

مقایسه دقت روشهای شبکه های عصبی مصنوعی و پنمن-مانتیس در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل

محمد شایان نژاد

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد

چکیده

به منظور ارتقاء بهره وری مصرف در شبکه های آبیاری، تعیین نسبتاً دقیق نیاز آبی گیاهان امری لازم و ضروری است. روش دقیق برای انجام این کار استفاده از لایستیمر است که بعلت هزینه زیادش کاربرد آن با محدودیت مواجه می باشد. بنابراین بایستی از مدل های ریاضی استفاده نمود که از مناسبترین آن ها مدل پنمن-مانتیس است. این مدل ها تبخیر و تعرق پتانسیل را محاسبه می کند. در سال های اخیر با توسعه شبکه های عصبی مصنوعی از آن می توان برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده نمود. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات اقلیمی و لایسمتری ۵ ساله ایستگاه هواشناسی اکباتان واقع در ۱۰ کیلومتری شهر همدان تبخیر و تعرق پتانسیل به دو روش پنمن-مانتیس و شبکه های عصبی مصنوعی محاسبه شده است. در روش شبکه های عصبی مصنوعی، شش عنصر فرآیند در لایه ورودی آن در نظر گرفته شده که عبارتند از دمای حداقل و حد اکثر هوا، رطوبت حداقل و حداکثر هوا، ساعات آفتابی و سرعت باد. در این شبکه نهایتاً یک لایه مخفی با یک عنصر فرآیند در نظر گرفته و طراحی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شد. مقدار خطای به دست آمده از روش پنمن-مانتیس ۱/۲ میلی متر در روز و از روش شبکه های عصبی مصنوعی ۰/۷ میلی متر در روز می باشد. بنابراین روش شبکه های عصبی مصنوعی در تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل بسیار دقیق تر از روش پنمن-مانتیس است. علاوه بر این اطلاعات مورد نیاز در روش شبکه های عصبی مصنوعی کمتر روش پنمن-مانتیس می باشد.

مقدمه

تبخیر و تعرق یکی از اجزاء اصلی سیکل هیدرولوژی است و تعیین صحیح آن برای خیلی از مطالعات از قبیل توازن هیدرولوژیکی آب، طراحی و مدیریت سیستمهای آبیاری، شبیه سازی میزان محصول و طراحی و مدیریت منابع آب از درجه اول اهمیت برخوردار است. تلفات آب بصورت بخار از سطح خاک را تبخیر و از سطح گیاهان را تعرق گویند. از نظر فیزیکی این دو فرایند مشابه هستند زیرا در هر دو صورت تغییر حالت آب از مایع به بخار و انتقال آن به جو رخ می دهد. مجموع این دو تلفات را تبخیر و تعرق می گویند. حدود ۹۷٪ آبی که در منطقه ریشه گیاه در اختیار آن قرار می گیرد، صرف تبخیر و تعرق می شود و بر این اساس نیاز آبی گیاهان را برابر با تبخیر و تعرق فرض می کنند. تبخیر و تعرق بر دو گونه است: الف) تبخیر و تعرق پتانسیل (مرجع) که تعاریف مختلفی از آن شده که یکی از آنها عبارتست از شدت تبخیر و تعرق از یک سطح پوشیده از چمن یکنواخت با ارتفاع ۱۵-۸ سانتی متر که رشد فعال داشته و زمین را بطور کامل می پوشاند و هیچ تنش آبی به آن نمی رسد. ب) تبخیر و تعرق واقعی که عبارتست از شدت تبخیر و تعرق از هر نوع سطح مزروعی و در یک زمان مشخص. عبارت دیگر تبخیر و تعرق واقعی همان آب مصرفی گیاه است.

برای اندازه گیری تبخیر و تعرق هر گیاه از دستگاهی بنام لایسیمتر استفاده می شود. بعلاوه اینکه استفاده از این دستگاه وقت گیر و پرهزینه می باشد، محققین مختلف ابتدا روابطی را برای تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل ارائه نموده که تابعی از فاکتورهای اقلیمی است. سپس از حاصل ضرب مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل در ضرائب گیاهی، مقدار تبخیر و تعرق واقعی را محاسبه می کنند. البته این محاسبه در شرایط بدون تنش آبی صحیح است. بطور کلی روش های موجود برای تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل به سه دسته زیر تقسیم می شود:

دسته اول: معادلات تجربی که یک یا چند عامل اقلیمی در آنها وجود دارد مانند روش تورنت وایت، بلینی کریدل، تورک، جنسن هیز و هارگریوز-سامانی و غیره.

دسته دوم: در این دسته پروسه تبخیر و تعرق به عنوان فرآیند انتقال جرم (بخار آب) در نظر گرفته میشود و به روش های انتقال جرم موسوم اند مانند روش دالتون و روش آیرودینامیکی.

دسته سوم: در این دسته ترکیبی از روش آیرودینامیکی و توازن انرژی به کار می رود مانند روش نسبت باون، روش پنمن، روش پنمن-مانتیس و روش پنمن-مانتیس-فائو.

در پنج دهه گذشته مطالعاتی بر روی توسعه روشهای تخمین تبخیر و تعرق و بهبود روشهای موجود انجام شده است. تلاش در این جهت هنوز هم ادامه دارد. بعضی از این روشها مانند روش بلینی - کریدل ساده و بعضی مانند روش ترکیبی پنمن بر اساس پروسه های فیزیکی استوار و پیچیده هستند. در روشهای ترکیبی، دینامیک تبخیر با شدت تشعشعات خالص و مشخصه های انتقال آیرودینامیکی سطح ترکیب می شود. بعداً مانتیس معادله پنمن را با وارد کردن مقاومت روزنه ای گیاه اصلاح نمود که در سطح وسیعی بنام معادله پنمن - مانتیس شناخته شده است. بسیاری از دانشمندان مانند آلن (۱۹۸۶) اعتبار این معادله را بررسی کردند. همچنین جنسن و همکاران (۱۹۹۰)، بیست روش تخمین تبخیر و تعرق را نسبت به نتایج لایسیمتر در یازده ایستگاه در نقاط مختلف جهان با اقلیمهای متفاوت مقایسه کردند برای همه اقلیمها روش پنمن - مانتیس بهترین روش محسوب شده و مرتبه سایر روشها با توجه به اقلیم متفاوت بود.

تبخیر و تعرق یک پدیده غیر خطی و پیچیده است زیرا اولاً بستگی به فاکتورهای اقلیمی مختلفی دارد، ثانیاً این فاکتورها روی یکدیگر تأثیر پذیرند. بنابراین تهیه یک مدل ریاضی برای آن با در نظر گرفتن تمام فاکتورهای اقلیمی مؤثر در آن، کاری مشکل و در صورت امکان یا با خطاهای قابل توجهی روبروست یا نیاز به اطلاعات زیادی دارد که اندازه گیری آنها مشکل و وقت گیر است. از این گذشته هر مدل ریاضی برای یک اقلیم خاصی تهیه شده و برای آن اقلیم معتبر است. بنابراین با توجه به ماهیت مسئله تبخیر و تعرق، استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای تعیین آنها مناسب است. بطور کلی شبکه های عصبی مصنوعی، ابزار مؤثری برای مدل کردن سیستمهای غیرخطی هستند. زیرا این شبکه ها نیاز به رابطه ریاضی برای پدیده پیچیده مورد بررسی ندارند. هر شبکه عصبی مصنوعی شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و در بین این دو لایه، یک یا چند لایه مخفی قرار می گیرد. در هر لایه یک یا چند عنصر فرایند وجود دارد. که مجموعاً شبیه یک شبکه عصبی بیولوژیک عمل می کنند. شبکه عصبی مصنوعی سعی می کند پس از دریافت ورودیها، آن را به خروجی مطلوب برساند اینکار با استفاده از عمل وزن دادن به ورودیها و استفاده از یک تابع فعالیت انجام می شود. به اینکار آموزش شبکه گویند. پس از اینکه اینکار انجام شد، مدل شبکه عصبی خود را تست می کند و نهایتاً مدل مورد تأیید قرار می گیرد.

با پیشرفت کامپیوتر و شبکه های عصبی مصنوعی، استفاده از این شبکه ها در علوم مختلف مهندسی شروع شد

برتن و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، تبخیر روزانه از تشتک را تخمین زدند. تعداد داده های مورد استفاده ۲۰۴۴ بوده که از شهر های مختلف جهان مانند رم در سال های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۶ جمع آوری شده است. داده های ورودی عبارت بوده از: بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی، تشعشعات خورشیدی و سرعت باد. میزان تبخیر از تشتک که از روش شبکه های عصبی مصنوعی محاسبه شده دارای کمترین خطا نسبت به سایر روش ها بوده و خطائی برابر با ۱/۱۱ میلی متر در روز داشته است. ادھیامبو و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از

روش عصبی-فازی، تبخیر و تعرق مرجع چمن را تخمین زدند. داده های ورودی عبارت بوده از تشعشعات خورشیدی، رطوبت نسبی، سرعت باد و درجه حرارت. میزان خطای محاسبه شده با این روش برابر با ۰/۴۸ میلی متر در روز بوده و میزان خطای به دست آمده از روش پنمن-مانتیس-فائو برابر با ۰/۵۶ میلی در روز بوده است. کامار و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی تبخیر و تعرق مرجع چمن را تخمین زدند. در این مطالعه داده های اقلیمی شامل حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و تشعشعات خورشیدی از دیویس کالیفرنیا جمع آوری شده و به عنوان داده های ورودی محسوب گردیده است. قبل از استفاده از این اعداد آنها را نرمال نموده اند. نهایتاً شبکه ای با یک لایه ورودی (با ۶ عنصر فرایند)، یک لایه مخفی (با ۷ عنصر فرایند) و یک لایه خروجی (با یک عنصر فرایند) بهترین نتایج را داده است. به طوری که مقدار خطا کمتر از ۰/۶ میلی متر در روز بود در حالی که مقدار خطای روش پنمن-مانتیس برای داده های این تحقیق برابر با ۰/۹۷ میلی متر در روز بود. تراجکویس و همکاران (۲۰۰۳)، برای پیش بینی تبخیر و تعرق مرجع از روش شبکه های عصبی مصنوعی استفاده نمودند. بدین صورت که برای پیش بینی تبخیر و تعرق در روز آینده، از مقادیر تبخیر و تعرق ۱۱ و ۲۳ روز قبل استفاده نمودند. در واقع لایه ورودی آن ها دارای دو عنصر فرایند بود. نسبت تبخیر و تعرق پیش بینی شده به اندازه گیری شده، به طور متوسط ۰/۹۹۴ بود که کارائی خوب این روش را نشان می دهد.

با توجه به اینکه بایستی برای هر منطقه یک شبکه عصبی مصنوعی طراحی شود، در این مقاله اینکار با استفاده از داده های هواشناسی و لایسیمتری شهرستان همدان انجام گرفته است.

مواد و روشها

مشخصات ایستگاه هواشناسی و لایسیمتری مورد استفاده

اطلاعات مورد نیاز برای این طرح از ایستگاه هواشناسی اکباتان واقع در ۱۰ کیلومتری شهر همدان استفاده شد. این ایستگاه دارای طول جغرافیائی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیائی ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۳۰ متر از سطح دریا می باشد. این منطقه دارای آب و هوای نیمه خشک و سرد است. حداکثر دمای هوا در گرمترین ماه ۴۰ و حداقل آن در سردترین ماه ۳۴- درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالیانه ۳۱۲/۳ میلیمتر گزارش شده است. اطلاعات اقلیمی مورد نیاز این طرح که از ایستگاه مذکور تهیه می شود عبارتنداز: دمای حداکثر و حداقل هوا، رطوبت حداقل و حداکثر هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی. در این ایستگاه برای اندازه گیری تبخیر و تعرق پتانسیل (با گیاه مرجع چمن) از یک لایسیمتر زهکشدار به ابعاد ۱×۲/۲۵×۱/۲ متر اسفاده شده است. خاک محل احداث لایسیمتر، عمیق، دارای بافت متوسط تا سنگین، با شوری ۰/۳۵ تا ۰/۶۱ دسی زیمنس بر متر، دارای وزن مخصوص ظاهری بین ۱/۷۴ تا ۱/۹۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و دارای خاصیت قلیائی

می باشد. کف لایسیمتر جهت خروج زهاب شیبدار بوده و به ضخامت ۲۰ سانتیمتر از شن ریز و درشت پر شده و روی آن لایه های خاک به تفکیک افقها اضافه شده است. با اندازه گیری میزان آب ورودی، میزان زهاب و رطوبت خاک در هر روز، با استفاده از توازن آب در لایسیمتر ، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل اندازه گیری می شود.

نتایج و بحث

مشخصات شبکه عصبی انتخاب شده و مقایسه خطای آن با روش پنمن-مانتیس

اطلاعات اقلیمی و لایسیمتری در طی سالهای ۱۳۷۳ الی ۱۳۷۷ بطور تصادفی به دو قسمت مساوی جهت مراحل آموزش و تایید تقسیم شد و در برنامه MATLAB استفاده گردید. نهایتا بهترین شبکه عصبی برای ۶ ورودی با مشخصات مندرج در جدول (۱) بدست آمد. در شکل شماره (۳) این شبکه نمایش داده شده است.

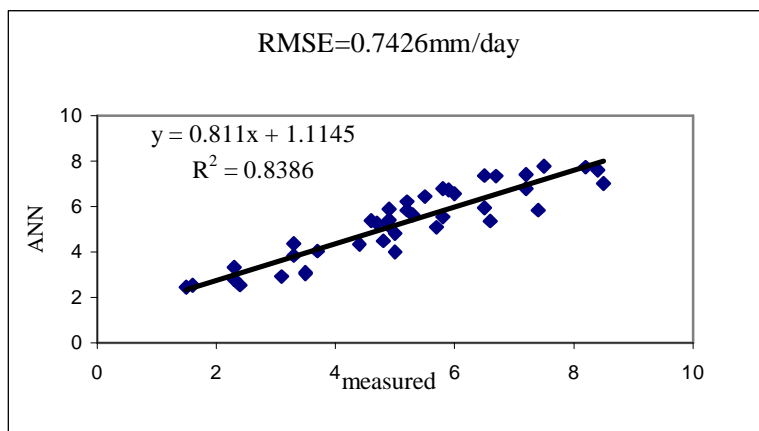
در شکل (۱) مقادیر تبخیر و تعرق اندازه گیری شده و محاسبه شده توسط شبکه عصبی مصنوعی (با مشخصات جدول ۱) و همچنین در شکل (۲) مقادیر تبخیر و تعرق اندازه گیری شده و محاسبه شده با روش پنمن-مانتیس ارائه شده است. (در این دو شکل همه واحدها بر حسب میلی متر در روز است)

جدول (۱): مشخصات بهترین شبکه عصبی بدست آمده برای ۶ ورودی

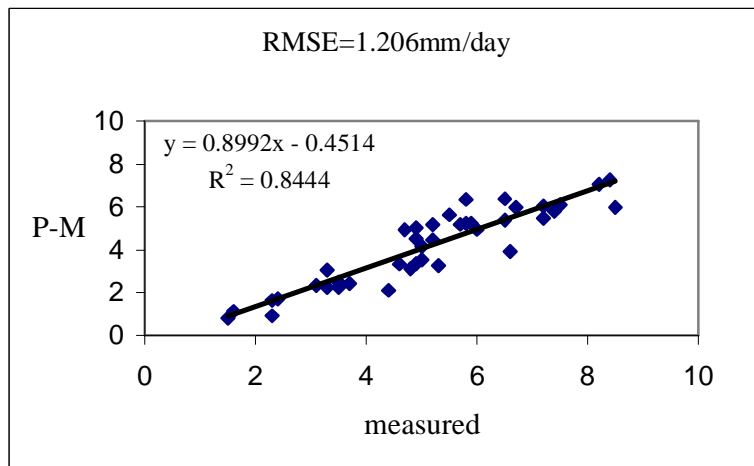
نوع لایه	تعداد عناصر فرآیند در لایه	ماهیت عناصر فرآیند	روش آموزش شبکه	تابع فعالیت	RMSE داده های اصلی
ورودی	۶	دما و رطوبت حداقل و حداکثر، سرعت باد و ساعات آفتابی	انتشار به عقب	خطی	۰/۷۴۲۶ میلیمتر در روز
مخفی	۱	-			
خروجی	۱	تبخیر و تعرق پتانسیل			

با توجه به شکل‌های (۱) و (۲) مشخص می‌شود که دقت روش شبکه‌های عصبی مصنوعی حتی از روش پنمن-مانتیس نیز بیشتر است. زیرا میزان خطای آن ۰/۷۲۶ و از پنمن-مانتیس ۱/۲۰۶ میلی‌متر در روز است. این در حالی است که تحقیقات انجام شده توسط جنسن و همکاران نشان می‌دهد که از بین بیست روش تخمین تبخیر و تعرق در یازده ایستگاه در نقاط مختلف جهان با اقلیم‌های متفاوت، برای همه اقلیم‌ها روش پنمن-مانتیس بهترین روش بوده است [۶].

ضریب همبستگی در اشکال (۱) و (۲) بیانگر میزان همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد و نه میزان دقت را. بنابراین نمی‌توان گفت که چون ضریب همبستگی در شکل (۲) بیشتر از شکل (۱) است، پس روش پنمن-مانتیس دقیقتر از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی است.



شکل (۱): مقادیر تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط شبکه عصبی مصنوعی



شکل (۲): مقادیر تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با روش پنمن-مانتیس

تقدیر و تشکر

در اینجا محقق طرح لازم میدانند که از معاونتهای محترم پژوهشی و مالی دانشگاه شهرکرد، به خاطر تصویب و حمایت مالی این طرح تشکر و قدردانی نماید. همچنین از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان که اطلاعات مورد نیاز این طرح را در اختیار محقق قرار دادند، صمیمانه سپاسگزاری می شود.

مراجع

- 1) Allen, R. G. 1986. A penman for all season. J. Irrig. And Drain.,ASCE.112(4) 348-368.
- 2) Bruton, J. M., R. W. McClendon and G. Hoogenboom. 2000. Estimating daily pan evaporation with artificial neural network. Trans. ASAE. 43(2):492-496.
- 3) Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation Drainage Paper No. 24. FAO. Rome. Italy.
- 4) French, M.N., W. F. Krayewski, and R. R. Cuykendall. 1992. Rainfall forecasting in space and time using neural networks. J. Hydrol. 137: 1-37.
- operation. J. Water Res. Plan. Manage.125(5): 263-271.
- 6) Jensen, M.E., R. D. Burman, and R. G. Allen.1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manual and Report on Engineering Practice No.70. New York.
- 7) Kumar, M., N. S. Raghuwanshi, R. Singh, W. W. Wallender, and W. O. Pruitt. 2002. Estimating evapotranspiration using artificial neural networks. J. Irrig. And Drain. ASCE.128(4):224-233.
- 8) Odhiambo, L. O., R. E. Yoder, D. C. Yoder and J.W. Hines. 2001. Optimization of fuzzy evaporation model through neural training with input-output examples. Trans. ASAE. 44(6):1625-1633.
- 9) Rogers, L.L., and F. U. Dowla. 1994. Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modeling. Water Resour. Res. 30(2): 457-481.
- 10) Shukla, M.B., R. Kok, S. O. Prasher, G. Clark, and R. Lacroix .1996. Use of artificial neural network in transient drainage design. Trans. ASAE. 39(1):119-124.
- 11) Thirumalaian, K. and M. C. Deo .1998. River stage forecasting using artificial neural network. J. Hydrol. Eng. 3(1):26-32.
- 12) Trajkovic, S., B. Todorovic and M. Standkovic. 2003. Forecasting of reference evapotranspiration by artificial neural network. J. Irrig. And Drain.,ASCE.129(6) 454-457.
- 13) Yang, C. C., S. O. Prasher, and R. Lacroix .1996. Application of artificial neural network to land drainage engineering. Trans. ASAE. 39(2):525-533.
- 14) Yang, C. C., S. O. Prasher, R. Lacroix S. Sreekanth, N. K. Patni and L. Masse. 1997. Artificial neural network model for subsurface-drained farmlands. . J. Irrig. And Drain.,ASCE.123(4) :285-292.