

## شناسایی مهمترین عوامل اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق به کمک تجزیه رگرسیونی چند متغیره (مطالعه موردي: حوزه آبخيز منشاد، استان يزد)

سманه پورمحمدی<sup>۱</sup>، محمد تقی دستورانی<sup>۲</sup>، سید علی محمد چراغی<sup>۳</sup>، محمدحسین مختاری<sup>۴</sup>

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه یزد، ۲-عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳-استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری، ۴-مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد.

پست الکترونیکی: [s.poormohammadi@yahoo.com](mailto:s.poormohammadi@yahoo.com)

### چکیده

ایران از جمله کشورهایی می‌باشد که بعلت شرایط خاص آب و هوایی در بیشتر نقاط خود هدر رفت آب را به علت تبخیر و تعرق بالا شاهد می‌باشد. این مسئله بویژه در قسمت‌های ایران مرکزی که دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشند بیشتر به چشم می‌خورد. عوامل اقلیمی زیادی بر روی تبخیر و تعرق در هر حوزه نقش دارند که توجه به این پارامترها می‌تواند ما را در شناخت هر چه بیشتر ماهیت تبخیر و تعرق در حوزه و راهکارهایی جهت مدیریت جامع حوزه از الگوی کشت تا جلوگیری از هدررفت آب پشت سدها یاری کند. حوزه منشاد در استان یزد از حوزه‌های خشک و کوهستانی می‌باشد که بدلیل داشتن رودخانه‌های فصلی کم آب، منابع آب حوزه ناچیز و در وضعیت بحرانی قرار دارد. این شرایط ایجاب می‌نماید که از تمامی راههای هدررفت آب حتی از طریق تبخیر و تعرق نیز نتوان چشم پوشی نمود. در مقاله حاضر سعی شده است که مهمترین عوامل اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق حوزه شناسایی شود. به همین منظور ابتدا مقادیر تبخیر و تعرق فصلی حوزه به کمک روش پنمن مونتیث محاسبه و سپس ارتباط رگرسیونی بین تبخیر و تعرق و پارامترهای مختلف اقلیمی تعیین شد. بدین ترتیب پارامترهای مختلف اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق فصلی حوزه مشخص و دسته بندی گردید. نتایج این تحقیق نشان میدهد که پارامترهای اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق از فصلی به فصل دیگر تغییر نموده ولی در کل نقش ساعات آفتابی در تمامی فصول موثرتر بوده است. نتایج این تحقیق میتواند در شناسایی عوامل موثر بر تبخیر و تعرق کمک نموده و لذا به مدیریت مناسب و کنترل منابع محدود آب حوزه منجر شود.

**کلمات کلیدی:** تبخیر و تعرق - پارامترهای اقلیمی - مناطق خشک، حوزه منشاد، یزد.

### Determination of the main climatic parameters influencing evapotranspiration using multiple regression analysis (case study: Manshad basin, Yazd province)

S. Poormohammadi, M.T. Dastorani, S.A.M. Cheraghi, M.H. Mokhtari

#### Abstract

Evapotranspiration (ET) from vegetation and soil surfaces is one of the major causes of water shortage in arid and semi arid regions like vast areas of central Iran. Since the ET is influenced by different climatic parameters, therefore it is important to study these factors and also their role on integrated watershed management activities such as selection of cropping pattern, strategies for preventing of water wasting behind the dams, irrigation scheduling and etc. Mnashad basin is an arid-mountainous region in Yazd province, central Iran, is now faced with water scarcity problems. The main water resource of the basin is seasonal river and therefore, water availability in the region is generally poor. These conditions forces to prevent any water diminishing ways even via

ET. In this paper attempts were made to introduce main climatic parameters influencing ET of Manshad basin. For this purpose seasonal ET of the region was calculated using penman-monteith method. Afterwards, relationships between all the climatic parameters and ET were generated using multiple regression analysis. Therefore, main influencing climatic parameters were categorized on a seasonal basis. The results of this study indicate that climatic parameters influencing the ET vary from season to season. But in general, sunshine hour is the main parameter influencing the ET of about all seasons. The results of this study are useful for identification of the ET process and therefore, control and manage the available scarce water resources in a proper and effective manner.

**Keyword:** Evapotranspiration, Climatic parameters, arid regions, Manshad basin, Yazd

## مقدمه

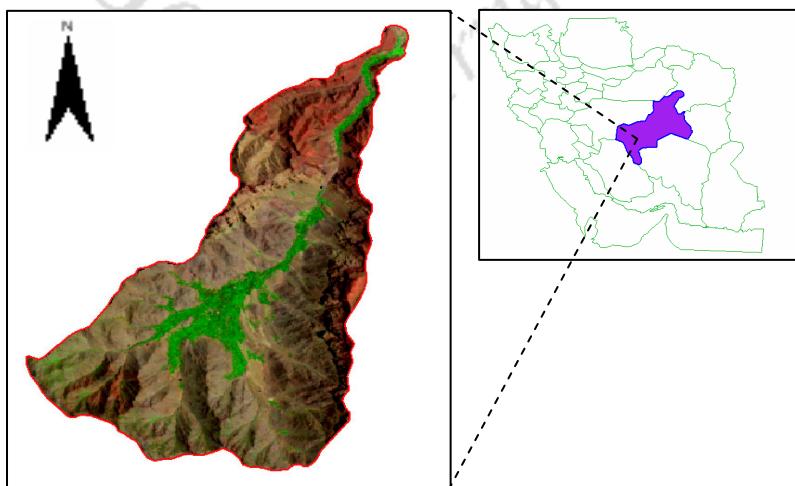
بیشتر وسعت کشور پهناور ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است. تبخیر و تعرق از جمله پارامترهای اقلیمی می باشد که اقلیم خشک و نیمه خشک را بیش از بیش تحت تاثیر خود قرار داده است. لذا آگاهی هرچه بیشتر در زمینه روابط بین پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق ما را بیشتر در مدیریت منابع آب منطقه به صورت کارهای آبخیزداری و عملیات کشاورزی یاری می کند. به طوری که با داشتن سایر عوامل اقلیمی موثر بر تبخیر می توان به طور غیر مستقیم تبخیر منطقه مطالعاتی که نتوان از روش های تجربی محاسبه کرد، بدست آورد. در این میان استفاده از روش تجزیه عاملی، روش بسیار کارا و مناسبی جهت شناسایی عوامل موثر بر تبخیر و تعرق می باشد. همچنین باشد همچنین لازم به اشاره است که ساختار اصلی داده هایی که بر روی میزان تبخیر و تعرق نقش اساسی ایفا میکنند به صورتی است که از چندین مولفه یا عامل (فاکتور) تشکیل شده اند. نکته حائز اهمیت در این راستا این است که سهم و میزان اثربخشی هر یک از این مولفه ها یا عوامل بسیار مهم بوده و همچنین هر یک از این عوامل در ارتباط نزدیک با یکی از پارامترهای فیزیکی کنترل کننده تبخیر و تعرق میباشند. روشهای آماری تجزیه مولفه های اصلی Factor Analysis) که با نمایش داده می شود، از مشهورترین و پرکاربرد ترین تکنیکهای آنالیز داده به صورت چند متغیره محسوب میشوند. این تکنیکها قادر به توضیح ارتباط مشاهده شده بین چندین متغیر به صورت روابط نسبتاً ساده میباشند و همچنین از روی ساختار حاکم بر متغیرهای مورد نظر، ایده ای را مبنی بر اهمیت نسبی فاکتورهای مختلف تأثیر گذار بر روی پدیده مورد مطالعه ارائه میدهد (ماتالاس و ری هر، ۱۹۶۷). همچنین این روش برای قضاؤت بر اساس بردارهای مقادیر ویژه یا eigenvectors (گری ۱۹۸۱، کیدسون ۱۹۷۵) و نیز توابع تجربی قائم (راوو، ۱۹۹۰) کاربرد دارد. برخی از تحقیقات انجام شده در گذشته نزدیک نشان داده است که روش آماری تجزیه عاملی میتواند جهت بررسی پدیده های هیدرولوژیکی، هیدرولوگی و هیدروشیمیایی مورد استفاده قرار گیرد گادگیل و اینگار (۱۹۸۰) و اینگار (۱۹۹۱) روش PCA را جهت تعیین الگوی تغییرات زمانی بارش در منطقه ای از هند مورد استفاده قرار دادند. در تحقیقی که توسط ملکی نژاد و پور محمدی (۱۳۸۷) انجام شد پارامترهای اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق در ایران مرکزی توسط نرم افزار minitab و روش تجزیه عاملی بررسی شد مشخص گردید که در هر یک از ماههای سال یکی از پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه نقش موثرتری بر میزان تبخیر داشته است. در این میان نقش دما، سرعت باد و میزان ابرناکی از بقیه مشهود تر بوده است. در نهایت مناطق همگن اقلیمی با توجه به پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق مناطق از هم جدا شدند. یکی دیگر از روش های تعیین رابطه همبستگی بین تبخیر و تعرق و مجموعه ای از عوامل اقلیمی، رگرسیون چند متغیره می باشد در این روش تبخیر و تعرق بعنوان متغیر وابسته و

عوامل اقلیمی مختلف بعنوان متغیرهای مستقل به مدل معرفی می شوند. بهترین مدل انتخابی ، مدلی است که بتواند تخمین بهتری را از دو یا چند متغیر وابسته دیگر ارائه دهد. یکی از مهمترین محدودیت های این روش ( همانند سایر روش های رگرسیونی) این است که مدل ارائه شده تنها در همان بازه از اعداد مورد استفاده در تجزیه و تحلیل ها معتبر می باشد. بنابراین امکان بروز یابی وجود ندارد. همچنین یکی دیگر از ملاحظاتی که بایستی مورد توجه قرار گیرد، خطر همراستایی متغیرهای مستقل با یکدیگر می باشد. چنانچه این محدودیت ها برطرف شده و یا حداقل مورد کنکاش قرار گیرند می توان از رگرسیون چند متغیره بعنوان یکی از کاراترین روشها استفاده نمود. (عبداللهی و رحیمیان ۱۳۸۶) هدف از تحقیق حاضر بررسی نقش عوامل مختلف اقلیمی بر روی تبخیر و تعرق پتانسیل حوزه آبخیز منشاد در استان یزد می باشد. بدین منظور از روش های آنالیز آماری تجزیه عاملی و رگرسیون چند متغیره بهره گیری شده و نهایتاً مناسبترین مدلها که قادر به پیش بینی تبخیر و تعرق از روی عوامل اقلیمی بوده اند معرفی و ارزیابی شده اند.

## مواد و روشها

### معرفی منطقه مطالعاتی

حوزه منشاد در استان یزد در ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۷ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه و ۵۶ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۱ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. و از نظر تقسیم استانی جز استان یزد و از حوزه های آبخیز میانکوه می باشد. مساحت این حوزه ۶۱ کیلومتر مربع می باشد. حداقل ارتفاع حوزه منشاد ۱۸۴۵ و حداقل ارتفاع آن ۳۴۲۰ می باشد. در حوزه منشاد ۳۲ آبراهه درجه ۱ و ۱۲ آبراهه درجه ۲ و ۱۵ آبراهه درجه ۳ واقع شده اند. شبیه متوسط وزنی حوزه ۳۲,۳۶ درجه می باشد. پوشش غالب منطقه درمنه کوهی *Artemisia aucheri* در ارتفاعات و در مناطق کم ارتفاع درمنه دشتی *Artemisia siberi* می باشد. از نظر زمین شناسی بخش عمده حوزه منشاد را گرانیت شیرکوه و سنگهای آهکی تشکیل شده است و در بعضی قسمت ها ماسه سنگ همراه با مارن و کنگلومراتی متحجر دیده می شود. رژیم رطوبتی خاک منطقه از نوع Torric یا Aridic و در بخشی از ارتفاعات بالاتر که میزان بارندگی زیادتر می باشد رژیم رطوبتی Xeric می باشد. دمای متوسط سالانه در این حوزه ۱۱ درجه سانتی گراد و بارش متوسط آن ۳۶۸,۳۵ می باشد. گرمترین ماه سال در این حوزه شهریور ماه با دمای ۲۴,۴۸ درجه و سردترین آن بهمن با ۸,۰ درجه سانتیگراد تعیین شده است.



شکل ۱: نمایی از حوزه مطالعاتی منشاد و موقعیت قرار گیری آن بر روی نقشه

## روش کار

جهت تعیین داده های مورد نیاز برای تعیین تبخیر و تعرق حوزه منشاد از داده های روزانه نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک (ایستگاه سینوپتیک مهریز) استفاده شد. در این تحقیق از داده های روزانه سال آبی ۸۵-۸۶ استفاده شد. با تهیه نقشه گرادیان ارتفاع - دما و داشتن داده های روزانه بارش (منطقه دارای ایستگاه هیدرومتری می باشد) و استفاده از داده های روزانه ایستگاه سینوپتیک مهریز، داده های روزانه منشاد شامل (دما، رطوبت، ساعات آفتابی، سرعت باد) محاسبه گردید. بعد از آن با استفاده از معادله فانو-پنمن-مانتیث، تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در منشاد محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Minitab به تجزیه و تحلیل رابطه بین تبخیر و تعرق پتانسیل با پارامترهای اقلیمی با استفاده از داده های روزانه سال آبی ۸۶-۸۵ پرداخته شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش فاکتور عاملی از بین دمای کمینه، بیشینه و میانگین و همچنین رطوبت های کمینه، بیشینه و میانگین از یکی بعنوان فاکتور موثر جهت تعیین معادله تبخیر و تعرق در منطقه استفاده شد. به این ترتیب که برای هر فصل از سالبه طور جداگانه از داده های روزانه جهت تعیین بهترین معادله بین تبخیر و تعرق پتانسیل و پارامترهای اقلیمی استفاده شد. برای هر ماه معادله جداگانه برای تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد و موثرترین فاکتور بر روی تبخیر و تعرق در هر فصل مشخص شد. و در نهایت آماره های RRMSE و MAE جهت ارزیابی و تعیین دقیقی مدل های رگرسیونی ارائه گردید. برای این کار از دو آماره RRMSE و MAE استفاده گردید. آماره RRMSE<sup>۱</sup> یا مقدار نسبی جذر میانگین مربعات خطای بیانگر میزان خطای برآورد متغیرها نسبت به مقدار مشاهداتی است که بر اساس ریشه مربعات خطای مورد محاسبه قرار می گیرد و فرمول آن به شرح زیر است:

$$RRMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_e - X_o}{X_o} \right]^2}$$

در اینجا  $X_e$  مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با استفاده از مدل های رگرسیونی و تبخیر و تعرق برآورد شده با استفاده از روش پنمن - مانتیث - فانو محاسبه  $n$  تعداد روزهای هر فصل می باشد. آماره MAE<sup>۲</sup> یا میانگین خطای مطلق نیز از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$MAE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \right]$$

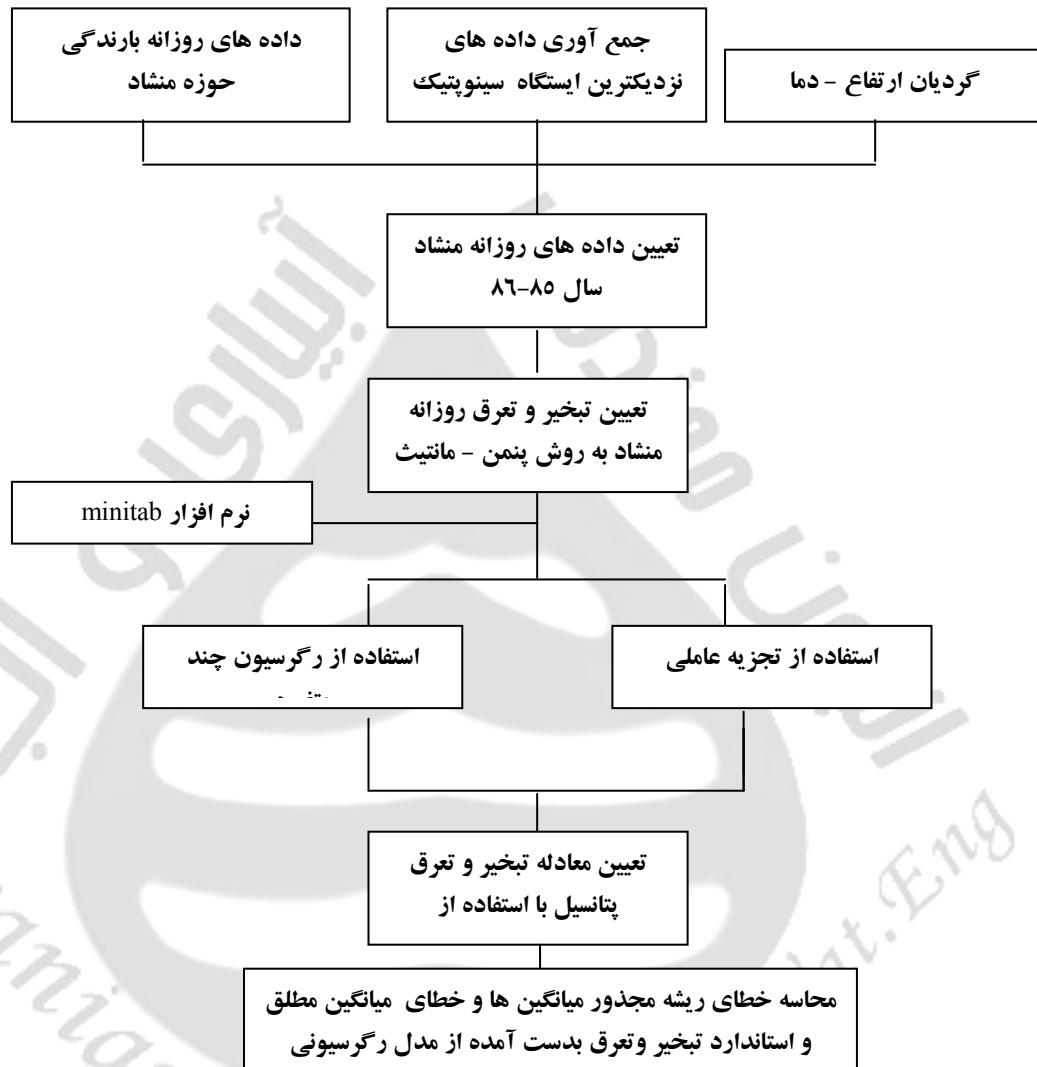
$$e_i = X_e - X_o$$

$|e_i|$  مقدار قدر مطلق اختلافات بین مقادیر محاسبه شده به روشنی - مانتیث - فانو و مدل های رگرسیونی را نشان می دهد. هر چه مقدار این دو آماره کوچکتر باشد به معنای این است که خطای برآورد مقدار تبخیر روزانه از روابط بدست آمده کمتر می باشد.

مراحل مختلف انجام کار در شکل شماره ۲ مشاهده می شود.

<sup>۱</sup>- Relative Root Mean Square Error

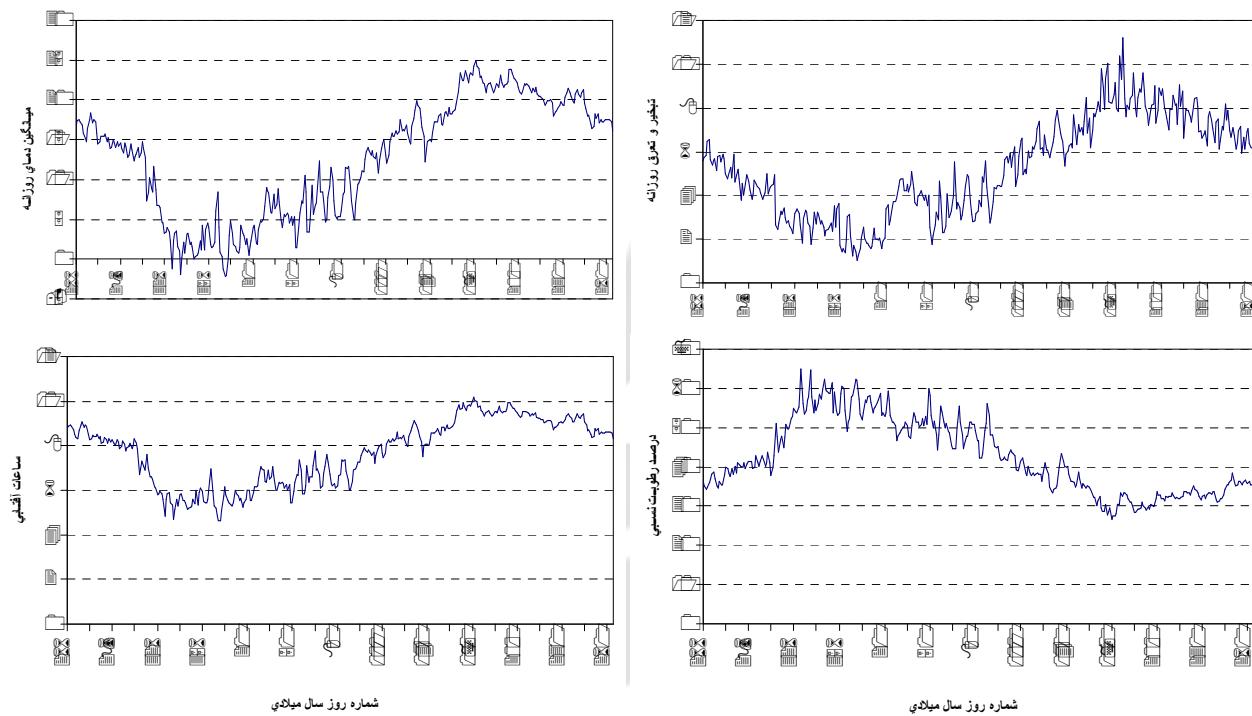
<sup>۲</sup>- Mean Absolute Error



شکل ۲ - مراحل انجام کار

### نتایج و بحث

در شکل شماره ۲ نمودارهای مربوط به تغییرات روزانه پارامترهای مختلف اقلیمی (تبخیر و تعرق، دما، رطوبت و ساعت آفتابی) حوزه منشاء در سال آبی ۸۶-۸۵ نشان داده شده است. نمودار تبخیر و تعرق حاصل محاسبه به روش فائق-پنمن مانتیث بوده و سایر پارامترها از طریق آمار هواشناسی ایستگاه مجاور منطقه مطالعاتی و ایجاد گردیان دما-ارتفاع بدست آمده‌اند. با مشاهده این نمودارها مشخص است که بین تبخیر و تعرق روزانه با دما و ساعت آفتابی رابطه مثبت و با رطوبت نسبی روزانه رابطه منفی وجود دارد.



شکل ۳- نمودارهای مربوط به تبخیر و تعرق - دمای میانگین- ساعات آفتابی و رطوبت میانگین روزانه سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۵  
حوزه منشاء

همان گونه که در مواد و روش‌های تحقیق عنوان گردید از بین سه فاکتور دمای بیشینه، دمای کمینه و میانگین دما یک فاکتور جهت تعیین معادله تبخیر و تعرق پتانسیل در هر فصل انتخاب شد که این کار بوسیله روش تجزیه عاملی صورت گرفت. در جدول شماره یک ترتیب اهمیت سه فاکتور مربوط به دما در هر فصل نشان داده شده است. بر این اساس در فصل پائیز و زمستان کمینه دما و در دو فصل بهار و زمستان بیشینه دما بعنوان فاکتور موثر بر دما در معادله تبخیر و تعرق دخالت داده شده است. علت انجام این کار نیز حذف مشکل هم راستایی<sup>۳</sup> و جلوگیری از ورود داده‌های با ماهیت یکسان در مدل رگرسیونی می‌باشد. همین عملیات برای سه متغیر کمینه، بیشینه و میانگین رطوبت نسبی نیز صورت گرفت که بر اساس آن مشخص گردید که نقش هر سه متغیر یکسان است. لذا از میانگین رطوبت نسبی به جای مقادیر کمینه و بیشینه رطوبت حوزه استفاده شده است.

جدول ۱- تعیین مهمترین فاکتور دمایی در معادله تبخیر و تعرق

فصل	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳
پائیز	کمینه دما	میانگین دما	بیشینه دما
زمستان	بیشینه دما	کمینه دما	میانگین دما
بهار	بیشینه دما	کمینه دما	میانگین دما
تابستان	کمینه دما	بیشینه دما	میانگین دما

<sup>3</sup> -Co-linearity

با انجام این کار متغیرهای مورد نظر برای انجام رگرسیون شامل دما، ساعات آفتابی و میانگین رطوبت نسبی تهیه گشتند که البته پارامتر دما در هر فصل متفاوت بوده و شامل بیشینه، کمینه و میانگین می‌شدند. پس از اعمال رگرسیون بین فاکتورهای انتخاب شده و تبخیر و تعرق پتانسیل، مهمترین پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق در هر فصل مشخص شد. به جز فصل پائیز که رطوبت نسبی موثرترین پارامتر اقلیمی در تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد در فصول دیگر (زمستان، بهار و تابستان) ساعات آفتابی بیشترین نقش را در تبخیر و تعرق دارد. البته همبستگی بالایی بین تبخیر و تعرق پتانسیل و سایر عوامل اقلیمی مثل دما نیز دیده می‌شود. ولی دما در هیچ فصلی موثرترین پارامتر در تبخیر و تعرق پتانسیل نشده است. در فصل بهار فاکتور دما از سایر فصول نقش بیشتری در تبخیر و تعرق دارد و پارامتر سرعت باد در تمامی فصول کمترین تاثیر را در تبخیر و تعرق پتانسیل می‌گذارد. با این حال بیشترین تاثیر فاکتور سرعت باد بر روی تبخیر و تعرق در فصل پائیز می‌باشد. دلیل آن هم این است که معمولاً در فصل پائیز میزان باد در این منطقه از سایر فصول بیشتر می‌باشد. با توجه به نتایج حاصله میتوان گفت که نقش عوامل اقلیمی بر روی تبخیر و تعرق در دو فصل پائیز و بهار بیشتر از دو فصل زمستان و تابستان می‌باشد.

جدول ۲- همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق در فصول مختلف (موثرترین پارامتر در هر فصل پررنگتر نشان داده شده است)

فصل	دما	رطوبت نسبی	ساعت آفتابی	سرعت باد
پائیز	% ۷۵/۸	% ۸۱/۵	% ۸۱	% ۴۲/۲
زمستان	% ۶۹/۴	% ۶۸/۸	% ۷۶/۲	% ۲۴/۳
بهار	% ۸۶/۲	% ۸۶/۲	% ۹۱/۳	% ۰/۱
تابستان	% ۴۳/۸	% ۳۹/۳	% ۵۰/۱	% ۳۴/۸

روابط بدست آمده بین تبخیر و پارامترهای اقلیمی حوزه منشاد به صورت فصلی در جدول ۳ بیان شده است. با توجه به این جدول همبستگی های مناسبی بین تبخیر و تعرق پتانسیل و پارامترهای اقلیمی در هر فصل وجود دارد. همبستگی های کلی در دو فصل بهار و تابستان در حوزه بیشتر از فصول دیگر می‌باشد.

جدول ۳- تعیین معادله تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از پارامترهای منتخب در فصول مختلف سال آبی ۸۵-۸۶ در حوزه منشاد

فصل	معادله تخمین	همبستگی	RRMSE	MAE
پائیز	$ET_0 = 9.5 - 0.049 T_{min} - 0.180 RH_{mean} + 0.33 n + 0.0268 Z$	90.3%	0.103	0.290
زمستان	$ET_0 = -16.4 + 0.335 T_{max} + 0.906 n + 0.197 RH_{mean} + 0.0233 Z$	93.0%	0.130	0.223
بهار	$ET_0 = -31.1 + 0.54 T_{max} + 1.23 n + 0.382 RH_{mean} + 0.177 Z$	96.7%	0.021	0.129
تابستان	$ET_0 = -19.6 - 0.145 T_{min} + 0.014 RH_{mean} + 2.85 n + 0.407 Z$	97.3%	0.052	0.195

Z: سرعت باد- n: ساعت آفتابی- ET0: تبخیر و تعرق پتانسیل- Tmin: حداقل دمای روزانه- RHmean: میانگین رطوبت نسبی

همانطور که در جدول مشاهده می شود خطاها بر آورد شده **MAE** و **RRMSE** مدل های رگرسیونی نشان داده شده است. خطاها بردی برای تمامی فصول پائین بوده و این دقت بالای مدل رگرسیون جهت برآورده تبخیر و تعرق را نشان می دهد هردو این خطاها برای فصول تابستان و بهار پائین تراز فصول دیگر می باشد و این پائین بودن خطاها بعلت همبستگی های بالاتر این دو فصل نسبت به دو فصل پائیز و بهار می باشد.

#### نتیجه گیری

روش رگرسیون چند متغیره قابلیت های زیادی جهت تحلیل اثر مجموعه ای از عوامل بر روی یک متغیر وابسته دارد اما باید توجه شود که متغیر های مستقل هم راستا نبوده و همچنین به صورت منطقی و تئوریکی با پارامتر تبخیر و تعرق مرتبط باشند. استفاده از متغیر هایی که تنها ضرایب همبستگی بالا می دهند اما هیچ ارتباط منطقی بین آنها و تبخیر و تعرق وجود ندارد کاری اشتباه است و به ناکارآمدی مدل رگرسیونی منجر خواهد شد. جهت حذف مشکل هم راستایی بین متغیرهای مستقل نیز روش تجزیه عاملی مناسب به نظر میرسد که می تواند در مطالعات مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

#### منابع

۱. عبداللهی جلال ، محمد حسن رحیمیان (۱۳۸۶) ، به کارگیری رگرسیون چند متغیره در تهیه نقشه پوشش گیاهی توسط سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران،ج ۱۴ ش. ۲.
۲. ملکی نژاد، حسین و سمانه پورمحمدی.(۱۳۸۷)." مطالعه نقش عوامل مختلف اقلیمی بر فرآیند تبخیر در قالب مناطق همگن در برخی از مناطق خشک و نیمه خشک ایران"" کنفرانس منابع آب تبریز.
۳. ملکی نژاد، حسین و سمانه پورمحمدی.(۱۳۸۷)." تعیین مهمترین پارامترهای اقلیمی موثر بر تبخیر در مناطق خشک کشور به کمک تجزیه عاملی دوران یافته "" کنفرانس منابع آب تبریز.
۴. Matalas,D, and Feyen .J. (1990). "Defining homogenous precipitation regions means of principal component analysis". J. APL. meteorol, 29, 892-910.
۵. Rao, A.R. (1990). "Emprical orthogonal function analysis of rainfall and run off series". water resource manage. 4, 235-250.
۶. Gadgil, S. and R.N Lyengar,. (1980). "Cluster analysis of rainfall station of India" peninsula,Meteorol.soc.106(450), 873-896.
۷. Kidson, J.W. (1975). "Eigen Vector analysis of monthly mean surface data", monthly Weather Rev.103,639-649