شود.

گل‌سنگ‌ها ارگانسیم‌های "poikilohydric" هستند که فعالیت متابولیکی آن‌ها توسط رطوبت جو محدود می‌شود. شاید مهم‌ترین توانایی گل‌سنگ‌ها، ذخیره‌کردن عناصر به میزان بسیار بیشتر از نیازهای فیزیولوژیکی آن‌ها باشد.

گزارش شده است که گل‌سنگ‌ها ۱۰۰ برابر بیشتر از گیاهان آوندی دی‌اکسید گوگرد جذب می‌کنند. وقتی گل‌سنگ‌ها را از نظر نقشی که در تعیین آلودگی هوا ایفا می‌کنند با گیاهان گلدار مقایسه می‌کنیم، گل‌سنگ‌ها و خزها مهم‌تر هستند. زیرا، وقتی صحبت از نظارت بر کیفیت هوا می‌شود، انتخاب گل‌سنگ‌ها به عنوان یک تالوس (بدنه گیاه) کامل (بدون ریختن برگ یا گل) برای سال‌های طولانی، نتایج قابل اعتماد و بلند مدت بیشتری می‌دهد. [2]

حساسیت زیاد گل‌سنگ‌ها به آلودگی با بیولوژی آن‌ها ارتباط نزدیک دارد. گل‌سنگ‌های با عمر طولانی به عنوان یک ارگانسیم چند ساله که در طول سال در معرض آلاینده‌ها قرار می‌گیرند، باید تعادل همزیستی را حفظ کنند.

همه‌ی گونه‌های گل‌سنگ به صورت همزمان حساس به آلودگی نیستند. اما به طور کلی آن‌ها می‌توانند آلودگی را فقط در حد خاصی تحمل کنند. به همین دلیل، نقش آن‌ها در ارزیابی کیفیت هوا اهمیت پیدا کرده‌است.

روش دوم بررسی تغییرات ریخت‌شناختی و آناتومی گونه‌های گل‌سنگ در پاسخ به آلودگی است. روش سوم نیز بررسی پاسخ فیزیولوژیکی است (یکپارچگی غشا، تبادل گاز  $CO_2$ ، کلروفیل، تخریب رنگدانه، تثبیت  $N_2$  و فعالیت آنزیم).

برخی از تغییراتی که به دلیل آسیب به واسطه‌ی آلودگی در گل‌سنگ‌ها رخ می‌دهد، شامل علائم مورفولوژیکی و آناتومیک، ساختار ریز، اختلالات سیستم غشایی، اختلال فلورسانس کلروفیل، اختلالات فیزیولوژیکی و اختلالات تکوینی-تولید مثلی و اختلالات سرعت رشد می‌باشند. برخی از این تغییرات (ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی) را می‌توان روی زمین مشاهده کرد، در حالی که برخی دیگر از تغییرات با مطالعات آزمایشگاهی کنترل شده قابل مشاهده است. [3]

### ۳- نقش گل‌سنگ‌ها در ارزیابی آلودگی‌های هوا

آلاینده‌های عمومی طبقه بندی شده به شرح زیر است:

۱. آلاینده‌های اولیه: ترکیبات  $SO_2$ ،  $NO_2$  و  $F$  که به همان شکل شیمیایی در اتمسفر باقی می‌مانند.
۲. آلاینده‌های ثانویه: نتیجه واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌های اولیه در حین جابه‌جایی در اتمسفر است، مانند اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) و اسید نیتریک ( $HNO_3$ ) که در باران‌های اسیدی اتفاق می‌افتد، همچنین  $O_3$  (ازن و پراکسی استیل نیترات (PAN)).
۳. گروه سوم آلاینده‌ها: ترکیبات آلی صنعتی که سموم را وارد هوا می‌کنند، آفت‌کش‌های کشاورزی، فلزات کمیاب و شبه فلزات هستند.

معمولاً ترکیبات گوگرد و نیتروژن به صورت گاز در اتمسفر موجود است، در حالی که فلزات سنگین به صورت متصل به ذرات معلق یافت می‌شوند. برخی از ذرات به طور طبیعی از آتشفشان‌ها، گرد و غبار و طوفان‌های شن، جنگل و آتش‌سوزی مراتع، پوشش گیاهی زنده می‌آیند.

علاوه بر این، فعالیت‌های مختلف انسان مانند نیروگاه‌ها، فعالیت‌های صنعتی و استفاده از سوخت‌های فسیلی در وسایل نقلیه مقدار قابل توجهی ذرات آلاینده تولید می‌کنند که باعث افزایش میزان سرطان‌ها، مشکلات قلبی، بیماری‌های تنفسی و مرگ و میر نوزادان می‌شوند.



تنوع گل‌سنگ، توزیع مکانی و زمانی گونه‌های آن، یکی از ارزشمندترین ابزارهای بیولوژیکی برای ارزیابی محیط‌زیست به ویژه در مورد آلودگی هوا است. میزان تنوع گل‌سنگ (LDV) براساس گونه‌های epiphytic، روشی اروپایی است که برای استرس محیطی / شاخص کیفیت، توسعه یافته است.

از زمانی که در سال ۱۹۶۰ حساسیت گل‌سنگ‌ها به آلاینده‌های گازی، مانند  $SO_2$  (دی‌اکسید گوگرد) مورد توجه قرار گرفت، گل‌سنگ‌ها به عنوان شاخص، در اطراف منابع ایجاد آلودگی و انتشار آن‌ها استفاده شده‌اند.

با توجه به توانایی آن‌ها در جمع‌آوری عناصری که در غلظت کم در هوا یافت می‌شود، گل‌سنگ‌ها به یک موضوع مهم از آن زمان تا به امروز تبدیل شده‌اند.

گل‌سنگ‌ها علاوه بر حساسیت به آلاینده‌های هوا، جذب‌کننده فلزات نیز هستند. مواد مغذی معدنی، فلزات سبک و سنگین در بارندگی و گرد و غبار و همچنین در بسترهای طبیعی (پوسته، خاک، سنگ) وجود دارد.

عناصر  $Pb$ ،  $Ni$ ،  $Hg$ ،  $Cr$ ،  $Zn$ ،  $Ti$  و  $V$  از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های فلزی هستند. اصطلاح فلزات سنگین، که اغلب در مطالعات بیولوژیکی استفاده می‌شود، به عناصری اشاره دارد که در صورت وجود مقادیر زیاد آن‌ها در اتمسفر، برای موجودات زنده سمی هستند. چه فلز باشد، چه فلزات واسطه و چه نیمه فلزات. [4]

#### ۴- نقش نشانگر زیستی گل‌سنگ‌ها در آلودگی هوا

نشانگرهای زیستی موجودات زنده‌ای هستند که با عملکردهای خود در برابر آلودگی محیط‌زیست واکنش نشان می‌دهند. به دلیل خواص بیولوژیکی، گل‌سنگ‌ها، که قدرت انعکاس آلودگی هوا را دارند، در صف مقدم نشانگرهای زیستی قرار می‌گیرند. ویژگی‌هایی که اجازه می‌دهد گل‌سنگ‌ها شاخص‌های قابل اعتمادی برای تغییرات اقلیمی باشند، به شرح زیر است:

۱. گونه‌های گل‌سنگ در حساسیت به تغییرات جوی متفاوت هستند.

۲. گل‌سنگ‌ها موجوداتی با رشد آهسته هستند و مورفولوژی آن‌ها تغییرات فصلی را نشان نمی‌دهد.

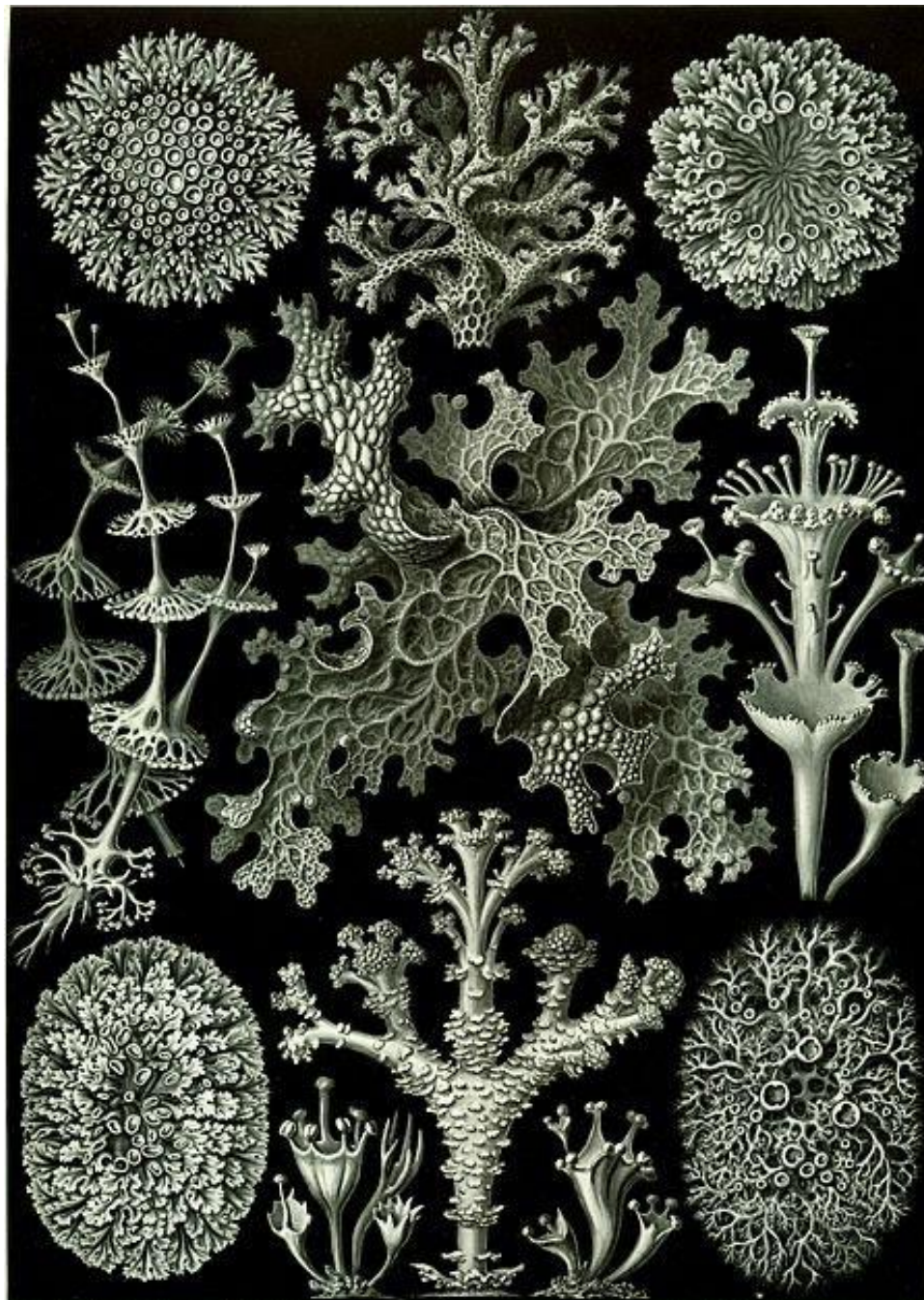
۳. گل‌سنگ‌ها توزیع گسترده‌ای دارند و تقریباً در همه بیوم‌های زمینی یافت می‌شوند.

توزیع گونه‌های گل‌سنگ در یک منطقه می‌تواند تخمین آلودگی هوا، به ویژه سطح دی‌اکسید گوگرد را ارائه دهد. از آنجا که حساسیت گونه‌ها به آلودگی هوا متفاوت است، توزیع گونه‌های گل‌سنگ انگلی در برخی از کشورهای اروپایی با توجه به مقادیر متوسط  $SO_2$  در زمستان، توسط سطح آلودگی هوا، منطقه‌بندی می‌شود. بنابراین، می‌توان سطح  $SO_2$  را در آن منطقه با بررسی اینکه کدام گونه گل‌سنگ در یک منطقه وجود دارد، تخمین زد. [5]

#### ۵- گل‌سنگ‌ها به عنوان ناظر زیستی کیفیت هوا

ارزیابی زیست محیطی بر روی جمعیت گل‌سنگ برای اثرات آلودگی طولانی مدت انجام شده است. به عنوان مثال، طی یک دوره ۱۵ ساله، تغییرات در جوامع گل‌سنگ تحت تأثیر آب و هوا و آلودگی، از منظر رسوب ترکیبات نیتروژن (N) و گوگرد (S) در نروژ، که در آن بیشترین تغییر در ترکیب گونه با بیشترین کاهش در رسوب گوگرد همراه است، مشاهده شد.

درجه‌ای که گونه‌های گل‌سنگ، فیزیولوژی، مورفولوژی و شرکای زندگی همزیستی‌شان به طور جداگانه تحت تأثیر آلاینده‌های هوا قرار گرفته‌است، زیر سوال رفته‌است. به عنوان مثال، اثرات فیزیولوژیکی و فراساختاری ناشی از مواجهه حاد با اوزون ( $O_3$ ) در *Xanthoria parietina* توسط Vannini و همکاران (۲۰۱۷) بررسی شد. آن‌ها اظهار داشتند که حالت هیدراسیون ممکن است نقش اصلی در تعیین میزان آسیب داشته باشد و وجود پاریتین ممکن است از بهبودی پشتیبانی کند. گل‌سنگ‌ها به دلیل رشد آهسته و عمر طولانی، از موجودات زنده مهمی هستند که در نظارت بر تغییرات محیطی منطقه بسته به کیفیت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثر مطالعات اخیر در حوزه نظارت بیولوژیکی گل‌سنگ‌ها در توزیع عناصر یا رادیونوکلیدها در مناطق شهری یا حومه‌ای، جنگل‌ها یا سایت‌های طبیعی مجاور منابع آلودگی مانند کارخانه‌ها، آسیاب‌ها، معادن یا نیروگاه‌های حرارتی و غیره ثبت شده‌است. [6]



شکل (۱) گل‌سنگ‌ها، از کتاب «اشکال هنری طبیعت»



شکل ۲) گل‌سنگ‌ها حجم زیادی از آلودگی هوا را جذب می‌کنند



## ۶- روش‌های مورد استفاده در نظارت زیستی با گل‌سنگ‌ها

به دلیل رشد سریع جمعیت، صنعت، کشاورزی و فناوری در جهان، ناگزیر آلودگی محیط‌زیست مورد توجه قرار گرفته است. در مناطقی که آلودگی هوا مشاهده می‌شود، بسته به نوع آلاینده ( $SO_2$ )، رادپونوکلیدها، فلزات سنگین و غیره) و سطح آلاینده‌ها، روش‌های مختلفی که به صورت محلی اعمال می‌شوند، باید توسعه یابد.

از زمان ظهور این ایده که می‌توان با استفاده از روش‌های بیولوژیکی نتایج قابل اندازه‌گیری، بلندمدت، ارزان و قابل اطمینانی را به دست آورد، به طور فزاینده‌ای، فعالیت‌های مرتبط در تعیین و نظارت بر کیفیت محیط گسترش یافته‌است.

در بیشتر کشورها، تعداد محدودی از ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و مناطق صنعتی، غلظت ذرات معلق و  $SO_2$  در روز را ثبت می‌کنند. ارزیابی سطح تأثیرات آلاینده‌ها بر پوشش گیاهی به عنوان یک روش جایگزین در ارزیابی آلودگی هوا مطرح شده است.

برآوردهای انجام شده بر اساس پوشش گیاهی نشان می‌دهد که گل‌سنگ‌هایی که بسیار آهسته رشد می‌کنند و برای مدت طولانی زنده می‌مانند، می‌توانند شاخص‌های بهتری از سطح کمی آلودگی هوا نسبت به اندازه‌گیری‌های کمی شیمیایی باشند که در یک دوره زمانی خاص انجام می‌شود؛ به عنوان جوامعی که می‌توانند تعادل بیشتری با محیط خود ایجاد کنند.

در سال‌های اخیر، روش‌های مختلفی برای ارزیابی کیفیت محیط (آلودگی هوا) بر اساس داده‌های گل‌سنگ پیشنهاد شده‌است. روش‌های کیفی را می‌توان با تعیین کمیت همزمان تعداد گونه‌های منطقه، توزیع‌ها و فراوانی گونه‌ها، به روش‌های کمی تبدیل کرد. روش‌های کمی عموماً توسط ابزارهای تجزیه و تحلیل بنیادی و تجزیه و تحلیل آماری برای تعیین سطح آلاینده‌ها (فلزات و مواد رادیواکتیو) تجمع یافته در بدنه گل‌سنگ اعمال می‌شود. آلاینده‌های اتمسفر باعث آسیب حاد ریخت‌شناسی و معمولاً فیزیولوژیکی گل‌سنگ‌ها می‌شوند.

آسیب‌های مزمن پس از قرار گرفتن طولانی مدت یا مکرر در معرض آلودگی ایجاد می‌شود، که یک بیماری آهسته و مرتبط با رشد است و پیش از آسیب به بافت، رشد و نمو را با مشکل مواجه می‌کند. این اتفاق منجر به ناپدید شدن گونه‌های حساس جمعیت می‌شود. [7]

روش‌های کنترل بیولوژیکی گل‌سنگ را می‌توان با توجه به هدف و محتوای برنامه، به اشکال مختلف طبقه‌بندی کرد. عمدتاً از دو روش تحلیلی برای تعیین کمی پاسخ گل‌سنگ‌ها به آلاینده‌های هوا و ارزیابی حساسیت آن‌ها استفاده کرد:

(۱) مطالعه تجزیه و تحلیل شیب و (۲) مطالعه بخور یا ضد عفونی سازی.

در مطالعه تجزیه و تحلیل شیب، اثرات مضر درجه آلودگی بر روی گل‌سنگ‌های آلوده، اثرات زیست‌محیطی و مقادیر قابل اندازه‌گیری در غنای گونه (اطراف یک منبع آلودگی) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

گونه‌های گل‌سنگ به بهترین وجه می‌توانند در محیط خود مورد بررسی قرار گیرند زیرا نه تنها آلودگی هوا بلکه اقلیم و خصوصیات مربوط به لایه‌های زیرین (مانند آتش‌سوزی، حیوانات در حال چرا) بر گل‌سنگ‌ها نیز تأثیر می‌گذارد.

در مطالعه بخور (ضد عفونی سازی)، میزان قابل استفاده از گل‌سنگ در پایش بیولوژیکی کیفیت هوا از گل‌سنگ‌های در معرض آلاینده‌ها در یک سیستم بسته تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی بررسی می‌شود.

روش‌های مختلفی که در محدوده مطالعات پایش کیفیت هوا با استفاده از گل‌سنگ‌ها اجرا شده‌است، می‌تواند به طور عمده در عناوین زیر طبقه‌بندی شود:

الف - نظارت بیولوژیکی منفعل:

۱. روش مبتنی بر فلورهای کامل گل‌سنگ (مطالعه عمومی گل‌سنگ و روش نقشه برداری).
۲. روش مبتنی بر گونه‌های نشانگر زیستی و روش IAP (شاخص خلوص جو).
۳. تجزیه و تحلیل کمی آزمایشگاهی (تجزیه و تحلیل چند عنصر و رادیونوکلئید).

ب - نظارت بیوماتیک فعال:

۱. پیوند

۲. بُخور کنترل شده

۳. فرهنگ سازی

هنگام تعیین کیفیت هوا، "روش‌های فعال" منجر به اثرات کنترل شده آلاینده‌ها به طور مستقیم بر روی گل‌سنگ‌ها می‌شوند، در حالی که "روش‌های غیرفعال" منجر به تعیین مقادیر جمع شده در گل‌سنگ‌ها یا نظارت بر فلورهای طبیعی گل‌سنگ می‌شوند، که تحت تأثیر آلاینده‌ها هستند. [8]

#### ۷- نقش گل‌سنگ در مدیریت پایدار کیفیت هوا

آلودگی هوای شهری با  $SO_2$ ،  $NO_x$  و CO و ذرات معلق هنوز یک به‌عنوان یک مشکل جدی در کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه قلمداد می‌شود. به طور کلی، منابع اصلی تأثیرگذار بر کیفیت هوا، وسایل نقلیه، گرمایش خانگی، تأسیسات صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی است.

در طی سال‌های گذشته، به دلیل فعالیت‌های مختلف انسانی از جمله آتش‌سوزی و ساخت و ساز، تعداد زیادی از اکوسیستم‌های جنگلی با وجود برخی اقدامات محافظتی، تخریب و حتی نابود شده‌اند.

این امر منجر به تغییرات اساسی همچون افزایش اثرات جانبی در جنگل‌ها، تغییرات میکروکلیم و از بین رفتن محیط جنگل می‌شود. تخریب اکوسیستم، بر تنوع زیستی جنگل تأثیر منفی می‌گذارد. (تنوع زیستی عامل مهمی است که پایداری اکوسیستم، پویایی، تعادل و بهره‌وری آن را کنترل می‌کند).

در جهت پرداختن به موضوعات زیست‌محیطی و اطمینان از توسعه پایدار، بایستی تلاشی یکپارچه برای شناسایی منابع محلی، منطقه‌ای و جهانی انجام شود. (توسعه پایدار مفهومی است که در آن نیازهای اساسی انسان بدون صرفه جویی در سیستم‌های طبیعی برآورده می‌شود).

نظارت زیستی یک روش مقرون به صرفه و قابل اعتماد برای نظارت بر مشکلات زیست‌محیطی است. اکنون کاملاً مشخص است، که گل‌سنگ‌ها تحت تأثیر تغییرات جوی با گذشت زمان کیفیت هوا را منعکس می‌کنند. در نتیجه، درک روند زمانی نظارت بیولوژیکی و بررسی اثرات آلاینده‌های شهری بر آرگانیزم گل‌سنگ در شرایط تنش مهم و ارزشمند به نظر می‌رسد. [9]

برای تعیین کیفیت هوا، باید روش‌های مدیریتی قابل قبول از نظر اجتماعی و سازگار با محیط‌زیست تهیه شوند. علاوه بر اندازه‌گیری‌های دوره‌ای شیمیایی، برای نظارت بر تغییرات کیفیت هوا نباید از مطالعات نظارت بیولوژیکی با گل‌سنگ‌ها، به تنهایی یا در کاربردهای جایگزین و حمایتی غافل شد. داده‌های پایش بیولوژیکی نشان‌دهنده وجود و تغییر آلاینده‌ها در محیط است. گونه‌های مختلف گل‌سنگ نظارت بیولوژیکی داده‌ها را برای توزیع غلظت آلاینده‌ها در مناطق متفاوت تضمین می‌کنند.

## ۸- نتیجه گیری

پس از درک اینکه برخی از گونه‌های گل‌سنگ در درجه‌های مختلف به آلودگی هوا ( $SO_2$ ) حساس هستند، زمینه مطالعه و استفاده از نظارت بیولوژیکی بر کیفیت هوا به طور مستقیم با سلول‌های زنده به طور پیوسته در حال افزایش است.

"موجودات زنده طبیعی برای نظارت بر کیفیت هوا" رویکردی طبیعی‌تر به محیط است. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری بیولوژیکی با استفاده از نشانگرهای زیستی مانند گل‌سنگ وجود دارد. اگرچه این یک استاندارد کامل برای استفاده از این روش‌های بیولوژیکی نیست اما ملاحظه شده‌است که هنگام انتخاب صحیح، می‌توان آن را به عنوان جایگزینی برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلودگی هوا، که معمولاً محدود به شهرهای بزرگ و مناطق صنعتی هستند، استفاده کرد.

غلظت‌های مختلف جوی آلاینده‌ها (عناصر کمیاب، فلزات سنگین، رادیونوکلیئیدها و مواد آلی) را می‌توان با تجزیه و تحلیل گل‌سنگ‌های ناظر زیستی تعیین کرد، نه تنها دی‌اکسید گوگرد، بلکه پیگیری دوره‌ای کیفیت هوا از مسیر بیولوژیک نیز امکان‌پذیر است.

برخی از نتیجه‌گیری‌های مهمی که می‌توان از مطالعات مربوط به نظارت بر کیفیت هوا با گل‌سنگ‌ها برداشت کرد، به شرح زیر است:

۱. خواص زیست‌ساختاری گل‌سنگ‌ها به میزان قابل توجهی بر میزان نگهداری عناصر از جو موثر هستند.
۲. انتخاب و استفاده از مناسب‌ترین روش (های) نظارت زیستی در منطقه تحقیقاتی برای دستیابی به نتایج دقیق بسیار مهم است.
۳. در حالی که انتظار می‌رود احتمال وجود گل‌سنگ‌های منتخب برای تجزیه و تحلیل در یک منطقه دقیقاً منعکس‌کننده غلظت آلاینده‌های هوا باشد، اما اثرات مختلف میکرو زیستگاه‌ها، لایه‌های زیرزمینی یا عوامل آب‌وهوایی، تحت تأثیر عوامل انسانی، نادیده گرفته می‌شوند. از این لحاظ، میانگین نرخ عناصر بدست آمده از تعداد زیادی از نمونه‌ها ممکن است نتایج قابل اطمینان‌تری به همراه داشته باشد. عوامل موثر بر حساسیت گل‌سنگ‌ها در ارزیابی نتیجه این مطالعات نیز باید به عنوان یک کل در نظر گرفته شوند. [10]
۴. مشاهدات کیفی نیز ضروری هستند زیرا ممکن است نگهداری متغیرها در مناطقی که نمونه‌های تجزیه و تحلیل کمی جمع‌آوری می‌شود دشوار باشد. به عنوان مثال، شناسایی تنوع گونه‌های گل‌سنگ در یک منطقه و پیگیری تغییرات در فلور گل‌سنگ برای سال‌های طولانی، داده‌های حمایتی را در تعیین سطح آلودگی فراهم می‌کند.
۵. مطالعه دقیق مکانیسم‌های نظارتی در گل‌سنگ‌ها برای فراهمی زیستی، تجمع، سمیت و سم‌زدایی از فلزات سنگین ضروری است.

استفاده از آزمایش‌های سمیت ژنی می‌تواند استفاده موثرتر از گل‌سنگ‌ها را به عنوان ناظر زیستی هنگام نظارت بر آلاینده‌های هوا، بهبود بخشد. تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای، پاسخ گونه‌ها به شرایط مختلف محیطی و تجربی را روشن می‌کند و همزمان به درک بهتری از تنوع محتوای بدنه‌ی گیاه در یک گونه واحد کمک می‌کند.

کاهش تعداد گونه‌های یک گروه زنده که از آلودگی هوا در پوشش گیاهی رنج می‌برند، قطعاً سایر گروه‌های زنده را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد.

اگر یکی از حلقه‌های زنجیره غذایی تحت تأثیر آلودگی باشد، در نهایت با تأثیر بر دیگران که به آن متصل هستند (به عنوان مثال حیواناتی که تغذیه می‌کنند و تغذیه می‌شوند همچنین حیواناتی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند) به افراد می‌رسد.

بنابراین، آلودگی به طور مستقیم و هم از طریق اختلال در تعادل طبیعی به انسان آسیب می‌رساند. از این نظر، روش‌های توسعه‌یافته با رویکرد تعیین کیفی و کمی سطح تأثیرات آلودگی بر روی پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان یک سیستم هشدار سریع در برابر آلودگی مورد استفاده قرار گیرد.



## منابع

- [1] Nash TH (2008) Lichen biology. Cambridge University Press, Cambridge
- [2] Branquinho C, Matos P, Pinho P (2015) Lichens as ecological indicators to track atmospheric changes: future challenges. In: Indicators and surrogates of biodiversity and environmental change. CSIRO Publishingpp, Clayton, pp 77–90
- [3] Conti ME, Cecchetti G (2001) Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review.
- [4] Behxhet M, Hajdari A, Lokös L, Krasniqi Z (2013) Lichen diversity value and heavy metal concentrations in mosses around the lignite power plants ‘Kosova’.
- [5] Vallero D (2008) Fundamentals of air pollution, 4th edn. Academic, London
- [6] Vannini A, Paoli L, Ceccarelli S, Sorbo S, Basile A, Carginale V, Nali C, Lorenzini G, Pica M, Loppi S (2017) Physiological and ultrastructural effects of acute ozone fumigation in the lichen *Xanthoria parietina*: the role of parietin and hydration state.
- [7] Blasco M, Domeno C, Lopez P, Nerin C (2011) Behaviour of different lichen species.
- [8] Branquinho C, Catarino F, Brown DH, Pereira MJ, Soares A (1999) Improving the use of lichens as biomonitors of atmospheric metal pollution.
- [9] Bargagli R, Monaci F, Borghini F, Bravi F, Agnorelli C (2002) Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former Mining District in Italy. *Environ Pollut* 116:279–287
- [10] Bačkor M, Loppi S (2009) Interactions of lichens with heavy metals



## مروری بر مطالعات اقتصادی (مبتنی بر هزینه انرژی) سامانه‌های فتوولتائیک حرارتی

محمد امین مظاهری تهرانی<sup>۱</sup>، محمد امین وزیری راد<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

\* تهران، aminvazirrad@ut.ac.ir

### چکیده

در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی به دلیل دسترسی مناسب و تکنولوژی توسعه یافته بیش از سایر انواع تکنولوژی‌های تجدیدپذیر مورد توجه قرار گرفته است. استفاده کنندگان اصلی از تکنولوژی فتوولتائیک، کشورهای با پتانسیل تابش خورشیدی بالا هستند که عموماً دارای اقلیم گرمسیر می‌باشند. به دلیل اثر منفی افزایش دما بر بازدهی الکتریکی سلول‌های خورشیدی، سیستم‌های فتوولتائیک-حرارتی به منظور دفع حرارت از سلول و همچنین استفاده مفید از حرارت تلف شده توسعه یافته اند. مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده در این سیستم‌ها، خنک‌سازی به وسیله آب، هوا، نانوسیالات، مواد تغییر فاز دهنده و محیط‌های متخلخل می‌باشد. اما بزرگترین چالش در استفاده از تکنولوژی فتوولتائیک-حرارتی افزایش هزینه تمام شده سیستم و متعاقباً افزایش هزینه انرژی تولید شده است. لذا در این مطالعه برآن شدیم تا تاثیر استفاده از راهکارهای متفاوت خنک‌سازی بر میزان افزایش هزینه انرژی سامانه‌های فتوولتائیک را بررسی کنیم.

**واژگان کلیدی:** فتوولتائیک حرارتی، هزینه انرژی، انرژی خورشیدی، انرژی‌های تجدیدپذیر





## A Review on Economic Studies (Based on Cost of Energy) in Photovoltaic-Thermal Systems

Mohammad Amin Mazaheri Tehrani<sup>1</sup>, Mohammad Amin Vaziri Rad<sup>2\*</sup>

1-MSc, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

2- PhD, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

\* Corresponding author: aminvazirirad@ut.ac.ir

### Abstract

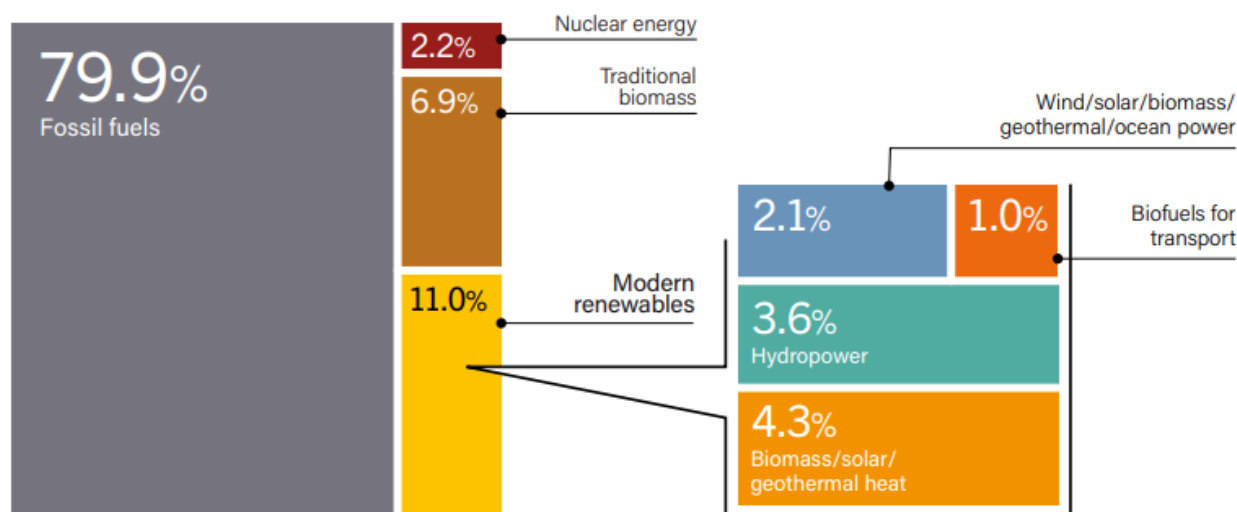
Among the all types of renewable energy, solar energy has received more attention than other types of renewable technologies due to its proper availability and developed technology. The main users of photovoltaic technology are countries with high solar radiation potential, which generally have a tropical climate. Due to the negative effect of temperature rise on the electrical efficiency of solar cells, photovoltaic-thermal systems have been developed to dissipate heat from the cell as well as make efficient use of the heat lost. The most important methods applied in these systems are cooling by water, air, nanofluids, phase change materials, and porous media. But the biggest challenge in using photovoltaic-thermal technology is to increase the capital cost of the system and consequently increase the final cost of energy. Therefore, in this study, we aimed to investigate the effect of using different cooling solutions on the increase in energy costs of photovoltaic systems.

**Keywords:** Photovoltaic-thermal, Cost of Energy, Solar Energy, Renewable Energies

## ۱- مرور ادبیات

افزایش جمعیت و پیشرفت صنایع موجب رشد روز افزون مصرف انرژی شده است که به تبع آن نگرانی‌هایی جهانی از جمله در زمینه محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های ناشی از آن‌ها و همچنین افزایش دمای کره‌ی زمین به وجود آمده است. این مشکلات در کنار توسعه روزافزون تکنولوژی‌های تجدیدپذیر موجب افزایش انگیزه بشر برای استفاده از انرژی‌های پاک شده است [۱]. انرژی‌های خورشیدی، بادی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی، امواج و برق آبی از جمله انرژی‌های تجدیدپذیری هستند که روند توسعه نسبتاً سریعی در سبد تولید انرژی جهانی دارند. این منابع انرژی معایب سوخت‌های فسیلی از جمله ایجاد آلودگی هوا که باعث گرمایش زمین و تأثیرات اقلیمی می‌شود را ندارند. از سوی دیگر انرژی‌های فسیلی مانند ذغال‌سنگ، نفت و گاز پایان‌پذیر بوده و بصورت بلند مدت قابل اتکاء نمی‌باشند. از این رو کشورهای مختلف اعم از پیشرفته و در حال توسعه، توجه فزاینده‌ای به انرژی‌های نوین جهت کاهش وابستگی به یک حامل انرژی و حفاظت هرچه بیشتر از محیط زیست و دستیابی به منابع انرژی پایدار معطوف داشته‌اند [۲].

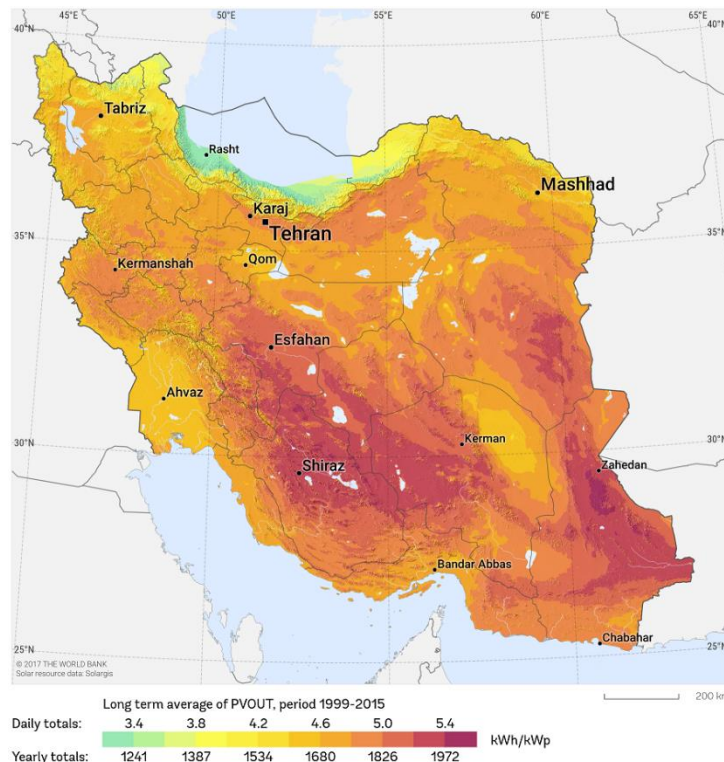
اگرچه سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان در حال حاضر اندک است، اما تولید و مصرف این نوع انرژی با سرعت زیادی در حال افزایش است. شکل (۱) سهم هر یک از منابع تجدیدپذیر از میزان کل انرژی تولید شده در سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد [۳]، این در حالی است که در ایران مطابق آخرین ترازنامه ملی انرژی منتشر شده در سال ۱۳۹۵، حدود ۵/۷ درصد نیروگاه‌های برق آبی و کمتر از ۰/۵ درصد نیروگاه‌های تجدیدپذیر در تولید انرژی کشور سهمیه هستند و مابقی انرژی مورد نیاز توسط نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، بخاری و گازی توسط سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود. قلمرو انرژی‌های تجدیدپذیر به طور دائم در حال تغییر بوده و آینده این تغییرات نمایانگر کاهش هزینه‌ها و گسترش نفوذ آن در بازار انرژی دنیا و رسیدن به انرژی پایدار است [۴].



شکل (۱) سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولید شده در سال ۲۰۱۸ [۳]

انرژی خورشیدی که در واقع سرمنشا تمامی اشکال انرژی در جهان محسوب می‌گردد به علت دسترس‌پذیری بالا و فراگیر بودن، قابلیت گسترده، سهولت استفاده، عدم ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی و امنیت عرضه آن بیشتر از سایر انرژی‌های نوین مورد توجه قرار گرفته است.

از انرژی خورشیدی برای مقاصد مختلفی همچون تولید حرارت، الکتریسیته، گرمایش و سرمایش منازل مسکونی، تجاری و صنعتی استفاده و بهره برداری می‌گردد. مناطقی که بر روی کمربند تابشی جهان قرار گرفته‌اند جهت تولید انرژی از خورشید ایده آل هستند. از چنین مناطقی می‌توان به ایالات جنوب غربی ایالات متحده آمریکا، کشورهای حوزه‌ی مدیترانه اروپا، خاورمیانه، خاور نزدیک، ایران، هند، پاکستان، چین و استرالیا اشاره داشت. شکل (۲) نشان دهنده پتانسیل بالای ایران برای استفاده از انرژی خورشید می‌باشد [۵].



شکل (۲) نقشه تابشی ایران در سال ۲۰۱۷ [۵]

ایران با دارا بودن بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال که بیش از دو سوم آن دارای تابش ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد، پتانسیل بی‌نظیری به منظور بهره‌گیری از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشد [۶]. مناطقی که به منظور بهره‌گیری از فناوری صفحات خورشیدی بسیار مستعد می‌باشند می‌بایست دارای تابش میانگین بیشتر از ۵۰۰ وات بر متر مربع باشند که اغلب شهرهای ایران به این منظور بسیار مناسب خواهند بود [۷].

گرمایش جهانی و قیمت‌های سرسام آور سوخت‌های فسیلی زمینه ساز پیشرفت‌های اساسی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به خصوص پنل‌های خورشیدی شده است. در حال حاضر با فناوری روز دنیا در بهترین حالت، تنها ۱۳ الی ۲۱ درصد انرژی تابشی خورشید می‌تواند به الکتریسیته تبدیل گردد و مابقی انرژی تابشی به گرما تبدیل می‌شود.

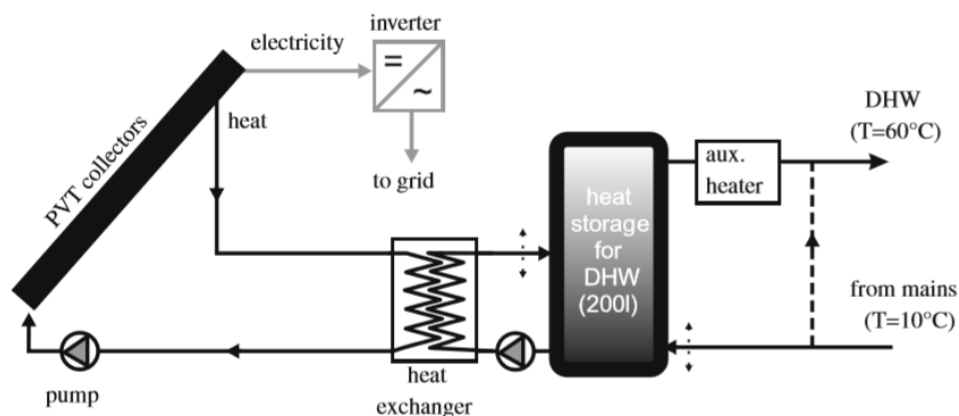
این حرارت عموماً توسط خود پنل خورشیدی جذب شده و باعث می‌شود تا دمای سامانه حتی تا بیش از ۸۰ درجه سانتی‌گراد بالا رفته و از راندمان آن کاسته شود. به ازای هر درجه افزایش دمای سامانه راندمان آن ۰/۴ تا ۰/۵ درصد کاهش را به همراه خواهد داشت. بنابراین بسیاری از تحقیقات در سال‌های اخیر به سمتی پیش رفته‌اند که تاثیر حرارت جذب شده را به نوعی از خود سامانه منتقل کنند که منجر به توسعه سامانه‌های فتوولتائیک-حرارتی شده است [۸].

این فناوری ترکیبی، دارای عملکردی است که ابتدا خود صفحه خورشیدی تابش مرئی و فرا بنفش خورشید را تبدیل کرده و سپس یک ماده موثر در انتقال حرارت مانند هوا، آب، روغن‌های دارای خاصیت حرارتی و یا مواد تغییر فاز دهنده با جذب اشعه‌های

مادون قرمز و حرارت دفع شده توسط صفحه خورشیدی، دمای پنل را کنترل خواهد نمود [۹]. با وجود فعالیت‌های انجام شده، هنوز هم متغیرهای مختلفی در راستای ارتقا این سامانه‌ها در حال بررسی توسط محققان می‌باشد. مهمترین اهداف این مطالعات خنک‌سازی پنل‌ها (بهبود راندمان) و استفاده مطلوب‌تر از خاصیت حرارتی منتقل شده در کنار کاهش هزینه تمام شده سامانه می‌باشد زیرا تمامی انواع نیروگاه‌ها با تکنولوژی‌های فتوولتائیک متفاوت خصوصا در مناطق گرمسیر مانند ایران با معضل کاهش راندمان ناشی از افزایش دما روبرو هستند. تا کنون دانشمندان از روش‌های گوناگونی به منظور کاهش دمای ماژول‌های فتوولتائیک استفاده کرده‌اند که از جمله آنها خنک‌سازی با سیال (آب یا هوا) که اصطلاحا ماژول‌های فتوولتائیک حرارتی را شکل می‌دهند و همچنین استفاده از مواد تغییر فاز دهنده، ماژول‌های ترموالکتریک، نانوسیال‌ها، محیط‌های متخلخل و... نیز پرکاربرد بوده است. در این مطالعه بطور خلاصه به بررسی مطالعات اقتصادی انجام شده در این حیطه می‌پردازیم.

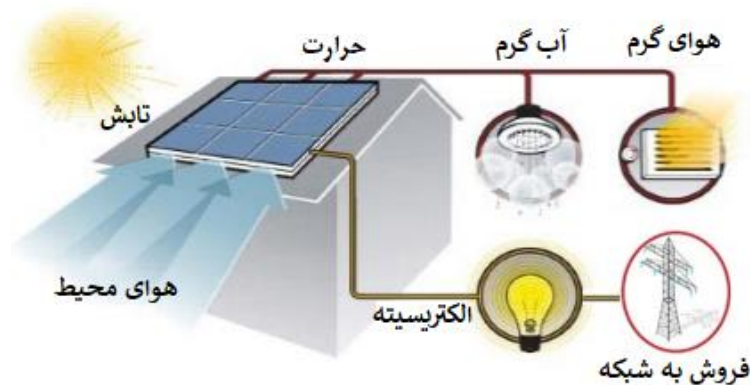
## ۲- معرفی فتوولتائیک-حرارتی

یک کلکتور فتوولتائیک-حرارتی شامل یک ماژول فتوولتائیک می‌باشد که صفحه‌ای جاذب حرارت<sup>۱۳</sup> از پشت به آن متصل شده است. در آرایه‌های فتوولتائیک با افزایش دما از بازده الکتریکی کاسته می‌شود، در حقیقت پنل فتوولتائیک بخش کمی از تابش جذب شده را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و مابقی آن بصورت انرژی حرارتی باعث بالا رفتن دمای پنل و ایجاد اثرات نامطلوب بر بازدهی و حتی طول عمر آن می‌شود. بنابراین صفحات جاذب حرارت در کلکتورهای فتوولتائیک-حرارتی دو کاربرد اساسی دارند که عبارتند از سرد کردن ماژول فتوولتائیک به منظور بهبود بازده الکتریکی و جمع‌آوری انرژی حرارتی به منظور جلوگیری از هدر رفت این انرژی به محیط. بازده نسبتا پایین سلول‌های فتوولتائیک در کنار هزینه بالای آن‌ها و فضای محدود جهت نصب سیستم‌های حرارتی و الکتریکی به صورت جداگانه، از مهمترین دلایل پیشرفت سامانه‌های ترکیبی فتوولتائیک-حرارتی می‌باشند [۱۰]. شکل (۳) نشان دهنده شماتیک یک سیستم فتوولتائیک-حرارتی با سیکل گردش جریان سیال بسته می‌باشد. شکل (۴) نیز نشان دهنده کاربردهای اصلی سامانه‌های فتوولتائیک حرارتی می‌باشد که شامل تامین آب و هوای گرم، تامین الکتریسیته و قابلیت فروش برق به شبکه است.



شکل (۳) شماتیک یک سیستم فتوولتائیک-حرارتی [۱۱]

<sup>13</sup> Thermal Absorber Plate



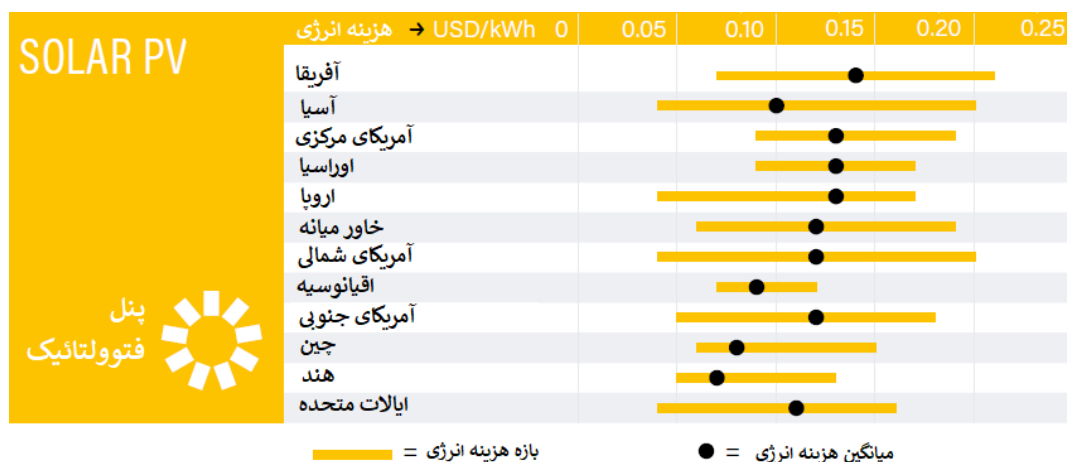
شکل ۴) شماتیک برخی از ویژگی های سامانه فتوولتائیک-حرارتی

## ۳- هزینه انرژی تکنولوژی فتوولتائیک

از منظر اقتصادی تکنولوژی فتوولتائیک دارای صرفه اقتصادی مناسبی نسبت به سایر انرژی های تجدید پذیر می باشد، یکی از فاکتورهای مقایسه اقتصادی انواع سامانه های تجدیدپذیر پارامتری به نام هزینه انرژی<sup>۱۴</sup> می باشد که نشان دهنده مقدار هزینه انجام شده به ازای تولید یک کیلووات ساعت توان از سیستم انرژی می باشد. رابطه (۱) نشان دهنده فرمول محاسبه هزینه انرژی است [۱۲]:

$$COE = \frac{C_{ann.t}}{E_{served}} \quad (1)$$

در این رابطه  $C_{ann.t}$  هزینه ها کل سالیانه و  $E_{served}$  مقدار انرژی تولید شده بر حسب کیلووات ساعت بر سال می باشد. این پارامتر وابسته به دو عامل اساسی بوده که عبارتند از هزینه تمام شده تکنولوژی<sup>۱۵</sup> در سامانه و پتانسیل منبع انرژی<sup>۱۶</sup> در منطقه. شکل (۵) و شکل (۶) به ترتیب مقدار هزینه انرژی تکنولوژی های فتوولتائیک خورشیدی و حرارتی خورشیدی را در مناطق مختلف جهان بر اساس گزارش جهانی انرژی های تجدیدپذیر نشان می دهند [۱۳].

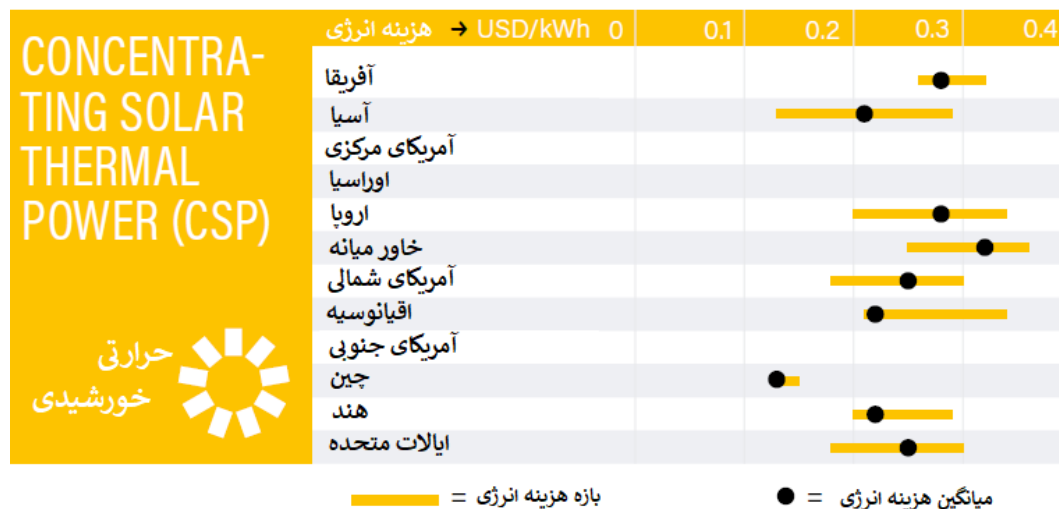


شکل ۵) هزینه انرژی تکنولوژی فتوولتائیک خورشیدی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۸ [۱۳]

<sup>14</sup> Cost of Energy

<sup>15</sup> Capital Cost

<sup>16</sup> Resource Potential



شکل ۶) هزینه انرژی تکنولوژی حرارتی خورشیدی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۸ [۱۳]

همانطور که از شکل‌ها مشاهده می‌شود در منطقه خاورمیانه به دلیل پتانسیل تابش خورشیدی بالا، علی‌رغم واردات تجهیزات اصلی تولید توان خورشیدی از سایر کشورها و تاثیر نرخ ارز، استفاده از انرژی فتوولتائیک به صرفه می‌باشد. در حقیقت تولید انرژی از سامانه‌های PV در منطقه خاورمیانه حدود ۰/۱۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت هزینه خواهد داشت. اما برای تکنولوژی حرارتی خورشیدی به دلیل بیشتر بودن تعداد تجهیزات مورد نیاز و پرمهزینه‌تر بودن آن‌ها، صرفه اقتصادی نسبت به سایر مناطق افت می‌کند، به طوری که در حدود ۰/۴۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت هزینه انرژی نهایی این نوع از تکنولوژی‌ها خواهد بود. در حقیقت کشورهایی که علاوه بر داشتن پتانسیل مناسب تابشی، سازنده تجهیزات تولید توان سامانه‌های حرارتی خورشیدی هستند مانند چین، هند و ایالات متحده آمریکا بیشترین صرفه اقتصادی را برای این نوع از سامانه‌ها دارا می‌باشند [۱۳]. لازم به ذکر است در کشورهای خاورمیانه به دلیل هزینه پایین سوخت‌های فسیلی، هزینه انرژی در بخش برق نیروگاه‌های تولید توان بسیار پایین و در حدود حداکثر ۰/۱ دلار به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد، این موضوع به همراه نیاز به واردات تکنولوژی‌های تجدید پذیر باعث کاهش رقبت برای حرکت به سوی این نوع از انرژی‌ها شده است.

#### ۴- مروری بر مطالعات مبتنی بر آنالیز اقتصادی ماژول‌ها صفحه تخت

آنالیز اقتصادی در کنار طراحی سامانه‌های PV/T متداول نبوده و معمولاً بیشتر به جنبه‌های بهبود بازدهی الکتریکی و حرارتی این سامانه‌ها پرداخته می‌شود. در ادامه برخی از مطالعاتی که به جنبه‌های اقتصادی سامانه‌های خورشیدی پرداخته‌اند، بررسی خواهند شد. فرهنگیان<sup>۱۷</sup> و همکاران [۱۴] طی مطالعه‌ای تجربی یک سیستم دهانه خورشیدی<sup>۱۸</sup> متشکل از پنج صفحه فتوولتائیک ساختند و به منظور بهبود بازدهی از ترموالکتریک<sup>۱۹</sup> جهت تولید توان از اختلاف دمای ایجاد شده بین سیال خنک‌کننده (جریان طبیعی هوا) و پشت پنل خورشیدی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد انرژی تولید شده نسبت به سیستم تک صفحه‌ای سه برابر افزایش می‌یابد در حالی که هزینه تولید انرژی تنها انرژی ۶۷ درصد افزایش یافته و معادل ۹/۴۳۲ دلار به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد. همچنین حداکثر بازدهی سیستم به بیش از ۲۱ درصد رسید، اما افزایش دمای محیط تاثیر شدیدی بر کاهش بازدهی پنل و سامانه ترموالکتریک داشت.

<sup>17</sup> Farhangian

<sup>18</sup> Solar Cavity

<sup>19</sup> Thermoelectric



خیمنز<sup>۲۰</sup> و همکاران [۱۵] به بررسی اقتصادی سیستم متشکل از فتوولتائیک و سیستم‌های متمرکز کننده خورشیدی به همراه ذخیره‌ساز حرارتی پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد برای تامین بارهای الکتریکی کوچک، هزینه تمام شده تولید انرژی از سیستم مذکور معادل ۵۲/۴ سنت بر کیلووات ساعت خواهد بود که ۲ درصد از سیستم فتوولتائیک-باتری بیشتر است، اما با افزایش ظرفیت نصب تا ۵۰۰ کیلووات این سیستم حتی ارزان‌تر از سیستم فتوولتائیک-باتری نیز خواهد شد. همچنین بیان شد با توجه به نیاز کمتر این سیستم‌ها به باتری هزینه تمام شد در طول عمر مفید پروژه کاهش می‌یابد.

تابت<sup>۲۱</sup> و همکاران [۱۶] در کشور امارات به مقایسه اقتصادی سیستم صفحه تخت خورشیدی و سیستم متمرکزکننده حرارتی مبتنی بر مواد تغییر فاز دهنده پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد استفاده از مواد تغییر فاز دهنده بصورت متوسط ۲۴ درجه سانتیگراد دما را کاهش می‌دهد و به دلیل بهبود عملکرد الکتریکی و ایجاد امکان استفاده از انرژی حرارتی ۲۸ درصد هزینه انرژی پایین‌تری نسبت به سامانه صفحه تخت خواهد داشت. ضمن اینکه هزینه انرژی سامانه متمرکز کننده به همراه PCM معادل ۱۸ سنت بر کیلووات ساعت و برای سامانه صفحه تخت معادل ۲۵ سنت بر کیلووات ساعت تخمین زده شد.

تهرانی<sup>۲۲</sup> و همکاران [۱۷] با استفاده از یک تانک ذخیره پوسته و لوله که حجم آن به وسیله ماده تغییر فاز دهنده نمک هیدرات پر شده بود اقدام به آنالیز اقتصادی ذخیره‌سازی انرژی حرارتی سیستم متمرکزکننده خورشیدی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد اگر چه هزینه بالای تانک ذخیره‌سازی استفاده شده و مواد تغییر فاز دهنده به طور کلی هزینه تمام شده سیستم را افزایش دادند، اما نسبت به سیستم مخزن ذخیره‌ساز نمک مذاب که بصورت متداول در سامانه‌های حرارت خورشیدی استفاده می‌شود توانستند ۶۲ درصد کاهش هزینه نسبت به مقدار انرژی ذخیره شده ایجاد کنند.

بهاتارایی<sup>۲۳</sup> و همکاران [۱۸] بر روی تاثیر هزینه انرژی برق شبکه<sup>۲۴</sup> و ساین سیستم ذخیره‌سازی حرارت<sup>۲۵</sup> برای مصارف خانگی بر دوره بازگشت سرمایه سیستم‌های فتوولتائیک و حرارتی-خورشیدی کار کردند. آن‌ها دریافتند هر چه هزینه انرژی در کشور بالاتر باشد، صرفه اقتصادی استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک بالاتر می‌رود و دوره بازگشت سرمایه متعاقباً کاهش می‌یابد. بر این اساس کشور استرالیا که علاوه بر پتانسیل خورشیدی مناسب دارای بالاترین هزینه انرژی برق شبکه می‌باشد برای سیستم‌های فتوولتائیک مبتنی بر ذخیره‌سازی انرژی حرارتی بالاترین صرفه را دارند. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد با افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی، بهیچیک اقتصادی ذخیره‌سازی انرژی حرارتی سامانه‌های فتوولتائیک افزایش می‌یابد. با انجام مطالعه موردی در کشور کره جنوبی دریافتند اگر دوره بازگشت سرمایه نصب PV حدود ۵ سال برای سیستم‌های خانگی باشد با تبدیل سامانه به PV/T دوره بازگشت سرمایه به بیش از دو برابر افزایش می‌یابد.

باکر<sup>۲۶</sup> و همکاران [۱۹] مطابق شکل (۷)، یک سامانه PV/T نصب شده بر بام خانه‌ای در کشور انگلستان که به وسیله کانال‌های جریان آب از پشت خنک و از سیال خروجی جهت نیاز آبگرم روزانه استفاده می‌شد را طراحی نمودند. این سامانه دمای آب را تا ۱۶ درجه سانتیگراد افزایش می‌داد و بازدهی حرارتی معادل ۲۰/۲۵ درصد داشت. هزینه انرژی تمام شده این سیستم با استفاده از نرم افزار EES بدست آمد که به دلیل فروش مازاد برق تولیدی به شبکه (شکل (۸)) معادل ۰/۰۷۷۸ یورو بر کیلووات ساعت تخمین زده شد که عدد مناسبی برای یک سامانه متصل به شبکه می‌باشد.

<sup>20</sup> Jiménez

<sup>21</sup> Tabet

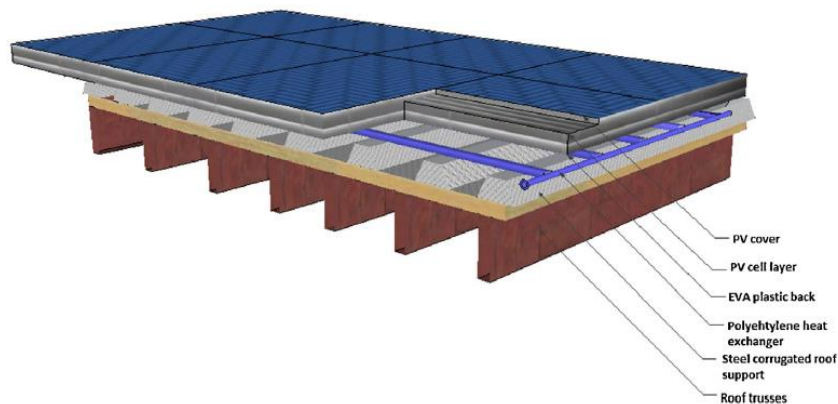
<sup>22</sup> Tehrani

<sup>23</sup> Bhattarai

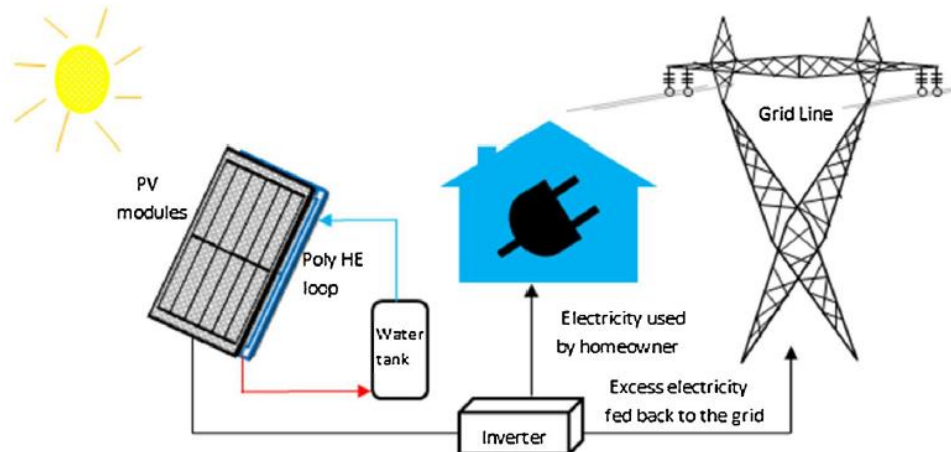
<sup>24</sup> Grid Power Cost

<sup>25</sup> Thermal Energy Storage System

<sup>26</sup> Buker



شکل ۷) سامانه فتوولتائیک-حرارتی طراحی شده برای بام منازل جهت تامین همزمان الکتریسیته و آبگرم مصرفی روزانه [۱۹]



شکل ۸) شماتیک یک سامانه فتوولتائیک-حرارتی متصل به شبکه به همراه فروش برق مازاد تولیدی به شبکه سراسری برق [۱۹]

گوئل و شارما<sup>۲۷</sup> [۲] با مطالعه‌ای مروری اقدام به بررسی اقتصادی سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر کردند، نتایج آن‌ها نشان داد، تنها برای مناطقی که فاصله آن‌ها بیش از ۵۰ کیلومتر با نزدیک‌ترین شبکه توزیع برق سراسری می‌باشد، توسعه سامانه‌های تجدیدپذیر به صرفه‌تر از ساخت خطوط انتقال برق نیروگاهی جدید توسط دولت‌ها است. ضمن اینکه اظهار داشتند هزینه برق تولیدی در سیستم‌های تجدیدپذیر متصل به شبکه به شکل قابل توجهی پایین‌تر از سیستم‌های مستقل می‌باشد و همچنین سیاست‌ها و تسهیلات تشویقی دولت نقش اساسی جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

الواعلی<sup>۲۸</sup> و همکاران [۲۰] بصورت تجربی و عددی به مطالعه فنی و اقتصادی سامانه PV/T متصل به شبکه مبتنی برخنک‌سازی به وسیله سیال حاوی نانوذرات بهبود دهنده انتقال حرارت پرداختند. آن‌ها عنوان نمودند با توجه به اینکه ۸۶ درصد سامانه‌های PV/T در شهرها بصورت متصل به شبکه عمل می‌کنند، هیبرید سازی این سامانه‌ها با برق سراسری متداول‌تر از سامانه‌های PV/T با عملکرد مستقل است. نتایج آن‌ها نشان داد هزینه تمام شده انرژی سیستم مورد مطالعه ۰/۱۹۶ دلار بر کیلووات ساعت، زمان بازگشت سرمایه حدود ۸ سال و با بازدهی ۱۴/۵ درصد می‌باشد. ضمن اینکه استفاده از نانوذرات سیلیکون-کاربید موجب کاهش دمای پنل فتوولتائیک به مقدار ۲۸/۵ درجه‌ای و بیشتر از سیال آب شد.

در ادامه این مطالعه الواعلی و همکاران [۲۱] ذرات نانو PCM پارافین واکس را به سامانه PV/T مذکور اضافه کردند. برای اینکار بخش پشتی پنل توسط ذرات PCM پوشیده شد و ترکیب نانوذرات سیلیکون-کاربید داخل سیال آب در مجاری پشت پنل

<sup>27</sup> Goel & Sharma

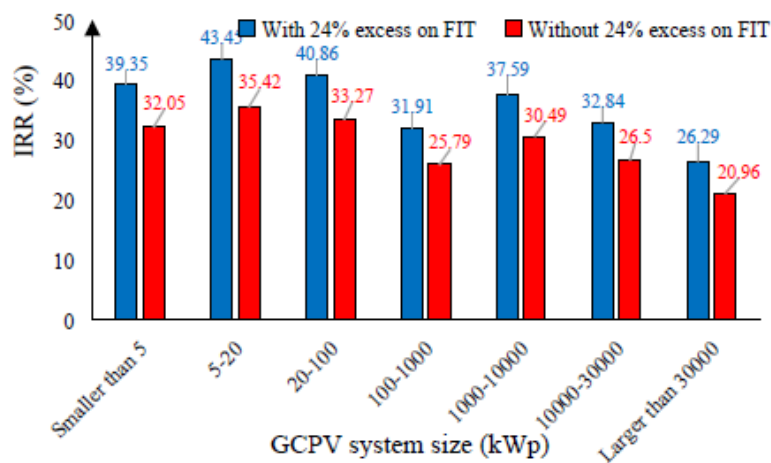
<sup>28</sup> Al-Waeli



به گردش درآمد. بازده الکتریکی سیستم با استفاده از PCM اندکی کاهش و معادل ۱۳/۷ درصد شد در حالی بازده حرارتی به ۷۲ درصد رسید. ضمن اینکه آنها ادعا کردند با این سیستم هزینه انرژی به ۰/۱۲۵ دلار بر کیلووات ساعت کاهش می‌یابد و دوره بازگشت سرمایه ۶ سال می‌گردد.

در مطالعه ای دیگر وزیری راد<sup>۲۹</sup> و همکاران [۲۲] عنوان کردند، قیمت مواد اولیه ساخت فوم آلومینیوم صنعتی مورد استفاده در محیط های متخلخل سامانه های فتوولتائیک-حرارتی حدود ۴ یورو بر کیلوگرم است، همچنین قیمت فروش این مواد در بازار بر اساس ضخامت، میزان تخلخل و خلوص آلومینیوم مابین ۶۰ الی ۲۰۰ یورو بر متر مربع می باشد. در این مطالعه آنها با استفاده از براده های آلومینیوم دور ریز صنعتی هزینه مواد اولیه را به کمتر از ۱/۲ یورو بر کیلوگرم کاهش دادند. علاوه بر این نتایج آنها نشان داد این سیستم به همراه مواد تغییر فاز دهنده عملکرد موثری در کاهش دمای پنل و بهبود بازدهی آن خواهد داشت و در نهایت سامانه فتوولتائیک به همراه مواد تغییر فاز دهنده و محیط متخلخل قیمت تمام شده ای حدود ۲۱۰۰ دلار خواهد داشت که نزدیک به دو برابر سامانه های فتوولتائیک می باشد. بنابراین همچنان نیازمند روش هایی نوین به منظور کاهش قیمت تمام شده ساخت سامانه های فتوولتائیک-حرارتی هستیم.

بخشی و ساده<sup>۳۰</sup> [۲۳] به مطالعه تاثیر ظرفیت نصب شده فتوولتائیک متصل به شبکه در بازدهی اقتصادی پروژه پرداختند، مطابق شکل (۹) دریافتند، در صورت استفاده از پنل های ساخت داخل که دارای تسهیلات تشویقی (مانند قیمت تمام شده پایین تر پنل) در تعرفه ها هستند حدود ۳ سال و برای سایر سرمایه گذاری ها حدود ۵ سال دوره بازگشت سرمایه<sup>۳۱</sup> طول خواهد کشید که البته این ارقام با توجه به در نظر گرفتن امکان فروش به شبکه با تعرفه های دولتی در نظر گرفته شده بود.



شکل (۹) نمودار میزان بازده داخلی (بازده سالانه پروژه) به ازای نصب ظرفیت های متفاوت فتوولتائیک در تهران [۲۳]

جدول (۱) نشان دهنده برخی دیگر از مطالعات اقتصادی انجام شده بر روی سامانه های فتوولتائیک به همراه معرفی نرم افزار بهینه سازی مورد استفاده و منطقه مورد مطالعه می باشد. این مطالعات اغلب با استفاده از نرم افزار های بهینه سازی انجام پذیرفته است که نشان می دهد هزینه تمام شده انرژی سامانه های فتوولتائیک ۱۲ الی ۴۰ سنت بر کیلووات ساعت می باشد، لذا همچنان به منظور قابل رقابت شدن با برق شبکه سراسری نیازمند بهبود می باشد که در این بین کاهش قیمت سیستم های ذخیره سازی انرژی مانند باتری ها نیز نقش مهمی خواهد داشت.

<sup>29</sup> Vaziri Rad

<sup>30</sup> Bakhshi & Sadeh

<sup>31</sup> Internal Rate of Return

جدول ۱. مروری بر نتایج کلی تعدادی دیگر از مهمترین مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اقتصادی سامانه‌های فتوولتائیک

منطقه مطالعه	نتیجه	نوع سیستم	نرم افزار مورد استفاده	رفرنس
کرمان (ایران)	هزینه انرژی به ترتیب برای سیستم ORC، ORC-PV و PV-Battery معادل ۰/۴۳۱، ۰/۳۷۶ و ۰/۳۵۶ \$/kWh <sup>۳۲</sup> ساعت می‌باشد.	مقایسه سیستم مستقل از شبکه سیکل اورگانیک رانکین به صورت تنها یا با پنل فتوولتائیک با سیستم پنل و باتری	HOMER	[۲۴]
۵ شهر (چین)	به ترتیب میانگین هزینه انرژی برای سیستم PV-Grid و PV-Battery-Grid معادل ۰/۰۹ و ۰/۱۲ دلار بر کیلووات ساعت می‌باشد.	مقایسه هزینه انرژی در حالت وجود و عدم وجود باتری برای یک سیستم متصل به شبکه فتوولتائیک	HOMER	[۲۵]
اصفهان (ایران)	سیستم PV/Battery حداقل هزینه انرژی را با ۰/۵۴۶ \$/kWh داشت که آنالیز حساسیت برای ایران بازه ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ \$/kWh را نشان داد.	بهینه‌سازی یک سامانه مبتنی بر توربین بادی و پنل فتوولتائیک بصورت مستقل از شبکه و با آلاینده‌گی صفر <sup>۳۲</sup>	HOMER	[۲۶]
شمال غرب (چین)	هر چند هزینه احداث هر kW نیروگاه حرارتی بیش از دو برابر فتوولتائیک است اما با هزینه انرژی ۰/۱۷ الی ۰/۳۰ \$/kWh به صرفه است.	آنالیز اقتصادی انرژی تولیدی به وسیله نیروگاه حرارتی متمرکز کننده خورشیدی <sup>۳۴</sup> در کشور چین	GOPT	[۲۷]
رامسر و کرمان (ایران)	ظرفیت مشارکت PV و هزینه انرژی به ترتیب در رامسر معادل ۱۲ درصد و ۰/۳۸۳ \$/kWh و برای کرمان ۲۳ درصد و ۰/۱۹۹ \$/kWh بود.	بررسی سیستم متصل به شبکه فتوولتائیک بدون باتری در اقلیم‌های پرتابش و کم تابش خورشیدی ایران	MATLAB	[۲۸]
مولتان (پاکستان)	هزینه انرژی به ترتیب برای سامانه فتوولتائیک، تراف کالکتور و برق شبکه در پاکستان معادل ۰/۱۹۲، ۰/۲۷۳ و ۰/۱۶۰ \$/kWh می‌باشد.	مقایسه اقتصادی سامانه مستقل از شبکه فتوولتائی با سامانه حرارتی- خورشیدی تراف کالکتور <sup>۳۵</sup>	RETScreen	[۲۹]
سوهار (عمان)	استفاده از جهت یاب خورشیدی حدود ۲۰ درصد انرژی تولیدی را بهبود می‌بخشد و هزینه انرژی نهایی ۰/۱۹۶ \$/kWh خواهد شد.	یافتن سایز بهینه نصب باتری و پنل فتوولتائیک بصورت مستقل از شبکه برای اقلیم گرمسیر	MATLAB	[۳۰]
ایرلند شمالی	بهترین هزینه انرژی با شیب حدود ۳۰ درجه پنل خورشیدی معادل ۰/۳۸ الی ۰/۸۵ یورو به ازای هر کیلووات ساعت الکتریسیته خواهد بود.	بهینه‌سازی ظرفیت استفاده از اینورتر و سایز و شیب پنل خورشیدی به منظور یافتن اقتصادی ترین سیستم	TRNSYS	[۳۱]

<sup>32</sup> Dollar per Kilowatt Hour

<sup>33</sup> Zero Emission

<sup>34</sup> Concentrating Thermal Power Plant

<sup>35</sup> Trough Collector



## ۵- بحث و نتیجه گیری

براساس مطالعات مرور شده نتیجه گرفته میشود، اگرچه سامانه های فتوولتائیک حرارتی موجب بهبود عملکرد ماژول های فتوولتائیک به وسیله کاهش دمای سطح آنها، بهبود بازدهی الکتریکی و ایجاد بازدهی حرارتی می شوند، اما هزینه انرژی تولید شده را به شکل قابل ملاحظه ای افزایش میدهند. این افزایش قیمت خصوصا برای سامانه های فتوولتائیک حرارتی مبتنی بر مواد تغییر فاز دهنده، نانو سیالات و یا محیط های متخلخل صنعتی شدید تر بوده و به بیش از ۲۰ سنت بر کیلووات ساعت می رسد. اگرچه برا سامانه هایی که صرفا به شکل ساده ای با آب و یا هوا خنک میشوند هزینه انرژی بین ۱۲ الی ۲۰ سنت بر کیلووات ساعت بوده است که قابل رقابت با برق شبکه سراسری خصوصا در اروپا و آمریکا می باشد. البته به دلیل قیمت بسیار پایین برق شبکه سراسری در کشورهای غرب آسیا، خصوصا ایران این هزینه انرژی به صرفه نبوده که شاید یکی از مهمترین دلایل عدم توسعه سامانه های فتوولتائیک حرارتی در کشور باشد.

## منابع

- [1] Toopshekan A, Youse H, Astaraei FR. Technical , economic , and performance analysis of a hybrid energy system using a novel dispatch strategy. *Energy* 2020;213:118850. doi:10.1016/j.energy.2020.118850.
- [2] S. Goel and R. Sharma, "Performance evaluation of stand alone, grid connected and hybrid renewable energy systems for rural application: A comparative review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. October 2016, pp. 1378-1389, 2017.
- [3] REN21, *Renewable Energy Police Network (REN).Renewables 2017: Global Status Report*. 2017.
- [4] Ministry of Energy of Iran, "Iran - National Energy Balance Sheet," *Electricity States and Informations*, 2016. [Online]. Available: [isn.moe.gov.ir/](http://isn.moe.gov.ir/).
- [5] SolarGIS, "Maps of Global horizontal irradiation, SolarGIS ©2017 GeoModelSolar s.r.o.," *Solar resource maps of Iran*, 2017. [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iran>.
- [6] سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق، "۲۰۱۹"، وزارت نیرو
- [7] P. Alamdari, O. Nematollahi, and A. A. Alemrajabi, "Solar energy potentials in Iran: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 21, pp. 778-788, 2013.
- [8] Kasaeian A, Kouravand A, Vaziri Rad MA, Maniee S, Pourfayaz F. Cavity receivers in solar dish collectors: A geometric overview. *Renew Energy* 2021;169:53-79. doi:10.1016/j.renene.2020.12.106.
- [9] M. George, A. K. Pandey, N. Abd Rahim, V. V. Tyagi, S. Shahabuddin, and R. Saidur, "Concentrated photovoltaic thermal systems: A component-by-component view on the developments in the design, heat transfer medium and applications," *Energy Convers. Manag.*, vol. 186, no. February, pp. 15-41, 2019.
- [10] S. M. Sultan and M. N. Ervina Efzan, "Review on recent Photovoltaic/Thermal (PV/T) technology advances and applications," *Sol. Energy*, vol. 173, no. June, pp. 939-954, 2018.
- [11] R. Santbergen, C. C. M. Rindt, H. A. Zondag, and R. J. C. van Zolingen, "Detailed analysis of the energy yield of systems with covered sheet-and-tube PVT collectors," *Sol. Energy*, vol. 84, no. 5, pp. 867-878, 2010.
- [12] Jahangir MH, Fakouriyan S, Amin M, Rad V. Feasibility study of on / off grid large-scale PV / WT / WEC hybrid energy system in coastal cities: A case-based research. *Renew Energy* 2020;162:2075-95. doi:10.1016/j.renene.2020.09.131.
- [13] REN21, "Advancing the global renewable energy transition: Highlights of the REN21 Renewables 2018 Global Status Report in perspective," *REN21 Renewables 2018 Glob. Status Rep.*, 2017.
- [14] O. Farhangian Marandi, M. Ameri, and B. Adelshahian, "The experimental investigation of a hybrid photovoltaic-thermoelectric power generator solar cavity-receiver," *Sol. Energy*, vol. 161, no. August 2017, pp. 38-46, 2018.
- [15] J. A. Aguilar-Jiménez *et al.*, "Techno-economic analysis of a hybrid PV-CSP system with thermal energy



- storage applied to isolated microgrids,” *Sol. Energy*, vol. 174, no. May, pp. 55–65, 2018.
- [16] K. Tabet Aoul, A. Hassan, A. H. Shah, and H. Riaz, “Energy performance comparison of concentrated photovoltaic – Phase change material thermal (CPV-PCM/T) system with flat plate collector (FPC),” *Sol. Energy*, vol. 176, no. October, pp. 453–464, 2018.
- [17] S. S. Mostafavi Tehrani, Y. Shoraka, K. Nithyanandam, and R. A. Taylor, “Shell-and-tube or packed bed thermal energy storage systems integrated with a concentrated solar power: A techno-economic comparison of sensible and latent heat systems,” *Appl. Energy*, vol. 238, no. October 2018, pp. 887–910, 2019.
- [18] S. Bhattarai, G. K. Kafle, S. H. Euh, J. H. Oh, and D. H. Kim, “Comparative study of photovoltaic and thermal solar systems with different storage capacities: Performance evaluation and economic analysis,” *Energy*, vol. 61, pp. 272–282, 2013.
- [19] M. S. Buker, B. Mempo, and S. B. Riffat, “Performance evaluation and techno-economic analysis of a novel building integrated PV/T roof collector: An experimental validation,” *Energy Build.*, vol. 76, pp. 164–175, 2014.
- [20] A. H. A. Al-Waeli, K. Sopian, H. A. Kazem, and M. T. Chaichan, “Nanofluid based grid connected PV/T systems in Malaysia: A techno-economical assessment,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 28, no. October 2017, pp. 81–95, 2018.
- [21] A. H. A. Al-Waeli, H. A. Kazem, M. T. Chaichan, and K. Sopian, “Experimental investigation of using nano-PCM/nanofluid on a photovoltaic thermal system (PVT): Technical and economic study,” *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 11, no. April, pp. 213–230, 2019.
- [22] Amin M, Rad V, Kasaeian A, Mousavi S, Rajaei F. Empirical investigation of a photovoltaic-thermal system with phase change materials and aluminum shavings porous media. *Renew Energy* 2020;167:662–75. doi:10.1016/j.renene.2020.11.135.
- [23] R. Bakhshi and J. Sadeh, “Economic evaluation of grid-connected photovoltaic systems viability under a new dynamic feed-in tariff scheme: A case study in Iran,” *Renew. Energy*, vol. 119, pp. 354–364, 2018.
- [24] M. H. Jahangir, S. A. Mousavi, and M. A. Vaziri Rad, “A techno-economic comparison of a photovoltaic/thermal organic Rankine cycle with several renewable hybrid systems for a residential area in Rayen, Iran,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 195, no. April, pp. 244–261, 2019.
- [25] C. Li, D. Zhou, and Y. Zheng, “Techno-economic comparative study of grid-connected PV power systems in five climate zones, China,” *Energy*, vol. 165, pp. 1352–1369, 2018.
- [26] M. Haratian, P. Tabibi, M. Sadeghi, B. Vaseghi, and A. Poustoudoz, “A renewable energy solution for stand-alone power generation: A case study of KhshU Site-Iran,” *Renew. Energy*, 2018.
- [27] E. Du, N. Zhang, B. M. Hodge, C. Kang, B. Kroposki, and Q. Xia, “Economic justification of concentrating solar power in high renewable energy penetrated power systems,” *Appl. Energy*, vol. 222, no. March, pp. 649–661, 2018.
- [28] S. Edalati, M. Ameri, M. Iranmanesh, H. Tarmahi, and M. Gholampour, “Technical and economic assessments of grid-connected photovoltaic power plants: Iran case study,” *Energy*, vol. 114, pp. 923–934, 2016.
- [29] S. M. S. Sadati, F. U. Qureshi, and D. Baker, “Energetic and economic performance analyses of photovoltaic, parabolic trough collector and wind energy systems for Multan, Pakistan,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 47, pp. 844–855, 2015.
- [30] H. A. Kazem, T. Khatib, and K. Sopian, “Sizing of a standalone photovoltaic/battery system at minimum cost for remote housing electrification in Sohar, Oman,” *Energy Build.*, vol. 61, pp. 108–115, 2013.
- [31] J. D. Mondol, Y. G. Yohanis, and B. Norton, “Optimising the economic viability of grid-connected photovoltaic systems,” *Appl. Energy*, vol. 86, no. 7–8, pp. 985–999, 2009.



## اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای براساس استاندارد بین‌المللی ISO

محمد صادق رهبانی\*

۱- دانشجو، مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران، تهران.

\* تهران، [sadeghrohan@gmail.com](mailto:sadeghrohan@gmail.com)

### چکیده

تغییر اقلیم به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های فراروی ملت‌ها، دولت‌ها، کسب و کار و شهروندان در دهه‌های آینده خواهد بود. این تغییر، بر سامانه‌های انسانی و طبیعی تاثیر می‌گذارد و می‌تواند به تغییرات قابل توجهی در استفاده از منابع، تولید و فعالیت‌های اقتصادی منجر شود.

در واکنش به این موضوع، اقدامات بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی و محلی شروع شده است که در راستای محدودسازی میزان گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین می‌باشند.

انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی، باعث تغییرات آب و هوایی می‌شود.

لذا اندازه‌گیری میزان و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) از اولویت‌های جلوگیری از این تغییرات می‌باشد. استاندارد بین‌المللی ایزو (ISO) روش‌های استاندارد را برای اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای مطرح می‌نماید و با استفاده از این روش‌ها، یکسان‌سازی مقادیر اندازه‌گیری، جمع‌آوری داده‌ها، منابع و چاهک‌ها صورت گرفته و در نهایت دسترسی به نتایج قابل اعتماد علمی صورت می‌گیرد، که این نتایج قابل ارائه و مقایسه در سطح بین‌المللی می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** تغییرات آب‌وهوایی، استاندارد، ایزو، گازهای گلخانه‌ای.



## Measurement of greenhouse gases according to the international standard ISO

Mohammad Sadegh Rohbani<sup>\*1</sup>

1- Student, Nature Engineering, University of Tehran, Tehran.

[sadeghrohban@gmail.com](mailto:sadeghrohban@gmail.com) \*

### Abstract

Climate change will be one of the biggest challenges facing nations, governments, businesses and citizens in the coming decades. This change affects human and natural systems and can lead to significant changes in resource use, production and economic activities.

In response, international, regional, national, and local measures have been taken to limit greenhouse gas emissions into the Earth's atmosphere.

Emissions of greenhouse gases, especially carbon dioxide from fossil fuels for energy production, cause climate change. Therefore, measuring the amount and emission of greenhouse gases (GHG) is one of the priorities to prevent these changes.

The International Standard ISO (ISO) introduces standard methods for measuring greenhouse gases and, using these methods, standardizes measurement values, data collection, sources and wells. And finally access to reliable scientific results, which can be presented and compared internationally

**Keywords:** Climate change, Standard, ISO, Greenhouse Gases (GHG).



## ۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی جهان، شناخته شده است و در دهه‌های آینده بر تجارت و ساکنین هر منطقه نیز تاثیر خواهد گذاشت.

تغییرات اقلیمی هم بر روی سامانه‌های انسانی و هم بر سامانه‌های طبیعی تاثیر دارد و می‌تواند منجر به تاثیرات قابل توجهی در دسترسی به منابع، فعالیت‌های اقتصادی و رفاه انسانی شود،

در ازای آن، به منظور کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای (GHG<sup>۱</sup>) در اتمسفر زمین و همچنین تسهیل سازگاری با تغییرات اقلیمی، ابتکارهای بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی و محلی توسط بخش‌های دولتی و خصوصی در حال توسعه و اجرا هستند.

در مقابل تهدید فوری تغییرات اقلیمی، نیاز به پاسخ موثر و پیشرونده بر اساس بهترین دانش علمی موجود، وجود دارد. سازمان بین‌المللی استاندارد ISO<sup>۲</sup> مدارکی را تدوین می‌کند که از تبدیل دانش علمی به ابزاری حمایت می‌کند که در پرداختن به تغییرات اقلیمی کمک خواهند کرد.

مسائل مربوط به گازهای گلخانه‌ای یا GHG در زمینه کاهش آلاینده‌ها مبتنی بر تعیین، پایش، گزارش و تصدیق و یا حذف گازهای گلخانه‌ای است.

سری استاندارد ISO 14060 برای مقدارسنجی، پایش، گزارش‌دهی و تصدیق و میزان انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای جهت حمایت از توسعه پایدار از طریق اقتصاد کم کربن و به نفع سازمان‌ها و افراد علاقه‌مند در سراسر جهان، وضوح و ثبات را فراهم می‌کند.

این استاندارد اصول و الزامات مربوط به طراحی، توسعه، مدیریت و گزارش موجودی‌های GHG در سطح سازمان را شرح می‌دهد، که شامل الزاماتی در تعیین مرزهای انتشار و حذف GHG، مقدارسنجی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و حذف آن‌ها، و شناسایی اقدامات یا فعالیت‌های خاص شرکت با هدف بهبود مدیریت GHG است.

همچنین شامل الزامات و راهنمایی‌هایی در مورد مدیریت کیفیت موجودی، گزارش‌دهی، حسابرسی داخلی و مسئولیت‌های سازمان در فعالیت‌های تایید و راستی آزمایی است. [1]

## ۲- دسته‌بندی موجودی GHG

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای باید در سطح سازمان در دسته‌های زیر بررسی شود:

- ۱) انتشار مستقیم GHG و حذف آن‌ها؛
- ۲) انتشار غیرمستقیم GHG از انرژی وارد شده؛
- ۳) انتشار غیرمستقیم GHG از حمل و نقل؛
- ۴) انتشار غیرمستقیم GHG از محصولاتی که توسط سازمان استفاده می‌شود؛
- ۵) انتشار غیرمستقیم GHG در ارتباط با استفاده از محصولات به‌دست آمده از سازمان؛
- ۶) انتشار غیرمستقیم GHG از منابع دیگر. [2]

در هر دسته، انتشارهای غیرزیست‌زاد، انتشارهای زیست‌زاد مرتبط با انسان و اگر انتشار زیست‌زاد غیر مرتبط با انسان مقدارسنجی و گزارش شوند، باید از هم تفکیک شوند.

1.Greenhouse gas (GHG)

2.International Organization for standardization (ISO)



### ۳- انتخاب رویکرد مقدارسنجی

روش کمیت‌سنجی، رویکرد به دست‌آوردن داده‌ها و تعیین میزان انتشار یا حذف گازهای گلخانه‌ای از منبع یا چاهک است. انتشار یا حذف گازهای گلخانه‌ای از طریق اندازه‌گیری یا مدل‌سازی قابل‌دستیابی است.

سازمان باید روش مقدارسنجی خود و هرگونه تغییر در رویکرد مقدارسنجی را توضیح و مستند کند.

داده‌های مورد استفاده برای مقدارسنجی ممکن است شامل میانگین مصرف سوخت کامیون و مشخصات آن به عنوان استاندارد برای تعیین مصرف سوخت باشد.

سازمان باید با در نظر گرفتن ویژگی‌های مدل زیر، توجیه انتخاب یا توسعه مدل را توضیح داده و مستند کند:

(۱) چگونه این مدل دقیقاً میزان انتشار و حذف را نشان می‌دهد؛

(۲) محدودیت‌های کاربرد آن؛

(۳) عدم قطعیت و سخت‌گیری آن؛

(۴) تکرارپذیری نتایج؛

(۵) قابل قبول بودن مدل؛

(۶) منشاء و سطح شناخت مدل؛

(۷) سازگاری با کاربرد مورد نظر [3].

همچنین لازم به ذکر است که انواع مختلفی از مدل‌ها از داده‌های فعالیت ضرب‌در عوامل انتشار استفاده می‌کنند.

### ۴- محاسبه انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای

سازمان باید انتشار و حذف GHG را مطابق با روش کمیت انتخاب شده محاسبه کند. دوره زمانی که میزان انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای محاسبه شده باید گزارش شود.

سازمان باید با استفاده از  $GWP^{38}$ ‌های مناسب، مقدار هر نوع GHG را به تن CO<sub>2</sub>e تبدیل کند. آخرین GWP IPCC باید استفاده شود. در غیر این صورت باید توجیهی ارائه شود. افق زمانی 100 GWP باید سال باشد.

مثال طرح‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای شامل موارد زیر است:

- مدیریت تقاضا و استفاده از انرژی؛
- بهره‌وری انرژی؛
- پیشرفت تکنولوژی یا فرآیند؛
- ثبت و ذخیره سازی GHG، به طور معمول در یک مخزن GHG؛
- مدیریت تقاضای حمل و نقل و مسافرت؛
- تعویض یا جایگزینی سوخت؛
- جنگل‌کاری؛
- به حداقل رساندن ضایعات؛



- از سوخت‌های جایگزین و مواد اولیه (AFR) برای جلوگیری از دفن زباله یا سوزاندن زباله استفاده می‌شود.
- مدیریت میرد. [4]

انتشار و حذف مستقیم گازهای گلخانه‌ای از منابع یا چاهک‌های GHG درون مرزهای سازمانی اتفاق می‌افتد و متعلق به سازمان است. این منابع می‌توانند ثابت (به عنوان مثال بخاری، ژنراتور برقی، فرآیند صنعتی) یا سیار (به عنوان مثال وسایل نقلیه) باشند. مثال هایی از زیر گروه‌ها و شناسایی منابع و چاهک‌های مرتبط:

الف) انتشار مستقیم از احتراق ثابت، که نتیجه احتراق هر نوع سوخت (فسیل یا زیست توده) است که در تجهیزات ثابت از قبیل بخاری، توربین های گازی، دیگ‌های بخار سوزانده می‌شود. این می‌تواند برای تولید گرما، کار مکانیکی و بخار انجام شود.

ب) انتشار مستقیم از احتراق متحرک، که در نتیجه سوختن در وسایل حمل و نقل مانند وسایل نقلیه موتوری، کامیون، کشتی، هواپیما، لکوموتیوهای کامیون بالا بر است.

پ) فرآیند مستقیم انتشار و حذف از فرآیند های صنعتی.

ت) انتشار مستقیم گازهای فرار از انتشار GHG ها در سامانه های انسانی.

انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مستقر در خارج از مرزهای سازمانی رخ می‌دهد. این منابع متحرک هستند و بیشتر به دلیل سوختن در تجهیزات حمل و نقل هستند. در صورت لزوم، این دسته همچنین شامل انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با موارد زیر است:

- نشت گاز دستگاه برودتی (مانند حمل و نقل سرد، تهویه هوا)؛
- انتشار گازهای بالادست ناشی از تولید سوخت و انتقال / توزیع سوخت؛
- ساخت تجهیزات حمل و نقل (وسیله نقلیه و زیرساخت‌ها).

این دسته شامل حمل و نقل برای اشخاص، کالاها و برای همه حالت‌ها (ریلی، دریایی، هوایی و جاده‌ای) است.

داده فعالیت (حجم سوخت) از رسیدهای تامین سوخت جمع‌آوری می‌شود. از این تعداد، کل حجم برای یک سال با اضافه کردن آن‌ها محاسبه می‌شود. ضریب انتشار سوخت از مقادیر پیش فرض IPCC برگرفته می‌شود. [5]

هیچ ملاحظه‌ای برای مقادیر کم کربن و یا انتشار گازهای دیگر (به عنوان مثال متان) در نظر گرفته نشده‌است. انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تکثیر حجم سوخت سالانه که از رسیدهای آن گرفته می‌شود، عامل انتشار پیش فرض است.

#### ۵- راهنمایی در مورد انتخاب یا توسعه مدل اندازه‌گیری GHG

تعیین مدل مناسب برای انتخاب، به میزان دقت و هزینه‌ای که برای تعیین میزان انتشار / حذف گازهای گلخانه‌ای از منبع با توجه به اهمیت آن، بستگی دارد. دقت و هزینه اغلب، اما نه همیشه در تقابل است، با افزایش سطح دقت نیاز به اجرای راه‌حل‌های پرهزینه‌تر نمود پیدا می‌کند.

با این حال، این رابطه خطی نیست، و اغلب اوقات برای افزایش دقت و بدون افزایش قابل توجه هزینه، محدوده بزرگی وجود دارد.

مواردی که باعث می‌شوند هزینه‌ها تحت تاثیر مستقیم قرار بگیرند:

- سامانه های پایه که برای اهداف کنترل فرآیند وجود داشته است.
- الزامات کیفیت داده برای دستیابی، با استفاده از یک مدل GHG مشخص، عدم قطعیت مشخص شده برای رویکرد مقدار سنجی.
- شرایط بازار مانند دسترسی محلی تامین کنندگان که می‌توانند با هزینه مناسب، واسنجی، نگهداری و تعمیر تجهیزات را انجام دهند. [6]

به طور کلی، عمل خوب پیروی از الزامات اجباری مشخص شده در داخل کشور یا منطقه برای نظارت بر انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای است، چرا که این الزامات باید توسط متخصصان ارزیابی شده و در نظر گرفته شود که تعادل مناسب بین شیوه‌های صنعتی محلی و دقت لازم برای انتشار گازهای گلخانه‌ای و تعیین میزان حذف در چارچوب محلی وجود دارد.

#### ۶- محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای و حذف آن‌ها

مقدار نهایی انتشار/ حذف گازهای گلخانه‌ای یک عدم قطعیت خاص خواهد داشت، که باید در حد مجاز تعیین شده توسط سازمان باشد. سازمان باید عدم قطعیت مرتبط با رویکردهای مقدار (به عنوان مثال داده‌های مربوط به مقدار و مدل‌ها) را تعیین کند و ارزیابی را انجام دهد که عدم قطعیت را در سطح دسته موجودی GHG تعیین کند.

منابع عدم قطعیت می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

(الف) عدم قطعیت پارامتر (یا عوامل محاسبه)، به عنوان مثال عوامل انتشار، داده‌های فعالیت؛

(ب) عدم قطعیت سناریو، به عنوان مثال از سناریوی مرحله‌ای یا سناریوی مرحله پایان زندگی استفاده کنید؛

(پ) عدم قطعیت مدل.

#### ۷- عملکرد انتشار گازهای گلخانه‌ای بیوشیمیایی و حذف CO<sub>2</sub>

انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای زیست‌زاد آنتروپوژنیک نتیجه فعالیت انسان است. انتشار گازهای گلخانه‌ای زیست‌زاد آنتروپوژنیک (به عنوان مثال CO<sub>2</sub>، CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O) ممکن است ناشی از احتراق زیست‌توده و همچنین فرآیندهای دیگر باشد (به عنوان مثال تجزیه هوازی و بی‌هوازی زیست‌توده و مواد آلی خاک).

انتشار و حذف CO<sub>2</sub> زیست‌زاد آنتروپوژنیک باید از انتشار گازهای گلخانه‌ای، جداگانه اندازه‌گیری و گزارش شود. انتشارات زیست‌زاد آنتروپوژنیک و حذف سایر گازهای گلخانه‌ای (به عنوان مثال CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O) باید اندازه‌گیری شود و به عنوان فعالیت مربوط به انسان گزارش شود.

انتشار GHG زیست‌زاد غیرانسانی و غیره که از CO<sub>2</sub> ناشی از بلایای طبیعی (به عنوان مثال آتش‌سوزی یا آلودگی حشرات) یا تکامل طبیعی (به عنوان مثال رشد، تجزیه) ممکن است اندازه‌گیری شود و در این صورت باید جداگانه گزارش شود. [7]

#### ۸- بحث و نتیجه‌گیری

تعیین میزان انتشار و حذف گازهای گلخانه‌ای از برنامه‌های توسعه پایدار سازمان ملل متحد است.

اگرچه بخار آب و ازون که حاصل پیدایش و تکامل انسان است، جزو گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شوند ولی به دلیل مشکلات در جداسازی مولفه‌های انسانی، به عنوان گازهای گلخانه‌ای شناخته شده در نظر گرفته نمی‌شود.

برای اندازه‌گیری میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای باید انواع انتشارهای مستقیم و غیر مستقیم و همچنین انتشارهای غیر زیست‌زاد و زیست‌زاد به تفکیک مرتبط با انسان و غیرمرتبط با انسان مقدارسنجی شده و گزارش شود.

باید کلیه منابع و چاهک‌های مرتبط با گازهای گلخانه‌ای شناسایی و مستندسازی شوند. روش کمیت‌سنجی از طریق اندازه‌گیری یا مدل‌سازی قابل دستیابی است. همچنین، مدل جمع‌آوری داده‌ها باید قابل قبول بوده و قابلیت تکرارپذیری داشته باشد. در نهایت طرح‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) باید به صورت مدون بیان گردد.



## منابع

- [1] ISO 9001, Quality management systems – Requirements
- [2] ISO 10715, Natural gas – Sampling guidelines
- [3] ISO 14033, Environmental management – Quantitative environmental information – Guidelines and examples
- [4] ISO 14064-2, Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.
- [5] ISO 14065, Greenhouse gases – Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition.
- [6] World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)/World Resources Institute (WRI). “Greenhouse Gas Protocol, Corporate Accounting and Reporting Standard”, April 2004 and “GHG Protocol Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard”, 2011. Available from: <https://ghgprotocol.org>.
- [7] The Climate Registry. <https://www.theclimateregistry.org/>



## درس‌هایی از سوگیری‌های رفتاری نسبت به COVID-19 برای سیاست‌های اقلیمی و خطرات تغییر اقلیم

فاطمه ملکی<sup>۱</sup>، محمدمهدی پورحنیفه<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجو، مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران، تهران.

۲- دانشجو، مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران، کرج.

\* کرج، m.pourhanifeh@gmail.com

### چکیده

COVID-19 و تغییرات اقلیمی از نظر علل و عواقب شباهت‌های بسیاری دارند. به عنوان مثال هر دو بیشترین تأثیر را بر جوامع محروم و آسیب‌پذیر می‌گذارند. هر دو این مشکلات را می‌توان به عنوان خطرات کم احتمال پر پیامد (LP-HC) توصیف کرد، که با تعصبات رفتاری مختلفی همراه است و این خطرات در نتیجه انحراف رفتارهای فردی از ارزیابی منطقی پیامد‌های خطر است که توسط کارشناسان ارائه شده است. همچنین می‌توان از شیوع بیماری COVID-19 به عنوان یک آزمایش سریع برای چگونگی برخورد موثر با تغییرات اقلیمی قبل از اینکه خیلی دیر شود، بهره برد.

با این حال، سوال بعدی این است که آیا بحران COVID-19 و عواقب ناشی از آن، در مدیریت تغییرات اقلیمی و سیاست‌های سازگاری که بسته به درک و اقدام جامعه اتخاذ می‌شود، به منظور کاهش خطرات LP-HC موثر است؟

با بهره‌گیری از تحلیل‌هایی که در مورد تعصبات رفتاری موجود در تصمیمات فردی بر اساس دهه‌ها تحقیق در روانشناسی و اقتصاد رفتاری است، می‌توان نشان داد که چگونه میان فرآیندهای تصمیم‌گیری درباره COVID-19 و تغییرات اقلیمی ارتباط برقرار کرد. در واقع تأثیرات ناشی از تغییرات اقلیمی می‌تواند کاهش یابد اگر به طور فعالانه از همه‌گیری‌ها درس بگیریم، و سیاست‌هایی را اجرا کنیم که در این راستا باشد. بعلاوه می‌توان نتیجه گرفت که توصیه‌هایی برای سیاست‌های ارتباطی، مردم را به خطرات تغییرات آب و هوا و پیوند دولت متوجه کند. به عبارت دیگر پاسخی است به بحران COVID-19 و پیامدهای آن که بر پایداری محیط زیست و اقدامات آب و هوایی اثرگذار است.

**واژگان کلیدی:** تغییرات آب‌وهوایی، اقلیم، بیماری کرونا، گازهای گلخانه‌ای.



## Lessons for climate policy from behavioral biases towards COVID-19 and climate change risks

Fatemeh Maleki<sup>1</sup>, Mohammad Mahdi Pourhanifeh<sup>2\*</sup>

1- Student, Nature Engineering, University of Tehran, Tehran.

2- Student, Nature Engineering, University of Tehran, Karaj.

[m.pourhanifeh@gmail.com](mailto:m.pourhanifeh@gmail.com) \*

### Abstract

COVID-19 and climate change share several striking similarities in terms of causes and consequences.

Both problems can be characterized as low-probability–high consequence (LP-HC) risks, which are associated with various behavioral biases that imply that individual behavior deviates from rational risk assessments by experts and optimal preparedness strategies. One could view the COVID-19 pandemic as a rapid learning experiment about how to cope more effectively with climate change and develop actions for reducing its impacts before it is too late. However, the ensuing question relates to whether the COVID-19 crisis and its aftermath will speed up climate change mitigation and adaptation policies, which depends on how individuals perceive and take action to reduce LP-HC risks.

Using insights into behavioral biases in individual decisions about LP-HC risks based on decades of empirical research in psychology and behavioral economics, we illustrate how parallels can be drawn between decision-making processes about COVID-19 and climate change. We contend that the impacts from climate change can be mitigated if we proactively draw lessons from the pandemic, and implement policies that work with, instead of against, an individual's risk perceptions and biases. We conclude with recommendations for communication policies that make people pay attention to climate change risks and for linking government responses to the COVID-19 crisis and its aftermath with environmental sustainability and climate action.

**Keywords:** Climate change, COVID-19, Climate, Greenhouse Gases.

## ۱- مقدمه

بیماری همه گیر COVID-19، شکنندگی جامعه جهانی ما را در مواجهه با شوک‌های ناشی از سیستم طبیعی به نمایش می‌گذارد و نگرانی‌هایی اساسی در مورد پایداری شیوه زندگی ما ایجاد می‌کند.

همچنین نشان می‌دهد که چگونه رشد جمعیت، شهرنشینی، جهانی سازی و سفرهای انبوه منجر به یک پیچیدگی دامنه دار می‌شود. همچنین شباهت‌های زیادی با یک بیگانگی جهانی دیگر یعنی تغییر اقلیم دارد.

بین هر دو مشکل شباهت‌های چشمگیری از نظر علت وجود دارد، مانند حمل و نقل ناپایدار و سیستم‌های غذایی، و پیامدهایی از جمله خطر سلامت محور.

علاوه بر این، هم COVID-19 و هم تغییرات اقلیمی به طور نامتناسبی بر جوامع محروم تأثیر می‌گذارند و در نتیجه نابرابری‌های جهان را تشدید می‌کنند. هم تأثیرات همه‌گیری کنونی و هم بسیاری از عواقب ناشی از تغییرات اقلیم، مانند حوادث طبیعی مکرر و شدید را می‌توان به عنوان خطرات LP-HC یعنی خطرات کم احتمال پر پیامد توصیف کرد.

همچنین می‌توان بحران COVID-19 را به عنوان یک آزمون سریع یادگیری در مورد چگونگی کنار آمدن با تغییرات اقلیمی در نظر گرفت. این مسئله از یک طرف نشان می‌دهد که تغییر در سبک زندگی، اگرچه ممکن است موقتی باشد، اما امکان پذیر است.

از طرف دیگر، عدم آمادگی در پاسخ آهسته به شیوع بیماری باعث تأثیرات عظیم بر سلامت و اقتصاد می‌شود و نگرانی‌های زیادی در پی خواهد داشت. درس گرفتن از تجربیات بیماری‌های همه‌گیر برای سیاست‌گذاری اقلیمی ضروری است.

یک سوال مهم این است که آیا بحران COVID-19 و عواقب ناشی از آن، علاقمندان و طرفین اصلی را به توجه بیشتر در کاهش و سازگاری تغییرات اقلیمی، سوق می‌دهد؟

این مسئله به نحوه درک و عملکرد افراد برای کاهش خطرات LP-HC بستگی دارد. با استفاده از بینش شش‌گانه که در ارتباط با تصمیمات فردی در مورد خطرات LP-HC است، بر اساس دهه‌ها تحقیق در روانشناسی و اقتصاد رفتاری، نشان می‌دهیم که چگونه می‌توان تصمیم‌گیری‌هایی در مورد COVID-19 و تغییر اقلیم به موازات یکدیگر را انجام داد.

می‌توان نشان داد که تأثیرات ناشی از تغییر اقلیم می‌تواند تحت شرایطی کاهش پیدا کند، بدین صورت که در کنار درس گرفتن از همه‌گیری‌ها، سیاست‌هایی اتخاذ کنیم که در راستای این تعصبات فردی باشد و نه برخلاف آن. [1]

## ۲- سوگیری‌های رفتاری

### ۲-۱- ساده سازی

افراد به جای ارزیابی منطقی از احتمال کامل خطر، تمرکز بر احتمال کم وقوع یک فاجعه یا عواقب احتمالی آن را انتخاب می‌کنند. بسیاری از افراد برای تصمیم‌گیری در مورد اتخاذ تدابیر محافظتی پیش از وقوع فاجعه احتمالی، از مدل آستانه استفاده می‌کنند. آنها معمولاً احتمال وقوع خطرات LP-HC را در زیر سطح آستانه نگرانشان می‌بینند به موجب آن هیچ اقدامی برای کاهش خطر انجام نمی‌دهند.

بسیاری از خطرات مربوط به تغییرات اقلیمی، مانند بلاهای طبیعی، احتمال وقوع کمی دارند به همین دلیل برای افراد احتمال به صفر رسیدن یا پایین آمدن از سطح آستانه نگرانی‌شان وجود دارد.

همین مسئله در مورد بیماری‌های همه‌گیر نیز اتفاق می‌افتد. مردم به طور کلی احتمال بروز بیماری‌های همه‌گیر را تا زمانی که در محیط اطراف آن‌ها رخ ندهد، نادیده می‌گیرند.

این اتفاق زمانی است که افراد شروع به تمرکز بر عواقب محدودیت سلامتی کرده و اقداماتی از قبیل گذاشتن ماسک می‌کنند.

## ۲-۲- دسترسی

افراد خطرات LP-HC را مانند خطرات مرتبط با تغییرات اقلیمی و COVID-19 دست کم می‌گیرند تا زمانی که پیامدهای فاجعه بار آن را تجربه کنند یا از دوستان و خانواده ای که از این تهدید رنج برده اند، اطلاعات کسب کنند. این دست کم گرفتن ناشی از این نوع سوگیری است.

مطالعات تجربی نشان می‌دهد که نگرانی‌های فردی در مورد تغییرات اقلیمی و تمایل به اتخاذ اقدامات کاهش دهنده به طور مثبت با تجربیات مرتبط با خطرات مربوط به تغییرات اقلیمی مانند حوادث سیل مرتبط است.

در ارتباط با COVID-19 هم افرادی بیشتر در مورد خطر ابتلا به COVID-19 نگرانند که عفونت و مرگ ناشی از این ویروس به میزان بیشتری در کشورشان رخ داده است.

این تئوری به ویژه در مورد تغییرات اقلیمی مشکل ساز است که برای افراد برجسته نیست مگر اینکه اثرات آن از جمله طغیان مکرر ناشی از بالا رفتن سطح دریا را تجربه کنند. هنگامی که خطرات اقلیمی در مقیاس بزرگ تحقق یابد و آگاهی از خطر به میزان کافی باشد، ممکن است برای معکوس کردن روند ناخواسته اقلیم خیلی دیر باشد [2].

## ۲-۳- ظرفیت محدود نگرانی

فرضیه ظرفیت محدود نگرانی بیان می‌کند که زمانی که نگرانی در مورد یک موضوع افزایش می‌یابد، نگرانی در مورد سایر مسائل کاهش می‌یابد زیرا افراد منابع عاطفی محدودی دارند.

از این تئوری برای توضیح کاهش شدید نگرانی در مورد تغییر اقلیمی پس از رویدادهای مهمی نظیر ۱۱ سپتامبر و بحران مالی ۲۰۰۸ استفاده شده است که به ترتیب باعث غالب شدن نگرانی در مورد امنیت ملی و اوضاع اقتصادی شد.

به همین ترتیب، COVID-19، با توجه به پیامدهای وخیم آن از نظر سلامتی و اقتصادی، ممکن است نگرانی را از تغییرات اقلیمی به سمت بیماری‌های همه گیر و بیکاری سوق دهد.

ممکن است تغییرات اقلیمی همچون COVID-19، زمانی به اندازه کافی در محدوده نگرانی مردم قرار گیرد که برای جلوگیری از تأثیرات شدید آن خیلی دیر است.

## ۲-۴- کوتاه نظری

افراد معمولاً تصمیمات مربوط به سرمایه گذاری را در افق‌های زمانی ارزیابی می‌کنند که از آن مقدار که برای سرمایه گذاری مورد نیاز است کوتاه‌تر است.

سرمایه گذاری برای عملکرد در راستای سازگاری و کاهش تغییرات آب و هوایی از این قبیل است. این رفتار که کوتاه بینی نامیده می‌شود با کمبود منافع حاصل از اقداماتی که در راستای کاهش خطر در آینده انجام می‌شود و زیادبودن هزینه‌های اولیه برای کاهش ریسک این خطرات مرتبط است.

این تفکر، تقاضا برای اقداماتی که در راستای کاهش و سازگاری تغییرات اقلیمی با هزینه‌های اولیه بالا و منافع طولانی مدت است را کاهش می‌دهند.

مفهوم کوتاه بینی این است که افراد، هنگام احساس خطر فوری وارد عمل می‌شوند. این مورد را می‌توان با رفتار در طی همه گیری COVID-19 نشان داد که در آن بسیاری از افراد (در ابتدا) اقدامات قرنطینه و تعطیلی‌ها را پذیرفتند، زیرا به عنوان یک مشکل فوری و ضروری برای شناخته شد.

با این حال، این مسئله در مورد تغییرات اقلیمی که به عنوان یک مشکل بلند مدت مشاهده می‌شود، صدق نمی‌کند.



## ۵-۲- تعصب "در دوره مسئولیت من نیست"

سیاستمداران معمولاً اقداماتی را که در راستای محدود کردن خطرهای کم احتمال است و در دوره مسئولیت آن‌ها رخ نمی‌دهد انجام نمی‌دهند زیرا از رای دهندگان برای محدود کردن تأثیر رویدادهایی که هنگام ریاست آن‌ها اتفاق نمی‌افتد پاداش ناکافی می‌گیرند. این وضعیت تعصب "در دوره نمایندگی من نیست" نامیده شده است.

این نوع تعصب، مسئله اصلی در مورد تغییرات اقلیمی است. کاهش گازهای گلخانه‌ای به این معنی است که اکنون باید اقدامات پرهزینه‌ای برای به حداقل رساندن خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی در آینده اتخاذ شود، که به طور عمده به نفع نسل‌های بعدی است.

به طور مشابه، خطرات بیماری‌های همه‌گیر قبل از شیوع COVID-19 از طریق گزارش‌های رسمی، همراه با اطلاعات مربوط به اقدامات کاهش خطر از جمله سرمایه‌گذاری در ظرفیت بخش مراقبت‌های ویژه، امکانات آزمایش و تجهیزات کافی محافظتی، برای دولت‌ها شناخته شده بود. با این حال، تقریباً هیچ یک از دولت‌های سراسر جهان برای یک بیماری همه‌گیر آمادگی کافی را نداشت، که ممکن است با سوگیری NIMTOF توضیح داده شود. [3]

## ۶-۲- متحد کردن

تصمیمات افراد در اغلب اوقات تحت تأثیر رفتار افراد دیگر است، به خصوص در شرایط تردید که در مواجهه با هنجارهای اجتماعی پیش می‌آید، که از آن به عنوان سوگیری جمعی یا تأثیر دسته‌ای یاد می‌شود. (میر و کانروتر، ۲۰۱۷). [4]

رفتار گروهی می‌تواند تا حدودی حمایت گسترده و موافقت با برخی قوانین که برای محدود کردن خطر ابتلا به کووید ۱۹ اتخاذ شده اند را توضیح دهد، برای مثال فاصله‌ی اجتماعی و استفاده از ماسک.

در موضوع خطرات مربوط به تغییر اقلیم، زمانی که افراد از اقدامات مشابه همسایگان و دوستان خود با خبر می‌شوند، در خانه‌های خود تصمیمات مشابهی را برای محدود کردن خسارات ناشی از بلایای طبیعی می‌گیرند. (لو، ۲۰۱۳) [5] برعکس، افرادی که در محیط زیست خود تنها هستند نمی‌توانند برای افزایش سازگاری و کم کردن اثرات خطر، اقداماتی نظیر افراد حاضر در جمع انجام دهند. سوگیری جمعی، با اشاره به هنجارهای اجتماعی باعث افزایش توجه به آن‌ها می‌شود.

برای مثال با برجسته کردن رفتار اقلیم دوستانه‌ی دیگران، می‌تواند وسیله‌ای محرک در جهت فعالیت‌های اقلیمی شود.

## ۳- درس‌ها

در اثر برخی سوگیری‌های رفتاری که شناسایی شده‌اند، چالش‌هایی برای فعالیت‌های اقلیمی به وجود آمده است. سوگیری تسهیلی، به این معنی است که افراد احتمال وقایع با احتمال کم و پیامدهای زیاد را برای خود نگران کننده نمی‌دانند و برای کاهش خطر آن‌ها اقداماتی انجام نمی‌دهند.

مگر اینکه با توجه به سوگیری آشناگرایی، تأثیرات چنین حادثه‌ای را تجربه کنند. "محدود بودن نگرانی‌ها" به این موضوع اشاره می‌کند که به دلیل پیامد‌های بیماری کرونا بر روی سلامتی و بیکاری، افراد بیشتر به سلامتی و شرایط اقتصادی خود توجه می‌کنند و نگرانی کمتری نسبت به مسائل مربوط به تغییر اقلیم دارند.

میوپیا یا نزدیک بینی باعث می‌شود که افراد به دلیل منافع شخصی خود، برای اقدامات مربوط به کاهش خطرات ناشی از تغییر اقلیم به اندازه‌ی کافی ارزش قائل نشوند، همان‌طور که این موضوع برای سیاستمداران تحت عنوان سوگیری NIMTOF شناخته می‌شود. سوگیری جمعی به این معنی است که افراد به دلیل عدم آمادگی و تجربه، از افرادی که خطرات را در گذشته مشاهده نموده اند تقلید می‌کنند. در ادامه، پیشنهادهایی در جهت رفع این چنین سوگیری‌هایی ارائه می‌شود.



پرداختن به سوگیری های تسهیلی و آشناگرایی، اهمیت این موضوع را نشان می دهد که باید راهبردهای ارتباطی که به عواقب خطرات اقلیمی ناشی از کووید ۱۹ تاکید دارند توسعه یابند تا بتوانند توجه افراد را جذب کنند. چنین راهبردهایی باید به دقت طراحی شوند تا ناسازگاری های شناختی را محدود سازند.

به عنوان مثال، با استفاده از قالب های سازنده و شخصی سازی مسائل مربوط به اقلیم باعث درک بهتر موضوع می شود. (استوکنس، ۲۰۱۴) [6] برای مثال آزمایش های برت در سال ۲۰۱۹ نشان می دهد که پس از اینکه افراد درمورد عواقب طوفان بر روی زندگی خود اطلاعات بیشتری بدست می آورند، تقاضا برای حفاظت از سیل افزایش می یابد.

آگاهی از بیماری های همه گیر و یا پاندمی ها در حال حاضر بالا است، اما پس از کم رنگ شدن و گذر زمان، راهبردهای ارتباطی باید حافظه ی مردم نسبت به پیامد های آن هشیار نگه دارند. یکی از دلایل حمایت عمومی زیاد نسبت به موضوعات مربوط به قرنطینه در دوران کرونا، حقیقت در خطر بودن سلامتی افراد می باشد، که دقیقا همین حقیقت، دلیل اصلی حمایت از پروتکل مونترال در برابر تخریب ازن است. (پیلای و ون دن برگ، ۲۰۱۶) [7] بنابراین، راهبردهای ارتباطی اقلیمی که به ویژه بر خطرات مربوط به سلامت تاکید دارند، ممکن است در افزایش حمایت ها از سیاست های اقلیمی موثر باشند.

سوگیری های نزدیک بینی و NIMTOF باعث می شود که شهروندان و تصمیم گیران بر روی خطرات کوتاه مدت تمرکز کنند، که در حال حاضر خطر کوتاه مدت کووید ۱۹ می باشد. درمقابل به خطرات طولانی مدت مانند تغییر اقلیم توجه کافی نمی شود.

این فقدان اقدامات اقلیمی را می توان تنها با پیوند سیاست ها و تدابیری که در حال حاضر برای محدود کردن خطرات ناشی از بیماری های همه گیر اتخاذ شده است و اقداماتی که خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی را نیز کاهش می دهند، حل می شود. چنین احتمالاتی را می توان در انواع مختلفی بررسی کرد، برخی دلایل شیوع کووید ۱۹ به عامل تغییر اقلیم برمی گردد، مانند حمل و نقل ناپایدار، گردشگری و سیستم های غذایی.

از این رو، اقدامات آینده برای جلوگیری از یک پاندمی جدید می تواند به مبارزه با تغییر اقلیم نیز کمک کند و بالعکس. علاوه بر این، تغییرات اقلیمی می تواند شیوع بیماری های عفونی را افزایش دهد (رایان و همکاران، ۲۰۱۹). [8] این اهمیت این موضوع را بیشتر می کند که سیاست های کاهش دما و متعادل کننده ی شرایط اقلیمی می توانند به عنوان سیاست های پیشگیری از بیماری های همه گیر ترویج یابند، بنابراین دلیل محکم تری برای اجرای آن ها به وجود می آید.

برقراری ارتباط بین این دو مخاطره برای مردم ممکن است به ادامه یافتن حمایت ها از سیاست های مربوط به اقلیم کمک کند. بحران کووید ۱۹ به طور قانع کننده ای نشان داده است که جوامع می توانند به سرعت سازگار شوند و افراد می توانند جنبه هایی از سبک زندگی خود را تغییر دهند، اگر یک تهدید حتمی برای انسان وجود داشته باشد. از این رو، ممکن است تغییرات رفتاری به راحتی قابل دستیابی باشند و در نهایت به تغییر وضعیت اقلیم کمک کنند.

#### ۴- نتیجه گیری

به احتمال زیاد دولت ها برای گذر از بحران کووید ۱۹ و کاهش بیکاری، حمایت مالی گسترده ای برای شرکت ها و شهروندان تدارک خواهند دید. یکی از مزایای این حمایت این است که "نگرانی محدود" افراد در مورد مسائل اقتصادی و بیکاری را کاهش می دهد و می تواند زمینه ساز توجه بیشتر در موضوع نگرانی های مربوط به اقلیم شود.

علاوه بر این، این حمایت می تواند با الزاماتی برای انجام پایدارتر تجارت همراه باشد.

مقررات دولتی و انگیزه های مالی برای اقدامات اقلیمی می تواند افراد زیادی را برای حمایت از این اقدامات تحریک کند، که این امر می تواند باعث گسترش رفتارهای مثبت از نظر وضعیت اقلیمی، از طریق سوگیری جمعی شود.

به عنوان مثال، مقررات مربوط به کد ساختمان می تواند انعطاف پذیری در برابر بلایای طبیعی را افزایش دهد، در حالی که تنظیم مناسب قیمت کربن می تواند مشاغل و مصرف کنندگان را به گونه ای تحریک کند، که با افزایش پرداختی ها و کاهش خرید، انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهند (ون دن برگ و همکاران، ۲۰۲۰). [9]



اقداماتی که خطرات ناشی از بیماری های همه گیر و تغییرات اقلیمی را محدود می کنند نیز ممکن است در کاهش نابرابری های موجود نقش داشته باشد، زیرا هر دو این مشکلات آسیب پذیرترین افراد جامعه را تحت تأثیر قرار می دهند.

از طرفی نیز ممکن است این اقدامات باعث افزایش نابرابری ها شود. به عنوان مثال ، اقدامات نظیر قرنطینه ی غیر متناسب بر افراد مستضعف تأثیر می گذارد، و روش های سازگاری و اقدامات تعدیلی در موضوع تغییرات اقلیمی، برای خانوارهای کم درآمد مقرون به صرفه است. برعکس ، حمایت های مالی، تامین نیاز های اساسی و سیاست های به دقت طراحی شده می توانند باعث کاهش نابرابری ها در بین افراد شوند. [10]

در این مقاله ، نشان داده شد که چگونه سیاست ها و راهبرد های با طراحی دقیق می توانند بر تمایلات رفتاری که از پاسخ موثر ما به بیماری های همه گیر و تغییرات آب و هوایی جلوگیری می کند، قبل از اینکه خیلی دیر شود غلبه کنند.

### منابع

- [1] Blais, A., Bol, D., Giani, M., & Loewen, P. (2020). The effect of COVID-19 lockdowns on political support: Some good news for democracy?
- [2] Capstick, S., Whitmarsh, L., Poortinga, W., Pidgeon, N., & Upham, P. (2015). International trends in public perceptions of climate change over the past quarter century. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*,
- [3] Douglas, M., Katikireddi, S. V., Taulbut, M., McKee, M., & McCartney, G. (2020). Mitigating the wider health effects of covid-19 pandemic response.
- [4] Meyer, R., & Kunreuther, H. (2017). The ostrich paradox: Why we underprepare for disasters.
- [5] Lo, A. (2013). The role of social norms in climate adaptation: Mediating risk perception and flood insurance purchase. *Global Environmental Change*.
- [6] Stoknes, P. E. (2014). Rethinking climate communications and the “psychological climate paradox”. *Energy Research & Social Science*..
- [7] Pillay, C., & van den Bergh, J. C. J. M. (2016). Human health impacts of climate change as a catalyst for public engagement: Combining medical, economic and behavioural insights. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*.
- [8] Ryan, S. J., Carlson, C. J., Mordecai, E. A., & Johnson, L. R. (2019). Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change.
- [9] van den Bergh, J. C. J. M., Angelsen, A., Baranzini, A., Botzen, W. J. W., Carattini, S., Drews, S., ... Schmidt, R. (2020). A dual-track transition to global carbon pricing. *Climate Policy*.
- [10] Weber, E. U. (2010). What shapes perceptions of climate change?. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*,



# فصلنامه آبنوس

خبرنامه انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی  
دانشگاه تهران

تابستان ۱۴۰۰



خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"

## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



فهرست مطالب	
صفحه	عنوان
۲	مقدمه ای برای فصلی نو
۴	مصاحبه دکتر فاطمه راضی آستارایی
۸	اخبار انتصاب جدید در معاونت فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تهران شروع به کار " کارگروه وینار علمی " انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی به زودی ارتقا "حفاظت آب ، خاک و هوا " به نشریه حرفه ای اولین همایش کشاورزی در سایه کرونا
۱۰	دانش آموختگان سال ۱۳۹۸ و قبل آن
۱۲	معرفی یکی از دانشجویان فعال رشته نانوبیوتکنولوژی
۱۳	آنچه لازم است از انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکاترونیک دانشگاه تهران بدانیم
۱۵	بیشتر بدانیم خشکسالی حاصل از فعالیت های انسانی بر کاهش آبهای زیرزمینی ایران حاکم است



## مقدمه ای برای فصلی نو

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران با دیدی نوین با تغییرات اساسی مطابق آئین نامه انجمن های علمی و ساختاری اساسی طی دو دوره ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ فعالیت مجدد کرد. شرایطی که پس از چند دوره فعالیت با تعداد محدود دانشجویان این رشته که به فراخور شرایط موجود از حداقل ترین تعداد دانشجویان در بین سایر رشته های دانشکده علوم و فنون نوین بوده ورشته ای نوپا محسوب می شدند و به برکت تقویت نظارت و فعالیت های مجازی و ارتباط بی واسطه و کسب راهنمایی مستقیم از معاونت و اداره کل فرهنگی - اجتماعی دانشگاه فعالیت ها ساختاری اساسی تر و سریع تر به خود گرفت ولی همچنان مشکل تعداد کم دانشجویان این رشته و عدم تطابق با حداقل های این نامه انجمن وجود داشت تا اینکه با ورود دانشجویان جدید و رسیدن به حدنصاب اعضا این مشکل برطرف شد. اساس انجمن در این دودوره اخیر با ۴ هدف ذیل بوده است :

- ۱- ایجاد و شکل گیری ساختار اساسی با حداقل های استاندارد تا ادامه انجمن و فعالیت های آن با پایه های اصولی و محکم باشد لذا شروع کار با طراحی لوگو و اساسنامه داخلی انجمن و مهر و... بود.
  - ۲- مشارکت و جذب داوطلبانه افراد دارای پتانسیل علمی و مهم تر از آن اخلاق مدار و پویا با احساس مسئولیت در درجه اول از بین دانشجویان این رشته و مراحل بعدی دانش آموختگان و سپس سایر رشته های دانشکده و پژوهشگران توانمند دلسوز و این زمینه همکاری توأمان کمک به دانشجویان با انگیزه مثبت توانمند به فراگیری و حس تعاون و ایجاد یک فضای مشارکتی برای تمام گروه های علمی از دانشجویان حول یک فعالیت محوری مشترک بود مانند راه اندازی نشریه "حفاظت آب، خاک و هوا" و خبرنامه "آبنوس" و مشارکت دانشجویان اخلاق مدار و پویا و اساتید همراه در هر شماره.
  - ۳- ایجاد فرصت به دانشجویان و نیروهای دلسوز پس از چیدمان های اساسی اولیه که در برنامه های آتی و در حال انجام و واگذاری می باشد و همزمان نگاهداشت نیروهای قبلی مانند دانش آموختگان و همپاری و انتقال تجربیات ایشان به نیروهای جدید و کمک به بزرگتر شدن این خانواده نه افتراق آن و به جنبه های تشویقی و مهیا شدن دریافت گواهی های معتبر در قبال فعالیت های ایشان در حد توان مساعدت لازم بعمل آمد.
  - ۴- اثری مثبت و ماندگار از فعالیت ها برای سیستم مادر که همانا دانشگاه تهران و در درجات بعدی دانشکده علوم و فنون نوین و رشته اکوهیدرولوژی می باشد.
- لیست اهم کارهای انجام شده به شرح ذیل می باشد. به رسم حفظ حقوق معنوی و با اجازه، اسامی افراد عامل و موارد پایه ای و اصلی ذکر شده است:
- طراح لوگو انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی ( سجادی ) و سربرگ و فرمت رسمی برای مکاتبات و ساخت مهر انجمن ۱۳۹۸.
  - راه اندازی گروه تلگرامی مجازی @ut\_esaj جهت ارتباط راحت تر و سریع بین دانشجویان و دانش آموختگان و اطلاع رسانی سریع تر در رشته اکوهیدرولوژی و عضویت اساتید این رشته در سال ۱۳۹۸



- راه اندازی و طراحی خبرنامه داخلی "آبنوس" (سجادی).
- مشارکت و برنامه ریزی هفته پژوهش ۱۳۹۸ و فعال ترین و منظم ترین انجمن با یک سخنرانی، یک کارگاه آموزشی نرم افزار، طراحی و مدیریت اجرایی یک مسابقه (سلیمی)، هماهنگی یک بازدید علمی (حسین دوست).
- طراحی کارگروه های مختلف ( ۵ کمیته اصلی ) در داخل انجمن.
- راه اندازی و طراحی نشریه "حفاظت آب، خاک و هوا" انجمن، راه اندازی وبسایت [wsapsj.ut.ac.ir](http://wsapsj.ut.ac.ir) و تمام پیگیری های آن و نگارش تمام ضمائم مورد نیاز نشریه (سجادی) فروردین ۱۳۹۹.
- طراح لوگو نشریه و صفحه ارایی نشریه "حفاظت آب، خاک و هوا" و طراحی یک پوستر و بینار ( وزیر ) (راد) فروردین ۱۳۹۹.
- کسب مجوزهای انتشار نشریه و گواهی های لازم: حقوق نشریات، گرافیک و صفحه آرایی، ویراستاری، تامین محتوی و انتشار نشریات.
- انتشار ۳ شماره نشریه و خبرنامه ضمیمه در ۳ فصل متوالی و اقدام به درجه حرفه ای.
- پیگیری مجدد فعالیت های جمعی قبل و نامه نگاری رسمی از طرف دانشجویان و دانش آموختگان اکوهیدرولوژی جهت اصلاح عنوان رشته به " مهندسی اکوهیدرولوژی" و بررسی دوره دکتری این رشته.
- برگزاری چند و بینار و کارگاه در سال های ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۰.

در انتها ضمن تشکرمدیر مسئول و شورای سردبیران نشریه (سجادی و وزیر راد)، مجدد دبیر انجمن اکوهیدرولوژی از تمامی اساتید فرهیخته، مدیران توانمند، کارشناسان عزیز، اعضا محترم خصوصا تمامی اعضا عمومی و اعضا کمیته مرکزی در تمامی دوره ها و تمامی دانشجویان همیار مهربان و دانش آموختگان پویا رشته اکوهیدرولوژی و سایر رشته ها، نهایت سپاس و تشکر خود را اعلام می دارد. امیدوارم با اتفاق و فعالیت جمعی و مشترک تمام رشته های تخصصی، فارغ از نوع رشته و دانشگاه، خانواده علمی با اخلاق و شایسته ما هر روز بزرگ و بزرگ تر و قویتر از هر زمان در جهت بالندگی کشور عزیز و خدمت به کل هستی و رضایت حضرت حق حرکت صعودی داشته باشد. قطعا این مهم بدون شما دوستان میسر نبوده و نخواهد بود. امیدوارم این امانت با دستانتان پرتوان دوستان دیگر روز به روز بالنده تر شود.



همیشه سلامت و برقرار باشید  
سیده آمنه سجادی

خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"



## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



مصاحبه 

دکتر فاطمه راضی آستارایی



<https://scholar.google.com/citations?user=iD3fclgAAAAJ&hl=en>  
[https://rtis2.ut.ac.ir/cv/razias\\_m/](https://rtis2.ut.ac.ir/cv/razias_m/)

با سلام، در این شماره خدمت سرکار خانم دکتر فاطمه راضی آستارایی، دانشیار و مدیر گروه مهندسی محیط زیست و انرژی های نو و یکی از اساتید موفق علمی، مدیره توانمند، محبوب و با اخلاق هستیم. مصاحبه ای بسیار جذاب با بانوی فرهیخته داریم و امیدواریم نکات ارزنده ایشان مسیر روشن تری برای همه دانش پژوهان خصوصا نودانشجویان باشد چه در زندگی علمی و چه حیات اجتماعی و اخلاقی شان. قطعا در قبال تمام رفتارها و اعمال خود و تاثیرات قبل و بعد آن ولو به حد ذره ای مسئول هستیم و این وظیفه بردوش افراد علمی بسی سنگین تر و دقیق تر است. جهت آشنایی بیشتر لینک رزومه ایشان خدمت تان تقدیم شده است. ان شالله در شماره های آتی در خدمت سایر گروه ها با رشته های مرتبط در دانشگاه تهران و سایر دانشگاه ها خواهیم بود.

با توجه به شرایط فعلی جامعه و رعایت قرنطینه، مصاحبه در قالب پرسش و پاسخ و ارسال فایل صوتی انجام پذیرفت. ضمن سپاس از اینکه چون همیشه نهایت همکاری مهربانانه توام با نظم را با دانشجویان خصوصا انجمن های علمی تا کنون داشته اید و تشکر از اینکه به ما وقت دادید.

س : لطفا ضمن خلاصه ای از گرایش های پژوهشی تان در مورد جایگاه و اهمیت مهندسی محیط زیست و انرژی های نو و رشته اکوهیدرولوژی از دید ملی و فراملی توضیح بفرمایید.

ج : به نام خدا، سلام عرض می کنم خدمت همه دوستان انجمن علمی اکوهیدرولوژی خصوصا تشکر می کنم از عزیزانی که زحمت می کشند و این کار قشنگ انتشار مجله و خبرنامه آبنوس را انجام می دهند. در پاسخ به این سوال، حوزه علمی پژوهشی بنده بخش انرژی های تجدیدپذیر خصوصا انرژی خورشیدی و مباحث: مدل سازی،



ساخت سلول های خورشیدی، ذخیره سازی انرژی الکتریکی باتری ها و تولید و ذخیره سازی هیدروژن سبز فعالیت می کنم. اهمیت بحث و ارتباط موثر سه موضوع محوری محیط زیست، انرژی و اکوهیدرولوژی بر هیچکس پوشیده نیست. تاثیر انرژی بر محیط زیست و از طرفی اکوهیدرولوژی با مباحث آب، اقلیم و اکوسیستم به عنوان بخشی از موضوعات محیط زیست و هر سه اینها از موضوعات مهم از دیدگاه ملی و فراملی هستند. همه واقف هستیم کشور ایران دارای منابع انرژی فسیلی فراوانی هست ولی به دلیل مصرف بالای انرژی حتی نسبت به سایر کشورهای پیشرفته و متاسفانه از نظر محیط زیست و منابع آبی در مضیقه هستیم. با توجه به اقلیم خشک ایران و دوره های خشکسالی فراوانی که پشت سر گذاشته است و هم اکنون دچار آن هستیم اهمیت بیشتر توجه به این ۳ موضوع محوری را برای کشورمان نسبت به سایر کشورها نشان می دهد. در اهمیت این موضوعات از دید فراملی در ساده ترین بیان همین بس که در اولین اقدام یک سری تنبیه و تشویق هایی نسبت به میزان رعایت عدم آلودگی محیط زیست برای تمام کشورها در نظر گرفته شده است و اگر از دید اجتماعی اصلاح مدل های رفتار در رعایت عدم آلودگی محیط زیست صورت نگیرد از دید بین المللی هم برای ما مشکل ساز خواهد بود و در این بخش هم متضرر خواهیم شد میزان بالای توجه دنیا به این مباحث نمایانگر وقوف کامل به اهمیت تاثیر انرژی و میزان مصرف آن بر محیط زیست است و ما هم به هر حال به عنوان جزئی از افراد کره زمین ضمن احترام باید در حفظ و مراقبت از محیط زیست با جدیت کوشا باشیم علی الخصوص همانطور که گفته شد از نظر آب و منابع آبی کشوری فقیر هستیم و توجه به این مساله دو چندان می باشد.

س: به نظر شما چه فعالیت های پژوهشی در جهت ارتقا و خروجی بهترین رشته و گروه محیط زیست و انرژی های نو می توان در دانشکده با توجه به امکانات موجود انجام داد؟

ج: رشته اکوهیدرولوژی یکی از رشته های گروه مهندسی محیط زیست و انرژی های نو بوده و رشته تخصصی اینجانب همان طور که در پاسخ قبل اشاره شد انرژی می باشد ولی با توجه به اینکه مدیر گروه بوده و آشنا به عناوین پایان نامه های دانشجویان این رشته و بخش برنامه ریزی های درسی و آموزشی ایشان می باشم، پیشنهاد می کنم عناوین بیشتر به سمت پژوهش های کاربردی خارج از دانشگاه خصوصا ارتباط با صنعت سوق داده شود تا ضمن اینکه یک کار پژوهشی انجام می شود مشکلی از مشکلات کشور هم حل شود و جنبه اجرایی داشته باشد با توجه به مطالب قبلی فرضا عناوین پیرامون مدیریت مصرف آب، بحث و بررسی معضلات فعلی در مباحث آبهای زیرزمینی و کمبود منابع آبی و همچنین پیش بینی وضعیت آینده با توجه به این مشکلات و برنامه ریزی های آتی که می تواند کمک بسیار خوبی در گذار از این شرایط در مباحث با محوریت آب باشد. در مورد محیط زیست و انرژی هم همین طور، استفاده از منابع فسیلی را به جهتی ببریم که آسیب کمتری به محیط زیست وارد کند و سازگار با آن باشد. پس به طور کلی سوق به سمت پروژه های کاربردی در جهت حل معضلات کشور، پیش بینی شرایط آینده، برنامه ریزی جهت مدیریت معضلاتی که پیرو آن پیش خواهد آمد.





س: چه رشته‌های آموزشی و گرایش‌هایی به طور تلفیقی می‌توانند با رشته اکوهیدرولوژی همکاری پژوهشی داشته باشند؟

ج: با توجه به شناخت بیشتری که نسبت به این رشته در شرایط فعلی و گستردگی کاربردی آن پیدا کرده‌ام حتی رشته‌های دور از ذهن هم مانند میکرو نانو الکترومکانیک هم می‌تواند با آن در ارتباط باشد فرضاً ساخت حسگرهای جستجوگر آب و منابع آبی، تشخیص آلودگی‌های آب و ... که در این موارد می‌توانند همکاری داشته باشند و یا پژوهش‌های تلفیقی با رشته‌های نزدیک‌تر مانند عمران - آب، محیط زیست، خاک و تمام رشته‌های انرژی می‌توانند با این رشته در ارتباط باشند زیرا در بحث اتلاف انرژی و بحث مصرف زیاد آب و ردپای آب و کربن هم زمان از مباحث انرژی بوده و می‌توان در تمام تصمیم‌گیری‌های منابع انرژی در این بخش توجه کرد. پس با رشته‌های انرژی هم می‌توانند پروژه‌های مشترک زیادی داشته باشند.

س: دورنمای این رشته از نظر بازار کار را چگونه ارزیابی می‌فرمایید؟

ج: اشراف کامل ندارم ولی چون در کشوری با اقلیم خشک و نیمه خشک سروکار داریم قطعا در تمام بخش‌های مرتبط با آب می‌توان ورود کرد مثلا کشاورزی و همچنین انرژی که نقش عمده‌ای را در اقتصاد کشور بازی می‌کند می‌توانند بستری برای ورود این رشته باشند در مباحث شناخت منابع آب، شناخت معضلات پیرامون آب و اقلیم متخصصین این رشته می‌توانند به عنوان مشاورین استخدام شوند البته صرفا نظر شخصی بود و بهتر است متخصصین این رشته در این خصوص نظر کامل‌تر و دقیق‌تری بدهند.

س: با توجه به اینکه سرکارعالی از بانوان بسیار موفق علمی و جزو اساتید با اخلاق و محبوب می‌باشید چه توصیه‌ای برای دانشجویان و دانش‌پژوهان این گروه و رشته آموزشی در زندگی علمی و اجتماعی شان خصوصا بانوان دارید و رمز موفقیت شما چیست؟

ج: البته نظر لطف شما هست ولی آنچه که سعی کرده‌ام سرلوحه تمام کارهای علمی‌ام قرار دهم این بود که، در کنار علم آموزی و ترویج علم و آموزش و تمام این موارد علمی سعی کنم مباحث انسانی و اخلاقی را مورد توجه قرار دهم و به نظرم این وظیفه یک استاد هست. یک استاد فقط در نقش انتقال اطلاعات نیست بخصوص در زمان فعلی که انتقال اطلاعات از سایر روش‌ها هم به سهولت امکان پذیر است و با آموزش‌های آنلاین شما می‌توانید این اطلاعات را حتی بهتر کسب کنید. توسط یکی از اساتید خودم شعاری دارم، اینکه: " آدم با دیدن آدم، آدم می‌شود " اگر قرار بود بدون ارتباط با دیگران انسانیت خودمان را حفظ کنیم قطعا انسان‌ها ترجیحا با کاهش ارتباطات اجتماعی و انفرادی زندگی می‌کردند. انسان‌ها در ارتباط با هم هستند و روش صحیح زندگی را یاد می‌گیرند و انسان بودن خودشان را تکمیل می‌کنند. پس ما بعنوان استاد همانطور که بر روی دانش دانشجویان خود تاثیرگذار هستیم حتما بر روی اخلاق و رفتارشان هم موثر هستیم. پس باید به این نکته دقت بیشتری داشته باشیم و مراقب اعمال و رفتار خود باشیم و تاثیری که بر روی دانشجویان داریم و همانطور که تاثیر مثبت داریم تاثیر منفی هم داریم و این خیلی به نظر من مهم هست و همان طور که گفتم این بخش از

خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"



## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



اطلاعات علمی که به دانشجویان می‌دهیم مهم‌تر است چون بخش اطلاعات علمی را می‌توانند از جاهای دیگر هم کسب کنند ولی آموزش این رفتارهای انسانی و اخلاقی را در همین جاها هست که باید یاد بگیرند.

توصیه‌ام به دانشجویان و دانش پژوهان این گروه و رشته این است که توجه داشته باشند علم و اخلاق از هم جدا نیستند و این تصور نداشته باشند که افراد یک زندگی علمی جداگانه و یک زندگی اخلاقی جداگانه دارند. انسان عالم فاقد رفتار انسانی مناسب شاید یکی دو روز مورد توجه قرار بگیرد ولی بعد از مدتی قطعاً سایرین متوجه شده و دوری می‌گزینند و تاثیر منفی این قبیل افراد در زندگی سایرین غیرقابل انکار است. قبل از هر چیز باید به مسائل اخلاقی و روابط صحیح اجتماعی آراسته باشیم و بعد وارد مباحث علمی شویم. در انتها همین بس که اشاره به این فرمایش خداوند در قرآن کریم در بخشی از سوره جمعه آیه ۲ داشته باشم که می‌فرمایند: "یزکیهم و يعلمهم الكتاب" یعنی تزکیه نفس و داشتن یک رفتار صحیح قبل از تعلیم و تعلم است. بنابر این باید این مساله حتماً مدنظر تمام دانش پژوهان قرار بگیرد که روی بحث اخلاق و رفتارهای اجتماعی قطعاً قبل ورود به مجامع علمی فکر کرده و کار کرده باشند و این یک بحث اساسی و بسیار مهم است.

در انتها مجدد از همه شما بابت فعالیت ارزشمندتان در نشریه و خبرنامه تشکر می‌کنم و اینکه نظرات بنده را پیگیر شدید و به همه خدا قوت می‌گویم. امیدوارم در تمام مراحل زندگی موفق باشید و در کنار موفقیت‌های علمی افراد تاثیرگذار مثبت دانشگاهی ما باشید. خصوصاً خانم‌ها نقش بسیار بزرگتر و موثرتری را می‌توانند به عنوان یک زن بر روی جامعه داشته باشند و باید به این نکته توجه کنیم ما خانم‌ها جدای از تاثیرات علمی و اجتماعی که مانند آقایان در بین دانشجویان و اطرافیانمان داریم تاثیرات مضاعفی داریم که باید توجه ویژه و دقت بیشتری به آن داشته باشیم.

مجدد برای همه شما عزیزان آرزوی توفیق، سلامتی و موفقیت دارم. موفق باشید و خدانگهدار.





خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"

## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



اخبار

- انتصاب جدید در معاونت فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تهران



دکتر محمدعلی زارع چاهوکی

<https://rtis2.ut.ac.ir/cv/mazare>

به گزارش ایسنا با حکم ریاست محترم دانشگاه تهران، جناب آقای دکتر محمدعلی زارع چاهوکی به عنوان معاون فرهنگی و اجتماعی این دانشگاه منصوب شدند. آقای دکتر محمدعلی زارع چاهوکی استاد تمام پردیس کشاورزی و منابع طبیعی و دانشکده منابع طبیعی این دانشگاه که پیش از این مدیر کل فرهنگی دانشگاه تهران بودند با حکم آقای دکتر نیلی ریاست محترم دانشگاه به سمت معاون فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تهران منصوب شدند. انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی ضمن تشکر از جناب آقای دکتر مجید سرسنگی معاونت محترم سابق فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تهران و آرزوی توفیق روز افزون برای ایشان، تبریکات صمیمانه خود را خدمت معاونت محترم تقدیم می دارد.

- شروع به کار " کارگروه وینار علمی " انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی

در راستای یکی از مصوبات انجمن در دوره قبل (سال ۱۳۹۸) و معرفی کمیته های مختلف، در این دوره و با توجه به شرایط کرونایی و تمرکز بر فعالیت ها و نشست های مجازی "کمیته کارگاه ها و نشست ها" به نام "کارگروه وینار علمی" به طور رسمی تشکیل شد. این کارگروه با عضویت دانشجویان پویا و بسیار شایسته ورودی ۹۹ و با اسامی ذیل شروع به کار کرده است، خانمها: راحیل ابراهیم پور، پریسا صراطی، فاطمه اصغری کلشانی، کتایون ستاریان اصیل. از وظایف ایشان برنامه ریزی و هماهنگی تا مدیریت تشکیل نشست ها و وینارهای علمی توسط اساتید و محققین و دانشجویان توانمند می باشد و نامه نگاری های لازم زیر نظر دبیر انجمن صورت خواهد پذیرفت .



خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"

## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



### • به زودی ارتقا "حفاظت آب، خاک و هوا" به نشریه حرفه ای

نشریات علمی دانشجویایی در صورت رعایت استانداردهای لازم پس از سه شماره انتشار منظم می توانند جهت ارتقا به درجه حرفه ای اقدام کنند و با حکم نهایی کمیته محترم ناظر بر نشریات دانشگاه تهران این موفقیت را کسب کنند. نشریه علمی دانشجویی حفاظت آب، خاک و هوا پس از انتشار سه شماره مرتب و با رعایت حداقل های لازم به این مهم اقدام کرده است و در چیدمان جدید خود تغییراتی را مدنظر قرار خواهد داد. ذکر این طلب خالی از لطف نخواهد بود که اولین نشریه علمی دانشجویی منتشر شده در دانشکده علوم و فنون دانشگاه تهران می باشد که راه اندازی نشریه نیز به همت دبیر انجمن دو دوره اخیر انجمن اکوهیدرولوژی بوده است. ضمن اینکه در ابتکاری دیگر خبرنامه آبنوس دربرگیرنده تمامی مطالب و متعلق به کل انجمن های دانشکده می باشد و به ضمیمه و مجوز نشریه منتشر می شود و ان شالله یادگاری خوبی از فعالیت های هدفمند این دوره از دانشجویان برای کل دانشکده خواهد بود و دانشجویان جدید به همراه اساتید دلسوز با ارتقا کیفی آن امانت دار خوبی خواهند بود. در همین جا مدیر مسئول و شورای سردبیران نشریه از همه عزیزان، اساتید فرهیخته جان و دانشجویان همیار که در این مهم مشارکت صادقانه و مهربانانه با ما داشتند و خستگی کار را با قدرانی و دعای خیرشان از ما زدودند نهایت سپاس و تشکر را دارند.

### • اولین همایش کشاورزی در سایه کرونا

اولین همایش کشاورزی در سایه کرونا با سخنرانی آقای دکتر سید جواد ساداتی نژاد، استاد فرهیخته و موسس رشته اکوهیدرولوژی در مقطع تحصیلات تکمیلی در ایران - دانشگاه تهران و رئیس کمیسیون کشاورزی مجلس شورای اسلامی توسط انجمن های علمی دانشکده کشاورزی و اتحادیه انجمن های علوم دامی و صنایع غذایی ایران در ۵ و ۶ خرداد ۱۴۰۰ برگزار خواهد شد.



## دانش آموختگان سال ۱۳۹۸ و قبل آن

در هر شماره لیست تعدادی از دانشجویانی که در دانشکده دفاع کرده‌اند بر اساس اطلاعاتی که به دلخواه با ما تماس گرفته و در اختیارمان قرار داده اند معرفی خواهند شد.

<p><b>خانم مهناز ابوالقاسمی احمد آبادی</b> کارشناس ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی ورودی ۱۳۹۶ ردپای کربن در تولید برق از منابع فسیلی و تجدیدپذیر و تعهدات ایران در کنوانسیون تغییر اقلیم تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶ استاد راهنما: دکتر سیدجواد ساداتی نژاد</p>	
<p><b>خانم سیده مهسا موسوی رینه</b> کارشناس ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی ورودی ۱۳۹۶ محاسبه آب مجازی و هزینه‌های محیط زیستی تولید برق با تاکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶ استاد راهنما: دکتر سیدجواد ساداتی نژاد</p>	
<p><b>آقای اقبال نوروزی</b> کارشناس ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی ورودی ۱۳۹۵ تحلیل خطر وقوع خشکسالی هواشناسی با رویکرد تغییر اقلیم در حوزه آبریز کرخه تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۶/۰۳ اساتید راهنما: دکتر ساداتی نژاد و دکتر علیرضا شکیبا استاد مشاور: دکتر جهانگیر</p>	
<p><b>آقای آراد اسدی</b> ارائه مدلی به منظور پتانسیل یابی آب زیرزمینی بر پایه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰ استاد راهنما: دکتر امیرعلی سیف‌الدین</p>	
<p><b>آقای حامد کوثری</b> ساخت نانو الکتروکاتالیست‌های هیدروکسید دو لایه با فلزهای روی و آلومینیوم در واکنش احیای اکسیژن تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶ اساتید راهنما: دکتر مهدی مهرپویا و دکتر فتح‌الله پورفیاض</p>	



### آقای هادی عابدی

ساخت نانو الکتروکاتالیست هیدروکسید دو لایه در واکنش احیای اکسیژن پیل سوختی

پلیمری

تاریخ دفاع: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

استاد راهنما: دکتر مهدی مهرپویا



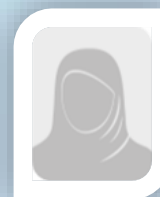
### خانم لیلی امینی پشت تنگ علیا

مدلسازی و پیش بینی کمیت و کیفیت جریان در آب های سطحی (مطالعه موردی: رودخانه

کارون)

تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۰۸/۳۰

استاد راهنما: دکتر امیر علی سیف الدین اصل



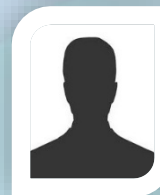
### آقای ایمان شیروانی سارویی

پهنه بندی آبهای زیرزمینی جهت ارزیابی پتانسیل تولید محصولات ارگانیک (مطالعه

موردی: شهرستان خنج)

تاریخ دفاع: ۱۳۹۵/۰۷/۱۲

استاد راهنما: دکتر مهدی ضرابی



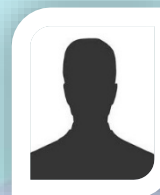
### آقای معین صادقی گوغری

مکانیابی احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش ژئوالکتریک (مطالعه موردی حوزه آبخیز

شهداد کرمان)

تاریخ دفاع: ۱۳۹۵/۰۷/۱۲

اساتید راهنما: دکتر علیرضا مقدم نیا و دکتر سید جواد ساداتی نژاد

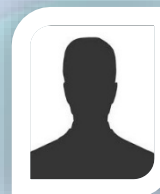


### آقای دانیال صیاد

بررسی کارایی جاذب های معدنی زئولیت و بنتونیت در کاهش میزان شوری آب

تاریخ دفاع: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵

استاد راهنما: دکتر سید جواد ساداتی نژاد



## معرفی یکی از دانشجویان فعال رشته نانو بیوتکنولوژی



### مهندس سارا سلامت

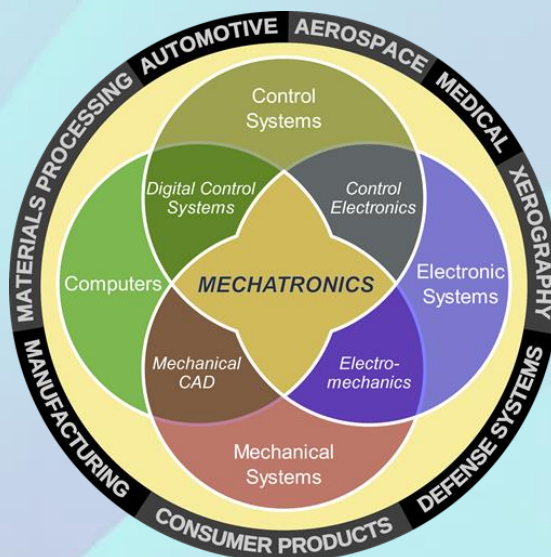
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم زیستی رشته نانوبیوتکنولوژی دانشگاه تهران

خانم مهندس سلامت از دانشجویان ورودی ۹۷ دانشکده علوم و فنون نوین و یکی از دبیران پویا و موفق انجمن علمی نانوبیوتکنولوژی در سال ۹۸ الی ۱۳۹۹ هستند. در حال حاضر بیشتر متمرکز بر کار پژوهشی خودشان در حوزه داروسازی هدفمند هستند. در کارهای آزمایشگاهی بر خلاف پروتکل‌های انجام شده که همگی از اسید و باز زیادی مصرف می‌کنند، ایشان با حذف اسید و باز و راه حلی دیگر هستند که منجر به تولید آلاینده های کمتری شده و به محیط زیست کمک کند. به امید موفقیت بیشتر برای ایشان. لیست کارهای انجام شده ایشان به عنوان دبیر انجمن و فعال در کانون زیست به شرح ذیل می باشد:

- مسئول هماهنگی و برگزاری همایش افق جهان اسلام که در سالن اجتماعات دانشکده حقوق دانشگاه تهران سال ۹۸ برگزار شد.
- عضو اصلی کانون محیط زیست کارا.
- برنامه ریزی دو برنامه کوهنوردی به جهت آشنایی با محیط زیست و پاکسازی محیط زیست از زباله‌ها به همراه اعضا انجمن ها ی دانشکده در سال سال ۱۳۹۸.
- نماینده و مسئول غرفه دانشکده علوم و فنون نوین در جشنواره علم دانشگاه تهران ۱۹ تا ۲۲ آبان ۱۳۹۸ و برنده بهترین غرفه از نگاه بازدیدکنندگان.
- برگزاری مراسم آشنایی دانشجویان جدیدالورود با دانشکده و انجمن علمی دانشجویی نانوبیوتکنولوژی.
- طراحی لوگوی انجمن علمی دانشجویی نانوبیوتکنولوژی و ارائه درخواست برای ساخت مهر لوگو.
- ثبت نام و عضوگیری انجمن علمی از دانشجویان جدیدالورود رشته نانوبیوتکنولوژی.

- مشارکت و همکاری در برگزاری جشنواره علم دانشگاه تهران در تاریخ ۱۹ تا ۲۲ آبان ۱۳۹۸.
- مشارکت و همکاری در برگزاری برنامه ی روز پژوهش سال ۱۳۹۸ در دانشکده علوم و فنون نوین.
- برگزاری سمینار تخصصی با عنوان "بیوتکنولوژی در صنعت دارویی ایران" با حضور دکتر سمیرا انصاری در تاریخ ۱۲ آذر ۱۳۹۸.
- برنامه ریزی و مکاتبات با مرکز صنعتی سازی و پژوهشی نانوفناوری کاربردی جهت بازدید دانشجویی.
- راه اندازی کانال تلگرامی در جهت ترویج علم و آشنایی علاقه مندان و دانشجویان با رشته نانوبیوتکنولوژی و اطلاع از آخرین اخبار و رویداد های مرتبط با رشته.

🌐 آنچه لازم است از انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکاترونیک دانشگاه تهران بدانیم



در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ سه انجمن در دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران فعال هستند به اختصار: انجمن اکوهیدرولوژی، انجمن انرژی و انجمن مکاترونیک. امیدواریم در دوره آینده تعداد بیشتری از انجمن ها فعال شوند.

مکاترونیک یا مهندسی مکاترونیک یکی از زیر شاخه های مهندسی به شمار می آید که تلفیقی سینرژیک از مهندسی مکانیک، مهندسی الکترونیک و مهندسی سامانه های الکتریکی - مکانیکی است. مکاترونیک همچنین شامل ترکیبی از علوم رباتیک، الکترونیک، کامپیوتر، مخابرات، سامانه ها و مهندسی محصولات نیز است.

از دیگر علوم کاربردی در مهندسی مکاترونیک می توان به هوش مصنوعی اشاره کرد که با توجه به پیشرفت های انجام شده در طول دو دهه ی اخیر به یکی از علوم پر کاربرد در مهندسی مکاترونیک تبدیل شده است. در ابتدا تنها هدف مهندسی مکاترونیک ترکیب مکانیک (Mechanics) و الکترونیک (Electronics) بوده است و نام



این حوزه از مهندسی نیز از ترکیب نام انگلیسی دو بخش ذکر شده بدست آمده است. این نام گذاری ابتدا توسط تسورو موری که یک مهندسی ژاپنی در شرکت یاسکاوا الکترونیک بوده انجام شده است. به طور کلی دانشجویانی که در این حوزه از مهندسی تحصیل می کنند دوره های ریاضیات مهندسی، علم مواد، الکترونیک، برق، هوش مصنوعی، علوم کامپیوتر و برنامه نویسی، انواع مختلف کنترل (مانند کنترل مدرن، غیر خطی، دیجیتال و ...)، رباتیک، مخابرات، مدیریت پروژه، فناوری اطلاعات، مهندسی اپتیک و لیزر و ... را می گذرانند. به عنوان نمونه ای از سامانه های پر کاربرد که توسط مهندسين مکترونیک طراحی و ساخته می شوند می توان به بازوهای رباتیکی صنعتی اشاره کرد که کاربردهای فراوانی در صنعت مانند ساخت خودرو، تولید و بسته بندی مواد غذایی، تولید، مونتاژ لوازم الکترونیکی و ... دارد. از دیگر سامانه هایی که به کمک علوم مکترونیک طراحی و ساخته می شوند نیز می توان به سامانه های خودکار (مانند پرنده های بدون سرنشین، خودروهای خودران و ...)، سامانه های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق (مانند دسته بندی تصاویر، تشخیص بر خط اشیاء، پیش بینی بازارهای مالی و ...)، مکانیزم هایی که توسط آلیاژهای حافظه دار ساخته می شوند، سامانه های فیزیوتراپی، سامانه های مخابراتی و ... نیز اشاره کرد.

این رشته ی مهندسی در ایران نیز به صورت آکادمیک تدریس می شود اما در حال حاضر تنها در مقطع کارشناسی ارشد فعالیت دارد. دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران نیز پس از تاسیس در سال ۱۳۹۰، این رشته را درون خود جای داده تا بستری مناسب برای پژوهش های علمی در این زمینه را برای اساتید و دانشجویان مهیا سازد. در حال حاضر اعضای هیئت علمی مکترونیک دانشکده علوم و فنون عبارتند از: بهرام تارویردی زاده، علیرضا رضائی، خلیل عالی پور، رضا عسکری مقدم و علیرضا هادی.

مانند سایر رشته های این دانشکده، دانشجویان مهندسی مکترونیک نیز برای تحقق اهداف علمی و اجرایی خود، دست به تاسیس انجمن علمی دانشجویی زده و در قالب این انجمن، فعالیت ها و همایش های خود را اجرا می کنند.



دکتر علیرضا رضایی  
استادمشاور انجمن



مهندس علیرضا صادقی  
دبیر انجمن



خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"

## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



در حال حاضر این انجمن که با نام کامل انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکترونیک دانشگاه تهران شناخته می شود، دارای ۷ عضو به شرح زیر می باشد علیرضا صادقی (دبیر)، حجت عسگری، امیر حسین اولیایی، سینا پور ابراهیم، علی رضا رفیعی، شهاب دلیری و سینا جهرمی. استاد مشاور انجمن نسر جناب آقای دکتر علیرضا رضایی می باشند.

با توجه به شیوع ویروس کرونا و غیر حضوری بودن فعالیت ها، برای ارتباط انجمن مکترونیک و اطلاع از فعالیت های این انجمن می توانید از طریق لینک زیر اقدام فرمایید:

[t.me/mechatronics\\_ut](https://t.me/mechatronics_ut)

بیشتر بیاموزیم



مهندس ندا رضایی

دانشجو دکتری تخصصی مدیریت محیط زیست

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

مترجم مقاله : خشکسالی حاصل از فعالیت های انسانی بر کاهش آبهای زیرزمینی ایران حاکم است.

nature > scientific reports > articles > article

Article | [Open Access](#) | Published: 28 April 2021

### Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran

Samaneh Ashraf, Ali Nazemi & Amir AghaKouchak

*Scientific Reports* **11**, Article number: 9135 (2021)



مجله نیچر به تازگی ابعاد این بحران جدی را با انتشار مقاله‌ای تکان‌دهنده از وضعیت آب و خشکسالی در ایران با عنوان «کاهش آب‌های زیرزمینی ایران» به قلم ۳ ایرانی (سمانه اشرف، علی ناظمی و امیر آقا کوچک) پژوهشگران دانشگاه‌های کانادا و آمریکا بررسی کرد. در این مقاله، داده‌های متوسط ماهانه سطح آب زیرزمینی در ۳۰ حوضه آبریز اصلی و ۴۷۸ حوضه مورد بررسی قرار گرفت تا روند کاهش آب‌های زیرزمینی در سراسر کشور به صورت کمی مشخص شود. تحلیل داده‌های این مقاله نشان می‌دهد که در عناصر طبیعی و انسانی تأثیرگذار بر پویایی ذخیره آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته شده و در طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۵ کمی سازی شده اند. تخمین می‌زنیم که کل تخلیه آب‌های زیرزمینی در ایران در این دوره ~ ۷۴ کیلومتر مکعب با نرخ تغییرات بسیار زیاد در بخش‌های محلی و متغیر در مقیاس‌های حوزه و زیر حوضه باشد.

تأثیر تخلیه در ذخایر آب زیرزمینی ایران در حال حاضر با اضافه برداشت بیش از حد در ~ ۷۷٪ از اراضی ایران آشکار شده است، شوری خاک در حال رشد در کل کشور و افزایش فرکانس و میزان فرونشست زمین در هواپیماهای ایران را نشان می‌دهد. در حالی که خشکسالی‌های هواشناسی / هیدرولوژیکی عامل محرک هستند و تشدید میزان تخلیه در ذخیره آب زیرزمینی در سراسر کشور، تشدید میزان تخلیه در ذخیره آب زیرزمینی در سراسر کشور، تخلیه آب‌های زیرزمینی در مقیاس حوضه در ایران عمدتاً به دلیل برداشت زیاد آب انسان ایجاد می‌شود. ما هشدار می‌دهیم که ادامه مدیریت ناپایدار آب‌های زیرزمینی در ایران می‌تواند منجر به تأثیرات غیرقابل برگشت بر زمین و محیط‌زیست نظیر تهدید آب کشور، غذا، امنیت اقتصادی - اجتماعی می‌شود.

بر اساس میانگین سطح آب زیرزمینی تخمین زده شده در مقیاس حوضه، آب زیرزمینی ایران در طول سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ حدود ۷۴ کیلومتر مکعب تخلیه شده است. (شکل ۱-۱) این مقدار ۱,۶ برابر ذخیره تاریخی دریاچه ارومیه، بزرگترین دریاچه در خاورمیانه و ششمین دریاچه آب شور روی زمین (۴۶ کیلومتر مکعب در سال ۱۹۹۶) است. در مدت مطالعه، زیر حوضه‌های محدودی وجود دارد که ذخیره آب زیرزمینی در آنها افزایش یافته است. تمام حوضه‌های اصلی درجاتی از کاهش آب‌های زیرزمینی را تجربه کردند، با نرخ متغیر از ۲۰ تا ۲۶۰۰٪ کاهش در طی ۱۴ سال - شکل ۱ را ببینید. بیشترین میزان تخلیه در حوضه دریاچه نمک مشاهده می‌شود. (حوضه ۱ در شکل ۱)، این مقدار بیش از ۲۶٪ از جمعیت ایران و ۲۰ کیلومتر مربع در طی ۱۴ سال تهی می‌شود. حوزه تاشک بختگان، با پشتیبانی از ۳,۵ ~ از جمعیت ایران، بیشترین تغییرات مرتبط در منبع آب زیرزمینی، حدوداً ۲۶۰۰٪ نشان داد. کمترین میزان تخلیه به‌طور تقریبی ۰,۰۱ کیلومتر مربع است. کمترین تغییر نسبی ذخیره آب زیرزمینی (~ ۲۰) در حوضه هراز-قره سو در شمال کشور مشاهده می‌شود. این مقدار حدود ۴٪ از کل جمعیت ایران را تامین می‌کند. در مقیاس کشور، ذخیره آب زیرزمینی ایران، تحت خالی شدن تدریجی با نرخ ۵,۲۵ کیلومتر مربع در سال از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ است. رشد کلی تقریباً در حدود ۱۷۵۲٪ که در طی ۱۴ سال را نشان می‌دهد.

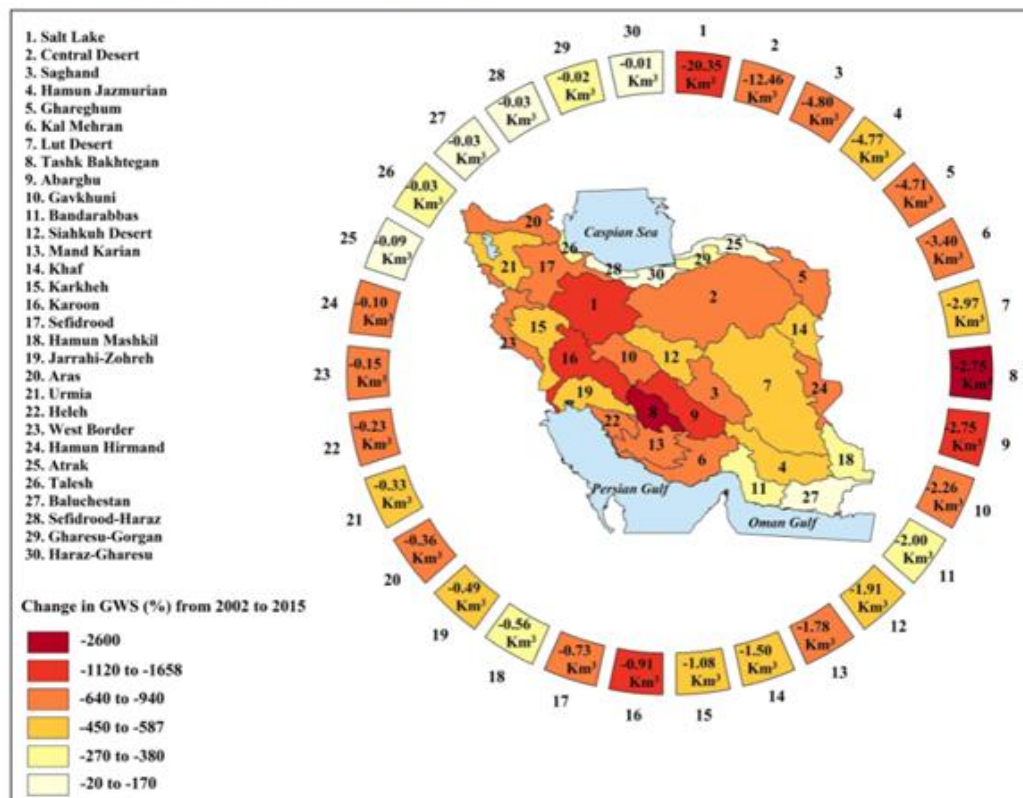
# آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

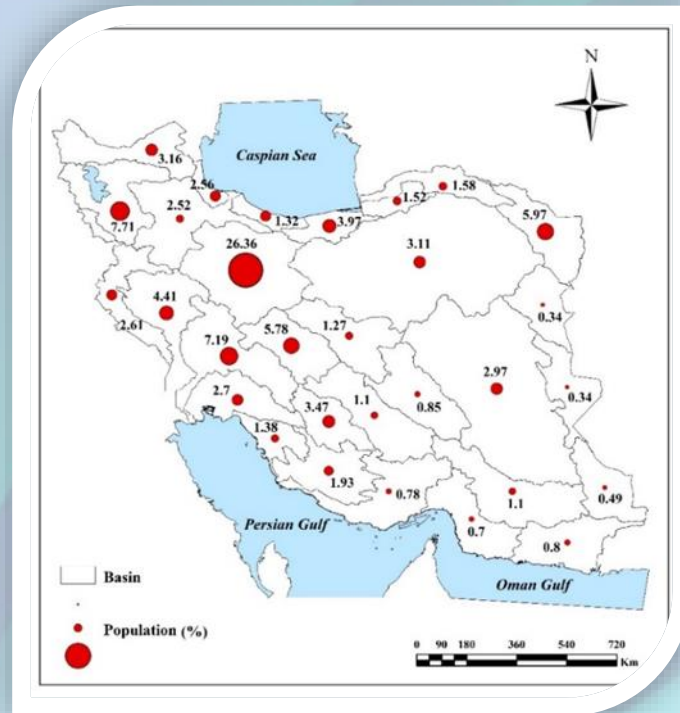
Figure 1

From: Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran



شکل (۱) تهی شدن آب های زیرزمینی (در کیلومتر مربع) طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ در حوضه های بزرگ ایران را نشان می دهد. در دایره بیرونی، حوضه ها بر اساس کاهش کل ذخیره آب زیرزمینی در کیلومتر مکعب از بزرگترین به کوچکترین مرتب شده اند. سایه های رنگ تغییرات نسبی در ذخیره آب زیرزمینی را در طی دوره مطالعه به صورت درصد نشان می دهد.

با توجه به شکل ۱ و شکل S2، مشخص شده است که کاهش آب زیرزمینی در حوضه های پرجمعیت غرب بسیار شدیدتر از جنوب غربی و شمال شرقی ایران است، جایی که بزرگترین زمین های آبیاری گندم و جو، دو محصول استراتژیک ایران واقع شده است.



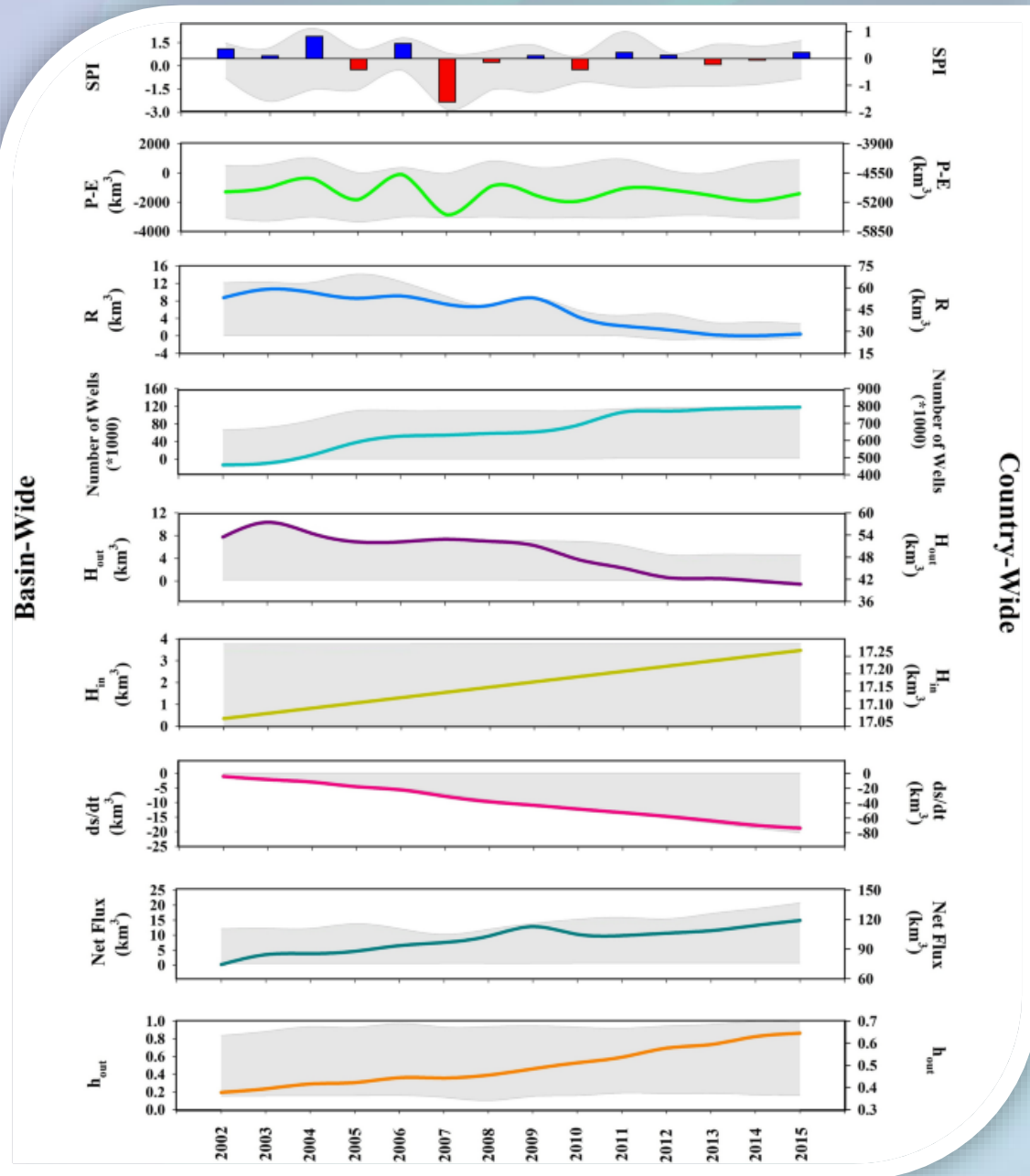
شکل S2 نسبت کل جمعیت ایران بر اساس داده های سرشماری سال ۲۰۱۵ در هر حوزه اصلی توزیع شده است

برای مثال، حوزه کرخه، سبد غذایی ایران، محل زندگی ۹٪ از کل زمینهای آبیاری ایران و ~ ۱۱٪ از کل تولید گندم کشور است، که این میزان نرخ تخلیه یا تهی شدن در حدود ۰,۰۸ کیلومتر مکعب از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ تجربه کرده است.

( تقریباً ۱,۰۸ کیلومتر مکعب در طی ۱۴ سال، حوزه ۱۵ در شکل یک).

علاوه بر این، آب زیرزمینی تأمین عمده نیازهای آب خانگی و آب آبیاری در حوزه کارون است، که با نرخ ۰,۰۶ کیلومتر مکعب در سال از ۲۰۰ تا ۲۰۱۵ تهی می شود (به طور تقریبی ۰,۹۱ کیلومتر مکعب، تمام شدن در بازه زمانی در نظر گرفته شده- حوزه ۱۶ در شکل ۱ را ببینید).

در مقیاس کشور (شکل ۲)، کاهش قابل توجه GWS با کاهش در دسترس بودن آب سطح (P - E) مطابقت دارد که بر این اساس میزان شارژ مجدد کاهش می یابد. برای مثال، در خشکسالی شدید سال ۲۰۰۷، تقریباً در حدود ۲۰٪ کاهش P-E در ایران، منجر به این شد که تقریباً کمتر از ۱۰٪ از شارژ آب زیرزمینی در سطح کشور در مقایسه با تقریباً ۴۰٪ کاهش قابل توجه در منابع آب زیرزمینی در سال ۲۰۰۶ شد.

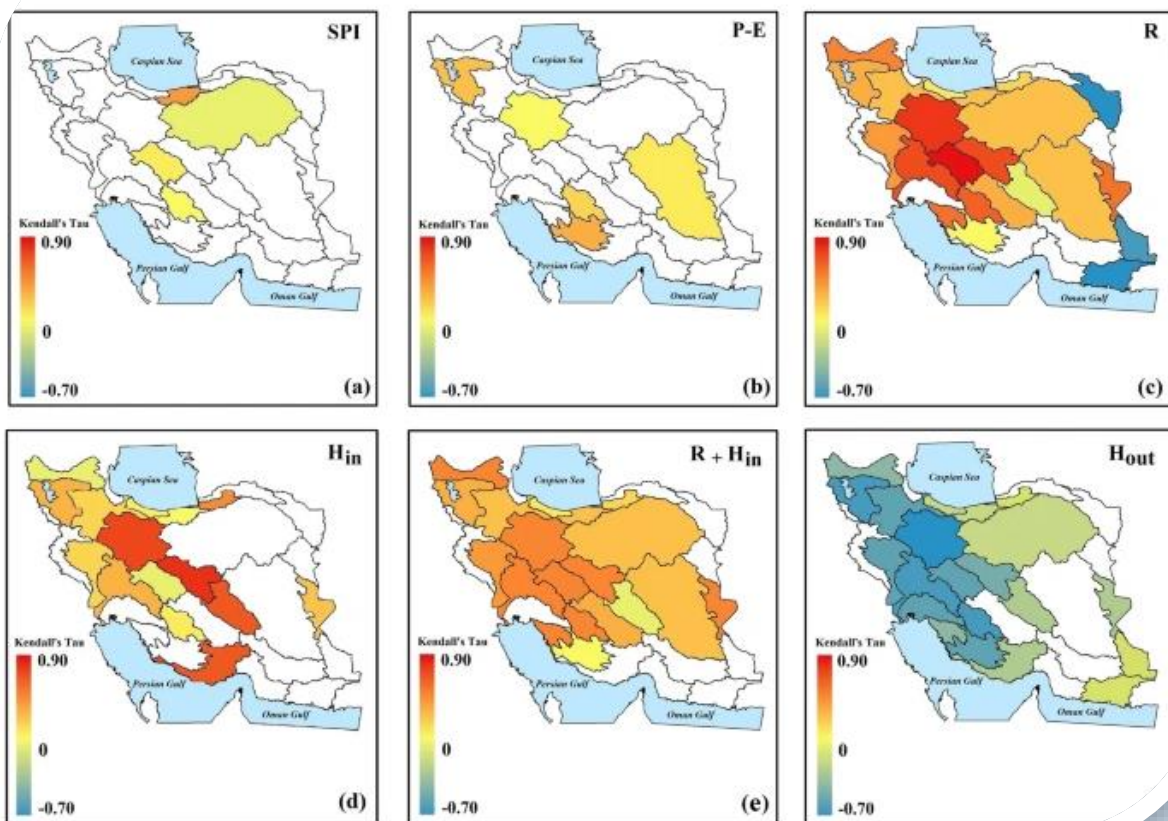


(شکل ۲) - تبخیر در ذخیره آب زیرمینی ( $ds/dt$ ) و متناظر طبیعی است و عوامل انسانی طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۵ در کشور (راست-محور $Y$ ) و مقیاس‌های حوضه (سمت چپ، محور $Y$ )،  $SPI$  شاخص استاندارد بارش است.

از مقایسه مقیاس دقیق‌تر حوضه، تأثیر برداشت آب آشکارتر می‌شود. به عبارت دیگر نقش اقلیم بسیار پررنگ است و در دسترس بودن بالقوه آب سطحی، با شاخص استاندارد بارش ( $SPI$ ) و به ترتیب  $P - E$  مشخص می‌شود.

بر پایه شکل  $a^3$  و  $b^3$  و برطبق ضریب رتبه کندال، فقط در تعداد محدود حوضه در ایران، تغییر در ذخیره آب زیرزمینی ( $ds/dt$ )، به طور قابل توجهی بستگی به متغیرهای  $SPI$  و  $P - E$  دارد. ۴ و ۵ حوضه که از ۳۰ حوضه خارج است)، متقابلاً، تغییر در ذخیره آب زیرزمینی ( $ds/dt$ )، وابستگی مثبت قابل توجهی را با شارژ ( $R$ ) نشان می دهد. به ترتیب ( $H_{in}$ ) ورود انسان و جریان کلی (برای مثال  $R + H_{in}$ ) در تقریباً ۶۳٪ تا تقریباً ۵۰٪ و تقریباً ۶۳٪ از حوضه های ایران - ببینید شکل  $e^3 - c$ ، به علاوه، تغییر در ذخیره آب زیرزمینی ( $ds/dt$ ) به طور قابل ملاحظه ای بستگی به خروجی انسان دارد، در ۷۰٪ حوضه های ایران، ببینید شکل  $F^3$ ، این برجستگی باعث کاهش شارژ طبیعی می شود ( $R$ )، همراه با افزایش خالص انسانی از سفره های زیرزمینی، (به طور مثال  $H_{out}$ ،  $H_{in}$  به ترتیب ورودی و خروجی انسانی)، به عنوان دو عامل اصلی کاهش شدید در ذخیره منابع آب در ایران است.

Figure 3



شکل ۳- وابستگی بین تغییرات سالانه در ذخیره آب زیرزمینی ( $ds/dt$ ) و اقلیمی، هیدرولوژی و عوامل انسانی در میان ۳۰ حوضه های ایرانی در طی ۲۰۱۵-۲۰۰۲ وجود دارد. در هر صفحه، هر حوضه با وابستگی های قابل توجه سایه می اندازد، اهمیت وابستگی توسط ضرایب رتبه کندال  $pvalue \leq 0.05$  مشخص می شود. (این شکل با استفاده از ArcGIS 10.8 ایجاد شده است).



ایران تحت شرایط خشک شدن طولانی مدت از اوایل قرن بیست و یکم بوده است، با ناپدید شدن دریاچه ها و تالابها همراه با تنش آبی بیش از حد در سراسر کشور، آشکار می‌کند. همانطور که قبلاً در مورد در دسترس بودن آبهای سطحی در ایران نشان داده شده بود، خشکسالی ناشی از انسان از مدیریت تهاجمی کوتاه بینانه یا ناپایداری سرزمین یا مدیریت آب است.

وضعیت خشکسالی انسانی، توسط نسبت بیش از حد برداشت آب به منابع تجدید پذیر آب زیرزمینی در حوضه های اصلی ایران متجلی می‌شود. تعداد چاه های ثبت شده تقریباً از ۴۶۰/۰۰۰ در سال ۲۰۰۲ به ۷۴۹/۰۰۰ در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است (نگاه کنید به شکل ۴؛ دایره داخلی)، با افزایش نرخ در تمام حوضه های ایران، از ۱٫۹٪ در ابرقو تا ۳۵٪ در هامون هیرمند - با وجود تغییر روزافزون تعداد چاه ها، برداشت آبهای زیرزمینی توسط انسان ( $H_{out}$ )، در ۲۵ حوضه از ۳۰ حوضه در طی دوره مطالعه کاهش یافته‌اند شکل ۴ را ببینید.

بحث بر روی کاهش تغییر در مقیاس حوضه  $H_{out}$ ، همچنین در شکل ۲ قابل ملاحظه در مقیاس کشور است. شاهدهی روشن برای بهره برداری بیش از حد از ذخایر آب زیرزمینی است تا تنظیم میزان جذب آب های زیرزمینی. برای نشان دادن این جریان طبیعی انسان ( $h_{out}$ )، به عنوان نسبت برداشت ( $H_{out}$ )، به کل شار خروجی خالص ( $R + H_{in} - ds/dt$ ) در هر حوضه بزرگ را محاسبه می‌کنیم. نسبت برداشت آب توسط انسان از کل جریان خروجی در مقیاس حوضه است که شامل همه محرک‌های دیگر که به طور بالقوه می‌تواند مشارکت در کاهش ذخیره آب زیرزمینی داشته باشد. همانطور که نشان داده شده است،  $h_{out}$  در ۲۳ از ۳۰ حوضه در سراسر کشور افزایش یافته است - شکل ۴ (دایره بیرونی) را ببینید.

بهره برداری بیش از حد از ذخایر آب زیرزمینی ایران آشکارتر می‌شود، با دانستن اینکه در نیمی از حوضه های آن، به‌طورمتوسط  $h_{out}$  روی ۰٫۹ در سراسر دوره مطالعه می‌ماند. نشان می‌دهد که بیش از ۹۰٪ کل جریان خروجی از ذخیره آب زیرزمینی در مقیاس حوضه، صرفاً به دلیل مصرف انسان است. خروجی طبیعی انسان ( $h_{out}$ ) در حال افزایش است، اما نسبت‌های برداشت کامل ( $H_{out}$ ) در حال کاهش که در تعدادی حوضه‌ها ذخایر آب زیرزمینی ممکن است به یک نقطه بحرانی رسیده باشند. شار خالص خروجی در بیشتر اراضی کشور کاهش می‌یابد. علی‌رغم افزایش قابل توجه در میزان خروج طبیعی انسان، به ویژه در مناطق بسیار آبیاری و یا پرجمعیت افزایش قابل توجه در خروج انسان عادی دارد.



Samaneh Ashraf • 1st

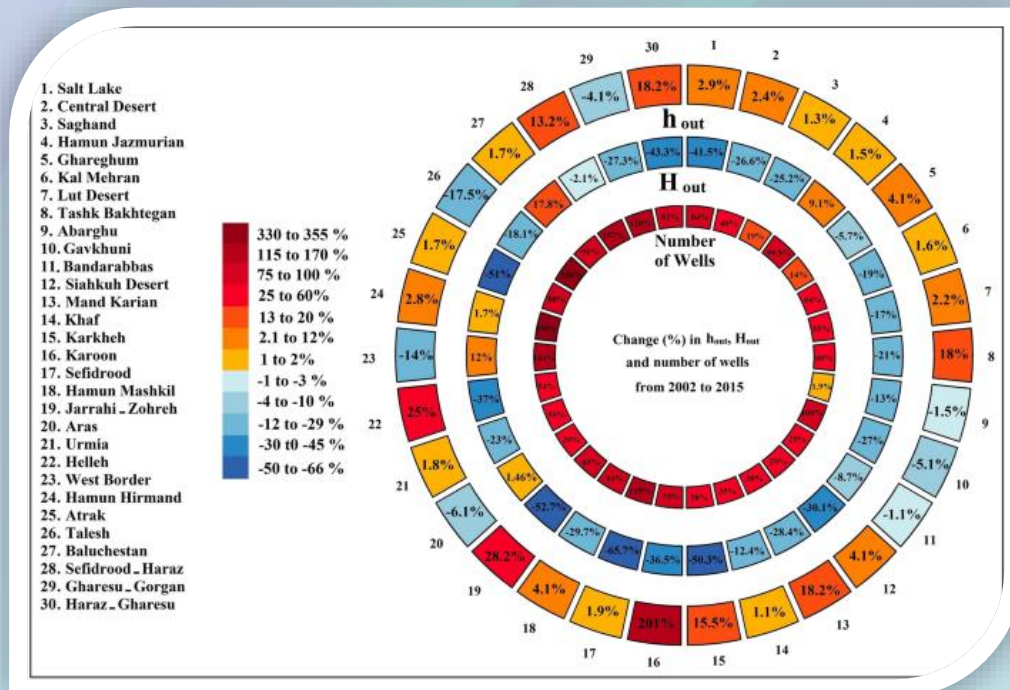
Postdoctoral Researcher at Université de Montréal

3w • Edited •

We show that the **#groundwater #depletion** in **#Iran** is **#human\_driven** and has already endangered **#water** and **#food** security and transcended to other elements of **#environment** such as soil **#salinity** and stability.

Check out our new paper just published in **#nature\_scientific\_reports**:



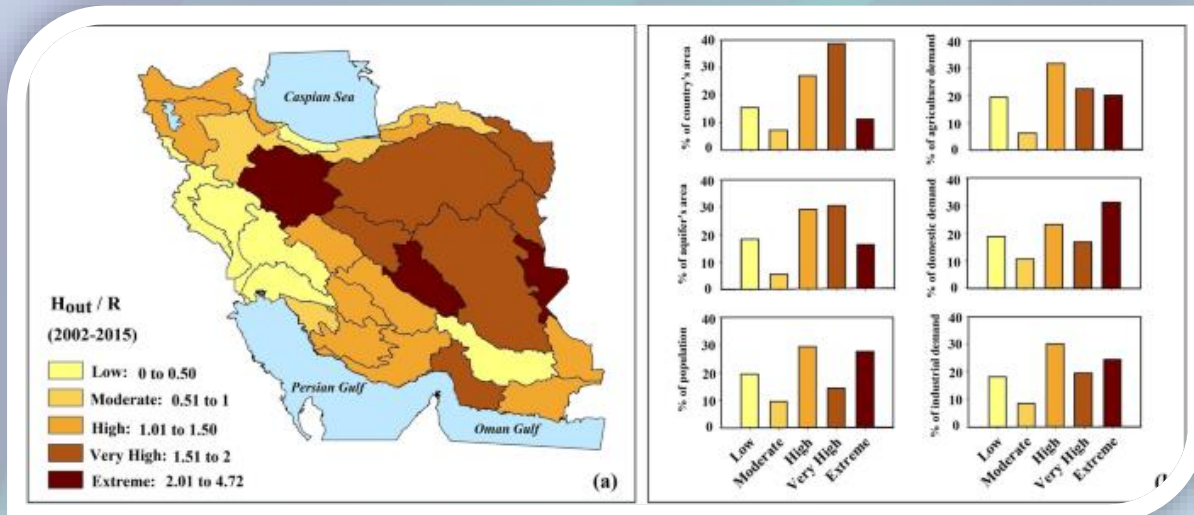


شکل ۴- تغییرات نسبی در خروجی عادی سالانه انسان ( $h_{out}$ )، همراه با تغییرات نسبی در کل خروجی انسان ( $H_{out}$ ) و تعداد چاه ها از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ در حوضه های بزرگ ایران، به ترتیب در دایره بیرونی، دایره وسطی و دایره درونی مرتب شده است. حوضه ها با همان نظم پیکربندی شده در شکل ۱ مرتب شده اند. اگرچه تخلیه گسترده آب زیرزمینی در ایران تا حد زیادی انسانی است اما با خشکسالی هواشناسی و یا هیدرولوژیکی تشدید شده است. تمامی مساحت مجهز به آبیاری در ایران طی سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ (۹۰-۸۴) ۸,۸۵ میلیون کیلومتر مربع بوده که ۶۲٪ آن توسط آبهای زیرزمینی آبیاری شده است به علاوه، کل منطقه آبیاری و همچنین منطقه اختصاص داده شده برای آبیاری محصولات استراتژیک ایران (به عنوان مثال، گندم و جو) به ترتیب تقریباً ۱۲٪ و ۱۶٪ در طی یک دوره مطالعه افزایش یافته است. مناطق آبیاری این دو محصول استراتژیک پس از سال خشک ۲۰۱۰ کاهش یافت. اما از سال ۲۰۱۱ با وجود کاهش در کل برداشت ها، در مسیر بهبود قرار گرفته اند. این به این دلیل است که برداشت های روتین به دلیل رشد تعداد چاه ها افزایش یافته و باعث ایجاد تنش بیشتر در منابع آب زیرزمینی شده است. ایران دارای مشکلات طولانی مدت در مورد عدم کارایی شبکه توزیع آب خود بویژه در بخش کشاورزی است. توجه به تولید غذا بدون ارتقا بهره‌وری آبیاری، یک دلیل اصلی برای اضافه برداشت بیش از حد آب زیرزمینی در ایران است. اضافه برداشت آب زیرزمینی وضعیتی را نشان می دهد که در آن ذخایر آب زیرزمینی حتی در سال های مرطوب هیدرولوژیکی قادر به بازیابی کامل نیستند. شکل ۵، به وضوح نشان می دهد که در حدود ۷۶٪ از سطح آبخوان ایران (۷۷٪ از کل سطح کشور) تحت اضافه برداشت زیاد است. اگر معکوس نشود، این می تواند عواقب عمده ای ایجاد کند به گونه ای که امنیت اجتماعی-اقتصادی و زیست محیطی کل ایران را تهدید کند.

# آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



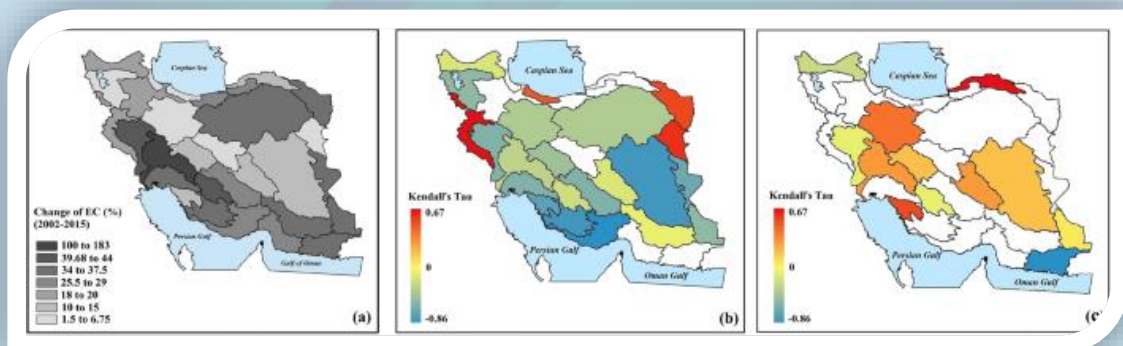
شکل ۵- (a) میزان اضافه برداشت آب زیرزمینی در طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ در ایران؛ و (b) درصد جمعیت، مساحت زمین، منطقه آبخوان، سطح آبخوان و تقاضای آب در هر گروه اضافه برداشت (این شکل بوسیله ArcGIS 10.8 ایجاد شده است).

مناطق تحت اضافه برداشت بیش از حد آب زیرزمینی تقریباً ۷۱ درصد از کل جمعیت ایران را تشکیل می دهد و تقریباً ۷۰ درصد از کل تقاضای آب کشور- شکل b 5 را ببینید. حتی در حوضه هایی که در حال حاضر به عنوان مناطقی با اضافه برداشت زیاد دسته بندی نشده اند. تقاضای آب کشاورزی خیلی بالا است و خروج عادی آب به سرعت در حال افزایش است.

ما بحث می کنیم که اگر تعداد چاه ها، مناطق آبیاری و برداشت های عادی همچنان افزایش یابد، رشد اضافه برداشت در این حوضه ها انتظار می رود.

اثر نامطلوب کاهش آب زیرزمینی، می تواند در بقیه عناصر محیط زیست گسترش یابد. یکی از عوامل اصلی کاهش آب های زیرزمینی می تواند افزایش قابل توجه در خاک و شوری آب زیرزمینی باشد. رسانایی الکتریکی (EC)، یک پروکسی برای ارزیابی شوری آب های زیرزمینی است که به طور گسترده ای برای ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی و آبیاری استفاده می شود. شکل a 6 به وضوح یک افزایش ثابت EC را در کل کشور در طول دوره مطالعه نشان می دهد. شوری روی باروری خاک تأثیر منفی می گذارد که می تواند تأثیرات ویرانگری روی محصولات غذایی کلیدی مناطق در ایران (شکل ۴ در اطلاعات تکمیلی) و در درازمدت امنیت غذایی را به خطر می اندازد. هشدار می دهیم که این پدیده در برخی مناطق استراتژیک قابل توجه است و برای مقابله با این روند اقدامات فوری لازم است. برای مثال کرخه (حوضه شماره ۱۵ در شکل یک)، سبد غذایی ایران، افزایش تقریباً ۸۵ درصدی در رسانایی الکتریکی (EC)، در طی بازه زمانی ۱۴ ساله در نظر گرفته شده است را نشان می دهد. به علاوه، در یک مکانی مشابه حوضه کارون، (شماره ۱۶ در شکل یک) که نشان می دهد بیشترین تغییر در رسانایی الکتریکی (EC)، در میان همه حوضه ها در ایران (تقریباً ۱۸۳٪)، شکل a ۶ را نگاه کنید. آب زیرزمینی، تامین کننده آب در ۱۶ شهر و

چندین روستا است. تجزیه و تحلیل ارائه شده در شکل b ۶ براساس ضریب رتبه کندال به وضوح نشان می دهد که در ۱۸ از ۳۰ حوزه اصلی در ایران، افزایش در رسانایی الکتریکی (EC)، به طور قابل توجهی با کاهش در ذخیره آب زیرزمینی ( $p \text{ value} \leq 0.05$ ) مطابقت دارد. علاوه بر این، در این حوضه ها، افزایش در رسانایی الکتریکی (EC)، به طور قابل توجهی ( $p \text{ value} \leq 0.05$ ) به افزایش برداشت های آب انسانی ( $H_{out}$ ) بستگی دارد. نگاه کنید به شکل c ۶، نشان می دهد که چطور برداشت های بیش از حد، افزایش رسانایی الکتریکی (EC)، از طریق کاهش ذخائر آب زیرزمینی می شود.



شکل ۶- (a) تغییر درصد در هدایت الکتریکی (EC)، در طی ۲۰۰۲-۲۰۱۵ در ۳۰ حوزه اصلی در ایران و وابستگی قابل توجه آن به مقیاس حوضه (b) تغییرات در ذخایر آب زیرزمینی (GWS) و (c) برداشت انسان ( $H_{out}$ ). وابستگی قابل توجه توسط ضرائب رنج کندال مشخص می شود. (هنگامی که  $p \text{ value} \leq 0.05$ ) این شکل توسط ArcGIS 10.8 ترسیم شده است.

یکی دیگر از پیامدهای کاهش آب های زیرزمینی فرونشست زمین است. حداقل ۲۵٪ از جمعیت ایران در جایی زندگی می کنند که فرونشست به دلیل کاهش چشمگیر ذخایر آب زیرزمینی، فقط در عرض چند سال امکان رسیدن به حداقل یک متر را دارد. این امر در چندین دشت در حوضه دریاچه نمک به خوبی ثبت شده است. تهرین حوضه در بین ۳۰ حوزه اصلی ایران (نگاه کنید به شکل ۱)، و همچنین استانهای غربی ایران، با بیشترین میزان فرونشست ۱۸,۹ سانتی متر در سال را دارد و از سال ۲۰۱۹ شروع شد. نشست شدید زمین می تواند مسیرهای جریان سطحی و زیر سطحی را تغییر داده و باعث کاهش عمده و برگشت ناپذیر ظرفیت سفره آب شود. با توجه به اینکه مناطقی که نرخ قابل توجهی از فرونشست زمین را در خود جای داده اند، این نگرانی بیشتر می شود، مانند تهران، پایتخت ایران و بیشترین جمعیت شهر در آسیا با جمعیت ۱۵ میلیون نفری است. تهران در خطرات لرزه ای برطبق ظرفیت بیشتر، برای فعالیت های تکتونیکی آسیب پذیر است. اگر کاهش قابل توجه ثبات خاک به دلیل فرونشست زمین ناشی از اضافه برداشت زیاد آب زیرزمینی با یک فعالیت تکتونیکی عمده ترکیب شود، این می تواند به طور بالقوه اثرات زلزله را که باعث فاجعه انسانی غم انگیز می شود، تشدید کند.



ایران، با جمعیت تقریباً ۸۴ میلیونی، از نظر برداشت کل آب انسان در خاورمیانه رتبه اول را دارد و مسئول برای تقریباً ۳۴ درصد از کل برداشت آب، در منطقه را دارد. آب زیرزمینی منبع اصلی آب در ایران هست. تقریباً ۶۰٪ از آب شیرین ایران را تشکیل می دهد و بنابراین نقشی اساسی در حفظ امنیت ملی آب دارد. استفاده از داده های منتشر شده از سطح متوسط آب زیرزمینی همراه با شارژ طبیعی، جریانهای برداشت و بازگشت انسان، در طول، همراه با بارش و تبخیر در مقیاس حوضه و زیر حوضه. ما اثرات ترکیبات اقلیمی را ارزیابی می کنیم. محرک های هیدرولوژیک و انسانی بر روی ذخایر آب زیرزمینی در ایران در طی سال های ۲۰۰۲-۲۰۱۵.

نتایج نشان می دهد که خشکسالی شدید انسانی ناشی از برداشت گسترده از آبهای زیرزمینی، پایداری آبهای زیرزمینی را در ایران تهدید می کند، این امر به ویژه در مواردی که مناطق بسیار آبیاری می شوند و مناطق پرجمعیت در شمال غربی، غرب و شمال شرقی کشور، که تقاضای آب به شدت بیش از ذخایر آب تجدیدشونده طبیعی است. نتایج نشان می دهد که تقریباً ۷۷٪ از سرزمین ایران (۲۳ حوضه از ۳۰ حوضه) تحت اضافه برداشت شدید آب زیرزمینی است که، میزان استفاده انسان بیش از سه برابر بیشتر از میزان شارژ طبیعی آن است. این امر منجر به کاهش قابل توجه آب زیرزمینی شده است که با چاه های خشک شده در سراسر کشور آشکار می شود. کمبود آب می تواند یک محدودیت مخرب برای امنیت غذایی در ایران باشد. به ویژه با توجه به کالری مورد نیاز برای کشوری که در حال حاضر تحت تحریم های شدید بین المللی است و با تنش های مختلف اقتصادی اجتماعی، زیست محیطی و ژئوپلیتیکی سروکار دارد. همان طور که ما می دانیم، اثرات تخلیه یا به عبارت دیگر کاهش آب زیرزمینی در ایران تنها محدود به امنیت غذای و آب نمی شود و در حال حاضر به سایر عناصر محیطی نیز رسیده و باعث افزایش شوری خاک در سراسر کشور و افزایش شدت و فرکانس فرونشست زمین شده است. فرونشست زمین به دلیل برداشت گسترده آب زیرزمینی می تواند ظرفیت سفره آب زیرزمینی و در نتیجه دسترسی آب زیرزمینی را کاهش دهد. در صورت عدم وجود اقدامات مدیریتی موثر که متأسفانه چنین هست، این امر به ناچار رقابت بیش از پیش بر سر محدود کردن منابع آب زیرزمینی را با برداشت شدید تر آبهای زیرزمینی تشدید می کند، که این موجب فرونشست بیش تر زمین می شود. این یک روند بازخورد شرورانه را تشکیل می دهد که هنوز به خوبی درک نشده است. اگرچه به دلیل عدم تطابق در خصوصیات زمانی و مکانی داده های مربوط به ذخیره آب زیرزمینی و فرونشست زمین قادر به توصیف این تأثیر مهم نیستیم، ما محققان را در این رابطه بسیار تشویق می کنیم. به علاوه، فرونشست زمین ناشی از برداشت بیش از حد آب زیرزمینی است و کاهش پایداری خاک را به همراه دارد که یک نگرانی بزرگ در مناطق پرجمعیت نظیر تهران پایتخت ایران است که مستعد فعالیت های لرزه ای نیز است. به دلیل کاهش قابل توجه رواناب سطحی، حفاظت از منابع آب زیرزمینی موجود در ایران برای مواجهه تقاضای روزافزون آب مهم تلقی می شود. این امر مستلزم استراتژی های مدیریت یکپارچه برای متعادل سازی تأمین آب و تقاضا در مقیاس حوضه و زیر حوضه است. برای یک کشوری نظیر ایران با راندمان آبیاری بسیار ناچیز اقدامات فوری برای بهبود استفاده از آب مورد نیاز است. ما معتقدیم که این کلید امنیت غذایی ایران است که تحت تاثیر فشار بیش از حد ناشی از فشارهای طولانی مدت طبیعی است و خشکسالی های انسانی همراه با افزایش تنوع و تغییر آب و هوا است.



ایران شامل ۳۰ حوضه اصلی و ۶۰۹ زیرحوضه است. در ۷۲ زیرحوضه سفرهای آب زیرزمینی وجود ندارد و ۵۹ زیرحوضه تا پایان سال ۲۰۱۶ مجهز به چاه‌های نظارت بر آب زیرزمینی نیستند. متوسط داده های ماهانه سطح آب برای ۴۷۸ زیر حوضه باقیمانده و در ۳۰ حوضه اصلی در ایران طی دوره ۲۰۰ تا ۲۰۱۵ توسط وزارت انرژی ایران منتشر شده است. این داده‌ها را داده‌های داخلی از شبکه پایش آب‌های زیرزمینی ملی ایران در نظر می‌گیرند. شامل حدوداً پایش ۱۱۰۰۰ چاه‌ها است براین اساس داده های ذخیره ماهانه آب زیرزمینی (کیلومتر مکعب) در زیر حوضه و مقیاس حوضه با ضرب میانگین تغییر در سطح آب زیرزمینی، سطح آبخوان و ضریب ذخیره برآورد می‌شود. جدا از سطح آب زیرزمینی و ذخایر، وزارت انرژی ایران متوسط بارندگی و تبخیر ماهانه را در این حوضه‌ها و زیر حوضه‌ها فراهم می‌کند. از یک شبکه ملی هواشناسی به دست آمده است. اندازه گیری میزان بارش روزانه و تبخیر پانل کلاس A در ۴۰۰۴ و ۱۷۳۰ ایستگاه داخلی در سراسر کشور، تجزیه و تحلیل عوامل طبیعی و انسانی تهی شدن آب.

ما برای درک میزان و مدت خشکسالی های هواشناسی در کشور، مقیاس حوضه و زیر حوضه در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۵، از شاخص استاندارد بارش سالانه (SPI) استفاده می‌کنیم. ما از اختلاف بین میزان بارندگی سالانه و تبخیر ظرف (P - E) برای تعیین کمیت آب استفاده می‌کنیم، به طور هماهنگ پتانسیل برای شارژ مجدد آب زیرزمینی در مقیاس حوضه و زیر حوضه وجود دارد. برای تعیین کمی پویایی ذخیره آب زیرزمینی (GWS) در مقیاس حوضه، ما از معادله بودجه سفرهای آب زیرزمینی شامل سهم طبیعی ( $H_{out}$ ) و انسانی ( $H_{in}$ ) ناشی از برداشت جریان برگشت به شرح زیر است، استفاده می‌کنیم.

$$F_n = R + H_{in} - ds/dt = D + H_{out} \quad (1)$$

که در آن  $F_n$  کل جریان خروجی یا شار خالص است.  $R$  شارژ طبیعی به آبخوان از آب سطحی و سفره های زیر زمینی،  $D$  تخلیه طبیعی کامل از آبخوان به آب سطحی و سفره های زیرزمینی، و همچنین تلفات تبخیری حاصل از ذخایر کم عمق آب زیرزمینی.  $ds/dt$  تغییر در ذخیره تخمین زده شده با استفاده از چاه های نظارت بر آب زیرزمینی است. براین اساس ما برداشت انسان در مقیاس حوضه ( $H_{out}$ ) را تعریف می‌کنیم، از این پس برداشت کامل، به عنوان نسبت برداشت آب به کل شار خروجی:

$$h_{out} = H_{out} / F_n \quad (2)$$

ما از ضریب رتبه کندال استفاده می‌کنیم، اندازه گیری وابستگی غیر پارامتری، برای بررسی اینکه آیا تغییر در ذخیره آب زیرزمینی به تغییرات طبیعی بستگی دارد یا خیر ( $SPI, P - E, R$ ) و محرک های انسانی ( $H_{in}$  and  $H_{out}$ ). از همین روش برای پرداختن به وابستگی بین  $GWS$  و  $EC$  و همچنین  $EC$  و  $H_{out}$  استفاده شده است.



خبرنامه داخلی، ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا"

## آبنوس

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشگاه تهران

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰



تعداد صفحات : ۲۷

شماره: دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

همکاران این فصل: دکتر فاطمه راضی، سیده آمنه سجادی (طراحی، برنامه ریزی، مشارکت و اجرا خبرنامه)، محمد امین وزیری راد، سارا سلامت، ندا رضایی، لیلا قره داغی، علیرضا صادقی، فهیمه سلیمی، سیده مهسا موسوی، محمد صادق رهبانی، اقبال نوروزی

آدرس دبیرخانه: دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، طبقه همکف، اتاق ۱۱۳

[UT.ABNOUS@gmail.com](mailto:UT.ABNOUS@gmail.com)

خبرنامه داخلی "آبنوس" ضمیمه نشریه علمی "حفاظت آب، خاک و هوا" با

شماره مجوز: ۱۳۲/۷۱۹۹۱ و تاریخ تایید: ۱۳۹۹/۰۹/۲۲ می باشد.

تمامی حقوق معنوی متعلق به افراد فوق و حقوق مادی خبرنامه متعلق به انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران می باشد

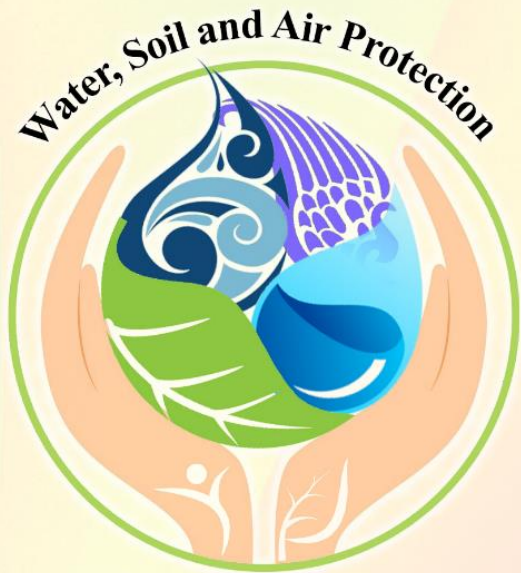
با تشکر از تمامی همکاران نشریه علمی دانشجویی "حفاظت آب، خاک و هوا"

انجمن علمی دانشجویی اکوهیدرولوژی گروه انرژی های نو و محیط زیست

دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

			
دکتر یونس نوراللهی	دکتر حسین یوسفی	دکتر سید جواد ساداتی نژاد	دکتر علیبخش کسائیان
			
دکتر فاطمه راضی آستارایی	دکتر سیده آمنه سجادی	دکتر افشین هنربخش	مهندس محمدامین وزیری راد
			
مهندس سیدامیرعلی سجادیان	مهندس آراین زرفشانی	مهندس سارا سلامت	مهندس فهیمه سلیمی کوچی
			
مهندس سیده مهسا موسوی	مهندس لیلا قره داغی	مهندس شقایق دانه کار	مهندس نغمه اقتصادی





حفاظت آب، خاک و هوا

License Number: 132/71991

Approval Date: 1399/09/22



Volume Two, Issue: 2

Summer 1400

# Student Scientific Journal of Water, Soil and Air Protection

## List of Articles:

- 1. Investigation of various sizing methods for on-grid residential renewable energy systems**  
Ashkan Toopshekan; Hossein Yousefi
- 2. Simulation of slaughterhouse effluent treatment systems**  
Sina Labbafi; Fatemeh Razi Astarai; Moein Khaloi
- 3. Use of Lichens in Biological Monitoring of Air Quality**  
Mohammad Sadegh Rohbani; Zeinab Sadat Emami Alorezyi; Asma Delavari Dosar
- 4. A Review on Economic Studies (Based on Cost of Energy) in Photovoltaic-Thermal Systems**  
Mohammad Amin Mazaheri Tehrani; Mohammad Amin Vaziri Rad
- 5. Measurement of greenhouse gases according to the international standard ISO**  
Mohammad Sadegh Rohbani
- 6. Lessons for climate policy from behavioral biases towards COVID-19 and climate change risks**  
Fatemeh Maleki; Mohammad Mahdi Pourhanifeh

Student Scientific Journal of University of Tehran  
Ecohydrology Association