

تعیین تابع برتر آب - شوری - اجزای کمی عملکرد ارقام پنبه ورامین و خرداد

محمد حسین نجفی مود^{*}، علی شهیدی، عباس خاشعی سیوکی
استادیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۷

چکیده

به منظور تعیین تابع برتر آب - شوری - پارامترهای کمی عملکرد (تعداد قوزه در متر مربع، وزن قوزه، ارتفاع بوته، کیل وش) دو رقم پنبه ورامین و خرداد بررسی تاثیر شوری و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم پنبه در شرایط اقلیمی بیرجند اجرا شد. طرح آماری بلوکهای خرد شده تصادفی در قالب فاکتوریل بود که در شرایط اقلیمی خشک و در ۳ سطح شوری و ۴ سطح مقدار آب آبیاری انجام گردید. کشت به صورت کرتی و در ابعاد ۴ در ۵ متر و در ۸ اردیبهشت انجام شد. برای این کار توابع به فرمهای خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی مورد استفاده قرار گرفتند. در ابتدا نتایج جداول ضرایب توابع و آماره F نشان دادند که کلیه توابع مندرج در فوق توانسته‌اند برآورد تعیین کننده و معنی داری از پارامترهای تعداد قوزه در متر مربع، وزن قوزه و ارتفاع بوته داشته باشند. همچنین بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و آماره f استیودنت مندرج در نمودار خط رگرسیون بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده نتایج فوق را تایید کردند. بنابراین در مرحله بعد نسبت به رتبه‌بندی و تعیین تابع برتر در بین آنها اقدام گردید. به این منظور از پنج شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین، بازده مدل، خطای بیشینه و ضریب مقدار باقیمانده استفاده گردید. نتایج بدست آمده در مورد هر دو رقم پنبه ورامین و خرداد نشان دادند که برای پارامتر وزن قوزه تابع درجه دوم به ترتیب با ضریب تعیین ۸۰٪ و ۸۹٪ و برای پارامترهای تعداد قوزه در متر مربع و ارتفاع بوته تابع متعالی به ترتیب با ضرایب تبیین ۹۸٪، ۹۵٪، ۹۹٪ و ۹۰٪ توانستند به عنوان تابع برتر نسبت به سایر توابع در منطقه اقلیمی بیرجند معرفی شوند. همچنین هیچکدام از توابع مورد مطالعه نتوانستند برآورد قابل قبولی از پارامتر کیل وش داشته باشند زیرا آماره F که تاثیر معنی دار تابع را در برآورد پارامترهای مورد مطالعه نشان می‌دهد، برای پارامتر فوق‌الذکر معنی دار نبود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تنش شوری، تابع تولید، پنبه، بیرجند

مقدمه

بررسی مدل‌های مختلف بین عملکرد و تنش‌های ذکر شده، تابع درجه دوم بعنوان مدل بهینه برای نشان دادن رابطه بین عملکرد با تنشهای شوری و خشکی، معرفی شده است (Meiri and Shalhevet, 1973; Sepaskhah and Boresma, 1979; Solomon, 1985). همچنین تعیین رابطه بین عملکرد و تنش ناشی از شوری و مقدار آب آبیاری برای لفل (Russo and Bakker, 1986)، گندم (Tanji, 1990)، لوبیا (Sepaskhah and Akbari, 2005)، جو (Kipkorir et al., 2002)، ذرت و پنبه (Sepaskhah and Boresma, 1979) و گندم و خردل (Doorenbos

برای بیان رابطه کمی بین عملکرد گیاه و عوامل تولید، از تابع تولید استفاده می‌شود (Tyagi et al., 2000). در این میان تابع تولید آب - شوری، در واقع بیان ریاضی رابطه میان تولید محصول و مقادیر مختلف عمق آب آبیاری و خصوصیات کیفی آب و خاک می‌باشد. با برآورد این تابع می‌توان بطور کمی تاثیر نسبی هر یک از متغیرهای مستقل یاد شده را بر تغییرات تولید و درآمد محصول، محاسبه و تعیین نمود (Datta and Dayal, 2000). مطالعات زیادی نیز در زمینه بررسی تاثیر توام تنش‌های شوری و خشکی روی گیاهان مختلف صورت پذیرفته است؛ از جمله در

یا آزمایشگاه چشم پوشی نمود. همچنین در صورت تاثیرپذیری بیش از حد مقادیر خروجی مدل از داده‌های ورودی، باید آن داده را با دقت بیشتری اندازه‌گیری و یا برآورد نمود، در غیر این صورت باید انتظار خطای فاحشی را داشت. برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده، از تحلیل خطاهای باقیمانده و اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش بینی استفاده می‌کنیم (Jensen, 1982; Kiani and Li et al., 2005; Abbasi, 2009).

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین تابع برتر آب - شوری - پارامترهای کمی عملکرد (تعداد قوزه در متر مربع، وزن قوزه، ارتفاع بوته، کیل وش) دو رقم پنبه ورامین و خرداد، آزمایشی در شرایط اقلیمی بیرجند اجرا شد. طرح آزمایشی مورد نظر، کرت‌های خرد شده به صورت فاکتوریل (اسپلیت فاکتوریل) بود که در آن سطوح مختلف شوری (S_1 ، S_2 و S_3) به ترتیب معادل ۲/۲، ۵/۵ و ۸/۳ دسی زیمنس بر متر) ، در کرت‌های اصلی و دو رقم پنبه (ورامین، V_1 ، و خرداد، V_2) و چهار سطح عمق آب آبیاری (I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4) به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد عمق آب مورد نیاز گیاه، به عنوان کرت‌های فرعی در سه تکرار اجرا گردیدند. در این آزمایش ابعاد کرت‌های فرعی ۵ × ۴ متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر از یکدیگر و فاصله کرت‌های اصلی از هم ۵ متر بودند.

برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس ترکیبی از روش بیلان رطوبتی خاک و دور ثابت انجام گرفت. ابتدا با توجه به داشتن نقاط رطوبتی ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و وزن مخصوص ظاهری، از رابطه عمق آب قابل استفاده در خاک تعیین گردید:

$$I_X = (FC - PWP) \times B_d \times R_z \times MAD \quad [1]$$

که در این معادله FC، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی بر حسب درصد وزنی؛ PWP، رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم بر حسب درصد وزنی؛ B_d ، وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر متر سانتی‌متر مکعب؛ R_z ، عمق توسعه ریشه بر حسب متر؛ و MAD: ضریب تخلیه مجاز مدیریتی بر حسب درصد می‌باشند. با توجه به بررسی منابع، در این معادله ضریب تخلیه مجاز ۷۵٪ و عمق توسعه ریشه گیاه ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Grimes, et al., 1982; Sohrabi and Ghorbani Nasraabaad, 2002; Fardaad and Zeighami Gol, 2005).

(and Kassam, 1979) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. کیانی و عباسی (Kiani and Abbasi, 2009) تابع متعالی را به عنوان بهترین تابع تولید آب-شوری در گندم معرفی کردند. اما در مورد رابطه میان اجزای کمی عملکرد و مقادیر مختلف عمق آب آبیاری و خصوصیات کیفی آب کاری انجام نشده است. به همین دلیل در این تحقیق تصمیم گرفته شد تا اجزای عملکردی که می‌توانند تا حد زیادی در میزان عملکرد موثر باشند مورد مطالعه قرار گیرند. از طرفی چون پنبه یکی از مهمترین گیاهان صنعتی است که در اقلیم‌های متفاوتی توانایی تولید محصول را دارا بوده و همچنین یک محصول استراتژیک در تأمین بخشی زیادی از نیاز واحدهای نساجی و روغن خوراکی است، به عنوان محصول مورد مطالعه انتخاب گردید.

در مورد گیاه پنبه نتایج تحقیقات ذیل از عوامل انتخاب اجزای کمی مورد مطالعه بودند. ولز و مردیت (Wells and Meredith, 1986) گزارش کردند که تعداد نهایی قوزه در واحد سطح با عملکرد ۱۲ رقم پنبه همبستگی مثبتی دارد. نتایج تحقیقات دیگری در این خصوص نیز نشان دادند که عملکرد در پنبه، اغلب با تعداد گلها و تعداد قوزه تولید شده در واحد سطح مرتبط می‌باشد (Desta and Woldewahid, 1997; Heitholt and Schmid, 1994). طبق گزارش عبدالرحمان و همکاران (Abderahman and Abdallah, 1995) تعداد قوزه در مترمربع، ارتباط نزدیکی با وزن وش از خود نشان داد، لذا این عامل می‌تواند به عنوان شاخص برای عملکرد مورد توجه قرار گیرد. عالیشاه (Alishah, 2001) در بررسی ارقام پنبه دریافت که تعداد و وزن قوزه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دارند. گزارش دیگری نیز حاکی از آن است که تعداد قوزه در بوته و تعداد شاخه فرعی بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار را با عملکرد بذر پنبه داشته است (Khan et al., 2004).

پس از تعیین توابع تولید آب-شوری-عملکرد، آنالیز حساسیت آماری نیز انجام می‌گردد. آنالیز حساسیت راهکاری است که طی آن تغییرات میزان خروجی مدل (نتایج پیش‌بینی مدل نسبت به داده‌های ورودی مدل) بررسی و ارزیابی می‌گردد. چنانچه تغییرات داده‌های ورودی تاثیر کمی بر مقادیر پیش‌بینی مدل داشته باشد، می‌توان استنباط نمود که داده‌های ورودی تاثیر اندکی بر نتایج دارند و در نتیجه از خطای حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها در مزرعه

عمق ناخالص آب در تیمارهای ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۲۵٪ نیاز آبیاری محاسبه شد.

در پایان فصل و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی طی دو چین در اول مهر و دهم آبان، اقدام به برداشت و ش تولید شده از درون هر کرت گردید. برای جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای تنها دو ردیف وسط هر کرت مورد برداشت قرار گرفت. همچنین در هنگام برداشت، تعداد قوزه موجود در یک پلات یک مترمربعی در وسط کرت شمارش و ثبت گردید. ضمناً تعداد ۲۰ قوزه بطور تصادفی از هر یک از دو ردیف وسط کرت برداشت و سپس متوسط وزن قوزه نیز تعیین شد.

شکل توابع تحت بررسی، به فرمهای خطی ساده، کاب داگلاس، درجه دوم و متعالی بودند که بصورت زیر ارائه شده اند (Kiani and Abbasi, 2009).

الف) فرم خطی ساده

$$y = a_0 + (a_1 \times I) + (a_2 \times EC_w) \quad [3]$$

ب) فرم کاب داگلاس^۱

$$y = a_0 \times I^{a_1} \times EC_w^{a_2} \quad [4]$$

ج) فرم درجه دوم

$$y = a_0 + (a_1 \times I) + (a_2 \times I^2) + (a_3 \times EC_w) + (a_4 \times EC_w^2) + (a_5 \times I \times EC_w) \quad [5]$$

د) فرم متعالی^۲

$$y = a_0 \times I^{a_1} \times EC_w^{a_2} \times \exp((a_3 \times I) + (a_4 \times EC_w)) \quad [6]$$

در این توابع، y بیانگر عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار، I نشان دهنده عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، EC_w عبارت از هدایت الکتریکی آب آبیاری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر و a_i ضرایب معادله می‌باشند.

با توجه به اینکه از دیگر اهداف این تحقیق تعیین مقدار ضرایب این معادلات است، بنابراین برای این کار از مدل رگرسیون خطی چندگانه طراحی شده در نرم افزار SAS (9.1) استفاده شد. خروجی این مدل علاوه بر ارائه مقادیر ضرایب معادلات مورد استفاده در پیش‌بینی عملکرد و اجزای کمی و کیفی عملکرد، میزان تاثیرگذاری هر معادله را

آبیاری اول و دوم برای جلوگیری از سله بستن خاک و خفه شدن بذرهای جوانه زده در زیر خاک ۵ روز در نظر گرفته شد. پس از این مرحله آبیاری سوم به فاصله ثابت ۱۰ روز انجام شد. در مرحله بعد پس از استقرار بوته‌ها در سطح خاک برای گسترش بیشتر ریشه‌ها به داخل خاک، آبیاری چهارم ۲۰ روز بعد از آبیاری سوم انجام شد. تحقیقات نشان داده‌است که به تاخیر انداختن آبیاری در مراحل اولیه رشد می‌تواند از رشد اندام هوایی جلوگیری کرده و نسبت ریشه به اندام هوایی را افزایش داده و باعث توسعه بیشتر گیاه در خاک گردد، که این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Shahrokhnia, 1992). با توجه به نیاز آبی پنبه، زمان آبیاری‌های بعدی دهم، بیستم و سی‌ام هر ماه به گونه‌ای تعیین گردید تا مقدار مصرف گیاه از حجم مجاز تخلیه آب در خاک بیشتر نشود. از طرف دیگر ۲۴ ساعت قبل از هر آبیاری از هر کرت در تیمارهای ۱۰۰٪ نیاز آبی (تیمار شاهد) با کمک مته نمونه برداری از عمق توسعه ریشه‌ها انجام و درصد رطوبت وزنی نمونه‌های خاک تهیه شده در آزمایشگاه محاسبه شد. سپس عمق آب آبیاری برای این تیمار از رابطه زیر تعیین گردید.

$$I_n = (Fc - \theta_x) \times B_d \times R_z \quad [2]$$

در این رابطه I_n عمق خالص آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر و θ_x درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری، می‌باشند.

برای تخمین راندمان آبیاری با توجه برآزش داده‌های به دست آمده از آزمایش نفوذپذیری استوانه‌های مضاعف بر روی منحنی‌های شماره‌دار نفوذ SCS، ضرایب a ، b و c (به ترتیب معادل با ۵۶/۱ و ۷۷۳/۰ و ۷) به دست آمد. سپس با توجه به نیاز خالص آبیاری، زمان لازم برای نفوذ مقدار خالص آبیاری تعیین شد. در مرحله بعد با در نظر گرفتن ابعاد کرت‌های آزمایشی و شرایط تسطیح زمین و نسبت پیشروی (FAR)، مقدار راندمان آبیاری معادل ۸۰٪ تعیین شد (Alizadeh, 2005). رضایی و حقیقت (Rezai and Haghghat, 2007) در بررسی اثر دور و میزان آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد و رشد رویشی پنبه، برای تعیین عمق ناخالص آبیاری با توجه به ابعاد کرت‌های آزمایشی راندمان آبیاری را ۸۰٪ در نظر گرفتند. در نهایت ابتدا عمق ناخالص آب مورد نیاز برای تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبیاری (تیمار شاهد) تعیین و سپس بر اساس ضرایب ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۲۵٪

1. Cobb-Douglas
2. Transcendental

$$ME = \text{Max}|O_i - P_i| \quad [10]$$

$$CRM = \frac{(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad [11]$$

در این توابع O و P به ترتیب مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده از هر تیمار، \bar{O} متوسط عملکرد اندازه‌گیری شده و n تعداد مشاهدات می‌باشند. ME نشان دهنده چگونگی اجرای مدل است و مقدار زیاد آن بیانگر کارکرد ضعیف مدل می‌باشد. RMSE مشخص می‌کند که برآورد بیشتر و یا کمتر از حد مدل در مقایسه با مقادیر متناظر اندازه‌گیری شده چقدر است. CD بیانگر نسبت پراکندگی میان مقادیر شبیه‌سازی شده به پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده است. CRM نیز تمایل مدل در برآورد بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. چنانچه مقدار این پارامتر منفی شود بیانگر تمایل مدل به برآوردهایی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. اگر چنانچه تمامی مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده برابر شوند، آنگاه شاخص‌های EF، CD، RMSE، ME و CRM به ترتیب برابر صفر، یک، یک، صفر و صفر خواهند بود (Jensen, 1982; Kiani and Abbasi, 2009).

نتایج و بحث

تعیین ضرایب توابع تولید آب-شوری-اجزای کمی عملکرد جداول ۱ الی ۴ ضرایب مربوط به هر تابع را که توسط نرم‌افزار SAS 9.1 و براساس رگرسیون چندمتغیره به‌دست آمده است نشان می‌دهند. در این جداول همچنین آماره فیشر (F) که بیانگر معنی‌داری یا عدم‌معنی‌داری تابع به‌دست آمده در برآورد اجزای کمی عملکرد می‌باشد، ارائه شده است. بررسی نتایج مندرج در این جداول و توجه به آماره F نشان می‌دهد که کلیه توابع مندرج در فوق توانسته‌اند برآورد تعیین‌کننده و معنی‌داری از تعداد قوزه در متر مربع، وزن قوزه و ارتفاع بوته داشته باشند، اما تاثیر این توابع در برآورد پارامتر کیل‌وش، تعیین‌کننده و معنی‌دار نیست.

ارزیابی توابع تولید و تعیین تابع برتر تولید آب-شوری-اجزای کمی عملکرد

تعداد قوزه در متر مربع: نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری‌شده و پیش‌بینی‌شده در شکل ۱ و همچنین

با کمک آماره F، تعیین می‌کند. آماره F تاثیر معنی‌دار تابع را در برآورد پارامترهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. پس از تعیین ضرایب معادلات فوق توسط مدل تعریف شده در نرم‌افزار SAS 9.1، در مرحله بعد با استفاده از ضرایب به‌دست آمده در این توابع، مقادیر پیش‌بینی شده برای عملکرد و کلیه پارامترهای کمی و کیفی عملکرد، به ازای تیمارهای مختلف شوری و عمق آب آبیاری محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار EXCEL نمودار رگرسیون خطی ساده بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده برای هر یک از پارامترهای عملکرد و اجزای کمی و کیفی عملکرد رسم و به همراه تابع رگرسیونی و ضریب تبیین مربوطه ارائه شد. با توجه به اینکه ضریب تبیین به تنهایی نمی‌تواند بیان‌کننده برتری یک تابع نسبت به تابع دیگر در برآورد داده‌ها باشد، بنابراین از آماره t استیودنت برای مشخص کردن معنی‌دار یا عدم معنی‌دار بودن نمودار خط رگرسیون رسم‌شده، استفاده شد. در این شرایط معنی‌دار بودن آماره t بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین خط $y=x$ با خط رگرسیون رسم شده می‌باشد و نشان می‌دهد که بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط تابع مورد استفاده و مقادیر واقعی اختلاف معنی‌دار بوده و به‌عبارت دیگر معادله نتوانسته است برآورد قابل قبولی از پارامتر تحت بررسی داشته باشد. بر عکس عدم معنی‌داری آماره t حاکی از برآورد قابل قبول معادله مورد استفاده است.

پس از تعیین ضرایب مورد نیاز، به منظور مقایسه و ارزیابی این مدل‌ها از پنج شاخص آماری درصد ریشه میانگین مربعات خطا^۱ (RMSE)، ضریب تبیین^۲ (CD)، بازده مدل^۳ (EF)، خطای بیشینه^۴ (ME) و ضریب مقدار باقیمانده^۵ (CRM) استفاده گردید (Kiani and Abbasi, 2009).

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \right)^{1/2} \times \left(\frac{100}{\bar{O}} \right) \quad [7]$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2} \quad [8]$$

$$EF = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2)}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad [9]$$

¹. Root Mean Square Error

². Coefficient of Determination

³. Modeling Efficiency

⁴. Maximum Error

⁵. Coefficient of Residual Mass

بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در نمودار شکل ۲، نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از تعداد قوزه در متر مربع پنبه رقم خرداد داشته باشند. در ضمن نتایج جدول ۵ نشان می‌دهند که مدل متعالی با ضریب تبیین ۹۵٪ و کسب رتبه اول توانسته به عنوان تابع برتر در پیش بینی تعداد قوزه در مترمربع پنبه رقم خرداد معرفی شود. مقایسه مقادیر ME مدلها نشان می‌دهد که تابع متعالی با کمترین اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده و اندازه‌گیری شده، بر آورد لازم را انجام داده است. همچنین مقدار بالای کارایی مدل (EF) نیز بیانگر کارایی بالای این مدل در پیش‌بینی مقادیر مورد نظر می‌باشد. ضمناً مقدار منفی CRM نیز بیانگر اینست که این مدل مقادیر برآورد را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین می‌زند.

پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده در مورد تعداد قوزه در مترمربع پنبه رقم ورامین در جدول ۵ ارائه گردیده اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در این نمودار، نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از تعداد قوزه در متر مربع پنبه رقم ورامین داشته باشند و می‌توان در مرحله بعد نسبت به رتبه‌بندی و تعیین تابع برتر در بین آنها اقدام نمود. پارامترهای آماری محاسبه شده در جدول ۵ نشان می‌دهند تابع متعالی با رتبه نهایی ۱ توانست به عنوان تابع برتر برای محاسبه و پیش بینی تعداد قوزه در مترمربع پنبه رقم ورامین معرفی شود. همچنین مقادیر کم ME و RMSE در تابع متعالی نسبت به سایر توابع نشان دهنده اختلاف کم مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه گیری شده در این مدل است.

جدول ۱. ضرایب تابع خطی ساده برای ارقام ورامین و خرداد.

Table 1. Coefficients of linear model for Varamin and Khordad cultivars.

Parameters	Coefficient ضرایب			آماره F
	a	b	c	
رقم ورامین (Varamin cultivar)				
تعداد قوزه در متر مربع Number of boll per square meter	23.24	0.32	-2.12	**
وزن قوزه Boll weight	4.30	0.01	-0.05	**
ارتفاع بوته Plant height	46.02	0.27	-3.79	**
کیل وش Lint percentage	37.03	0.008	-0.01	ns
رقم خرداد (Khordad cultivar)				
تعداد قوزه در متر مربع Number of boll per square meter	16.22	0.33	-1.55	**
وزن قوزه Boll weight	3.14	0.02	-0.03	**
ارتفاع بوته Plant height	35.17	0.26	-2.14	**
کیل وش Lint percentage	35.43	0.005	-0.04	ns

جدول ۲. ضرایب تابع خطی لگاریتمی برای ارقام ورامین و خرداد.

Table 2. Coefficients of Cobb-Douglas model for Varamin and Khordad cultivars.

Parameters	پارامترها	Coefficient ضرایب			آماره F
		a	b	c	
رقم ورامین (Varamin cultivar)					
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-54.66	24.54	-8.86	**
Boll weight	وزن قوزه	2.42	0.62	-0.29	**
Plant height	ارتفاع بوته	-6.21	18.56	-17.51	**
Lint percentage	کیل وش	35.05	0.63	-0.12	ns
رقم خرداد (Khordad cultivar)					
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-63.16	25.01	-6.82	**
Boll weight	وزن قوزه	-0.96	1.29	-0.13	**
Plant height	ارتفاع بوته	-21.56	18.96	-10.23	**
Lint percentage	کیل وش	34.41	0.27	-0.27	ns

جدول ۳. ضرایب تابع درجه دوم برای ارقام ورامین و خرداد.

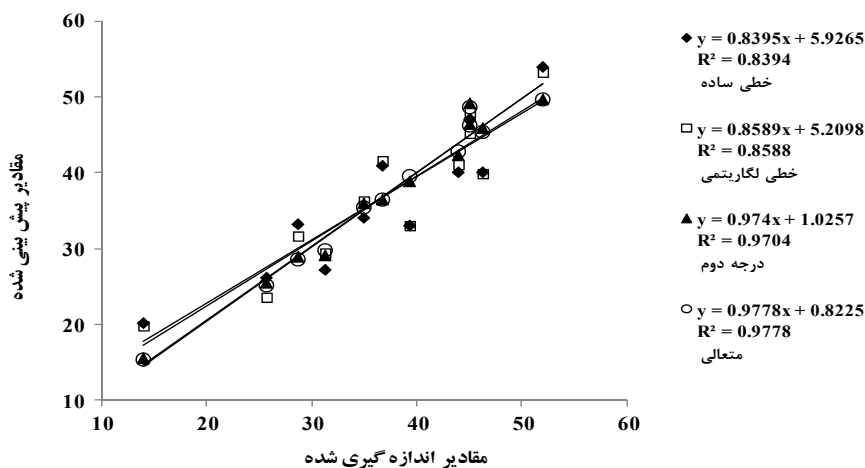
Table 3. Coefficients for quadratic model for Varamin and Khordad cultivars.

Parameters	پارامترها	Coefficient ضرایب					آماره F	
		a	b	c	d	e		f
رقم ورامین (Varamin cultivar)								
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-23.53	1.43	2.12	-0.01	0.41	0.000	**
Boll weight	وزن قوزه	3.87	0.03	-0.22	-0.000	0.03	-0.001	**
Plant height	ارتفاع بوته	76.37	-0.28	-9.47	0.004	0.56	-0.001	**
Lint percentage	کیل وش	38.13	0.02	-0.70	-0.000	0.04	0.003	ns
رقم خرداد (Khordad cultivar)								
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-13.86	1.25	-2.08	-0.01	-0.04	0.01	**
Boll weight	وزن قوزه	2.22	0.04	0.05	-0.00	0.004	-0.002	**
Plant height	ارتفاع بوته	34.95	0.50	-6.72	-0.00	0.58	-0.02	**
Lint percentage	کیل وش	36.27	-0.06	0.83	0.000	-0.07	-0.000	ns

جدول ۴. ضرایب تابع متعالی برای ارقام ورامین و خرداد.

Table 4. Coefficients of Transcendental model for Varamin and Khordad cultivars.

Parameters	پارامترها	Coefficient					ضرایب	آماره F
		a	b	c	d	e		
رقم ورامین (Varamin cultivar)								
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-237.36	-0.76	-6.32	78.55	19.14	**	-237.36
Boll weight	وزن قوزه	3.37	0.003	0.22	0.43	-1.28	**	3.37
Plant height	ارتفاع بوته	176.35	0.78	1.62	-37.42	-26.00	**	176.35
Lint percentage	کیل وش	28.59	-0.03	0.41	2.83	-1.92	ns	28.59
رقم خرداد (Khordad cultivar)								
Number of boll per square meter	تعداد قوزه در متر مربع	-214.58	-0.65	-1.98	71.26	1.97	**	-214.58
Boll weight	وزن قوزه	2.29	0.01	0.02	0.29	0.22	**	2.29
Plant height	ارتفاع بوته	11.59	0.12	3.79	10.37	27.03	**	11.59
Lint percentage	کیل وش	47.71	0.06	-0.73	-4.20	3.49	ns	47.71



شکل ۱. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تعداد قوزه در متر مربع پنبه ورامین

Fig. 1. Regression line for measurement and prediction values for No. of boll per m² (Varamin cultivar)

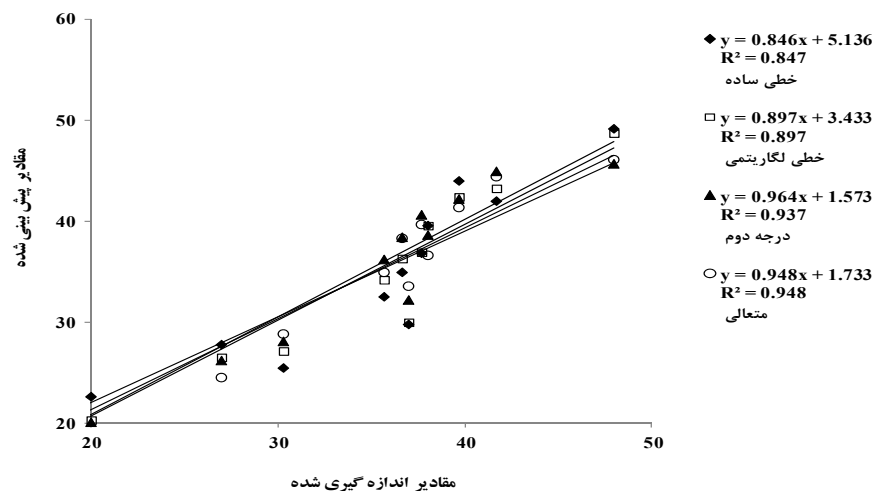
جدول ۵. پارامترهای آماری محاسبه شده برای مقایسه توابع تولید تعداد قوزه در مترمربع در ارقام ورامین و خرداد پنبه

Table 5. Determined statistical parameters for boll No. m² production functions for Varamin and Khordad cotton cultivars.

رتبه نهایی	رتبه ها	ضریب مقدار باقیمانده	بازده مدل	ضریب تعیین	ریشه میانگین مربعات خطا	خطای بیشینه	نوع تابع
Final rank	Average rank	CRM	EF	CD	RMSE	ME	Function type
رقم ورامین (Varamin cultivar)							
4	3.8	(4) 0.092	(4) 0.84	(4) 0.84	(4) 11.36	(3) 6.31	خطی ساده single linear
3	3.2	(3) 0.022	(3) 0.86	(3) 0.86	(3) 10.63	(4) 6.44	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
2	2	(2) -0.0017	(2) 0.97	(2) 0.97	(2) 4.87	(2) 4.21	درجه دوم Quadratic
1	1	(1) -0.00011	(1) 0.98	(1) 0.98	(1) 4.25	(1) 3.65	متعالی Transcendental
رقم خرداد (Khordad cultivar)							
4	4	(4) -0.009	(4) 0.85	(4) 0.85	(4) 11.18	(4) 7.23	خطی ساده single linear
3	2.6	(1) 0.00007	(3) 0.93	(3) 0.9	(3) 7.56	(3) 6.99	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
2	2.2	(3) -0.011	(2) 0.94	(2) 0.93	(2) 7.28	(2) 4.77	درجه دوم Quadratic
1	1	(2) -0.0002	(1) 0.95	(1) 0.95	(1) 6.47	(1) 3.65	متعالی Transcendental

Values in brackets shows function ranking.

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده رتبه تابع می باشند.



شکل ۲. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تعداد قوزه در متر مربع پنبه خرداد
Fig. 2. Regression line for measurement and prediction values for No. of boll per m² (Khordad cultivar)

وزن قوزه: برای وزن قوزه نیز نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در شکل ۳ و همچنین پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده در جدول ۶ ارائه گردیده اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیوودنت مندرج در این نمودار، نشان می‌دهند که تنها توابع درجه دوم و متعالی توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از وزن قوزه پنبه رقم ورامین داشته باشند. نتایج جدول ۶

نشان می‌دهند که تابع درجه دوم با ضریب تعیین ۸۰٪ و کسب رتبه ۱ به عنوان تابع برتر در پیش‌بینی وزن قوزه پنبه رقم ورامین شناخته می‌شود. همچنین پارامتر EF نیز در این مدل نسبت به سایر مدلها دارای برتری نسبی بوده و بیانگر کارایی بالای این مدل در پیش‌بینی وزن قوزه می‌باشد. ME نشان می‌دهد که تابع درجه دوم کمترین خطا را در پیش‌بینی وزن قوزه داشته است.

جدول ۶. پارامترهای آماری محاسبه شده برای مقایسه توابع وزن قوزه در ارقام ورامین و خرداد پنبه

Table 6. Determined statistical parameters for boll weight production functions for Varamin and Khordad cotton cultivars.

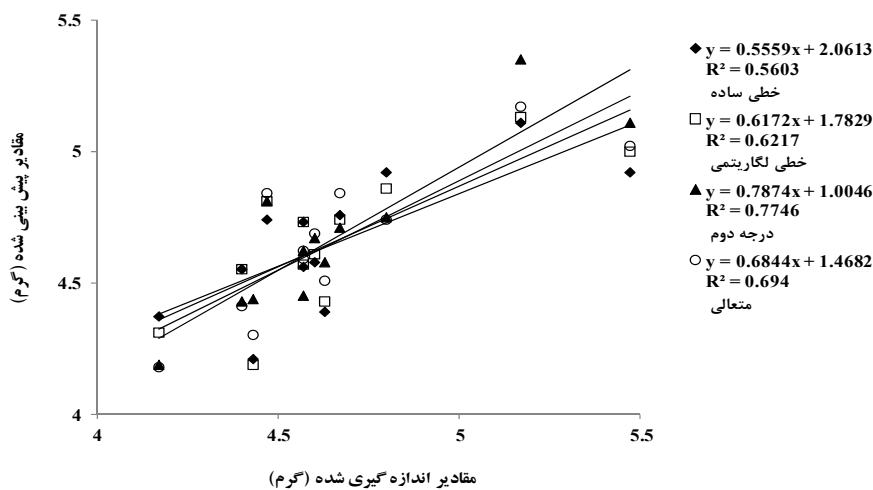
رتبه نهایی	میانگین رتبه ها	ضریب مقدار باقیمانده	بازده مدل	ضریب تعیین	ریشه میانگین مربعات خطا	خطای بیشینه	نوع تابع
Final rank	Average rank	CRM	EF	CD	RMSE	ME	Function type
رقم ورامین (Varamin cultivar)							
4	4	(4) 0.016	(4) 0.56	(4) 0.55	(4) 4.78	(4) 0.55	خطی ساده single linear
3	2.6	(1) 0.0004	(3) 0.62	(3) 0.61	(3) 4.43	(3) 0.47	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
1	1.4	(3) 0.003	(1) 0.77	(1) 0.8	(1) 3.44	(1) 0.36	درجه دوم Quadratic
2	2	(2) 0.0007	(2) 0.69	(2) 0.68	(2) 3.99	(2) 0.45	متعالی Transcendental
رقم خرداد (Khordad cultivar)							
4	4	(4) 0.016	(4) 0.56	(4) 0.55	(4) 4.78	(4) 0.55	خطی ساده single linear
3	2.6	(1) 0.0004	(3) 0.62	(3) 0.61	(3) 4.43	(3) 0.47	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
1	1.4	(3) 0.003	(1) 0.77	(1) 0.8	(1) 3.44	(1) 0.36	درجه دوم Quadratic
2	2	(2) 0.0007	(2) 0.69	(2) 0.68	(2) 3.99	(2) 0.45	متعالی Transcendental

Values in brackets shows function ranking.

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده رتبه تابع می باشند.

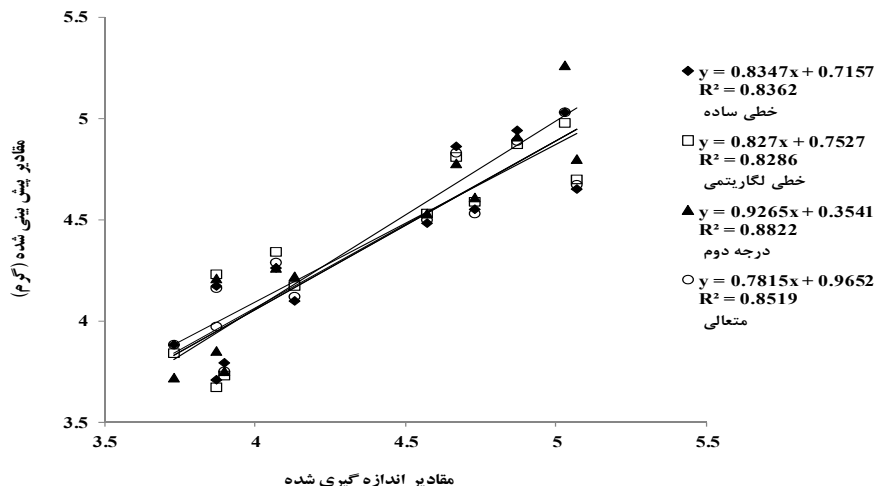
ارتفاع بوته: نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در شکل ۵ و همچنین پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده در مورد ارتفاع بوته پنبه رقم ورامین در جدول ۷ ارائه گردیده‌اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در این نمودار، نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از ارتفاع بوته پنبه رقم ورامین داشته باشند. نتایج مندرج در جدول ۷ نیز حاکی از آن است که تابع متعالی با ضریب تعیین ۰.۹۹٪ و کسب رتبه اول می‌تواند به عنوان تابع برتر برای پیش‌بینی ارتفاع بوته پنبه رقم ورامین تحت شرایط متغیر عمق و شوری آب آبیاری معرفی گردد. پس از آن تابع درجه دوم با ضریب تعیین ۰.۹۴٪ در رتبه دوم قرار دارد. هر چند مقدار ME معادله درجه دوم نسبت به رابطه متعالی دارای برتری نسبی است، اما مقادیر پارامترهای $RMSE$ ، CD ، EF و CRM در مدل متعالی بیانگر کارایی بالای آن در برآورد مقادیر مورد نظر می‌باشد.

برای پنبه رقم خرداد نیز نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در شکل ۴ و پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده در مورد وزن قوزه در جدول ۶ ارائه گردیده‌اند. بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در این نمودار، نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از وزن قوزه پنبه رقم خرداد داشته باشند. نتایج جدول ۶ نیز تابع درجه دوم را با ضریب تعیین ۰.۸۹٪ و کسب رتبه اول به عنوان تابع برتر در پیش‌بینی وزن قوزه پنبه رقم خرداد معرفی می‌کند. همچنین مقادیر پارامترهای ME ، $RMSE$ و EF مندرج در جدول نشان می‌دهند که مقادیر این پارامترها در تابع درجه دوم نسبت به سایر توابع دارای برتری نسبی است. مقدار مثبت CRM نیز بیان می‌کند که مقادیر پیش‌بینی شده این مدل کمتر از مقادیر واقعی می‌باشد.



شکل ۳. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده وزن قوزه پنبه ورامین

Fig 3. Regression line for measurement and prediction values for boll weight (Varamin cultivar)



شکل ۴. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده وزن قوزه پنبه خرداد
 Fig 4. Regression line for measurement and prediction values for boll weight (Khordad cultivar)

جدول ۷. پارامترهای آماری محاسبه شده برای مقایسه توابع ارتفاع بوته در ارقام ورامین و خرداد پنبه

Table 6. Determined statistical parameters for plant height production functions for Varamin and Khordad cotton cultivars.

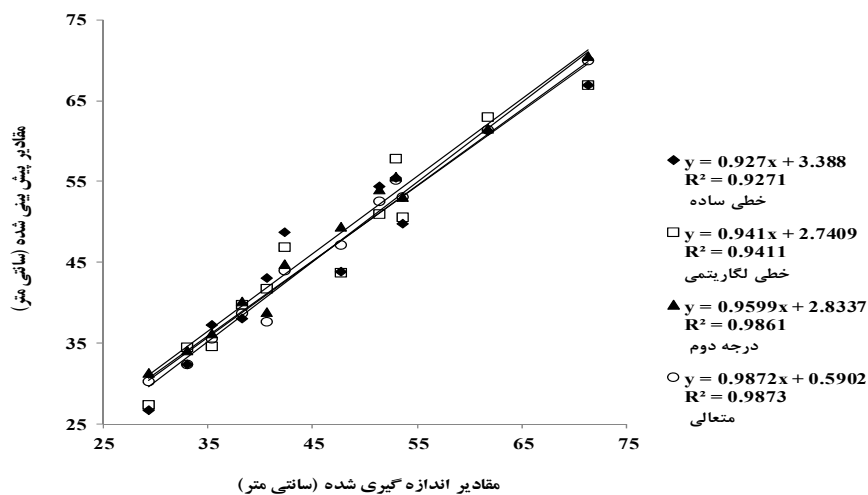
رتبه نهایی	رتبه ها	ضریب مقدار باقیمانده	بازده مدل	ضریب تعیین	ریشه میانگین مربعات خطا	خطای بیشینه	نوع تابع
Final rank	Average rank	CRM	EF	CD	RMSE	ME	Function type
رقم ورامین (Varamin cultivar)							
4	3.4	(1) 0.00002	(4) 0.93	(4) 0.93	(4) 6.9	(4) 6.37	خطی ساده single linear
3	2.8	(2) 0.00004	(3) 0.95	(3) 0.941	(3) 5.86	(3) 4.77	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
2	2	(3) -0.021	(2) 0.98	(2) 0.982	(2) 3.73	(1) 2.63	درجه دوم Quadratic
1	1.2	(1) 0.00002	(1) 0.99	(1) 0.99	(1) 2.87	(2) 2.98	متعالی Transcendental
رقم خرداد (Khordad cultivar)							
4	3.4	(3) 0.000076	(4) 0.83	(4) 0.84	(4) 8.27	(4) 7.36	خطی ساده single linear
3	3	(4) -0.0095	(3) 0.90	(3) 0.88	(3) 6.39	(3) 6.77	خطی لگاریتمی Cobb-Douglas
2	1.6	(2) 0.000075	(1) 0.91	(1) 0.92	(2) 5.49	(2) 4.08	درجه دوم Quadratic
1	1.4	(1) 0.000017	(2) 0.90	(2) 0.90	(1) 5.10	(1) 3.69	متعالی Transcendental

Values in brackets shows function ranking.

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده رتبه تابع می باشند.

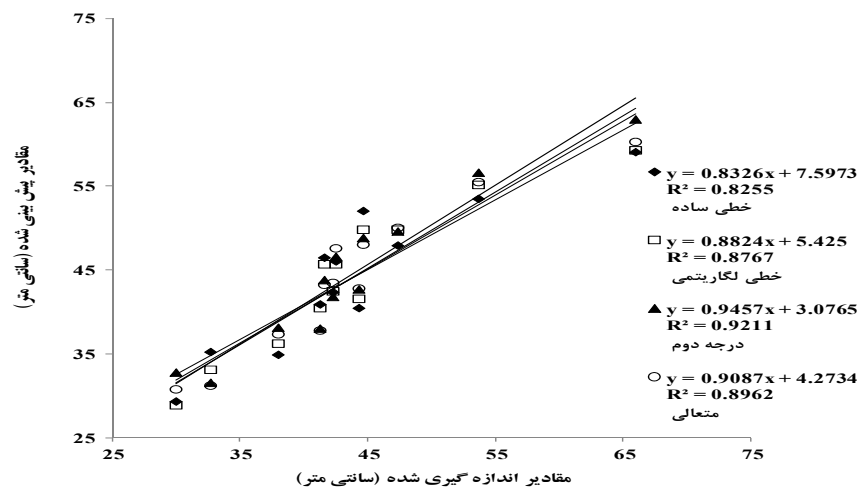
این مدل مقدار ME نسبت به سایر مدلها کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. و بیانگر وجود کمترین اختلاف بین مقادیر واقعی با برآورد شده است. همچنین ضریب تعیین (CD) و کارایی (EF) این تابع معادل ۰.۹۰ بوده و نشان می‌دهد این مدل در برآورد مقادیر ارتفاع بوته پنبه رقم خرداد از کارایی بالایی برخوردار است. همچنین مقدار مثبت CRM نیز بیانگر این مطلب است که مدل متعالی در اغلب موارد مقادیر پیش بینی شده را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند.

بررسی ضرایب تعیین معادلات خطوط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در شکل ۶ و همچنین پارامترهای آماری مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار توابع بدست آمده در مورد ارتفاع بوته پنبه رقم خرداد در جدول ۷ نشان می‌دهند که کلیه توابع مورد مطالعه توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از ارتفاع بوته پنبه رقم خرداد داشته باشند. پارامترهای مندرج در این جدول نشان می‌دهند تابع متعالی باکسب رتبه اول می‌تواند به عنوان تابع برتر در برآورد ارتفاع بوته پنبه رقم خرداد معرفی گردد. در



شکل ۵. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده ارتفاع بوته پنبه ورامین

Fig. 5. Regression line for measurement and prediction values for plant height (Varamin cultivar)



شکل ۶. نمودار خط رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده ارتفاع بوته پنبه خرداد

Fig. 6. Regression line for measurement and prediction values for plant height (Khordad cultivar)

نتیجه گیری

تابع متعالی با ضریب تعیین ۹۸٪ و رتبه نهایی ۱ می‌تواند به عنوان تابع برتر برای محاسبه و پیش بینی تعداد قوزه در مترمربع پنبه رقم ورامین و تابع متعالی با ضریب تعیین ۹۵٪ و کسب رتبه اول به عنوان تابع برتر در پیش بینی تعداد قوزه در مترمربع پنبه رقم خرداد معرفی شود.

تابع درجه دوم با ضریب تعیین ۸۰٪ و کسب رتبه اول به عنوان تابع برتر در پیش بینی وزن قوزه پنبه رقم ورامین و تابع درجه دوم با ضریب تعیین ۸۹٪ و کسب رتبه اول به عنوان تابع برتر در پیش بینی وزن قوزه پنبه رقم خرداد معرفی می‌شود.

تابع متعالی با ضریب تعیین ۹۹٪ و کسب رتبه اول می‌تواند به عنوان تابع برتر برای پیش بینی ارتفاع بوته پنبه رقم ورامین و تابع متعالی با ضریب تعیین ۹۰٪ کسب رتبه اول می‌تواند به عنوان تابع برتر در برآورد ارتفاع بوته پنبه

رقم خرداد تحت شرایط متغیر عمق و شوری آب آبیاری معرفی گردد.

به دلایل زیر هیچ‌کدام از چهار تابع خطی ساده، کاب داگلاس (خطی لگاریتمی)، درجه دوم و متعالی از نظر آماری نتوانستند برآورد قابل قبولی از پارامتر کیل و ش، داشته باشند و ارزیابی اعتبار و رتبه‌بندی آن انجام نشد:

(الف) آماره F که تاثیر معنی‌دار تابع را در برآورد پارامترهای مورد مطالعه نشان می‌دهد، برای کلیه پارامترهای کمی فوق‌الذکر معنی‌دار نبود.

(ب) آماره t استیودنت برای کلیه پارامترهای ذکر شده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین خط $y=x$ با خط رگرسیون رسم شده (بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر برآورد شده) بود و نشان داد که بین مقادیر پیش بینی شده توسط تابع مورد استفاده و مقادیر واقعی اختلاف معنی‌دار بوده و به عبارت دیگر معادله نتوانسته است برآورد قابل قبولی از پارامتر تحت بررسی داشته باشد.

منابع

- Abderahman, S.H., Abdallah, A.H., 1995. Investigation of character association in some upland cotton. Journal of Agricultural Science (Sudan). 31, 1-12.
- Alishah, A., 2001. Study of morphological traits and diversity of different upland cotton genotypes (*Gossypium hirsutum* L.) in Iran. Journal of Plant and Seed. 17(1), 44-60. [In Persian with English Summary].
- Alizadeh, A., 2005. Irrigation System Design. 6th Edition. Imam Reza Publication. 583 p. [In Persian].
- Datta, K.K., Dayal, B., 2000. Irrigation with poor quality water: An empirical study of input use economic loss and coping strategies. Indian Journal of Agricultural Economics. 55, 26-37.
- Desta G., Woldewahid, G., 1997. Effects of sowing date on flowering, boll setting and yield of cotton. Agronomy and Crop Physiology Society of Ethiopia. 14, 142-147.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No.33. FAO. Rome.
- Fardaad, H., Zeighami Gol, R., 2005. Optimazation Water Consom for Cotton Irrigation in Gorgan Region. Iranian Journal of Agriculture Science. 5,1197-1206. [In Persian with English Summary].
- Grimes, D.W., EL-Zik, K.M., 1982. Water Management for Cotton. Univrsity of California.
- Heitholt, J.J., Schmidt, J.H., 1994. Eceptacle and ovary assimilate concentrations and subsequent boll retention in cotton. Crop Science. 34, 125-131.
- Jensen, C.R., 1982. Effect of soil water osmotic potential on growth and water relationship of berely during soil water depletion, Irrigation Science., 3,111-121.
- Khan, A.I., Sadaqat, H.A., Khan, T.M., Rauf, S., 2004. Correlation and path coefficient analysis of yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). International Journal of Agricultural and Biology, 6, 4. 686-688
- Kiani, A.R., Abbasi, F., 2009. Assessment of the water-salinity crop production function of

- wheat using experimental data of the goleatan province, Iran. *Irrigation and Drainage*, 58, 445-455.
- Kipkorir, K.K., Reas, D., Massawe B., 2002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in perkerra. Kenya. *Agricultural Water Management*. 56, 229-240.
- Li, J., Inanaga S., Li, Z., Eneji, E., 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. 76, 8-23.
- Meiri, A., Shalhevet, J., 1973. Pepper plant response to irrigation water quality and timing and leaching, *Ecological studies*. VOL IV. Springer – Verlag Berlin, pp. 421-429.
- Rezai, M., Haghghat, A., 2007. Effect On Distance and Volume of Water Irrigation On Yield and Quantitative Yield of Cotton. 9th Confrence of Irrigation and Reduce Evaporation. Shahid Bahonar University. Kerman. [In Persian].
- Russo, D., Bakker, D., 1986. Crop water production functions for sweet corn and cotton irrigated with salinwaters. *Soil Science Society of American Journal*. 51, 1554-1562.
- Sepaskhah, A.R., Akbari, D., 2005. Deficit Irrigation Planing under Variable Seasonal Rainfall. Published by Elsevier Ltd. *Biosystems Engineering*. 92(1), 97-106.
- Shahrokhnia, A., 1992. The Best time of sStart and cutoff irrigation on cotton in Darab region. Faars Agricultural Reaserch Center.
- Sohrabi, B., Ghorbani Nasraabaad, G., 2002. Effect on allowable depletion coefficient variation on cotton yeild in Gorgan region. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 3, 101-108. [In Persian with English Summary].
- Solomon, K., 1985. Typical cropwater production functions. *Agricultural Engineers Paper*. 85, 25-96.
- Tanji, K.K., 1990. *Agriculture Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers. NewYourk. USA.
- Tyagi N.K., Sharma D.K., Luthr S.K., 2000. Evapotranspiration and crop coefficient of wheat and sorghum. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. July – Aug 2000.
- Wells, R., Meredith, J.R., 1986. Normal vs. okera leaf yield interactions in cotton. II. Analysis of vegetative and reproductive growth. *Crop Science*. 26, 223-228.
- Wells, R., W.R., 1984. Comparative growth of Obsolete and modern cotton cultivars. III. Relationship of yield to observed growth characteristic. *Crop Science*. 24, 868-872.