کنترل ازت باقی مانده در خاک با بهره گیری از بهینه سازی مدل رشد محصول گندم

بهروز ابول پور

پژوهشگر واحد خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس.

E-mail:Abolpour@shirazu.ac.ir

مقدمه

در دو دهه گذشته با دستیابی به مدل های شبیه سازی رشد محصولاتی چون گندم و ذرت، چگونگی مدیریت مزرعه ای آنان نیز اهمیت بخصوصی پیدا کرده است. در این زمان نیاز است این گونه مدل ها به ابزاری خاص مجهز گردند که بتوانند تخمین های دقیقی از اثرات محیطی و اقتصادی تصمیمات فنی ویژه ای را که غالباً معطوف به انتخاب رقم، تراکم بوته، تاریخ کشت، کود وغیره می گردد را داشته باشند [2]. هدف از تهیه این مقاله، بکارگیری الگوریتم های قوی بهینه سازی مدل های شبیه ساز عملکرد گیاه گندم زمستانه در شرایط اتخاذ تصمیمات فوق است. این روند می تواند دستآوردهای مفیدی برای بهره برداران، مهندسان و محققین در طراحی راه کار های مدیریت مزرعه ای داشته باشد. این متدولوژی جدید که نمونه ای از روش برنامه ریزی پویای تصادفی است، برگرفته از بسط و بکارگیری روش آموزش تقویتی [1] در این گونه مسائل می باشد.

مواد و روشها

نرم افزار XITEK در اجرای الگوریتم بهینه سازی مدل شبیه ساز عملکرد گندم زمستانه با تصمیمات مدیریتی مزرعه ای متفاوت در سال ۱۹۹۹ توسط گارسیا تهیه شد[3]. مدل شبیه سازی عملکرد DECIBLE که توسط مؤسسه ملی تحقیقات کشاورزی فرانسه INRA تهیه شده در این روند بهینه سازی استفاده گردید. این مدل از سه زیر مدل رشد گیاه، شرایط جوی و روند تصمیم گیری ایجاد شده که پروسه اجرایی آن به صورت روزانه می باشد. زیر مدل تصمیم گیری عملیات روزانه را از مشاهده بعضی شاخص های متمرکز بر اقلیم، شرایط گیاه، عملیات قبلی و غیره، تعین می نماید. ورودی این مدل تصمیم گیری، راه کارهای مدیریت فنی محصول است که بصورت مجموعه ای از قوانین تصمیم گیری فازی "اگر-آنگاه" می باشد [4]. این مدل در پی انتخاب راه کار برتری است که دستیابی به دو هدف حفظ مقادیر ازت خاک در محدوده مجاز آب آشامیدنی همراه با سطح پایداری از تولید، امکان پذیر باشد. در حل این مسئله بهینه سازی از الگوریتم آموزش تقویتی RL استفاده می گردد که در آن تصمیمات همانند یک مسئله تصمیم گیری زنجیره مارکف [5] تنظیم می گردد. در داخل این زنجیره، مدیریت فنی محصول می تواند مراحل تصمیم گیری N گانه ای از زمان کاشت، کود دهی و غیره تا زمان برداشت باشد. مرحله i، حالت مشخصی بوده که در آن مجموعه ای از تصمیمات D_i قرار دارد. فواصل حالات و تصمیمات در جدول (۱) آمده است. در ایجاد این مدل بهینه سازی از تابع هدفی استفاده شده که حداکثر مقدار آن، عملکردی است که براساس مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم گیری و حالت موجود در فواصل ارائه شده در این جدول بدست آمده است. اما این حداکثر سازی عملکرد در شرایطی دنبال می گردد که در انتهای فصل ازت باقی مانده در خاک PHN کمتر از ۳۰ کیلوگرم در هکتار باشد.

این مدل در چهار صورت مسئله متفاوت به اجرا در آمد. نتایج آن شامل سیاست های برتر اتخاذ شده در عملکرد بود که با نتایج اجرای مدل عملکردی DECIBLE و نظریه کارشناسانه طراحان همین مدل عملکردی مقایسه گردید. انتخاب این چهار مثال با هماهنگی کارشناسان مربوطه صورت گرفته که موضوعاتی چون بافت خاک و اقلیم منطقه در انتخاب آنان نقش داشته و همگی در حوضه پاریس قرار دارند [3]. این مثال ها از دو رقم گندم زمستانه عرف منطقه چون سُیزسُنز SOISSONS و آرتبان ARTABAN و دو شرایط خاک با قابلیت ظرفیت ذخیره ازت ۵۰ کیلوگرم در هکتار "خاک ضعیف" و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار " خاک قوی" تشکیل شده اند. مقدار بذر در هکتار برای تمامی مثال ها ثابت و برابر ۲۰۰ کیلوگرم می باشد.

نتایج و بحث

مقادیر انتظاری عملکرد (متغیر خروجی مدل) و درصد اختلاف ازت باقی مانده در خاک در انتهای فصل رشد نسبت به ۳۰ کیلوگرم در هکتار در جدول (۲) آمده است. ملاحظه می گردد که نتایج اجرای مدل RL در مثال های چهارگانه فوق به طور کامل رضایت بخش بوده و PHN در محدوده حد مجاز قرار دارد. البته در شرایط کشت رقم سُیزسُنز و خاک قوی، نتایج عملکرد حاصله از اجرای این مدل نسبت به سیاست های حاصله از مدل DECIBLE اختلاف کمی مشاهده می گردد. این مطلب این نگرانی را ایجاد کرد که آیا نتایج این مدل در عمل قابل دسترس می باشد؟ بدین منظور مجددا" از کارشناسان طراح راهنمای DECIBLE نظرخواهی شد که حداکثر عملکرد با این چنین مقادیر وردی بهینه ای که در مدل RL بکار رفته چقدر است؟ آنان در چندین نوبت از جداول راهنمای شبیه سازی عملکرد استفاده کردند و نظر نهایی خود مطابق جدول (۲) ارائه کردند.

در این جدول ملاحظه می گردد که نتایج مدل RL در تحلیل عملکرد با نظرات کارشناسانی که سال ها تجربه کار در سطح مزارع را دارند، تطابق زیادی دارد. نکته قابل توجه این است که کارشناسان مربوطه تا قبل از اجرای این مدل نظر خاصی در رابطه با عملکرد و PHN در شرایط رقم سُیزسُنز و خاک قوی نداشتند ولی این مدل توصیه های نزدیک به واقعیت، برای این شرایط ارائه کرد.

جدول ۱- فواصل حالات و تصمیمات در روند اجرای مدل بهینه سازی

	کاشت	مرحله اول بکار گیری ازت	مرحله دوم بکار گیری ازت
متغیرهای حالت	زمان کاشت - اول اکتبر تا نیمه اول سپتامبر	خاکورزی – نیمه دوم نوامبر تا اپریل	ازت باقی مانده در خاک – صفر تا ۱۰۰ Kg/ha
			شروع پنجه زنی – نیمه دوم فوریه تا نیمه دوم می
		تراکم بوته – صفر تا ۲۰۰ عدد	بیومس اندام هوای – صفر تا ۲۰۰ g/m^2
متغیرهای تصمیم گیری	مقدار بذر مصرفی - ۱۰۰ تا ۲۰۰ g/m^2	تاریخ کود دهی – ۵ روز قبل تا ۲۰ روز بعد از خاکورزی	تاریخ کود دهی – ۵ روز قبل تا ۲۰ روز بعد از پنجه زنی
	رقم گندم - سُیزسُنز یا آرتبان	مقدار کود مصرف – صفر تا ۱۰۰ Kg/ha	مقدار کود مصرفی – صفر تا ۲۰۰ Kg/ha

جدول ۲- نتایج اجرای مدل ها در عملکرد بهینه متناظر با محدودیت ازت باقی مانده در خاک در انتهای فصل

	نتایج مدل آموزش تقویتی				نتایج مدل شبیه سازی DECIBLE				نظرات کارشناسان			
	افزایش بیش از ۳۰ Kg/ha در PHN (٪)		عملکرد Kg/ha		افزایش بیش از ۳۰ Kg/ha در PHN		عملکرد Kg/ha		افزایش بیش از ۳۰ Kg/ha در PHN		عملکرد Kg/ha	
رقم	خاک ضعیف	خاک قوی	خاک ضعیف	خاک قوی	ضعیف	قوی	ضعیف	قوی	ضعیف	قوی	ضعیف	قوی
آرتبان	۱/۳	۵/۴	۷۱۷۵	۷۸۴۰	۰/۱	۳/۸	۶۵۲۹	۸۰۴۵	۰/۰	۶/۵	۷۴۴۷	۸۶۹۳
سُیزسُنز	۱/۲	۰/۷	۶۵۰۵	۹۱۲۰	۱/۲	۰/۲	۶۶۲۷	۸۹۸۴	۰/۴	۶/۹	۶۸۳۵	۸۹۶۹

منابع

[1] Abolpour, B., M. Javan, M. Karamouz, 2005. Water allocation improvement in river basin using Adaptive Neural Fuzzy Reinforcement Learning approach. Applied Soft Computing, Elsevier, 7(1):p265-285.

[2] Antonopoulou, E. 2003. DSSs in major field crops: classification and performance. Proc. of EFITA Conference. 5-9. July. Debrecen. Hungar.

[3] Garcia, F. 1999. Use of reinforcement learning and simulation to optimize wheat crop technical management. Proc. of MODSIM99. Hamilton. NZ.

[4] Abolpour, B. 2005. Simulation and optimization water allocation in Kor and Seevand river basins. Ph.D. Thesis. Department of Water Eng., University of Shiraz., Shiraz, Iran, 289p.

[5] Puterman, M.L. 1994. Markov decision processes, Wiley, New-York.