



ارزیابی کارایی مدل SALTMED برای برآورد عملکرد محصول سیب زمینی در آبیاری سطحی

(مطالعه موردی دشت بروجن)

۱- حامد ریاحی فارسانی<sup>\*</sup>، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- مهدی قبادی نیا، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

تلفن: ۰۹۱۳۱۸۴۳۲۷۰ پست الکترونیکی: hamed.riahi1361@gmail.com

### چکیده

امروزه حفظ منابع آب و خاک، بسیار مورد توجه مجامع مختلف بین‌المللی قرار گرفته است و مدل‌ها می‌توانند ابزارهای بسیار مفیدی برای مدیریت آب کشاورزی باشند. همچنین می‌توانند در برنامه‌ریزی آبیاری و محاسبات نیاز آبی گیاه و همچنین در پیش‌بینی محصول به ما کمک کنند. در این پژوهش مدل SALTMED با استفاده از داده‌های مزارع سیب‌زمینی در دشت بروجن برای شبیه‌سازی مقدار عملکرد محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی نشان داد تفاوت معنی‌داری بین این دو مقدار وجود ندارد. همچنین مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۳/۷۲، ضریب جرم مانده (CRM) ۰/۰۸۰۸- و ضریب کارایی مدل (EF) ۰/۵ به‌دست آمدند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل SALTMED می‌تواند ابزاری مناسب برای مدیریت آبیاری و پیش‌بینی عملکرد محصول در مزارع تحت آبیاری استان چهارمحال و بختیاری باشد.

واژگان کلیدی: عملکرد، سیب‌زمینی، مدل SALTMED

### مقدمه

مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی از ابزارهای بسیار مهم در مطالعه و بررسی سیستم‌های کشاورزی بوده و از آن‌ها می‌توان در رفع نیاز روزافزون به سیاست‌گذاری‌های خرد و کلان، تصمیم‌گیری و یا طراحی روش‌های مدیریتی و نیز پیش‌بینی عملکرد گیاهان در شرایط مختلف به خوبی استفاده کرد. گسترش روزافزون این نیازها باعث شده که مدل‌ها به عنوان پشتیبان تصمیم‌های فنی و استراتژیک، ایفای نقش نمایند. با توجه به اینکه دستیابی به روش‌های رفع عوامل محدود کننده عملکرد نیاز به انجام آزمایش‌های زیاد و هزینه‌بر در مناطق مختلف دارد، یافتن راهی برای کاهش تعداد، زمان و هزینه انجام این آزمایش‌ها می‌تواند کمک بسیار موثری محسوب شود [۱]. امروزه حفظ منابع آب و خاک، بسیار مورد توجه مجامع مختلف بین‌المللی قرار گرفته است و مدل‌ها می‌توانند ابزارهای بسیار مفیدی برای مدیریت آب کشاورزی، برنامه‌ریزی آبیاری و محاسبه نیاز آبی گیاه و همچنین در پیش‌بینی محصول و فرآیند شور شدن خاک به ما کمک کنند [۲]. مدیریت مناسب آبیاری گیاهان زراعی نیاز به بررسی همه‌جانبه پارامترهای آب خاک و روش آبیاری موردنظر



دارد امروزه مدل‌های زیادی جهت بررسی تاثیر هر یک از پارامترهای یاد شده بر گیاه و میزان برداشت محصول دارد لیکن مدل‌هایی نیز موجود می‌باشند که کلیه عوامل موثر را دخیل کرده و برآیند موارد یاد شده را در برداشت محصول نهایی لحاظ می‌کنند به این ترتیب می‌توان تاثیر هر یک از عوامل را با ثابت نگهداشتن سایر پارامترها به طور جداگانه بررسی کرده و با پیش‌بینی محصول برداشت شده اقدامات مدیریتی لازم را انجام داد امروزه انجام این مهم با شبیه‌سازی فرآیند تولید دانه و با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری مبتنی بر معادلات ریاضی و با در نظر گرفتن متغیرهای بسیار موثر بر عملکرد امکان پذیر شده است [۳].

یکی از مدل‌های مورد استفاده در کشاورزی مدل SALTMED می‌باشد که تاکنون پژوهش‌های زیادی به منظور ارزیابی در برآورد عملکرد و میزان محصول روی آن انجام شده است. بسیاری از این پژوهش‌ها نتیجه یک یا دو دوره کشت در مزرعه یا گلخانه است. مدل‌هایی که اثرات مقادیر مختلف آب بر عملکرد محصول را به صورت کمی شبیه‌سازی می‌کنند، ابزارهایی مناسب، در مدیریت آب مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند. اخیراً مدل SALTMED به منظور مدیریت یکپارچه‌ی آب در مزرعه برای سیستم‌های مختلف آبیاری، محصول، خاک و کیفیت آب آبیاری توسعه پیدا کرده است [۴ و ۵]. گلابی و همکاران (۲۰۰۹)، کارآیی مدل SALTMED را در شبیه‌سازی سیستم‌های آبیاری و زهکشی مزارع نیشکر در استان خوزستان بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده‌ی شوری خاک وجود ندارد و مدل SALTMED می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای آبیاری و زهکشی مزارع نیشکر در ایران مورد استفاده قرار گیرد [۶]. رزاقی و همکاران (۲۰۱۱) در یک آزمایش لایسیمیتری در کشور دانمارک با استفاده از مدل SALTMED واکنش گیاه گنجه‌گنه به شوری خاک را ارزیابی کردند. مدل واسنجی شده SALTMED عملکرد دانه‌ی گنجه‌گنه را با خطای نسبی ۰/۰۴ شبیه‌سازی نمود [۷]. هیریچ و همکاران (۲۰۱۲) در کشور مراکش با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای برای سه محصول گنجه‌گنه، نخود و ذرت شیرین و با تیمارهای کم آبیاری مدل SALTMED را واسنجی و صحت‌سنجی نمودند. در این پژوهش مدل SALTMED به خوبی داده‌های رطوبت خاک، عملکرد محصول و ماده‌ی خشک را برای سه محصول یاد شده در استراژی‌های کم آبیاری شبیه‌سازی نمود [۸]. حسن‌لی و همکاران (۱۳۹۳) قابلیت مدل SALTMED در تخمین مقدار عملکرد محصول ذرت علوفه‌ای در شرایط استفاده از آب شور در تناوب با آب غیرشور در منطقه کرج مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد پیش‌بینی مدل در عملکرد محصول رضایت‌بخش بوده و مقدار خطای نسبی بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بین صفر تا ۲۴/۷ درصد به دست آمد [۹].

هدف از انجام این پژوهش، تحلیل کارآیی مدل SALTMED در برآورد محصول سیب‌زمینی تحت شرایط رایج آبیاری در دشت بروجن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مدل SALTMED





سانتی متری از خاک، بافت خاک به روش هیدرومتری، دبی ورودی به جویچه با استفاده از فلوم‌های WSC و عمق توسعه ریشه با حفاری و خروج گیاه از خاک برداشت گردید. در طی آزمایش مدت زمان ورود آب به جویچه به وسیله کرنومتر ثبت گردید. ضرایب گیاهی ( $K_c$ ) و بازه زمانی مراحل اولیه، توسعه، میانی و نهایی رشد گیاه سیب زمینی از نشریه FAO56 استخراج و جهت برآورد نیاز آبی گیاه وارد مدل گردید. بعضی از داده‌های ورودی به مدل در جدول (۱) آمده است. همچنین داده‌های مربوط به هواشناسی از ایستگاه‌های بروجن استخراج گردید که برخی از آنها در جدول (۲) آمده‌اند.

جدول (۱): بعضی از داده‌های ورودی به مدل SALTMED

شماره	محل	بافت	رطوبت ظرفیت	رطوبت نقطه	چگالی	عمق
مزرعه	مزرعه	خاک	زراعی (حجمی)	پژمردگی (حجمی)	ظاهری	ریشه
			FC%	PWP%	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	D(rz)(cm)
۱	فراذنبه	Clay Loam	۰/۳۵	۰/۱۸	۱/۴۷	۴۵
۲	معموره	Clay	۰/۴۶	۰/۲۴	۱/۳۲	۴۵
۳	کنرک	Clay Loam	۰/۳۶	۰/۱۹	۱/۴۳	۴۵

جدول (۲): داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های مورد مطالعه

دشت	ماه	میانگین دمای ماهانه	میانگین رطوبت	سرعت باد	ساعات آفتابی
		(درجه سانتی گراد)	نسبی		
		Max	Min	Km/d	Hours
شهریور	خرداد	۲۸/۷	۹/۵	۲۰/۳	۱۱/۶۱
	تیر	۳۱/۵	۱۲/۹	۱۸۶/۷	۱۱/۰۴
	مرداد	۳۱	۱۱/۶	۱۷۱/۴	۱۱/۰۲
	شهریور	۲۷/۲	۷/۴	۱۷۱/۹	۱۰/۳۰

## تجزیه و تحلیل آماری

جهت ارزیابی کمی نتایج پیش‌بینی شده توسط مدل SALTMED و نتایج مشاهداتی مزرعه، از شاخص‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا<sup>۱</sup> RMSE، کارایی مدل سازی<sup>۲</sup> EF<sup>۲</sup> و ضریب جرم باقی مانده<sup>۳</sup> CRM به شرح زیر استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (1)$$

1Root Mean Square

2Modeling Efficiency

3Coefficient of Residual Mass



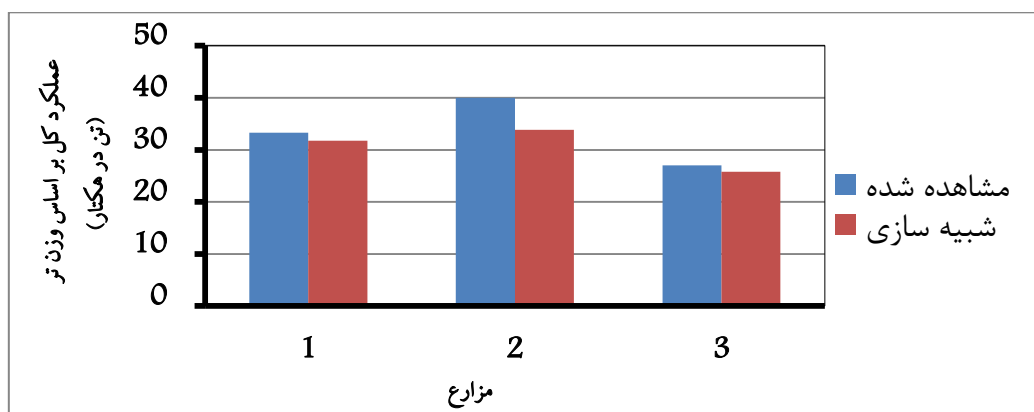
$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2 - \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^N \hat{y}_i - \sum_{i=1}^N y_i}{\sum_{i=1}^N y_i} \quad (3)$$

که در آن  $y_i$  مقادیر اندازه‌گیری شده،  $\bar{y}_i$  میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده،  $\hat{y}_i$  مقادیر برآورد شده توسط مدل و  $N$  تعداد کل مشاهدات می‌باشد. مقدار  $RMSE$  نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌ها تا چه حد، اندازه‌گیری‌ها را بیشتر و یا کمتر تخمین زده‌اند. آماره  $EF$  مقادیر پیش‌بینی را با میانگین اندازه‌گیری‌ها مقایسه می‌کند. آماره  $CRM$  تمایل مدل را برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد. حداقل مقدار  $RMSE$  صفر و حداکثر  $EF$  برابر یک می‌باشد. اگر تمام مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی با هم برابر شوند، مقدار عددی آماره  $RMSE$  برابر صفر و مقدار  $EF$  یک خواهد شد.

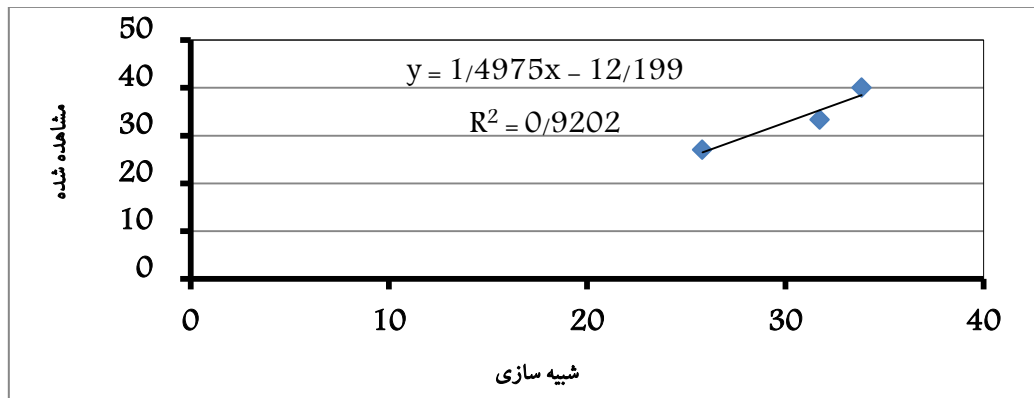
### نتایج و بحث

در این مطالعه مدل  $SALTMED$  برای ۳ مزرعه اجرا گردید و مقادیر مشاهده شده با مقادیر حاصل از شبیه‌سازی مقایسه شدند شکل (۱) و (۲). با توجه به نتایج بدست آمده همبستگی مناسبی بین مقادیر تخمینی و مشاهداتی دیده شد به طوری که ضریب تعیین برای عملکرد کل محصول ۰/۹۲ بدست آمد شکل (۲). با توجه به شکل (۲) می‌توان اظهار کرد مدل، شبیه‌سازی خوب و رضایت‌بخشی را در عملکرد سبب زمینی به همراه داشته است. همچنین تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدل وجود نداشت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مشاهده‌ای در جدول (۳) نشان داده شده است.





شکل (۱): مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی محصول برای هر مزرعه



شکل (۲): مقادیر مشاهده‌ای و شبه‌سازی محصول

جدول (۳): مقادیر عملکرد شبیه‌سازی و مشاهده‌ای محصول در مزارع مورد مطالعه

شماره مزرعه	محل مزرعه	محصول تولیدی (ton/hec)	محصول شبه‌سازی (ton/hec)
۱	فراذنبه	۳۳/۳	۳۱/۷۵
۲	معموره	۴۰	۳۳/۸۵
۳	کنرک	۲۷	۲۵/۸۲

با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج عملکرد به‌دست آمده از مدل و داده‌های مشاهده‌ای مقدار میانگین جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۳/۷۲، ضریب جرم مانده (CRM) ۰/۰۸۸- و ضریب کارایی مدل (EF) ۰/۵ به‌دست آمد. هیریچ و همکاران (۲۰۱۲) ضریب تعیین ۰/۸۷ و میانگین خطای نسبی ۱۰/۲ را برای عملکرد محصول گزارش کردند [۸]. در این تحقیق مقدار ضریب تعیین ۰/۹۲ و میانگین خطای نسبی ۳/۷۲ به‌دست آمد. رجب و همکاران (۲۰۰۵) خطای نسبی ۱/۷۹ را در حالت استفاده تناوبی آب شور و شیرین با استفاده از آبیاری قطره‌ای برای محصول گوجه‌فرنگی در کشور مصر به‌دست آوردند و عدد ۰/۸۹- تحت شرایط ذکر شده در کشور سوریه به‌دست آمد [۴].

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدل SALTMED برای ۳ مزرعه در شرایط رایج آبیاری در استان چهارمحال و بختیاری در دشت بروجن انجام شد که نتایج حاصل از این مقایسه بین داده‌های شبه‌سازی و مشاهده‌ای و همچنین تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مشاهده‌ای و شبه‌سازی وجود ندارد. همچنین ضریب تعیین ۰/۹۲ بین داده‌های مشاهده‌ای و شبه‌سازی به‌دست آمد که رضایت‌بخش می‌باشد. با توجه به نتایج، مقدار CRM، ۰/۰۸۸- به



دست آمد که نشان دهنده کم‌برآوردی مدل می باشد. مقدار EF، ۰/۵ و RMSE، ۳/۷۲ به دست آمدند که نشان می دهند مدل از کارآیی نسبتاً مناسبی در شبیه سازی عملکرد محصول برخوردار می باشد.

## منابع

[1] Amiri Larijani, B., Sarvestani, Z.T., Nematzadeh Gh., Manschadt, A.M., & Amiri, E. (2011). Simulating phenology, growth and yield of transplanted rice at different seedling ages in Northern Iran using ORYZA2000. Rice Science, Volume 18 (Issue 4), 321-334.

[۲] دسترنج، م. (۱۳۹۲). ارزیابی مدل SALTMED برای شبیه سازی شوری خاک و عملکرد گیاه گوجه فرنگی در اثر تیمارهای مختلف شوری و مدیریت آب آبیاری در آبیاری قطره ای پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

[۳] حسینی، ی. و مارالیان، ح. (۱۳۹۱). ارزیابی مدل SALTMED در برآورد میزان عملکرد محصول گندم در منطقه مغان، اولین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک.

[4] Ragab, R., Malash, N., Abdel Gawad, G., Arsalan, A., and Ghaibeh, A. (2005a). A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management 1-The SALTMED model and its calibration using field data from Egypt and Syria. Agricultural Water Management 78:67-88.

[5] Ragab, R., Malash, N., Abdel Gawad, G., Arsalan, A., and Ghaibeh, A. (2005b). A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management 2-The SALTMED model validation using field data of five growing seasons from Egypt and Syria. Agricultural Water Management 78:89-107.

[6] Golabi, M., Naseri, A. A., and Kashkuli, H. A. (2009). Evaluation of SALTMED model performance in irrigation and drainage of sugarcane farms in Khuzestan province of Iran. Journal of Food, Agriculture & Environment 7(2):874-880.

[7] Razzaghi, F., Plauborg, F., Ahmadi, S. H., Jacobsen, S-E., Anderson, M. N., and Ragab, R. (2011). Simulation of quinoa (chenopodium quinoa wild.) response to soil salinity using the SALTMED model. ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage 15-23 October 2011, Tehran, Iran.

[8] Hirich, A., Choukr-Allah, R., Ragab, R., Jacobsen, S-E., EL youssfi, L., and El omari, H. (2012). The SALTMED model calibration and validation using field data from Morocco. J. Mater. Environment Science 3(2):342-359.

[۹] حسن لی، م.، ابراهیمیان، ح. و پارسی نژاد، م. (۱۳۹۳). ارزیابی میدانی و عملکرد مدل SALTMED در مدیریت آبیاری تناوبی آب شور و غیر شور. نشریه پژوهش آب در کشاورزی ب، جلد ۲۸، شماره ۲، ص ۴۴۳-۴۵۱.

[۱۰] ریاحی فارسانی، ح.، نوری امامزاده ای، م.، فتاحی، ر. و طباطبائی، س. ح. (۱۳۹۰). ارزیابی راندمان های سیستم های آبیاری سطحی در دشت های شهرکرد، بروجن و خانمیرزا و ارائه راهکارهای عملی جهت بهبود آنها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.