نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد۸، زمستان ۱۳۹۳،ص. ۷۸۵-۷۷۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 8, Winter. 2015, p. 774-785

پهنه‌بندی برنامه‌بندی آبیاری گندم زمستانه در استان فارس با استفاده از اطلاعات بارندگی(استوکاستیک)

ریحانه‌السادات موسوی‌زاده مجرد،[۱*] علی‌اکبر کامگار حقیقی[۲]، علیرضا سپاسخواه[۳]، آرمان گنجی[۴]، شاهرخ زند پارسا[۵]، معصومه-السادات هاشمی‌طامه[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۷

چکیده

گندم یکی از محصولات عمدهٔ استان فارس می‌باشد و برنامه‌بندی صحیح آبیاری آن باعث افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه امکان استفاده بهینه از منابع آب می‌گردد.آبیاری گندم زمستانه به‌دلیل تطابق فصل کشت و رشد محصول با فصل بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این تحقیق، با استفاده از مدل دوجزئی(زنجیره مارکوف و تابع توزیع گاما) مقدار روزانه بارش در دراز مدت شبیه‌سازی گردید. خروجی این مدل به‌عنوان عامل تصادفی و تبخیر – تعرق روزانه گندم به‌عنوان عاملی یقینی در ترکیب با معادله بیلان آب خاک در ۳۲ ایستگاه هواشناسی استان فارس، جهت پیش‌بینی عمق و تاریخ آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین در این پژوهش، بافت خاک غالب در هر ایستگاه و طول دوره‌های مختلف رشد گندم در شرایط مختلف آب و هوایی در نظر گرفته شده است. در گام بعدی در یک سطح احتمال مشخص، تاریخ هر کدام از آبیاری‌ها و مقدار آبیاری در هر نوبت پیش بینی گردید. در نهایت، نقشه‌های پهنه‌بندی هم‌احتمال برای پارامترهای شبیه‌سازی شده، توسط نرم‌افزارArc GIS رسم گردید. با توجه به اینکه حساس‌ترین مرحله رشد گندم، در مرحله خوشه‌دهی و دو هفته پیش از گرده‌افشانی گندم(گلدهی) است، بررسی نتایج اجرای مدل نشان داد که در این مرحله، آبیاری گندم پیش‌بینی گردیده است. این نشان داد که در ایستگاه‌های موردبررسی، خروجی مدل براساس احتمال در نظر گرفته‌شده، منجر به تنش آبی در گیاه نگردید. با توجه به احتمال ۷۵٪ نتایج، بیش‌ترین تعداد آبیاری مورد نیاز در ایستگاه‌های واقع در جنوب، جنوب‌شرق و جنوب‌غرب استان مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین نیاز آبیاری در ایستگاه‌های واقع در جنوب و جنوب‌شرق استان مشاهده گردید. تحلیل نتایج با توجه به سطح ریسک-پذیری، در تعیین نیاز آبیاری قابل تخصیص در کشت گندم زمستانه به کار رفت.

واژه‌های کلیدی: گندم، نیاز آبی، برنامه‌بندی آبیاری، استوکاستیک

مقدمه

گیاهان به‌عنوان مواد غذایی،تأمین‌کننده انرژی برای انسان می-باشند. لذا عوامل مؤثر در رشد گیاهان و افزایش تولید آن‌ها دارای اهمیت بسیاری هستند. از بین عوامل رشد گیاه، آب وعملکرد به دست آمده،نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین کاهش محصول و کاهش آب مصرفی گیاه در کلیه مراحل رشد وجود دارد.بنابراین تعیین میزان آب موردنیاز گیاه و برنامه‌بندی آبیاری به‌منظور حداکثر محصول و هم‌چنین اطلاع از مقدار کل آب مصرفی و درنتیجه تعیین ظرفیت کانال‌هاو مخازن آب مهم‌ترین مرحله مطالعاتی را در یک طرح آبیاری و زهکشی تشکیل می‌دهد.

در برنامه‌بندی آبیاری،به‌روزرسانی اطلاعات مزرعه‌ای و پیش‌بینی میزان وتاریخ آبیاری‌های آینده موردنظر است و بدون انجام این فرایندها برنامه‌بندی کامل نمی‌گردد.

لی و همکاران، برنامه‌ریزی آبیاری را جهت بالا بردن محصول گندم زمستانه و افزایش کارایی مصرف آب در جلگه شمال چین NCP بهینه‌سازی کردند. آنان سه برنامه آبیاری جهت تولید سودمند گندم زمستانه پیشنهاد نمودند:۱) فقط آبیاری پیش از کشت ۲) آبیاری پیش از کشت + آبیاری در مرحله پنجه‌زنی ۳) آبیاری پیش از کشت + آبیاری در مرحله پنجه‌زنی و گلدهی(Li et al., 2005).

ژانگ و اویس، روابط آب–محصول و برنامه‌بندی آبیاری بهینه

۱و۶- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲و۳- استاد بخش آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۴-استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۵-دانشیاربخش آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(* - نویسنده مسئول: Email:rey.mousavi@gmail.com)

شده تحت بارندگی‌های متفاوت گندم ناحیه مدیترانه‌ای مناطق آسیای غربی و آفریقای شمالی را موردبررسی قراردادند. در این پژوهش زمان آبیاری براساس شاخص حساسیت گیاه نسبت به تنش آبی با احتساب احتمال وقوع بارش و رطوبت در دسترس خاک پیشنهاد گردید(Zhang and Oweis., 1988).

مجیدی و همکاران، طی مطالعه‌ای، حساسیت گندم به تنش‌های آبی در مراحل مختلف رشد گندم را در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار طی دو سال موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که اثر تمامی عوامل یعنی زمان آبیاری، مقدار آب آبیاری و اثر متقابل زمان و مقدار آب بر روی عملکرد، کارایی مصرف آب، وزن هزار دانه و درصد پروتئین معنی‌دار می‌باشد(Majidi et al., 2008).

امروزه با توجه به گسترش مدل‌ها و دسترسی به رایانه‌های شخصی، برنامه‌بندی آبیاری با در نظر گرفتن اجزا بیلان آب خاک، عمومیت یافته است. یکی از روش‌های مؤثر در مدیریت آبیاری، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی مدیریت آبخاک وزمان‌بندی آبیاری می‌باشد. در این راستا بایلی، مدلی ارائه داد که با استفاده از داده‌های هواشناسی می‌توان میزان کمبود رطوبت خاک را تخمین زد و نیاز آبی گیاه را تا ۲ هفته پیش‌بینی نمود(Baily., 1990). هس، مدل مدیریتی ارائه نمود که ضمن تعیین کمبود آب خاک، زمان و تاریخ آبیاری بعدی را پیش‌بینی می‌نماید(Hess., 1994). جورج و همکاران مدلی انعطاف‌پذیر ارائه نمودند که از دو قسمت بیلان آبی جهت برنامه‌بندی آبیاری و تخمین میزان محصول تشکیل شده بود. مقایسه این مدل و مدل CropWat با داده‌های اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای نشان داد که هر دو مدل مقادیر مشابهی از رطوبت خاک را پیش‌بینی می‌کنند (George et al., 2000).

مهبد و همکاران،مدل رایانه‌ای مدیریت و برنامه‌بندی آبیاری مزارع را ارائه نمود. مدل مقدار و تعداد آبیاری‌های لازم را در طی این سال‌ها به کاربر ارائه می‌دهد(Mahbod et al., 2009). زند پارسا و همکاران،مدل پیچیده‌ای را برای رشد ذرت ارائه دادند. در این مدل برنامه‌بندی آبیاری ذرت به‌صورت ساعتی شبیه‌سازی گردید و در نتیجه تاریخ و مقدار آبیاری به‌عنوان پارامترهای یقینی پیش‌بینی گردید(Zand-parsa et al., 2006).

سپاسخواه و همکاران، یک مدل بیلان آب برای مدل مدیریت و برنامه‌بندی آبیاری و تخمین محصول گیاه لوبیای چشم بلبلی ارائه داد. این مدل برای اعمال مدیریت‌های مختلف آبیاری برای تولید لوبیای چشم بلبلی در منطقه باجگاه به‌کار گرفته شد(Sepaskhah et al., 2006).

نادیموتو و همکاران، یک الگوریتم بهینه‌سازی مکاشفه‌ای در زمینه برنامه‌بندی آبیاری ذرت ارائه نمودند (Naadimuthu etal., 1999).

مهم‌ترین هدف برنامه‌بندی آبیاری تعیین زمان و مقدار آبیاری و یا تصمیم‌گیری شروع و پایان آبیاری است.حداکثر محصول در زمانی به‌دست می‌آید که از مقدار مناسب آب در زمان به‌موقع استفاده شود. با توجه به این‌که گندم یکی از گیاهان بومی منطقه خاورمیانه و خاور نزدیک است، از طرفی به‌عنوان یکی از محصولات پایه کشاورزی ایران مطرح می‌باشد در این تحقیق گیاه گندم انتخاب شد.

آبیاری گندم زمستانه به‌دلیل تطابق فصل کشت و رشد محصول با فصل بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تعویق زمان آبیاری به‌دلیل انتظار برای وقوع بارش منجر به کاهش محصول می‌گردد. از طرف دیگر نادیده گرفتن امکان وقوع بارندگی و تعیین زمان و مقدار آبیاری بدون توجه به بارش، با توجه به محدودیت منابع آبی منطقه، شایسته نیست. در این تحقیق سعی بر این است که با ترکیب معادله‌ی بیلان آب خاک و مدل شبیه‌سازی بارش، مقدار مناسب آب آبیاری و زمان مناسب آن در درازمدت و در هر منطقه از استان فارس شبیه‌سازی گردد. در گام بعدی احتمال وقوع تاریخ هر کدام از آبیاری‌ها و مقدار آبیاری در یک سطح احتمال مشخص در هر نوبت بررسی گردیده است. در نهایت، نقشه پهنه‌بندی هم‌احتمال برای پارامترهای شبیه‌سازی‌شده، توسط نرم افزارArc GIS رسم شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، با توجه به معادله بیلان آب خاک، مدل بیلان آب خاک با در نظر گرفتن شرایط بارندگی متغیر به‌منظور شبیه‌سازی برنامه‌بندی آبیاری تهیه گردیده است. در مدل بیلان آب خاک، تبخیر – تعرق به‌عنوان پارامتری یقینی و بارندگی روزانه به‌صورت عاملی تصادفی در معادله بیلان واردشده است.

مدل بیلان آب خاک

معادله بیلان دارای پارامترهای رطوبت روزانه خاک، مقدار بارندگی مؤثر، مقدار آب آبیاری، تبخیر–تعرق و نفوذ عمقی است. هدف از تهیه مدل بیلان آب خاک شبیه‌سازی مقدار مناسب آب آبیاری و زمان مناسب آن در درازمدت و در هر منطقه از استان فارس است. برای این منظور، نقطه شروع بیلان آب خاک زمان قابل تخمین رطوبت خاک قرار داده می‌شود. این مدل در محیط برنامه‌نویسی نرم‌افزار(۲۰۰۴)MATLAB7نوشته‌شده است و در ورژن‌های بالاتر نیز قابلیت اجرایی دارد. مدل برای ۳۲ ایستگاه هواشناسی استان فارس اجرا گردید. وضعیت جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌ها در جدول۱ نشان داده‌شده است.

پارامترهای معادله بیلان آب خاک در مدل

مقدار بارش

در مدل بیلان آب خاک، بارشبه‌عنوانپارامتری تصادفی واردشده

است که مقدار آن با مدل دوقسمتی شبیه‌سازی بارش،شامل زنجیره مرتبه اول مارکوف و تابع احتمال پارامتری گاما شبیه‌سازی‌شده است. تعداد سال‌های لازم جهت تضمین اعتبار شبیه‌سازی برای کلیه ایستگاه‌ها، ۳۸۴ سال به‌دست‌آمده است.

بارندگی مؤثر

بخشی از بارندگی به‌صورت تلفات است به مصرف گیاه نمی‌رسد شامل برگاب، نفوذ عمقی و رواناب می‌باشد. از حاصل تفریق مازاد باران از کل مقدار بارش، باران مؤثر به‌دست می‌آید. در سیستم آب- خاک- گیاه موردبررسی، میزان رواناب ناچیز در نظر گرفته‌شده است. مقدار نفوذ عمقی حاصل از بارندگی، در مقدار نفوذ عمقی حاصله از اجرای مدل مستتر است.

برگاب بخشی از بارندگی است که در مجاورت سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی ذخیره یا جمع می‌شود و هیچگاه به زمین نمی‌رسد و درنهایت تبخیر می‌شود. بنابراین اگر مقدار برگاب از کل مقدار بارش کسر گردد، مقدار باران خالص رسیده به سطح خاک به‌دست می‌آید.

جدول۱- وضعیت جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های موردبررسی

ایستگاه	اقلیم	شهرستان تابعه	طول جغرافیایی (درجه دقیقه ثانیه)	عرض جغرافیایی (درجه دقیقه ثانیه)	ارتفاع(متر)
آباده	سرد	آباده	۵۴ ۱۷ ۰۰	۲۷ ۴۱۰۰	۲۰۳۰
علی‌آباد خفر	نیمه گرم	جهرم	۵۳۰۳ ۰۰	۲۹۰۰ ۰۰	۱۳۴۰
باجگاه	معتدل	شیراز	۵۲ ۴۵ ۳۶	۲۹ ۴۹ ۴۸	۱۸۱۰
بند بهمن		شیراز	۵۲ ۳۴ ۱۲	۲۹ ۱۲ ۳۶	۱۷۰۰
براک	نیمه گرم	جهرم	۵۳ ۰۷ ۴۸	۲۸ ۳۹۰۰	۸۶۵
باتون		ممسنی	۵۱ ۱۹ ۰۸/۴	۳۰ ۱۲۰۰	۷۵۱
برغان	سرد	سپیدان	۵۲ ۰۱ ۱۲	۳۰ ۱۲۰۰	۲۲۰۰
درب قلعه	نیمه گرم	فسا	۴۵ ۲۱ ۳۶	۲۸ ۵۵ ۴۸	۱۴۱۹
دشتبال	معتدل	مرودشت	۵۲ ۵۸ ۱۲	۳۰ ۰۰ ۰۰	۱۶۶۰
دژگاه	گرم	فراشبند	۵۲ ۲۲ ۴۸	۲۸ ۱۱ ۲۴	۲۲۳
دوبنه	معتدل	شیراز	۵۲ ۴۶ ۴۸	۲۹ ۲۴ ۳۶	۱۵۲۰
اقلید	سرد	اقلید	۵۲ ۴۰ ۴۸	۳۰ ۵۲ ۴۸	۲۳۰۰
فراشبند	نیمه گرم	فراشبند	۵۲ ۰۴ ۴۸	۲۸ ۴۹ ۴۸	۸۰۵
قلات	معتدل	شیراز	۵۲ ۱۹ ۱۲	۲۹ ۴۸ ۳۶	۲۰۸۰
قره بلاغ	نیمه گرم	فسا	۵۳ ۵۸ ۴۸	۲۸ ۵۵ ۴۸	۱۳۸۸
قطرویه	گرم	نی‌ریز	۵۴ ۴۲۰۰	۲۹ ۰۹۰۰	۱۶۰۵
حکان	نیمه گرم	جهرم	۵۳۱۸ ۰۰	۲۸ ۳۶۰۰	۹۳۳
حنیفقان		فیروزآباد	۵۲ ۳۳ ۳۶	۲۹ ۰۶۰۰	۱۵۸۵
جهان آباد	معتدل	نی‌ریز	۵۳ ۵۱ ۳۶	۲۹ ۴۳ ۰۸	۱۵۸۰
جره	نیمه گرم	کازرون	۵۱ ۵۸ ۱۲	۳۰ ۳۱ ۴۸	۷۹۴
کافتر	سرد	اقلید	۵۲ ۴۳ ۴۴	۳۰ ۳۱ ۴۸	۲۳۴۲
کاریان	گرم	لار	۵۳ ۳۲ ۲۴	۲۸ ۰۸ ۲۴	۸۳۸
کازرون	نیمه گرم	کازرون	۵۱ ۳۹ ۳۶	۲۹ ۳۶۰۰	۸۴۱
کوشکک	معتدل	مرودشت	۵۲ ۳۶۰۰	۳۰ ۰۶ ۳۶	۱۶۵۰
لامرد	گرم	لامرد	۵۳ ۱۰ ۱۲	۲۷ ۲۰ ۲۰	۴۱۱
لار	گرم	لار	۵۴ ۱۹ ۴۸	۲۷ ۴۰ ۴۸	۷۹۲
مادر سلیمان	معتدل	پاسارگاد	۵۳ ۱۰ ۴۴	۳۰ ۱۱ ۲۴	۱۵۸۰
مزایجان	سرد	بوانات	۵۲ ۴۸ ۰۰	۳۰ ۱۸۰۰	۱۲۲۰
مهرآباد رامجرد	معتدل	مرودشت	۵۲ ۴۲۰۰	۲۹ ۵۸ ۱۲	۱۶۱۶
رونیز	نیمه گرم	استهبان	۵۳ ۴۵ ۳۶	۲۹ ۱۰ ۴۸	۱۶۱۰
تنگاب		فراشبند	۵۲ ۳۱ ۴۸	۲۸ ۵۴ ۳۶	۱۳۷۶

مقدار برگاب از معادله تجربی زیر محاسبه گردید(نجمایی، ۱۳۶۸):

$$P_c = a + bp^n \quad (۱)$$

که در آن، P مقدار بارش(mm)، P_c مقدار برگاب(mm) و a، b و nضرایب ثابت معادله هستند که توسط هورتن برآورد شده است و برای گیاه گندم به ترتیب برابر با ۰/۱۲۵، ۰/۰۵ و ۱ برآورد شده‌اند.

اگر مقدار برگاب روزانه از مقدار کل باران روزانه کم شود، مقدار باران خالص رسیده به سطح خاک به‌دست می‌آید.

تبخیر – تعرق

از آن‌جا که در مناطق خشک، تبخیر – تعرق در کل سال‌های مورد نظر تقریباً روند مشابهی را دارد و از سالی به سال دیگر تغییراتآن چشمگیر نیست(Fereres et al., 1981)می‌توان از متوسط داده‌های موجود روزانه مربوط به تبخیر– تعرق به‌عنوان پارامتری ثابت در معادله بیلان آب خاک استفاده نمود. در این پژوهش،به دلیل عدم دسترسی به آمار کافی هواشناسی، از معادله اصلاح شده هارگریوز– سامانی (Razzaghi and Sepaskhah., 2012) استفاده گردید.

$$ET_0 = 0.408 \times 0.0025 \times R_a(T_m + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad (۲)$$

که در آن، ET_0 تبخیر – تعرق استاندارد گیاه مرجع($mm\ day^{-1}$)، T_m میانگین دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین(^oC)، T_{max}وT_{min} به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه(^oC) و R_a تشعشع ماورای جوی($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)می‌باشد. پس از محاسبه تبخیر – تعرق مرجع، تبخیر – تعرق گیاه مورد نظر(گندم) از معادله زیر محاسبه-گردید:

$$ET_{ci} = K_{ci} \times ET_{0i} \quad (۳)$$

که در آن، ET_{0i} تبخیر–تعرق روزانه گیاه مرجع($mm\ day^{-1}$)،K_{ci} ضریبگیاهی روزانه و ET_{ci} تبخیر –تعرق استاندارد روزانه گیاه مرجع($mm\ day^{-1}$) مورد نظر می‌باشند.

تعیین ضریب گیاهی روزانه

تقسیم‌بندی دوره‌های مختلف رشد گندم بر اساس تاریخ‌های مشاهده شده مربوط به رشد گندم براساس مناطق مختلف آب و هوایی استان فارس صورت پذیرفت. این آمار از اطلاعات موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان فارس تهیه شده است. بر اساس این آمار فاصله زمانی از کشت بذر تا مشاهده اولین پنجه به‌عنوان مرحله ابتدایی رشد، فاصله زمانی از انتهای مرحله ابتدایی تا خوشه‌دهی به عنوان مرحله توسعه، فاصله زمانی خوشه‌دهی تا زمان سفت شدن دانه مرحله میانی و از انتهای این زمان تا برداشت محصول مرحله نهایی در نظر گرفته شد. اطلاعات مربوط به دوره کشت گندم، به تفکیک هر منطقه آب و هوایی استان فارس، در جدول ۲ آمده است. تاریخ کشت در مناطق نیمه گرم و معتدل در دهه اول آبان و در مناطق سرد اوایل مهرماه می‌باشد. مقادیر ثابت ضریب گیاهی مراحل ابتدایی رشد و میانی از محاسبات انجام‌شده در ایستگاه تحقیقاتی کوشکک براساس روش آلن و همکاران به‌دست‌آمده است (Allen et al., 1998).

محاسبه عمق روزانه ریشه

عمق ریشه روزانه از معادلهبورگ و گریمزمحاسبه شد که به صورت زیر می‌باشد(Borg and Grimes., 1986):

$$RD_i = RDM\left[0.5 + 0.5\sin\left(3.03\frac{DAS}{DTM}\right) - 1.47\right] \quad (۴)$$

که در آن، RD_i عمق روزانه ریشه(mm)، RDM عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه(mm)، DAS تعداد روز بعد از کشت و DTM تعداد کل روزها برای رسیدن به عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه می‌باشند.

زمان رسیدن به عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه گندم با توجه به روز– درجات(GDD)در روز مؤثرEffective Cover۴۷۵، درجه سانتی گراد محاسبه‌شده و در برنامه،زمانی که روز – درجات تجمعی به این مقدار رسید،زمان رسیدن به عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه محسوب می‌شود(Arian., 1992).حداکثر عمق ریشه گندم،یک متر در نظر گرفته‌شده است.

محاسبه ضریب آب سهل‌الوصول روزانه گیاه

با استفاده از معادله ارائه‌شده توسط آلن و همکاران مقدار ضریب آب سهل‌الوصول گیاه به‌صورت زیر محاسبه شد(Allen et al., 1998):

$$P = P_t + 0.04(5 - ET_c) \quad (۵)$$

که در آن، P ضریب آب سهل‌الوصولبرحسب اعشار و P_t ضریب آب سهل‌الوصولبرحسب اعشار در تبخیر – تعرق برابر با ۵ میلی‌متر در روز،ET_Cتبخیر – تعرق($mm\ day^{-1}$)می‌باشند.

حداکثر کمبود رطوبتی در نیمرخ خاک تا عمق ریشه نیز از معادله زیر محاسبه گردید:

$$MAD=RD_i(FC-PWP)P \quad (۶)$$

که در آن MAD حداکثر کمبود رطوبتی نسبت به حالت ظرفیت زراعی(mm)، FC رطوبت وزنی خاک منطقه در حالت ظرفیت زراعی(m^3m^{-3}) و PWP رطوبت حجمی خاک منطقه در حالت پژمردگی دائم(m^3m^{-3}) می‌باشند. مقادیر ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائمبا توجه به نوع بافت خاک غالب در هرکدام از ایستگاه‌های موردمطالعه(زراعی، ۱۳۸۷) مشخص‌شده است(جدول۳).

بررسی بیلان آب خاک

از معادله بیلان آب خاک به‌منظور تعیین مقدار آب آبیاری مورد نیاز در هر آبیاری استفاده‌شده است. برایاین منظور به مقادیر رطوبت روزانه خاک و مقدار بارندگی شبیه‌سازی‌شده و مقادیر تبخیر – تعرق روزانه نیاز است.معادله بیلان وارد شده در مدل به‌صورت زیر است:

$$(S_i) \times (Z_i) = (S_{i-1}) \times (Z_{i-1}) + I_i + R_i - ET_i - D_i \quad (۷)$$

که در آن، S_i و S_{i-1}، Z_iو Z_{i-1} به‌ترتیب نشان‌دهنده رطوبت خاک، عمق ریشه در انتهای روز iام و روز i-1ام‌است. I_i،R_i،ET_i و D_i به ترتیب نشان‌دهنده مقدار آبیاری، مقدار باران خالص نفوذ یافته به داخل خاک، میزان تبخیر – تعرق و مقدارنفوذ عمقی در روز iام‌است. بعد کلیه پارامترهای معادله بیلان طول [L] می‌باشد. بخشی از آب ورودی به خاک تا عمق ریشه روزانه ذخیره می‌شود که به مصرف گیاه خواهد رسید. بخشی نیز در حدفاصل عمق ریشه روزانه و عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه ذخیره می‌شود که با رشد ریشه و پیشروی آن در این مناطق مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. در این پژوهش آن بخش از آب ورودی به خاک که در حد فاصل عمق ریشه روزانه و عمق ریشه در زمان حداکثر ذخیره‌شده است، جزء تلفات نفوذ عمقی محاسبه نمی‌شود.

مدل با فرض اینکه مقدار رطوبت خاک در روز اول کشت در حد رطوبت نقطه پژمردگی است اجراشده است و با در نظر گرفتن عمق ۳۰ سانتی‌متر، رطوبت خاک به حد رطوبت ظرفیت زراعی رسانده شده است. برای تعیین زمان آبیاری‌های بعدی، تبخیر – تعرق تجمعی روزانه با کاهش مجاز آب خاک مقایسه گردیده است. روزی که این دو مقدار به هم نزدیک شود به‌عنوان روز آبیاری تعیین شد. مقدار آب آبیاری مورد نیاز برابر با مجموع مقدار تجمعی تبخیر– تعرق روزانه و تلفات آبیاری است. مقدار آب اضافه که پس از تأمین کمبود رطوبت ظرفیت زراعی ناحیه ریشه روزانه، از منطقه ریشه خارج می‌گردد،به عنوان تلفات نفوذ عمقی در نظر گرفته شد و از دسترس گیاه، به صورت تلفات خارج می‌گردد(Mahbod et al., 2009).

محاسبات از تاریخ کشت تا انتهای برداشت در هر ایستگاه، انجام‌شده است. الگوی جذب ریشه به‌صورت یکنواخت در نظر گرفته‌شده است. عمق آبیاری مورد نیاز، به‌صورت عمق خالص مورد نیاز ارائه شده است. عمق ناخالص از تقسیم عمق خالص بر مقدار بازده مورد نظر به‌دست خواهد آمد. ورودی و خروجی مدل، به شرح جدول ۴ می‌باشد.

با بررسی تاریخ‌های آبیاری و مقادیر آب آبیاری در هر نوبت در طول کل سال‌هایی که شبیه‌سازی مقدار بارندگی برای آن صورت پذیرفته است، و تحلیل احتمال رخداد موارد پیش‌بینی شده و هم‌چنین توجه به تحلیل ریسک مسئله تخصیص آب، این تحقیق می‌تواند جهت کاربرد در مباحث مدیریت آبیاری زراعت گندم زمستانه استان فارس، موردتوجه قرار گیرد.

جدول۲- طول مراحل مختلف رشد گندم به تفکیک وضعیت آب و هوایی هر منطقه

وضعیت آب و هوایی	مرحله ابتدایی (روز)	مرحله توسعه (روز)	مرحله میانی (روز)	مرحله پایانی (روز)	طول کل دوره (روز)
گرم	۳۷	۴۴	۴۱	۲۸	۱۵۰
نیمه گرم	۷۰	۴۹	۴۰	۵۷	۲۱۶
معتدل	۱۳۴	۲۷	۳۷	۴۲	۲۴۰
سرد	۱۳۸	۲۷	۵۶	۵۶	۲۷۷

جدول۳- مشخصات خاک ایستگاه‌های موردمطالعه

ایستگاه	بافت غالب خاک	رطوبت حجمی ظرفیت زراعی (FC)%	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی(PWP)%
براک، درب قلعه، بابا عرب	لومی	۳۰	۱۵
قره بلاغ، حکان، رونیز، دژگاه، فراشبند، حنیفقان،قطرویه، تنگاب،کازرون، جره، باتون، جهان آباد، دشتبال، مادر سلیمان، علی‌آبادخفر، آباده، لار، لامرد	لوم رسی	۳۶	۱۸
قلات، بند بهمن، دونبه، مهرآباد رامجرد، برغان، باجگاه، کوشکک، کافتر، مزایجان، اقلید	لوم رسی سیلت دار	۳۳	۱۱

جدول٤- ورودی و خروجی مدل

نوع پارامتر	شرح	ملاحظات
ورودی	خصوصیات فیزیکی خاک (رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، رطوبت پژمردگی)	اطلاعات واقعی براساس بافت غالب خاک منطقه (جدول۳)
	رطوبت حجمی اولیه خاک	رطوبت نقطه پژمردگی (جدول ۳)
	تبخیر – تعرق (پارامتر یقینی)	معادله هارگریوز سامانی اصلاح شده استان فارس (رزاقی و سپاسخواه،۲۰۱۲)
	بارندگی روزانه و مجموع در فصل کشت (پارامتر تصادفی)	مدل شبیه ساز بارش
	عمق روزانه ریشه گندم	معادله (۴)
	تعداد سال‌های مورد نیاز شبیه‌سازی	۳۸۴
خروجی	رطوبت حجمی روزانه در انتهای هرروز	معادله بیلان آب خاک
	تخلیه مجاز رطوبتی روزانه	معادله (۶)
	تلفات نفوذ عمقی روزانه و مجموع در فصل کشت	معادله بیلان آب خاک
	ضریب آب سهل الوصول روزانه	معادله (۵)
	آبیاری مورد نیاز روزانه و مجموع آبیاری در فصل کشت	تحت استراتژی‌های مختلف بازده کاربرد
	تعداد آبیاری‌های فصلی، پاییزه و بهاره	معادله بیلان آب خاک
	تاریخ و عمق آبیاری مورد نیاز	با استفاده از معادله بیلان آب خاک در شرایط کمبود رطوبت خاک
	تاریخ و عمق آبیاری اول	با توجه به بافت خاک و تاریخ کشت

تحلیل احتمالات

با استفاده از معادله تجربی احتمال وقوع ویبل[1] احتمال وقوع دفعات و نیاز آبیاری فصلی گیاه گندم در ایستگاه‌های مختلف محاسبه‌شده است. فرمول احتمالی وقوع به‌صورت زیر می‌باشد:

$$P = \frac{m}{1+n} \qquad (۸)$$

که در آن P احتمال وقوع، m شماره ردیف و n تعداد داده‌ها می‌باشد (شماره ردیف به داده‌های مرتب شده نزولی اختصاص می‌یابد).

با استفاده از نتایج به‌دست آمده از مدل شبیه‌سازی بارندگی، مقدار عمق بارش، تعداد آبیاری‌های فصلی موردنیاز و عمق آبیاری فصلی و هم‌چنین جدول برنامه‌بندی آبیاری هر ایستگاه تحت احتمال ۷۵٪ به‌دست‌آمده است.

برنامه‌بندی آبیاری تصادفی

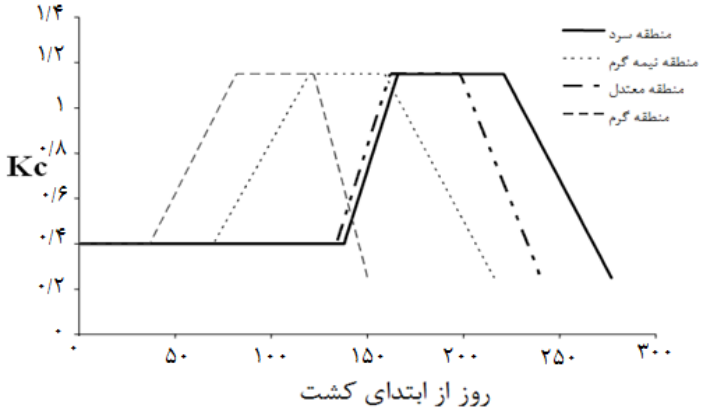
در مقابل برنامه‌بندی آبیاری در زمان واقعی، در اینجا با توجه به خروجی مدل، برنامه‌بندی آبیاری تصادفی، مدنظرقرارگرفته است. با توجه به نتایج و مدل برنامه‌بندی تصادفی عمق و زمان آبیاری، دو مسئله استنباط گردیده است. مسئله اول به‌دست آوردن تابع توزیع تاریخ اولین آبیاری است که با توجه با آن کاربر می‌تواند، مقدار و تاریخ آبیاری اول را بررسی کند.در قسمت دوم دامنه‌ای از فواصل آبیاری نسبت به آبیاری اول در سطوح مختلف احتمال، تعیین می‌گردد. بدیهی است که هر چه ریسک‌پذیری مدیر مزرعه کم‌تر باشد، تاریخ اولین آبیاری زودتر و فواصل آبیاری نیز کوتاه‌تر به‌دست می‌آید. شایان‌ذکر است که در این پژوهش، در زمان کشت فرض بر این قرار داده‌شده است که رطوبت خاک در حد رطوبت نقطه پژمردگی است و با احتمال صد در صد، آبیاری اول در روز اول کشت است. در این پژوهش، سطح احتمال ۷۵ درصد انتخاب و بررسی شده است. سطح احتمال انتخابی۷۵ درصد برای آبیاری دوم، نشان‌دهنده این است که مدیر مزرعه به‌دلیل حساسیتی که نسبت به امکان بروز تنش آبی گیاه دارد، تنها ریسک ۲۵ درصد را برای خالی ماندن پروفیل رطوبتی خاک از مقدار رطوبت مورد نیاز گیاه در بین دو آبیاری، در نظر گرفته است. با توجه به سطح احتمال مورد نظر آبیار برای آبیاری دوم، تاریخ این آبیاری تعیین می‌گردد و به تبع آن تاریخ‌های دیگر نیز تعیین می‌گردد.

با تهیه این مدل این امکان وجود خواهد داشت که سطح ریسک‌پذیری در هر دوره رشد محصول و با توجه به حساسیت گیاه نسبت به تنش آب و ملاحظات مدیریتی تغییر کند.

نتایج و بحث

مطالعات انجام‌شده در ۳۲ ایستگاه استان فارس و شرایط آب و هوایی مختلف صورت گرفت وضعیت خاک غالب در این ایستگاه‌ها در سه دسته لومی، لومی رسی و لومی رسی سیلت قرار دارد. در تهیه مدل برنامه‌بندی آبیاری عامل تبخیر - تعرق گندم زمستانه به‌عنوان پارامتر یقینی در نظر گرفته‌شده است. عامل بارش به‌عنوان پارامتر تصادفی از زیر مدل بارش به‌دست‌آمده است و در مدل بیلان آب‌وخاک وارد گردیده است.

1-Weibull.



شکل۱- منحنی ضریب گیاهی در مناطق مختلف استان

نقشه‌های پهنه‌بندی تبخیر – تعرق و خروجی مدل(عمق آبیاری، تاریخ آبیاری، تعداد آبیاری، بارش و تلفات نفوذ عمقی) به روش میان‌یابی IDW[1] توسط نرم افزار Arc GIS برای استان فارس، تهیه گردیده است.

تبخیر – تعرق

میانگین سالانه تبخیر–تعرق گندم برای هر ایستگاه از معادله(۲) به‌دست‌آمده است. در مدل بیلان آب خاک احتمال وقوع هر چهار سال یک‌بار سال کبیسه در نظر گرفته‌شده است. همان‌طور که در منحنی رشد گیاه(شکل ۱) مشخص‌شده است، مقادیر ضریب گیاهی در آغاز و پایان رشد گندم در هر یک از شرایط آب و هوایی ثابت است. اما با توجه به طول دوره رشد در هر مرحله، منحنی‌های ضریب گیاهی در شرایط آب و هوایی مختلف متفاوت می‌باشد.

در مناطق گرم طول دوره رشد گندم کوتاه‌ترین زمان و در مناطق سرد بلندترین زمان را دارد. در مناطق سرد به‌دلیل وجود رکود رشد ناشی از سردی هوا، مرحله اول رشد تا زمان اولین گره طول می‌کشد. درحالی‌که در سایر مناطق، طول مرحله اول تا آغاز مرحله پنجه‌زنی است. اطلاعات مربوط به تاریخ‌های مختلف رشد گندم، از اطلاعات واقعی موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان فارس تهیه‌شده است.

ازآنجاکه در معادله هارگریوز – سامانی، دما تنها پارامتر هواشناسی تأثیرگذاردر تعیین تبخیر – تعرق است، لذا جهت تحلیل نتایج به‌دست‌آمده برای مقدار تبخیر – تعرق، می‌توان وضعیت دمایی مناطق مختلف استان را در نظر گرفت.

نقشه پهنه‌بندی هم تبخیر–تعرق(شکل۲) برای ایستگاه‌های مختلف استان فارس، براساس میزان شدت تبخیر – تعرق گندم رسم شده است. برای سایر نقاط استان نیز به روشIDW میان‌یابی صورت گرفته است.

با توجه به مشاهدات نقشه‌های نرمال هم‌دمای استان فارس(دوره آماری۱۳۵۰–۱۳۸۷)تهیه‌شده توسط سازمان هواشناسی کشور، مشاهده می‌گردد که نواحی جنوب، جنوب شرقی، غرب و جنوب غربی دارای متوسط دمای سالانه۱۶–۲۵/۳درجه سانتی‌گراد، نواحی شمالی دارای متوسط دمای سالانه ۱۱/۲–۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد و نواحی مرکزی استان دارای متوسط دمای سالانه ۱۶–۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

براساس مقادیر محاسبه‌شده، مقادیر کم تبخیر – تعرق مربوط به ایستگاه‌های واقع‌شده در مناطق کم‌دما و مقادیر زیاد تبخیر – تعرق مربوط به ایستگاه‌های واقع‌شده در مناطق گرم‌تر می‌باشد. نتایج حاکی از صحت محاسبات براساس معادله هارگریوز– سامانی می‌باشد.

تعداد آبیاری و برنامه‌بندی آن

نقشه پهنه‌بندی مناطق هم‌عمق اولین آبیاری در شکل ۳ و هم تعداد آبیاری‌های مورد نیاز در شکل۴، با توجه به ایستگاه‌های موجود رسم گردیده است و برای سایر نقاط استان نیز به روش IDWمیان‌یابی صورت گرفته است.

با توجه به شکل بیش‌ترین تعداد آبیاری با احتمال وقوع ۷۵ درصد در ایستگاه‌های لار، لامرد و بابا عرب(۱۲،۱۱و۱۱) پیش‌بینی می‌گردد. این تعداد با توجه به طول دوره کم در این مناطق با توجه به بالا بودن دما و شدت تبخیر – تعرق گندم و احتمال وقوع بارش کم‌تر نسبت به ایستگاه‌های دیگر قابل توجیه است.

کم‌ترین تعداد آبیاری با احتمال وقوع ۷۵ درصد، در ایستگاه‌های قلات،برغان، دونبه و کافتر(۳،۴،۴و۴) پیش‌بینی گردید. ازآنجاکه این ایستگاه‌ها در مناطق معتدل(قلات و دونبه) یا سرد(برغان و کافتر) استان واقع‌شده‌اند و دوره رشد نسبت به سایر مناطق استان طولانی‌تر است، این پیش‌بینی با توجه به پایین بودن نسبی دما و تبخیر – تعرق

1-Inverse Distance Weighted.

گندم و احتمال وقوع بارش نسبتاً بیش‌تر، قابل توجیه است.

در عمده ایستگاه‌های استان فارس(۸۷/۵٪) با احتمال۷۵ درصد، نسبت تعداد آبیاری‌های بهاره به کل آبیاری‌ها، بزرگ‌تر یا مساوی ۵۰ درصد است. این مسئله نشان‌دهنده وقوع باران‌های زمستانه کافی، افزایش دما در فصل بهار و درنتیجه افزایش تبخیر – تعرق گندم می‌باشد. این عوامل منجر به افزایش نیاز آبی بهاره گندم می‌گردند.

در کلیه ایستگاه‌های مناطق سرد و معتدل استان فارس، پیش‌بینی گردید که آبیاری دوم در مرحله دوم رشد گندم(مرحله توسعه) واقع شود. تنها استثناء در ایستگاه بند بهمن مشاهده شده که در این ایستگاه دومین آبیاری، اولین آبیاری بهاره است(روز ۱۴۸–۶ فروردین).

در ایستگاه‌های مناطق گرم و نیمه‌گرم استان نیز آبیاری دوم در مرحله اول رشد(مرحله ابتدایی) پیش‌بینی شده است. تنها استثناء در ایستگاه بابا عرب مشاهده‌شده است که این ایستگاه با توجه به بارش شبیه‌سازی شده، جزءمناطق کم بارش استان محسوب می‌گردد.

در ایستگاه‌های کافتر و قلات، با احتمال ۷۵ درصد، تنها یک آبیاری از کل آبیاری‌های موردنیاز، جزء آبیاری‌های بهاره است. با توجه به وضعیت مناسب بارش در این دو ایستگاه می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال ۷۵ درصد در این ایستگاه‌ها بارش‌های بهاره مناسبی وجود دارد.

نیاز آبیاری

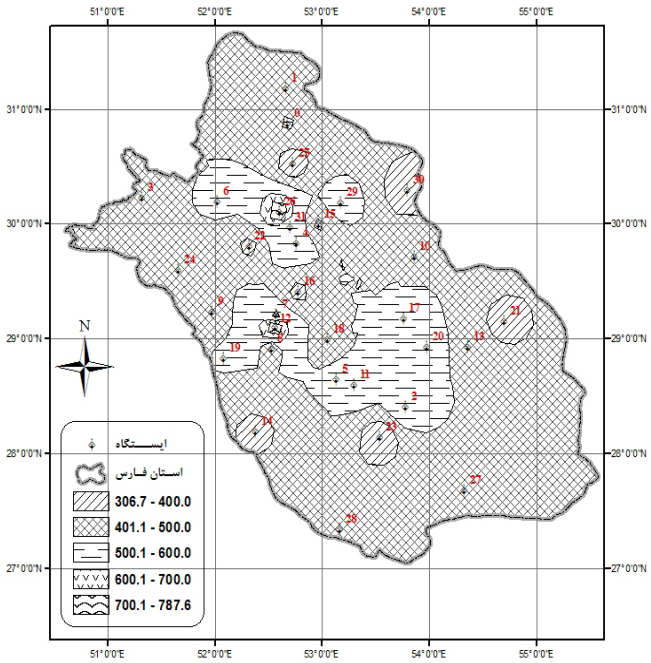
بالاترین نیاز آبیاری پیش‌بینی‌شده، مربوط به ایستگاه‌های مادر سلیمان، حکان و رونیز با مقادیر۷۸۳،۷۷۳،۷۶۶میلی‌متر است. بالاترین عمق آبیاری فصلی با احتمال وقوع ۷۵ درصد، برای ایستگاه قره بلاغ به میزان ۷۰۵ میلی‌متر پیش‌بینی شده است.

این نتایج با توجه به وضعیت بارش شبیه‌سازی‌شده در این ایستگاه‌ها و همچنین وضعیت تبخیر – تعرق، پیش‌بینی قابل قبولی می‌باشد. با توجه به اینکه حساس‌ترین مرحله رشد گندم، در مرحله خوشه‌دهی و دو هفته پیش از گرده‌افشانی گندم(گلدهی) است (Doorenbos & Pruitt.,1997)، بررسی نتایج اجرای مدل‌ها نشانداد که در این مرحله، آبیاری گندم پیش‌بینی گردیده است. این نشان می‌دهد که خروجی مدل براساس احتمال در نظر گرفته‌شده در ایستگاه‌های موردبررسی، منجر به تنش آبی در گیاه نخواهد شد.

– تلفات نفوذ عمقی

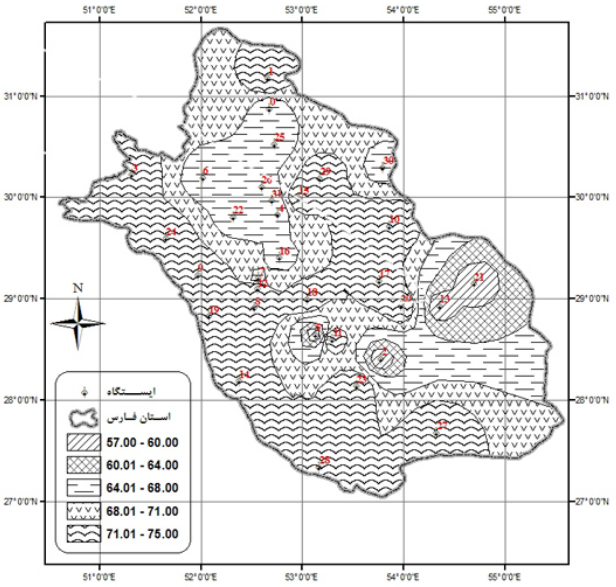
نقشه پهنه‌بندی هم‌عمق تلفات نفوذ عمقی در مناطق مختلف در شکل ۵، با توجه به ایستگاه‌های موجود رسم گردیده است و برای سایر نقاط استان نیز به روش IDWمیان‌یابی صورت گرفته است.

در این پژوهش، فرض اصلی به این صورت است که مقدار آب اضافه که پس از تأمین کمبود رطوبت ظرفیت زراعی ناحیه ریشه، از منطقه ریشه خارج می‌گردد و به‌عنوان تلفات نفوذ عمقی در نظر گرفته می‌شود و از دسترس گیاه، به‌صورت تلفات خارج می‌گردد.



شکل۲– نقشه پهنه‌بندی هم تبخیر – تعرق(mm)براساس معادله هارگریوز–سامانی اصلاح‌شده(Razzaghi and Sepaskhah., 2012)

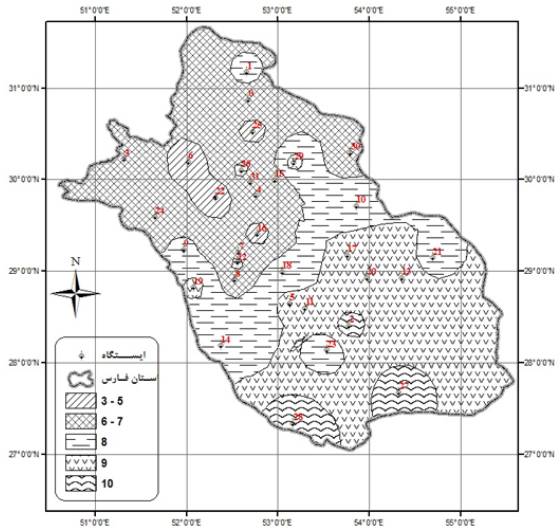
نتایج نشان داد که نفوذ عمقی در ایستگاه‌هایی کـه بافـت خـاک غالب منطقه، سبک‌تر(لوم رسی سیلت دار)است، نسبت بـه ایسـتگاه-هایی که بافت خاک غالب منطقه، سنگین‌تر است(لومی رسـی) مقـدار کم‌تری



شکل۳-نقشه پهنه‌بندی مناطق هم عمق(mm) اولین آبیاری (احتمال ۷۵ درصد)

پیش‌بینی شده است. اما ازآنجاکه سرعت نفوذ خاک سبک بیش‌تر است، لذا انتظار داریم که تلفات نفوذ عمقی در خاک‌های سبک بافت بیش‌تر و در خاک‌های سـنگین بافـت کـم‌تـر باشـد. بنـابراین نتـایج به‌دست‌آمدهظاهراً برخلاف انتظار است. امـا، ازآنجاکـه ایسـتگاه‌هـای دارای خاک سـبک بافـت عمـدتاً در منـاطق سـرد و معتـدل اسـتان واقعشده‌اند که در این مناطق دمای هوا نسبت به مناطق نیمـه‌گـرم و گرم استان که عمدتاً دارای خاک‌های سنگین بافت می‌باشند، پایین‌تر است. لذا تبخیر از سطح خاک کم‌تر است و عمـدتاً پـس از بـارش یـا آبیاری خاک رطوبت خود را دیرتر از دست می‌دهد. این مسئله منجـر به کاهش سرعت نفوذ می‌گردد و تلفات نفوذ عمقی کاهش مـی‌یابـد. اما در مناطق گرم و نیمه‌گرم علی‌رغم سنگین بودن بافت خـاک، بـالا بودن نسبی دما سبب افـزایش تبخیـر رطوبـت خـاک، خشـکی آن و درنتیجه تلفات بیش‌تر آب در اثر نفوذ عمقی می‌گردد.

مدل تهیه‌شده با فرض اینکه رطوبت خارج‌شـده روزانـه از ناحیـه ریشه، در حدفاصل عمق ریشه روزانه و عمق ریشه در زمـان حـداکثر رشد گیاه ذخیره می‌شود و با رشد ریشه و پیشروی آن در این منـاطق مورداستفاده گیاه قرار می‌گیرد، نیز اجـرا گردیـد. در ایـن حالـت تنهـا بخشی از رطوبت که از ناحیـه عمـق ریشـه در زمـان حـداکثر رشـد، خارج‌شدهبه‌عنوان تلفات نفوذ عمقی محسوب می‌گردد. نتایج مدل بـا این استراتژی در چهار ایستگاه(یک ایستگاه از هر اقلیم) محاسبه‌شده است. در این شرایط همان مقادیر بارش شـبیه‌سـازی شـده در حالـت اول(فرض اصلی) به‌کاررفته است.



شکل٤-نقشه پهنه‌بندی هم تعداد آبیاری‌های مورد نیاز(احتمال ۷۵ درصد)

نتایج نشان می‌دهد درصورتی‌که رطوبت خارج‌شده از ناحیه ریشـه روزانه را تا زمان پیشروی ریشه، بـه‌صـورت ذخیـره رطـوبتی در نظـر بگیریم و در محاسبه تلفات نفوذ عمقی، هدر رفت رطوبت از ناحیه

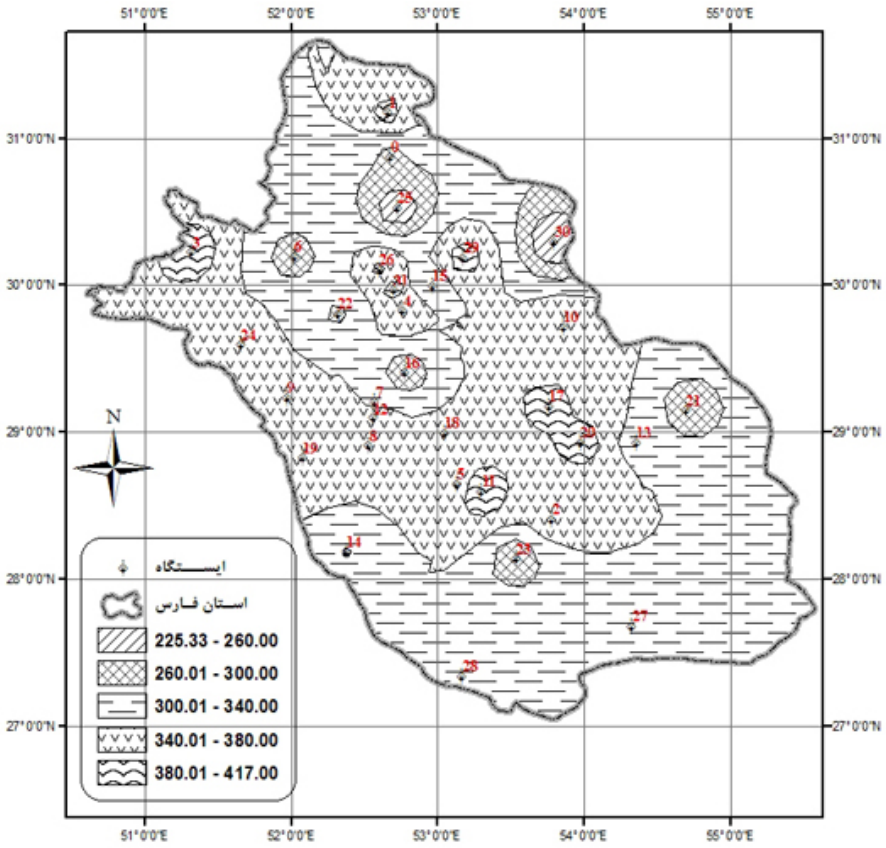
ریشه در زمان رشد حداکثری را لحاظ کنیم، تعـداد آبیـاری‌هـای موردنیاز و عمق آبیاری لازم کم‌تر به دست می‌آیـد. در ایـن شـرایط، مقدار تلفات نفوذ عمقی، صفر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از شـبیه‌سـازی مـدل بـیلان خـاک و مـدل شبیه‌ساز بارش به شرح زیر است:

الف- بر اساس مقادیر محاسبه‌شـده، مقـادیر کـم تبخیـر-تعـرق مربوط به ایستگاه‌های واقـع‌شـده در منـاطق کـم‌دمـا و مقـادیر زیـاد تبخیر-تعرق مربوط به ایستگاه‌های واقع‌شده در مناطق گرم‌تر است.

نتایج حاکی از صحت محاسـبات بـر اسـاس معادلـه هـارگریوز-سامانی است. ازآنجاکه در معادله هارگریوز-سامانی، دما تنهـا پـارامتر هواشناسی تأثیرگذار در تعیین تبخیر-تعرق اسـت، لـذا جهـت تحلیـل نتایج به‌دست‌آمده برای مقدار تبخیر-تعـرق، وضـعیت دمـایی منـاطق مختلف استان در نظر گرفته‌شده است.



شکل۵- نقشه پهنه بندی هم عمق تلفات نفوذ عمقی(mm) در مناطق مختلف (احتمال ۷۵ درصد)

ب- نواحی شرقی، جنوبی و شمالی استان(لار، لامرد، قطرویه و آباده) دارای کم‌ترین میزان متوسط بارش(کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر در سال) می‌باشد. نواحی غربی و شمالی غربی(کازرون، حنیفقان، کافتر، قلات، برغان، باتون، بند بهمن و تنگاب) به‌دلیل مجاورت با رشته کوه زاگرس دارای مقادیر بالاتر متوسط بارش سالانه(بالاتر از ۴۰۰ میلی-متر) می‌باشد. مناطق مرکزی استان نیز دارای مقادیر متوسط – بارش(۴۰۰-۲۰۰میلی‌متر) می‌باشند.

پ- با توجه به نتایج این پژوهش بیش‌ترین تعداد آبیاری مورد نیاز در ایستگاه‌های واقع در جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب استان مشاهده گردید. که با توجه به طول دوره کم در این مناطق و بالا بودن دما و شدت تبخیر- تعرق گندم و احتمال وقوع بارش کم‌تر نسبت به ایستگاه‌های دیگر قابل توجیه است. کم‌ترین تعداد آبیاری این ایستگاه‌ها در مناطق معتدل(قلات و دوبنه) یا سرد(برغان و کافتر) استان واقع شده‌اند و ازآنجاکه در این ایستگاه‌ها دوره رشد نسبت به سایر مناطق استان طولانی‌تر است، این پیش‌بینی با توجه به پایین بودن نسبی دما و تبخیر - تعرق گندم و احتمال وقوع بارش نسبتاً بیش‌تر، قابل توجیه است.

در عمده ایستگاه‌های استان فارس با احتمال۷۵ درصد، نسبت تعداد آبیاری‌های بهاره به‌کل آبیاری‌ها، بزرگ‌تر یا مساوی ۵۰ درصد است که نشان‌دهنده وقوع باران‌های زمستانه کافی، افزایش دما در فصل بهار و درنتیجه افزایش تبخیر-تعرق گندم است. در ایستگاه‌های کافتر و قلات، با احتمال ۷۵ درصد، تنها یک آبیاری از کل آبیاری‌های موردنیاز، جزءآبیاری‌های بهاره است.

ت- نتایج پیش‌بینی مدل نشان می‌دهد که آبیاری دوم در کلیهایستگاه‌های مناطق سرد و معتدل استان فارس، به‌استثناء ایستگاه بند بهمن در مرحله دوم رشد گندم(مرحله توسعه) و در ایستگاه‌های مناطق گرم و نیمه گرم استان به‌استثناء ایستگاه باباعرب در مرحله اول رشد(مرحله ابتدایی) واقع شود.

ث-بیش‌ترین نیاز آبیاری در ایستگاه‌های واقع در جنوب و جنوب شرق استان مشاهده گردید. این نتایج با توجه به وضعیت بارش شبیه‌سازی شده در این ایستگاه‌ها و هم‌چنین وضعیت تبخیر - تعرق، پیش‌بینی قابل قبولی می‌باشد.

ج- در این پژوهش، فرض اصلی این بوده است که مقدار آب اضافه پس از تأمین کمبود رطوبت ظرفیت زراعی ناحیه ریشه روزانه،

از منطقه ریشه خارج می‌گردد و به‌عنوان تلفات نفوذ عمقی در نظر گرفته و از دسترس گیاه، به‌صورت تلفات خارج می‌گردد. مدل با فرض اینکه رطوبت خارج شده از ناحیه ریشه روزانه، در حدفاصل عمق ریشه روزانه و عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه ذخیره می‌شود و با رشد ریشه و پیشروی آن در این مناطق مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد، نیز اجرا گردید. در این حالت تنها بخشی از رطوبت که از ناحیه عمق ریشه در زمان حداکثر رشد، خارج شود به‌عنوان تلفات نفوذ عمقی محسوب می‌گردد. نتایج مدل با این استراتژی در چهار ایستگاه(یک ایستگاه از هر اقلیم) محاسبه شده است. در این شرایط همان مقادیر بارش شبیه‌سازی شده در حالت اول(فرض اصلی) به‌کار رفته است. نتایج نشان می‌دهد در صورتی‌که رطوبت خارج شده از ناحیه ریشه روزانه را تا زمان پیشروی ریشه، به‌صورت ذخیره رطوبتی در نظر بگیریم و در محاسبه تلفات نفوذ عمقی، هدررفت رطوبت از ناحیه ریشه در زمان رشد حداکثری را لحاظ کنیم، تعداد آبیاری‌های مورد نیاز و عمق آبیاری لازم کم‌تر به دست می‌آید. در این شرایط، مقدار تلفات نفوذ عمقی، صفر می‌باشد.

منابع

آرین،ا. ۱۳۷۱. برازش مدل کامپیوتری مدیریت و برنامه بندی آبیاری و تخمین محصول گندم آبی (CRPSM)، پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

زارعی. ۱۳۸۷. اطلاعات منتشر نشده نقشه‌های هم‌بافت خاک‌های استان فارس، مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس، زرقان.

علیزاده،ا. ۱۳۷۹. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۶۲۲صفحه.

مجیدی،ع.، رضوی،ر.، آشوری،ش.، امامی،ع.، رنجی،ح و همایونی فر،م. ۱۳۷۸. ارتقاء بهره‌وری مصرف آب گندم در مراحل رشد و کیفیت دانه، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری زهکشی، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران.

نجمایی،م. ۱۳۶۸. هیدرولوژی مهندسی، انتشارات سارا، چاپ اول، ۴۳۱ صفحه.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Reas,D and Smith,M.1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper. No. 56. FAo. United Nations, Rome, Italy, 300 pp.

Baily,R.J. 1990. Irrigated crop and their Management.Farming Press, Ipswich (UK), 192 pp.

Borg,H and Grimes,D.W. 1986. Depth development of roots with time: An empirical description. Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 29: 194-197.

Doorenbos,J and Pruitt,W.O. 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper. No.24. FAO. United Nations, Rome, Italy, 144P.

George,A., Shende,S.A and Raghuwanshi,N.S. 2000. Development and Testing of an Irrigation Scheduling Model. Agricultural Water Management, 46: 121-136.

Hess,T.M. 1994. IMS irrigation scheduling program. Unpublished, Silsoe College, UK.

Li,J., Nanaga,S., Li,Z and Eneji,A.E. 2005. Optimization irrigation scheduling for Winter Wheat in North Chin Plain. Agricultural Water Management. 76: 8-23.

Mahbod,M., Sepaskhah,A.R and Monfared,M.2009.Development and application of a computer model for irrigation scheduling and management.Journal ofSciencesand Technology ofAgricultureandNatural Resources water and soil science.13:49.1-11.

Naadimuthu,G., Raju,K and Lee,E.S. 1999. A heuristic dynamic optimization algoritm for irrigation scheduling. Mathematical and computer modeling, 30:160-183.

Razzaghi,F and Sepaskhah,A.R. 2012. Calibration and validation of four common ET0 estimation equations by lysimeter data in semi-arid environment. Archives of agronomy and soil science. 58: 303-319.

Sepaskhah,A.R., Rezaee-pour,Sh and Kmgar-Haghighi,A.A. 2006. Water budget approach to quantify cowpea yield using crop characteristic equation .Journal of Biosystems Engineering. 95:4. 583-596.

Villalobos,F.G and Fereres,E. 1989. A simulation model for irrigation scheduling under variable rainfall.Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 32:1. 181-188.

Zand-Parsa,Sh., sepaskhah,A.R and Ronaghi,A. 2006. Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. Agricultural Water Management. 81: 227-256

Zhang,H and Oweis,T. 1988. Water – Yield and Optimal Irrigation Scheduling of Wheat in the Mediterranean Region. Agricultural Water Management. 38: 195-211.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 8, Winter. 2015, p. 774-785

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد۸، زمستان ۱۳۹۳،ص. ۷۸۵-۷۷۴

Spatial Irrigation Scheduling for Winter Wheat in Fars Province Using Stochastical Analysis of Rainfall Data

R. Mousavi-Zadeh-Mojarad,[1*] A.A. Kamgar-Haghighi,[2]A.R. Sepaskhah[3], A. Ganji[4], Sh. Zande-Parsa[5],M.S.Hashemi-Tame[6]

Recived: Apr. 16, 2014Accepted: Oct. 29, 2014

Abstract

Wheat is one of the most important product in Fars province and accurate irrigation scheduling causes to increase irrigation efficiency and optimal use of water resources. Because, most of rain events occurs during wheat growing period in Fars province, irrigation of winter wheat is important. Therefore, in this study, a simple daily rainfall generator model with two components was used. Stochastic output of this model coupled to a water balance model that used average deterministic ET_p values. Irrigation dates and amounts at 32 climatologically stations in Fars province were determined. The model was based on daily water balance approach and used crop and soil data as input. In the next step, a predictive irrigation schedule at selected probability level for irrigation dates developed with Arc GIS. Finally, spatial maps of simulated values under same probability level was drawn. Because wheat is most sensitive to water stress during critical stages of booting and two weeks before pollination, predictive scheduling does not lead to water stress. The results showed that number of irrigation in southern, west southern and east southern stations in Fars province is higher. Under 75% probability also the highest irrigation requirement was predicted in southern and east southern station. Analyzing the result of model according to certain risk level, is helpful in determining irrigation requirement ofwinter wheat and water resources strategies in Fars province.

Key words: Wheat, Irrigation requirement, Scheduling, Stochasti

1,6- Former Graduate Student, Department of water Engineering, Shiraz University
2,3- Professor, Department of Water Engineering, Shiraz University
4- Assistant Professor, Department of Desert Regions Management. Shiraz University
5- Associate Professor, Department of Water Engineering, shiraz University
(∗-Corresponding Author Email:rey.mousavi@gmail.com)