



انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران



## ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی تلفات تبخیر با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده ایستگاه هواشناسی

۱- محسن اسکافی نوغانی- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان آدرس:- دانشگاه تهران - پردیس ابوریحان- گروه مهندسی آبیاری و زهکشی  
 ۲- مهدی مفتاح هلقی: استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
 ۳- ابوالفضل مساعدی- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
 تلفن ۰۲۹۲-۳۰۲۵۹۹۱ پست الکترونیک [mohsenskafi@yahoo.com](mailto:mohsenskafi@yahoo.com)

### چکیده:

یکی از پارامترهای مهم در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از مخازن در معادلات بیلان آبی، تبخیر می‌باشد. در ایستگاه‌های تبخیر سنجی مجاور مخازن این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود. برنامه‌ریزی مخازن بر اساس داده‌های دوره‌های پیشین انجام می‌شود بنا بر این مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های تبخیر سنجی مستقیماً برای برنامه‌ریزی استفاده نمی‌شود. تلفات تبخیر از مخازن، به صورت تجربی و بر اساس اندازه‌گیری‌های دوره‌های قبل در نظر گرفته می‌شود. امروزه مدل‌های رگرسیونی در سطح وسیعی در علوم مختلف برای پیشگویی به کار گرفته می‌شوند. از مزایای این مدل‌ها در دسترس بودن پارامترهای مورد نیاز و سادگی محاسبات می‌باشد. هدف این تحقیق تدوین مدلی است که بتواند با توجه به متغیرهای هواشناسی مقدار تبخیر از تشت را پیش‌بینی کند. تا به حال، معادله‌ای که به صورت کامل روابط فیزیکی این پدیده را بیان کند ارائه نشده است. ولی با بررسی توابع مختلفی از پارامترهای هواشناسی، بدست آوردن تابعی که با دقت قابل قبولی مقدار تبخیر از تشت را پیش‌بینی نماید امکان پذیر است. مقایسه نتایج مدل تدوین شده در حوزه گرگانرود با مقادیر اندازه‌گیری شده دقت مناسب این مدل را تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر، مخازن آب، مدل پیش‌بینی، معادله رگرسیونی.

### مقدمه:

شدت تبخیر با استفاده از تشت تبخیر اندازه‌گیری می‌شود. یکی از کاربردهای این پارامتر اندازه‌گیری تلفات آب در مخازن سدها می‌باشد. برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب بر اساس مقادیر تبخیر در دوره‌های پیشین انجام می‌شود بنا بر این مقادیر تبخیر اندازه‌گیری شده به صورت مستقیم نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و معمولاً به صورت تجربی و یا استفاده از میانگین آمار گذشته در نظر گرفته می‌شود. کاربرد دیگر تبخیر از تشت محاسبه تبخیر و تفرق می‌باشد. استفاده از تشت تبخیر کلاس A روشی برای تخمین  $E_t$  می‌باشد. این روش در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته



انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران

# سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران



۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷ - دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی عمران

و دقت آن مورد قبول واقع شده است [۱]. اسنایدر و همکاران  $Et_0$  را با استفاده از اطلاعات تشت تبخیر در کالیفرنیا محاسبه نموده‌اند [۲]. دورنبوس و پرویت نسبت  $Et_0$  به شدت تبخیر از تشت  $E_{pan}$  را با ضریب  $K_p$  ارتباط داده‌اند و با توجه به



وضعیت پوشش گیاهی محل نصب و فاصله آن جداولی را ارائه داده‌اند [۳ و ۴]. رحیمی خوب با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل‌های خطی درجه ۱، ۲ و ۳ را مورد بررسی قرار داد و پارامترهای تبخیر از تشت (E\_PAN)، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (U) و رطوبت نسبی (RH) را در ترکیب معادلات برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده نمود [۵]. روش دیگری که توجه پژوهشگران را به خود جلب نموده‌است شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) می‌باشد. ANNها برای حل مسائل مختلف در سطح وسیعی از علوم به کار گرفته می‌شود. یکی از مزایای اصلی ANNها حل مسائل غیرخطی و پیچیده مانند  $E_t$  می‌باشد [۶]. محققان زیادی برای محاسبه  $E_t$  با استفاده از اطلاعات هواشناسی، ANN را مورد استفاده قرار داده‌اند [۷، ۸، ۹ و ۱۰]. نتایج این تحقیقات دقت ANNها را تایید می‌کنند. حتی برخی از تحقیقات برتری نتایج آن‌ها را نسبت معادله پنمن مانیتیس (PM) نشان می‌دهند [۱۱]. رحیمی خوب با ارائه مدل ANN برتری شبکه‌های عصبی هوشمند را نسبت به معادله هارگریوز نشان داد [۱۲]. توانایی روش‌های ANNها برای نگاشت توابع پیچیده مانند تبخیر در تحقیقات انجام شده به اثبات رسیده‌است ولی این روش قادر به ارائه توابع ریاضی نمی‌باشد و همین موضوع کاربرد آن‌ها را محدود نموده‌است. هدف از این تحقیق ارائه مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی شدت تبخیر از تشت می‌باشد. تابع ریاضی تبخیر بسیار پیچیده و متغیرهای زیادی دارد. پارامترهای هواشناسی مانند رطوبت، سرعت باد، درجه حرارت هوا و تابش خورشیدی در تبخیر موثر می‌باشند. بنا بر این بدست آوردن چنین تابع ریاضی که بتواند روابط فیزیکی حاکم را بیان کند بسیار مشکل و نیازمند تحقیقات زیادی می‌باشد. بنا بر این، هدف از انجام این تحقیق، تعیین این توابع ریاضی در یک منطقه به عنوان منطقه مطالعاتی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها:

محدوده‌ی مورد مطالعه حوزه آبریز گرگانرود می‌باشد و داده‌های لازم برای انجام محاسبات از اداره کل هواشناسی استان گلستان اخذ شده‌است. این اطلاعات شامل درجه حرارت روزانه، ساعات آفتابی، سرعت باد، رطوبت نسبی و تبخیر از تشت می‌باشد. محدوده‌ی زمانی اطلاعات در دسترس از سال ۱۳۶۳ الی ۱۳۸۶ و ایستگاه مورد مطالعه سد گلستان می‌باشد با توجه به روش مورد مطالعه اطلاعات ده سال اخیر شامل ۳۴۲۸ رکورد در محاسبات استفاده شده‌است. جدول (۱) میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.

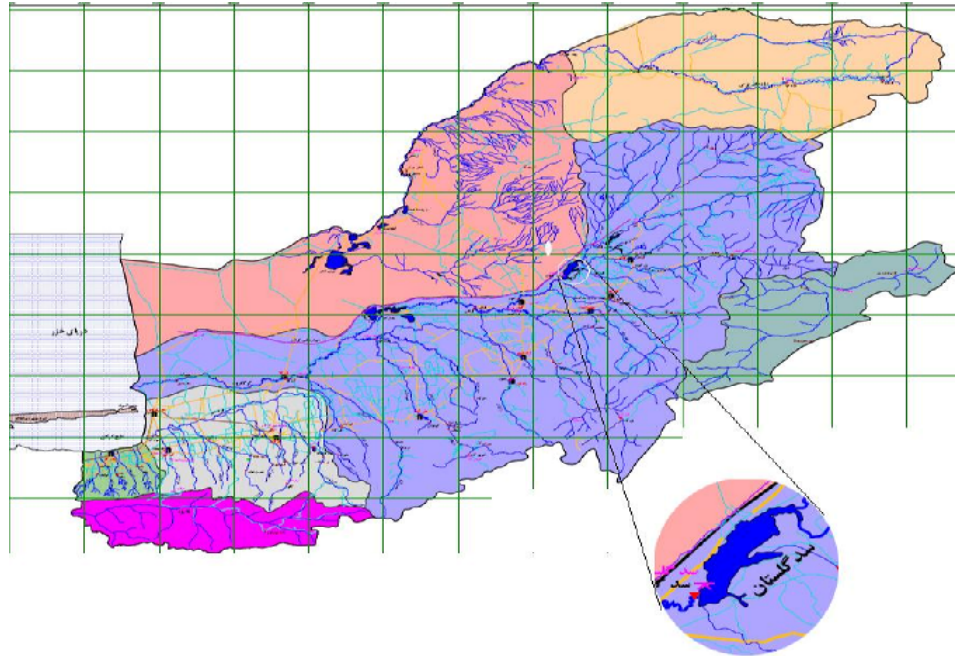
جدول (۱) - میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده ایستگاه مورد مطالعه

پارامتر	میانگین درجه حرارت روزانه	ساعات آفتابی	میانگین سرعت باد روزانه (m/s)	میانگین رطوبت نسبی روزانه (%)	میانگین تبخیر روزانه (mm)
میانگین ده ساله	۱۸/۸	۶/۳	۲/۰	۶۹	۳/۷
بیشینه ده ساله	۳۳/۰	۱۳/۹	۱۳/۰	۹۶/۵	۱۴/۱
کمینه ده ساله	۲/۵	۰/۰	۰/۰	۲۷/۵	۰/۰

رکوردهای ناقص اطلاعات اندازه‌گیری شده حذف شدند. ضمن آنکه لازم است قبل از به کارگیری رکوردها، داده‌های پرتی که در اثر اشتباه اندازه‌گیری یا ثبت وارد شده‌اند، حذف شوند. با استفاده از توزیع آماری نرمال که تطابق خوبی با



داده‌ها داشت داده‌های با احتمال تجمع کمی کمتر از ۱٪ و بیشتر از ۹۹٪ حذف گردید. جدول یک میانگین پارامترهای اندازه-گیری شده را نشان می‌دهد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) - نمایش موقعیت ایستگاه مورد مطالعه در حوزه آبخیز گرگانرود.

روابط مختلف ریاضی هر یک از پارامترها با مقدار تبخیر بررسی شد. توابعی که بیشترین تطابق را داشتند انتخاب شدند. برای بعضی از پارامترها تابع مناسبی پیدا نشد و برای وارد شدن آن‌ها در مدل از ترکیب آن‌ها با پارامترهای دیگر استفاده شد. برای رسیدن به مدل مناسب ترکیب‌های خطی از روابط به دست آمده بررسی شد و با استفاده از نرم افزار اکسل و برنامه دیتا آنالیز محاسبات انجام شد.

### نتایج و بحث:

در بررسی‌های انجام شده بهترین تابع میانگین درجه حرارت روزانه به شکل ریاضی  $f(T) = T^2$  می‌باشد. ضریب همبستگی این تابع با تبخیر ۰/۸۳ می‌باشد. در بقیه پارامترها، توابعی که همبستگی قابل قبولی داشته باشد بدست نیامد. بنابراین برای آن‌ها با ترکیب تابع  $f(T)$ ، توابع مناسبی به دست آمد. این توابع در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲) - توابع پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در مدل ترکیبی

پارامتر	تابع بدست آمده	$r^2$
سرعت باد (v)	$f(T).v^2$	۰/۵۶۶
رطوبت نسبی (Rh)	$f(T) \frac{100}{Rh}$	۰/۶۷۸
ساعات آفتابی	$f(T).Sh^2$	۰/۶۱۶

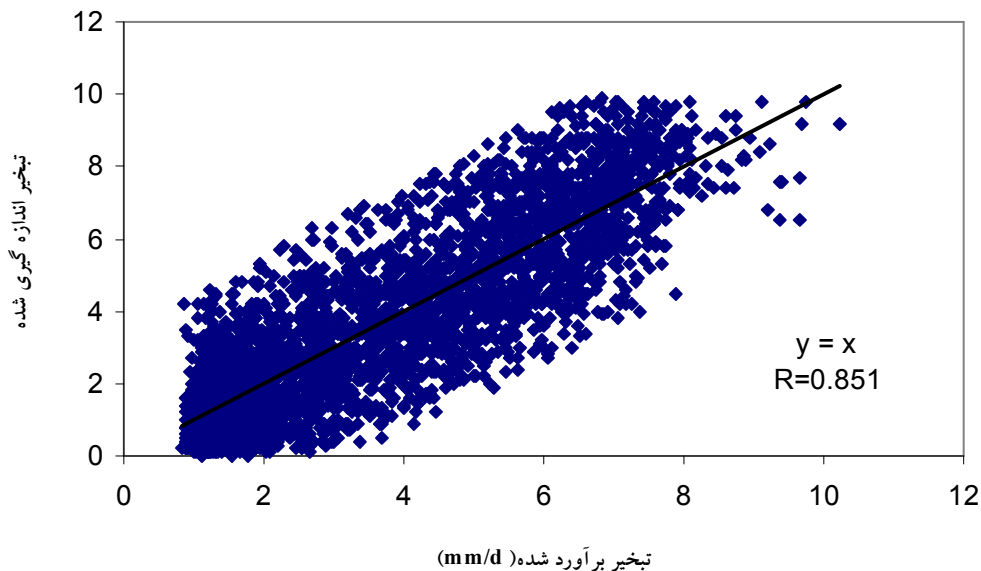


مدل ترکیبی پیش‌بینی تبخیر با ترکیب توابع جدول (۲) بر اساس معادله ۱ تدوین شده است.

$$E = f(T).(b_1Sh^2 + b_2 \frac{100}{Rh} + b_3.v^2) + b_0 \quad (1)$$

$$b_0 = .82 \quad b_1 = 0.000553 \quad b_2 = 0.00317 \quad b_3 = 0.000986 \quad r = 0.86$$

واسنجی این مدل با انجام رگرسیون خطی چند متغیره به دست آمده است. در این مدل ضریب حساسیت درجه حرارت روزانه و ساعات آفتابی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار می‌باشد بنابراین استفاده از معادله هارگریور در این منطقه مناسب خواهد بود [۱۳]. شکل (۲) نمودار تبخیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. افزایش رطوبت نسبی باعث کاهش و افزایش سرعت باد باعث افزایش تبخیر می‌شود. مقدار تبخیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده در این منطقه نسبت به مناطق گرم و خشک کشور مانند اهواز کمتر و حدود ۵۰٪ آن است.



شکل (۲) - نمودار نتایج مدل و نتایج اندازه‌گیری شده

#### مراجع:

- [1] Irmak, S., Haman, D.Z. and Matyyac, S. (2002). Evaluation of Class A pan coefficients for Estimated Reference Evapotranspiration in Humid Location. *Irrig. Drain. Eng.*, 128(3): 153-159.
- [2] Snyder, R. L., Orang, M., Matyyac, S. and Grismer, M. E., (2005). Simplified Estimation of Reference Evapotranspiration from pan Evaporation Data in California. *J. Irrig.*, 131(3):758-773.
- [3] Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. (1975). Guidelines for prediction of crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, Rome, Italy, 179 pp.
- [4] Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. (1977). Guidelines for prediction of crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, (revised), Rome, Italy, 144 pp.
- [5] رحیمی خوب ا. (۱۳۸۵). تدوین مدل تبدیل تبخیر از تشت به تبخیر و تعرق گیاه مرجع مطالعه موردی استان خوزستان. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز ص ۷۴۵-۷۵۱.
- [6] Sudheer KP, Gosain A.K. and Ramasastry K.S. (2003). Estimating actual evapotranspiration from limited climatic data using neural computing technique. *J Irrig Drain Eng* 129(3):214-218.



- [7] Odhiambo LO, Yoder RE, Hines JW (2001) Optimization of fuzzy evapotranspiration model through neural training with input– output examples. *Trans ASAE* 44(6):1625–1633
- [8] Kumar M., Raghuwanshi N.S., Singh R., Wallender W.W. and Pruitt W.W. (2002) Estimating evapotranspiration using artificial neural network. *J Irrig Drain Eng* 128(4):224–233
- [9] Silva A.F. (2002). Previsao da evapotranspiracao de referencia utilizando redes neurais. Dissertacao de Mestrado, Univ. Federal de Vic,osa, Vic,osa, Minas Gerais, Brazil
- [10] Trajkovic S., Todorovic B. and Stankovic M. (2003) Forecasting of reference evapotranspiration by artificial neural networks. *J Irrig Drain Eng* 129(6):454–457
- [11] Zanetti S.S., Sousa E.F., Oliveira V.P.S., Almeida F.T. and Bernard S. (2007). Estimating evapotranspiration using artificial neural network and minimum climatological data. *J Irrig Drain Eng* 133(2):83–88
- [12] Rahimi Khoob A. (2008). Comparative study of Hargreaves's and artificial neural. *Irrig Sci* 26:253–259
- [13] Hargreaves G.H. and Samani Z.A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl Eng Agric* 1(2):96–99