نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۷۹۸-۷۸۶

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 786-798

تدوین مدل رایانه‌ای مبتنی بر بیلان آب خاک به منظور برآورد بارش مؤثر در زراعت گندم دیم

(مطالعه موردی: استان فارس)

جابر رحیمی[1*]- علی خلیلی[2]- جواد بذرافشان[3]

تاریخ دریافت:۹۰/۸/۱۴
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۷

چکیده

تخمین بارش مؤثر یکی از مؤلفه‌های اصلی بهره‌برداری زراعی از آب باران، برنامه‌ریزی برای آبیاری در زراعت آبی و تعیین نوسانات تولید در زراعت دیم به منظورهای مدیریت اقتصاد کلان کشور است. در تحقیق حاضر، به‌منظور برآورد بارش مؤثر در کشت گندم دیم یک مدل دولایه‌ای بیلان آب خاک مبتنی بر رهیافت جدید طراحی و تدوین گردید. در رهیافت حاضر، فرض شده است که علاوه بر آب ذخیره شده در ناحیه ریشه، آن بخش از آب موجود در حدفاصل منطقه قدیم (روز قبل) و جدید (روز فعلی) توسعه ریشه نیز در محاسبه بارش مؤثر روز فعلی در نظر گرفته شود. توانایی بیشتر رهیافت حاضر در تعیین بخشی از تغییرات در میزان محصول گندم دیم که توسط تغییرات در میزان بارش مؤثر قابل توجیه است، گواهی بر برتری نسبی این رهیافت بر رهیافت‌های موجود می‌باشد. در ادامه با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه ۱۲ ایستگاه استان فارس (دوره آماری۲۰۰۰-۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹-۲۰۰۸) و با بهره‌گیری از مدل تدوین شده بر اساس مدل تدوین شده مبتنی بر رهیافت پیشنهادی مقادیر بارش مؤثر در کشت گندم دیم محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که مقادیر متوسط بارش مؤثر در زراعت گندم دیم از ۱۱۲/۶ میلی‌متر در ایستگاه آباده تا میزان ۲۶۹/۴ میلی‌متر در ایستگاه سد درودزن تغییر می‌کند. همچنین مشخص شد که در قسمت‌های شمال و شمال غرب استان فارس درتامین بارش مورد نیاز، موفقیت بیشتری در تولید محصول گندم دیم وجود دارد.

واژه های کلیدی: بارش مؤثر، گندم دیم، مدل بیلان آب خاک، استان فارس

مقدمه

شناخت پارامترهای آب و هوایی و اثر آنها روی گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و به تبع آن بالا بردن تولید می‌باشد. این موضوع به‌ویژه در شرایط کشاورزی دیم از اهمیت بسزایی برخوردار است. زیرا اقلیم در کشت دیم بیشترین تأثیر را در عملکرد گندم دارد. از میان عوامل آب و هوایی مقدار بارندگی و روند توزیع آن، عامل اصلی کنترل کننده محصولات دیم به‌شمار می‌آید.

بدیهی است در هر نوبت از بارندگی تنها بخشی از نزولات، مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و مابقی آن از طرق مختلف مثل تبخیر، رواناب و عبور از ناحیه گسترش ریشه، از دسترس گیاه خارج می‌شود و به همین دلیل مفهوم "بارش مؤثر" جهت بیان آن قسمت از بارش که به طور مستقیم جوابگوی نیاز آبی گیاه است، به‌کار برده می‌شود. تخمین بارش مؤثر در نواحی کشت دیم همواره یکی از مسائل مدیریت آبیاری در کشاورزی محسوب می‌شود. از این رو، عدم آگاهی از میزان بارش مؤثر به عنوان یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی سبب شده است تا کشاورزی در دیم‌زارهای کشور همواره با ریسک همراه باشد.

بارش مؤثر از دیدگاه‌های متعددی تعریف شده است (۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۸ و ۳۰). به‌طور کلی، جامع‌ترین تعریف بارش مؤثر که از ترکیب تعاریف فرهنگ اصطلاحات آبیاری و زهکشی کمیته بین المللی آبیاری و زهکشی (۲۱) و مطالعات بوس (۱۰ و ۱۱) در مورد کارایی مصرف آب در سطح مزرعه به‌دست می‌آید به‌صورت زیر قابل بیان است:

"بارش مؤثر، قسمتی از بارش کل می‌باشد که در سطح زیر کشت محصول، در بازه زمانی معین به منظور تأمین نیازهای تبخیرتعرق در ناحیه توسعه ریشه در دسترس می‌باشد. "

در این تعریف، چند نکته حائز اهمیت است: الف) لحاظ کردن

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: jaberrahimy@ut.ac.ir)

گزاره "سطح زیر کشت" به این دلیل است که درجه مؤثر بودن بارش در حالتی که زمین به صورت آیش باشد می‌تواند برای کشت محصول بعدی از خیلی مفید تا خیلی مخرب متغیر باشد؛ که این امر باعث دلسردی پژوهشگران در تحقیقاتی از این دست می‌گردد. ب) گزاره "بازه زمانی معین" به هر بازه زمانی بین تاریخ کاشت تا تاریخ برداشت اطلاق می‌شود که انتخاب آن به دیدگاه محقق بستگی دارد. ج) گزاره "تأمین نیازهای تبخیرتعرق" نشانگر این موضوع است که بارانی که صرف شستشوی خاک می‌شود در این تعریف به عنوان بارش مؤثر در نظر گرفته نمی‌شود (۱۲).

برآورد مستقیم بارش مؤثر به دلیل هزینه‌ی بالای به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای دقیق، عمدتاً به کمک روش‌های تجربی انجام شده است. در این میان روش‌های مبتنی بر بیلان آب خاک، بعد از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم دارای بیشترین دقت هستند. مزیت اصلی روش‌های بیلان آب خاک، هزینه کم آنها است و به‌خصوص بعد از گسترش کامپیوتر، توسعه زیادی یافته‌اند.

در مورد تحقیقات انجام شده در زمینه بارش مؤثر؛ داستین (۱۵) در مطالعه‌ای در هندوستان، درصدی از کل باران را که از ۵۰ تا ۸۰ درصد متغیر است، به‌عنوان بارش مؤثر درکشت برنج در نظر گرفته است. موهان و همکاران (۲۶) به مقایسه چند روش برآورد بارش مؤثر به منظور کشت برنج پرداختند. اسماجسترلا و همکاران (۳۵) بارش مؤثر را به روش SCS (سرویس حفاظت خاک ایالات متحده) محاسبه نموده و نیاز خالص را مقدار آبی در نظر گرفتند که به‌طور مؤثر توسط باران تامین نمی‌شود. چاهون و همکاران (۱۳)، در زمینهٔ اندازه-گیری باران و برآورد بارش مؤثر برای محصولات دیم و آبی، بارش مؤثر را مقداری از بارش دانسته‌اند که در منطقهٔ ریشهٔ گیاه ذخیره می-شود. آنها برای برآورد بارش مؤثر دو عامل را دخیل دانسته‌اند: عامل اول، مقدار کل بارندگی و عامل دوم، مقدار ذخیره شدهٔ رطوبت در منطقهٔ ریشه. لیتلوود (۲۵) برای برآورد بارش مؤثر در حوضه کنیا از روش SVAT استفاده کرده است. پارامترهایی که وی در این روش به‌کار برده است عبارتند از بافت خاک، پوشش گیاهی، عناصر اتمسفری، انتقال رطوبت از زیرزمین به سطح خاک و ریشه و همچنین رواناب حاصل از بارندگی. شی‌مینگ‌تاسی و همکاران (۳۷) به ارائه مدلی ساده به منظور تعیین بارش مؤثر روزانه به‌منظور کشت برنج در تایوان پرداختند. در این تحقیق مقادیر بارش مؤثر ماهانه برآورد شده با استفاده از مدل مذکور، با احتمال ۷۵ درصد به عنوان مبنایی برای تجزیه تحلیل های مبتنی بر بارش مؤثر در نظر گرفته شد. رحمان و همکاران (۳۲) بارش مؤثر در کشاورزی را در ۱۰ ایستگاه هواشناسی بنگلادش طی دو دوره رشد خریف (جولای تا اکتبر) و ربیع (دسامبر تا مارس) با استفاده از روش‌های فرمول رنفرو، USBR، نرخ تبخیر تعرق به بارندگی و SCS به‌دست آوردند. نتایج نشان داد که درصد بارش مؤثر متناسب با افزایش فاصله از دریا کاهش می‌یابد. کوچکی (۳) بارش مؤثر را در منطقه مشهد بر اساس مقدار بارندگی، مقدار تبخیر تعرق ماهانه و مقدار ذخیره رطوبت در ناحیه ریشه برای استفاده در برنامه‌ریزی‌های دیمکاری مورد تحلیل و بررسی قرار داد. بر اساس این تحقیق مشخص شد توزیع نرمال لگاریتمی برازش بهتری بر داده‌های بارش مؤثر مشهد دارد. عزیزی (۱) طی تحقیقی به برآورد بارش مؤثر در رابطه با کشت گندم دیم در دشت خرم آباد پرداخته و از روش SCS استفاده کرد. در این روش، مقادیر بارش مؤثر بر مبنای بارش، تبخیر و تعرق ماهانه و همچنین عمق ذخیره آب یا عمق آبیاری محاسبه و برآورد شده است. مجرد و همکاران (۴) بارش مؤثر و نیاز آبی را به‌منظور کشت برنج در جلگه مازندران مورد بررسی قرار دادند. این محققان به این نتیجه رسیدند که بارش مؤثر سهم بیشتری از نیاز آب مصرفی را در غرب جلگه تأمین می‌کند؛ حال آن که این سهم در شرق کمتر است. مقادیر بارش مؤثر در منطقه بسیار کمتر از نیاز خالص آبیاری است.

با توجه به بررسی منابع موجود در مقیاس جهانی و در دهه ۱۹۹۰، از مدل‌های بیلان آبی در زمینه‌های مختلفی استفاده شده است (۴۰). تانک و همکاران (۳۶) به تشریح مدلی مبتنی بر بیلان آب خاک پرداختند. این محققین تمام اجزاء بیلان آب خاک را در ناحیه توسعه ریشه و به عنوان یک لایه در نظر گرفتند. اگرچه کارایی مدل ارئه شده توسط برخی محققین به اثبات رسید (۲۴ و ۴۱)، اما با این حال به‌کارگیری این مدل یک لایه در مناطق نیمه‌خشک با چالش جدی مواجه است (۳۸). مهبد و همکاران (۵) یک مدل بیلان آب خاک برای مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری گندم ارائه دادند؛ سپس با استفاده از مدل مذکور به مقایسه دو حالت برآورد بارش مؤثر روزانه پرداختند. در حالت اول، بارش مؤثر کمبود رطوبت خاک (نسبت به حالت ظرفیت زراعی) تا حداکثر عمق ریشه را جبران می‌کند و در حالت دوم بارش موثر تنها کمبود رطوبت خاک تا عمق واقعی ریشه را جبران می‌کند. مقایسه نتایج این دو حالت مختلف به منظور برآورد بارش مؤثر نشان داد که نسبت باران مؤثر به کل مقدار باران از ۴۶/۳۱ درصد در حالت اول به ۷۳/۶ درصد در حالت دوم افزایش یافت.

با توجه به اهمیتی که عوامل اقلیمی در تولید دیم داشته و نیز با توجه به نقش دیم‌زارها در تولید حدود ۴۰ درصد از گندم کشور (۶) و همچنین به علت توانایی‌های بالقوه دیم‌زارهای کشور، لازم است مقادیر بلند مدت پارامتر های هواشناسی بالاخص بارش مؤثر و نقش آن در تعیین پتانسیل مناطق برای کشت گندم دیم مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. با توجه به اهمیت بخش کشاورزی دیم، انجام تحقیقات منطقه‌ای برای تعیین میزان بارش مؤثر در کشت گندم دیم ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف این تدوین یک مدل رایانه‌ای مبتنی بر بیلان آب خاک به منظور برآورد میزان دقیق بارش مؤثر در کشت گندم دیم و همچنین بررسی شرایط اقلیمی بارش مؤثر در کشت گندم دیم در پهنه استان فارس می‌باشد.

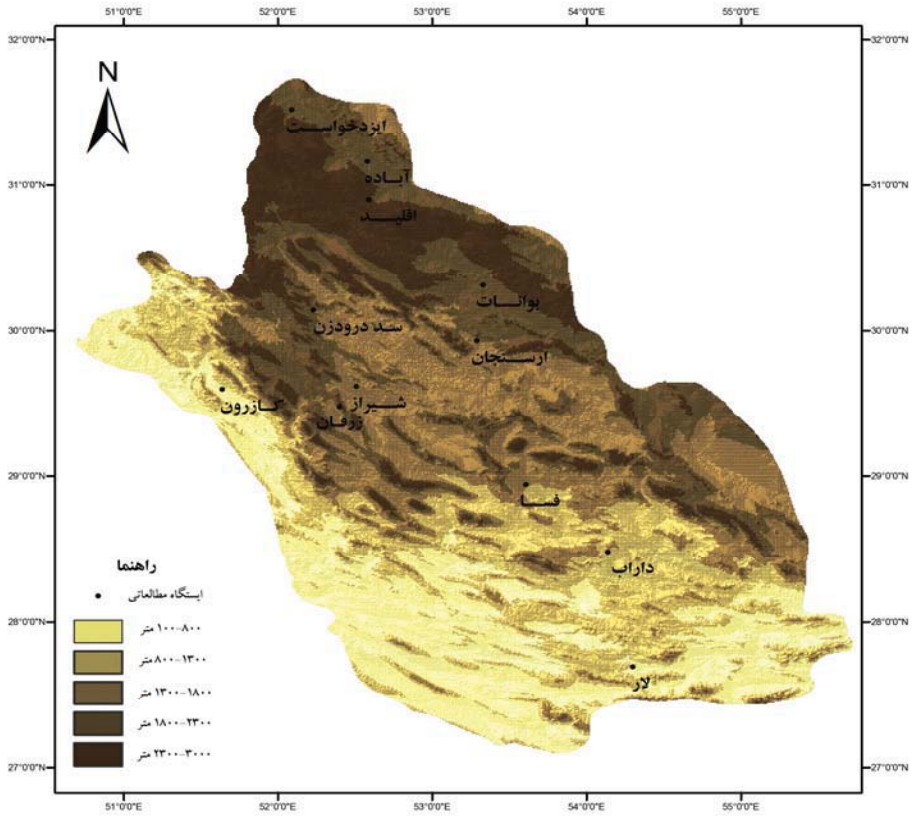
مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

استان فارس در جنوب کشور، با وسعتی معادل ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع بین عرض‌های ۲۷ درجه و ۰۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول‌های ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار گرفته است. از کل سطح اراضی زیر کشت گندم کشور در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ استان فارس با دارا بودن ۶/۹۱ درصد سطح زیر کشت در رتبه سوم و با ۱۰/۳۶ درصد تولید در رتبه اول قرار داشت. همچنین سطح زیر کشت گندم دیم در استان فارس ۱۰۸۷۲۷ هکتار و عملکرد کل آن ۸۹۴۳۶ تن می‌باشد (۶).

در این پژوهش از داده‌های دمای حداقل و حداکثر روزانه (^{O}C)، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی روزانه، سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (km/day) و بارندگی روزانه (mm) بدست آمده از ۱۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک و کشاورزی موجود در داخل استان، با در نظر گرفتن معیارهای مختلف در انتخاب ایستگاه‌ها، از جمله داشتن آمار طولانی مدت، داشتن حداقل نواقص آماری و پراکنش مناسب در منطقه با طول دوره آماری مشترک ۱۰ سال (سال‌های کشت ۲۰۰۰-۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹-۲۰۰۸) استفاده گردید. برای بازسازی نواقص آماری از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها و نسبت نرمال و برای همگنی داده‌های بارش از روش آزمون توالی استفاده شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب و توپوگرافی منطقه را نمایش می‌دهد.

پس از انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی، اطلاعات مربوط به تاریخ-های شروع و خاتمه و طول هر یک از مراحل مختلف رشد گیاه گندم دیم و همچنین مقادیر رطوبت حجمی خاک در حالت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم بر اساس داده‌های موجود در برنامه OPTIWAT (۲) برای هر منطقه تعیین شد. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده به‌طور کلی با پیشروی از سمت غرب به شرق استان، میزان رس خاک افزایش می‌یابد و بافت خاک‌ها بیش‌تر تمایل به لومی‌رسی دارند. همچنین متوسط تاریخ کاشت گندم دیم در استان فارس از نیمه مهرماه شروع و تا پایان آذرماه ادامه دارد.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در پس‌زمینه توپوگرافی استان فارس

تشریح مدل مبتنی بر بیلان آب خاک

ساختار کلی مدل: مدل‌های شبیه‌سازی بیلان آب خاک را می‌توان به‌طور کلی به دو دسته تقسیم نمود؛ دسته اول آنهایی هستند که روابط حاکم بر جریان آب در خاک را به عنوان معادله اصلی در نظر گرفته و با اضافه نمودن عامل جذب آب ریشه به معادله حرکت آب در خاک غیر اشباع و حل آن، وضعیت آب خاک را مشخص می‌نمایند (۸، ۲۷ و ۳۱). دسته دوم این مدل‌ها از معادله ساده بیلان آب در نیمرخ خاک و یا لایه‌های آن استفاده نموده و بیلان آب خاک را به‌دست می‌آورند. این مدل‌ها افزایش آب خاک را تا حد ظرفیت مزرعه مجاز دانسته و مازاد بر آن را نفوذ عمقی در نظر گرفته و حداقل آب خاک را نقطه پژمردگی در نظر می‌گیرند (۱۷ و ۱۹).

به‌طور کلی روش‌های مبتنی بر بیلان آب خاک به حل دو معادله اصلی بیلان آب در خاک که در ادامه آمده است؛ استوار هستند.

$$\Delta V = R - (Q + ET + DP + P_c) \quad (۱)$$

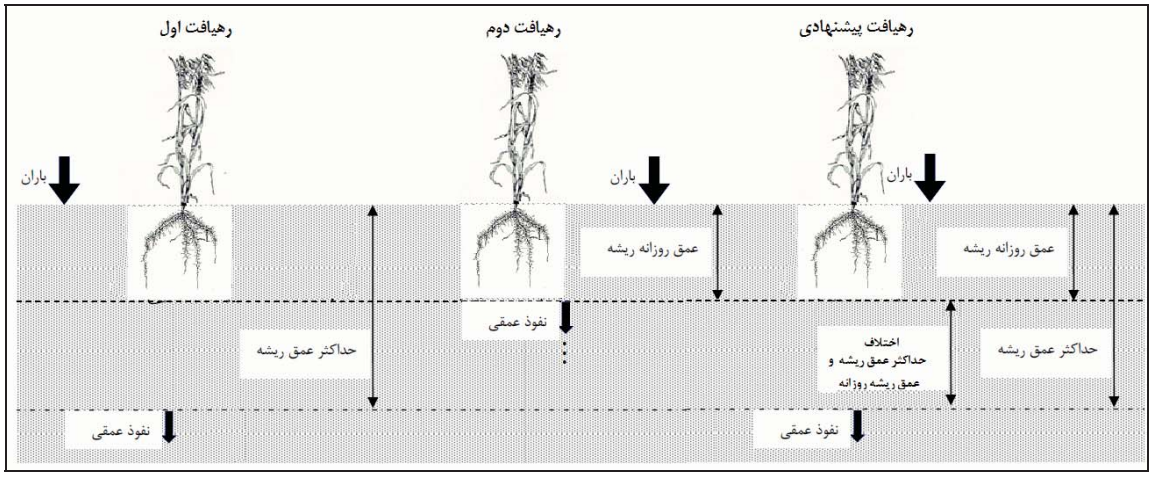
$$ER = R - (Q + ET + DP + Pc) \quad (۲)$$

که در آن ER: میزان بارش مؤثر، ET: مقدار تبخیر تعرق، Q: مقدار رواناب سطحی، DP: مقدار نفوذ عمقی، P_c: مقدار برگاب، ΔV: مقدار تغییرات آب خاک، R: مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

در روش‌های موجود برآورد بیلان رطوبتی روزانه آب خاک به منظور تخمین میزان بارش مؤثر (به عنوان آن قسمت از بارش که مستقیماً جوابگوی نیاز آبی گیاه است) دو رهیافت کلی وجود دارد. در رهیافت اول، عمق توسعه ریشه در تمامی مراحل رشد به منظور برآورد بیلان رطوبتی روزانه آب خاک، ثابت و به اندازه عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه فرض شده است. در رهیافت دوم، مقدار آب مازاد که از منطقه ریشه خارج می‌شود به عنوان نفوذ عمقی در نظر گرفته شده و جزء بارش مؤثر روزانه محسوب نمی‌شود. در این پژوهش تلاش شده است تا رهیافتی جدید مبتنی بر نقاط قوت هر دو رهیافت قبلی به منظور برآوردی قابل قبول از میزان بارش مؤثر در کشت گندم دیم بر اساس تعریف ذکر شده ارائه گردد. در این رهیافت خاک به‌صورت دولایه درنظر گرفته می‌شود. لایه اول، که منطقه رشد فعلی ریشه است و با گذشت زمان، عمق آن افزایش می‌یابد. لایه دوم، که در حد فاصل انتهای لایه اول و حداکثر عمق توسعه ریشه قرار گرفته است و ضخامت آن با افزایش رشد ریشه کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در زمان حداکثر رشد گیاه، ضخامت این لایه به صفر می‌رسد. تفاوت رهیافت پیشنهادی با دو رهیافت قبلی در آن است که مادامی که ریشه گیاه به عمق پایین‌تر منتقل می‌شود، از رطوبت ذخیره شده در لایه دوم منتفع می‌گردد و این رطوبت به عنوان بخشی از بارش مؤثر که توانایی تأمین نیاز رطوبتی گیاه را دارد در نظر گرفته شده و به بارش مؤثر محاسبه شده در کل دوره رشد اضافه می‌شود. شکل۲ نمایی از سه رهیافت مختلف در تعیین بارش مؤثر و نفوذ عمقی را نشان می‌دهد.

در رهیافت حاضر، مقطع عرضی خاک به دو بخش لایه فعال و لایه غیرفعال تقسیم می‌شود. لایه فعال بخشی از خاک تا عمق توسعه روزانه ریشه است که جذب آب توسط ریشه از این لایه صورت می‌گیرد. لایه غیرفعال بخشی است که در زیر لایه فعال، بین حداکثر عمق ریشه و عمق توسعه روزانه ریشه قرار دارد.

یکی از فرض‌های اصلی رهیافت پیشنهادی این است که مقدار بارانی که بیش از مقدار ظرفیت زراعی خاک (FC) در لایه فعال خاک است توسط فرونشت عمقی از لایه فعال به لایه غیرفعال منتقل می‌شود، این در حالی است که اگر میزان بارندگی نفوذ یافته از لایه فعال به لایه غیرفعال از ظرفیت نگهداری آب در لایه غیرفعال هم بیشتر باشد نفوذ عمقی از لایه غیرفعال رخ خواهد داد.



شکل۲ – نمایی از سه رهیافت مختلف در تعیین بارش مؤثر و نفوذ عمقی

در فرآیند مدل‌سازی از شار آب رو به بالا به علت پیچیدگی معادلات و همچنین پایین بودن سطح آب زیرزمینی منطقه صرف نظر شده است (۱۶ و ۲۹). در ادامه، اجزای معادله برآورد بیلان رطوبتی روزانه آب خاک تشریح خواهد شد.

روند کلی در این مدل به این صورت است که ابتدا اطلاعات هواشناسی شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه(^{O}C)، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی روزانه، سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (km/day) و بارندگی روزانه (mm) جمع‌آوری شده و در مراحل مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای لایه اول (لایه فعال) محتوای رطوبتی آب خاک در پایان هر روز (t) با استفاده از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$MC_{1(t)} = MC_{1(t-1)} + ISM_{(t)} + R_{(t)} - Q_{(t)} - ET_{(t)} - P_{1(t)} - Pc \quad (۳)$$

که در آن: (۴)

$$P_{1(t)} = \begin{cases} 0 & \text{اگر} \quad MC_{1(t-1)} + ISM_{(t)} + R_{(t)} - Q_{(t)} - ET_{(t)} - Pc \le K_{1(t)} \\ MC_{1(t-1)} + ISM_{(t)} + R_{(t)} - Q_{(t)} - ET_{(t)} - K_{1(t)} - Pc & \text{در غیر این‌صورت،} \end{cases}$$

که در آنها MC_1 : محتوای رطوبتی لایه اول (لایه فعال)، R : مقدار بارندگی حسب میلی‌متر، Q : رواناب، ISM : افزایش رطوبت خاک به‌دلیل رشد روزانه ریشه، ET : تبخیر تعرق، P_1 : فرونشت عمقی از لایه اول (لایه فعال)، Pc : مقدار برگاب، K_1 : ظرفیت نگهداری آب در دسترس خاک ($FC - PWP$) در لایه اول می‌باشد (کلیه واحدها حسب میلی‌متر).

به منظور برآورد محتوای رطوبتی لایه دوم (غیرفعال) نیز از روابطی مشابه آنچه برای لایه اول بیان شد استفاده می‌گردد با این تفاوت که در لایه دوم هدر رفت به علت تبخیر تعرق وجود ندارد.

$$MC_{2(t)} = MC_{2(t-1)} - ISM_{(t)} + P_{1(t)} - P_{2(t)} \quad (۵)$$

که در آن: (۶)

$$P_{2(t)} = \begin{cases} 0 & \text{اگر} \quad MC_{2(t-1)} - ISM_{(t)} + P_{1(t)} \le K_{2(t)} \\ MC_{2(t-1)} - ISM_{(t)} + P_{1(t)} - K_{2(t)} & \text{در غیر این‌صورت،} \end{cases}$$

که، MC_2 : محتوای رطوبتی لایه دوم (لایه غیر فعال)، P_2 : فرونشت عمقی از لایه دوم (لایه غیرفعال)، K_2 : ظرفیت نگهداری آب در دسترس خاک ($FC - PWP$) در لایه دوم می‌باشند (کلیه واحدها حسب میلی‌متر).

مدل‌سازی رشد ریشه: ریشه‌های گندم، افشان و سطحی است، به گونه‌ای که ۷۰ درصد ریشه گندم در عمق ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار دارد (۳۹). با توجه به بررسی‌های موجود، ریشه‌ی گندم در شرایط کاملا مناسب آب و هوایی و در شرایط مساعد بودن خاک ممکن است تا بیش از دو متر در زمین نفوذ کند (۳۴). عوامل بسیاری در عمق حداکثر رشد ریشه گیاه گندم مؤثر می‌باشد که از آن جمله می‌توان به جنس خاک، رقم گیاه، تهویه خاک و غیره اشاره کرد. بررسی مدل‌سازی عمق روزانه ریشه برای کل دوره رشد با استفاده از معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود (۹)

$$RD_{(t)} = RDM[0.5 + 0.5\,Sin(3.03(DAS/DTM) - 1.47)] \quad (۷)$$

که در آن؛ t : شماره روز از ابتدای کاشت است، $RD_{(t)}$: عمق روزانه ریشه حسب میلی‌متر، RDM : عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه حسب میلی‌متر، DAS : تعداد روز بعد از کاشت و RDM : تعداد کل روزها برای رسیدن به عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه می‌باشد.

البته ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که با توجه به اینکه حداکثر عمق ریشه دهی به عوامل بسیار زیادی وابسته است، نمی‌توان به طور قطع در این مورد اظهار نظر کرد. همین عدم قطعیت در مورد تعداد روزهای لازم برای اینکه گیاه گندم به حداکثر عمق ریشه برسد نیز وجود دارد؛ اما به‌طور متوسط زمان رسیدن به حداکثر عمق ریشه را مرحله میانی رشد در نظر می‌گیرند (۲۳). همچنین میزان

RD اولیه نیز با این فرض که در روز نخست کاشت با توجه به عمق کاشت تبخیر از خاک در ۱۵ سانتی‌متر فوقانی خاک صورت میگیرد برابر ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است (۱۶ و ۳۳). یادآوری می‌شود در حالتی که عمق ریشه به حداکثر خود می‌رسد تنها یک لایه به عنوان لایه فعال وجود خواهد داشت، بنابراین محاسبات مربوط به لایه غیرفعال و همچنین افزایش رطوبت خاک به دلیل رشد روزانه‌ی ریشه متوقف خواهد شد. در این مطالعه، حداکثر عمق ریشه‌دهی در خاک‌هایی با بافت سنگین برابر ۸۰ سانتی‌متر و در خاک‌هایی با بافت سبک (مانند لومی شنی) برابر ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است (۳۴).

ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس در دو لایه خاک: ظرفیت نگهداری آب در دسترس خاک برای لایه اول از رابطه زیر محاسبه شد:

$$K_{1(t)} = K_{1(t-1)} + (K_{2(t-1)} \times DRD)/(RDM - RD_{(t)}) \quad \text{if } RDM > RD_{(t)} \qquad (۸)$$

که، DRD: افزایش روزانه عمق ریشه حسب میلیمتر می‌باشد:

$$DRD = RD_{(t)} - RD_{(t-1)} \qquad (۹)$$

و ظرفیت نگهداری آب در دسترس خاک برای لایه دوم با توجه به رابطه زیر بدست آمد:

$$K_{2(t)} = K_{2(t-1)} - P_{1(t)} + P_{2(t)} \qquad (۱۰)$$

افزایش رطوبت خاک به‌دلیل رشد روزانه ریشه حسب میلی‌متر هم از رابطه زیر بدست آمد:

$$ISM_{(t)} = (MC_{2(t-1)} \times DRD)/(RDM - RD_{(t)}) \quad \text{if } RDM > RD_{(t)} \qquad (۱۱)$$

رواناب: برای محاسبه مقدار رواناب از روش اداره حفاظت خاک آمریکا (*SCS*) استفاده شد. که فرمول آن با توجه به نوع خاک، پوشش گیاهی، رطوبت اولیه خاک و مقادیر مختلف بارش به صورت زیر است:

$$Q = (R - 0.2S)^2/(R + 0.8S) \quad \text{if } R > 0.2S \qquad (۱۲)$$

$$Q = 0 \quad \text{if } R \le 0.2S \qquad (۱۳)$$

$$S = ((1000/CN) - 10) \times 25.4 \qquad (۱۴)$$

که در آن‌ها؛ R: ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)، Q: ارتفاع رواناب (میلی‌متر)، S: ظرفیت نگهداشت خاک (میلی‌متر)، CN: شماره منحنی که تابعی از خصوصیات فیزیوگرافی و رطوبتی خاک در منطقه می‌باشند (۱۴).

برگاب: مقدار برگاب از کل مقدار بارش کسر می‌گردد تا مقدار بارش خالص نفوذ کرده در خاک به‌دست آید. مقدار برگاب از فرمول تجربی هورتون به صورت زیر محاسبه می‌گردد (۲۰):

$$Pc = a + b R_i^n \qquad (۱۵)$$

که در آن؛ R_i: کل بارش در شماره روز i (mm)، Pc: مقدار برگاب (mm)، a، b و n: ضرایب ثابت معادله هستند که توسط هورتون برآورد شده است و برای گیاه گندم به ترتیب برابر ۰/۱۲۵ h، ۰/۰۵ h و ۱ می‌باشند (h: ارتفاع گیاه).

تبخیر تعرق پتانسیل: هرچند دقیق‌ترین روش محاسبه‌ی تبخیر تعرق گیاه مرجع، لایسیمتر وزنی می‌باشد اما با توجه به نبود داده‌های لایسیمتری ابتدا لازم است تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن مانتیث فائو تعیین شود. این روش که در حال حاضر بعنوان روش استاندارد در برآورد تبخیر تعرق پتانسیل مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت زیر است (۷):

$$ET_o = (0.408\Delta(R_n - G) + \gamma[900/(T+273)] U_2 (e_s - e_a))/(\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)) \qquad (۱۶)$$

که در آن؛ ET_0: تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm)، R_n: تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-1}d^{-1}$)، T: متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (^OC)، U_2: سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (MS^{-1})، $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری (KPa)، Δ: شیب منحنی فشار بخار (KPa^OC^{-1})، γ: ضریب سایکرومتری (KPa^OC^{-1})، G: شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-1}d^{-1}$) می‌باشند.

برآورد ضریب گیاهی: برای تعیین ضریب گیاهی از فرمول‌ها و جداول ارائه شده توسط فائو (۷) استفاده شده است. بدین صورت که مراحل رشد به چهار مرحله تقسیم شده و برای هر مرحله از دوران رشد گیاه گندم ضرایب با استفاده از جدول ۲ و روابط زیر به‌دست آمد.

$$Kc_i = Kc_{ini}$$

$$Kc_i = (Kc_{ini} + (Kc_{mid} - Kc_{ini}))(i - L_2)/(L_3 - L_2)$$

$$Kc_i = Kc_{mid}$$

$$Kc_i = (Kc_{mid} - (Kc_{mid} - Kc_{end}))(i - L_4)/(L_5 - L_4)$$

که در آنها؛ Kc_i: ضریب گیاهی روزانه، Kc_{ini}: ضریب گیاهی مرحله ابتدایی، Kc_{mid}: ضریب گیاهی مرحله میانی، Kc_{end}: ضریب گیاهی مرحله انتهایی (که هرسه از جدول ۲ به‌دست می‌آید)، L_1: شماره روز از ابتدای سال که مرحله ابتدایی شروع می‌شود، L_2: شماره روز از ابتدای سال که مرحله توسعه شروع می‌شود، L_3: شماره روز از ابتدای سال که مرحله میانی شروع می‌شود، L_4: شماره روز از ابتدای سال که مرحله انتهایی شروع می‌شود، L_5: شماره روز از ابتدای سال که فصل رشد پایان می‌یابد، i: شماره روز از ابتدای سال میلادی می‌باشد.

$$L_1 \le i < L_2 \qquad (۱۷)$$

$$L_2 \le i < L_3 \qquad (۱۸)$$

$$L_3 \le i < L_4 \qquad (۱۹)$$

$$L_4 \le i \le L_5 \qquad (۲۰)$$

جدول ۲- ضرایب گیاهی مربوط به گیاه گندم (۲)

گیاه	ضریب گیاهی			حداکثر ارتفاع گیاه(متر)
	Kc_{ini}	Kc_{mid}	Kc_{end}	
گندم	۰/۳	۱/۱۵	۰/۲۵	۱

در این پژوهش از زمان کاشت تا زمانی‌که ۷۵درصد بوته‌ها سبز شده بودند به‌عنوان مرحله ابتدایی رشد، از سبز شدن تا انتهای گلدهی به عنوان مرحله رشد و توسعه، از گلدهی تا رسیدن به عنوان مرحله میانی و از رسیدن تا برداشت به عنوان مرحله پایانی در نظر گرفته شده است.

بر همین اساس میزان تبخیر تعرق واقعی گیاه گندم در هر روز i از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$ET_C = ET_o \times Kc_i \quad (۲۱)$$

که در آنها؛ Kc_i: ضریب گیاهی روزانه، ET_o: تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm) و ET_C تبخیر تعرق گیاه گندم (mm) می‌باشد.

بارش مؤثر: در نهایت، بارش مؤثر طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ER = (MC_{1(t)} - MC_{1(t-1)}) + ET_C \quad (۲۲)$$

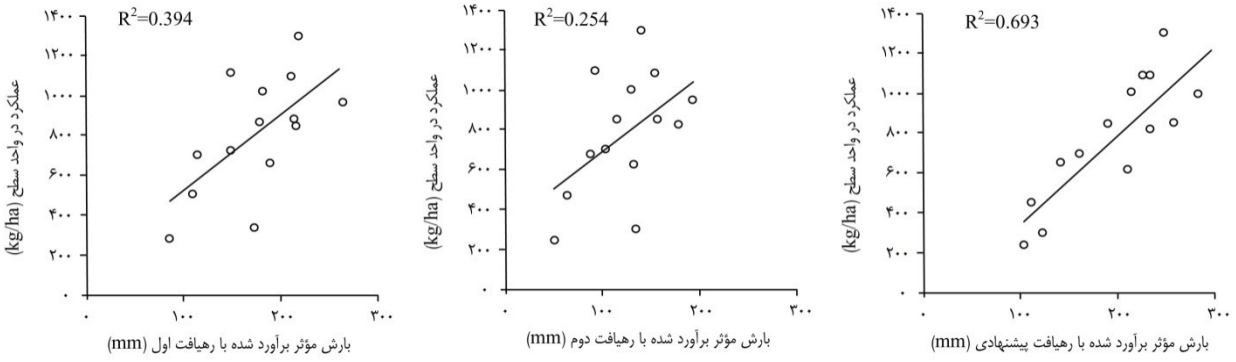
که در آن؛ ER: بیانگر میزان بارش مؤثر(mm)، MC_1: محتوای رطوبتی لایه ۱(لایه فعال) در انتهای روز i (mm) ، $MC_{1(t-1)}$: محتوای رطوبتی لایه اول (لایه فعال) در انتهای روز قبل (mm) و؛ ET_C: تبخیر تعرق واقعی در روز i (mm) می‌باشد.

نتایج و بحث

در این پژوهش از مقایسه کارایی رهیافت‌های موجود و رهیافت پیشنهادی در تعیین بخشی تغییرات در میزان محصول گندم دیم که توسط تغییرات در میزان بارش مؤثر قابل توجیه است به عنوان شاخص ارزیابی رهیافت پیشنهادی در تعیین بارش مؤثر در کشت گندم دیم استفاده شده است. برای این منظور اطلاعات مربوط به عملکرد ۱۴ ساله گندم دیم (۲۰۰۸-۱۹۹۵) استان فارس از مرکز آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی کشور دریافت گردید. سپس همبستگی بین مقادیر برآورد شده بارش مؤثر در کل فصل کشت با استفاده از رهیافت‌های مختلف و میزان عملکرد گندم دیم در واحد هکتار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مربوط به این بررسی در شکل ۳ ارائه گردیده است. همانطور که مشخص است بارش مؤثر برآورد شده با استفاده از رهیافت پیشنهادی به طور نسبی توانایی بیشتری در تعیین بخشی از تغییرات در میزان محصول گندم دیم که توسط تغییرات در میزان بارش مؤثر قابل توجیه است را داراست، که این امر خود گواهی بر برتری نسبی این رهیافت بر رهیافت‌های موجود می‌باشد. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است که عملکرد گندم دیم به عوامل مختلفی به غیر از مقدار بارش مؤثر وابسته می‌باشد که از آن جمله می‌توان به شرایط دمایی، آفات، توزیع بارش در طی فصل رشد و غیره اشاره کرد، لذا یکی دیگر از دلایل پایین بودن همبستگی بین تغییرات در میزان عملکرد گندم دیم و تغییرات در مقدار بارش مؤثر مربوط به این است که تنها بخشی از تغییرات در عملکرد گندم دیم با تغییرات در مقدار بارش مؤثر قابل توجیه است.

شکل ۴، مقادیر متوسط بارش مؤثر برآورد شده تحت دو رهیافت قبلی و رهیافت پیشنهادی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، در رهیافت اول همواره مقادیر برآورد شده بیشتر از رهیافت پیشنهادی می‌باشد.

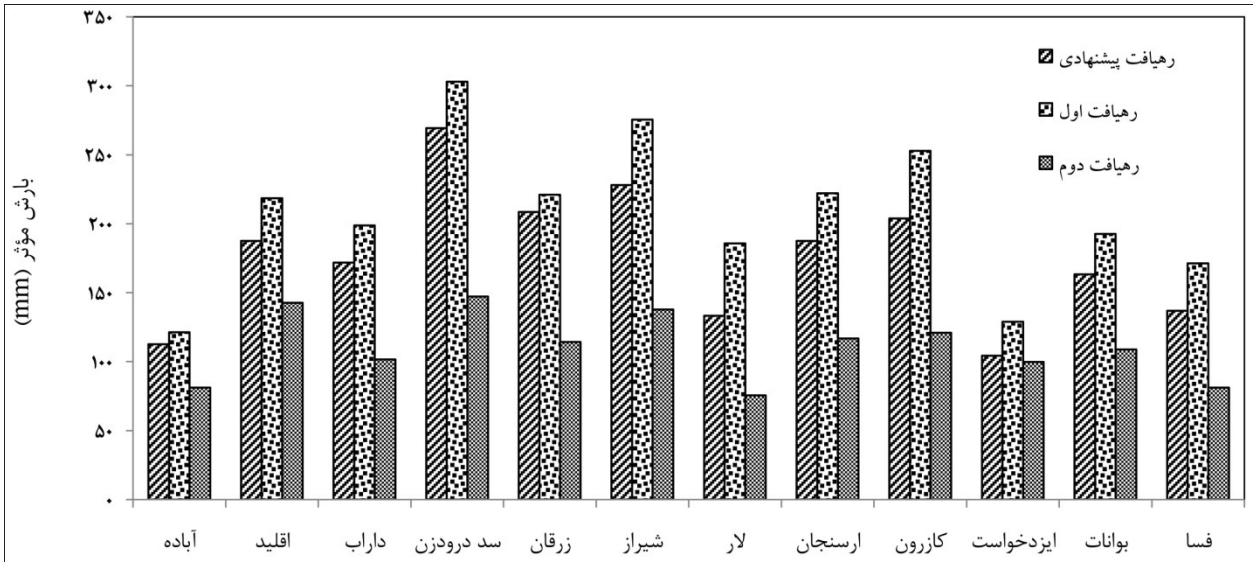
دلیل این امر ناشی از این است که در رهیافت اول، عمق توسعه ریشه در تمامی مراحل رشد به منظور برآورد بیلان رطوبتی روزانه آب خاک، ثابت و به اندازه عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه فرض شده است؛



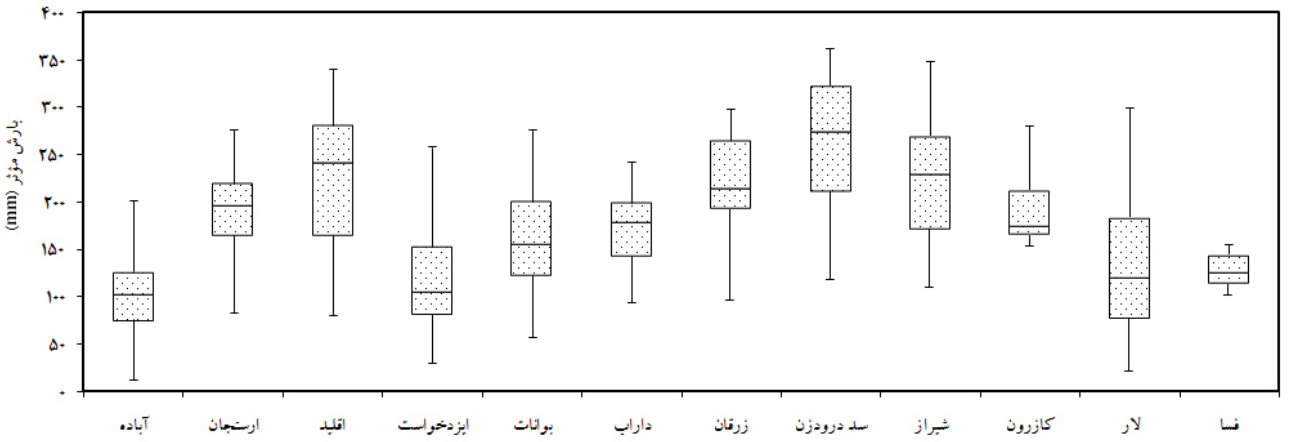
شکل ۳- بررسی همبستگی بین مقادیر برآورد شده بارش مؤثر بدست آمده با استفاده از رهیافت‌های مختلف و میزان عملکرد گندم دیم در واحد هکتار

حال آنکه طبق تعریف بارش مؤثر بایستی مقدار رطوبت در دسترس در ناحیه توسعه ریشه که می‌تواند به منظور تأمین نیازهای تبخیر تعرق مورد استفاده قرار گیرد به عنوان بارش مؤثر در نظر گرفته شود. همچنین رهیافت دوم مقادیر برآورد شده را همواره کمتر برآورد می‌کند؛ چراکه در رهیافت پیشنهادی مادامی که ریشه گیاه به عمق پایین‌تر منتقل می‌شود، از رطوبت ذخیره شده در لایه دوم منتفع می‌گردد و این رطوبت به عنوان بخشی از بارش مؤثر که توانایی تأمین نیاز رطوبتی گیاه را دارد در نظر گرفته شده و به بارش مؤثر محاسبه شده در کل دوره رشد اضافه می‌شود.

اجرای مدل بیلان آب خاک دولایه تدوین شده مبتنی بر رهیافت جدید برای ۱۰ سال آمار استان فارس نشان داد که در طی دوره آماری مورد بررسی بیشینه مطلق بارش مؤثر در طی دوره کشت گندم به میزان ۴۲۳ میلی‌متر (ایستگاه سد درودزن) در سال کشت ۲۰۰۸-۲۰۰۷، و کمینه مطلق بارش مؤثر در طی دوره کشت گندم به میزان ۲۰/۸ میلی‌متر (ایستگاه لار) سال کشت ۲۰۰۰-۱۹۹۹ بوده است. شکل ۵ نمودار Box-Whisker بارش مؤثر در زراعت گندم دیم را در شبکه ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد. این نمودار، مقادیر ۵ پارامتر آماری شامل صدک پنجم، چارک اول، متوسط، چارک سوم و صدک ۹۵ داده‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ٤- مقایسه نتایج حاصل از برآورد بارش مؤثر تحت دو رهیافت قبلی و رهیافت پیشنهادی



شکل ۵- نمودار Box-Whisker بارش مؤثر در زراعت گندم دیم در شبکه ایستگاه‌های مطالعاتی استان فارس

همان‌طور که از نمودار فوق بر می‌آید ایستگاه سد درودزن با متوسط ۲۶۹/۴ میلی‌متر و ایستگاه ایزدخواست با متوسط ۱۰۴/۴ میلی‌متر به‌ترتیب حداکثر و حداقل مقادیر متوسط بارش مؤثر طی دوره کشت گندم دیم در استان را به خود اختصاص داده‌اند. قابل ذکر است که کمترین تغییرپذیری بارش مؤثر مربوط به ایستگاه فسا و بیشترین تغییرپذیری مربوط به ایستگاه لار است.

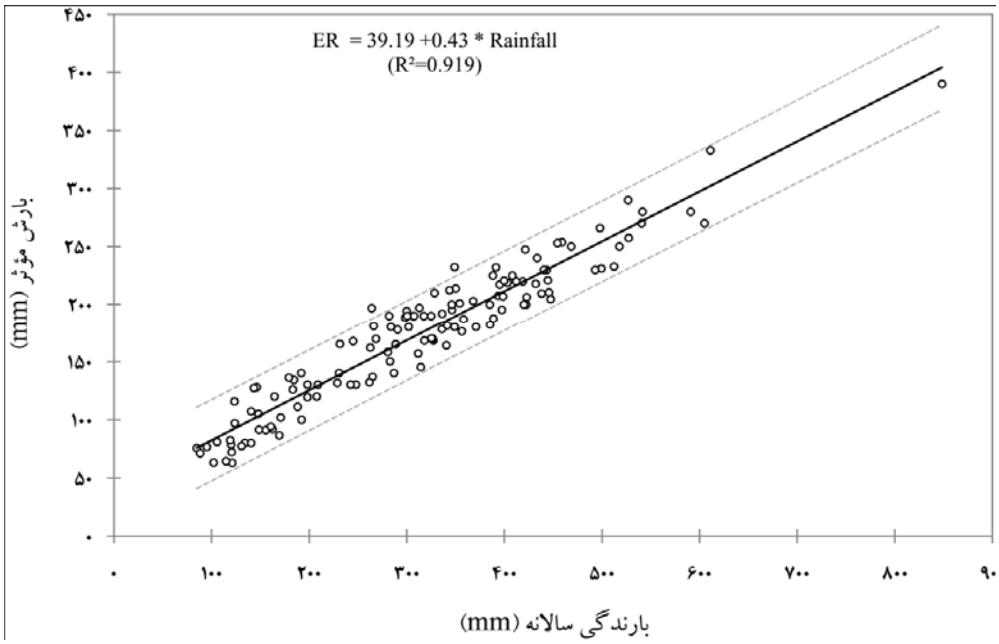
از آنجا که تخمین بارش مؤثر در نواحی تحت کشت دیم یکی از مسائل مدیریت آبیاری در کشاورزی محسوب می‌شود؛ همبستگی بین مقادیر متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌های شبکه مطالعاتی و میزان بارش مؤثر برآورد شده مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۶ رابطه این همبستگی، ضریب تبیین (R^2) و حدود اطمینان ۹۵ درصد را نمایش می‌دهد. همانطور که از شکل ۶ برمی‌آید ضریب تبیین (R^2) به‌دست آمده از این آزمون حاکی از رضایت‌بخش بودن همبستگی بین مقادیر متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌های شبکه مطالعاتی و میزان بارش مؤثر برآورد شده با رهیافت پیشنهادی است.

از آنجا که وضعیت بارش مؤثر سالانه نقش بسیار مهمی در حصول عملکرد مطلوب دارد، در این مطالعه، نقشه میزان بارش مؤثر در کشت گندم دیم با استفاده از اعمال رابطه رگرسیونی منعکس شده در شکل ۶ بر نقشه متوسط بارش سالانه استان فارس به‌دست آمد (شکل ۵).

بررسی نقشه‌ی مقادیر برآورد بارش مؤثراستان فارس (شکل ۷) نشان می‌دهد که مقادیر بارش مؤثر در بخش‌های غرب و شمال غرب استان عموماً بیشتر است و هرچه به سمت بخش‌های جنوبی‌تر پیش می‌رویم از مقدار بارش مؤثر کاسته می‌شود. به علاوه بیشترین مقدار بارش مؤثر در منطقه در شمال غرب و کمترین آن در بخش‌های مرکزی استان مشاهده می‌شود. لذا انتظار می‌رود این مورد تأثیر مثبتی بر عملکرد محصول گندم دیم در نیمه شمالی استان داشته باشد. همچنین بررسی‌های بیشتر نشان داد که نسبت مقادیر بارش مؤثر در زراعت گندم دیم برآورد شده به مقدار بارش سالانه (میلی‌متر) از ۰/۸ در ایستگاه آباده در شمال استان فارس تا میزان ۰/۵ در ایستگاه لار در جنوب استان تغییر می‌کند (نتایج ارائه نشده است).

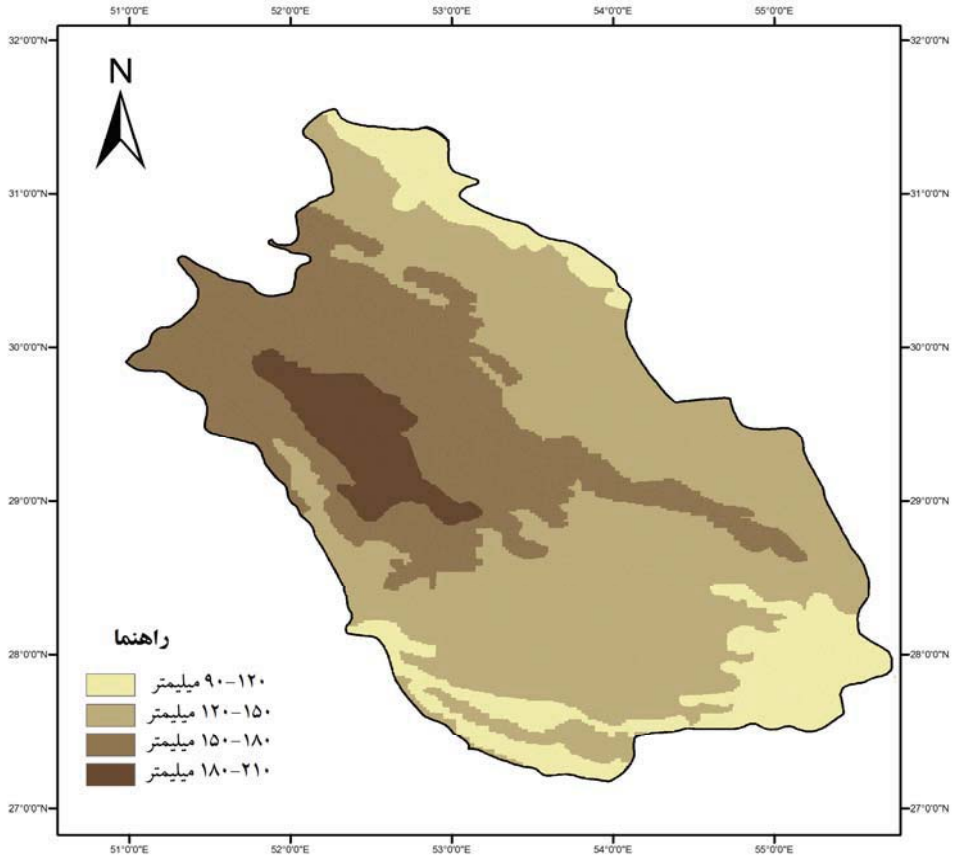
نتیجه گیری

در بررسی حاضر تلاش شده است تا با در نظر گرفتن توانمندی‌های رهیافت‌های موجود به ارائه رهیافتی پیشنهادی به منظور برآورد مناسب‌تر بارش مؤثر در زراعت گندم دیم پرداخته شود. ارزیابی رهیافت پیشنهادی در مقایسه با رهیافت‌های موجود با استفاده از عملکرد گندم دیم نشان داد که مدل بیلان آب خاک دولایه تدوین شده مبتنی بر رهیافت پیشنهادی به طور نسبی توانایی بیشتری در تعیین بخشی از تغییرات در میزان محصول گندم دیم که توسط تغییرات در میزان بارش مؤثر قابل توجیه است را داراست، که این امر خود گواهی بر برتری نسبی این رهیافت بر رهیافت‌های موجود می‌باشد.



شکل ٦- رابطه رگرسیونی بین بارش مؤثر برآورد شده و بارندگی سالانه در شبکه ایستگاه‌های مطالعاتی استان فارس.

خطوط منقطع، حدود اعتماد ۹۵٪ خط رگرسیون را نشان می‌دهند.



شکل ۷- نقشه‌ی متوسط بارش مؤثر سالانه در زراعت گندم دیم در استان فارس (طی سال کشت ۲۰۰۰-۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹-۲۰۰۸)

همچنین تحلیل آماری میزان بارش مؤثر سالانه و بارندگی سالانه با استفاده از مدل مذکور در ایستگاه‌های منتخب استان فارس طی دوره‌ی آماری سال‌های کشت ۲۰۰۰-۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹-۲۰۰۸ نشان داد که بین بارش مؤثر و بارش سالانه در پهنه استان همبستگی قوی وجود دارد و در قسمت‌های شمال و شمال غرب استان فارس محدودیت کمتری به لحاظ میزان بارش مؤثر برای زراعت گندم دیم وجود دارد.

منابع

۱- عزیزی ق. ۱۳۷۹. برآورد بارش مؤثر در رابطه با کشت گندم دیم (مورد دشت خرم آباد). مجله پژوهش‌های جغرافیایی. ۳۹: ۱۲۳-۱۱۵.

۲- علیزاده ا.، وکمالی غ. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران، چاپ اول، نشر دانشگاه امام رضا (ع).

۳- کوچکی ع.، و کمالی غ. ۱۳۷۶. باران مؤثر مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۱: ۴۹-۳۳.

۴- مجرد ف.، قمرنیا ه.، و نصیری ش. ۱۳۸۴. برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه مازندران. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴.

۵- مهبد م.، سپاسخواه ع.، و منفرد م. ۱۳۸۸. توسعه و کاربرد مدل رایانه ای مدیریت و برنامه ریزی آبیاری مزرعه گندم بر اساس بیلان آب در خاک و بارش. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). سال سیزدهم، شماره ۴۹.

۶- وزارت جهاد کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی، (۱۳۸۸-۱۳۷۴)، آمارنامه کشاورزی.

7- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm .

8- Belmans C., Wesseling J.G., and Feddes R.A. 1983. Simulation of water balance of a cropped soil: SWATRE. Journal of hydrology 63: 271-286.

9- Borg H., and Grimes D.W. 1986. Depth development of root with time-an empirical description. Transaction of

ASAE. 29: 194-198.
10- Bos M.G., and Nugteren J. 1974. On irrigation efficiencies. Publication 19. 1st Edition 1974; 2nd Edition 1978; 3rd Revised Edition 1982; 4th Edition 1990. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, pp. 117. 4th Edition also published in Farsi with IRANCID, Tehran.
11- Bos M.G. 1980. Irrigation efficiency at crop production level. ICID Bulletin, 29(2): 18–26. ICID, New Delhi, (also in French and Spanish).
12- Bos M.G., Kselik R.A.L., and Allen R.G. 2009. Water requirements for irrigation and the environment. Dordrecht, Springer. ISBN: 978-1-4020-8947-3.
13- Chahoon J., Yonts D., and Melvin S. 2001. Estimating effective rainfall, www.iavrpubs.unl.edu/irrigation/g1099.htm.
14- Chow V.T. 1964. Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York.
15- Dastane N.G. 1978. Effective rainfall, FAO Consultant, Project Coordinator; Indian agricultural research institute, New Delhi.
16- Hajilal M.S., Rao N.H., and Sarma P.B.S. 1998. Planning intra-seasonal water requirements in irrigation projects. Agricultural Water Management. 37: 163–182.
17- Hanks R.J. 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agronomy journal. 66: 660- 665.
18- Hayes G.I., and Buell J.H. 1955. Water and our forests: trees also need water at the right time and place. In Hater Yearbook, USDA 1955: 219-28.
19- Hess T.M. 1994. IMS irrigation scheduling program. Paper of Silsoe College, UK.
20- Horton R.E. 1919. Rainfall interception, Monthly Weather Review, 47:603-623.
21- ICID Committee on Assembling Irrigation Efficiency Data. 1978. M.G. Bos (Chmn.) Standards for the calculation of irrigation efficiencies. ICID Bulletin 27(1):91–101. New Delhi (also published in French, Spanish, Turkish, Arabic, and Persian).
22- Jensen M.E., Burman R.D., and Allen R.G. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements, ASCE manual and reports on engineering practice No. 70.
23- Lashari B.K., Laghari K.Q., and Phul A.M. 2010. Development of an irrigation scheduling model. Journal of engineering & technology, Mehran university research, Volume 29, Issue 4.
24- Laya D., Van Ranst E., and Herrero J. 1998. A modified parametric index to estimate yield potentials for irrigated alfalfa on soils with gypsum in Quinto(Aragón, Spain). Geoderma, 87: 111-122.
25- Littlewood L.G. 2003. Sequential conceptual simplification of the effective rainfall component of a rainfall stream flow model for a small Kenyan catchment, United Kingdom; www.iemss.org/iems2003/iemss-program-phtml.
26- Mohan S., Simhadrirao B., and Arumugam N. 1996. Comparative study of effective rainfall estimation methods for lowland rice. Water resources management, 10(1): 35-44.
27- Nima M.N., and Hanks R.J. 1973. Modeling for estimating soil water, plant and atmospheric interrelations: I. Description and sensitivity. Soil Science Society of America. Proceedings. 37: 522-532.
28- Ogrosky H.O., and Mackus V. 1964. Hydrology of agricultural lands ; Sec. 21 In Handbook Hydrology by V. T. Chow ; McGraw Hill ; New York; PP. 1-27.
29- Panigrahi B., and Sudhindra N.P. 2003. Field test of a soil water balance simulation model. Agricultural Water Management. 58, 3: 223-240.
30- Patwardhan A.S., Nieber J., and Johns E. 1990. Effective rainfall estimation methods; Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 116, No. 2, March/April.
31- Ragab R., Beese F., and Ehlers W. 1990. A soil water balance and dry matter production model: I. Soil water balance of oat. Agronomy journal. 82: 1, 152-156.
32- Rahman M.M., Islam M.O., and Hasanuzzaman M. 2008. Study of effective rainfall for irrigated agriculture in south-eastern part of Bangladesh, World journal of agricultural Sciences, 4(4): 453-457.
33- Rao N.H. 1987. Field test of a simple soil water balance model for irrigated areas. Journal of Hydrology. 91: 179–186.
34- Rickert K.G., Sedgley R.H., and Stem W.R. 1987. Environmental response of spring wheat in the south-western Australian wheat belt. Australian Journal of Agricultural Research, 38: 655-670.
35- Smajstrla A.G., and Zazueta F.S. 2001. Estimating crop irrigation requirements for irrigation system design and consumptive use permitting; www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/public.
36- Tang H., Van Ranst E., and Sys C. 1992. An approach to predict land production potential for irrigated and rainfed winter wheat in Pinan County, China. Soil Technology, 5: 213-224.
37- Tsai S.M., Chen S., and Wang H.Y. 2005. A study on the practical model of planned effective rainfall for paddy fields in Taiwan. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 13, No. 2, pp. 73-82.
38- Verdoodt A., and Van Ranst E. 2003. Modelling crop production potentials for yield gap analysis under semi-arid conditions in Guquka, South Africa. Soil Use and Management 19, 372-380.
39- Wilhelm W., Mielke L.N., and Fenster C.R. 1982. Root development of winter wheat as related to tillage practices in western Nebraska. Agronomy Journal. 74, pp. 85–88.

40- Xiong L., and Guo S. 1999. A two – parameter monthly water balance model and its application, Journal of Hydrology, 216: 111-123.
41- Ye L., and Van Ranst E. 2002. Population carrying capacity and sustainable agricultural use of land resources in Caoxian County (N. China). Journal of Sustainable Agriculture, 19(4): 75-94.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 786-798

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۷۹۸-۷۸۶

A Computer Model Based on Soil-Water Balance for Estimating The Effective Rainfall in Dryland Wheat Crop (The Case Study of Fars Province)

J. Rahimi[1*]- A. Khalili[2]- J. Bazrafshan[3]

Received: 5-11-2011
Accepted: 4-4-2012

Abstract

The estimation of effective rainfall is an important technique for exploiting the rainwater resource, planning for irrigation in irrigated agriculture, and determining changes in dryland wheat products for country's macroeconomic management. In this research, a two-layer soil-water balance model based on a new approach has been formulated to estimate the effective rainfall in dryland wheat crop. In this model, it is assumed that, in addition to the soil moisture retained on root zone on before day, also that part of water saved between the previous and current root-zone development add to the effective rainfall at current day. Greater ability of current approach to determine changes in wheat yields, which can be justified by changes in effective rainfall, confirms superiority of the current approach. Besides that, In order to estimate the effective rainfall in dryland wheat crop by this approach, daily climatic records during statistical period (1999-2000 till 2008-2009) from 12 meteorological stations of Fars province were collected. Results indicated that among the studied stations the amount of mean annual effective rainfall in dryland wheat crop changes from 296.4 (mm) in Doroodzan dam station to 112.6 (mm) in Abadeh station. Also, it is assumed that production of dryland wheat crop at north and northwest of Fars province is more success than other parts, due to satisfactory supply of effective rainfall.

Keywords: Effective rainfall, Rain fed wheat crop, Soil-water balance model, Fars province

1,2,3- MSc Student, Professor and Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Respectively
(*- Corresponding Author Email: jaberrahimy@ut.ac.ir)