پهنه‌بندی قابلیت زمین‌های دشت خضرآباد برای کشت زعفران با استفاده از منطق فازی

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۲، شماره ۳، صفحات ٦١ – ٤٧
(پاییز ۱۳۹۵)

محمدحسن صادقی‌روش
استادیار گروه محیط زیست
دانشکده کشاورزی
واحد تاکستان
دانشگاه آزاد اسلامی
تاکستان، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

چکیده یکی از اهداف مهم انجام طرح‌های کشاورزی پایدار کاهش محرومیت، تأمین امنیت غذایی و رفع تبعیض بین مناطق مختلف در چارچوب حفظ محیط‌زیست است. ارزیابی قابلیت اراضی نخستین گام در فرایند توسعه پایدار منطقه‌ای می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک زعفران و مقاومت آن در برابر خشکی و گرما و نقش آن در وضعیت اقتصادی – اجتماعی و با در نظر گرفتن مساحت وسیع اقلیم خشک در کشور، این پژوهش تحلیلی با هدف تعیین قابلیت اراضی به منظور کشت زعفران به انجام رسید. به این منظور در قالب روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، روش بونیسون به منظور تعیین قابلیت اراضی در هر واحد کاری استفاده شد. در این روش لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز نیز در نرم‌افزار Arc Gis تهیه شد. سپس اقدام به فازی‌سازی داده‌ها از روش چن و هوانگ شد و فرایند تحلیل فازی روی داده‌ها صورت گرفت و در نهایت تبدیل داده‌های فازی به غیرفازی و برآورد پتانسیل قابلیت اراضی به انجام رسید. از مجموع ۷۸۵ کیلومترمربع اراضی دشت خضرآباد، ٤٦/٥٦٪ از کل منطقه مطالعاتی مناسب و نسبتاً مناسب، ٤٠/٩٪ دارای توان متوسط و ١٢/٥٤٪ دارای توان نسبتاً نامناسب جهت کشت زعفران ارزیابی شدند. مطالعه صورت گرفته نشان از کارایی و سهولت کاربرد منطق فازی در ارزیابی قابلیت اراضی داشت و کاربرد نتایج حاصل از این پژوهش امکان ایجاد تعادل بین طرح‌های توسعه و محیط را میسر می‌سازد.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹٤**
تاریخ دریافت: **۹۵/۰۲/۱۲**
تاریخ پذیرش: **۹۵/۰۸/۰۹**

واژه‌های کلیدی:
- ***Crocus sativus***
- **روش بونیسون**
- بهره‌برداری بهینه
- **توسعه پایدار**
- **تصمیم‌گیری چند معیاره**

مقدمه برنامه‌ریزی صحیح و منطقی برای بهره‌برداری بهینه از اراضی، منابع طبیعی و انسانی باید به گونه‌ای باشد که با شناخت توان اراضی، ضمن کسب حداکثر محصول، جنبه حفاظت از محیط‌زیست را نیز ملحوظ دارد.[٦] بر این اساس آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط محیطی آن لازمه هر گونه فعالیت کشاورزی پایدار می‌باشد.[١٣] در این راستا و با توجه به این موضوع که ١٦ استان کشور با وسعت ٥٧/٥ میلیون هکتار در شرایط بیابانی قرار گرفته‌اند،[٤] که با محدودیت شدید منابع خاک و آب مواجه‌اند، شناخت گونه‌های گیاهی کم توقع و مهم از نظر اقتصادی امری ضروری در اقتصاد کشاورزی این نقاط می‌باشد و پهنه‌بندی مناطق مناسب کشت با توجه به نیاز اکولوژیکی این گونه‌ها و شرایط محیطی لازم است.[١٣]

در این پژوهش سعی شد به منظور لحاظ توأمان حفاظت از منابع آب و خاک و افزایش توان اقتصادی کشاورزان، مناطق مناسب کشت زعفران به عنوان یک گیاه خشکی‌دوست و اقتصادی با توجه به نیازهای اکولوژیک این گیاه مورد توجه قرار گیرد. کشت این گیاه که دارای ارزش اقتصادی بالا بوده و همچنین دوره رشد و گلدهی آن منطبق بر فصل گرم سال نبوده، باعث کاهش نیاز آبی، کاهش تراکم فعالیت زراعی و کاهش بیکاری فصلی می‌شود.[٩]

زعفران[1] از خانواده زنبقیان[2] گیاهی علفی، چند ساله، بدون ساقه و پیازدار است.[٣١] این گیاه در طیف گسترده‌ای از شرایط آب و هوایی و شرایط دمایی و رطوبتی متغیر قابل کشت است.[١٨] در عین حال مقاوم به شرایط خشک و آهکی بوده و طالب مناطق گرم و خشک با زمستان‌های ملایم و سرد می‌باشد. این گیاه از نیمه اردیبهشت ماه که بارندگی بهاره قطع می‌شود یک دوره خواب ٥ ماهه را طی کرده و نیاز به آبیاری ندارد.[٣] سپس در اواسط پاییز رشد زایشی که همراه با گلدهی گیاه است و رشد رویشی که تا اردیبهشت به طول می‌انجامد شروع می‌شود.[٢٠] بهترین دما در زمان گلدهی ٩ تا ١٥ درجه سلسیوس می‌باشد.[١٦] به طور کلی، رشد این گیاه در درجه حرارت‌های بین ١٥ تا ٢٥ درجه سلسیوس تأمین می‌شود.[٢٩] در ایران دمای بهینه را بین ٥ الی ١٥ درجه سلسیوس در نظر می‌گیرند و معتقدند که با افزایش دما از عملکرد محصول کاسته می‌شود.[٢] میزان بارندگی سالانه مطلوب این گیاه به منظور رشد مناسب ٢٠٠ میلی‌متر است.[١٧،٣٠] مناطق با ارتفاع مابین ١٣٠٠ تا ٢٣٠٠ متر در صورت دارا بودن سایر شرایط، مناسب کشت این گیاه می‌باشد.[١٤] از آنجا که بیشتر مناطق زعفران‌خیز کشور در ارتفاعی مابین ١٤٠٠ تا ١٦٠٠ متر قرار دارد،[٢١] ارتفاع ١٠٠٠ تا ١٥٠٠ متر بهترین مکان جهت کشت زعفران در ایران ارزیابی می‌شود به صورتی که کشت در ارتفاع کمتر و بیشتر از آن بر عملکرد کمی و کیفی تولید اثر دارد.[١٠] درصد کم شیب به خاطر ذخیره رطوبتی زیاد در خاک و همچنین کمتر بودن دامنه تغییرات حرارتی برای رشد زعفران مناسب‌تر است. در عین حال با توجه به اینکه کشت زعفران جزو کشت‌های آبی است و شیب مناسب زمین برای کشت آبی ٨٪ می‌باشد.[٢٤]

گل‌های باز شده زعفران در دماهای پایین‌تر از ٥ درجه سلسیوس که صفر پایه یا فیزیولوژی گیاه می‌باشد دچار خسارت می‌شوند و وقوع یخبندان‌های پاییزی در زمان گلدهی زعفران بر عملکرد آن تاثیر زیانباری دارد.[٢٧] این گیاه در مناطق با ساعات آفتابی بیشتر بهتر رشد می‌کند. همچنین در خاک‌های شنی و سیلتی دارای ساختمان متوسط و استحکام کم و بیش نرم و با

[1] *Crocus sativus*
[2] Iridaceae

نفوذپذیری خوب بهتر از خاک‌های رسی و سنگین رشد می‌کند.[۲۲] مقاومت زعفران به کلسیم و آهک فعال خاک زیاد بوده و در خاک‌هایی که اسیدیته ۷ الی ۸ دارند بهتر به عمل می‌آید.[۳]

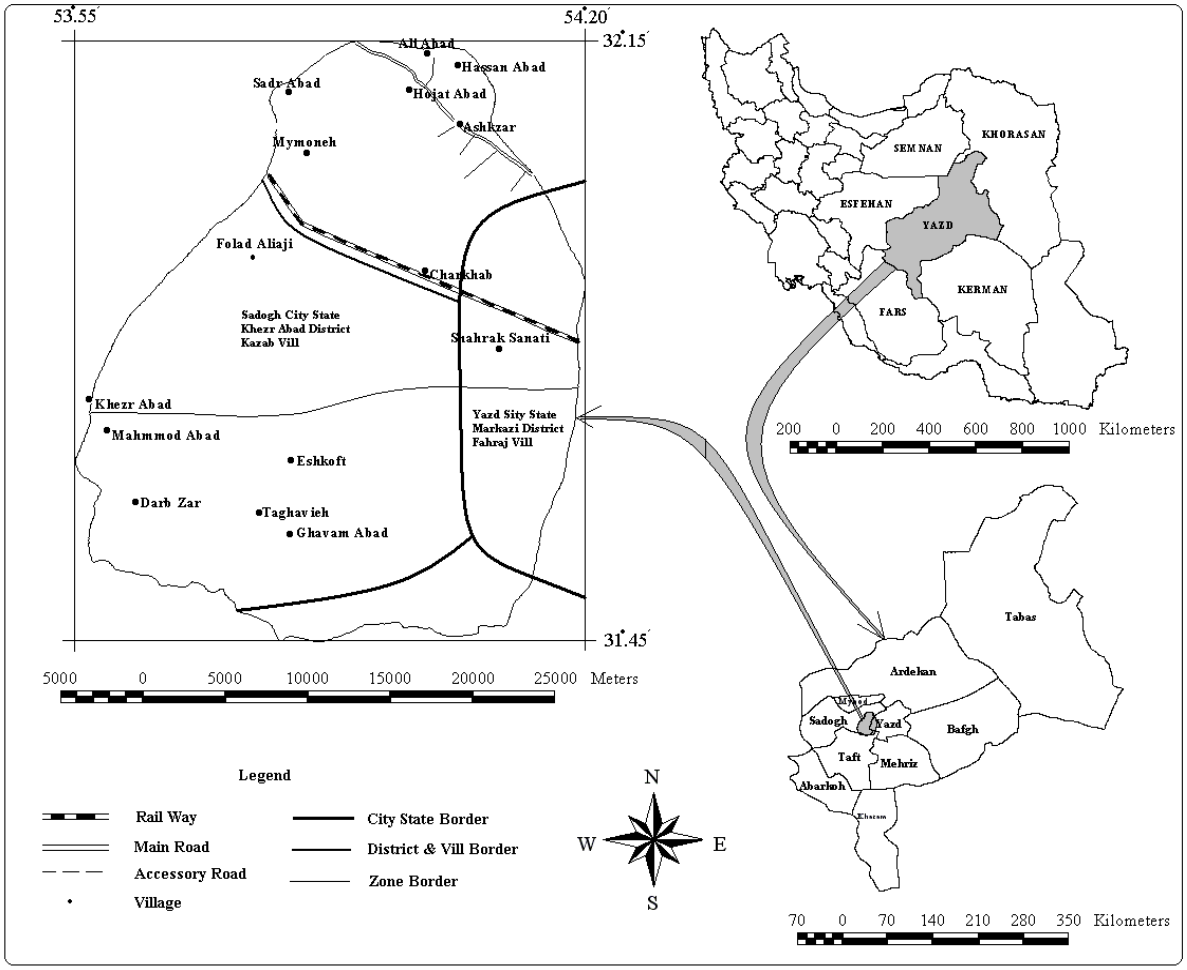
با توجه به این که سنجش تناسب اراضی در سطح یک منطقه وسیع نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد لازم است از روش‌های تحلیلی چند معیاره استفاده شود.[۲۰] بررسی پیشینه پژوهش در رابطه با پهنه‌بندی استعداد اراضی به منظور کشت زعفران نشان می‌دهد که غالباً پژوهش‌های صورت گرفته در چارچوب مدل فرایند تصمیم‌گیری سلسله مراتبی[1] و با کاربرد تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] به انجام رسیده است.[۲،۱۱،۱۹،۲۰،۲۷،۲۸،۳۲،۳٦] روش‌های مذکور، به علت نادیده انگاشتن قضاوت‌های فازی تصمیم‌گیران دارای نقص بودند. از آن‌جا که پدیده‌های واقعی، همواره فازی، نادقیق و مبهم هستند و زمانی که نیاز به پیروی از رفتار انسانی شامل فرایند انتخاب و تصمیم‌گیری[3] وجود دارد منطق فازی به صورت واقعی‌تر و نزدیک‌تر به رفتار انسانی می‌باشد.[۲٦،۷] از این رو هدف این پژوهش، پهنه‌بندی مناطق مناسب کشت گیاه زعفران در دشت خضرآباد یزد با کاربرد منطق فازی در نظر گرفته شد. این منطقه شرایط کاملاً بیابانی دارد که بیان کننده لزوم شناخت و گزینش گونه‌های گیاهی که نیاز آبی کمتری دارند می‌باشد، بنابراین به منظور دستیابی به هدف پهنه‌بندی، در این پژوهش در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش فازی بونیسون[4] مدنظر قرار گرفت. در این روش نیز همانند سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پهنه‌بندی قابلیت اراضی بر مبنای اولویت شاخص‌ها نسبت به هم و اهمیت هر شاخص در هر واحدکاری برآورد می‌شود.[۳٥،۳٤]

مواد و روش‌ها منطقه خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸٤۸۸ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ´٥٥،°٥۳ الی ´۲۰،°٥٤ طول شرقی و ´٤٥،°۳۱ الی ´۱٥،°۳۲ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱)، ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۹۷ متر و ۸٤/۷۹٪ منطقه (٦٦۳ کیلومترمربع) شیبی کمتر از ۱۰٪ دارد. بنابراین، قسمت اعظم منطقه را اراضی پست با شیب متوسط ۹/٤۱٪ تشکیل می‌دهد. منابع خاک منطقه عمدتاً از خاک‌های نارس بیابانی (انتی سول‌ها[5]) دارای رژیم حرارتی ترمیک[6] و رژیم رطوبتی اریدیک[7] و تحت تأثیر فرآیند تخریب فیزیکی شکل گرفته و حاوی گچ و نمک می‌باشد و به شدت تحت تأثیر فرآیند فرسایش آبی و بادی و تخریب قرار دارد. و از نظر اقلیمی بر مبنای اقلیم نمای آمبرژه در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۱ میلی‌متر می‌باشد. حدود ۱۳۰ کیلومترمربع (۱٦/٥٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده است. ارگ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹ کیلومترمربع در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد، در عین حال از کل اراضی زراعی منطقه ۱۹۹٥ هکتار (۲٦/٥٪) را اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرآیندهای طبیعی تشکیل داده است،[۳۳]

در این پژوهش از روش تصمیم‌گیری چندجانبه و جهت تلفیق شاخص‌ها از منطق فازی استفاده گردید. فرایند معمول در

[1] Analytical Hierarchy Process (AHP)
[2] Geographical Information System (GIS)
[3] decision making and selection processes
[4] Fuzzy Bonissone Method

[5] entisols
[6] thermic
[7] aridic



شکل ۱) موقعیت منطقه خضرآباد، یزد، ایران

Figure 1) Location of the Khezrabad region, Yazd, Iran

چارچوب روش تصمیم گیری چند معیاره[1] و منطق فازی شامل شش مرحله، تعیین شاخص‌های مؤثر، واحد کاری، اهمیت شاخص‌ها و اهمیت هر شاخص در هر واحدکاری، فازی‌سازی داده‌ها، فرایند فازی و تبدیل داده‌های فازی به غیر فازی می‌باشد.

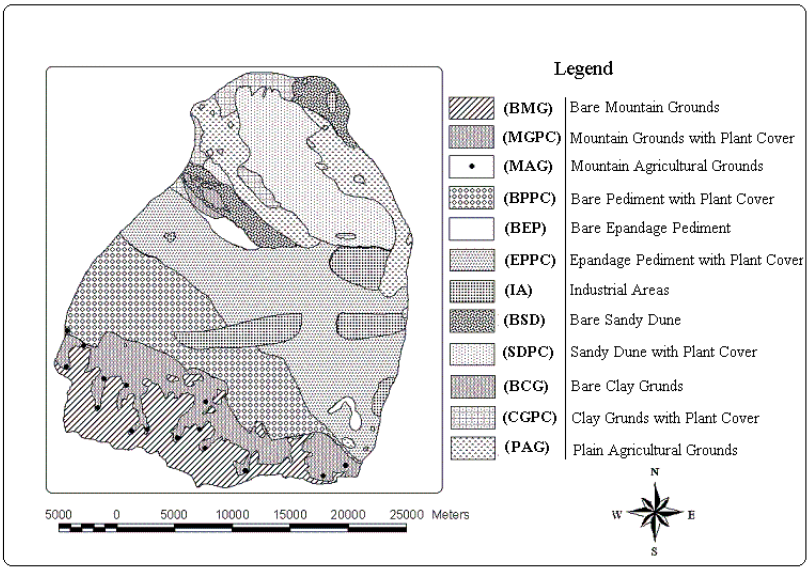
به منظور انتخاب و وزن‌دهی متغیرها بر مبنای شرایط محلی، مدل رقومی ارتفاعی[2] از داده‌های ارتفاعی نقشه‌های رقومی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تهیه شد. در ادامه بر مبنای نقشه مدل رقومی ارتفاعی در محیط Arc view، نقشه‌های منحنی میزان، هیپسومتریک، شیب، جهت‌های جغرافیایی با توجه به هدف مطالعاتی شکل گرفت. سپس نقشه‌های موضوعی، اقلیمی (نقشه‌های هم بارش، هم دما)، هیدرولوژی (نقشه هم هدایت الکتریکی)، لیتولوژی، تیپ خاک، پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی و ژئومرفولوژی نیز از مرزبندی و آماربرداری عکس‌های هوایی ۱/۲۵۰۰۰ و تصاویر ETM[3] سال ۲۰۰۲[۲۳] و اطلاعات رقومی موجود در قالب نقشه و آمار و گزارش‌های سازمان‌ها و ادارات، در

[1] Multi Attribute Decision Making
[2] Digital Elevation Model (DEM)
[3] Enhanced Thematic Mapper

جدول ۱) شاخص‌های موثر در کشت و پرورش زعفران

Table 1) effective indices of saffron cultivation

Effective indices	1-3	3.1-5	5.1-7	7.1-9
Annual mean precipitation(mm)	<100	100-150	150-200	>200
Annual mean temperature (C °)	5>و 26<	20.1-26	15.1-20	5-15.1
Slope (%)	>12	8-12	4-8	<4
Soil texture	C,CL	CL	SiC,SiL,SiCL	SC, L,SCL,SiL,LS
Soil salinity (EC-mmhos/cm)	>12	8-12	4-8	<4
Elevation (m)	>3000	1500-3000	<1000	1000-1500
Sodium absorption rate(SAR)	>32	25-32	15-25	<15
Water salinity (EC-µ mohs / cm)	>2250	750-2250	250-750	100-250
Evaportranspiration (mm/y)	>1500	1400-1500	1300-1400	<1300
Number of days with frost(d/y)	>90	70-90	50-70	20-50



شکل۲) واحدهای کاری منطقه خضرآباد، یزد، ایران

Figure 2) Plan's terrain mapping units, Khezr Abad, Yazd, Iran

مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ شکل گرفتند. بنابراین، بر اساس دامنه نوسان متغیرها و ارتباط آنها با نیازهای اکولوژیک گیاه زعفران، متغیرها انتخاب و به سطوح مختلف تقسیم و در مقیاس ۱ الی ۹ وزن‌دهی شد (جدول ۱).

به منظور تهیه چارچوبی مناسب برای تهیه نقشه پهنه‌بندی استعداد اراضی اقدام به تفکیک واحدهای کاری با روش ژئومرفولوژی شد.[۱] بدین منظور اقدام به هم پوشانی و تلفیق نقشه‌های موضوعی ژئومرفولوژی، کاربری اراضی و تیپ‌های گیاهی شد و بعد از خلاصه‌سازی، لایه نهایی واحدهای کاری شکل گرفت (شکل ۲). در نقشه واحدهای کاری، ۱۲ واحدکاری بر حسب اهداف مطالعاتی تفکیک شد.

اهمیت هر شاخص در هر واحد کاری (r_{ij}) با استفاده از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی و در چارچوب روش تصمیم‌گیری چند شاخصه[1] و اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم (W_j)، با استفاده از مدل آنتروپی شانون به انجام رسید.

به منظور برآورد اهمیت شاخص‌های مؤثر در هر واحدکاری (r_{ij}) اقدام به روی هم‌پوشانی دودویی نقشه واحدهای کاری و نقشه‌های موضوعی طبقات شیب، ارتفاع، خاک، اقلیم، هیدرولوژی با استفاده از دستور Geoprocessing و تهیه نقشه‌های تلفیقی شد و وضعیت هر

[1] Multi Attribute Decision Making (MADM)

کدام از عوامل مؤثر در هر واحد کاری مورد تحلیل قرار گرفت[۱۵]. بنابراین، بر اساس دامنه نوسان متغیرها، اهمیت هر شاخص در هر واحدکاری (r_{ij}) بر مبنای مقیاس ۷ رتبه‌ای چن و هوانگ معادل اهمیت خیلی کم تا خیلی زیاد برآورد شد.[۲۵] (جدول ٤) و ماتریس اهمیت شاخص‌های مؤثر در هر واحد کاری (r_{ij}) به دست آمد. (جدول ۲و۳)

به منظور تعیین اهمیت شاخص‌ها پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۲و۳) که یک ماتریس نرمالیزه است، آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها از رابطه ۱ محاسبه شده و ماتریس دو بعدی آن شکل گرفت (جدول ٤).

$$E_{ij} = r_{ij} \times \ln r_{ij} \quad ; \forall_j$$ رابطه (۱)

که در آن:

E_{ij} : آنتروپی هر واحدکاری نسبت به هر شاخص

r_{ij} : مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت به هر شاخص

$\ln r_{ij}$: لگاریتم نپرین مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت به هر شاخص

در ادامه آنتروپی شاخص‌ها (E_j) از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^{m} \left(r_{ij} \times \ln r_{ij} \right)$$ رابطه(۲)

در این رابطه:

E_j :آنتروپی هر شاخص

K :ضریب ثابت

و K به عنوان مقدار ثابت از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$K = \frac{1}{\ln M}$$ رابطه(۳)

در این رابطه:

K : ضریب ثابت

$\ln M$: لگاریتم نپرین تعداد واحد های کاری (M)

پس از برآورد آنتروپی شاخص‌ها، مقدار d_j (درجه انحراف)[1] از رابطه ٤ محاسبه شد که بیان می‌کند شاخص مربوطه (j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر شاخص اندازه‌گیری شده به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده آن است که گزینه‌های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j \; ; \forall_j$$ رابطه (٤)

سپس مقدار اوزان شاخص‌ها از رابطه ۵ محاسبه شد (جدول ۵).

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} ; \quad \forall_j$$ رابطه (۵)

بر مبنای این روش شاخصی که بیشترین وزن را دارد در تصمیم-گیری نیز بیشترین نقش را دارد.[۸]

فرایند فازی‌سازی شامل تغییر و تبدیل داده‌های ورودی به وسیله کنترل‌گر فازی است. این مرحله شامل دو بخش توابع عضویت و سطح‌بندی است. توابع عضویت اشکال متفاوتی دارند، مثلثی، ذوزنقه‌ای و قوسی شکل که در این پژوهش از تابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده شد.

مجموعه‌های فازی که اساس کار منطق فازی است حالتی کلی از نظریه مجموعه‌هاست، با این ویژگی که دامنه آن از مجموعه ناپیوسته {۱،۰} به فاصله پیوسته [۱،۰] تغییر می‌کند.

[1] degree of diversification

جدول۲) ارزش‌گذاری واحدهای کاری به تفکیک شاخص‌ها

Table 4) The evaluation of TMUs based on indices

*TMU_i	Indicator				
	I_1	I_2	I_3	...	I_N
TMU_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	...	r_{1N}
TMU_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	...	r_{2N}
:	:	:	:	:	:
TMU_M	r_{M1}	r_{M2}	r_{M3}	...	r_{MN}

* واحدهای کاری

terrain mapping units *

جدول ۳) ماتریس تصمیم گیری بر مبنای ارزش هر شاخص در هر واحد کاری

Table 3) Decision matrix based on each index value in each the TMUs

*I / **TMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(BMG)	1.3	1.4	7.3	9	7.3	9	5.5	9	1.2	7.4
(MGPC)	4.2	2.3	8.2	8.3	6.5	9	4	8.5	1.5	6.3
(BPPC)	5.7	3.3	8.5	8.1	6.4	8.8	4	7.4	1.4	6.3
(BEP)	7.1	6.2	8	7.4	5.2	8.4	3.5	6.7	2.1	2.5
(EPPC)	8.2	8.1	3.3	7.2	4.1	8.5	2.6	5.3	3.6	2.4
(PAG)	7.3	7.3	5.2	7.2	5.7	8	3.4	5	2.3	3.1
(CGPC)	7.5	7.5	5	6.5	4.4	8.3	3.1	4.8	3.1	3
(BCG)	8.4	8.3	4.1	4.2	2.2	7.6	2.8	5	3.3	3.3
(BSD)	8.8	9	5	5.3	3.5	7.3	2.5	5.2	3.7	3.4
(SDPC)	8.1	8.2	1	3.1	1.5	7.3	1.4	5.4	3.1	2.1
(IA)	8.1	8.7	1	3	1.2	7.1	1	5.3	3	2.5
(MAG)	8.6	8.8	1.2	3	1	7.3	1.2	5.5	3.2	2.3

* شاخص

-index*

** واحدهای کاری

-terrain mapping units**

جدول ٤) ماتریس آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها

Table 4) Entropy matrix of each of TMUs based on each index.

TMU_i	Indicator				
	I_1	I_2	I_3	...	I_N
TMU_1	E_{11}	E_{12}	E_{13}	...	E_{1N}
TMU_2	E_{21}	E_{22}	E_{23}	...	E_{2N}
:	:	:	:	...	:
TMU_M	E_{M1}	E_{M2}	E_{M3}	...	E_{MN}

در این جدول:TMU: واحد کاری، I: شاخص و E: آنتروپی هر شاخص در هر واحد کاری، می باشد.

In this table: TMU: working unit, I: Index and E: Entropy of each index in each working unit.

در مجموعه‌های فازی بررسی هر متغیر با استفاده از متغیرهای زبانی از طریق رتبه یا درجه اهمیت و بر اساس تعمیم منطق معمولی به منطق چند ارزشی یا پیوسته صورت می‌گیرد. عملکرد متغیرهای زبانی در یک مجموعه مرجع U در توابع ذوزنقه‌ای طبق رابطه ٦ عمل می‌کند.

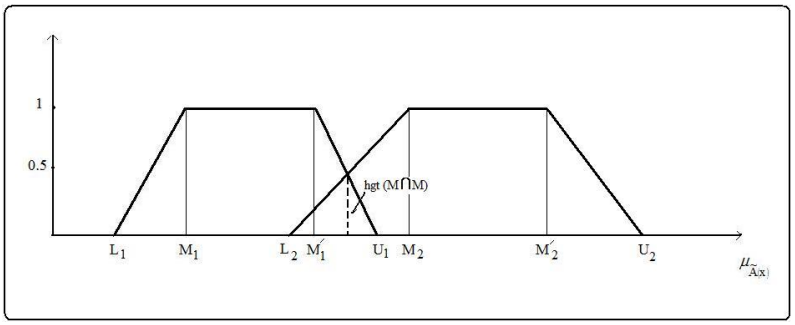
رابطه (٦)

$$\tilde{A}(x)=\begin{cases}\dfrac{(e-x)}{(L-M)}e & L<x<M\\ e & M\le x<M'\\ \dfrac{(U-x)}{(U-M')} & M'\le x\le U\\ 0\end{cases}$$

در غیر اینصورت، تابع عضویت ذوزنقه ای شکل است.

در اینجا با توجه به تعدد متغیرهای زبانی از اعداد فازی متناظر با آنها استفاده شد. در این پژوهش از مقیاس هفت رتبه‌ای *چن و هوانگ (۱۹۹۲)* استفاده شد[۲۵] (جدول ۵) و مقادیر اوزان شاخص‌ها در مقایسه با هم (W_j) (جدول٦) و ارزش هر شاخص در هر واحدکاری (r_{ij}) (جدول۷)، فازی شد.

با توجه به نوع اعداد فازی انتخابی (اعداد فازی ذوزنقه‌ای[1]) از میان روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی، روش بونیسون[2] انتخاب گردید. در این روش فرض بر این است که عملیات جبری بر روی اعداد فازی ذوزنقه‌ای (L-R) را می‌توان به صورت پارامتریک تخمین زد. بونیسون هر عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{D}$ را با



شکل ۳) نمایش دو عدد فازی ذوزنقه ای

Figure 3) Present of two trapezoid fuzzy number

چهار پارامتر به L، M، M′ و U به صورت روابط ۷ و ۸ نمایش داد. [۵،۷] (شکل۳)

بنابراین با در نظر گرفتن دو عدد فازی ذیل

رابطه (۷) عدد فازی اول

$$\tilde{D}_1=(L_1,M_1,M_1',U_1)$$

رابطه (۸) عدد فازی دوم

$$\tilde{D}_2=(L_2,M_2,M_2',U_2)$$

عملیات جبری بر روی این اعداد فازی طی روابط ۹ الی ۱۲ تعریف می‌گردد.

رابطه (۹)

$$\tilde{D}_1+\tilde{D}_2=(L_1+L_2,M_1+M_2,M_1'+M_2',U_1+U_2)$$

رابطه (۱۰)

$$\tilde{D}_1-\tilde{D}_2=(L_1-U_2,M_1-M_2',M_1'-M_2,U_1-L_2)$$

رابطه (۱۱)

$$\tilde{D}_1\times\tilde{D}_2=(L_1\times L_2,M_1\times M_2,M_1'\times M_2',U_1\times U_2)$$

رابطه(۱۲)

$$\frac{\tilde{D}_1}{\tilde{D}_2}=\left(\frac{L_1}{U_2},\frac{M_1}{M_2'},\frac{M_1'}{M_2},\frac{U_1}{L_2}\right)$$

تبدیل داده‌های فازی به غیر فازی و برآورد پتانسیل توان اراضی

- محاسبه مطلوبیت هر واحد کاری (U_i)

در این مرحله به منظور محاسبه مطلوبیت از شاخص مطلوبیت فازی(U_i) استفاده شد. این شاخص در واقع ترکیبی از اهمیت نسبی(وزن) فازی شاخص‌ها در مقایسه با هم (W_j) (جدول٦) و ارزش فازی هر شاخص در هر واحدکاری (r_{ij}) (جدول ۷) است که بر مبنای رابطه خطی ۱۳ به تفکیک هر واحدکاری محاسبه شد.[۵،۷]

[1] trapezoid fuzzy number
[2] bonissone

جدول ۵) درجه اهمیت و ارجحیت فازی چن و هوانگ

Table 5) Fuzzy importance and priority degree of Chen and Huang

Language idiom	Number Value P_{ij}	Number Value W_j	Language idiom number			
			2	3	5	7
Very low	≤1.2	≤0.03			(0,0,0,0.1)	(0,0,0,0.1)
Low	1.2≤<2.5	0.03≤<0.06		(0,0,0.2,0.4)	(0.1,0.25,0.25,0.4)	(0.1,0.2,0.2,0.3)
Relatively low	2.5≤<3.8	0.06≤<0.09				(0.2,0.3,0.4,0.5)
Moderate	3.8≤<5.1	0.09≤<0.12	(0.4,0.5,0.5,0.8)	(0.2,0.5,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.5,0.7)	(0.4,0.5,0.5,0.6)
Relatively high	5.1≤<6.4	0.12≤<0.15				(0.5,0.6,0.7,0.8)
High	6.4≤<7.7	0.15≤<0.18	(0.5,0.8,0.8,1)	(0.6,0.8,1,1)	(0.6,0.75,0.75,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
Very high	≥7.7	≥0.18			(0.8,0.9,1,1)	(0.8,0.9,1,1)

جدول ٦) ماتریس گروهی اهمیت شاخص‌های مؤثر در فرآیند کشت زعفران

Table 6) Effective indices importance in saffron cultivation process from group viewpoint

Index (I_j)	1	2	...	9	10
E_j	-67	-63.08	...	-12.78	-25.37
d_j	68	64.08		13.78	26.37
W_j	0.1494	0.1408		0.0303	0.0579
Language idiom	Relatively high	Relatively high	...	Low	Low
($\tilde{D}$) trapezoid fuzzy numbers	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.6,0.7,0.8)	...	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.1,0.2,0.2,0.3)

جدول۷) اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای ارزش هر شاخص در هر واحد کاری

Table 7) Trapezoid fuzzy numbers for value of each index in each the TMUs

I_I / TMUs	Elevation (m)	Slope (%)	...	Number of days with frost(d/y)	Evaportranspiration (mm/d)
BMG	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.1,0.2,0.2,0.3)	...	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
MGPC	(0.4,0.5,0.5,0.6)	(0.1,0.2,0.2,0.3)	...	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
IA	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	...	(0.2,0.3,0.4,0.5)	(0.2,0.3,0.4,0.5)
MAG	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.2,0.3,0.4,0.5)	...	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.5,0.6,0.7,0.8)

رابطه(۱۳)
$$U_i = \sum_{j=1}^{n} W_j . R_{ij}$$

اعداد مطلوبیت حاصل شده خود یک عدد فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد (جدول ۸).

- محاسبه درجه بزرگی هر عدد مطلوبیت فازی ذوزنقه ای از عدد فازی دیگر

پس از محاسبه U_iها، به منظور تعیین وزن واحدهای کاری، لازم است که مقادیر U_iها را مرتب کنیم. به این منظور درجه بزرگی هر عدد فازی بر اعداد فازی دیگر از رابطه ١٤ به دست آمد (شکل ۳) و ماتریس درجه بزرگی هر واحد کاری نسبت به هم شکل داده شد (جدول ۹).

جدول ۸) مطلوبیت هر واحد کاری بر مبنای منطق فازی

Table 8) The utility of each the TMUs Based on fuzzy logic

Fuzzy number of boundary limitation / TMUs	U	M′	M	L
(BMG)	4.47	3.81	3.09	2.09
(MGPC)	4.88	4.04	3.26	2.25
(BPPC)	5.19	4.19	3.4	2.41
(BEP)	4.95	4.09	3.19	2.25
(EPPC)	4.91	3.9	3.19	2.24
(PAG)	3.98	3.15	2.48	1.75
(CGPC)	4.07	3.19	2.52	1.78
(BCG)	4.16	3.3	2.66	1.87
(BSD)	4.52	3.59	2.92	2.02
(SDPC)	4.84	3.87	3.04	2.12
(IA)	4.75	3.76	3.13	2.19
(MAG)	5.12	4.18	3.32	2.3

جدول ۹) ماتریس درجه بزرگی هر واحد کاری

Table 9) Magnitude degree matrix of each the TMUs

TMUs	(BMG)	(MGPC)	...	(IA)	(MAG)	P_i	N_i
(BMG)	-	1.329	...	1.425	1.337	1.056	0.0828
(MGPC)	1.516	-	...	1.511	1.387	1	0.0784
...	...	...	...	...	...	...	...
(IA)	1.337	1.25	...	-	1.219	0.887	0.0695
(MAG)	1.033	0.940	...	1.558	-	0863	0.0677

جدول ۱۰) طبقه‌بندی استعداد زمین در منطقه خضر آباد جهت کشت زعفران

Table 10) Grounds potential classification of TMUs based on saffron (*Crocus sativus L.*) cultivation viewpoint

Assessment level	Grounds potential index	Class	Area present (%)	Area (KM^2)
Unsuitable	$N_i \leq 0.065$	I	-	-
Relativaly unsuitable	$0.065 < N_i \leq 0.075$	II	12.54	98.36
Moderate	$0.075 < N_i \leq 0.085$	III	40.9	321.13
Relativaly suitable	$0.085 < N_i \leq 0.095$	IV	4.1	32
Suitable	$N_i > 0.095$	V	42.46	333.29

رابطه (۱٤)

$$\begin{cases} V(D_1 \geq D_2) = 1, & M_1 \geq M_2' \\ V(D_1 \geq D_2) = hgt(D_1 \cap D_2) = \dfrac{U_1 - L_2}{(U_1 - L_2) + (M_2 - M_1')} & Otherwise \end{cases}$$

- محاسبه درجه بزرگی (P_i) هر عدد مطلوبیت فازی ذوزنقه‌ای از K عدد فازی ذوزنقه‌ای دیگر

پس از محاسبه درجه بزرگی هر عدد فازی از عدد فازی دیگر، درجه بزرگی (P_i) هر عدد مطلوبیت فازی ذوزنقه‌ای از K=۱۱ عدد فازی ذوزنقه‌ای دیگر از رابطه ۱۵ برآورد شد.

رابطه (۱۵)

$$P_i = \min V(D_1 \geq D_K), \quad i,k = 1,2,\ldots,n$$

اعداد حاصل از این فرایند بیانگر اوزان غیر بهنجار شده واحدهای کاری می‌باشد.

به عنوان مثال در رابطه ۱٦ اوزان غیر بهنجار واحدکاری اراضی کوهستانی لخت نسبت به سایر واحدهای کاری ارایه شده است.

رابطه (۱٦)

$$P_{BMG} = \min V \left(D_{BMG} \geq D_{MGPC},\ldots,D_{IA},D_{MAG}\right) = (۱/۳۲۹،\ldots،۱/۴۲۵،۱/۳۳۷) = ۱/۰۵۶$$

در نهایت به منظور برآورد پتانسیل توان هر واحدکاری اوزان نابهنجار واحدها از رابطه ۱۷ نرمالیزه شد.[۵] (جدول ۹) بر این مبنا هر چه اوزان نرمالیزه واحدهای کاری بیشتر باشند، از پتانسیل قابلیت بیشتری نیز برخوردارند و بالعکس.

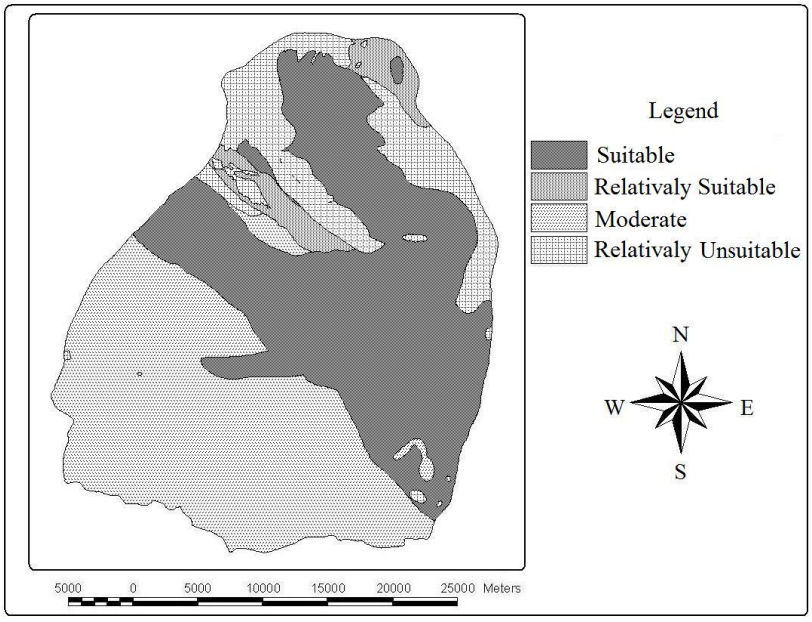
رابطه(۱۷)

$$N_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{k} P_i} \quad i = 1,2,\ldots,n$$

ارزش‌های توان برآورد شده از رابطه ۱٦ یکسری از ارزش‌های پیوسته

هستند که به منظور سهولت در خواندن و فهمیدن نتایج برآورد شده و نشان دادن تفاوت‌های ناحیه‌ای می‌بایستی در سطوح مناسبی طبقه‌بندی شوند. بر مبنای جدول ۱۰، استعداد اراضی جهت کشت زعفران در منطقه مطالعاتی در پنج سطح طبقه‌بندی شدند. مطابق جدول ۱۰، هر واحدکاری با توجه به شاخص استعداد اراضی (N_i) محاسبه شده در یکی از طبقات پنج‌گانه نامناسب، نسبتاً نامناسب یا با تناسب ناچیز و کم، متوسط، نسبتاً مناسب و مناسب قرار گرفت که در نهایت روی نقشه واحدهای کاری، از تلفیق واحدهای دارای طبقات یکسان، نقشه نهایی پتانسیل استعداد زمین با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ در Arc Gis به دست آمد (شکل ٤).

در انتها جهت ارزیابی نتایج به دست آمده و اطمینان از صحت اطلاعات نقشه نهایی با مراجعه به تعدادی از مزارع آزمایشی کشت زعفران که تحت نظر سازمان جهاد کشاورزی استان فعالیت می‌نمایند، عملکرد گیاه و کیفیت محصول با اطلاعات به دست آمده از نقشه پهنه‌بندی مقایسه شد.



شکل ٤) نقشه پهنه‌بندی استعداد زمین جهت کشت زعفران

Figure 4) Grounds potential zoning map for saffron cultivation

نتایج و بحث واحد اراضی دشت سر آپانداژ با پوشش گیاهی[1] با بیشترین ارزش کمی معادل ۰/۰۹۸ (کلاس مناسب یا V)، اراضی تپه‌های ماسه‌ای با پوشش گیاهی[2] و اراضی صنعتی[3] به ترتیب با ارزش کمی ۰/۰۹۷ و ۰/۰۹۵ (کلاس مناسب یا V) شرایط مناسبی را از جهت کشت و پرورش زعفران به خود اختصاص داده‌اند (جدول۱۰ و شکل٤) که عمدتاً در اراضی میانبند قرار گرفته‌اند و اراضی رسی بدون پوشش[4] نیز با ارزش کمی ۰/۰۸٦ (کلاس نسبتاً مناسب یا IV) در شرایط نسبتاً مناسبی قرار گرفته‌اند. واحدهای کاری اراضی کوهستانی لخت[5]، اراضی کوهستانی با پوشش گیاهی[6]، اراضی کشاورزی کوهستانی[7]، اراضی دشت سر لخت با پوشش گیاهی[8] و دشت سر آپانداژ بدون پوشش گیاهی[9] که در مناطق مرتفع جنوبی منطقه مطالعاتی قرار گرفته‌اند با ارزش‌های عددی مابین ۰/۰۷۸ الی ۰/۰۸۲ (کلاس متوسط یا III) توان متوسطی را جهت کشت زعفران ارایه می‌دهند. در این مناطق محدودیت محیطی به علت شیب زیاد، ارتفاع زیاد و برودت هوا و احتمال بیشتر رخداد یخبندان و

[1] Epandage Pediment with Plant Cover (EPPC)

[2] Sandy Dune with Plant Cover (SDPC)
[3] Industrial Areas (IA)
[4] Bare Sandy Dune (BSD)
[5] Bare Mountain Grounds (BMG)
[6] Mountain Grounds with Plant Cover (MGPC)
[7] Mountain Agricultural Grounds(MAG)
[8] Bare Pediment with Plant Cover (BPPC)
[9] Bare Epandage Pediment (BEP)

سرمای زودرس و همچنین وجود خاک نارس، نامناسب است و سایر واحدهای کاری که عمدتاً در مناطق پست شمالی قرار دارند در کلاس نسبتاً نامناسب و نامناسب ارزیابی شدند. محدودیت های محیطی این مناطق شامل بارندگی کم (کمتر از ٦٠ میلی‌متر در سال)، بافت خاک متوسط تا ریز و دارای زهکشی نامناسب(٠/٥ تا ١ اینچ بر ساعت)، بالا بودن میزان شوری و کلر آب زیرزمینی که به ترتیب به ٧٦٢٠ میلی‌موس بر سانتی‌متر و٢٣٥٠ میلی گرم بر لیتر می‌رسد، شوره‌زارها و سطوح سولونچاک[1] در این مناطق از موانع عمده کشت زعفران برآورد می‌شوند.

به طور کلی، از مجموع ٧٨٥ کیلومتر مربع اراضی دشت خضرآباد، ٤٦/٥٦٪ از کل منطقه مطالعاتی به مساحت ٣٦٥ کیلومتر مربع، مناسب و نسبتاً مناسب، ٤٠/٩٪ دارای توان متوسط و ١٢/٥٤٪ دارای توان نسبتاً نامناسب جهت کشت زعفران ارزیابی شدند. (جدول ١٠ و شکل ٤).

در انتها همانطور که در روش تحقیق اشاره شد با مراجعه به تعدادی از مزارع آزمایشی کشت زعفران و با در نظر گرفتن مقیاس و دقت اطلاعات مکانی، صحت نتایج حاصله تأیید گردید که نشان دهنده کارایی منطق فازی در سنجش استعداد اراضی می‌باشد. بنابراین، بخش قابل توجهی از دشت خضرآباد استعداد مناسبی را جهت کشت زعفران دارد و با توجه به ویژگی‌های این محصول، جایگزینی آن با محصولاتی که مصرف آب بالایی دارند به ویژه درمناطقی که با کمبود آب و افت سفره آب زیرزمینی مواجه‌اند، می‌تواند نقش مؤثری را در احیای اراضی بیابانی و اقتصاد کشاورز ایفا کند.

نتیجه‌گیری کلی از آنجا که در این پژوهش از منطق فازی جهت ارزشگذاری شاخص‌ها نسبت به هم و ارزش هر شاخص در هر واحدکاری استفاده می‌شود، نتایج حاصله نسبت به نتایج حاصل از سایر مطالعات پهنه‌بندی استعداد اراضی، از صحت بیشتری برخوردار می‌باشد. در عین حال به منظور کاربرد این مدل در مناطق دیگر باید به فاکتورهای مؤثر در کشت عفران به صورت بومی توجه بیشتری شود.

نتایج حاصل از کاربرد مدل فازی در پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در منطقه مطالعاتی بیان می‌دارد که تمرکز سرمایه‌گذاری‌ها به منظور احداث مزارع کشت زعفران می‌بایستی در درجه اول به ترتیب روی واحدهای اراضی دشت سرآپانداژ با پوشش‌گیاهی، اراضی تپه‌های ماسه‌ای با پوشش‌گیاهی و اراضی صنعتی صورت پذیرد و در مراحل بعد به ترتیب بر روی واحدهای کاری اراضی رسی بدون پوشش، اراضی کوهستانی لخت، اراضی کوهستانی با پوشش گیاهی، اراضی کشاورزی کوهستانی، اراضی دشت سر لخت با پوشش گیاهی و دشت سر آپانداژ بدون پوشش گیاهی به انجام رسد. نتایج حاصل علاوه بر کمک به مدیران بخش کشاورزی در به کارگیری امکانات و سرمایه‌های محدود در مناطق دارای استعداد بیشتر که منجر به تقویت اقتصاد کشاورز و کاهش هدر رفت سرمایه‌های ملی می‌شود. می‌تواند از طریق عدم بهره‌برداری از مناطق فاقد توان کشت منجر به حفظ اکوسیستم‌های حاشیه‌ای مناطق بیابانی و نیمه بیابانی شود.

[1] solontschak

References

1. Ahmadi H (1998) Applied Geomorphology. Tehran University Press: Tehran. [in Persian]
2. Alavi Zadeh SAM, Monazzam Esmaeel Pour A, Hossein Zadeh Kermani M (2013) Possibility study of areas with potential cultivation of Saffron in Kashmar plain using GIS. Saffron Agronomy& Technology 1(1): 71-95. [in Persian with English abstract]
3. Alizadeh A (2002) Irrigation in saffron cultivation. Article collection of production technology, the publishing house of Mashhad Ferdowsi University: Mashhad, Iran. [in Persian]
4. Anonymous (2005) National program for desert land management of Iran. Deputy State of Rangeland and Soil, Office of Desertification and Sand Fixation Press: Tehran. [in Persian]
5. Asgharpour MJ (1999) Multiple criteria decision making. Tehran University Press: Tehran. [in Persian]
6. Askari MS, Sarmadian F, Khodadadi M, Noruzi AA (2009) Agriculture ecological zonation with Remote Sensing and Geographic Information System in Takestan. Iranian Soil and Water Research. 2(40): 93-104. [in Persian with English abstract]
7. Azar A, Faraje H (2003) Knowledge of fuzzy management. Tarbyat Modares University Press: Tehran. [in Persian]
8. Azar A, Rajabzade A (2003) Applied decision making, MADM performance. Negaheh Danesh Press: Tehran. [in Persian]
9. Azizi-Zohan AA, Kamgar-Haghighi AR, Sepaskhah (2008) Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environment. 72(3): 270-278.
10. Bazr Afshan J, Ebrahim Zadeh I (2006) An analysis on spatial diffusion on saffron in Iran and the effective factors on it, case study of Khorasan province. Geography and Development Journal. 4(8): 61-84.
11. Borna R, Roshan GH, Moghbel M (2010) Evaluating the climatic potentials of saffron cultivation in Khuzestan province using GIS (Geographical Information System). African Journal of Agricultural Research. 5 (23): 3259-3272.
12. Farajzadeh M, Tklubyghsh A (2001) Agroclimatological zonation of dryland wheat in Hamedan province with Geographic Information System. Geographic Reserch. 41: 93-105. [in Persian with English Abstract]
13. Farajzadeh M, Mirzabayati R (2007) Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Modarres Human Sciences 50(1): 67-91. [in Persian with English Abstract]
14. Fekrat H, Ehtesham M, Dadkhah M (2003) Iran's saffron, an unknown gem (planting, protection, harvesting and production). Shahr Ashoub House Publishing: Tehran. [in Persian]
15. Ghohroudi Tali M (2004) Application of Arc View in Geomorphology. Tarbiat Moallem University Press: Tehran. [in Persian]
16. Halevy A H (1990) Recent advance in control of flowering habit of geophytes. Acta Holticulture press. Belgium, Leuven, korbeek. 266: 35-42.
17. Hashemlooyan B, Ataie Azimi A (2007) Saffron. Scientific-Specialized Monthly of Olive 183: 47-51. [in Persian with English abstract]
18. Holford ICR (1973) Phosphate adsorption by soils and its relationship to soil Phosphates and plant availability, PhD Thesis, London University, London, UK.
19. Ismail-Zadeh Y, Jahanbakhsh S (2011) Application requirement for Saffron agro climate with plain Magi. Journal Geographical Space Research 11(35): 1-18. [in Persian with English abstract]
20. Jafarbeyglu M, Mobaraky Z (2008) The land proportion evaluation in Ghazvin province for Saffron cultivation based on Multi Criteria Decision method. Natural Geographic Research 66: 101-119. [in Persian with English Abstract]
21. Kafi M (2011) Production and processing technology. Language and Literature Publication: Mashhad, 280 pages (In Persian)
22. Kafi M, Koocheki A, Rashed MH, Nassiri M (2006) Saffron (*Ccrocus sativus* L.) Production and processing. USA Science Publishers: New Hampshire.
23. Lillesand T M, Kiefer RW (2000) Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons: New Jersey.
24. Makhdom M (1999) Fundamental of land use planning. Tehran University press: Tehran.
25. Malchofski Y (2006) GIS and Multi Criteria Decision Making. Translated by Parhizkar A, Ghafari Gilandeh A, Samt Daneshgahi Press: Tehran. [in Persian]
26. Meixner O (2012) Fuzzy AHP group decision analysis and application for the evaluation of energy sources. Institute of marketing: Vienna.
27. Mirzabayati R (2005) Possibility studies of areas with potential cultivation of saffron in Nishabour plain. Master Thesis, Tarbiat Modarres University. Tehran, Iran. [in Persian with English abstract]

28. Mohammadi H, Ranjbar F, Soltani M (2011) Climatic potential assessment for saffron cultivation in Marvdasht. Geography and Environmental Planning Journal 43(3): 143-158. [in Persian with English abstract]
29. Plessner O, Ziv M (1990) Corn production in saffron crocus. Department of Agricultural Botany 49(8): 1257-1272.
30. Rahmati E (2003) The function of environmental factors in production and function of saffron, In: Proceedings of the 3rd national congress of saffron. The publishing house of Khorasan Research Organization for Science & Technology, Mashhad, Iran. p 146-151. [in Persian with English abstract]
31. Rashed M (1999) Scientific reports review the status of saffron. Scientific and industrial research organization in Iran: Tehran. [in Persian]
32. Sorkh Abadi MR, Shahidi A, Khashei-Siuki A (2016) Determining suitable places for aaffron planting using fuzzy Hierarchial analysis process in Torbat Heydarieh. Saffron Agronomy and Technology 3(4): 261-272. [in Persian with English abstract]
33. Sadeghi Ravesh M H (2008) Investigation of effective desertification factors on environmental degradation. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.141 pages. [in Persian with English abstract].
34. Sadeghi Ravesh MH (2014) Zoning desertification potential hazard using MADM approach and shannon entropy model in Khezrabad region, Yazd. Journal of Soil Research 28(3): 557-572. [in Persian with English Abstract]
35. Sadeghi Ravesh MH, Zehtabian GR, Tahmores M (2012) Vulnerability assessment of environmental issues to desertification risk, case study: Khezrabad region, Yazd. Watershed Management Research. 96: 75-87. [in Persian with English abstract]
36. Yazdchi S, Rasouli AA, Mahmoudzadeh H, Zrrinbal M (2011) Evaluation of land capability in Marand county intended for saffron cultivation by using multi criteria decision analysis system. Soil and Water Science. 1(3): 151-170. [in Persian with English abstract]

Zonation of land capability for saffron cultivation using fuzzy logic (case study: Khezeabad, Iran)

Agroecology Journal

Volume 12, Issue 3, pages: 47-61
autumn, 2017

Mohammad Hassan Sadeghi Ravesh *

Assistant Professor of Department of Environment
Agriculture Faculty
Takestan Branch
Islamic Azad University
Takestan, Iran

Email ✉: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

Received: 01 May 2016 **Accepted:** 30 October 2016

ABSTRACT One of the main goals of sustainable agriculture projects is poverty reduction, discrimination among different regions in the context of environmental protection. Land capability assessment is the first step in the process of sustainable development. Due to the physiological properties of saffron, its resistance to drought and high temperatures, its role in socio-economic status and considering the vast dry climate area in the country, this analytical study was conducted to determine the land capability for saffron cultivation. For this aim, in the form of fuzzy multi-criteria decision-making methods, Bonissone method was used to determine land capability in every land use. In this method, the required information layers were provided in ArcGIS software. Then the data was fuzzed using Chen and Huang method. Following the procedure fuzzy analysis was performed on data and finally fuzzy data were become to no fuzzy and estimation of potential land capability was conducted. The obtained results showed that that a total of 785 km^2, 365 km^2 (46.56%), 321 km^2 (40.9%) and 98.4 km^2 (12.54%) have suitable, average and relatively unsuitable ability for Saffron cultivation respectively. The results showed the efficiency of fuzzy logic to assessment land capability. The results of this study provide better planning to minimize the effects of the destruction caused by culture development projects and can create condition that provide balance among development and environment projects according to the priorities and zonation of land capability.

Keywords:
- *Crocus sativus L.*
- bonissone method
- optimal production
- sustainable development
- multiple criteria decision making