

پهنه‌بندی زراعی - بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت باقلا (*Vicia faba* L) با استفاده از میانگین وزنی مرتب (OWA) (مورد مطالعه: شهرستان آق‌قلا)

یونس کمکی¹، علی راحمی کاریزکی^{2*}، علی نخزری مقدم³، حسن فرامرزی⁴

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی آگرو اکولوژی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس.
- 2- استادیار گروه تولیدات گیاهی و عضو هیأت علمی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس.
- 3- استادیار گروه تولیدات گیاهی. عضو هیأت علمی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس.
- 4- دانشجوی دکتری جنگلداری دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

دریافت: 98/1/6 پذیرش: 98/10/8

چکیده

لازمه‌ی تولید و مدیریت زراعی خوب، انتخاب گیاه و نیز مکان مناسب برای آن است. با مطالعه‌ی بوم‌شناختی، پتانسیل محیطی در مناطق مختلف مشخص و حداکثر بهره‌برداری از آن‌ها می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب، مکان‌های مناسب برای کشت گیاه باقلا در شهرستان آق‌قلای استان گلستان انتخاب شده‌اند. برای این منظور، ابتدا نیازهای زراعی باقلا و متغیرهای اقلیمی و محیطی و برخی از عناصر خاک تعیین و باتوجه به آن‌ها نقشه‌های اولیه تهیه شد. سپس، برای استانداردسازی داده‌ها، روش فازی و برای وزن‌دهی به معیارها، روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به کار رفت. با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب در محیط نرم‌افزار IDRISI، نقشه‌ی تناسب اراضی باقلا تهیه شد. نتایج نشان داد که در وزن‌دهی معیارها با روش تحلیل سلسله‌مراتبی، در بین متغیرهای اقلیمی، بارندگی دوره‌ی رشد با مقدار 0/2876، متغیرهای محیطی برای شیب با مقدار 0/5396 و

متغیرهای خاک EC با مقدار 0/3913، بیشترین ضرایب را کسب کردند. پهنه‌بندی کلی نشان داد که 55/78 درصد از منطقه بسیار مستعد، 27/82 درصد مستعد، 12/23 درصد نیمه‌مستعد و تقریباً 4/15 درصد غیرمستعد هستند که در کل نشان می‌دهند که 83/67 درصد شهرستان عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی و عناصر خاک مناسب برای کشت باقلا را دارد.

واژگان کلیدی: توپوگرافی، روش تحلیل سلسله‌مراتبی، آق‌قلا، میانگین وزنی مرتب.

1- مقدمه

باقلا (*Vicia faba L.*) یکی از حبوبات مهم زمستانه‌ی استان گلستان است که به‌عنوان یک منبع غنی از پروتئین (به‌طور متوسط 23/4 درصد) برای مصرف انسان (به‌صورت سبز و خشک) و تغذیه‌ی دام به‌کار می‌رود. این محصول با داشتن پتانسیل تثبیت نیتروژن، نقش اساسی در افزایش حاصلخیزی خاک دارد (Sezavar & et-al, 2013; Hassanzadeh & et-al, 2013). ایران با تولید سالانه‌ی بیش از 46 هزار تن باقلا در سطح 36 هزار هکتار، مقام دوازدهم تولید این محصول را در جهان دارد (Rahemi Karizaki & Foroughi, 2016).

آگاهی از شرایط رشد این محصول و انتخاب مکان‌های مناسب برای پرورش آن با اصول علمی، دستیابی به بیشترین بازده در واحد سطح را امکان‌پذیر می‌کند. بنابراین، یکی از ابزارهای مؤثر برای شناخت توانمندی‌های اراضی و اختصاص آن‌ها به بهترین و سودآورترین انواع بهره‌وری، پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی است (Sarmadian & Taati, 2015) و یکی از روش‌های گزینش مکان مستعد، مدل‌سازی با روش میانگین وزنی مرتب (OWA^1) است (Mokarram & Zarei, 2016; Rahnema & et-al, 2013). در مطالعه‌ی با عنوان ارزیابی توسعه‌ی یک مدل زمین برای کشت باقلا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چندمعیاره در منطقه‌ی گنبدکاووس، مشخص شد که شوری خاک، مواد آلی کم، بارش کم، محتوای کلسیم بالا و کمبود فسفر و آهن عوامل کلیدی محدودکننده در این منطقه به‌شمار می‌روند (kazemi & et-al, 2016).

در مطالعه‌ی دیگر، پهنه‌بندی و ارزیابی فیزیکی تناسب اراضی برای محصولات زراعی خاص (گندم و سویا) با استفاده از GIS در سطح استان گلستان انجام شد و نتایج نشان داد که بیش از 58 درصد اراضی استان برای کشت گندم و بیش از 62 درصد اراضی برای کشت سویا در محدوده‌ی بسیار مستعد و مستعد قرار گرفته‌اند (Baniaghil & et-al, 2015). در مطالعه‌ی ارزیابی تناسب زمین برای کشت نیشکر در منطقه‌ی بیجور هند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل

1. Ordered weighted average

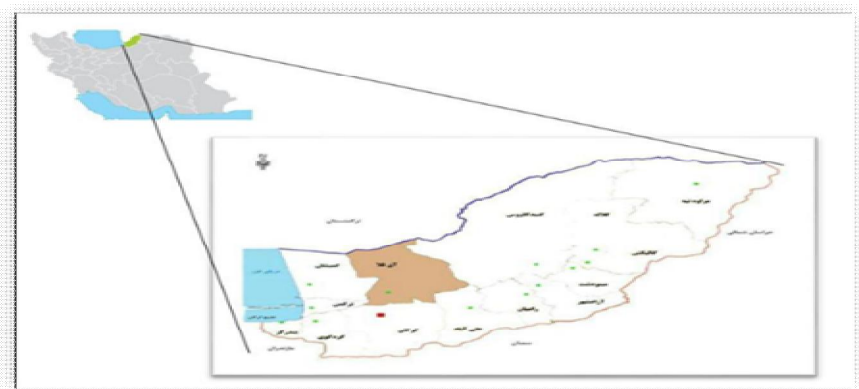
سلسله‌مراتبی، از 10 فاکتور بارندگی، بافت، زهکشی، عمق خاک، شیب، فاصله از جاده، فاصله از شرکت‌های قند، خطر فرسایش، خطر سیلاب و PH استفاده کردند که نتایج نشان داد از کل زمین‌های کشت‌شده‌ی منطقه، 61 درصد بسیار مناسب، 24 درصد مناسب، 7 درصد نسبتاً مناسب و 8 درصد نامناسب برای کشت نیشکر بودند (Jamil & et-al, 2018). در مطالعه‌ی ارزیابی زراعی با رویکرد ارزیابی چندمعیاره با روش ترکیبی خطی وزنی و روند تحلیلی سلسله‌مراتبی که در چندین روستای ناحیه‌ی ینی‌شهر استان بورسا در کشور ترکیه انجام شد، روشن شد که 15 درصد اراضی در محدوده‌ی بسیار مناسب و مناسب و 85 درصد آن‌ها در محدوده‌ی نسبتاً مناسب و نامناسب قرار گرفته‌اند (Dengiz & Usul, 2018).

هدف از این پژوهش پهنه‌بندی آگرواکولوژیکی مکان‌های مناسب برای کشت گیاه باقلا در شهرستان آق‌قلای استان گلستان با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب (OWA) است.

2- مواد و روش

2-1- معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان آق‌قلا با وسعت 1763 کیلومتر مربع، در گستره‌ی شمالی استان و در مختصات 54 درجه و 14/2 دقیقه تا 54 درجه و 51 دقیقه‌ی طول شرقی و 36 درجه و 55/3 دقیقه تا 37 درجه و 29/6 دقیقه‌ی عرضی شمالی واقع شده است. میزان بارش در این شهرستان بسیار اندک و میانگین آن 435 میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه نیز 18/1 درجه سانتی‌گراد و حداکثر ارتفاع از سطح دریا 86 متر است (شکل 1).



شکل 1: منطقه‌ی مورد مطالعه (آق‌قلا)

در این مطالعه، ابتدا نیازهای زراعی باقلا و متغیرهای اقلیمی و محیطی و برخی از عناصر خاک تعیین و باتوجه به آنها، نقشه‌های اولیه تهیه و پایگاه داده‌های مکانی تشکیل شد. سپس برای استانداردسازی داده‌ها از روش فازی و برای وزن‌دهی به معیارها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب در محیط نرم‌افزار IDRISI، نقشه‌ی تناسب اراضی باقلا تهیه و درنهایت، برای نقشه‌ی موردنظر در محیط IDRISI، ارزیابی صحت با استفاده از مشخصه عامل نسبی (ROC) انجام شد.

2-2- تعیین نیاز اکولوژیک باقلا

در این مطالعه، ابتدا نیاز باقلا با استفاده از منابع موجود مشخص شد (جدول 1).

جدول 1: نیازهای بوم‌شناختی باقلا

باقلا (Faba bean)		
منبع	فاکتور	نیاز بوم‌شناختی
Kazemi & et-al, 2016	10-15	دمای کمینه (سانتی‌گراد)
Balkaya, 2004	20-25	دمای مطلوب (سانتی‌گراد)
Balkaya, 2004	30-35	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)
Kazemi & et-al, 2016	≥ 600	بارندگی (میلی‌متر)
Majnoon Hosseini, 2015	لومی رسی و شنی رسی	بافت خاک
Majnoon Hosseini, 2015	<1200	ارتفاع (متر)
Kazemi <i>et al.</i> , 2016	<12	شیب (درصد)
Majnoon Hosseini, 2015	جنوبی	جهت شیب
Majnoon Hosseini, 2015	<3/4	شوری (دسی زیمنس)
Kazemi & et-al, 2016	6-7	اسیدیته
Kazemi & et-al, 2016	≥ 3	ماده‌ی آلی (درصد)
Kazemi & et-al, 2016	10-14	فسفر (پی پی ام)
Kazemi & et-al, 2016	40	کلسیم (پی پی ام)
Kazemi & et-al, 2016	200-240	پتاسیم (پی پی ام)

3-2- تهیه‌ی داده‌های اقلیمی و لایه‌های موردنیاز

باتوجه به نیاز اکولوژیک گونه‌ی باقلا، داده‌های موردنیاز هواشناسی از چهار ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی موجود در استان و 21 ایستگاه تبخیرسنجی و باران‌سنجی سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان تهیه شد که مشخصات مکانی مورداستفاده از ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی و کلیماتولوژی متعلق به سازمان هواشناسی به‌دست آمد. پس از وارد کردن این داده‌ها به محیط نرم‌افزار اکسل، ایستگاه‌های مناسب براساس آمار 12 سال گذشته (1382-1393) انتخاب شد. به‌دلیل در دسترس نبودن نقشه‌های هم‌مقیاس، تمامی نقشه‌ها به سیستم مختصات UTM^1 ، زون 40 در فرمت رستری و اندازه‌ی سلول 50 متر تبدیل شدند. داده‌های جدولی مانند آمارهای هواشناسی با درون‌یابی برمبنای کریجینگ در محیط GIS Arc به‌دست آمد.

4-2- تشکیل پایگاه داده‌ی مکانی

لایه‌های فیزیوگرافی مورد مطالعه شامل شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا است که نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع DEM^2 استان گلستان در مقیاس 50 متر در محیط Arc map تهیه شد. نقشه‌ی توپوگرافی و بافت خاک استان و نقشه‌ی عناصر خاک از سازمان‌ها و ارگان‌ها تهیه شد؛ به‌طوری که جهت جغرافیایی برای کشت باقلا به مسطح، جنوبی، جنوب‌شرقی، شرق، شمال‌شرقی، جنوب‌غربی، شمال‌غربی، غرب و شمال طبقه‌بندی شده است. جهت جغرافیایی بر دریافت تشعشع و گرما از سوی گیاه تأثیر زیادی می‌گذارد و باعث افزایش رشد، به‌خصوص در زمین‌های مسطح و دامنه‌های شرقی و جنوبی می‌شود. نقشه‌ی بافت خاک نیز با در نظر گرفتن نیاز اکولوژیک باقلا در محیط Arc Map طبقه‌بندی شد و باتوجه به اینکه در سطح مورد مطالعه، 3 نوع بافت خاک وجود دارد، به‌ترتیب به‌صورت لومی رسی شنی، لومی رسی سیلتی و رسی سیلتی طبقه‌بندی شد. براساس مطالعات محققان، بهترین بافت خاک برای حصول عملکرد مطلوب در باقلا خاک‌های دارای بافت لومی رسی و رسی شنی هستند که زهکشی خوب و مناسب برای این گیاه را دارند (Kazemi & et-al, 2016). نقشه‌ی عناصر خاک نیز که شامل 6 فاکتور EC، PH، OM^3 ، P، K^4 ، Ca هستند، در محیط Arc Map با در نظر گرفتن نیاز اکولوژیک باقلا طبقه‌بندی

1. Universal Transverse Mercator

2. Digital Elevation Model

3. Organic matter

4. Potassium

شد که این طبقه برای اسیدپته بین 6 تا 7، برای هدایت الکتریکی کمتر از 3/4 دسی‌زیمنس، برای ماده‌ی آلی بیشتر و مساوی 3 درصد، برای فسفر 10-14 ppm، برای پتاسیم 200-240 ppm و برای کلسیم 40 ppm است. از کودهای لازم برای گیاه ترجیحاً باید پس از نمونه‌گیری و آزمون خاک استفاده شود. در یک توصیه‌ی عمومی، کود فسفات آمونیوم به میزان 100 تا 150 کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت در نظر گرفته می‌شود.

جدول 2: حد آستانه و نوع تابع فازی باقلا برای استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

نام تابع	نوع تابع	حد آستانه		لایه‌ی نقشه
		B or D	A or C	
خطی	کاهشی	9	1	جهت شیب
خطی	افزایشی	68/58	0	ارتفاع
سیگموئیدی	کاهشی	7	5	بافت خاک
خطی	افزایشی	18/59	16/91	دمای حداکثر تاریخ کاشت
خطی	افزایشی	19/64	17/64	دمای حداکثر دوره‌ی رشد
خطی	افزایشی	7/57	6/81	دمای حداقل تاریخ کاشت
خطی	افزایشی	6/59	6/13	دمای حداقل دوره‌ی رشد
خطی	افزایشی	13/12	12/23	دمای مطلوب تاریخ کاشت
خطی	افزایشی	11/51	12/48	دمای مطلوب دوره‌ی رشد
خطی	افزایشی	122/83	109/78	بارندگی در تاریخ کاشت
خطی	افزایشی	413/07	379/04	بارندگی در دوره‌ی رشد
سیگموئیدی	کاهشی	7/3	7/94	اسیدپته
سیگموئیدی	کاهشی	3/4	31/78	شوری
سیگموئیدی	افزایشی	2,1	3	ماده‌ی آلی
خطی	افزایشی	3/40	1/17	کلسیم
سیگموئیدی	مقارن	b =10 d =20.91	a =3.82 c =14	فسفر

5-2- استانداردسازی لایه‌ها با استفاده از نحوه تأثیرگذاری

به‌منظور تعیین ارزش‌ها (مقادیر) و یکسان‌سازی مقیاس‌ها در لایه‌های رقومی اطلاعات نقشه‌ای، از روش‌های مبتنی بر منطق فازی¹ استفاده شد. یک مجموعه‌ی فازی، مجموعه‌ای است که اعضایش می‌توانند درجه‌ی عضویت متفاوتی بین صفر و یک یا صفر تا 255 داشته باشند. البته

1. Fuzzy

مقیاس 0-255 مناسب‌تر است؛ زیرا مدل ارزیابی چندمعیاره برای این سطح بهینه شده است (Baniaghil & et-al, 2015).

2-6- انجام تحلیل سلسله‌مراتبی و تعیین وزن فاکتورها

برای وزن‌دهی معیارها نیز با استفاده از نظر کارشناسان و استادان دانشگاه‌ها، از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. پس از ارزیابی معیارها به مقیاس‌های قابل‌مقایسه و استاندارد، باید وزن و اهمیت نسبی هر یک از آن‌ها در رابطه با هدف موردنظر تعیین شود. وزن‌دهی معیارها در محیط نرم‌افزار ادریسی با استفاده از پرسش‌نامه‌های به‌دست‌آمده در سه گروه مجزای اقلیمی، توپوگرافی و عناصر خاک انجام شد. در روش AHP، با استفاده از منطق فازی که به‌صورت پیوستاری است، جدولی 9 درجه‌ای تهیه شد که برای هر وضعیت از مقایسه، یک عدد در نظر گرفته شده است و متغیرهایی که بیشترین اهمیت را دارند مشخص شدند. در نهایت، عملیات فازی در محیط نرم‌افزار ادریسی پس از فرآیند استانداردسازی صورت گرفت. برای تعیین درجه‌ی دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری¹ (C.I) استفاده شد (Satty, 1980). چنانچه شاخص سازگاری معادل 0/1 یا کمتر از آن باشد، وزن‌دهی صحیح است و در غیر این صورت، باید وزن‌های نسبی داده‌شده به معیارها تغییر کنند و وزن‌دهی مجدد انجام شود. نکته‌ی قابل‌توجه در این بخش این است که در وزن‌دهی معیارها، باید فاکتورهای اقلیمی و محیطی و عناصر خاک به‌صورت جداگانه وزن‌دهی و مقایسه شوند؛ چون یکی از اصول AHP این است که معیارهای مورد‌مقایسه در یک راستا قرار گیرند (Baniaghil & et-al, 2015).

2-7- مدل‌سازی با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب

از امکانات این روش این است که به درجه‌بندی پیوسته‌ی سناریوهایی بین عملگر اشتراک و عملگر اجتماع منجر می‌شود. این درجه‌بندی پیوسته به‌وسیله‌ی وزن سراسری و محلی انجام می‌شود. وزن سراسری براساس قضاوت کارشناسان و از طریق مقایسه‌ی زوجی برای کنترل سطح جبران‌پذیری و وزن‌های محلی به‌صورت تدریجی اضافه می‌شوند و حذف معیارها و قدرت نفوذ برای کنترل سطح عدم اطمینان و ریسک‌پذیری را فراهم می‌کند (Saadatfar & Faramarzi, 2018). مدل‌سازی با اضافه کردن پارامترهای فازی و وزن‌دهی‌شده به نرم‌افزار ادریسی و اجرای عملگر OWA از فرآیند MCE همراه بود. مدل میانگین وزنی مرتب از 6 سناریو تشکیل شده است که اولی سطح ریسک کم و مقدار اندک جبران است که وزن‌های

1. Consistency index

ترتیبی در این سناریو به صورت اعداد بزرگ به کوچک است؛ یعنی وزن اول بزرگ‌ترین عدد و وزن نهایی کوچک‌ترین عدد را شامل می‌شود که جمع این اعداد باید عدد یک باشد. سناریوی دوم سطح ریسک بالا و جبران کامل است و وزن‌های ترتیبی در آن به صورت کوچک به بزرگ است که جمع اعداد باید عدد یک باشد. سناریوی سوم سطح ریسک میانگین و جبران کامل است که در آن عدد یک بر تعداد فاکتورها تقسیم شد و نتیجه این بود که تمام وزن‌ها یکسان بودند. در این مطالعه، پارامترها در سه گروه مجزا مدل‌سازی شدند و بنابراین، تعداد فاکتورها برای سناریوها متغیر بودند. سناریوی بعدی سطح ریسک پایین و عدم جبران است که در آن، وزن ترتیبی اول عدد یک و بقیه‌ی وزن‌ها صفر وارد شد. سناریوی پنجم سطح ریسک بالا و عدم جبران است که در آن، وزن نهایی عدد یک و بقیه‌ی وزن‌ها صفر وارد شد. سناریوی ششم سطح میانگین ریسک و عدم جبران است که در آن، وزن وسطی عدد یک و بقیه صفر وارد شد. روش OWA شامل دو گروه وزنی است؛ یکی وزن اهمیت فاکتورها در حل مسئله و دیگری برتری وزنی هر یک از متغیرها یا فاکتورها. با تغییر در وزن برتری هر یک از فاکتورها، دامنه‌ی وسیعی از نقشه‌های خروجی تولید می‌شود (Borouhaki & Malczewski, 2008).

8-2- پهنه‌بندی و تعیین مناطق مناسب کشت باقلا

نتایج حاصل از مدل‌سازی، برای هر گروه از پارامترها شش نقشه بود و برای پهنه‌بندی باقلا، نقشه‌های حاصل از گروه‌های مجزا (توپوگرافی، فیزیوگرافی و عناصر خاک) ترکیب شد و به‌ازای شش سناریو، شش نقشه یا به عبارتی پهنه‌بندی به‌دست آمد. با توجه به هدف اصلی این تحقیق که پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت باقلا در شهرستان آق‌قلا است، تمامی شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی و برخی از عناصر خاک با توجه به آستانه‌های سازگاری گونه تعیین و نقشه‌ی نهایی ایجاد شد. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل کشت باقلای شهرستان آق‌قلا به صورت فازی، منطقه به چهار قسمت بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و نامستعد پهنه‌بندی شد.

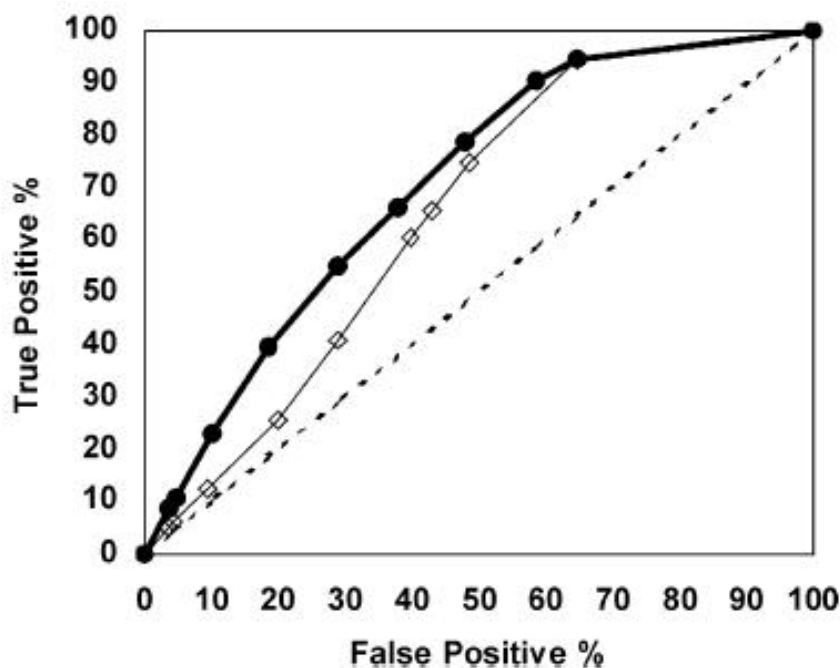
9-2- ارزیابی صحت

پس از مشخص کردن تناسب اراضی شهرستان برای گونه‌ی باقلا، صحت مدل ساخته‌شده در سطح شهرستان با استفاده از روش ROC^1 ارزیابی شد. برای صحت‌سنجی، نمونه‌برداری میدانی و تعیین حقایق زمین لازم است.

1. Receiver operating characteristic

ROC یک روش رایج برای ارزیابی دقت مدل‌ها است؛ به طوری که در این روش، از تجزیه و تحلیل محدوده‌ی ارزشی زیر منحنی (AUC) از مقدار 0/5 الی 1 برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود. مقدار AUC بین 0/9 الی 1 پیش‌بینی عالی، 0/8 الی 0/9 بسیار خوب، 0/7 الی 0/8 خوب، 0/6 الی 0/7 متوسط و کمتر از 0/6 ضعیف است.

این روش یک عامل نسبی است برای ارزیابی صحت یک مدل‌سازی به وسیله‌ی مقایسه‌ی یک تصویر پیوسته با نتایج بولین که نشان می‌دهد کجاها دقیقاً اتفاق افتاده است و درست‌نمایی آن را در کلاس مشخص می‌کند (Rossiter & Loza, 2010). برای مثال، ROC می‌تواند مقایسه‌ی یک تصویر از مدل احتمالی کشت گونه در برابر یک تصویر واقعی از کشت گونه را انجام دهد. در واقع، این روش به شکل نموداری است که در آن، نسبت پیکسل‌هایی که توسط مدل به درستی تغییر پیش‌بینی شده‌اند (True Positive) در برابر مقدار مکمل آن، یعنی نسبت پیکسل‌هایی که نادرست تغییر پیش‌بینی شده‌اند (False Positive)، ترسیم می‌شود (شکل 2).



شکل 2. Error! No text of specified style in document. منحنی ROC

به این ترتیب، برای یافتن حقایق زمین، از 30 نقطه نمونه برداری میدانی انجام شد و در محیط نرم‌افزار Arc Map نقشه‌ی واقعیت یا میدانی تهیه گردید. آماره‌ی ROC یک عامل نسبی است که برای ارزیابی صحت یک مدل‌سازی، موقعیت وقوع از یک کلاس به‌وسیله‌ی مقایسه کردن با یک تصویر مناسب انجام می‌گیرد که نشان می‌دهد کجاها دقیقاً اتفاق افتاده است و درست‌نمایی آن را در کلاس مشخص می‌کند (Rossiter & Loza, 2004). بدین منظور، برای ارزیابی صحت مدل، 30 نقطه به‌صورت تصادفی روی نقشه مشخص و با بازدید زمین مطلوبیت آن‌ها برای کشت باقلا تعیین شد. در گام بعد، با مقایسه‌ی مقادیر ارزش‌های به‌دست‌آمده از شش سناریوی سطح ریسک کم و مقدار اندک جبران، سطح ریسک بالا و جبران کامل، سطح ریسک میانگین و جبران کامل، سطح ریسک پایین و عدم جبران، سطح ریسک بالا و عدم جبران، سطح میانگین ریسک و عدم جبران که حاصل از فرآیند OWA است با مقادیر واقعیت زمینی، مقادیر شاخص ROC در محیط نرم‌افزار ادریسی محاسبه شد.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج حاصل از فازی کردن نقشه‌ها

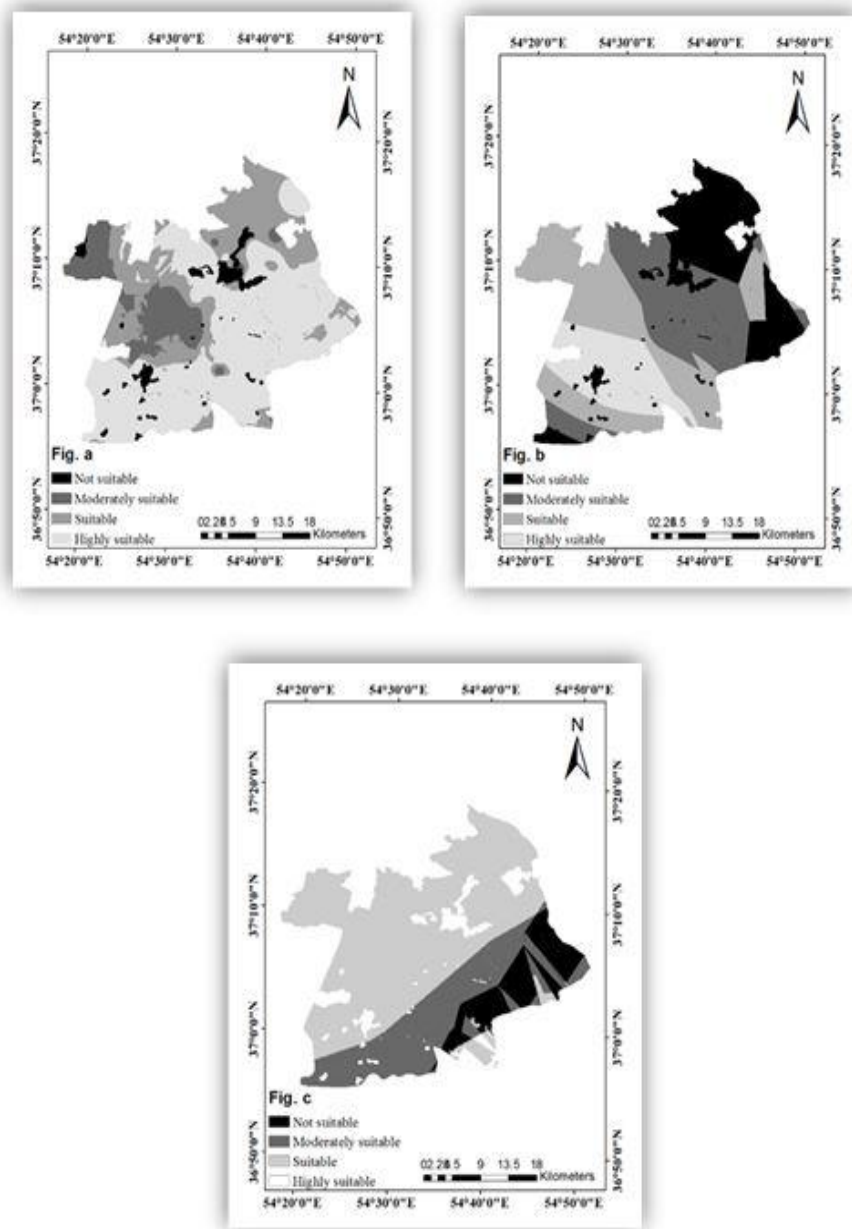
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقایسات زوجی بین عوامل مؤثر بر کشت باقلا نشان داد (جدول 3) که از بین عوامل اقلیمی، فیزیوگرافی و عناصر خاک مؤثر بر کشت، عوامل اقلیمی بیشترین اهمیت را داشتند و عناصر خاک در رتبه‌ی دوم و عوامل اقلیمی در رتبه‌ی آخر قرار گرفتند. در زیرمعیارهای اقلیم، بارندگی در دوره‌ی رشد و سبز شدن به‌ترتیب با ضریب 0/2876 و 0/2274 بیشترین و دمای حداقل دوره‌ی سبز شدن با 0/0355 کمترین ضرایب را داشتند. در زیرمعیارهای فیزیوگرافی، مقدار جهت شیب با ضریب 0/5396 بیشترین و ارتفاع با ضریب 0/1634 کمترین ضرایب و در زیرمعیارهای عناصر خاک، عامل هدایت الکتریکی با ضریب 0/3913 بیشترین و عامل کلسیم با ضریب 0/0528 کمترین ضرایب را در رتبه‌بندی کسب کردند. چنانچه در تحلیل‌های مکانی GIS، از توابع تحلیلی همچون تحلیل سلسله‌مراتبی نیز استفاده شود، نتایج از دقت بالایی برخوردار خواهند بود؛ زیرا در این کار از نظر متخصصان هم بهره گرفته می‌شود (Nasrallahi & et-al, 2014). ژانگ و دیگران (2015) نشان دادند که AHP یک روش مؤثر و برتر برای تعیین وزن مؤلفه‌های چندگانه به روش سیستمی و منطقی است.

جدول 3: ارزش وزنی و رتبه‌ی معیارها و زیرمعیارهای مربوط به عوامل تأثیرگذار بر کشت باقلا در شهرستان آق‌قلا

معیار / زیرمعیار	ارزش / رتبه
اقلیم	
دمای حداکثر تاریخ کاشت	6 / 0/0588
دمای حداکثر دوره‌ی رشد	5 / 0/0739
دمای حداقل تاریخ کاشت	8 / 0/0355
دمای حداقل دوره‌ی رشد	7 / 0/0504
دمای مطلوب تاریخ کاشت	4 / 0/1036
دمای مطلوب دوره‌ی رشد	3 / 0/1628
بارندگی مطلوب تاریخ کاشت	2 / 0/2274
بارندگی مطلوب دوره‌ی رشد	1 / 0/2876
فیزیوگرافی	
جهت شیب	1 / 0/5396
ارتفاع	3 / 0/1634
بافت خاک	2 / 0/2970
عناصر خاک	
اسیدیته	2 / 0/2980
هدایت الکتریکی	1 / 0/3913
ماده‌ی آلی	3 / 0/2044
فسفر	4 / 0/0607
کلسیم	5 / 0/0528

توانایی روش OWA این است که به درجه‌بندی پیوسته‌ی سناریوهایی بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری-ریسک‌ناپذیری) و عملگر اجتماع (ریسک‌پذیری) منجر می‌شود (Rahnema & et-al, 2013). بنابراین، سناریوهای OWA که شامل سناریوی سطح ریسک کم و مقدار اندک جبران، سطح ریسک بالا و جبران کامل، سطح ریسک میانگین و جبران کامل، سطح ریسک پایین و عدم جبران، سطح ریسک بالا و عدم جبران و سطح میانگین ریسک و عدم جبران است، از نظر ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی عملکرد متفاوتی داشتند و از هریک از سناریوها با توجه به وزن ترتیبی و قدرت ریسک‌پذیر بودن آن‌ها، نقشه‌ای تهیه شد. حاصل این سناریوها شش نقشه‌ی تناسب اراضی کشت گونه‌ی باقلا است که بهترین آن‌ها توسط عملگر ROC انتخاب شد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر اقلیمی، اراضی واقع در جنوب‌غربی به‌سمت مرکز شهرستان دارای شرایط مساعدی برای کشت باقلا هستند (شکل 3-ب)؛ در حالی که از نظر عوامل فیزیوگرافی، مناطق مساعد بیشتر در غرب شهرستان متمرکز شدند (شکل 3-ج).

پهنه‌بندی عناصر خاک گویای این است که تنها اراضی واقع در شمال غربی شهرستان برای کشت باقلا نامساعد هستند و اغلب اراضی شهرستان مساعد هستند (شکل 3-الف). استعدادسنجی اراضی شهرستان نشان داد که عوامل اقلیمی بیشترین محدودیت را در مقایسه با عوامل فیزیوگرافی و عناصر خاک برای کشت باقلا ایجاد می‌کنند (جدول 3). بنابراین، از بین عوامل اقلیمی بارندگی، از بین عوامل فیزیوگرافی جهت شیب و از بین عوامل عناصر خاک هدایت الکتریکی مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت باقلا در شهرستان آق‌قلا هستند. کاظمی و همکاران (2016) نیز در ارزیابی توسعه‌ی یک مدل زمین برای کشت باقلا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چندمعیاره در حوزه‌ی گنبد کاووس مشخص کردند که 26/11 درصد از مجموع زمین‌های کشاورزی برای تولید محصول نامناسب است و شوری خاک، مواد آلی کم، بارش کم، محتوای کلسیم بالا و کمبود فسفر و آهن عوامل کلیدی محدودکننده در این منطقه هستند. این درحالی است که مطالعات نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مهم‌ترین تأثیر را بر عملیات کشاورزی می‌گذارند. حتی پراکنش گونه‌های گیاهی (اعم از وحشی و زراعی) در عرض‌های جغرافیایی مختلف، با عوامل اقلیمی، به‌خصوص بارندگی و دما، ارتباط دارد. برای اینکه از یک رژیم اقلیمی معین و شرایط طبیعی هر منطقه حداکثر بهره‌برداری زراعی بشود، لازم است قبل از هر برنامه‌ریزی در این زمینه، عوامل هواشناسی و طبیعی آن منطقه بررسی شود (Simpson & Stitt, 1998). از جمله مهم‌ترین عوامل محیطی تعیین‌کننده عملکرد دانه، وضعیت رطوبتی خاک است. درحقیقت، آبیاری مزارع نیز به‌منظور حفظ رطوبت خاک در یک وضعیت مطلوب و به حداقل رساندن تنش رطوبتی واردشده به گیاه زراعی در طول فصل رشد، انجام می‌شود (Kumuditi & et-al, 2002). اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فصل رشد در ارتباط با بارش باران به کشاورزان خرده‌مقیاس در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌ی مدیریتی کاشت کمک می‌کند و فرصت را برای فصل موفق و سودآور افزایش می‌دهد. همچنین، شیوه‌های مدیریت تناسب اراضی، آبشویی، زهکشی، آماده‌سازی زمین، تناوب محصول، روش‌های آبیاری خاص و استفاده از محصولات مقاوم، به افزایش عملکرد محصول در این منطقه کمک می‌کند (Kazemi & et- al, 2016). هر گونه‌ی گیاهی با شرایط رویشگاهی خاص سازگاری دارد و با تغییر شرایط رویشگاهی، در وفور و الگوی پراکنش گیاهان تغییر ایجاد خواهد شد. دلیل رشد بعضی گونه‌ها در محیطی ویژه نیازهای مشابه آن‌ها از نظر عوامل محیطی مانند نور، دما، زهکشی و مواد غذایی است و تغییر در پارامترهای محیطی (شیب، جهت و ارتفاع) بر توزیع پوشش گیاهی اثر می‌گذارد (Khedri Gharibvand & et-al, 2009).



شکل 3: الف. استعدادسنجی عناصر خاک؛ ب. استعدادسنجی عوامل اقلیمی؛ ج. استعدادسنجی عوامل فیزیوگرافی

آماره‌ی ROC یک عامل نسبی است که برای ارزیابی صحت یک مدل‌سازی، موقعیت وقوع از یک کلاس به‌وسیله‌ی مقایسه کردن با یک تصویر مناسب انجام می‌گیرد که نشان می‌دهد کجاها دقیقاً اتفاق افتاده است و درست‌نمایی آن را در کلاس مشخص می‌کند (Rossiter & Loza, 2004).

جدول 4: شاخص‌های به‌دست‌آمده از ROC

شاخص مساحت زیر منحنی ROC	نقشه‌ی حاصل از سناریوها
0/684	سطح ریسک کم و مقدار اندک جبران
0/332	سطح ریسک بالا و جبران کامل
0/333	سطح ریسک میانگین و جبران کامل
0/448	سطح ریسک پایین و عدم جبران
0/343	سطح ریسک بالا و عدم جبران
0/725	سطح میانگین ریسک و عدم جبران

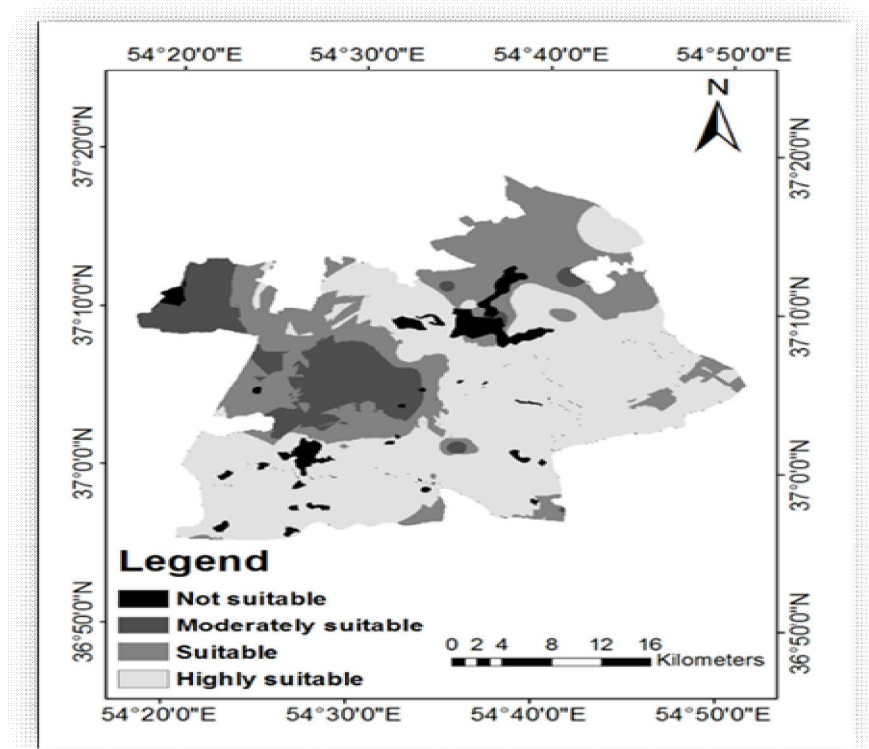
براساس نتایج ارزیابی صحت، مقادیر مساحت زیر منحنی ROC برای سناریوهای یک تا شش به‌ترتیب طبق جدول 4 به‌دست آمد. چنانچه مقدار شاخص مساحت زیر منحنی ROC بین 0/5 تا 0/6 باشد عملکرد مدل ضعیف، بین 0/6 تا 0/7 عملکرد مدل متوسط، بین 0/7 تا 0/8 خوب، بین 0/8 تا 0/9 خیلی خوب و بین 0/9 تا 1 عالی است (Gilanipor & Motevli, 2015). با توجه به مقادیر سطوح زیر منحنی به‌دست‌آمده، نقشه‌ی حاصل از سناریوی ششم (سطح میانگین ریسک و عدم جبران) بالاترین مقدار را داشته و بیشتر از 0/7 را به خود اختصاص داده است. بنابراین، این نقشه به واقعیت نزدیک‌تر است و بهترین استعدادسنجی را برای کشت گونه‌ی باقلا دربر می‌گیرد.

جدول 5: مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده برای کشت باقلا

رتبه‌بندی پهنه‌ها	عوامل اقلیمی	
	مساحت (هکتار)	مساحت پهنه (درصد)
بسیار مستعد	17590/5446	16
مستعد	36962/1012	33/57
نیمه‌مستعد	26476/4152	04/24
غیرمستعد	29062/8145	26/39
	عوامل فیزیوگرافی	
بسیار مستعد	745/6045	0/7
مستعد	68352/9708	62/9
نیمه‌مستعد	27197/8925	25/02
غیرمستعد	12365/1507	11/38
	عوامل فیزیوگیمیایی خاک	
بسیار مستعد	36472/1819	32/08
مستعد	27994/2030	24/63
نیمه‌مستعد	37864/8547	33/31
غیرمستعد	11322/3138	9/98

2-3- نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی نشان داد که باران در بین عوامل اقلیمی بیشترین نقش و اهمیت را در مقایسه با دیگر معیارها دارد؛ به طوری که از لحاظ فیزیوگرافی، جهت شیب و برای عناصر خاک، هدایت الکتریکی از عوامل محدودکننده در کشت باقلا هستند. پهنه‌بندی کلی نشان داد که 55/78 درصد منطقه بسیار مستعد، 27/82 درصد مستعد، 12/23 درصد نیمه‌مستعد و تقریباً 4/15 درصد غیرمستعد است؛ بنابراین، 83/67 درصد شهرستان دارای عوامل اقلیمی، فیزیوگرافی و عناصر خاک مناسب برای کشت باقلا است (شکل 4). حاصل این مطالعه این است که میانگین وزنی مرتب قادر است الگوی کشت مناسبی را برای گیاهان مطرح کند و برای آن‌ها نقشه‌ی تناسب کشت ترسیم نماید. پورخباز و همکاران (2015) نیز در مطالعه‌ی خود نشان دادند که در روش OWA، برجستگی بهتری بین طیف‌های مختلف موجود در نقشه‌ی نهایی دیده می‌شود و این موضوع بیانگر این مهم است که استفاده از وزن‌های درجه‌ای به تصمیم‌گیر کمک می‌کند که تأثیر عوامل مهم‌تر را در نقشه‌ی نهایی بهتر وارد کند.



شکل 4: پهنه‌بندی کلی اراضی شهرستان آق‌قلا برای کشت باقلا

4- منابع

- Balkaya, A. 2004. Modeling the effect of temperature on the germination speed in some legume crops. *Journal of Agronomy* 3(3): 179-183.
- Baniaghil, A. S., Rahemi, A., Biabani, A., and Famarzi, H., 2015. Zoning and Physical Assessment of Land Suitability for Particular Crops (wheat, soybean) using GIS in Golestan Province. A thesis submitted to the graduate studies office in partial fulfillment of requirement for the degree of M.Sc. 94p. (In Persian with English Summary).

- Boroushaki, S., and Malczewski, J., 2008. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences* 34 (4): 399-410.
- Dengiz, O., and Usul, M., 2018. Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. *Eurasian Journal of Soil Science* 7(1): 20-29.
- Gilanipor, A., Motevli, S. 2015. Shallow landslide hazard zonation using two-tiered and GIS statistical methods (Case study: Golnrood watershed). *Natural Ecosystems of Iran*. 6(2): 57-78.
- Hassanzadeh, A., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghadam, A., and Biabani, A., 2013. The combined effect of terminal heat the end of growth season and competition between plants on phenology, yield and components yield in faba bean. *Journal of Crop Production* 6 (4): 151-163.
- Jamil, M., Ahmed, R., and Sajjad, H., 2018. Land suitability assessment for sugarcane cultivation in Bijnor district, India using geographic information system and fuzzy analytical hierarchy process. *Geo Journal* 83 (3):595-611.
- Kazemi, H., Sadeghi, S., and Akinci, H., 2016. Developing a land evaluation model for faba bean cultivation using geographic information system and multi-criteria analysis (A case study: Gonbad-Kavous region, Iran). *Ecological Indicators* 63:37-47.
- Kumuditi, S., Hume, D. J., Chu, G. 2002. Genetic improvement in Short-season soybean (nitrogen accumulation, remobilization and partitioning). *Crop Science*. 42: 141-145.
- Khedri Gharibvand, H. A., Dianati Tilaki, G. A., Sohrabi, H., Mesdaghi, M., Sardari, M. 2009. Effect of soil properties, elevation and slope aspect on distribution of *camphorosma monspeliaca* L. in Dote- Tang Sayad region of Chaharmahal and Bakhtiari province. 3(3): 357-370.
- Majnoon Hosseini, N. 2015. Grain Legume Production. Tehran University Press, 283 pages.



- Mokarram, M., and Zarei, R., 2016. Evaluation of groundwater quality using ordered weighting average (OWA) method; case study south of Fars province. *Irrigation & Water Engineering* 6 (23): 142-131.
- Nandi, A., and A. Shakoor. "A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses." *Engineering Geology* 110, no. 1-2 (2010): 11-20.
- Nasrallahi, N., Kazemi, H., Kamkar, B., Sadeghi, S. 2014. Agroecological evaluation of Aq-Qala Township (Golestan Province) for dry land wheat cultivation using geographical information system (GIS). *Agronomy Journal*. (110): 83-94.
- Rahnama, M. R., Aghajani, H., Fattahi, M. 2013. Zoning of landfill by combining the weighted averaging method of OWA and GIS in Mashhad. (3): 87-105.
- Pourkhabbaz, H. R., Aghdar H., Mohammadyari, F., and Javanmardi, S., 2015. Land suitability Evaluation for determining of agricultural land use by Multi Criteria Decision Making models ANP- DEMATEL and FAHP Chang (Case study: Behbahan fringe). *Journal of Environmental Studies* 41(2): 429-445. (In Persian).
- Pourghasemi, H. R., & Kerle, N. Random forests and evidential belief function-based landslide susceptibility assessment in Western Mazandaran Province, Iran. *Environmental earth sciences*, 75(3), 185.
- Rahemi, K. A., Foroughi, A. (2016). Seed filling trend of faba bean (*VICIA FABA L.*) as affected by planting data and density. 1(37): 89-102.
- Rossiter, D. G., and Loza, A., 2004. Analyzing land cover change with R. In *International Institute for Geo-information Science. Earth Observation (ITC), Enschede (NL). 1.3 edition.*
- Rossiter, D. G., & Loza, A. 2012. Analyzing land cover change with logistic regression in R. *University of Twente, Faculty of Geo-Information Science & Earth Observation (ITC), Enschede (NL): 71 pp.*

- Sarmadian, F., and Taati, A., 2015. Agro-ecological zoning of the Qazvin area for wheat (*Triticum aestivum* L.) using RS and GIS. *Journal of Agroecology* 7(3): 368-380. (In Persian)
- Satty, T. 1980. *The analytical hierarchical process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: Mc Graw-Hill. 11-21.
- Sezavar, S., Safarzadeh, M. N., and Hosseini, A., 2013. Estimation of the highest correlation region. *The fifth national conference of Iran*. Third part. 705 p.
- Simpson, J., and Stitt, J. A., 1998. Procedure for the detection and removal of clouds shadow from AVHRR data over land. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36(3): 880-897.
- Zhang, J., su, Y., wu, J., and Liang, H., 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of china. *Computers and Electronica Agricultural* 114, 202-211.
- Saadatfar, A., & Faramarzi, H. (2018). Optimum Ecotourism Site Selection In Kojur Basin Of Mazandaran Province Using Ordered Weighted Average (OWA) And Geographic Information System (GIS). *RS & GIS for Natural Resources*. (Vol. 9/ Issue 2) summer 2018. 13p.