

## ارزیابی تناسب اراضی دشت زنجان برای کشت آبی گندم، یونجه و سیب‌زمینی با استفاده از شاخص تناسب تطبیقی

محمد امیر دلاور<sup>۱\*</sup>، یاسر صفری<sup>۲</sup>، پریسا علمداری<sup>۳</sup>، زهرا نوری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

۱-دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۴-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [amir-delavar@znu.ac.ir](mailto:amir-delavar@znu.ac.ir)

### چکیده

در پژوهش حاضر تلاش شده تا از طریق تلفیق درجات تناسب کیفی اراضی برای کشت آبی محصولات گندم، یونجه و سیب‌زمینی در دو منطقه هم‌جوار در دشت زنجان، شاخص تناسب تطبیقی (تناسب کلی) اراضی محاسبه شود. لذا در دو محدوده هم‌جوار واقع در دشت زنجان (شرق و غرب شهرک روی زنجان) به ترتیب با مساحت‌های تقریبی ۴۵۰۰ و ۵۵۰۰ هکتار از ۵۶ و ۶۸ نقطه نمونه‌برداری با فاصله‌های ۱۰۰۰ متر نمونه‌های خاک تهیه شد. پس از تعیین درجه تناسب اراضی برای کشت آبی گندم، یونجه و سیب‌زمینی بر اساس تجزیه نمونه‌های خاک، اطلاعات اقلیمی و زمین‌نما، نقشه‌های پیوسته تناسب کیفی اراضی با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ تهیه شد. در نهایت، شاخص تناسب تطبیقی (تناسب کلی) اراضی به‌صورت میانگینی از درجات تناسب اراضی برای محصولات مختلف محاسبه و سپس درون‌یابی و پهنه‌بندی گردید. نتایج نشان داد که ویژگی‌های اسیدیته خاک برای سیب‌زمینی و درصد ذرات درشت خاک برای هر سه کاربری محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کنند. مقایسه نقشه‌های تناسب اراضی نشان داد که در مقایسه با اراضی واقع در غرب شهرک صنعتی، اراضی شرق این شهرک تناسب بالاتری برای کشت یونجه و گندم دارند؛ حال آن‌که برای کشت سیب‌زمینی، کلاس تناسب بحرانی حاصل شد. مقایسه نقشه‌های توزیع مکانی شاخص تناسب تطبیقی (تناسب کلی) اراضی بیانگر مقادیر قابل توجه تغییرات مکانی این شاخص در شرق و غرب شهرک صنعتی روی بوده و در مجموع، تناسب کلی اراضی واقع در محدوده شرق بیشتر از اراضی واقع در محدوده غرب است.

واژه‌های کلیدی: دشت زنجان، شاخص تناسب تطبیقی، محصولات زراعی، نقشه‌های توزیع مکانی

## Land Suitability Evolution of Zanjan Plain for Irrigated Wheat, Alfalfa and Potato Using the Land Versatility Index

MA Delava<sup>1\*</sup>, Y Safari<sup>2</sup>, P Alamdari<sup>3</sup>, Z Noori<sup>4</sup>

Received: August 23, 2017

Accepted: December 16, 2018

<sup>1</sup>Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

<sup>2</sup>Assis. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran

<sup>3</sup>Assis. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

<sup>4</sup>Ms.C Graduate, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

\*Corresponding Author, Email: amir-delavar@znu.ac.ir

### Abstract

The present study aimed to calculate the land versatility (overall land suitability) for irrigated wheat, alfalfa and potato in two adjacent areas in Zanjan plain using the combination of individual qualitative suitability degrees. Therefore, in two adjacent areas located in Zanjan plain (in the east and west of Zanjan Zinc Town), with the total area of 4500 and 5500 hectares, respectively, 56 and 68 soil samples with distance of 1000 m were collected. After land suitability degrees determination for irrigated wheat, alfalfa, and potato based on the climatic data and soil and landscape analyses, continuous qualitative land suitability maps were produced using ordinary kriging estimator. Finally, the land versatility (overall land suitability) index, as an average of individual land suitability degrees for different crops, was calculated and then interpolated and mapped. The results showed that the soil pH for potato and the percentage of coarse fragments in the soil for all of the three studied crops caused some limitations. Comparison of land suitability maps revealed higher suitability of wheat and alfalfa farming in the eastern part of Zanjan Zinc Town in comparison with western part of it, while the suitability class for potato was marginal. Comparison of overall land suitability (versatility) index revealed a relatively high spatial variability in both of studied areas and also proved that overall suitability of the lands located in the east is more than the lands located in the west of Zanjan Zinc Town.

**Keywords:** Land versatility index, Zanjan plain, Spatial distribution maps

### مقدمه

و تخریب خاکها موجب تنزل فراوان اراضی حاصلخیز و سودآور در دهه‌های گذشته شده است (فائو ۲۰۰۷، الشیخ و همکاران ۲۰۱۳، مونت‌گومری و همکاران ۲۰۱۶، بازوبندی و همکاران ۱۳۹۵). از سوی دیگر، پیچیده بودن متغیرهای اقتصادی و اجتماعی و تغییرات آن‌ها با زمان موجب شده تا مطالعات ارزیابی اراضی با چالش‌های جدیدی مواجه شوند که عبور از آن‌ها مستلزم توسعه راهکارهای نوین است (سامرانپونگ و همکاران ۲۰۰۹). یکی از چالش‌های مهم در ارزیابی اراضی کمی‌سازی دقیق تغییرپذیری مکانی کوتاه دامنه ویژگی‌های مختلف خاک است (زولکار و باگات ۲۰۱۵). برآیند اثرات ساختار زمین‌شناسی زیرین، فرآیندهای خاک‌سازی و عملیات مدیریتی متداول در هر منطقه، موجب تغییرات قابل ملاحظه

استفاده صحیح و اصولی از اراضی حاصلخیز و بارور در راستای تأمین تقاضای فزاینده مواد غذایی در جهان، مستلزم طراحی و مدیریت منطقی و مستدل برنامه‌های کاربردی اراضی است (کامکار و همکاران ۲۰۱۴). در این راستا، فرآیند ارزیابی و تعیین تناسب اراضی از دیرباز راهگشای بشر در تضمین استفاده بهینه از اراضی بوده (زولکار و باگات ۲۰۱۵، موسوی و همکاران ۱۳۹۷) و هدف از این فعالیت، آن است که ضمن رسیدن به بیشترین میزان عملکرد، مدیریت صحیح و پیشرفته منابع برای حفظ پتانسیل تولید اراضی برای نسل آینده انجام گردد (ذبیحی و همکاران ۲۰۱۵، بارودی ۲۰۱۶). این درحالی است که مسائل عمده‌ای همچون تغییر اقلیم در مقیاس جهانی، رشد صنعت و فن‌آوری، خشک‌سالی، جاری شدن سیلاب‌ها

ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک، حتی در فواصل بسیار کوچک (کمتر از ۱ متر) می‌گردد. نتیجه نهایی چنین تغییراتی در بعد مکان، تغییرپذیری مکانی قابل توجه تناسب اراضی برای کاربری‌های خاص است (صفری و اسفندیارپور بروجنی ۱۳۹۲). حال آن‌که در روش‌های معمول ارزیابی تناسب اراضی توجه چندانی به تغییرات مکانی خاک‌ها، به‌ویژه در مقیاس‌های کوچک نمی‌شود (عمادی و همکاران ۲۰۰۹). در واقع، در روش‌های ارزیابی اراضی مبتنی بر نقشه‌برداری خاک‌ها، تغییرات درون واحدهای اراضی قابل چشم‌پوشی تلقی می‌شوند و این واحدها صرف‌نظر از ماهیت پیوسته خاک، توسط مرزهای قطعی و مشخص از یکدیگر جدا می‌شوند (زیادت ۲۰۰۷). از این رو، در سال‌های اخیر برخی از پژوهشگران توسعه راهکارهای مناسب در راستای پیوسته‌سازی الگوی تغییرات مکانی تناسب اراضی برای کاربری‌های معین را پیش شرط مدیریت خاص مکانی بیان نموده‌اند (تریانتافیلیس و همکاران ۲۰۰۱، عمادی و همکاران ۲۰۰۹، الشیخ و همکاران ۲۰۱۳، صفری و همکاران ۲۰۱۳، زولکار و باگات ۲۰۱۵، بارودی ۲۰۱۶).

به‌هرحال، صرف‌نظر از راهکار مورد استفاده در تعیین تناسب اراضی، نتیجه نهایی معمولاً به‌صورت نقشه‌هایی حاصل می‌شوند که در آن‌ها درجه یا کلاس تناسب اراضی تنها برای یک محصول خاص، تشریح شده است (تریانتافیلیس و همکاران ۲۰۰۱). وقتی از چنین نقشه‌هایی برای طراحی برنامه‌های کاربری اراضی استفاده می‌شود، مفاهیم اقتصادی به‌صورت جزئی و دقیق مدنظر قرار نمی‌گیرند (روزیتز ۱۹۹۶)؛ چرا که با توجه به شرایط متغیر اقتصادی و اجتماعی و نوسانات قابل ملاحظه ارزش اقتصادی محصولات مختلف در بازار، کشت تک‌محصولی نمی‌تواند جوابگوی نیاز کشاورزان و مدیران مزرعه باشد (اوده و کروفرود ۲۰۱۰). اهمیت این مطلب زمانی افزایش می‌یابد که بدانیم، دلیل عمده بسیاری از کشاورزان برای تغییر

الگوی کشت اراضی، جنبه‌های اقتصادی فروش محصول نهایی خویش است (مونت‌گومری و همکاران ۲۰۱۶). باید توجه داشت که مفاهیم اقتصادی همچون، ریسک هزینه‌های تولید و ارزش محصولات تولیدی، از دیدگاه کشاورزان عوامل حیاتی برای بقا در بازار عرضه محصولات محسوب می‌شوند (سامرانپونگ و همکاران ۲۰۰۹). از سوی مقابل، نظر به تعدد محصولات زراعی قابل کشت در هر منطقه، ارائه تعداد بالای نقشه‌های تناسب اراضی برای محصولات مختلف موجب سردرگمی مدیران و تصمیم‌گیرندگان کاربری اراضی شده و مشکل را دوچندان می‌کند. در نتیجه، در راستای کاربردی‌تر نمودن روش‌های معمول تناسب اراضی، لحاظ داشتن راهکارهایی که تمرکز بیشتری بر توانمندسازی کشاورزان برای مواجهه با نوسانات اقتصادی و تغییرات دیگر شرایط مدیریتی دارند، موضوعی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. بررسی قابلیت کلی قطعات مختلف اراضی برای چند کاربری متفاوت، اطلاعات سودمندی راجع به کیفیت کلی اراضی در اختیار قرار داده و بدین طریق، گزینه‌های موجود برای اخذ تصمیم‌گیری‌های صحیح مدیریتی افزایش می‌یابد (اوده و کروفرود ۲۰۱۰). در نتیجه، وابستگی کشاورزان به محصولات خاص کمتر شده و آن‌ها می‌توانند بسته به شرایط متغیر اقتصادی و اجتماعی منطقه، محصولات دیگری را جایگزین نمایند (تریانتافیلیس و مک‌برتنی ۱۹۹۳). علاوه بر آن، با شناخت میزان سودآوری اراضی و پتانسیل ذاتی آن‌ها از دیدگاه توسعه پایدار، طراحی برنامه‌های کاربری اراضی در سطوح کلان تسهیل می‌گردد (مونت‌گومری و همکاران ۲۰۱۶). در این راستا، بررسی هم‌زمان تناسب کلی اراضی برای چند محصول مهم قابل کشت در هر منطقه در قالب یک شاخص معین، می‌تواند سودمند واقع گردد. در این ارتباط، شاخص تناسب تطبیقی اراضی، برای درک تناسب کلی اراضی برای محصولاتی با نیازهای

از عمق‌های صفر تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۵ و ۷۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متری در تمامی نقاط، نمونه‌برداری خاک انجام گرفت و برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. در ادامه، مقادیر ویژگی‌های خاکی مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی منطقه برای کاربری‌های انتخابی، شامل در صد ذرات درشت خاک (ذرات دارای قطر بزرگ‌تر از دو میلی‌متر) توسط الک و به روش با انجام متوسط‌گیری‌های مربوطه با استفاده از ضرایب وزنی مربوط به تصحیح اثر لایه‌های واقع در اعماق مختلف خاک و تطبیق مقادیر متوسط ویژگی‌های خاک در هر نقطه مشاهداتی با معیارهای موجود در جدول نیازهای خاکی محصولات مورد مطالعه (سایس و همکاران ۱۹۹۳)، درجه محدودیت خاک هر یک از نقاط برای تمامی کاربری‌های مورد بررسی، تعیین شدند.

به‌علاوه، برای ارزیابی میزان تناسب اقلیم منطقه برای کشت آبی محصولات مورد مطالعه، با فرض برطرف شدن محدودیت‌های رطوبتی خاک در اثر آبیاری، پس از استخراج مقادیر متوسط هر یک از ویژگی‌های اقلیمی مورد نیاز طی دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰، از اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان (اداره کل هواشناسی استان زنجان ۱۳۹۴) و انطباق آن‌ها با حدود بهینه این ویژگی‌ها در جدول نیازهای اقلیمی این محصولات (سایس و همکاران ۱۹۹۳)، درجه محدودیت ویژگی‌های اقلیمی حاصل گردید. سپس، با استفاده از روش استوری، شاخص زمین (شاخص اراضی)<sup>۲</sup> برای هر محصول محاسبه و پس از تبدیل آن به درجه نهایی تناسب اراضی بر اساس جداول موجود (سایس و همکاران ۱۹۹۳)، مقادیر درجه تناسب اراضی برای هر محصول در نقاط نمونه‌برداری نشده با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ معمولی (وبستر و الیور ۲۰۰۷) در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10.1، برآورد گردید. در پایان، با پهنه‌بندی نقشه‌های حاصل، نقشه‌های پیوسته تناسب کیفی اراضی برای تمامی

اکولوژیکی متفاوت مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته است (اوده و کروفرود ۲۰۱۰).

مهم‌ترین اهداف پژوهش حاضر دستیابی به نقشه پیوسته تناسب اراضی برای کشت آبی محصولات زراعی عمده دشت زنجان، شامل گندم، یونجه و سیب‌زمینی و مقایسه تناسب کلی اراضی دو منطقه همجوار در دشت زنجان با استفاده از شاخص تناسب تطبیقی اراضی<sup>۱</sup> است.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه مطالعاتی

پژوهش حاضر در دو منطقه همجوار در دشت زنجان در شش کیلومتری جنوب شهر زنجان واقع در اطراف شهرک صنعتی روی به انجام رسید. منطقه اول با مساحتی بالغ بر ۴۵۰۰ هکتار در شرق شهرک صنعتی روی و دومین منطقه با مساحتی بالغ بر ۵۵۰۰ هکتار در غرب شهرک صنعتی روی قرار دارد. میانگین بارندگی و دمای سالانه منطقه در یک دوره آماری ۵۰ ساله (از ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰)، به ترتیب، ۳۰۲/۸ میلی‌متر و ۱۱/۱ درجه سلسیوس و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا، ۱۶۶۰ متر است (اداره کل هواشناسی استان زنجان ۱۳۹۴). کشت یونجه، سیب‌زمینی و غلات از جمله گندم پاییزه، از مهم‌ترین کاربری‌های مناطق مورد مطالعه محسوب می‌شوند و خاک‌ها به‌طور عمده بر روی نهشته‌های آبرفتی کواترنری تکامل یافته‌اند (صفری و همکاران ۲۰۱۵).

#### مطالعات ارزیابی تناسب اراضی

برای انجام این مطالعه، ابتدا بر روی نقشه توپوگرافی منطقه مطالعاتی، دو محدوده شامل اراضی زیر کشت جدا گردید و سپس بر اساس الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم، موقعیت تعداد ۵۶ و ۶۸ نقطه نمونه‌برداری با فواصل ۱۰۰۰ متر در راستای طولی و عرضی، به ترتیب در محدوده‌های شرق و غرب شهرک صنعتی روی مشخص شد. پس از حفر مینی‌پیت (مته)،

<sup>2</sup> Land index

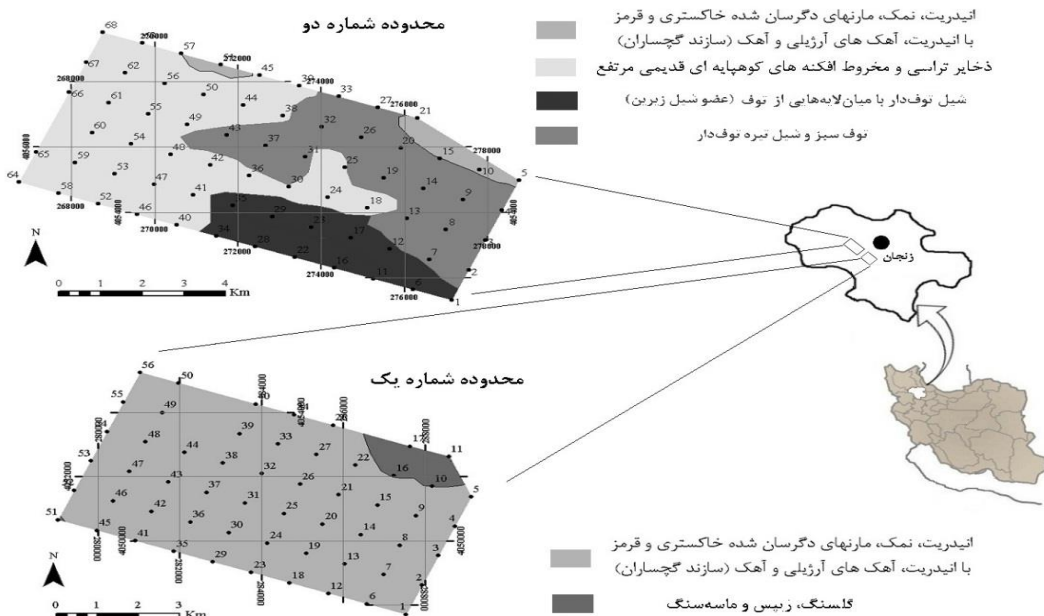
<sup>1</sup> Land versatility (Overall suitability)

تعداد محصولاتی است که درجه تناسب اراضی برای کشت آن‌ها در معادله دخیل است. پس از آن، برای دستیابی به نقشه پیوسته تناسب کلی اراضی، مقادیر شاخص تناسب تطبیقی به دست آمده در نقاط نمونه‌برداری موجود در هر محدوده با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ معمولی، در نقاط دیگر برآورد و در نهایت پهنه‌بندی گردید.

محصولات مورد مطالعه در هر دو محدوده به دست آمد. در نهایت، برای به‌دست آوردن دید کلی از کیفیت اراضی واقع در هر محدوده برای تمامی کاربری‌های مورد مطالعه، شاخص تناسب تطبیقی اراضی با استفاده از معادله ۱ حاصل گردید (تریانتافیلیس و همکاران ۲۰۰۱).

$$\bar{\mu} = \sum \mu_i / n \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله،  $\bar{\mu}$  شاخص تناسب تطبیقی،  $\mu_i$  مقدار شاخص استوری محاسبه شده برای کاربری  $i$  و  $n$



شکل ۱- محدوده تقریبی مناطق مورد مطالعه همراه با نقشه زمین‌شناسی و الگوی توزیع نقاط نمونه‌برداری.

### نتایج و بحث

در تطابق با این یافته‌ها، کمالی و همکاران (۱۳۸۹) چنین اظهار داشتند که وقوع برخی محدودیت‌های اقلیمی، از جمله متوسط درجه حرارت دوره رشد، موجب تنزل قابل ملاحظه تناسب اقلیمی استان زنجان برای کشت گندم دیم می‌شود؛ به‌گونه‌ای که کلاس تناسب اقلیم برای این کاربری در اغلب مناطق از کلاس تناسب بالا به کلاس تناسب متوسط و کلاس تناسب بحرانی تنزل یافت. همچنین، نتایج پژوهش صفری و همکاران (۲۰۱۳) که در دشت شهرکرد با اقلیمی مشابه با اقلیم منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر به انجام

جدول ۱ نتایج ارزیابی اقلیم منطقه برای کشت هر یک از محصولات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۱ گویای آن است که اقلیم منطقه مورد مطالعه تناسب قابل قبولی برای کشت محصولات انتخاب شده دارد. در این میان، بالاترین درجه تناسب اقلیمی برای کشت گندم آبی و پایین‌ترین آن برای کشت یونجه آبی مشاهده شد. برای محصولات گندم و یونجه، ویژگی متوسط درجه حرارت دوره رشد و برای محصول سیب‌زمینی ویژگی میانگین طول روز در دوره رشد باعث کاهش قابل ملاحظه درجه تناسب اقلیم شده است.

شده در جدول ۲، برخی دیگر از ویژگی‌های اراضی (مانند در صد شیب، میانگین پستی و بلندی‌های کوچک، وضعیت سیل‌گیری اراضی، سنگلاخی بودن خاک سطحی، عمق خاک و در صد گچ) در تعیین کلاس تناسب اراضی برای کشت محصولات انتخاب شده، مهم هستند (سایس و همکاران ۱۹۹۳).

نظر به آن که بر اساس مشاهدات صحرایی و یا انجام آزمایش در تعدادی از نمونه‌های خاک مشخص شد که این ویژگی‌ها برای کاربری‌های مورد نظر در این پژوهش محدودیتی نداشته، لذا داشتن آن‌ها در سایر مراحل مطالعات تناسب اراضی صرف نظر شد.

رسید نشان داد که ویژگی متوسط درجه حرارت دوره رشد موجب کاهش درجه تناسب اقلیم منطقه برای کشت آبی یونجه می‌شود. به نظر می‌رسد، انجام برخی اقدامات مدیریتی از قبیل اصلاح تاریخ کاشت بتواند در افزایش انطباق نیازهای حرارتی گیاهان با شرایط اقلیمی موجود در منطقه و در نتیجه، کاهش محدودیت‌های اقلیمی در این منطقه و مناطق مشابه کارساز باشد. توصیف آماری ویژگی‌های خاکی مؤثر بر تناسب اراضی برای کشت محصولات مورد بررسی برای هر دو محدوده مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که علاوه بر ویژگی‌های خاکی ارائه

جدول ۱- نتایج ارزیابی اقلیم منطقه برای کشت محصولات مورد مطالعه.

محصول	خصوصیت اقلیمی	مقدار	درجه محدودیت	درجه اقلیم
سیب‌زمینی	میانگین درجه حرارت دوره رشد (°C)	۲۰/۷	۹۳/۲	
	میانگین کمینه مطلق درجه حرارت ماه اول دوره رشد (°C)	۲/۹	۱۰۰	
	میانگین کمینه مطلق درجه حرارت سه ماه دیگر دوره رشد (°C)	۸/۰	۱۰۰	۸۲/۸
	میانگین اختلاف درجه حرارت بین روز و شب (°C)	۱/۹	۹۲/۸	
	میانگین طول روز در دوره رشد (hr)	۱۰/۷	۸۵/۰	
گندم	متوسط درجه حرارت دوره رشد (°C)	۱۳/۴	۹۰/۱	
	متوسط درجه حرارت مرحله جوانه‌زنی (°C)	۸/۷	۹۷/۰	
	متوسط درجه حرارت مرحله گل‌دهی (°C)	۱۵/۲	۹۶/۵	۹۰/۶
	متوسط درجه حرارت مرحله رسیدگی (°C)	۲۱/۳	۹۷/۶	
	متوسط بیشینه درجه حرارت روزانه سردترین ماه سال (°C) به همراه متوسط کمینه درجه حرارت روزانه سردترین ماه سال (°C)	۱۲/۷ -۰/۷	۱۰۰	
یونجه	متوسط درجه حرارت دوره رشد (°C)	۱۷/۵	۷۲/۵	۷۴/۲
	رطوبت نسبی (%)	۵۴/۶	۸۸/۲	

جدول ۲- توصیف آماری ویژگی‌های خاکی مورد بررسی در دو محدوده مورد مطالعه.

متغیر	شرق شهرک صنعتی روی			غرب شهرک صنعتی روی				
	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار
ذرات درشت‌تر از دو میلی‌متر (%)	۲۷/۳	۸/۵	۵۸/۲	۹/۵	۲۶/۸	۱۱/۲	۶۱/۲	۹/۸
کربنات کلسیم معادل (%)	۱۹/۸	۷/۱	۴۶/۸	۱۱/۰	۱۸/۶	۷/۰	۳۸/۲	۸/۲
اسیدیته خاک	۷/۷۸	۷/۴۸	۸/۱۰	۰/۱۸	۷/۵۴	۷/۳۵	۷/۸۲	۰/۱۱
قابلیت هدایت الکتریکی (dS m <sup>-1</sup> )	۰/۵۰	۰/۲۲	۱/۳۰	۰/۱۸	۰/۶۱	۰/۲۰	۱/۸۲	۰/۳۴
نسبت جذب سدیم ((meq l <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup> )	۰/۴۲	۰/۱۵	۰/۹۵	۰/۱۴	۰/۵۰	۰/۱۵	۱/۳۰	۰/۴۰
رس (%)	۲۷/۲	۸/۵	۴۲/۵	۹/۱	۲۴/۵	۸/۱	۳۷/۲	۷/۶
شن (%)	۳۸/۴	۱۲/۴	۶۹/۰	۱۳/۲	۴۰/۸	۱۵/۶	۷۴/۵	۱۴/۱

محصولات مورد بررسی، گندم به بافت‌های سبک حساسیت بیشتری دارد و بیشترین عملکرد را در خاک‌های دارای بافت نیمه‌سنگین دارد؛ در حالی که یونجه و سیب‌زمینی در خاک‌هایی با بافت نسبتاً سبک نیز عملکرد خوبی دارند (سایس و همکاران ۱۹۹۳). خلاصه آماری درجه تناسب اراضی برای هر سه محصول مورد مطالعه در دو محدوده مورد بررسی همراه با ویژگی‌های آماری شاخص تناسب تطبیقی اراضی در جدول ۳ و نقشه‌های پیوسته تناسب اراضی برای کشت محصولات مورد مطالعه در شکل ۲ ارائه شده است.

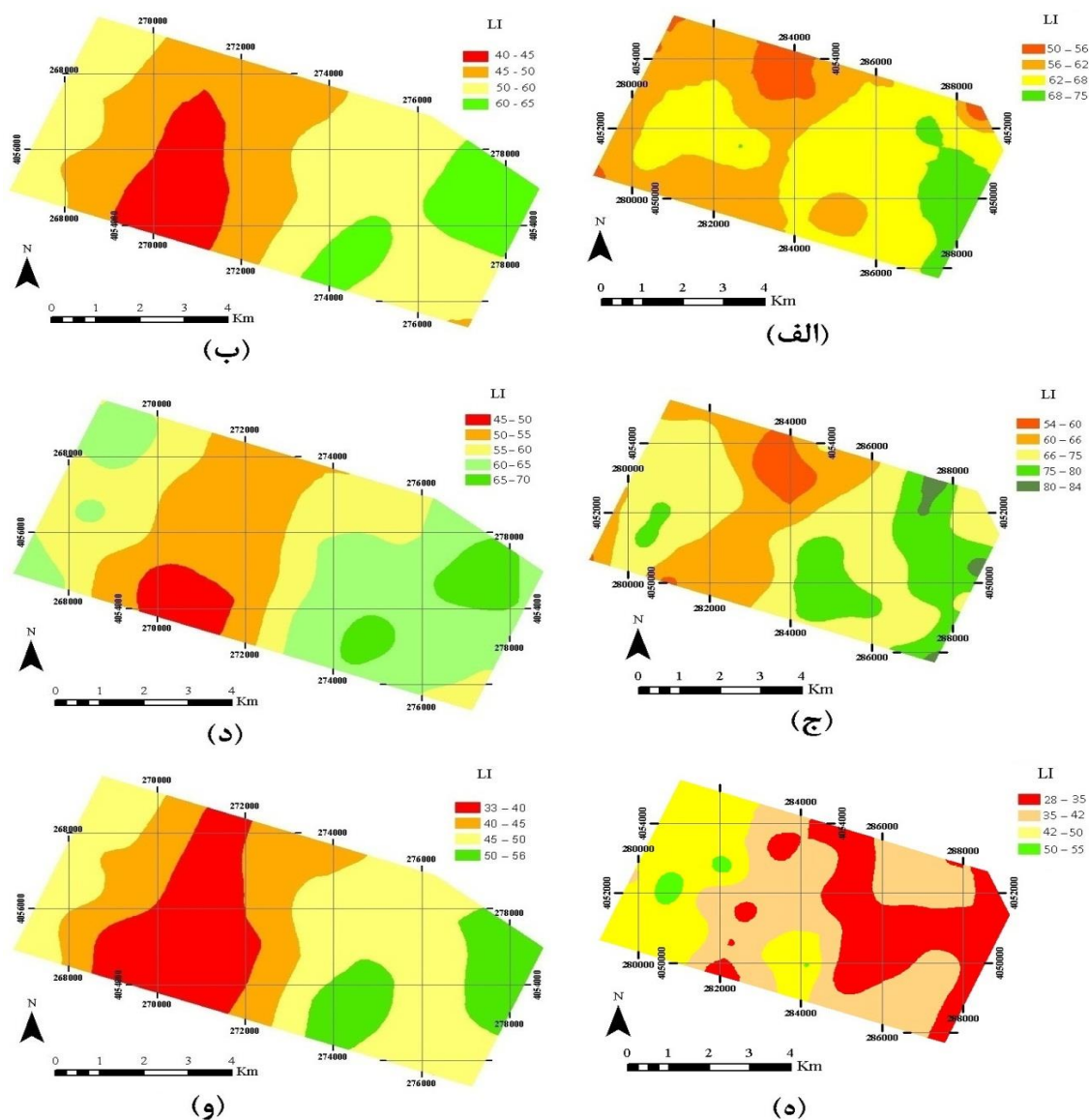
مقادیر اسیدیته خاک منجر به محدودیت‌های جدی و کاهش تناسب اراضی منطقه برای کشت سیب‌زمینی می‌شود. ویژگی‌های قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و نسبت جذب سدیم مقادیر بسیار کوچکی در هر دو محدوده مورد مطالعه دارند و در نتیجه، محدودیتی برای کشت محصولات مورد نظر ندارند. مقایسه مقادیر در صد رس و در صد شن خاک در دو محدوده مورد مطالعه نشان از آن دارد که خاک‌های موجود در محدوده شرق شهرک مقادیر بیشتری رس داشته و در نتیجه کلاس بافتی خاک‌ها در آن‌ها نسبت به محدوده غرب شهرک نسبتاً سنگین‌تر است. در میان

جدول ۳- توصیف آماری درجه تناسب اراضی برای محصولات مختلف همراه با شاخص تناسب تطبیقی اراضی.

محصول	شرق شهرک صنعتی روی			غرب شهرک صنعتی روی			
	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	میانگین	کمینه	بیشینه
سیب‌زمینی	۳۸/۷	۲۷/۳	۵۸/۲	۸/۱	۴۴/۳	۳۰/۴	۵۶/۲
گندم	۶۹/۳	۵۴/۲	۸۶/۲	۷/۶	۵۸/۲	۴۴/۷	۷۲/۱
یونجه	۶۰/۰	۴۶/۱	۷۶/۸	۱۰/۱	۵۰/۷	۲۸/۶	۶۵/۹
شاخص تناسب تطبیقی	۵۶/۳	۴۳/۱	۶۸/۰	۵/۹	۵۱/۱	۳۹/۹	۶۱/۳

پژوهش عمادی و همکاران (۲۰۰۹) مؤید آن است که بی‌توجهی به تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک در فرآیند تعیین تناسب اراضی برای کاربری‌های خاص می‌تواند به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر شود. همچنین، افشار و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که با توجه به خلوص پایین نقشه‌های خاک، اتکا به نتایج خاک‌رخ شاهد در مرزبندی خاک‌ها و طبقه‌بندی تناسب اراضی نمی‌تواند پاسخگوی نیازمندی‌های لازم برای اعمال روش‌های سودمند مدیریت خاص مکانی باشد. از سوی مقابل، یافته‌های پژوهش سامرانپونگ و همکاران (۲۰۰۹) حاکی از آن است که نقشه‌های تناسب اراضی تهیه شده برای زرت بر اساس درون‌یابی مقادیر ویژگی‌های خاک هم‌بستگی مطلوبی با عملکرد واقعی این گیاه نشان داده است.

با توجه به نقشه‌های تناسب اراضی ارائه شده در شکل ۲ می‌توان دریافت که تناسب کیفی اراضی برای تمامی محصولات مورد مطالعه در هر دو محدوده مورد بررسی دارای تغییرپذیری مکانی قابل توجهی است. برای نمونه، در مورد کشت آبی گندم، برآیند اثرات ویژگی‌های مختلف خاکی و اقلیمی موجب پدید آمدن دامنه بالای تغییرات برای تناسب کیفی اراضی در محدوده شرق شهرک شده است (شکل ۲-ج). این مشاهدات به‌وضوح، معایب راهکارهای سنتی نقشه‌برداری خاک و تناسب اراضی، که در آن‌ها تعیین تناسب اراضی برای محصولات مختلف بدون توجه به تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های مختلف خاک انجام می‌گیرد، را نشان می‌دهند. در همین ارتباط، نتایج



شکل ۲- نقشه تناسب اراضی برای کشت آبی یونجه در محدوده‌های شرق (الف) و غرب شهرک صنعتی (ب)، گندم در محدوده‌های شرق (ج) و غرب شهرک صنعتی (د) و سیب‌زمینی در محدوده‌های شرق (ه) و غرب شهرک صنعتی (و).

گندم نیز مشاهده می‌شود که در مقایسه با اراضی واقع در محدوده غرب شهرک، مقادیر درجه تناسب اراضی واقع در محدوده شرق شهرک نسبتاً بزرگ‌تر هستند و عمده اراضی واقع در این محدوده دارای تناسب نسبتاً خوب تا خوب برای این کاربری هستند. به نظر می‌رسد که تفاوت‌های موجود میان کلاس بافت خاک اراضی واقع در دو محدوده مورد بررسی، از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در ایجاد درجات متفاوت تناسب اراضی برای کاربری‌های مزبور باشد. به هر حال، گستردگی حدود تغییرات هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی موجب

با عنایت به نتایج موجود در جدول ۳ و بررسی نقشه تناسب اراضی برای کشت آبی یونجه در محدوده‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که در مجموع اراضی واقع در محدوده شرق شهرک نسبت به اراضی مجاور از تناسب بالاتری برای این کاربری برخوردار هستند؛ به گونه‌ای که تمامی اراضی محدوده شرق شهرک دارای درجه تناسب بالاتر از ۵۰ (تناسب بالا تا حاشیه‌ای) هستند ولی بخش بزرگی از اراضی واقع در محدوده غرب شهرک دارای تناسب حاشیه‌ای برای کشت آبی یونجه دارند. به طریق مشابه، در مورد

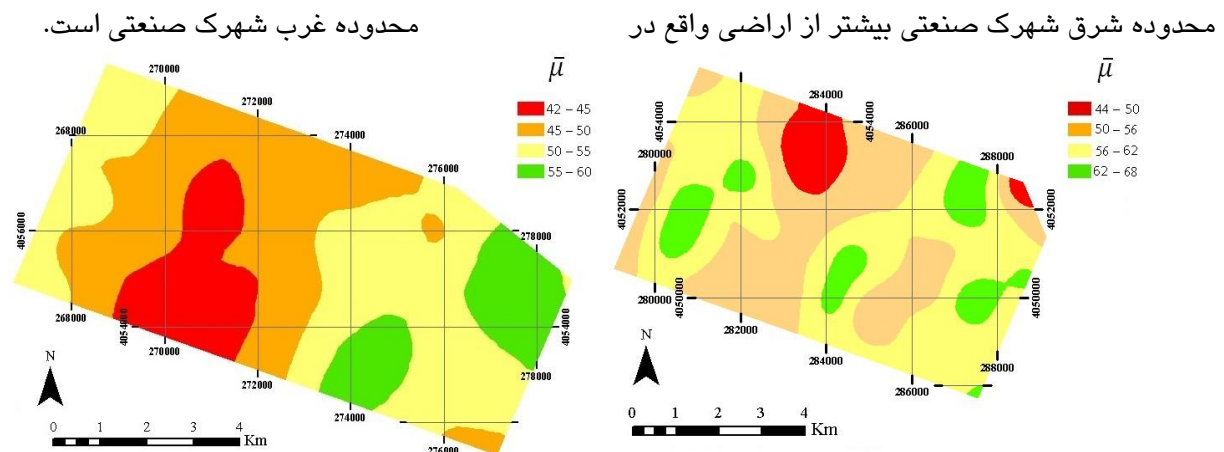


این پژوهش تنها از لحاظ درجه تناسب اراضی برای یک محصول مشخص مورد مقایسه قرار گیرند، می‌توان با مقایسه نقشه‌های تناسب اراضی مربوطه، اراضی دارای درجه تناسب بالاتر و در نتیجه سودآورتر را به سهولت تعیین نمود. اما چنانچه تعیین سودآوری کلی اراضی از نقطه نظر هر سه کاربری رایج در منطقه مدنظر باشد، مقایسه نقشه‌های تناسب مربوط به هر محصول در دو محدوده نتایج متناقضی را در پی خواهد داشت. در تطابق با این یافته‌ها، صفری و اسفندیارپور بروجنی (۱۳۹۳) در مقایسه تناسب کیفی اراضی برای کشت آبی محصولات گندم و سیب‌زمینی در دو واحد نقشه خاک تفصیلی در دشت فرادنبه استان چهارمحال و بختیاری دریافتند که برای محصول سیب‌زمینی، کلاس تناسب اراضی در واحد اول بالاتر از واحد دوم، ولی برای محصول گندم نتیجه عکس حاصل شده است. برای حل این مسئله، برآورد متوسط تناسب کلی اراضی هر منطقه برای کشت چند محصول مختلف توصیه شده است (تریانتافیلیس و همکاران ۲۰۰۱). شکل ۳ نقشه توزیع مکانی شاخص تناسب تطبیقی (تناسب کلی) اراضی منطقه برای کشت آبی محصولات یونجه، گندم و سیب‌زمینی را نشان می‌دهد.

نتایج موجود در شکل ۳ بیان‌گر آن است که مقادیر شاخص تناسب تطبیقی اراضی برای کشت محصولات مورد مطالعه دارای تغییرپذیری مکانی قابل توجهی در هر دو محدوده مورد بررسی است. هم‌چنین، مقایسه نقشه تناسب کلی اراضی برای کشت محصولات رایج منطقه در هر یک از محدوده‌ها با نقشه تناسب اراضی هر محصول، گویای تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای است که در پی تلفیق درجات تناسب اراضی برای محصولات مختلف در قالب شاخص تناسب تطبیقی اراضی ناشی شده است. از سوی دیگر، مقایسه دامنه تغییرات مقادیر عددی شاخص تناسب تطبیقی اراضی برای کشت آبی یونجه، گندم و سیب‌زمینی در محدوده‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که تناسب کلی اراضی واقع در

شده که تفاوت‌های موجود میان درجه تناسب اراضی دو محدوده مورد مطالعه برای تمام کاربری‌ها تا حدی کم‌رنگ شود (زیادت ۲۰۰۷). به بیان دیگر، وسیع بودن دامنه تغییرات مقادیر عددی ویژگی‌های مختلف خاک و اثرات تجمعی آن‌ها بر درجه تناسب نهایی اراضی برای کاربری‌های مختلف در اثر گروه‌بندی مقادیر متفاوت درجه تناسب اراضی در قالب یک کلاس واحد، تا حدی پوشش یافته است. بررسی نقشه‌های تناسب اراضی برای کشت آبی سیب‌زمینی مؤید آن است که درجه تناسب اراضی برای این محصول در هر دو محدوده مورد مطالعه نسبتاً کوچک و به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقادیر درجه تناسب برآورد شده برای دو محصول دیگر است. با توجه به وجود مقادیر بالای کربنات کلسیم در خاک‌های منطقه و غالب شدن اسیدیته خاک قلیایی، حساسیت محصول سیب‌زمینی به اسیدیته خاک موجب شده تا کلاس تناسب عمده اراضی مورد مطالعه برای کشت آبی سیب‌زمینی، حاشیه‌ای برآورد شود. در پژوهشی مشابه، صفری و همکاران (۲۰۱۳) چنین گزارش کردند که حساسیت محصول سیب‌زمینی به اسیدیته خاک موجب شده تا در مقایسه با محصولات گندم، یونجه و چغندر قند، کمترین درجه تناسب اراضی خاک‌های آهکی دشت شهرکرد به سیب‌زمینی اختصاص یابد. در تقابل با دو محصول یونجه و گندم، مقایسه نقشه‌های تناسب کیفی اراضی برای کشت آبی سیب‌زمینی در محدوده‌های مورد مطالعه نشان از آن دارد که تناسب اراضی واقع در محدوده غرب شهرک نسبتاً بیشتر از اراضی واقع در محدوده شرق شهرک است. نظر به مشاهده تفاوت‌های قابل ملاحظه میان مقادیر اسیدیته خاک اراضی واقع در این محدوده‌ها (جدول ۲)، به نظر می‌رسد این ویژگی خاکی مهم‌ترین دلیل تفاوت مشاهده شده در مقادیر درجه تناسب اراضی خاک‌های دو محدوده مورد بررسی باشد.

همان‌طور که از مباحث مطرح شده به وضوح مشخص است، چنانچه دو محدوده مورد بررسی در



شکل ۳- نقشه تناسب کلی اراضی (شاخص تناسب تطبیقی) برای کشت آبی یونجه، گندم و سیبزمینی در محدوده‌های شرق شهرک صنعتی (الف و ب) و غرب شهرک صنعتی (سمت چپ).

مجاور شهرک روی و اختصاص آن‌ها به واحدهای صنعتی در چند سال آینده امری محتمل می‌نماید. البته، بی‌شک توجه به سایر متغیرهای اقتصادی و اجتماعی در منطقه و سیاست‌های کلان نهادهای دولتی در این راستا، امری ضروری و تعیین کننده است. پارامترهای درون‌یابی تخمین‌گر کریجینگ و شاخص خطای میانگین مجذور مربعات خطای استاندارد شده<sup>۳</sup> در جدول ۴ ارائه شده است.

آن‌طور که از نتایج جدول ۴ مشخص است، الگوی تغییرپذیری مکانی درجات تناسب اراضی برای هر سه محصول و نیز الگوی تغییرات شاخص تناسب تطبیقی اراضی در هر دو محدوده مورد مطالعه از مدل‌های نمایی و کروی پیروی می‌کنند که از معمول‌ترین مدل‌های واریوگرامی در بررسی تغییرات محیطی، به ویژه خصوصیات مختلف خاک هستند. هم‌چنین کوچک بودن نسبی مقادیر شاخص اثر قطعه‌ای نسبی موجب شده تا کلاس هم‌بستگی مکانی متغیرهای مزبور، متوسط تا قوی باشند (کمبردلا و همکاران ۱۹۹۴). از سوی دیگر، چنین اظهار شده است که چنانچه مقادیر شاخص میانگین مجذور مربعات خطای استاندارد شده کمتر از ۴۰ باشد، تخمین رضایت‌بخشی انجام گرفته

با توجه به تغییرات متغیرهای اقتصادی مربوط به طراحی برنامه‌های کاربری اراضی در مناطق مختلف و عدم کارایی کشت تک‌محصولی (تریانتالیسیس و همکاران ۲۰۰۱، مونت‌گومری و همکاران ۲۰۱۶)، اطلاعات حاصل می‌تواند در شناسایی اراضی سودآور در راستای اتخاذ تصمیم‌های صحیح مدیریتی برای گسترش اراضی کشاورزی و یا برنامه‌های تغییر کاربری اراضی سودمند واقع گردد.

در مجموع، می‌توان اظهار داشت که کارایی و کیفیت اراضی واقع در محدوده شرق شهرک صنعتی برای حمایت مطلوب از رشد گیاهان بیشتر از اراضی مجاور است و این اراضی پتانسیل لازم برای کشت محصولات مورد بررسی را دارند (شکل ۳). در نتیجه، توصیه می‌شود که در صورت نیاز به تغییر کاربری در بخشی از اراضی منطقه، اراضی واقع در محدوده غرب شهرک صنعتی که دارای تناسب کلی کمتری برای کشت‌های رایج منطقه هستند، به کاربری‌های غیر کشاورزی اختصاص یابند و از تغییر کاربری اراضی سودآور واقع در محدوده شرق شهرک صنعتی خودداری شود. لازم به توضیح است که نظر به گسترش فعالیت‌های مربوط به فرآوری فلز روی در شهرک صنعتی روی زنجان، تغییر کاربری اراضی

<sup>3</sup>- Standardized Root Mean Square Error; RMSE%

صحت تخمین‌های انجام گرفته و در نتیجه قابل اعتماد بودن نقشه‌های تناسب ارائه شده است.

است (هنگل و همکاران ۲۰۰۴). بنابراین، مقادیر محاسبه شده این شاخص در پژوهش حاضر (جدول ۴) دلیلی بر

جدول ۴- پارامترهای درونیابی تخمین‌گر کریجینگ و شاخص اعتبارسنجی تخمین‌های انجام شده.

شاخص RMSE%	کلاس همبستگی مکانی	اثر قطعه‌ای نسبی (%)	اثر قطعه‌ای	دامنه (m)	مدل	متغیر	
۱۸/۱	متوسط	۴۰/۳	۱/۲۰	۳۴۰۰	نمایی	سیب‌زمینی	
۱۹/۵	قوی	۱۸/۵	۲/۴۵	۲۸۰۰	نمایی	گندم	شرق شهرک
۱۰/۰	متوسط	۳۶/۲	۰/۰۲	۴۰۰۰	کروی	یونجه	صنعتی روی
۲۴/۶	قوی	۱۱/۰	۰/۰۵	۴۲۰۰	نمایی	شاخص تناسب تطبیقی	
۲۸/۵	متوسط	۲۹/۷	۰/۰۱	۴۳۰۰	نمایی	سیب‌زمینی	
۳۲/۰	متوسط	۳۱/۵	۰/۰۶	۳۸۵۰	کروی	گندم	غرب شهرک
۱۴/۴	قوی	۸/۳	۰/۱۶	۶۴۰۰	کروی	یونجه	صنعتی روی
۲۱/۲	قوی	۱۴/۰	۰/۰۵	۳۵۰۰	نمایی	شاخص تناسب تطبیقی	

### نتیجه‌گیری کلی

اراضی است. مقایسه نقشه‌های تناسب اراضی برای محصولات مورد بررسی در دو محدوده انتخاب شده نشان داد که در مجموع، درجه تناسب اراضی برای کشت یونجه و گندم در اراضی واقع در شرق شهرک نسبت به اراضی غرب شهرک صنعتی روی بیشتر است ولی در مورد کشت سیب‌زمینی، نتیجه عکس حاصل شد. بررسی الگوی توزیع مکانی و دامنه تغییرات مقادیر عددی شاخص تناسب تطبیقی (تناسب کلی) اراضی نشان از آن داشت که در مجموع، سودآوری و تناسب کلی اراضی واقع در محدوده شرق شهرک بیشتر از اراضی واقع در محدوده غرب شهرک است. در نهایت می‌توان اظهار داشت که نقشه‌های تناسب کلی اراضی برای چند محصول رایج در هر منطقه می‌تواند اطلاعات سودمندی در مورد سودآوری اراضی کشاورزی ارائه داده و به منظور صرفه‌جویی در وقت، در مراحل نخستین طراحی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرند.

نتایج ارزیابی اقلیم منطقه مورد مطالعه برای کشت آبی محصولات انتخاب شده نشان داد که در مجموع، اقلیم منطقه تناسب بالایی برای کاربری‌های مورد نظر دارد؛ هر چند که برای محصولات گندم و یونجه، ویژگی متوسط درجه حرارت دوره رشد و برای محصول سیب‌زمینی ویژگی میانگین طول روز در دوره رشد باعث کاهش نسبی درجه تناسب اقلیم شده است. ارزیابی خاک محدوده‌های مورد مطالعه برای کاربری‌های انتخاب شده گویای آن بود که ویژگی‌های در صد ذرات درشت خاک (در صد سنگ و سنگ‌ریزه) و بافت خاک برای هر سه کاربری و ویژگی اسیدیته خاک برای کشت سیب‌زمینی محدودیت‌های متوسط تا شدیدی را ایجاد می‌کنند. تناسب کیفی اراضی برای تمامی محصولات مورد مطالعه در هر دو محدوده مورد بررسی دارای تغییرپذیری مکانی قابل توجهی بود که نشان‌گر لزوم توجه به تغییرپذیری‌های کوتاه دامنه ویژگی‌های خاک در هنگام طراحی برنامه‌های کاربری

## منابع مورد استفاده

- Afshar H, Salehi MH, Mohammadi J and Mehnatkesh A, 2009. Spatial variability of soil properties and irrigated wheat yield in a quantitative suitability map, a case study: Shahr-e-Kian area, Chaharmahal-va-Bakhtiari province. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)* 23(1): 161-172.
- Anonymous, 2007. Land evaluation. Rome, Italy.
- Anonymous, 2015. Zanzan synoptic meteorological station. Available online at: <http://www.zanzanmet.ir>.
- Baroudy AAE, 2016. Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena* 140: 96-104.
- Bazoubandi M, Rahimi M, Malekian A, Gharechelou S and Hashemi AA, 2016. Evaluation and optimization of land use pattern (case study: Golroudabar watershed, Semnan Province). *Water and Soil Science, University of Tabriz* 26(1): 73-86. (In Persian with English abstract).
- Cambardella CA, Moorman TB, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1501-1511.
- Carter MR and Gregorich EG, 2008. Sampling and methods of analysis. (2nd ed). Canadian Society of Soil Science Publisher.
- Elsheikh R, Mohamed Shariff ARB, Amiri F, Ahmad NB, Balasundram SK and Soom MAM, 2013. Agriculture land suitability evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 93: 98-110.
- Emadi M, Baghernejad M, Pakparvar M and Kowsar SA, 2009. An approach for land suitability evaluation using geostatistics, remote sensing, and geographic information system in arid and semiarid ecosystems. *Environmental Monitoring Assessment* 164: 501-511.
- Esfandiarpour-Boroujeni I and Safari Y, 2014. Comparison of functional pedodiversity in two detailed soil map units (A case study: Faradonbeh plain, Chaharmahal-va-Bakhtiari province). *Water and Soil Science* 18(67): 267-277. (In Persian with English abstract)
- Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis. Pp: 383-411. In: Klute A, (ed). *Methods of soil analysis, Part 1*, American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Givi J, 1997. Qualitative evaluation of land suitability for field and fruit crops. Iranian Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran (in Persian).
- Hengl T, Heuvelink GBM and Stein A, 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma* 120: 75-93.
- Kamali Gh, Mollaei P and Behyar MB, 2010. Development of Zanzan Province dry land wheat atlas by using climatic data and GIS. *Journal of Water and Soil* 24(5): 894-907.
- Kamkar B, Dorri MA and Da Silva JAT, 2014. Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.) – soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 17: 95-104.
- Loeppert RH and Suarez DL, 1996. Carbonate and gypsum. Pp: 437- 474. In: Sparks DL, (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 3*, American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Mclean EO, 1982. Soil pH and lime requirement. Pp: 199-224. In: Page AL, (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Montgomery B, Dragicevic S, Dujmovic J and Schmidt M, 2016. A GIS-based logic scoring of preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 124: 340-353.
- Mousavi SA, Sarmadian F and Taati A, 2018. Land suitability evaluation of rainfed barley using analytical hierarchy process technique and GIS in a part of Kuhin area. *Water and Soil Science, University of Tabriz* 28(2): 177-189. (In Persian with English abstract).
- Odeh IOA and Crawford M, 2010. Soil suitability and crop versatility assessment using fuzzy analysis at a farm scale. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia.
- Rossiter DG, 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma* 72: 165-202.
- Safari Y, Delavar MA, Zhang Ch, Esfandiarpour Boroujeni I and Owliaie HR, 2015. The influences of selected soil properties on Pb availability and its transfer to wheat (*Triticum aestivum* L.) in a polluted calcareous soil. *Environmental Monitoring and Assessment* 187: 773-783.

- Safari Y, Esfandiarpour Borujeni I, Kamali A, Salehi MH and Bagheri M, 2013. Qualitative land suitability evaluation for main irrigated crops in the Shahrekord plain, Iran: A geostatistical approach compared with conventional method. *Pedosphere* 23(6): 767-778.
- Safari Y and Esfandiarpour-Boroujeni I, 2013. The effect of intra-unit variability of the detailed soil map on the results of qualitative land suitability evaluation (A case study: main irrigated crops in the Shahrekord plain). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 17(65): 101-111. (In Persian with English abstract)
- Samranpong Ch, Ekasingh B and Ekasingh M, 2009. Economic land evaluation for agricultural resource management in Northern Thailand. *Environmental Modeling and Software* 24: 1381-1390.
- Sys C, Van Ranst E and Debaveye J, 1993. Land Evaluation. Part III: Crop Requirements. Agricultural Publications No. 7. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.
- Triantafilis J, Ward WT and McBratney AB, 2001. Land suitability in the Namoi Valley of Australia, using a continuous model. *Australian Journal of Soil Research* 39: 273-290.
- Triantafilis J and McBratney AB, 1993. Application of continuous methods of soil classification and land suitability assessment in the lower Naomi Valley. p. 172. CSIRO Division of Soils Report No. 121.
- Webster R and Oliver MA, 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley and Sons, Chichester, England.
- Zabihi H, Ahmad A, Vogeler I, Said MN, Golmohammadi M, Golein B and Nilashi M, 2015. Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture* 117: 114-126.
- Ziadat FM, 2007. Land suitability classification using different sources of information: soil maps and predicted soil attributes in Jordan. *Geoderma* 140: 73-80.
- Zolekar RB and Bhagat VSh, 2015. Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 118: 300-321.