



دانشگاه گوارش و معده

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد نوزدهم، شماره اول، ۱۳۹۱

<http://jwfst.gau.ac.ir>

گزارش کوتاه علمی

## ارزیابی حساسیت معادله فائو پنمن - مانیتث ۵۶ نسبت به تغییرات سرعت باد در غرب ایران

نصرالدین پارسا<sup>۱</sup>، \*علی اکبر سبزی‌پرور<sup>۲</sup> و علی آیینی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان،

<sup>۲</sup>دانشیار گروه هواشناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

### چکیده

در این پژوهش حساسیت معادله فائو پنمن - مانیتث ۵۶ نسبت به تغییرات سرعت باد در شهرهای سنندج، ارومیه و تبریز مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از نرم‌افزار REF-ET استفاده گردید. داده‌های مربوط به ۱۲ پارامتر در دوره آماری مشترک ۴۱ ساله (۱۹۶۵-۲۰۰۵) برای ۳ ایستگاه مورد بررسی به صورت ماهانه به عنوان ورودی نرم‌افزار در نظر گرفته شد که شامل: متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، متوسط دمای خشک، متوسط دمای نقطه شبنم، حداکثر رطوبت نسبی، حداقل رطوبت نسبی، متوسط رطوبت نسبی، سرعت باد، بارش، فشار بخار و ساعات آفتابی می‌باشند. حساسیت معادله پنمن - مانیتث فائو ۵۶ به نسبت تغییرات ۱۰ درصدی و ۲۰ درصدی پارامترها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع نسبت به تغییرات کاهشی سرعت باد حساس‌تر بوده و بیش‌ترین تغییرات آن در کاهش ۲۰ درصدی سرعت باد مشاهده گردید. بیش‌ترین درصد تغییرات تبخیر و تعرق در ایستگاه تبریز و کم‌ترین تغییرات تبخیر و تعرق در ایستگاه ارومیه رخ داد. تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به درصد تغییرات سرعت باد در شهرهای سنندج و تبریز خطی و در شهر ارومیه تقریباً غیرخطی بود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات تبخیر و تعرق، پنمن فائو مانیتث، تغییرات پارامترهای هواشناسی، ایران

\* مسئول مکاتبه: [swsabzi@basu.ac.ir](mailto:swsabzi@basu.ac.ir)

## مقدمه

در پروژه‌های بزرگ منابع آب و کشاورزی به‌خصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک تعیین آب مصرفی گیاهان از مسایل عمده و اساسی به‌شمار می‌رود. کوشش‌های زیادی در سراسر جهان برای تعیین نیاز آبی به‌عمل آمده است. در این رابطه فرمول‌های زیادی عرضه شده و روش‌های تجربی متعددی ارائه و پیشرفت‌هایی نیز به‌دست آمده است. اما هنوز معادله‌ای که بتواند همه شرایط نیاز آبی گیاهان را به‌طور صحیح محاسبه و در هر محیط و شرایط اقلیمی قابل اجرا باشد پیشنهاد نگردیده است (فرداد، ۱۹۹۶). گویال (۲۰۰۴) مطالعه‌ای روی حساسیت فرایند تبخیر و تعرق به گرمایش جهانی انجام داد. بررسی انجام شده در منطقه راجستان هند نشان داد افزایش انرژی خورشیدی تا ۲۰ درصد باعث افزایش تبخیر و تعرق به‌میزان ۱۱ درصد شده است. به عقیده گویال افزایش ۱۰ درصد درجه حرارت و فشار بخار آب و کاهش ۱۰ درصد انرژی خورشیدی باعث کاهش تبخیر و تعرق تا ۳۰ درصد در مناطق مورد مطالعه می‌شود. همچنین افزایش ۱۰ درصد درجه حرارت و ۱۰ درصد کاهش انرژی خورشیدی، فشار بخار واقعی و سرعت باد باعث کاهش تبخیر و تعرق تا ۳۶ درصد می‌شود. هیدالگو و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی در کالیفرنیا نتیجه گرفتند که مقدار تبخیر و تعرق به‌طور خیلی قوی به تابش خالص، رطوبت نسبی و ابرناکی وابسته است و برای خنثی نمودن تأثیر ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش دمای جهانی حدود ۶ درصد کاهش تابش مورد نیاز می‌باشد. مال و گوپتا (۲۰۰۲) در مناطقی از هندوستان معادله‌های پایه‌گذاری شده بر تابش و درجه حرارت همچنین معادلات ترکیبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش پنمن-مانتیت نسبت به بقیه روش‌ها برتری دارد. سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۰۸) در ارزیابی حساسیت مدل‌های مختلف تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع<sup>۱</sup> به سیگنال‌های تغییر اقلیم در اقلیم سرد نیمه‌خشک همدان نتیجه گرفتند که در شرایط اقلیمی همدان، اغلب مدل‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع بیش‌ترین حساسیت را (۱۰/۸ درصد به‌ازای ۱۰ درصد تغییر در ورودی) به‌ترتیب به تغییرات کوتاه‌مدت و درازمدت پارامترهای تابش و دما نشان می‌دهند. میرزائی‌تختگاهی و معاضد (۲۰۰۶) روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل را در استان کردستان مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش روش پنمن-مانتیت-فائو به‌عنوان روش استاندارد در نظر

گرفته شد. دین پژوه (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای دیگر با عنوان تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایران نشان داد که متوسط تبخیر و تعرق گیاه مرجع سالیانه طولانی مدت در ایران بین ۸۳۰ میلی‌متر تا بیش از ۳۶۲۰ میلی‌متر تغییر می‌کند و کم‌ترین مقدار آن متعلق به خط ساحلی شمال و بزرگ‌ترین مقدار آن متعلق به بخش‌های مرکزی و جنوبی ایران است. متوسط تبخیر و تعرق مرجع سالانه در بخش‌های جنوبی ایران حدود ۳۳ برابر بزرگ‌تر از بارش متوسط سالانه آن است.

از آنجایی که در پژوهش‌های اندکی به بررسی اثر تغییرات سرعت باد در شدت تغییر تبخیر و تعرق پرداخته شده است و با توجه به این که هیچ روشی برای پیش‌بینی سرعت باد با دقت کامل وجود ندارد و سرعت باد روی مناطقی بدون کشاورزی و دشت‌های خشک ممکن است بیش از حد پیش‌بینی شود و داده‌های سرعت باد که از فرودگاه‌ها و تپه‌های سایر مکان‌ها برای تخمین تبخیر و تعرق اندازه‌گیری می‌شود، می‌تواند خطاهایی را در تخمین تبخیر و تعرق به وجود بیاورد. بنابراین در این پژوهش تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به میزان تغییرات سرعت باد در سه شهر تبریز، ارومیه و سنندج مورد بررسی قرار گرفت و روند این تغییرات نیز در نظر گرفته شد که در هیچ‌یک از مطالعات دیگر این کار انجام نشده است.

### مواد و روش‌ها

ایستگاه سینوتیک ارومیه در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵ دقیقه شرقی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۵/۹ متر است. ایستگاه سینوتیک تبریز در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۱ متر می‌باشد و ایستگاه هواشناسی سنندج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه شرقی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۷۳/۴ متر است. شهر ارومیه و تبریز براساس طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم سرد و نیمه‌مرطوب می‌باشد. شهر سنندج براساس روش دومارتن دارای اقلیم نیمه‌مدیترانه‌ای و براساس طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم سرد و مرطوب می‌باشد. برای انجام پژوهش از دوره آماری مشترک ۴۱ ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۵ میلادی) برای ۳ ایستگاه یاد شده استفاده گردید. در جدول ۱ متوسط پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌ها ارایه شده است.

جدول ۱- متوسط اقلیمی پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های موردنظر از سال ۲۰۰۵-۱۹۶۵ میلادی.

بارش سالانه (میلی‌متر)	فشار بخار (mb)	ساعات آفتابی (h/year)	سرعت باد (Knot)	رطوبت نسبی متوسط (درصد)	رطوبت نسبی حداقل (درصد)	رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	رطوبت نسبی		دمای نقطه شبنم	دمای خشک (درجه)	دمای میانگین (درجه)	دمای حداقل (درجه)	دمای حداکثر (درجه)	شهر
							رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	رطوبت نسبی حداقل (درصد)						
۳۳۵	۸/۱۴	۲۷۳۳	۳	۶۰/۵	۴۱/۵	۷۹	۲/۵	۱۱	۱۱/۱	۵	۱۷/۳	۱۷/۳	۱۷/۳	ارومیه
۴۶۴	۴/۷	۲۸۱۹	۳/۸	۴۸	۲۹/۴	۷۰/۶	۰/۴	۱۴/۱	۱۳/۴	۵/۴	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۱/۵	سنندج
۲۷۴	۷/۳	۲۷۴۵	۵/۹	۵۲/۸	۳۵/۵	۷۰	۱/۱	۱۲/۲	۱۲/۶	۷/۱	۱۸/۱	۱۸/۱	۱۸/۱	تبریز

در این پژوهش داده‌های مورد بررسی از سایت سازمان هواشناسی تهیه و توسط نرم‌افزار Excel مرتب گردیدند و در مرحله بعد همگنی داده‌ها از روش ران تست توسط نرم‌افزار SPSS صورت گرفت و برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از نرم‌افزار REF-ET استفاده گردید. در این پژوهش تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه شده براساس معادله پنمن-مانتیت فائو ۵۶ نسبت به تغییرات سرعت باد مورد بررسی قرار گرفت. برای نشان دادن این تغییرات در مرحله اول ۱۰ درصد و در مرحله دوم ۲۰ درصد به مقادیر پارامتر مورد بررسی اضافه و کم (سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته شدند) شده و در هر مرحله تبخیر و تعرق توسط نرم‌افزار مربوطه محاسبه شد. در مرحله آخر درصد تغییرات توسط نرم‌افزار Excel محاسبه گردید. همچنین خطی بودن و غیرخطی بودن تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های مربوطه مورد بررسی قرار گرفتند. برای این هدف تغییرات به صورت افزایش ۲ درصدی صورت گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که معادله پنمن-مانتیت فائو ۵۶ در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به تغییرات سرعت باد حساس بوده است. همچنین به‌ازای افزایش ۲۰ درصد سرعت باد، میانگین تغییرات تبخیر و تعرق در شهر ارومیه ۳/۲ درصد در شهر سنندج ۴/۶ درصد و در شهر تبریز ۴/۸ درصد می‌باشد که با نتایج گویال (۲۰۰۴) متفاوت بود گویال افزایش مقدار تبخیر و تعرق به‌ازای ۲۰ درصدی افزایش در سرعت باد را حدود ۷ درصد برای منطقه خشک هندوستان بیان کرد. برای شهر ارومیه به‌ازای افزایش ۱۰ درصد سرعت باد، درصد تغییرات تبخیر و تعرق از ۱/۷-۲/۸ درصد و به‌طور متوسط ۲/۲ درصد در ماه‌های مختلف مشاهده گردید. این افزایش ۱۰ درصدی سرعت باد برای شهر سنندج از ۲/۴-۳/۷ درصد و به‌طور متوسط ۳/۱ درصد و برای شهر تبریز به‌ازای این تغییر از ۲/۵-۵/۵ درصد و به‌طور متوسط ۳/۴ در نوسان می‌باشد. سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۰۸) میزان تغییرات تبخیر و تعرق همدان را به‌ازای ۱۰ درصد تغییرات سرعت باد حداکثر ۳ درصد و حداقل ۲ درصد و به‌ازای افزایش ۲۰ درصد سرعت باد حداکثر ۵/۹ درصد و حداقل ۴ درصد مشاهده کردند. تفضلی (۲۰۰۶) نتیجه گرفت که افزایش ۱۰ درصدی سرعت باد باعث افزایش ۲/۱ درصد و افزایش ۲۰ درصدی سرعت باد باعث افزایش ۴/۱ درصد تبخیر و تعرق به‌طور متوسط گردیده است که اندکی با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش متفاوت می‌باشد می‌توان علت این تفاوت را این‌طور بیان کرد که

تغییرات تبخیر و تعرق در هر منطقه بسته به شرایط جغرافیایی، نسبت به پارامترهای اقلیمی حساسیت متفاوتی دارد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). بیش‌ترین تغییرات در مقادیر تبخیر و تعرق مربوط به کاهش ۲۰ درصدی مقادیر سرعت باد مشاهده گردید. که نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر معادله و تبخیر و تعرق پتانسیل به کاهش سرعت باد نسبت به افزایش آن (علامت منفی نشان‌دهنده درصد کاهش) می‌باشد. برای بررسی خطی بودن یا غیرخطی بودن حساسیت تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع به تغییرات سرعت باد تغییرات را به‌صورت ۲۰-۲ درصد در ایستگاه‌های موردنظر در نظر گرفتیم و در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ متوسط تغییرات رسم گردیده است. به‌طورکلی نتایج نشان داد که افزایش سرعت باد باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و بین سرعت باد و تبخیر و تعرق یک رابطه مستقیم وجود دارد. این را می‌توان در نتایج گویال (۲۰۰۴) و سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده نمود. با ۲ برابر کردن سرعت باد (از ۲۰-۱۰ درصد افزایش) مشاهده گردید که درصد تغییرات نیز تقریباً ۲ برابر می‌شوند که به‌طور تقریبی بین ۲/۲-۱/۸ برابر در نوسان هستند.

تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به تغییرات سرعت باد در شهر سنندج و تبریز خطی است و معادله برازش یک رابطه خطی می‌باشد. در شهر ارومیه، تغییرات تقریباً غیرخطی عمل نمود.

جدول ۲- درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به تغییرات سرعت باد (ستون اول) در شهر ارومیه.

تغییرات (درصد)	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۲	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۵
۴	۰/۹	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۰/۹
۶	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۴
۸	۱/۷	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۴	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۲/۱	۲/۱	۲/۲	۲/۲	۱/۸
۱۰	۲/۱	۲	۲	۲/۱	۱/۷	۱/۹	۲/۱	۲/۳	۲/۶	۲/۶	۲/۸	۲/۸	۲/۲
۱۲	۲/۶	۲/۳	۲/۴	۲/۴	۲	۲/۲	۲/۵	۲/۷	۳/۱	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۲/۷
۱۴	۲/۸	۲/۶	۲/۸	۲/۸	۲/۴	۲/۶	۲/۹	۳/۱	۳/۵	۳/۶	۳/۸	۳/۹	۳/۱
۱۶	۴	۳/۸	۳/۸	۳/۹	۳/۳	۳/۷	۴	۴/۴	۴/۹	۵	۵/۲	۵/۴	۴/۳
۱۸	۳/۷	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳	۳	۳/۶	۴	۴/۵	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۳/۹
۲۰	۴	۳/۸	۳/۸	۳/۹	۳/۳	۳/۷	۴	۴/۴	۴/۹	۵	۵/۲	۵/۴	۴/۳
-۱۰	-۲/۴	-۲/۲	-۲/۲	-۲/۲	-۱/۸	-۲	-۲/۲	-۲/۴	-۲/۸	-۲/۸	-۲/۹	-۲/۴	-۲/۴
-۲۰	-۵/۲	-۴/۵	-۴/۵	-۴/۵	-۳/۷	-۴/۲	-۴/۶	-۵/۱	-۵/۸	-۵/۹	-۶/۳	-۵/۱	-۵/۱

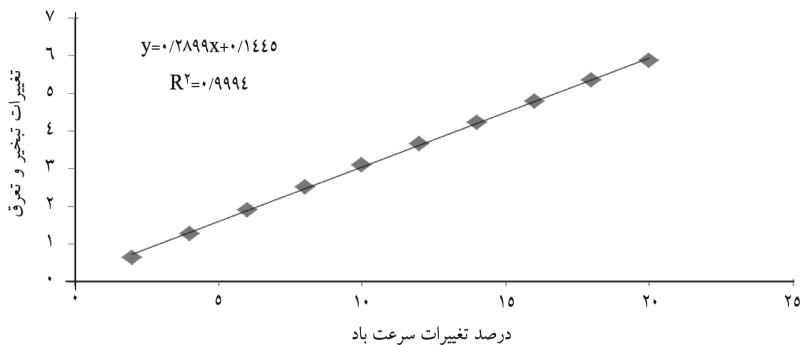
## نصرالدین پارسافر و همکاران

جدول ۳- درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به تغییرات سرعت باد (ستون اول) در شهر سنندج.

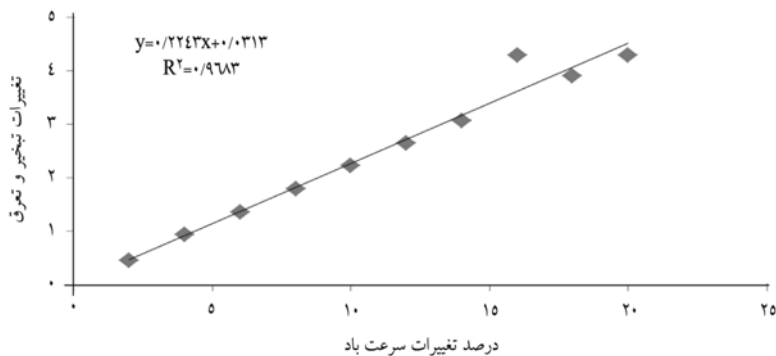
تغییرات (درصد)	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۲	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷
۴	۱/۱	۱	۱/۱	۱	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۳
۶	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۹	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۳	۲/۱	۲	۱/۹
۸	۲/۳	۱/۹	۲/۲	۲	۲/۱	۲/۵	۲/۹	۲/۹	۲/۹	۳	۲/۸	۲/۶	۲/۵
۱۰	۲/۸	۲/۴	۲/۶	۲/۵	۲/۶	۳/۱	۳/۵	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۴	۳/۲	۳/۱
۱۲	۳/۳	۲/۹	۳/۱	۳	۳	۳/۷	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴	۳/۹	۳/۷
۱۴	۳/۷	۳/۲	۳/۶	۳/۵	۳/۵	۴/۲	۴/۸	۴/۹	۵	۵/۱	۴/۶	۴/۵	۴/۲
۱۶	۴/۳	۳/۷	۴/۱	۳/۹	۴	۴/۸	۵/۵	۵/۶	۵/۷	۵/۷	۵/۳	۵/۱	۴/۸
۱۸	۴/۹	۴/۱	۴/۵	۴/۴	۴/۴	۵/۳	۶/۱	۶/۲	۶/۳	۶/۴	۵/۹	۵/۷	۵/۳
۲۰	۵/۲	۴/۶	۵	۴/۸	۴/۹	۵/۹	۶/۷	۶/۸	۶/۹	۷	۶/۵	۶/۲	۵/۹
-۱۰	-۳/۱	-۲/۶	-۲/۸	-۲/۸	-۲/۸	-۳/۴	-۳/۹	-۴	-۴/۱	-۴/۱	-۳/۷	-۳/۷	-۳/۴
-۲۰	-۶/۴	-۵/۶	-۶/۱	-۵/۹	-۵/۹	-۷/۱	-۸/۳	-۸/۵	-۸/۶	-۸/۸	-۸/۱	-۷/۸	-۷/۳

جدول ۴- درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به تغییرات سرعت باد (ستون اول) در شهر تبریز.

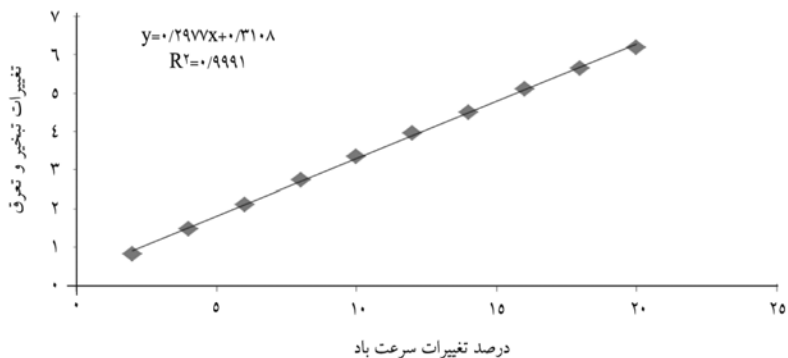
تغییرات (درصد)	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۸	۰/۸	۲/۶	۰/۸	۰/۷	۰/۹	۰/۸
۴	۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱	۱	۱/۲	۱/۵	۱/۶	۳/۴	۱/۵	۱/۴	۱/۵	۱/۵
۶	۱/۹	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۹	۲/۲	۲/۳	۴/۱	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۱
۸	۲/۵	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲	۲/۵	۲/۹	۳/۱	۴/۹	۲/۹	۲/۸	۲/۸	۲/۷
۱۰	۳/۱	۲/۷	۲/۷	۲/۶	۲/۵	۳/۱	۳/۷	۳/۸	۵/۵	۳/۷	۳/۵	۳/۵	۳/۴
۱۲	۳/۷	۳/۱	۳/۱	۳/۱	۳	۳/۶	۴/۳	۴/۶	۶/۲	۴/۴	۴/۱	۴/۲	۳/۹
۱۴	۴/۲	۳/۶	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۴/۲	۴/۹	۵/۲	۶/۹	۵	۴/۸	۴/۸	۴/۵
۱۶	۴/۷	۴/۱	۴/۱	۴/۱	۳/۹	۴/۷	۵/۶	۵/۹	۷/۵	۵/۷	۵/۵	۵/۴	۵/۱
۱۸	۵/۳	۴/۵	۴/۵	۴/۴	۴/۴	۵/۳	۶/۲	۶/۶	۸/۲	۶/۳	۶/۱	۶	۵/۶
۲۰	۵/۹	۵	۴/۹	۴/۸	۴/۸	۵/۸	۶/۸	۷/۲	۸/۸	۶/۹	۶/۶	۶/۲	۶/۲
-۱۰	-۳/۶	-۳	-۲/۹	-۲/۸	-۲/۹	-۳/۵	-۴/۱	-۴/۳	-۶	-۴/۱	-۴	-۳/۹	-۳/۸
-۲۰	-۷/۷	-۶/۴	-۶/۳	-۶/۱	-۶/۱	-۷/۳	-۸/۸	-۹/۳	-۱۰/۸	-۸/۹	-۸/۵	-۸/۴	-۷/۹



نمودار ۱- میانگین درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به درصد تغییرات سرعت باد در شهر سنندج.



نمودار ۲- میانگین درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به درصد تغییرات سرعت باد در شهر ارومیه.



نمودار ۳- میانگین درصد تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نسبت به درصد تغییرات سرعت باد در شهر تبریز.



## نتیجه‌گیری

تأثیرپذیری مدل استاندارد پنمن-مانتیث فائو-۵۶ از پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که در شهرهای یاد شده که اقلیمی متمایل به سرد و رژیم رطوبتی به نسبت متوسطی دارند، مدل فائو ۵۶ به تغییرات سرعت باد حداکثر حساسیت را در مقایسه با سایر پارامترها نشان می‌دهد. البته انتظار می‌رفت تابش، دما و ساعات آفتابی در لیست پارامترهای مهم و تأثیرگذار قرار گیرند ولی مرطوب و سرد بودن اقلیم منطقه اهمیت این پارامترها را در نیاز آبی گیاه مرجع کاهش داد. براساس نتایج به دست آمده بیشینه تغییرات در ماه سپتامبر (شهریورماه) و برای شهر تبریز مشاهده گردید (۱۰/۸ درصد کاهش تبخیر و تعرق به ازای ۲۰ درصد کاهش سرعت باد). کم‌ترین حساسیت به باد در ماه می (اردیبهشت‌ماه) با مقدار ۳/۷ درصد کاهش تبخیر و تعرق به ازای ۲۰ درصد کاهش سرعت باد اتفاق افتاد. بیش‌تر ایستگاه‌ها تا دامنه تغییرات ۲۰ درصدی پاسخ خطی به مدل نشان دادند که با توجه به این‌که تغییرات اخیر اقلیمی مشاهده شده در پارامترهای هواشناسی از حد یاد شده تجاوز نکرده است، حساسیت مدل فائو ۵۶ را به تغییرات احتمالی وقوع یافته در شهرهای مورد مطالعه می‌توان خطی در نظر گرفت. از نکات قابل تأمل این‌که حساسیت مدل به تغییرات کاهشی سرعت باد بیش از تغییرات افزایشی بود. جزئیات این مسأله نیاز به پژوهش‌های بیش‌تری دارد.

## منابع

1. Dinpashoh, Y. 2006. Study of reference crop evapotranspiration in Iran. J. Agric. Water Manage. 84: 123-129.
2. Fardad, H. 1996. General Irrigation (I). Tehran University Publications, 388p. (In Persian)
3. Goyal, R.K. 2004. Sensitivity of evapotranspiration to global warming, a case study of arid zone of Rajasthan (India). Agricultural Water Management, 69: 1-11.
4. Hidalgo, H.G., Cayan, D.R., and Dettinger, M.D. 2005. Sources of evapotranspiration in California. American Meteorological Society, 6: 3-18.
5. Mall, R.K., and Gupta, R.D. 2002. Comparison of evapotranspiration models. Mausum, 53: 2. 119-126.
6. Mirzaei Takhtgahi, H., and Moazed, H. 2006. Comparison of different methods to estimate potential evapotranspiration, P 12-22. In: National Conference of Network Management on Irrigation and Drainage. (In Persian)

7. Tafazoli, F. 2006. Evaluation of sensitivity different reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) to input of daily radiation in conditoin of Hamadan climate. Thesis Master of Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University. (In Persian)
8. Sabziparvar, A., Tafazoli, F., Zare Abyaneh, H., Banejhat, H., Ghafori, M., Mousavi Byegi, M., and Maryanji, Z. 2008. To evaluate model sensitivity different reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) to Cold Climate Change semi - arid Hamadan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12: 46. 581-593. (In Persian)
9. Sabziparvar, A., Tafazoli, F., Zare Abyaneh, H., Banejhat, H., Mousavi Byegi, M., Ghafori, M., Mohseni Movahed, A.A., and Maryanji, Z. 2008. Comparison os some crop reference evapotranspiration models in a cold semi-arid climate to optimize the use of radiation models, Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology), 22:2. 328-340. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(1), 2012*

*<http://jwfst.gau.ac.ir>*

## **Evaluation of Sensivity of FAO-56 Penman-Monteith to the Wind Speed Variations in West of Iran**

**N. Parsafar<sup>1</sup>, \* A.A. Sabziparvar<sup>2</sup> and A. Aeini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Irrigation, Bu-Ali Sina University, Hamedan,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Meteorology, Bu-Ali Sina University, Hamedan

Received: 2011/01/17; Accepted: 2011/10/02

### **Abstract**

In this study, the sensitivity of daily potential evapotranspiration ( $ET_0$ ) (as calculated by Penma-Monteith FAO 56 and REF-ET software) in Sanandaj, Urmia and Tabriz to the certain changes in wind speed was assessed. Using a 41 years (1965-2005) dataset, 12 different weather parameters were employed in monthly scale as the input of PM-FAO 56 method. The aforementioned parameters include: Mean of maximum temperature; mean of minimum temperature; monthly mean temperature; mean of dew point temperature; minimum relative humidity; maximum relative humidity; monthly mean relative humidity; wind speed; precipitation; vapour pressure and sunshine duration. The sensitivity of the PM-FAO-56 to 10-20 percent changes in above weather parameters were investigated. The model results indicated that the daily  $ET_0$  in the study sites is more sensitive to the changes in wind speed than other weather parameters. As expected, the maximum changes were observed for 20% senario, but the absolute changes were higher for the reduction case (-20%). The highest and lowest  $ET_0$  sensitivities were occurred in Tabriz and Urmia, respectively. For Tabriz and Sanandaj sites the sensitivity of the  $ET_0$  to the changes in wind speed behaved linear, but in Urmia was nearly non-linear.

**Keywords:** Cahnges in evapotranspiration, Changes in weather parameters, Penman-Monteith FAO 56, Iran

---

\* Corresponding Author; Email: [swsabzi@basu.ac.ir](mailto:swsabzi@basu.ac.ir)