ارزیابی تناسب کمّی اراضی با رویکرد روش‌های رقومی برای محصولات عمده‌ی دشت شهرکرد

زهره مصلح[۱]، محمدحسن صالحی[۲]، اعظم جعفری[۳]
[۱ و ۲] به‌ترتیب دانش‌آموخته‌ی دکتری و استاد گروه خاک دانشگاه شهرکرد؛ [۳] استادیار گروه خاک دانشگاه باهنر کرمان

چکیده

در این پژوهش، ارزیابی تناسب کمّی اراضی با رویکرد رقومی برای محصولات گندم، یونجه و ذرت علوفه‌ای در دشت شهرکرد استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. مقادیر پتانسیل تابشی- گرمایی تولید بر اساس مدل فائو تعیین گردیدند. در زمان رسیدگی محصولات، از نزدیک ۱۲۰ خاک‌رخ حفرشده، برداشت محصول با سه تکرار صورت گرفت. در نهایت، کلاس تناسب اراضی برای محصولات مورد مطالعه با استفاده از پتانسیل تابشی- گرمایی تولید، تولید واقعی و تولید بحرانی تعیین شد. مدل‌های رگرسیون درختی توسعه‌یافته، درختان تصمیم‌گیری تصادفی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی استفاده شدند. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون درختی توسعه‌یافته، بالاترین کارایی را برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی ذرت علوفه‌ای دارد. همچنین، مدل‌های مختلف توانایی یکسانی برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی گندم و یونجه داشته‌اند. مهم‌ترین پارامترهای محیطی در پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی برای تمامی محصولات مورد مطالعه، اجزای سرزمین و شاخص‌های سنجش از دور می‌باشند.

واژه های کلیدی: اجزای سرزمین، پارامترهای محیطی، درختان تصمیم‌گیری تصادفی.

مقدمه

رشد سریع جمعیت، استفاده‌ی بی‌رویه از اراضی و نیاز روز افزون به افزایش عملکرد در واحد سطح، بهره‌برداری بهینه از منابع را ضروری می‌نماید. استفاده‌ی بهینه از عوامل تولید، یکی از ارکان مهم توسعه‌ی پایدار محسوب می‌شود. برنامه‌ریزی برای استفاده‌ی بهینه از اراضی موجب می‌گردد تا ضمن حداکثر بهره‌وری، امکان استفاده از اراضی برای آیندگان نیز فراهم شود. ارزیابی اراضی، به‌عنوان روشی برای بیان و پیش‌بینی پتانسیل تولید اراضی برای یک کاربری خاص می‌باشد (Van Diepen *et al.*, 1991). با توجه به اینکه ویژگی‌های خاک دارای تغییرات مکانی (و زمانی) هستند؛ انتظار می‌رود که این تغییرات، در واحدهای نقشه‌ی خاک و نقشه‌های تناسب اراضی نیز وجود داشته باشند. بنابراین، به نظر می‌رسد که یکی از مهم‌ترین مشکلات روش‌های سنتی نقشه‌برداری خاک، تعمیم نتایج حاصل از خاک‌رخ شاهد به کل واحد نقشه، بدون در نظر گرفتن تغییرات مکانی آن می‌باشد. پژوهشگران مختلفی ضمن مطالعات خود اذعان داشتند که تعمیم کلاس تناسب اراضی خاک‌رخ شاهد به کل واحد نقشه تا حد زیادی می‌تواند گمراه‌کننده باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Safari *et al.*, 2013).

تکنیک نقشه‌برداری رقومی، به‌عنوان یکی از فنون جدید نقشه‌برداری تلاش می‌کند تا بر اساس پارامترهای محیطی که به‌سادگی قابل دست‌یابی هستند؛ ویژگی مد نظر (کلاس‌ها یا ویژگی‌های خاک، کلاس‌های تناسب اراضی) را با دقت بالا پیش‌بینی کند. در این روش، برای کاهش وقت و هزینه، پیش‌بینی مکانی بر اساس ارتباط با پارامترهای محیطی انجام می‌شود. در این زمینه، مدل‌های مختلفی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، رگرسیون درختی توسعه‌یافته، درختان تصمیم‌گیری تصادفی و رگرسیون لاجیستیک چند جمله‌ای استفاده می‌شوند. یکی از موضوعات مهم در تکنیک نقشه‌برداری رقومی، مدل مورد استفاده برای ارتباط دادن پارامترهای محیطی با ویژگی مورد بررسی می‌باشد (Brungard *et al.*, 2015). همچنین کاربرد موفقیت‌آمیز نقشه‌برداری رقومی خاک به میزان داده‌های موجود از منطقه‌ی مطالعاتی و پارامترهای محیطی استفاده شده در مدل بستگی دارد (Stoorvogel *et al.*, 2009).

پیشرفت در فناوری اطلاعات، تمامی علوم را قادر کرده است تا تقاضاهای جدید زندگی امروزه‌ی بشر را پاسخگو باشند. ارزیابی تناسب اراضی نیز از این قاعده مستثنی نیست و نیازمند به‌کارگیری روش‌های مختلف برای درک بهتر رابطه‌ی بین ویژگی‌های اراضی با عملکرد محصولات (به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه‌ی تولید) و تغییرپذیری کلاس‌های تناسب اراضی می‌باشد. با این وجود، اغلب مطالعات انجام‌شده در کشور در زمینه‌ی ارزیابی تناسب اراضی، به ارزیابی تناسب اراضی بر مبنای نتایج خاک‌رخ شاهد پرداخته‌اند. از این رو، در پژوهش حاضر کارایی روش‌های مختلف نقشه‌برداری رقومی به منظور پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی برای محصولات عمده‌ی دشت شهرکرد مورد مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحت تقریبی ۱۰۵۰۰ هکتار شامل بخشی از اراضی دشت شهرکرد می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی ´۵۲ °۵۰ تا ´۰۰ °۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۱۳ °۳۲ تا ´۲۳ °۳۲ شمالی قرار گرفته است. میانگین بارندگی و دمای سالیانه‌ی منطقه، به ترتیب ۳۲۲ میلی‌متر و ۱۲/۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. بر اساس مطالعات خاکشناسی نیمه‌تفصیلی (Rossiter, 2000)، ۱۲۰ خاک‌رخ با فواصل تقریبی ۷۵۰ متر، حفر گردید. سپس، از تمامی افق‌های ژنتیکی آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز برای محاسبه‌ی شاخص خاک، بر اساس روش‌های استاندارد انجام شدند. در این پژوهش، مطالعات تناسب کمّی اراضی برای محصولات گندم، ذرت علوفه‌ای و یونجه انجام شد. برای انجام مطالعات ارزیابی تناسب کمّی اراضی، نیاز به اطلاعاتی در رابطه با پتانسیل تابشی- گرمایی تولید، تولید بحرانی و عملکرد واقعی هر یک از محصولات می‌باشد. پتانسیل تابشی- گرمایی تولید بر اساس مدل فائو محاسبه شد. سپس، پتانسیل تولید اراضی از حاصلضرب پتانسیل تابشی- گرمایی تولید و شاخص خاک تعیین گردید. به‌منظور تعیین عملکرد واقعی محصولات، در زمان برداشت محصول از نزدیکی ۱۲۰ خاک‌رخ حفرشده اقدام به جمع‌آوری محصول با ۳ تکرار گردید. در نهایت، با استفاده از مقادیر پتانسیل تابشی- گرمایی تولید، تولید واقعی و تولید بحرانی، کلاس تناسب اراضی برای محصولات مورد مطالعه به‌دست آمد.

در این پژوهش، برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی از پارامترهای محیطی مختلفی استفاده شد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی ۳۰ متر (تهیه‌شده از وب‌سایت مدل رقومی ارتفاع جهانی استر)، ویژگی‌های اولیه و ثانویه‌ی مدل رقومی ارتفاع شامل درصد شیب، جهت شیب، انحنای خالص، انحنای نیم‌رخ، انحنای سطحی، جهت جریان، تجمع جریان، تابش مستقیم، مدت تابش، تابش پخشیده، شاخص قدرت جریان، شاخص خیسی و شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا تعیین گردیدند. شاخص‌های سنجش از دور (شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده، شاخص گیاهی عمودی، شاخص رس و شاخص کربنات) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ (سال ۲۰۱۴) بدست آمدند. همچنین نقشه‌ی زمین‌شناسی (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰)، نقشه‌ی خاک موجود در منطقه (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) و نقشه‌ی ژئومورفولوژی منطقه، به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفتند. مدل‌های رگرسیون درختی توسعه‌یافته، درختان تصمیم‌گیری تصادفی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب استفاده شدند. اطلاعات کلاس‌های تناسب اراضی به همراه پارامترهای محیطی برای مدل‌ها تعریف گردیدند. سپس، بر اساس ارتباط کلاس‌های تناسب اراضی با پارامترهای محیطی، پیش‌بینی صورت گرفت و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد. برای تمامی مدل‌ها، با استفاده از شاخص تأثیر نسبی، سهم هر متغیر در پیش‌بینی مشخص و پارامترهای مهم برای مدل‌سازی انتخاب گردیدند. مدل‌های مورد مطالعه با ۸۰ درصد داده‌ها آموزش داده شدند و اعتبارسنجی با استفاده از ۲۰ درصد داده‌ها انجام گردید. ارزیابی صحت پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی با استفاده از شاخص صحت عمومی صورت پذیرفت. در نهایت، بالاترین میزان صحت عمومی، به‌عنوان معیار انتخاب بهترین مدل برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

مقادیر پتانسیل تابشی- گرمایی و تولید بحرانی برای محصولات مورد مطالعه به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. مرز کلاس‌های تناسب کمّی اراضی برای سه محصول گندم، یونجه و ذرت بر اساس نتایج جدول‌های ۱ و ۲ تعیین گردید (جدول ۳). جدول ۴، مقادیر صحت عمومی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی محصولات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج مدل‌سازی گویای آن است که برای پیش‌بینی کلاس تناسب کمّی اراضی ذرت علوفه‌ای مقادیر صحت عمومی از ۰/۳۷ تا ۰/۷۵ متغیر است. در این میان، مدل رگرسیون درختی توسعه‌یافته، بالاترین کارایی را برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی این محصول داشته است. همچنین، مدل‌های مختلف توانایی یکسانی برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی محصولات گندم و یونجه داشته‌اند (جدول ۴). بنابراین، نوع مدل استفاده‌شده برای محصولات گندم و یونجه تأثیری بر صحت پیش‌بینی ندارد.

قابلیت اعتماد به نتایج پیش‌بینی به میزان زیادی متأثر از توانایی پارامترهای محیطی در بیان تغییرات ویژگی مورد بررسی می‌باشد. نتایج حاکی از آن است اجزای سرزمین و شاخص‌های سنجش از دور (شاخص گیاهی عمودی و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده)، مهم‌ترین پارامترها در پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی هستند (جدول ۵). پستی و بلندی و پوشش گیاهی جزو عوامل پنج‌گانه (اقلیم، پستی و بلندی، خاک، هیدرولوژی و پوشش گیاهی) تأثیرگذار بر ظرفیت تولید اراضی می‌باشند. بنابراین، نقش این پارامترها در پیش‌بینی کلاس‌های تناسب اراضی قابل توجیه است.

جدول ۱. مقدار پتانسیل تابشی- گرمایی و درصد رطوبت برای محصولات مورد مطالعه

محصول	Y(Kg CH_2O ha^{-1})	درصد رطوبت	تولید پتانسیل با احتساب درصد رطوبت (ton CH_2O ha^{-1})
گندم	۱۰۵۴۵	۱۵	۱۲/۴
یونجه	۲۷۱۹۱	۲۰	۳۴
ذرت علوفه‌ای	۲۵۰۴۴	۷۵	۱۰۰/۱

جدول ۲. مقادیر تولید بحرانی برای محصولات مورد مطالعه

محصول	جمع کل هزینه‌های متغیر (ریال در هکتار)	قیمت محصول (ریال به ازای هر کیلوگرم)	تولید بحرانی (تن در هکتار)
گندم	۳۶۳۵۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲/۴
ذرت علوفه‌ای	۴۳۶۰۰۰۰۰	۱۸۰۰	۲۴/۲
یونجه	۲۲۸۷۸۰۰۰	۸۰۰۰	۲/۹

جدول ۳. مرز کلاس‌های تناسب کمّی اراضی برای محصولات مورد مطالعه

	تولید (تن در هکتار)			
محصول	S1	S2	S3	N
گندم	>۹/۳	۹/۳- ۳/۳	۳/۳- ۲/۱۶	<۲/۱۶
ذرت علوفه‌ای	>۷۵	۷۵- ۳۳/۸	۳۳/۸- ۲۱/۸	<۲۱/۸
یونجه	>۲۵/۵	۲۵/۵- ۳/۹	۳/۹- ۲/۵	<۲/۵

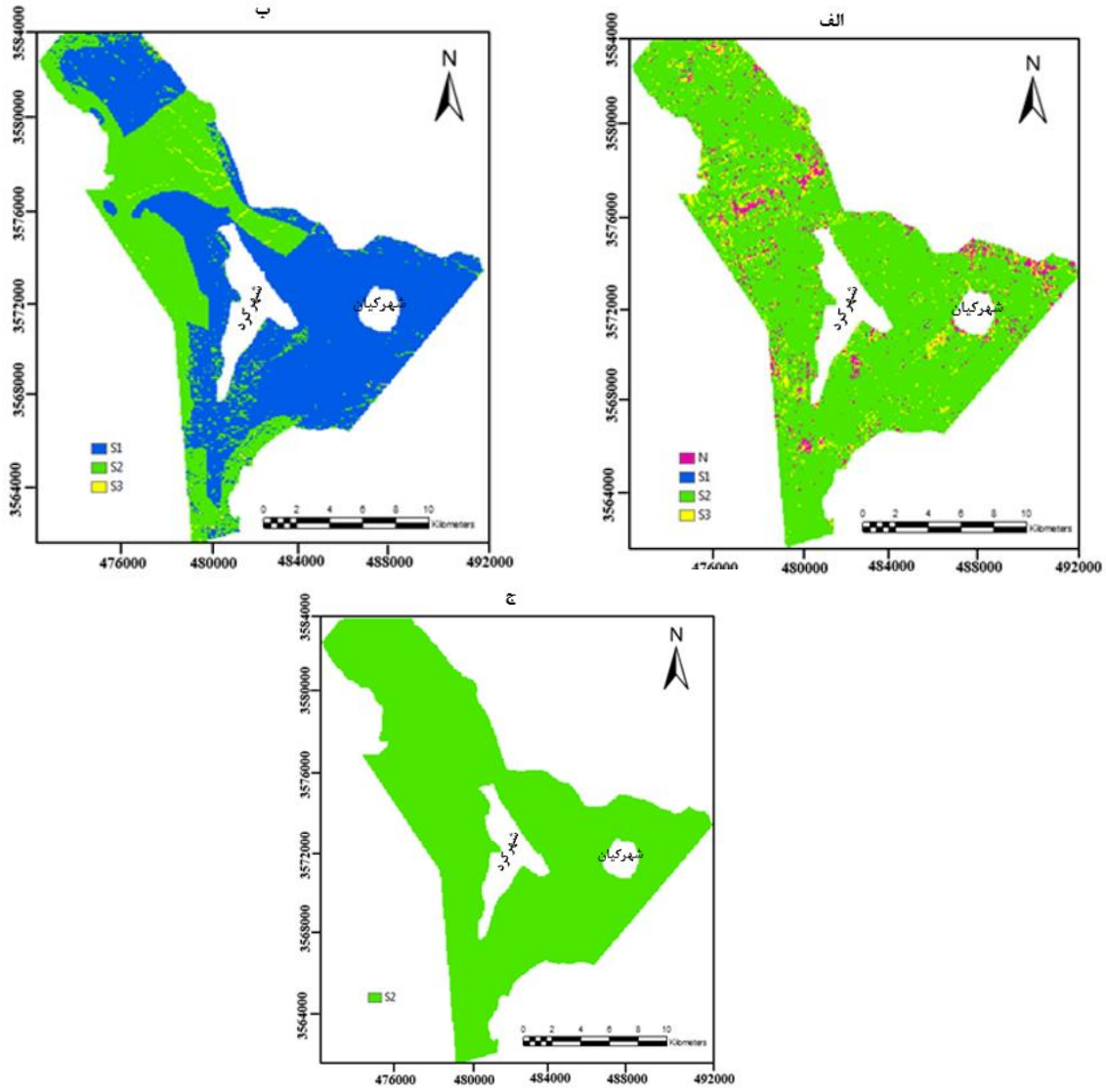
جدول ۴. مقادیر صحت عمومی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی کلاس تناسب کمّی اراضی محصولات مورد مطالعه

مدل	گندم	ذرت علوفه‌ای	یونجه
درختان تصمیم‌گیری تصادفی	۰/۶۶	۰/۳۷	۱
رگرسیون درختی توسعه‌یافته	۰/۶	۰/۷۵	۱
رگرسیون لاجیستیک چند جمله‌ای	۰/۶۶	۰/۵	۱
شبکه‌های عصبی مصنوعی	۰/۶۶	۰/۴۳	۱

جدول ۵. مهم‌ترین پارامترهای محیطی برای پیش‌بینی کلاس‌های تناسب کمّی اراضی

محصول	مدل	مهم‌ترین پارامترهای محیطی
گندم	درختان تصمیم‌گیری تصادفی	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده، شاخص گیاهی عمودی
ذرت علوفه‌ای	رگرسیون درختی توسعه‌یافته	ارتفاع، تابش پخشیده
یونجه	درختان تصمیم‌گیری تصادفی	ارتفاع، تابش پخشیده

با توجه به اینکه آگاهی از تغییرپذیری عملکرد محصولات و به‌تبع آن کلاس‌های تناسب کمّی اراضی، نقش مهمی در سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی دارد و روش‌های مدل‌سازی برای مناطقی مناسب می‌باشند که اطلاعات کافی از ویژگی مورد بررسی وجود داشته باشد؛ ایجاد بانک اطلاعاتی قوی برای محصولات استراتژیک در هر منطقه، ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، اگرچه با استفاده از روش‌های نوین، آگاهی در رابطه با میزان تغییرپذیری کلاس‌های تناسب اراضی یا عملکرد محصولات افزایش می‌یابد، اما در عمل، یکپارچه‌سازی مدیریت اراضی ضروری است و این موضوع، نیازمند توجه بیش‌تر دستگاه‌های اجرایی می‌باشد. نقشه‌های پیش‌بینی کلاس تناسب کمّی اراضی برای ذرت علوفه‌ای و محصولات گندم و یونجه به ترتیب با استفاده از مدل رگرسیون درختی توسعه‌یافته و درختان تصمیم‌گیری تصادفی در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱. نقشه‌های رقومی تناسب کمّی اراضی برای گندم (الف)، ذرت علوفه‌ای (ب) و یونجه (ج)

منابع

صالحی، م.ح. خادمی، ح. گیوی، ج. و کریمیان‌اقبال، م. ۱۳۸۳. تغییرپذیری تناسب کیفی اراضی (روش پارامتریک) در یک واحد نقشه خاک تفصیلی در منطقه‌ی فرخ‌شهر استان چهارمحال و بختیاری. مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۷، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۱۱۵ تا ۱۲۶.

Brungard C.W., Boettinger J.L., Duniway M.C., Wills S.A. and Edwards T.C. 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. Geoderma, 239–240: 68–83.

Rossiter D.G. 2000. Methodology for Soil Resource Inventories. Soil Science Division, International institute for Aerospace Survey & Earth Science (ITC).

Safari Y., Esfandiarpour Borujeni I., Kamali A., Salehi M.H., and Bagheri Bodaghabadi M. 2013. Qualitative land suitability evaluation for main irrigated crops in the Shahrekord plain: A geostatistical approach compared with conventional method. Pedosphere, 23: 767-778.

Stoorvogel J., Kempen J., Heuvelink B. and Bruin S. 2009. Implementation and evaluation of existing knowledge for digital soil mapping in Senegal. Geoderma, 149: 161-170.

Van Diepen C.A., Van Keulen H., and Wolf J. 1991. Land Evaluation: From Intuition to Quantification. Advances in Soil Science. Springer. New York.

Quantitative Land Suitability Evaluation for Main Irrigated Crops using Digital Mapping Approaches in Shahrekord Plain

Z. Mosleh[1], M. H. Salehi[2], A. Jafari[3]
[1, 2] Graduated Ph.D. student and Professor, Soil Science Dept., Shahrekord University.
[3] Assistant Prof, Soil Science Dept., Shahid Bahonar University of Kerman.

Abstract

In this study, the quantitative land suitability evaluation for the main crops (wheat, maize, alfalfa) in the Shahrekord plain of Chaharmahal-Va-Bakhtiari province was evaluated using digital approaches. The radiation thermal production potential was determined based on the FAO model. At the harvest time, crop yield were determined with three replications in the neighbor of 120 pedons. Finally, considering the radiation thermal production potential, marginal and observed yield, the quantitative land suitability classes were determined. Different machine learning techniques, namely boosted regression tree (BRT), random forest (RF), artificial neural networks (ANNs) and multinomial logistic regression (MLR) were used to predict quantitative land suitability classes. Results showed that the BRT model had the highest performance to predict the maize's quantitative land suitability class. Also, the different models had the same ability to predict the quantitative land suitability class for wheat and alfalfa. The terrain attributes and remote sensing indices were the most important auxiliary information to predict the quantitative land suitability classes.

Keywords: Terrain attributes, Auxiliary information, Random forest model.