پژوهش‌های آبخیزداری

دوره‌ی۳۵، شماره‌ی ۱، شماره‌ی پیاپی ۱۳۴، بهار ۱۴۰۱، صفحه‌های ۳۹-۲۸
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2021.354720.1416

مقاله‌ی پژوهشی

CC BY

ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی با روش‌های فعلی و مدل جدید EMOLUP در شهرستان فیروزآباد

المیرا اسدی‌فرد
دانش‌آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز
مسعود مسعودی
(نویسنده‌ی مسئول)* دانشیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز

*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: masoudi@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸ خرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۲۹ شهریور ۱۴۰۰

چکیده

ارزیابی توان زیست‌بومی سرزمین یا سنجش توان سرزمین قدمی پیش از بهره‌برداری است. فیروزآباد یکی از شهرستان‌های استان فارس است که اقتصاد عمده‌ی آن برپایه‌ی کشاورزی است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی توان زیست‌بومی برای کشاورزی آبی در شهرستان فیروزآباد برپایه‌ی روی‌کرد اصلاحی مدل‌های فعلی و دادن مدل جدید EMOLUP (مدل زیست‌بومی و اقتصادی- اجتماعی برنامه‌ریزی بهره‌گیری زمین) با جی آی‌اس است. برای انجام ارزیابی از روش‌های رایج کشور از جمله روش‌های مخدوم، بیشینه‌ی محدودیت، میانگین‌حسابی، مدل EMOLUP با بهره‌گیری از میانگین هندسی، میانگین‌حسابی وزنی ساده و میانگین‌حسابی وزنی (شاخصی و معیاری) توأم با در نظرگرفتن عامل‌های محدودیت‌زا بهره گرفته‌شد. برای افزایش دادن دقت ارزیابی کاربری کشاورزی آبی، شاخص تخریب اندوخته‌های آب و خطر خشک‌سالی نیز اضافه شد. نتیجه‌های اعتبارسنجی نشان داد که مدل EMOLUP در میان سایر مدل‌ها بیش‌ترین اندازه‌ی دقت کلی (۹۵/۸۲) و ضریب کاپا (۰/۹۱۵) و ضریب درون طبقه‌یی (۱۰/۲۰) و درستی میانگین (۹۶/۳۶) را گرفت. روش میانگین‌حسابی شاخصی و روش میانگین‌حسابی شاخصی وزنی ساده کم‌ترین دقت کلی میان همه‌ی روش‌ها را نشان داد. در کل، با اضافه کردن این دو شاخص و با مدل EMOLUP و ارزیابی شاخص‌های دقت با واقعیت زمینی می‌توان نتیجه‌گیری‌کرد که فرآیند طبقه‌بندی ارزیابی توان زیست‌بومی با این روش منطقی‌تر از سایر روش‌های رایج در کشور است.

واژگان کلیدی: مدل بیشینه‌ی محدودیت، مدل مخدوم، مدل EMOLUP ، مدل میانگین حسابی

مقدمه

سابقه‌یِ کشاورزی در ایران پیشینه‌ی زیادی دارد. مردم از گذشته بسیار دور برای گذران زندگی خود به کشاورزی با بهره‌برداری از زمین‌های حاصل‌خیز پرداخته بودند. رفته‌رفته با افزایش جمعیت و افزایش نیاز مردم این بهره‌برداری خارج از حد توان و ظرفیت زمین‌ها شد، و باعث زوال زمین‌های حاصل‌خیز فراوانی شد. خاک این زمین‌های کشاورزی به فرسایش‌های شدید رفت، و این عامل‌ها سبب شد که اندازه‌ی تولید آن‌ها نیز سالانه افت شدید کند. در نتیجه بخش بزرگی از زمین‌ها بایر شد. انسان امروزی با بهره‌برداری خارج از توان سرزمین و بی‌برنامه، از مفهوم توسعه‌ی پایدار دور شد، و بی‌توجه به نیازهای آیندگان به بهره‌برداری خودخواهانه‌ی خود ادامه می‌دهد. از این رو ارزیابی توان سرزمین راه‌بردی پایه‌یی و کاربردی برای بهره‌گیری از آن در این وضع کنونی است، زیرا با شناسایی و ارزیابی ویژگی‌های زیست‌بومی منطقه، توسعه‌یِ همگام با طبیعت به دست می‌آید (امیری و همکاران ۲۰۰۹).

برای انجام این فرآیند مهم و پایه‌یی از روش‌های گوناگونی بهره گرفته می‌شود که هر کدام نیاز به تخصص و آموزش خاصی دارد و بیش‌تر برای منطقه‌یی خاص با اقلیم ویژه‌ی خود مناسب است. این خود سبب شده است که پژوهشگران به علت دشواری و اختصاصی‌بودن منطقه از برخی مدل‌ها زیاد استقبال نکنند. کشور ما نیازمند مدلی جامع و کامل برای ارزیابی است که بتوان با کمک آن همه‌ی منطقه‌های ایران را به روشی دقیق ارزیابی کرد.

میرداودی و همکاران (۲۰۰۷) توان زیست‌بومی کاربری کشاورزی و مرتع‌داری استان مرکزی را با مدل مخدوم ارزیابی کردند. لنگرودی و همکاران (۲۰۱۱) توان زیست‌بومی کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری شهرستان مرودشت استان فارس را با روش Fuzzy AHP بررسی کردند. نتیجه‌ها نشان داد که این روش به خوبی توانسته است عرصه‌های مستعد برای کشاورزی در این شهرستان را شناسایی و مناسب بودن آن را برای کشاورزی مشخص کند. باقرزاده و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی کیفی تناسب زمین‌های دشت نیشابور را برای کاربری زراعت با بهره‌گیری از روش‌های فراسنجی‌شده‌ی کالوگیرو و بهره‌گیری از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. خسروی و همکاران (۲۰۱۲) توان زیست‌بومی کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع، چراگاه، درخت‌کاری و باغ در شهرستان خدابنده را با مدل فائو و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی ارزیابی کردند. پورخباز و همکاران (۲۰۱۳) مدل زیست‌بومی کاربری کشاورزی با روش AHP و FAHP را در شهرستان خائیز بهبهان تهیه کردند. نتیجه‌ها نشان داد که این روش توانایی بیش‌تری در تعیین منطقه‌های مناسب برای کاربری کشاورزی داشت. نصرالهی و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی زراعی بوم شناختی زمین‌های کشاورزی برای کشت گندم را در شهرستان آق‌قلا، استان گلستان، با سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام دادند. مسعودی و جوکار (a۲۰۱۶) برای ارزیابی توان زیست‌بومی کاربری‌های مختلف مدل EMOLUP[1] را در شهرستان جهرم به‌کار بردند. نتیجه‌ها نشان دادکه این مدل توانایی بیش‌تری برای ارزیابی کردن توان زیست‌بومی کاربری‌ها در جهرم دارد. برای تعیین آمایش سرزمین این شهرستان (مسعودی و جوکار b ۲۰۱۶) پنج روش شامل روش کمی و کیفی آمایش ایران، روش کمی و کیفی اصلاح‌شده (۴ حالت ممکن) و روش کمی با در نظرگرفتن دو حالت ممکن اقتصادی و اجتماعی بهره گرفته‌شد. نتیجه‌ها نشان داد که برای شهرستان جهرم بهترین روش برای اولویت‌بندی کاربری‌ها روش کمی با درنظرگرفتن دو حالت ممکن اقتصادی و اجتماعی است. اسدی‌فرد و همکاران (۲۰۱۸) برای ارزیابی توان کاربری مرتع‌داری و توان کاربری جنگل‌داری (اسدی‌فرد و مسعودی ۲۰۱۹) در شهرستان فیروزآباد از مدل‌های مختلف و رایج به‌همراه مدل جدید EMOLUP بهره گرفتند. نتیجه‌ها نشان داد که این مدل جدید توانسته است در ارزیابی کاربری‌های مرتع‌داری و جنگل‌داری برای منطقه‌ی فیروزآباد استان فارس توانایی بهتری نشان دهد.

هدف اصلی این تحقیق ارزیابی کردن توان زیست‌بومی شهرستان فیروزآباد در استان فارس برای کاربری کشاورزی آبی با به‌کارگیری روش‌های مختلف و رایج در سراسر کشور، به همراه مدل جدید پیشنهادشده‌ی EMOLUPبود. برای این کار از پنج روش مختلف ارزیابی شاخص‌ها (روش مخدوم با دیدگاه بولین، بیشینه‌ی محدودیت، میانگین حسابی ساده، میانگین حسابی وزنی، و مدل جدید EMOLUP در غالب میانگین هندسی) بهره گرفته‌شد. بعد از انجام دادن فرآیند ارزیابی عمل‌کرد همه‌ی مدل‌ها با هم اعتبارسنجی شد و نتیجه‌های عمل‌کرد مدل‌ها با یک‌دیگر به خصوص مدل EMOLUP مقایسه، و عمل‌کرد آن‌ها برای دست‌یابی به بهترین مدل، برای

1- Eco- Socioeconomic Model of Land Use Planning

ارزیابی توان زیســـت‌بومی شهرستان فیروزآباد برای کاربری کشاورزی آبی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

شهرستان فیروزآباد به مرکزیت شهر فیروزآباد در ′۵۳°۳۱ شرقی و ′۲۹°۱۵ شمالی است. سطح زیرکشت محصول‌های ســـالانه‌ی (زراعی) شهرســـتان ۲۵۷۷۴ هکتار (۳/۳ ٪ کل سطح زیرکشـــت محصول‌های سالانه‌ی اســـتان)، و سطح زیرکشـــت محصول‌های دایمی (باغـــی) آن ۱۱۲۹۲ هکتار (۳ ٪ کل ســـطح زیرکشـــت محصول‌های دایمی اســـتان) اســـت. اندازه‌ی تولید محصول‌های ســـالانه (زراعی) در این شهرستان ۱۱۹۷۴۱ تن (۲/۱ ٪ استان) و محصول‌های باغی ۵۵۲۵۶ تن (۲ ٪ اســـتان) است (اداره‌ی آمار سازمان جهاد کشاورزی استان فارس ۱۳۸۹، اسدی‌فرد و همکاران ۲۰۱۸، اسدی‌فرد و مسعودی ۲۰۱۹).

شکل ۱- نقشه‌ی موقعیت شهرستان فیروزآباد در استان فارس و ایران.

روش این پژوهش توصیفی- تحلیلی اســـت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم‌افزارهای EXCEL 2010 و ENVI 4.7 و ArcGIS 9.3 به‌کاربرده شد. ارزیابی در مدل مخدوم برای توان کاربری کشاورزی آبی و کشاورزی دیم و مرتع‌داری با هم و در قالب طبقه‌بندی هفت‌طبقه‌یی است. برای کاربری کشـــاورزی آبی مدل جداگانه‌ی چهارطبقه‌یی دیده شـــد، و ایـــن کاربری از کاربری‌های مرتع‌داری و کشـــاورزی دیم تفکیک شد. مدل EMOLUP برای کشاورزی آبی بیش‌تر بـــر پایـــه‌ی روش فائو تنظیم شـــد. در روش فائو نوع زمین بزرگ‌ترین واحد آن اســـت که برپایه‌ی شکل زمین انتخاب می‌شود. این روشی موازی است، یعنی عمل شناسایی خاک و توانایـــی زمین با هم انجام می‌شـــود. این روش فقط برای ارزیابی کاربری کشاورزی کاربرد دارد (مخدوم ۱۹۹۹). مدل EMOLUP باکمک دامنه‌ی طبقه‌های سنجه‌ها، بر پایه‌ی شرایط منطقه و هم‌بستگی میان آن‌ها تنظیم شد. برای مدل های مخدوم و فائو طبقه‌بندی جدید شـــکل گرفت (جدول ۱). برای ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی (با روی‌کرد زراعت رایج در شهرستان فیروزآباد) ارزیابی شد. ارزیابی در مدل‌ها با اضافه‌کردن سنجه‌های خطر خشک‌سالی و تخریب منابع آب انجام شد، و شاخص‌های دیگر نیز از مدل مخدوم گرفته شـــد، و بر پایه‌ی تعریف معادل آن‌هـــا در مدل فائو به چهار رده طبقه‌بندی شـــد. به علت تهیه‌ی شـــاخص‌ها با مقیاس‌های متفاوت، نیاز به یک طبقه‌بندی همگن اســـت تا همه‌ی شـــاخص‌ها با مقیاسی یکسان ارزیابی شود. سعی

شد که شـــاخص‌های گنجانده شده در هر مدل منطقی‌تر و منطبق با شرایط منطقه باشد. مدل‌های داده شده برگرفته از مدل آمایش ســـرزمین EMOLUP (مسعودی ۲۰۱۸) است. ارزیابی و امتیازدهی با پنج روش بود. برای بهره‌گیری از روش فائوی شش‌طبقه‌یی و مخدوم هفت‌طبقه‌یی به روش جدول ۱ کار شد.

جدول۱- طبقه‌بندی توصیفی و کیفی مدل کشاورزی آبی برپایه‌ی باز-طبقه‌بندی مدل‌های مخدوم و فائو (مسعودی ۲۰۱۸).

طبقه‌های معادل مدل EMOLUP	ارزش کمی طبقه‌های مدل EMOLUP	طبقه‌های مدل فائو	طبقه‌های مدل مخدوم
مناسب	۳	۱	۱
		۲	۲
متوسط	۲	۳	۳
			۴
ضعیف	۱	۴	۵
		۵	۶
نامناسب	۰	۶	۷

اصل مدل مخدوم به شـــکل طبقه‌بندی هفت رده‌یی ترکیبی اســـت که کاربری کشـــاورزی آبـــی و دیم و مرتع را شـــامل می‌شـــود. در این روش با کمک ویژگـــی‌هـــای مـــدل کاربری کشـــاورزی آبی، و با در نظرگرفتـــن شـــرایط برای طبقه‌های کاربری کشـــاورزی آبـــی، تمام ســـنجه‌ها بـــا منطق بـــولین طبقه بنـــدی شـــد. ابتدا همه‌ی شـــاخص‌ها بـــا مدل مخدوم طبقه‌بندی شد، سپس در هر چندضلعی با کمک شاخصی که امتیاز بدتـــری را در منطقه گرفت، آن چندضلعی طبقه‌بندی شـــد، و کل منطقه به ایـــن روش طبقه‌بندی شـــد (مخدوم ۱۹۹۹، مسعودی و جوکار ۲۰۱۶a).

اگـــر پایـــه‌ی کار بر شـــاخصی باشـــد که در میـــان همه‌ی شـــاخص‌ها نامناســـب اســـت، کل منطقه را به ســـوی توان نامناسب می‌کشاند. پایه‌ی روش بیشینه ی محدودیت مانند مدل مخدوم اســـت، با این تفاوت که با فرآیند باز طبقه‌بندی باعث شـــده اســـت که هیچ هم‌پوشـــانی در طبقه‌ها نباشد و همه‌ی شـــاخص‌هایی که در مدل کشـــاورزی آبی به‌کار رفته اســـت برای همه‌ی طبقه‌ها کمّی‌گذاری شود. توان منطقه با شـــاخصی که کم‌ترین ارزش را گرفته است، تعیین می‌شود. طبقه‌ی توان بر پایه‌ی محدوده‌های جدول ۲ مشـــخص شـــد (مسعودی و جوکار ۲۰۱۶a).

در روش مدل EMOLUP از همه‌ی شاخص‌های هر معیار میانگین هندسی گرفته شد، و معیار به‌دست آمد، و از همه‌ی معیارهای به‌دست آمده میانگین هندسی گرفته شد. طبقه‌ی توان بر پایه‌ی محدوده‌های جدول ۲ مشخص شد (مسعودی ۲۰۱۸).

(۱)

$$X_1 = [(\text{Layer}_1) \times (\text{Layer}_2) \ldots \times (\text{Layer}_n)]^{\frac{1}{n}}$$

X_1 معیار تعریف‌شـــده در هر کاربری، Layer شاخص‌های مرتبط با معیار و n تعداد شاخص است.

(۲)

$$X_2 = [(\text{Layer}_1) \times (\text{Layer}_2) \ldots \times (\text{Layer}_n)]^{\frac{1}{n}}$$

X_2 امتیـــاز نهایی در هر کاربـــری، Layer معیار، و n تعداد معیار است.

در روش میانگین‌حســـابی (ارزیابـــی چندمعیاره) شـــاخصی و معیاری در حالت شـــاخصی از همه‌ی شـــاخص‌های باهم، بی‌معیاربندی، میانگین‌حســـابی گرفته شد. در حالت معیاری ابتدا از شـــاخص‌های هر معیار میانگین حســـابی گرفته شد و معیار به‌دســـت آمد، و ســـپس از همـــه‌ی معیارهای باهم میانگین‌حسابی گرفته شد. طبقه‌ی توان بر پایه‌ی محدوده‌های جدول ۲ مشخص شد (مسعودی و جوکار ۲۰۱۶a).

روش میانگین حســـابی وزنی معیاری یا شـــاخصی ســـاده و با درنظرگیری عامل‌های محدودیـــت‌زا مانند روش میانگین حسابی شاخصی و معیاری اســـت، با این تفاوت که برای هر شـــاخص و معیار وزن هم در محاسبات وارد کرده شد. برای به‌دســـت آوردن وزن‌ها از پرســـش‌نامه بهره‌گرفته شـــد. این پرســـش‌نامه میان بیش‌تر اعضای هیات علمی دانشـــگاه‌های معتبر منابع طبیعی کشـــور، و در میان ســـازمان‌های اداری

چندین استان توزیع شد. پاسخ‌گویی برپایه‌ی درجه‌ی اهمیت هر معیار و شاخص‌های کشاورزی آبی آن بود. برای روش وزنی ساده عوامل محدودیت‌زا دیده نشد و ارزش کمی صفر به یک تبدیل شد. طبقه‌ی توان بر پایه‌ی محدوده‌های جدول ۲ مشخص شد. عامل‌های محدودیت‌زا در منطقه در روش میانگین‌حسابی وزنی معیاری یا شاخصی وزنی با درنظرگرفتن عامل‌های محدودیت‌زا دیده شد. اندازه‌های صفر مربوط به ارزش‌گزاری نگاه داشته شد، یعنی عامل های ایجادکننده‌ی محدودیت هم وارد فرآیند ارزیابی کرده شد. روش وزنی با درنظرگرفتن عامل‌های محدودیت‌زا کاملاً شبیه روش‌های MCE متعارف فعلی است. آن عامل‌ها وارد کرده شد، و نتیجه‌ی فرآیند را منطقی‌تر کرد. این فرآیند برای بهترین حد واسنجی هم محاسبه شد (مسعودی ۲۰۱۸، اسدی‌فرد و همکاران ۲۰۱۸، اسدی‌فرد و مسعودی ۲۰۱۹).

(۳)

$$X_1 = [(W_1 \times \text{Indicator}_1) + (W_2 \times \text{Indicator}_2) + \cdots + (W_n \times \text{Indicator}_n)] \times c_i$$

X_1 امتیاز معیار تعریف‌شده در هر کاربری، Indicator شاخص‌های مرتبط با معیارهای معیار، W وزن شاخص و n تعداد شاخص است.

(۴)

$$X_2 = [(W_1 \times \text{Criteria}_1) + (W_2 \times \text{Criteria}_2) + \cdots + (W_n \times \text{Criteria}_n)] \times c_i$$

X_2 امتیاز نهایی در میانگین‌گیری، Criteria معادل معیار، W وزن معیار، و n تعداد معیار است.

ci در رابطه، فقط در حالت وزنی همراه با عامل‌های محدودیت‌زا وارد کرده می‌شود.

اگر ارزش شاخص در چندضلعی صفر باشد ci صفر می‌شود، و اگر جز صفر باشد، ci یک می‌شود (مسعودی ۲۰۱۸، اسدی‌فرد و همکاران ۲۰۱۸، اسدی‌فرد و مسعودی ۲۰۱۹).

در اعتبارسنجی کاربری کشاورزی آبی برای بیان کمی‌کردن درستی نقشه به شکل نقطه‌به‌نقطه (پیکسل) با واقعیت زمینی مقایسه شد و نتیجه‌ها در جدول ماتریس خطا (کانگالتون ۱۹۹۱) آورده شد.

برای اعتبارسنجی مدل کشاورزی آبی از تصویرهای بهار پوشش‌گیاهی NDVI منطقه‌ی فیروزآباد بهره‌گرفته شد (هولبن ۱۹۸۶).

میانگین و انحراف معیار تولید زمین کشاورزی آبی با تصویر بیشینه‌ی تولید تعیین شد. نمونه‌ها به شکل تصادفی سیستماتیک و با الگوریتم Create Fishnet و اندازه‌ی شبکه‌ی تصادفی ۵۰۰ و ۱۵۰۰ متر به‌ترتیب در هر ستون جدول پراکنده، و سپس نقطه‌ها با نقشه‌های توان زیست‌بومی ادغام شد، و در آخر ارزیابی دقت با ماتریس ۲×۲ شکل گرفت.

در فرآیند ارزیابی توان، مدل کاربری کشاورزی آبی از تعدادی معیار و شاخص تشکیل می‌شود که شیوه‌ی ارزیابی آن‌ها مطابق جدول ۲ است.

جدول۲- شیوه‌ی امتیازدهی طبقه‌های توان زیست‌بومی بر پایه‌ی روی‌کرد کمّی (مسعودی ۲۰۱۸).

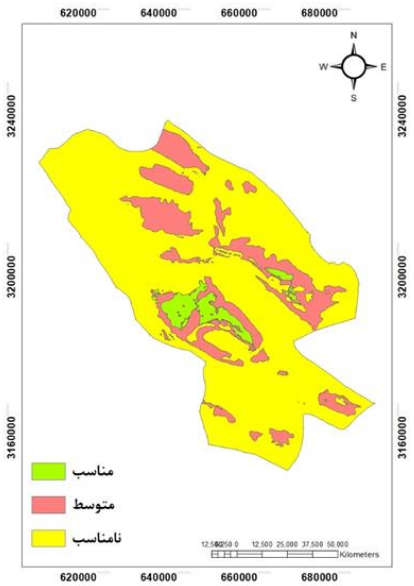
طبقه‌های توان	مناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب
دامنه‌ی عددی	۳-۲/۵	۱/۵-۲/۴۹	۰/۵-۱/۴۹	۰/۵>

جدول ۳- معیارها و شاخص‌های موثر برای کاربری کشاورزی آبی (مخدوم ۱۹۹۹، مسعودی ۲۰۱۸).

معیار	شاخص	طبقه‌های توان و اندازه‌ی امتیاز هر طبقه				
		مناسب (۳)	متوسط (۲)	ضعیف (۱)	نامناسب (۰)	منبع
زمین ریخت‌شناسی	نوع (تیپ) زمین	دشت (نوع‌های ۴،۵،۶ و ۷)	نوع‌های ۳، ۸ و ۹ (شامل فلات‌ها و پادگانه‌های بالایی و مخروط افکنه)	-	تپه و کوه	مخدوم
	درصد شیب	۵-۰	۸-۵	۱۵-۸	۱۵>	مخدوم- فائو
اقلیم	وضعیت فعلی اقلیم	نیمه‌خشک تا مرطوب	خشک	فرا خشک	-	مخدوم
	خطر خشک‌سالی	کم	متوسط	زیاد و خیلی‌زیاد	-	اسراری و همکاران(۲۰۱۱)
خاک	بافت	بیش‌تر بافت‌ها (شامل سبک، متوسط و سنگین)	درشت	خیلی درشت	-	فائو
	اسیدیته	۸/۵-۶/۱	۹-۸/۵ یا ۶-۴/۲	۹/۵-۹	۹/۵<	فائو
	عمیق	عمیق	نیمه عمیق	کم ژرفا	خیلی کم تا بی‌خاک	مخدوم
	درصد سنگ‌ریزه	۳۵-۰	۷۵-۳۵	۷۵<	-	فائو
	زه‌کشی	آهسته تا سریع	خیلی سریع یا خیلی آهسته	-	-	فائو
	فرسایش	کم و ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید	فائو
	دانه‌بندی	ریز تا متوسط	درشت	-	-	مخدوم
	تحول‌یافتگی ساختمان	تحول‌یافته	نیمه تحول‌یافته	کم	تحول‌نیافته	مخدوم
	شوری	۸<	۱۶-۸	۳۲-۱۶	۳۲>	فائو
	درصد سدیم تبادل‌پذیر	۱۵<	۳۰-۱۵	۵۰-۳۰	۵۰>	فائو
آب	حاصل‌خیزی	خوب	متوسط	کم وخیلی‌کم	-	مخدوم
	اندازه‌ی آب بهره‌گیری شونده (m^3/year)	۴۰۰۰<	۴۰۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰<	-	مخدوم
	افت کمی آب (cm/y)	۲۰-۰	۳۰-۲۰	۳۰>	-	IMDPA
	هدایت الکتریکی (µmohs/cm)	۷۵۰-۰	۲۲۵۰-۷۵۰	۲۲۵۰>	-	IMDPA
	SAR	۱۸-۰	۲۶-۱۸	۲۶>	-	IMDPA

نتایج

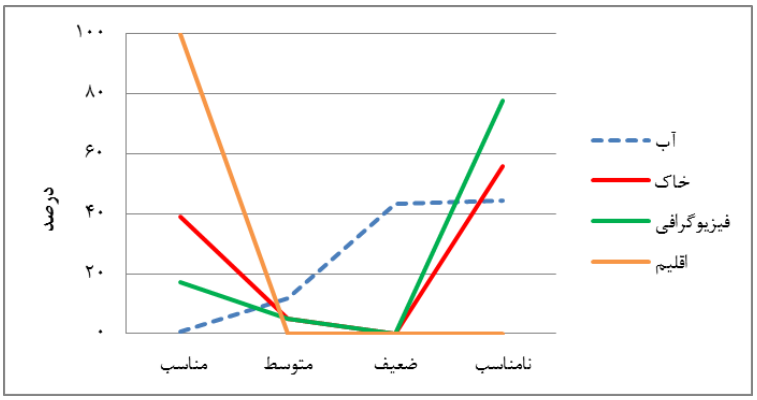
مدل EMOLUP برپایه‌ی معیارهای زمین‌ریخت‌شناسی، اقلیم، خاک و آب است و با کمک روش‌های ارزیابی توان مختلف شامل روش مخدوم هفت طبقه‌یی، بیشینه‌ی محدودیت، میانگین حسابی (معیاری و شاخصی)، میانگین‌هندسی و روش‌های وزنی (میانگین حسابی وزنی شاخصی و معیاری، میانگین حسابی وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زای شاخصی و معیاری) آن با ۴ طبقه شکل گرفت. شکل ۲ بهترین مدل ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۲ – نقشه‌ی ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی برپایه‌ی مدل میانگین هندسی (EMOLUP).

نمودار شکل ۳ درصد معیارهای موثر در توان زیست‌بومی کاربری کشاورزی آبی در منطقه‌ی فیروزآباد را نشان می‌دهد. معیار اقلیم نشان می‌دهد که همه‌ی منطقه در طبقه‌ی مناسب است.

در معیارهای خاک و زمین‌ریخت‌شناسی مساحت منطقه‌ها با توان نامناسب بیش‌تر از طبقه‌های دیگر است. از نظر معیار آب هم غالب منطقه در طبقه‌های ضعیف و نامناسب است.



شکل ۳- مقایسه‌ی درصد معیارهای موثر در توان زیست‌بومی کشاورزی آبی در شهرستان فیروزآباد.

درصد طبقه‌های توان در روش‌های ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی در شهرستان فیروزآباد در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- درصد طبقه‌های توان در روش‌های مختلف ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی.

طبقه‌های روش‌های ارزیابی	مناسب	متوسط	ضعیف	نامناسب
بیشینه‌ی محدودیت	-	-	۲۲	۷۸
میانگین حسابی شاخصی	۱۰	۹۰	-	-
میانگین حسابی معیاری	۷	۴۶	۴۷	-
میانگین حسابی شاخصی وزنی	۸	۹۲	-	-
میانگین حسابی معیاری وزنی	۷	۴۵	۴۸	-
میانگین هندسی	۳	۱۹	-	۷۸
میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت زا	۷	۱۵	-	۷۸
میانگین حسابی شاخصی وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا	۷	۱۵	-	۷۸

غالب منطقه در روش بیشینه‌ی محدودیت در طبقه‌ی نامناسب، در روش میانگین حسابی شاخصی در طبقه‌ی متوسط، در روش میانگین حسابی معیاری در طبقه‌های متوسط و ضعیف، در روش وزنی‌های میانگین حسابی شاخصی در طبقه‌ی متوسط، و در روش معیاری وزنی در طبقه‌های متوسط و ضعیف جا گرفت. در روش میانگین هندسی عمده‌ی منطقه در طبقه‌ی نامناسب جا گرفت، اما میان همه‌ی روش‌ها منطقی‌ترین و متعادل‌ترین طبقه‌بندی را داشت. در روش‌های وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا در هر دو حالت معیاری و شاخصی عمده‌ی منطقه در طبقه‌ی نامناسب بود. در مدل مخدوم نیز ۶۲ ٪ از شهرستان در طبقه‌ی هفت (نامناسب) و ۲۵ ٪ در طبقه‌های پنج و شش (ضعیف) بود، و طبقه‌های سه و چهار (متوسط) ۱۳ ٪ را گرفت. طبقه‌های یک و دو (مناسب) مشاهده نشد.

با نتیجه‌های اعتبارسنجی مدل‌ها و جدول ۵، روش میانگین هندسی (مدل EMOLUP) و روش‌های وزنی معیاری و شاخصی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا بیش‌ترین دقت کلی و ضریب کاپا و ضریب درون طبقه‌یی و درستی میانگین گرفت، که با رده‌بندی متعادل‌تر طبقه‌ها در منطقه، روش میانگین هندسی عمل‌کرد بهتری داشت. کم‌ترین دقت کلی و ضریب کاپا در مدل میانگین‌حسابی شاخصی ساده و وزنی ساده بود، که بیان‌گر عمل‌کرد ضعیف این دو روش در منطقه است. اما حالت معیاری چه در حالت ساده و چه در حالت وزنی ساده‌ی آن عمل‌کرد بهتری نشان داد، که می‌توان نتیجه گرفت که معیاربندی

کردن شاخص‌ها باعث بهبود روش میانگین حسابی ساده و وزنی ساده در منطقه است. در مقایسه‌ی حالت‌های وزنی ساده و وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا نتیجه‌ها نشان داد که با افزودن این عامل‌ها، نسبت به روش‌های وزنی ساده هم دقت بیش‌تر و هم عمل‌کرد منطقی‌تری نشان داد. روش مخدوم هم حالت میانه‌یی از دقت نشان داد، اما روش بیشینه‌ی محدودیت هم جزو روش‌های با دقت کم در منطقه دانسته شد.

جدول ۵- شاخص‌های ارزیابی درستی برای بررسی روش‌های ارزیابی توان زیست‌بومی کشاورزی آبی.

شاخص ارزیابی درستی روش‌های ارزیابی	دقت کلی	ضریب کاپا	ضریب درون‌طبقه‌یی	درستی میانگین
مخدوم	۸۲/۷۷	۰/۶۴۶	۱/۷۱	۸۷/۷۷
بیشینه‌ی محدودیت	۵۳/۷۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۷۶/۷۴
میانگین حسابی شاخصی	۴۶/۷۷	۰	۰/۸۷	۲۳/۳۸
میانگین حسابی معیاری	۸۱/۷۵	۰/۶۴	۲/۵۶	۸۵/۹۷
میانگین حسابی شاخصی وزنی	۴۶/۷۷	۰	۰/۸۷	۲۳/۳۸
میانگین حسابی معیاری وزنی	۸۲/۶۷	۰/۶۵	۲/۷۰	۸۶/۴۸
میانگین هندسی	۹۵/۸۲	۰/۹۱۵	۱۰/۲۰	۹۶/۳۶
میانگین حسابی معیاری وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت زا	۹۵/۸۲	۰/۹۱۵	۱۰/۲۰	۹۶/۳۶
میانگین حسابی شاخصی وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا	۹۵/۸۲	۰/۹۱۵	۱۰/۲۰	۹۶/۳۶

جدول ۶- میانگین وزنی درجه‌ی توان در معیارهای موثر بر کشاورزی آبی.

معیار	میانگین وزنی	درجه‌ی توان
زمین‌ریخت‌شناسی	۳/۵۳	نامناسب
اقلیم	۱/۳۸	خوب
خاک	۲/۹۶	ضعیف
آب	۳/۳۱	ضعیف

بحث و نتیجه‌گیری

برای ارزیابی کاربری کشاورزی آبی از فرآیند باز رده‌بندی کردن روش مخدوم و فائو بهره‌گرفته شد. خسروی و همکاران برای ارزیابی کردن شهرستان خدابنده روش فائو (خسروی و همکاران ۲۰۱۲)، و اسدی‌فرد و همکاران برای ارزیابی توان زیست بومی کاربری دیم فیروزآباد روش ترکیبی فائو و مخدوم و مدل EMOLUP را به‌کار گرفتند (اسدی‌فرد و همکاران ۲۰۱۷). مسعودی و اسدی‌فرد (۲۰۱۵) برای برآوردکردن ارزیابی توان زیست‌بومی کاربری زیست‌بوم‌گردی متمرکز و گسترده‌ی فیروزآباد نیز از روش‌های مخدوم و مدل EMOLUP بهره بردند.

در این تحقیق برای ارزیابی کاربری کشاورزی آبی، معیارهای مختلفی مانند آب و خاک و زمین‌ریخت‌شناسی و اقلیم به همراه شاخص‌های مرتبط هر معیار به شکل همه‌جانبه بررسی و ارزش‌گزاری، و به مدل‌ها وارد کرده شد. پورخباز و همکاران (۲۰۱۴) برای ارزیابی کاربری کشاورزی در منطقه‌ی خانیز بهبهان، از معیارهای خاک و اقلیم و زمین‌ریخت‌شناسی، با روش Fuzzy AHP بهره بردند.

کشاورزی آبی پایه‌ی اصلی اقتصاد شهرستان فیروزآباد است. برای برآورد کردن ارزیابی کاربری کشاورزی آبی در این تحقیق از پنج روش بهره‌گرفته شد. نتیجه‌ها نشان داد که در این تحقیق درنظرگرفتن معیارهای مهمی مانند خشک‌سالی و تخریب منابع آب زیرزمینی در منطقه‌های نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب مانند شهرستان فیروزآباد باعث بهبود بخشیدن به دقت و منطقی‌تر کردن مدل‌ها شد، و نتیجه‌های ارزیابی را از حالت خوش‌بینانه خارج کرد. با نتیجه‌های به‌دست‌آمده از آزمون‌های همه‌ی مدل‌ها برای کاربری کشاورزی آبی، مدل میانگین هندسی و مدل میانگین حسابی معیاری و شاخصی وزنی با اعمال عامل‌های محدودیت‌زا بیش‌ترین دقت کلی و ضریب کاپا و ضریب درون طبقه‌یی و درستی میانگین داشت، که با نتیجه‌های تحقیق مسعودی و جوکار (a۲۰۱۶) در شهرستان جهرم مطابقت داشت. رده‌بندی روش ارزیابی میانگین هندسی منطقی‌تر از روش‌های دیگر، و دقت آن بهترین بود، که با نتیجه‌های جوکار و مسعودی (۲۰۱۶) برای کاربری

توسعه‌ی شهری جهرم، و مسعودی و اسدی‌فرد (۲۰۱۵) برای کاربری زیست‌بوم و دیم در شهرستان فیروزآباد مطابقت داشت. روش مخدوم هم نتیجه هایی با دقت میانی در قالب یک رده‌بندی هفت‌رده‌یی نشان داد که با نتیجه‌های میرداودی و همکاران (۲۰۰۷) در استان مرکزی تطابق داشت.

با بررسی دقیق نتیجه‌های مدل‌های مختلف برای ارزیابی کشاورزی آبی در شهرستان فیروزآباد مدل EMOLUP با عمل‌کرد منطقی و دقت زیاد و سادگی در محاسبه توصیه می‌شود، زیرا این مدل بی‌نیاز از محاسبه‌ی اندازه‌ی وزن برای معیارها و شاخص‌ها، نتیجه‌هایی بسیار پذیرفتنی در منطقه‌ی فیروزآباد نشان داد، که با نتیجه‌های مسعودی و اسدی‌فرد (۲۰۱۵)، جوکار و مسعودی (۲۰۱۶)، اسدی‌فرد و همکاران (۲۰۱۸)، و اسدی‌فرد و مسعودی (۲۰۱۹) در شهرستان فیروزآباد و جهرم مطابقت داشت. برای ارزیابی کاربری کشاورزی آبی با اعمال معیارهای تخریب منابع آبی و خطرخشک‌سالی، نتیجه‌های تحقیق در فیروزآباد منطقی‌تر شد.

توصیه می‌شود برای دست‌یابی به ارزیابی دقیق برای کاربری کشاورزی آبی در منطقه‌ی فیروزآباد با اقلیم منحصربه‌فرد خود، از مدل جدید EMOLUP بهره‌گرفته شود. این روش بی‌نیاز به واسنجی کردن آن در این اقلیم، توانایی بهتر و دقت بیش‌تری از روش‌های ارزیابی دیگر داشت. این روش با عمل‌کرد ساده، گویا و با توانمندی زیاد، جای‌گزین بسیار مناسبی برای روش‌های رایج در کشور است. برای به قطعیت رسیدن این نتیجه و تعمیم آن به کل کشور باید در همه‌ی اقلیم‌های گوناگون کشور ارزیابی و اعتبارسنجی شود، اما به قطعیت می‌توان گفت که روش میانگین هندسی در مدل جدید EMOLUP برای شهرستان فیروزآباد با اقلیم خاص خود، با نتیجه‌های اعتبارسنجی در ارزیابی توان زیست‌بومی برای کاربری کشاورزی آبی توصیه می‌شود.

فهرست منابع

Ahmadi H. 2005. Report of intensity desertification model by use of the proposed model IMDPA. University of Tehran Publications. Tehran. 268 p. (In Persian).

Amiri M, Salman mahini A, Jalali Gh, Hoseni M, Azari dekordi F. 2009. A comparison of maps overlay systemic method and boolean-fuzzy logic in the ecological capability evaluation of no. 33 and 34 Watershed Forests in Northern Iran. Journal of Environmental Sciences. 7(2):109–124. (In Persian).

Asadifard E, Masoudi M, Afzali F, Fallah Shamsi R. 2017. Ecological capability evaluation for rainfed agriculture in Firuzabad Township Basing on the current models and new EMOLUP model by using GIS. The 7th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. Tehran. 1–9. (In Persian).

Asadifard E, Masoudi M, Afzali F, Fallah Shamsi R. 2018. Ecological potential evaluation range landuse using the current models and the new model of EMOLUP in Firozabad Township. Journal of Rangeland.13(1): 14–25. (In Persian).

Asadifard E, Masoudi M. 2019. Ecological potential evaluation of forestry by using common evaluation models and new EMOLUP model in Firozabad. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research.17(2):145–160. (In Persian).

Asrari E, Masoudi M, Afrough E. 2011. Analyzing spatial and temporal pattern of humid, normal and drought years using percent of normal precipitation index (PNPI) in Fars Province, Iran. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation. 6(3):299–308.

Bagher zadeh HR, Bagher Zadeh A, moein Red H. 2012. Qualitative evaluation of land suitability of Nishapurs plain for wheat (triticum aestimm L.), maize (zea mays L.) and Cotton (Gossy pium herba ceum L.) planting using by GIS. Journal of Agroecology. l4 (1): 41–51. (In Persian).

Congalton RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Journal of Remote Sensing of Environment. 37(1): 35–46.

F.A.O. 1976. A framework for land evaluation. FAO soil's bulletin. Rome. (Italy). 70 p.

Holben BN. 1976. Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. International Journal of Remote Sensing. 7(11): 1417–1434.

Jokar P, Masoudi M. 2016. Land suitability for urban and industrial development by a proposal model, case study: Jahrom Township, Iran. Journal of Enviormental Studies. 42(1): 135–149. (In Persian).

Khosravi Y, Kalantare M, Kohestani N. 2012. Spatial analysis of the degree of land suitability for agricultural and natural resources activities using FAO Model and GIS. Journal. of Conservation and Utilization of Natural Resources.1(3):9–29. (In Persian).

Langerodi H, Nasire H, Azizi A, Mostafayi A. 2012. Modeling to assess the ecological potential for agricultural and rangeland landuse by using Fuzzy AHP in GIS. Journal of Town and Country Planning. 4(6):101–124. (In Persian).

Makhdoum M. 1999. Fundamental of land use planning. University of Tehran Publications. Tehran. 289 p. (In Persian).

Masoudi M, Asadifard E. 2015. A new model for ecological suitability assessment of ecotourism in Firuzabad township, Iran. International Journal of Scientific Research in

Knowledge. 3(6): 153–161.

Masoudi M, Jokar P. 2016 a. Suggestion the proposed model of EMOLUP, with new approach in land use planning (Step one: ecological capability evaluation for different land uses). Journal of Environmental Sciences. 14(1): 51–68.(In Persian).

Masoudi M, Jokar P. 2016 b. Suggestion the proposed model of EMOLUP, with new approach in land use planning (Step two: prioritizing for different land uses). Journal of Environmental Sciences. 14(2): 23–36. (In Persian).

Masoudi M. 2018. Land use planning using computer. Payame Noor University Publications. Tehran. 212 p. (In Persian).

Mirdavoodi H, Zahedi H, Moradi H, godarzi Gh. 2007. Determination of agricultural and rangeland ecological capability of markazi using GIS. Journal of Iranian Journal of Range and Desert Reseach. 15(2):242–255. (In Persian).

Nasrollahi N, Kazemi H, Kamkar B, Sadeghi S. 2014. Assessment of the ecological for agricultural landuse in Agh ghla (In Golestan) for grow wheat by GIS. Journal of Agronomy. 29(1):83–94. (In Persian).

Office of Statistics Agriculture Fars province. 2010. Landscape section of agriculture of cities of Fars Province. Department of Planning and Economic. Statistics Office. Fars. 268 p. (In Persian).

Porkhabaz H, Aghdar H, Mohamadyari F, rahemi V. 2014. Implementation of ecological agriculture model by use of AHP and FAHP in GIS (Case study:Khaniz Bebahan). Journal of Spatial Planning. 18(4):21–48. (In Persian).

Watershed Management Research

VOL. 35, No.1, Ser. No: 134, Spring 2022, pp. 28 -39
DOI: 10.22092/WMRJ.2021.354720.1416

Research Paper

Ecological Potential Evaluation for the Irrigated Agriculture Using the Current Models and the New Model of EMOLUP for the Firozabad County

Elmira Asadifard
M.Sc. Graduate Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University
Masoud Masoudi
(Corresponding Author)* Associate Professor of Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University

Corresponding Author's E-mail: masoudi@shirazu.ac.ir
Received: 29 May 2021 Accepted: 20 September 2021

Abstract
The process of assessing the ecological potential of the land, or measuring the potential of the land, is an important step before implementation. The Firoozabad Township is located in the Province of Fars. Irrigated farming provides the major income for this township. The main purpose of this research was to evaluate the ecological potential for irrigated agriculture in the Firoozabad Township based on the corrective approach of the current models and to present a new EMOLUP model (Eco- Socioeconomic Model of Land Use Planning) using the GIS. To evaluate the popular models, namely: the including Makhdoom, maximum limitation, arithmetic mean, EMOLUP model using the geometric mean, simple weight arithmetic mean (based on indicator and criteria), weight arithmetic mean (based on indicator and criteria) with considering a limiting factor was used for an assessment. To increase the accuracy of irrigated agriculture utilization, the indexes of water resources degradation and the drought risk were also added. The results indicated that the EMOLUP model had the highest overall accuracy (95.82), kappa coefficient (0.915), in-class coefficient (10.20), and average accuracy (96.36) among all of the used models. The simple indicator arithmetic mean, and the simple weighted indicator arithmetic mean models showed the lowest overall accuracy among all methods. By adding these two indicators, using the EMOLUP model, and evaluating accuracy indicators with ground reality, it may be concluded that the process of classifying ecological potential assessment with the above method is more logical than other common methods used in this country.

Keywords: Arithmetic mean model, EMOLUP model, Makhdoom model, maximum limitation model