

## بررسی تناسب محیطی منطقه خداآفرین استان آذربایجان شرقی برای تیپ بهره‌وری چغندر قند با استفاده از سیستم تصمیم میکرو لیز

امید احمدی<sup>۱</sup>، پریسا علمداری<sup>۲</sup>، مسلم ثروتی<sup>۳\*</sup> و حسین رضائی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- استادیار، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷	
<b>کلمات کلیدی:</b> آلماگرا، ارزیابی اراضی، اصلاح اراضی، ترازا، تناسب اراضی، سرواتانا	مطالعه و برنامه‌ریزی برای افزایش تولید در واحد سطح برای محصولات استراتژیک ضروری است که در این راستا ارزیابی تناسب محیطی از گام‌های اصلی می‌باشد. مطالعه حاضر جهت ارزیابی تناسب کشت چغندر قند در منطقه خداآفرین استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل‌های سامانه میکرو لیز و طی بررسی عوامل محیطی ۱۱ واحد اراضی انجام شد تا ضمن ارزیابی تناسب منطقه برای تیپ بهره‌وری مذکور قابلیت استفاده از مدل‌های سیستم میکرو لیز نیز مورد بررسی قرار گیرد. براساس مدل ترازا، کاهش ۲۰ تا ۴۰ درصد تولید چغندر قند در اثر اختلال اقلیمی قابل پیش‌بینی است. نتایج حاصل از مدل سرواتانا نشان داد که محدودیت‌های متنوعی از زمین‌نما منجر به کاهش کلاس اراضی از تناسب متوسط تا شرایط نامناسب شده که بحرانی‌ترین عامل محدودیت عمق خاک است. براساس مدل آلماگرا کلاس‌بندی تناسب اراضی منطقه برای چغندر قند به صورت کلاس‌های $S_2$ تا $S_5$ بود که شایع‌ترین مشکل محدودیت بافت و محدود کننده‌ترین مورد عامل عمق خاک در برخی واحدها است. براساس نتایج مستخرج از مدل‌ها حدود ۸۲/۹۸ درصد از اراضی دارای توجیه برای کشت چغندر قند می‌باشد و کشت در ۷/۶۲ درصد اراضی همراه با افزایش هزینه‌ها بوده و در مابقی اراضی وضعیت کاملاً نامناسب است. اصلاح اراضی در بخش کوچکی منجر به بهبود کلاس شده و با توجه به محدودیت‌های موجود عمدتاً تغییر زیر کلاس‌ها را در پی خواهد داشت. با توجه به تعریف اراضی و نیز جهت کاهش هزینه‌های ارزیابی، استفاده سلسله مراتبی از مدل‌های مورد بحث توصیه و کالیبره بودن مدل‌های مذکور با توجه به محدوده مقادیر خصوصیات مورد بررسی برای استفاده در این منطقه تأیید می‌شود.
* عهده دار مکاتبات Email: sarvati@urmia.ac.ir	

## مقدمه

قند یکی از عمده‌ترین و ارزان‌ترین مواد غذایی انرژی‌زا است که جایگاه خاصی در تغذیه انسان دارد (۸). بنابراین شناسایی مکان‌های مناسب و نیز مطالعات تناسب محیطی برای تولید این محصول استراتژیک از اهمیت انکارناپذیری برخوردار است که این امر در حوزه ارزیابی تناسب اراضی قرار دارد (۲۶). مطالعات ارزیابی تناسب اراضی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی و شناخته شده توسعه پایدار کشاورزی، عبارت از به‌کار گرفتن اراضی به تناسب پتانسیل آنها برای مناسب‌ترین تیپ بهره‌وری است (۶).

دستورالعمل فائو معمول‌ترین روش ارزیابی تناسب اراضی بوده (۱۶) که توسط سایس و همکاران<sup>۱</sup> (۳۱، ۳۲ و ۳۳) ارائه شده است. از روش‌های ارزیابی مبتنی بر چارچوب فائو می‌توان، روش محدودیت ساده<sup>۲</sup>، تعداد و شدت محدودیت‌ها<sup>۳</sup> و روش‌های پارامتریک استوری و ریشه دوم را نام برد (۱۹، ۲۹ و ۳۵). این روش‌ها توسط محققان در نواحی مختلف از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از جمله موارد اخیر آن می‌توان به مطالعات آیالو و سلاسی<sup>۴</sup> (۵)، اعتدالی و گیوی<sup>۵</sup> (۱۳)، مروج و همکاران<sup>۶</sup> (۲۲) و دلسوز خاکی و همکاران<sup>۷</sup> (۱۲) اشاره نمود. علی‌رغم استفاده وسیع از این دستورالعمل، معایبی همچون عدم وجود جداول نیازهای خاک، اقلیم و زمین‌نما برای اکثر محصولات (۱۷)، نارسایی در انعکاس تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک (۲۱)، عدم استفاده از توان متخصصان علوم مختلف دخیل در امر ارزیابی اراضی و نگرش کیفی محض به کیفیت‌های اراضی مورد بررسی (۲۰)، ایراداتی را به این روش‌ها وارد کرده است. در این بین روش‌های نوین ارزیابی تناسب اراضی همچون سیستم میکرولیز<sup>۸</sup> افق‌های

جدیدی با غلبه بر نواقص روش‌های سنتی فائو به‌منظور مدیریت منابع خاک و اراضی ترسیم نموده‌اند (۱۱). سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز مشتمل بر مدل‌های مختلفی است که کاربردی‌ترین آنها در ارزیابی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری خاص شامل مدل‌های تراز، سرواتانا و آلمانگرا می‌باشد که استفاده سلسله‌مراتبی از آنها بهترین پاسخ را در خصوص طبقه‌بندی تناسب اراضی منطقه به‌همراه خواهد داشت (۱)، به‌نحوی که در مطالعات رضائی و همکاران<sup>۹</sup> (۲۴) ضرورت رعایت پیوسته از این سه مدل به اثبات رسیده است. در کنار استفاده از سیستم میکرولیز در جهان طی مطالعات متعدد (۱۵ و ۳۴)، تحقیقات شهبازی و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۷) از جمله اولین موارد انجام یافته در ایران جهت برنامه‌ریزی استفاده از اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری رایج بود که در منطقه اهر انجام شد. جعفرزاده و شهبازی<sup>۱۱</sup> (۱۸) مدل‌های سرواتانا و آلمانگرا را جهت ارزیابی تناسب اراضی منطقه صوما صرفاً جهت طبقه‌بندی اراضی منطقه برای محصولات مدنظر مورد استفاده قرار دادند، اما از دیدگاهی دیگر شریفی و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۸) از مدل آلمانگرا جهت مقابله با معضل تغییرات اقلیمی با مشخص کردن اولویت کشت در منطقه میان‌دوآب استفاده نمودند. نیکنام و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۳) نیز از مدل سرواتانا برای طبقه‌بندی قابلیت اراضی در دشت میان‌دوآب استفاده و مشاهده نمودند که ۸۹/۹ درصد از منطقه، اراضی مناسب و نسبتاً مناسب و ۱۰/۱ درصد به‌دلیل شوری خاک اراضی نامناسب می‌باشد.

هر چند منطقه میان‌دوآب قطب اصلی تولید چغندر قند شمال‌غرب کشور می‌باشد، لیکن مشکلات کم‌آبی، خشک شدن دریاچه ارومیه و نیز توجه به نیاز آبی بالای چغندر قند تولید این محصول در منطقه مزبور را با چالش‌هایی روبرو نموده، لذا ضروری است ارزیابی تناسب سایر قطب‌های کشاورزی شمال‌غرب کشور همچون تحقیقات

1- Sys *et al.*

2- Simple limitation method

3- Number and intensity of limitations

4- Ayalew and Selassie

5- Etedali and Givi

6- Moravej *et al.*7- Delsouz Khaki *et al.*

8- Microcomputer Land Evaluation Information System (MicroLEIS)

9- Rezaei *et al.*10- Shahbazi *et al.*

11- Jafarzadeh and Shahbazi

12- Sharifi *et al.*13- Niknam *et al.*

از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مشتمل بر درصد ذرات درشت‌تر از شن، بافت، اسیدیته، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، ماده آلی، سدیم تبادل و کربنات کلسیم معادل براساس روش‌های استاندارد گردآوری شده توسط مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور (۳) اندازه‌گیری شدند.

### ارزیابی تناسب اراضی

سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز به‌عنوان مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی شامل پنج بسته بوده که بسته Pro & Eco مربوط به ارزیابی اراضی می‌باشد که از این مجموعه سه مدل تراز، سرواتانا و آلماکرا در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

### مدل تراز

برای تعیین محدودیت مؤلفه‌های اقلیمی مؤثر در رشد و توسعه تیپ بهره‌وری مورد مطالعه، مدل تراز استفاده شد. بارندگی، دمای حداقل و حداکثر، شاخص رطوبت محاسبه شده به روش تبخیر و تعرق تورنت‌وایت، ضرایب گیاهی (Kc, Ky, Kys)، عرض جغرافیایی منطقه و ایستگاه هواشناسی مورد نظر پارامترهای مورد استفاده در این مدل می‌باشند که جهت برآورد دو مشکل اصلی اقلیمی دخیل در رشد محصول مورد نظر یعنی کمبود آب و خطر یخبندان به کار می‌روند. این مدل اثر پیچیده و توامان متغیرهای آب و هوایی را که بیشترین تأثیر بر تولید تیپ بهره‌وری را دارند به صورت کمی ارائه می‌کند تا ضمن کاربردی بودن، برای عموم قابل درک باشد.

در این راستا، جهت بررسی خطر یخبندان از داده‌های ماه‌هایی با دمای حداقل کم‌تر از ۵ درجه سلسیوس و نیز کلاس تنش رطوبتی ارائه شده در جدول ۱ و نیز از ضرایب گیاهی براساس جدول ۲ استفاده شد. کلاس‌های بیواقلیمی نهایی از ترکیب دو مشکل اصلی یاد شده با استفاده از جدول ۳ تعیین گردید که در آن کاهش عملکرد از کلاس-های C<sub>1</sub> تا C<sub>4</sub> به ترتیب کم‌تر از ۲۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و بیشتر از ۶۰ درصد مشاهده می‌شود (۹).

ثروتی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۶) برای این محصول استراتژیک صورت گیرد تا از واردات آن در آینده جلوگیری گردد. در این راستا منطقه خداآفرین از قطب‌های کشاورزی شمال‌غرب کشور با دسترسی به منبع آبی بدون محدودیت رود ارس و سدهای واقع بر آن به‌عنوان محل هدف تحقیق انتخاب گردید. از سوی دیگر در خلال هدف فوق با استفاده نمودن از مدل‌های سیستم میکرولیز در این منطقه، کارآیی آنها نمایان شده و گام‌های پایه برای کالیبره کردن این سیستم برای تمام نواحی ایران برداشته می‌شود.

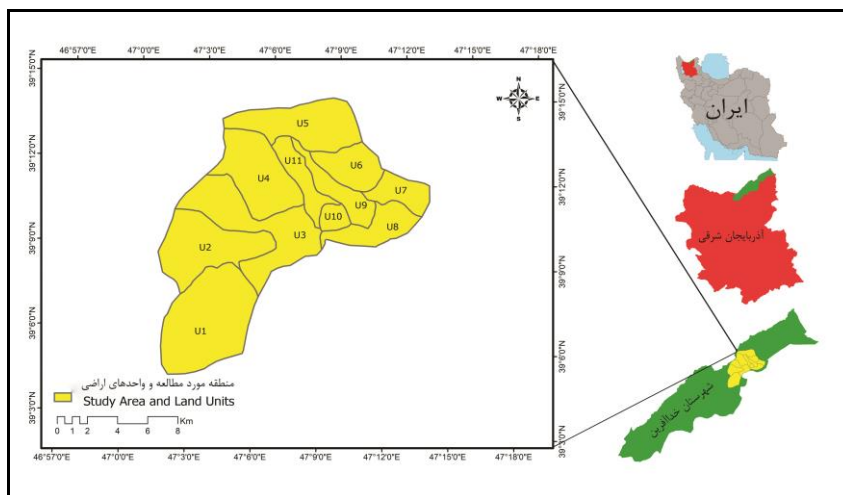
### مواد و روش‌ها

#### منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه ۱۶۵۵۵ هکتار از اراضی پایاب سد خداآفرین در محدوده شهرستان خداآفرین از استان آذربایجان شرقی است (شکل ۱). بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه اقلیم‌شناسی خارلو بین سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵، متوسط دما و میزان بارش سالیانه آن به ترتیب ۱۴/۷ درجه سلسیوس و ۲۸۱ میلی‌متر است (۴). خاک‌های منطقه دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی اریدیک هم‌مرز با زیریک می‌باشد (۷). از نظر زمین‌شناسی منطقه بر روی رسوبات کواترنری رسی و سیلتی همراه با ماسه‌سنگ قرار گرفته است (۲).

#### مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی

پس از تهیه داده‌های پایه از منابع اطلاعاتی، ۱۰۸ نقطه در قالب خاک‌رخ و مته بر مبنای روش ژئوپدولوژی و توجه به وضعیت زمین‌نما برای مطالعات خاک‌شناسی انتخاب و طبق اصول استاندارد (۲۵) تشریح و نمونه‌برداری از آنها صورت گرفت. براساس نتایج حاصل از آنها ۱۱ سری خاک در منطقه شناسایی شدند که هر سری به‌عنوان یک واحد اراضی انتخاب و یک خاک‌رخ از محدوده آن واحد به‌عنوان شاهد جهت مطالعات ارزیابی تناسب اراضی مدنظر قرار گرفت. شایان ذکر است در مرحله آزمایشگاهی مجموعه‌ای



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و واحدهای اراضی  
Figure (1) Geographical location of the study area and land units

جدول (۱) کلاس‌های خطر یخبندان و کلاس رطوبت بر مبنای کاهش تولید در اثر تنش رطوبتی (۹)  
Table (1) Frost risk classes and moisture class based on production decrease due to moisture (9)

کلاس Class	تعداد ماه‌ها با دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس Number of months with temperatures below 5 degrees Celsius	کلاس Class	درصد کاهش تولید Percentage of production decline
F1	0	h1	< 20
F2	0-2	h2	20 - 40
F3	2-5	h3	40 - 60
F4	> 5	h4	> 60

جدول (۲) ضرایب گیاهی چغندر قند در منطقه مطالعاتی (۱۴)  
Table (2) Plant coefficients of annual production for sugar beet (14)

ماه Month	ضریب گیاهی Vegetation coefficient $K_C$	ضریب کارایی Coefficient of performance $K_y$
OCT	-	-
NOV	-	-
DES	-	-
JAN	-	-
FEB	-	-
MAR	-	-
APR	0.35	0.7
MAY	0.8	0.8
JUN	0.8	0.8
JUL	1.2	1.0
AUG	1.2	1.0
SEP	0.7	1.0
$K_{ys}^{***}$		1.00

\* $K_C$ : ضریب ماهیانه تیپ بهره‌وری؛ \*\* $K_y$ : ضریب کارایی تیپ بهره‌وری

جدول (۳) کلاس‌های بیواقلیمی نهایی در مدل ترازا (۹)  
 Table (3) Final bioclimatic classes in the Terraza model (9)

f4	f3	f2	f1	دمای کم‌تر از 5 ° C Low temperature 5 ° C درصد کاهش محصول Percentage of production decline
C4	C3	C2	C1	h1
C4	C3	C2	C2	h2
C4	C3	C3	C3	h3
C4	C4	C4	C4	h4

## مدل آلماگرا<sup>۲</sup>

سومین مدل به کار رفته در این مطالعه که در توالی مدل‌های ترازا و سرواتانا مورد استفاده قرار گرفت، براساس نیازهای بیوفیزیکی تیپ‌های بهره‌وری کشاورزی عمل کرده و واحدهای اراضی را برای تیپ‌های بهره‌وری که نیازهای مختلف آنها در بانک اطلاعاتی نرم-افزار ذخیره شده در ۵ کلاس تناسب S<sub>1</sub> تا S<sub>5</sub> درجه-بندی می‌کند. ویژگی‌های مختلف اراضی از جمله ویژگی‌های خاک دخیل در تناسب تیپ بهره‌وری مورد نظر به صورت کدهای مشخص تعریف (مجموعاً ۷ کد که هر کد معرف یکی از ویژگی‌های خاک می‌باشد) و به تفکیک وارد مدل شده و براساس روش حداکثر محدودیت عمل شده و نامطلوب‌ترین فاکتور، مشخص-کننده نوع محدودیت موجود در خاک برای محصول انتخابی می‌باشد (۱۰).

### پهنه‌بندی قابلیت و استعداد اراضی

نقشه تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه برای تیپ بهره‌وری چغندر قند براساس مدل‌های مختلف توسط نسخه 10.2 نرم افزار Arc Map تهیه گردید.

## نتایج و بحث

### مشخصات ژنتیکی خاک‌های منطقه

براساس نتایج حاصل از مطالعات ژنتیکی خاک‌های منطقه منتج از نتایج مشاهدات مرفولوژیکی و تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌رخ‌های شاهد، افت‌های مشخصه

## مدل سرواتانا<sup>۱</sup>

این مدل در ادامه استفاده از مدل ترازا به کار برده شد و در واقع جدا کننده اراضی مستعد زراعی و باغی از مناطقی است که مستعد برای احداث جنگل و یا توسعه بوته‌های مناسب با شرایط اقلیمی منطقه، جهت جلوگیری از تخریب و فرسایش خاک می‌باشد. در این مدل براساس ویژگی‌های شیب (t)، خاک (l)، خطر فرسایش (f) و محدودیت بیواقلیمی (b) محاسبه شده توسط مدل ترازا، قابلیت و پتانسیل اراضی برای طیف وسیعی از استفاده‌های کشاورزی به صورت کلاس‌های S<sub>1</sub> (استعداد عالی)، S<sub>2</sub> (استعداد خوب)، S<sub>3</sub> (استعداد متوسط) و N (استعداد بحرانی) دسته‌بندی می‌شود (۹). در این پژوهش داده‌های ورودی با کدهای مشخص وارد مدل سرواتانا گردید و در نهایت نتایج به صورت کلاس و تحت کلاس قابلیت اراضی محاسبه شد. شمایی از الگوریتم کلی این مدل در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل (۲) الگوریتم عمومی مدل سرواتانا

Figure (2) General scheme of a Cervatana model

### ارزیابی قابلیت اراضی

در جدول ۴ کلاس بندی قابلیت اراضی منطقه مطالعاتی و در شکل ۳ نقشه مربوطه بر پایه مدل سرواتانا ارائه شده است.

نتایج حاصل از مدل سرواتانا نشان داد که ۷۷/۰۱ درصد از اراضی مورد مطالعه در کلاس  $S_2$  به دلیل محدودیت‌های بیواقلیمی، فرسایش و شیب، ۱۸/۱۶ درصد در کلاس  $S_3$  با محدودیت‌های خاکی، فرسایش و شیب و هم‌چنین ۴/۸۳ درصد باقی مانده نیز در کلاس  $N_1$  جای گرفتند. مطالعه عوامل محدودکننده اراضی در منطقه و طبقه بندی پراکنش این عوامل به ترتیب مؤید محدودیت‌زایی توأم عامل فرسایش و اقلیم برای واحدهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۷، محدودیت توأم سه عامل شیب، فرسایش و اقلیم برای واحد ۵، شیب و فرسایش در واحد ۶، محدودیت عمق و شیب بالا برای واحد ۸ محدودیت فرسایش برای واحد ۱۰ و محدودیت سنگ و سنگریزه زیاد (۳۵ تا ۷۵ درصد) در واحد ۱۱ می‌باشد. هم‌چنین واحد ۹ که نامناسب‌ترین واحد در محدوده مورد مطالعه است به دلیل وجود لایه محدودکننده در عمق ۲۵ سانتی‌متری، فرسایش زیاد و شیب بالا در کلاس  $N_1$  جای گرفت.

### مدل آلمانگرا

این مدل در توالی استفاده از مدل‌های تراز و سرواتانا در جهت تعیین تناسب اراضی مورد استفاده قرار گرفت که جدول ۵ کلاس تناسب نهایی برای هر کدام از ویژگی‌های عمق مؤثر (p)، بافت (t)، زهکشی (d)، کربنات (c)، شوری (s)، سدیمی بودن (a) و توسعه خاکرخ (g) و جدول ۶ نیز نتایج ارزیابی تناسب اراضی به صورت اعداد ۱ تا ۵ (کلاس محدودیت) برای تیپ بهره‌وری چغندرقد در منطقه را نشان می‌دهد.

کمبیک، کلسیک و جیسیک در خاکرخ‌های مختلف شناسایی و جمع‌بندی آنها براساس کلید رده‌بندی خاک آمریکایی (۳۰) حضور خانواده‌های مختلف از زیررده‌های Calcids، Cambids، Gypsids و Orthents از خاک‌های اربیدی سول و انتی‌سول در منطقه را نشان داد.

### ارزیابی تناسب اقلیمی

سنجش تناسب بیواقلیمی منطقه با استفاده از مدل تراز برای چغندرقد کلاس  $C_3(h_2-f_3)$  را نشان داد. بر این اساس تیپ بهره‌وری مورد مطالعه با تنش رطوبتی مواجه شده و در کلاس کمبود رطوبت  $h_2$  قرار دارد، بدین معنی که در دوره رشد بین ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش تولید خواهد داشت. کلاس  $f_3$  از خطر یخبندان نیز بیان‌گر آن است که در ۲ الی ۵ ماه از سال دمای هوا کمتر از صفر بیولوژیک می‌باشد. بنابراین ضمن توصیه به اقدامات مقابله با سرما در منطقه، با لحاظ نمودن مقادیر آب آبیاری مصرفی توصیه شده توسط فرشی و همکاران (۱۴) به شرح ۶۳۰۰ مترمکعب در هکتار با تعداد دفعات آبیاری ۵ الی ۷ بار در ۵ ماه فروردین تا مرداد، کاهش عملکرد سالانه تیپ بهره‌وری مورد مطالعه تحت شرایط کشت آبی محاسبه و مدیریت صحیح جهت افزایش راندمان آبیاری پیشنهاد به مصرف ۱۲۶۰ تا ۲۵۲۰ مترمکعب بر هکتار آب برای رفع نیاز رطوبتی و جلوگیری از کاهش عملکرد می‌باشد. با توجه به این که تیپ بهره‌وری چغندرقد نیاز آبی نسبتاً زیادی دارد، گزینش مدیریت‌های کارآمد مصرف آب و انتخاب صحیح سیستم آبیاری نیز می‌تواند باعث کاهش آب مصرفی و افزایش راندمان آبیاری در زراعت این محصول شود. بنابراین چنین به نظر می‌رسد مطابق با یافته‌های احمدی و همکاران<sup>۱</sup> (۱) برای سایر محصولات، ارزیابی تناسب اقلیمی با استفاده از مدل تراز روش مناسبی برای تعیین استعداد منطقه برای کشت و توسعه تیپ بهره‌وری چغندرقد و پیش‌بینی و مدیریت خطر خسارت تنش‌های محیطی اقلیمی است.

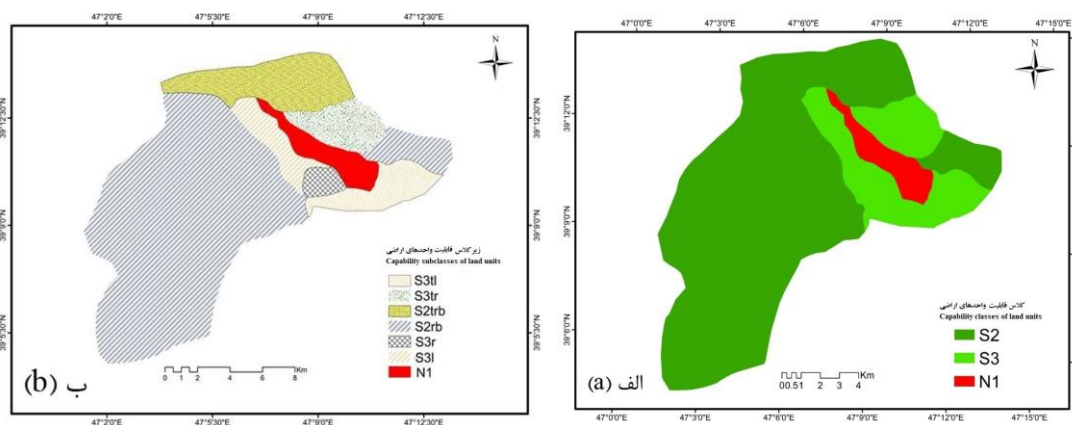
جدول (۴) زیر کلاس قابلیت اراضی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل سرواتانا

Table (4) Capability subclass of land units in the study area with Cervatana model

درصد مساحت هر واحد	مساحت (هکتار)	زیر کلاس قابلیت	واحد اراضی
Percentage of area per unit	Area (ha)	Capability Subclass	Land unit
19.64	3251	S <sub>2</sub> rb	1
13.17	2181	S <sub>2</sub> rb	2
15.70	2599	S <sub>2</sub> rb	3
12.31	2038	S <sub>2</sub> rb	4
11.94	1976	S <sub>2</sub> trb	5
5.82	964	S <sub>3</sub> tr	6
4.25	703	S <sub>2</sub> rb	7
5.97	990	S <sub>3</sub> tl	8
4.83	799	N1	9
1.8	298	S <sub>3</sub> r	10
4.57	756	S <sub>3</sub> l	11

t: محدودیت شیب؛ l: محدودیت خاک؛ r: محدودیت خطر فرسایش؛ b: محدودیت بیواقلیمی

t: slope limitation, l: soil limitation, r: erosion limitation, b: bioclimatic limitation



شکل (۳) نقشه کلاس (الف) و زیر کلاس (ب) قابلیت اراضی مورد مطالعه بر اساس مدل سرواتانا

Figure (3) Capability class (a) and subclass (b) map of study area using Cervatana model

جدول (۵) کلاس محدودیت ویژگی‌های مورد مطالعه در واحدهای مختلف اراضی بر اساس مدل آلمگرا برای چغندر قند

Table (5) Limitations class of studied properties in different land units by Almagra model for sugarbeet beet

واحد اراضی	عمق مفید (p)	بافت (t)	زهکشی (d)	کربنات (c)	شوری (s)	اشباع یازی (a)	توسعه خاکرخ (g)
land unit	Useful depth	texture	drainage	carbonate	salinity	sodium saturation	profile development
1	1	1	1	2	1	2	1
2	1	2	1	2	1	2	1
3	1	1	1	2	1	1	2
4	1	2	1	2	1	2	2
5	1	2	1	2	1	2	2
6	3	2	1	2	1	2	2
7	1	2	1	2	1	1	2
8	2	1	1	1	1	1	2
9	5	1	1	1	1	1	2
10	1	3	1	1	1	2	1
11	1	5	1	2	1	1	1

جدول (۶) زیرکلاس‌های تناسب اراضی واحدهای اراضی برای چغندر قند با استفاده از مدل آلماگرا  
**Table (6) Land suitability subclasse of land units for sugar beet using Almagra model**

درصد مساحت هر واحد	مساحت (هکتار)	زیرکلاس تناسب	واحدهای اراضی
Percentage of area per unit	Area (ha)	Suitable subclass	Land units
19.64	3251	S <sub>2</sub> ac	1
13.17	2181	S <sub>2</sub> act	2
15.70	2599	S <sub>2</sub> cg	3
12.31	2038	S <sub>2</sub> actg	4
11.94	1976	S <sub>2</sub> atg	5
5.82	964	S <sub>3</sub> pt	6
4.25	703	S <sub>2</sub> ctg	7
5.97	990	S <sub>2</sub> gp	8
4.83	799	S <sub>5</sub> p	9
1.8	298	S <sub>3</sub> t	10
4.57	756	S <sub>5</sub> t	11

S1: بدون محدودیت، S2: محدودیت کم، S3: محدودیت متوسط، S4: محدودیت شدید، S5: محدودیت خیلی شدید.

S1: No limitation, S2: Slight limitation, S3: Moderate limitation, S4: Sever limitation, S5: Very serve limitation

یافتگی خاک‌رخ و عمق مفید است. پهنه‌بندی کلاس و زیرکلاس تناسب اراضی مورد مطالعه برای محصول مورد نظر در شکل ۴ نشان داده شده است.

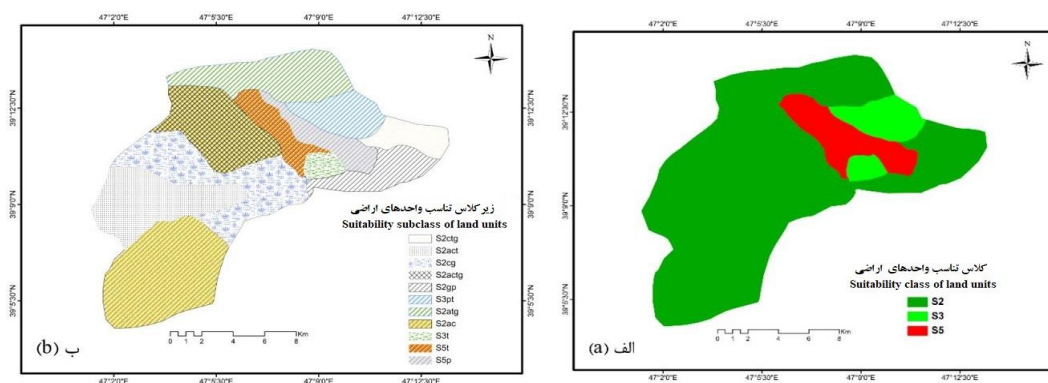
با توجه به محدودیت‌های ناشی از ویژگی‌های خاک و زمین‌نما در اراضی مورد مطالعه، استفاده از آنها مستلزم اقدامات اصلاح اراضی یا اعمال مدیریت‌های صحیح می‌باشد. در واحد یک آب‌شویی و استفاده از مواد اسیدزا همچون کودهای اسیدی می‌تواند منجر به ارتقای کلاس آبی این واحد به S<sub>1</sub> گردد. در خصوص واحد ۲ هرچند بخشی از محدودیت‌ها با مدیریت‌های مشابه با واحد یک قابل رفع می‌باشد لیکن اصلاح بافت اراضی ممکن نبوده و کلاس تناسب اراضی همچنان در وضعیت فعلی باقی می‌ماند. برای واحد ۳ نیز اصلاح وضعیت آهک نمی‌تواند منجر به بهبود کلاس شود چرا که محدودیت توسعه خاک‌رخ قابل رفع نیست. واحد ۴ با دارا بودن اغلب معضلات خاک موجود در منطقه برای تیپ بهره‌وری چغندر قند علی‌رغم امکان اصلاح برخی از آنها قابلیت ارتقا به کلاس تناسب بالاتر را ندارد ولی دور از انتظار نیست که با اصلاح مشکلات سدیمی بودن و آهک که منجر به تغییر زیرکلاس این واحد می‌شود در تولید محصول تغییرات مثبتی دیده شود. تنها عملیات

نتایج نشان داد که ۸۲/۹۸ درصد از اراضی به وسعت ۱۳۳۳۸ هکتار مشتمل بر واحدهای اراضی ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ و ۸ دارای تناسب فعلی متوسط (S<sub>2</sub>) می‌باشد، بدین معنی که در این بخش‌ها محدودیت‌های متوسطی وجود دارد که موجب کاهش محصول و سودآوری می‌شوند اما این نوع استفاده از اراضی هنوز سودده است. واحدهای اراضی ۶ و ۱۰ که ۱۲۶۲ هکتار (۷/۶۲٪) از اراضی را تشکیل می‌دهند در کلاس S<sub>3</sub> با تناسب کم طبقه‌بندی شدند. بدترین کلاس تناسب اراضی نیز که شامل ۹/۴ درصد از کل ناحیه مورد مطالعه است در واحدهای ۹ و ۱۱ با وسعت ۱۵۵۵ هکتار به صورت کلاس S<sub>5</sub> می‌باشد که بیان‌گر محدودیت‌های شدید است که امکان بهره‌برداری برای استفاده مورد نظر در حال حاضر و آینده در آنجا وجود ندارد. مجموعه محدودیت‌هایی که در اراضی با کلاس تناسب متوسط دیده می‌شود شامل مشکلات سدیمی بودن، آهک، بافت، عمق مفید و توسعه یافتگی خاک‌رخ می‌باشند و در نواحی با کلاس‌های تناسب کم و نامناسب دائمی، بافت و عمق خاک معضلات اصلی در کشت محصول مورد نظر می‌باشند که به لحاظ کمی فراوانی آنها در منطقه به- ترتیب شامل بافت خاک، آهک، سدیمی بودن، توسعه



(۶) تغییرات کلاس و زیرکلاس واحدهای اراضی طی اجرای عملیات اصلاحی را نشان می‌دهد. در شکل (۵) نیز نقشه کلاس و زیرکلاس آبی منطقه برای چغندر قند و با توجه به تغییرات ناشی از اقدامات اصلاحی برمبنای مدل آلمگرا ارائه شده است.

اصلاحی قابل اعمال در واحد ۵ رفع مشکل سدیمی بودن خاک و در واحد ۷ آهک خاک است که چنین اقدامی در نهایت نتیجه‌ای مشابه با واحد ۴ را در پی خواهد داشت. برای واحدهای ۶، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ به دلیل ماهیت پایای محدودیت‌های خاکی موجود تغییر کلاس مقدور نبوده و این بخش‌ها همچنان به ترتیب دارای زیرکلاس دائمی  $S_{5t}$ ،  $S_{3t}$ ،  $S_{5p}$ ،  $S_{2gp}$ ،  $S_{3pt}$  خواهند بود. جدول

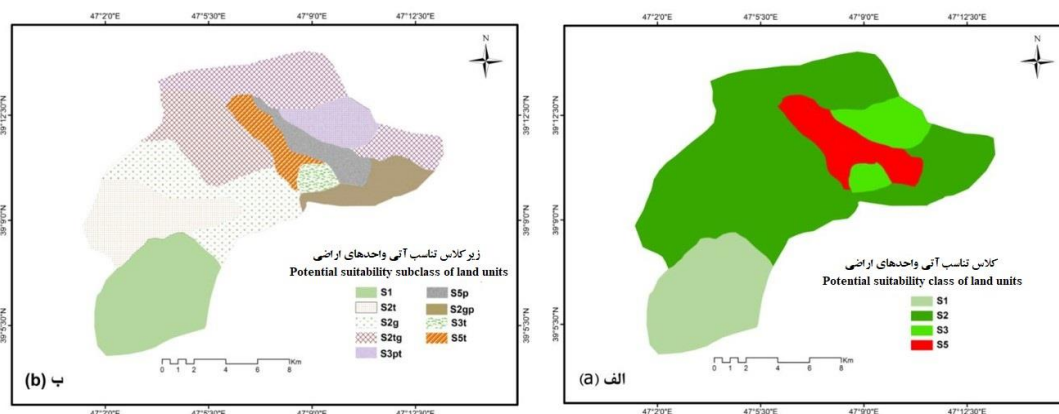


شکل (۴) نقشه کلاس (الف) و زیرکلاس (ب) تناسب اراضی مورد مطالعه برای چغندر قند بر اساس مدل آلمگرا  
Figure (4) Suitability class and subclass map of study area for sugar beet using Almagra model

جدول (۷) کلاس و زیرکلاس‌های فعلی و آبی تناسب اراضی برای هر یک از واحدهای اراضی بر اساس مدل آلمگرا  
Table (7) Class and subclasses of actual and potential land suitability for each land unit based on the Almagra model

Potential suitability آبی تناسب		Actual suitability فعلی تناسب		واحدهای اراضی Land units
subclass زیرکلاس	class کلاس	subclass زیرکلاس	class کلاس	
S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2ac</sub>	S <sub>2</sub>	1
S <sub>2t</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2act</sub>	S <sub>2</sub>	2
S <sub>2g</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2cg</sub>	S <sub>2</sub>	3
S <sub>2tg</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2actg</sub>	S <sub>2</sub>	4
S <sub>2tg</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2atg</sub>	S <sub>2</sub>	5
S <sub>3pt</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>3pt</sub>	S <sub>3</sub>	6
S <sub>2tg</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2ctg</sub>	S <sub>2</sub>	7
S <sub>2gp</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2gp</sub>	S <sub>2</sub>	8
S <sub>5p</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>5p</sub>	S <sub>5</sub>	9
S <sub>3t</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>3t</sub>	S <sub>3</sub>	10
S <sub>5t</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>5t</sub>	S <sub>5</sub>	11

p: عمق مفید، t: بافت، d: زهکشی، c: کربنات، s: شوری، a: اشباع بازی، g: توسعه یافتگی خاکرخ  
p: Useful depth, t: Texture, d: Drainage, c: Carbonate, s: Salinity, a: Sodium sat., g: Profile development



شکل (۵) نقشه کلاس (الف) و زیرکلاس (ب) آبی تناسب اراضی مورد مطالعه برای چغندر قند براساس مدل آلماگرا  
 Figure (5) Potential suitability class (a) and subclass (b) map of the study area for sugar beet using Almagra model

نیز با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقه تغییری در سطح هریک از شرایط فعلی تناسب اراضی منطقه که در فوق اشاره شد نداشته و تنها عمدتاً موجب تغییرات زیرکلاس‌ها خواهد شد که نتیجه معنی‌داری در تولید و سود اقتصادی نخواهد داشت.

### نتیجه‌گیری

هر یک از مدل‌های مورد بحث با توجه به ماهیت خود ارزیابی تخصصی انجام می‌دهند. مدل ترازا تمرکز بر اقلیم دارد و مدل سرواتانا خصوصیات زمین‌نما و خاک را بررسی می‌کند و مدل آلماگرا نیز صرفاً به خصوصیات درونی خاک با جزئیات می‌پردازد. از آنجائی‌که هدف نهایی ارزیابی برآورد تولید و استفاده پایدار از اراضی است و در این امر ارزیابی اراضی مفهوم نهایی است و اراضی مفهومی متشکل از سه بخش اقلیم زمین‌نما و خاک است لذا تلفیق این مدل‌ها با توجه به ماهیت آن‌ها پاسخ نهایی صحیح برای ارزیابی تناسب یک منطقه برای تیپ بهره‌وری خاص را در پی خواهد داشت و استفاده یک مدل به تنهایی بی ارزش خواهد بود. همچنین توجه به پیش‌بینی تناسب اقلیمی منطقه برای تیپ بهره‌وری چغندر قند توسط مدل ترازا و نیز کلاس و محدودیت به‌دست آمده برای اقلیم طی مدل سرواتانا،

آنچه از کلاس‌های فعلی و آبی اراضی مورد بررسی برمی‌آید بیان‌گر این است که اقدامات اصلاحی در ۱۹/۶۴ درصد از اراضی بهبود کلاس و در نتیجه تغییر معنی‌دار در میزان تولید و سوددهی را در پی خواهد داشت، در حالی‌که در ۲۲/۹۹ درصد از اراضی نیز امکان اجرای عملیات اصلاحی با توجه به ماهیت محدودیت‌های حاکم بر آن‌ها ممکن نمی‌باشد. همچنین در ۵۷/۳۷ درصد از اراضی نیز که دارای مجموعه‌ای از محدودیت‌های قابل اصلاح و غیرقابل اصلاح هستند تنها می‌توان انتظار رفع بخشی از مشکلات را طی عملیات اصلاحی داشت که هرچند طبق قانون حداقل محدودیت‌ها، کلاس تناسب اراضی آن‌ها بهبود نیافته لیکن ممکن است میزان تناسب اراضی و به تبع آن میزان تولید و بازده اقتصادی، اگرچه به میزان کم و غیرمعنی‌دار، افزایش یابد. اثبات چنین امری مستلزم بررسی‌های میدانی طی اجرای پایلوت عملیات اصلاحی در بخش‌هایی از منطقه است.

پس به‌طور کلی در شرایط فعلی حدود ۸۲/۹۸ درصد از اراضی با توجه به درجه تناسب متوسط به بالا دارای توجیه برای کشت چغندر قند می‌باشد و کشت در ۷/۶۲ درصد همراه با افزایش هزینه‌ها بوده و در مابقی اراضی وضعیت کاملاً نامناسب است. اجرای عملیات اصلاحی

قرار گرفتن خصوصیات مورد بررسی از اراضی تحت مطالعه در محدوده مقادیر ارائه شده در مدل‌های مورد استفاده حکایت از کالیبره بودن این مدل‌ها برای محدوده مورد بررسی از شمال غرب کشور و تیپ بهره‌وری و چغندر قند دارد. بنابراین سیستم تصمیم‌گیری میکرو لیز می‌تواند جایگزین سیستم‌های ارزیابی سنتی شود تا با مزیت‌های خود منجر به گام‌های مفیدی در مطالعات ارزیابی کشور شود.

با توجه به کلاس‌های تناسب فعلی و آتی به دست آمده برای چغندر قند در محدوده مورد بررسی چنین به نظر می‌رسد که عموماً کشت این محصول در این منطقه منطقی می‌باشد و اجرای عملیات اصلاحی تغییر معنی‌داری در ارتقا کلاس تناسب اراضی و میزان تولید و سوددهی نخواهد داشت، هر چند پیشنهاد بر اجرای پایلوت عملیات اصلاحی و کشت آزمایشی محصول در بخشی از اراضی به منظور شناسایی عوامل دخیل در تولید می‌باشد که در این تحقیق به آن‌ها توجه نشده و امکان ایجاد محدودیت توسط آن‌ها وجود دارد.

هم‌خوانی قابل قبولی را ارائه می‌نماید که این امر خود مؤید آن است که مدل‌های مورد بحث مکمل یکدیگر بوده و در امتداد هم هستند، بدین نحو که چنانچه محدودیت حاصل از مدل ترازا در وضعیت شدید بوده باشد، با توجه به اصل روش‌های ارزیابی چند مرحله‌ای نیازی به برآورد و ارزیابی سایر فاکتورهای اراضی طی مدل سرواتانا نبوده و از این‌رو در میزان هزینه‌های ارزیابی صرفه‌جویی بالایی صورت می‌گیرد. از سوی دیگر هم‌خوانی بین نتایج کلاس‌ها و زیر کلاس‌های ارزیابی قابلیت اراضی و تناسب اراضی طی مدل‌های سرواتانا و آلمان‌گرا نیز بیان‌گر این نکته است که ارزیابی قابلیت مقدمه‌ای بر ارزیابی تناسب اراضی در جهت کاهش هزینه‌های مطالعات در صورت وجود محدودیت‌های اساسی در منطقه است. بنابراین در صورت تأیید کلی و متناسب بودن هر بخش از ارزیابی توسط مدل مربوطه مراجعه به مدل بعدی جهت بررسی جزئیات امری اصولی می‌باشد و این نکته بیان‌گر سلسله مراتبی بودن مدل‌های سیستم تصمیم‌گیری میکرو لیز است.

### منابع

- Ahmadi, O., Alamdari, P., Servati, M., and Khoshzaman, T. 2018. Determination of the priority of cultivation for some types of garden utilization for construction of orchard in the Khodaafarin Area. Applied Soil Research. (In Persian)
- Anonymous, 2005. Geological map of Khodaafarin 1: 100000, Series 5367. Ministry of Industries and Mines of Iran, Tehran.
- Anonymous, 2008. Laboratory analysis instructions of Water and Soil Samples. No. 467. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian)
- Anonymous, 2017. Country Climate Analysis. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, Khomarlu Synoptic Station. Data sheet.
- Ayalew, G. and Selassie, Y.G. 2015. Evaluation of land suitability for cash and perennial crops using geographical information system in east Amhara region, Ethiopia. International Journal of Remote Sensing and GIS, 4: 1-7.
- Ayoubi, S. and Jalalian, A. 2010. Land evaluation (Agriculture and natural resources). University of Isfahan, second edition, 385 pp. (In Persian)

7. Banaei, M.H. 1998. Soil moisture and temperature regime map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran.
8. Basati, J., Kolivand, M., Nemati, A., and Zarei, A. 2002. Study of autumn sowing of sugar beet in the tropical areas of Kermanshah province. Sugar beet of journal, 18(2): 119-130. (In Persian)
9. De la Rosa, D. and Magaldi, D. 1982. Rasgos methdologie de un Sistema de evaluacion tierras para regions mediterraneas. Soc, Esp, Cien, Suelo, Madrid, (In Spanish).
10. De la Rosa, D., Mayol, F., Diaz-Pereira, E., Fernandez, M., and De la Rosa, DJr. 2004. A land Evaluation Decision Support System (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. Environmental Modeling and Software, 19: 929-942.
11. De la Rosa, D., Moreno, J.A., Garcia, L.V., and Almorza, J. 1992. MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean Land evaluation system. Soil use and management, 8: 89-96.
12. Delsouz Khaki, B., Honarjoo, N., Davatgar, N., Jalalian, A., and Torabi Golsefidi, H. 2018. Land suitability evaluation and inherent soil fertility quality for rice cultivation in paddy fields of Shaft and Fouman counties. Iranian Journal of Soil Research, 32(1): 115-128. (In Persian with English abstract)
13. Etedali, S. and Givi, G. 2013. Qualitative land suitability evaluation for Maize in Shahrekord area using FAO method and ALES program. Journal of Water and Soil, 26 (6): 1349-1359. (In Persian with English abstract)
14. Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jarollahi, R., Ghasemi, M.R., Shahabifar, M., and Tolayi, M. 1997. Water Requirement Estimating of Main Crops. Soil and Water Research Institute Press, Karaj, Iran, 650p. (In Persian)
15. Garcia, J.L., De la Rosa, D., and Bojorquez, J.I. 2006. Relative agricultural aptitude of the Tuxpan municipality, Nayarit, using Almagra model of the MicroLEIS system. Investigating of the geography, Bulletin the Institute of Geography, UNAM, 59: 59-73.
16. Givi, J. 1997. Qualitative Assessment of Land Suitability for Crops. Soil and Water Research Institute. Technical Journal 1015. (In Persian)
17. Givi, J. 1998. Qualitative and economic evaluation of proportion and determination of land production potential for major crops in falavarjan Isfahan. Research project of Institute of Planning and Economic Research of Ministry of Agriculture, Tehran. (In Persian)
18. Jafarzadeh, A.A. and Shahbazi, F. 2010. Suitability of peach in Souma area (Iran), using Almagra model. Proceeding of 19th World Congress of Soil Science; Oct 29-31; Brisbane, Australia, pp: 143-146.

19. Khidir, S.M. 1986. A Statistical Approach in the Use of Parametric Systems Applied to the FAO Framework for Land Evaluation. PhD Thesis of State University, Ghent, Belgium.
20. Kutter, A., Nachtergaele, F.O., and Verheye, W.H. 1997. The new FAO approach to land use planning and management, and its application in Sierra Leone. *ITC Journal*, 3: 278-283.
21. Mohammadi, J. 2007. *Pedometry: Fuzzy Systems Theory*. Pelk Publications Press, Tehran. (In Persian)
22. Moravej, K., Alamdari, P., Delavar, M.A., and Fathi, M. 2017. Site detection for planting of chosen agricultural and horticultural plants in Abyek region, Qazvin province. *Water and Soil Science*, 27(3): 93-105. (In Persian with English abstract)
23. Niknam, P., Shahbazi, F., Oustan, S.H., and Sokouti, R. 2018. Using MicroLEIS DSS to assess the impact of climate change on land capability in the miandoab plain, Iran. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*, 13(1): 225–234.
24. Rezaei, H., Shahbazi, F., Jafarzadeh, A.A., and Alavikia, S.S. 2011. Statistical analysis of results of parametric methods and Almagra model in land evaluation. *Water and Soil Science Tabriz*, 21(4): 66–80. (In Persian with English abstract)
25. Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. 2006. *Field Book for Describing and Sampling Soils*. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 580p.
26. Servati, M., Momtaz, H.R., Omrani, M., and Mohammadi, H. 2014. Land suitability of Golfaraj region for Sugarbeet cultivation using Mediterranean system. *Applied Soil Research*, 2(2): 1-11. (In Persian with English abstract)
27. Shahbazi, F., De la Rosa, D., Anaya-Romero, M., Jafarzadeh, A.A., Sarmadian, F., Neyshabouri, M.R., and Oustan, S.H. 2008. Land use planning in Ahar area (Iran) using MicroLEIS DSS. *International Agrophysics*, 22: 277-286.
28. Sharifi, P., Servati, M., and Mohammadkhani, N. 2017. Climate change impact on land suitability evaluation for some rainfed crops in Miandoab region. *Iranian Journal of Soil Research*, 32(2): 243-254. (In Persian with English abstract)
29. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy* (12<sup>th</sup> ed.). NRCS, USDA, USA.
30. Storie, R.E. 1950. Rating soils for agricultural forest and grazing use. *Trans Fourth International Congress Soil Science*, (1): 336-339.
31. Sys, C., Van Ranset, E., and Debaveye, J. 1991a. *Land Evaluation. Part I, Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculation*. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
32. Sys, C., Van Ranset, E., and Debaveye, J. 1991b. *Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation*. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.

33. Sys, C., Van Ranset, E., Debaveye, J., and Beernaert, F. 1993. Land Evaluation, Part III, Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.
34. Wahba, M.M., Darwish, K.M., and Awad, F. 2007. Suitability of specific crops using MicroLEIS program in Sahal Baraka, Farfara Oasis, Egypt. Journal of Applied Science Research, 3(7): 531-539.
35. Zheng, Y.G., Lu, H.J., and He, F.G. 1989. A methodology for land suitability evaluation. Land Research, 2: 31-37.